



universität
wien

Diplomarbeit

Titel der Arbeit

Untersuchung von realistischen Visualisierungen für
sicherheitsbezogene Fahrerinformationssysteme

Verfasserin

Marion Hagen

Angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, im Juni 2011

Studienkennzahl: 298

Studienrichtung: Psychologie

Betreuer: Univ.-Prof. Dr. Peter Vitouch

Danksagung

Besonders bedanken möchte ich mich bei Prof. Peter Vitouch für die anerkennende und vertrauensvolle Betreuung meiner Diplomarbeit sowie bei Dr. Peter Fröhlich, meinem Betreuer am Forschungszentrum Telekommunikation Wien (FTW), an dem ich meine Diplomarbeit schreiben konnte. Dr. Fröhlich hat mich bei meiner Arbeit stets unterstützt und nahm sich immer Zeit mir meine Fragen zu beantworten sowie mir konstruktives Feedback zu geben.

Ich möchte mich weiters beim *Forschungszentrum Telekommunikation Wien (FTW)* bedanken, dass ich die Möglichkeit bekommen habe im Rahmen des ROADSAFE-Projekts eine Diplomarbeit zu schreiben. Durch die Arbeit am Forschungszentrum konnte ich sehr viel über die wissenschaftliche Praxis lernen. An dieser Stelle sei auch den *Projektpartnern* des ROADSAFE-Projekts gedankt, ohne deren finanzielle Unterstützung die Verwirklichung des Projekts nicht möglich gewesen wäre. Zu den Partnern zählen die ASFINAG Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft, Kapsch TrafficCom AG sowie Fluidtime Data Services GmbH. Das Projekt wurde zudem von der Republik Österreich im Rahmen des Kompetenzzentrenprogramms COMET gefördert.

Gedankt sei auch den *Projektmitarbeitern* am Forschungszentrum Telekommunikation Wien (FTW), die einen wesentlichen Beitrag zum erfolgreichen Durchführen des Projekts geleistet haben. Einen unverzichtbaren Beitrag leisteten weiters die Probanden, die an der Studie teilgenommen haben und uns daher wichtige Erkenntnisse lieferten.

Neben diesen Personen, die einen direkten Einfluss auf die Arbeit hatten, möchte ich mich aber genauso bei jenen bedanken, die mir während - der manchmal auch entmutigenden Zeit - des Diplomarbeitsprozesses emotional zur Seite gestanden sind und damit eine indirekte, aber essenzielle Unterstützung waren. Das trifft vor allem auf meine *Familie* zu. Meinen *Eltern* möchte ich bei dieser Gelegenheit zusätzlich dafür danken, dass sie mir mein Studium überhaupt ermöglicht haben.

Schließlich möchte ich mich bei meinem Lebensgefährten *Dietmar Schabus* bedanken, der in jeder Hinsicht meinen Dank verdient – als emotionale und motivationale Unterstützung, als Mitarbeiter, als Korrekturleser. Für das Korrekturlesen bedanke ich mich auch bei meiner Cousine *Natalie Hämmerle*.

1 INHALTSVERZEICHNIS

1	INHALTSVERZEICHNIS.....	V
2	EINLEITUNG UND MOTIVATION	1
3	GRUNDLAGEN UND THEORETISCHER HINTERGRUND.....	5
3.1	<i>Fahrerinformationssysteme.....</i>	<i>6</i>
3.1.1	Informationsdarbietung	6
3.1.2	Positionierung	9
3.1.3	Integration von Sicherheitsinformationen	9
3.1.4	Schlussfolgerung	11
3.2	<i>Aufmerksamkeit beim Autofahren</i>	<i>11</i>
3.2.1	Aufmerksamkeitsressourcen	12
3.2.2	Visuelle Aufmerksamkeit.....	19
3.3	<i>Einfluss von Fahrerinformationssystemen auf das Fahrverhalten</i>	<i>27</i>
3.3.1	Einfluss verschiedener Interaktionsstile	28
3.3.2	Einfluss von Sicherheitsmeldungen	39
4	FORSCHUNGSFRAGEN	41
4.1	<i>Visuelle vs. Auditive Information</i>	<i>41</i>
4.2	<i>Schematische vs. Augmented Reality Darstellungen.....</i>	<i>43</i>
4.3	<i>Effekte der Sicherheitsempfehlungen</i>	<i>44</i>
4.4	<i>Interaktionseffekte zwischen Darstellungen und Sicherheitsempfehlungen.....</i>	<i>45</i>
5	ALLGEMEINE METHODIK	47

5.1	<i>Untersuchungsmaterialien und -equipment</i>	48
5.2	<i>Stichprobe</i>	51
5.3	<i>Untersuchungsablauf</i>	53
5.3.1	Instruktionsphase	53
5.3.2	Setupphase	53
5.3.3	Haupttest	54
5.3.4	Interview	56
5.4	<i>Untersuchungsdesign</i>	57
5.4.1	Design des Haupttests	57
5.4.2	Design des Interviews zum Vergleich der Darbietungsarten	58
5.4.3	Unabhängige Variablen	59
5.4.4	Abhängige Variablen	60
5.5	<i>Interview zur Vergleichsbeurteilung</i>	64
6	ERGEBNISSE	67
6.1	<i>Ergebnisse des Haupttests</i>	67
6.1.1	Effekte auditiver vs. visueller Darbietungen	67
6.1.2	Effekte schematischer vs. AR-Visualisierungen	74
6.1.3	Effekte des Sicherheitsempfehlungen	76
6.1.4	Interaktionseffekte der Darbietungsart und der Sicherheitsempfehlungen	79
6.2	<i>Ergebnisse der Vergleichende Bewertungen der Darbietungsarten</i>	81
6.2.1	Allgemeiner Vergleich der Darbietungsarten	82
6.2.2	Vergleich der Komponenten der visuellen Darbietungsformen	84
7	SCHLUSSFOLGERUNGEN & DISKUSSION	87
7.1	<i>Effekte auditiver vs. visueller Darbietungen</i>	87

7.2	<i>Effekte schematischer vs. AR-Visualisierungen</i>	89
7.3	<i>Effekte der Sicherheitsmeldungen</i>	90
7.4	<i>Interaktionseffekte der Darbietungsart und der Sicherheitsmeldungen</i>	91
8	KRITIK & AUSBLICK	93
9	LITERATURVERZEICHNIS	97
10	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	107
11	TABELLENVERZEICHNIS	109
12	ANHANG	111
12.1	<i>Deutsches Abstract</i>	111
12.2	<i>English Abstract</i>	112
12.3	<i>Instruktion</i>	114
12.4	<i>Einverständniserklärung</i>	116
12.5	<i>Abfolge der Sicherheitsempfehlungen</i>	119
12.6	<i>Fragebögen</i>	127
12.6.1	<i>Interview vor der Testung</i>	127
12.6.2	<i>Interview nach der Testfahrt</i>	128
12.7	<i>Curriculum Vitae</i>	132

2 EINLEITUNG UND MOTIVATION

Fahrerinformationssysteme werden immer raffinierter. Einerseits werden die Funktionen erweitert und andererseits die Darbietung. In Zukunft wird der Fokus nicht mehr nur auf der Navigationsunterstützung liegen, sondern es werden zusätzlich aktuelle Sicherheitsinformationen wie zum Beispiel Unfallwarnungen dargeboten. Außerdem werden die Darstellungen laufend realistischer.

Die letzten Jahre zeigen eine „Evolution der Visualisierung“ bei den Designs der Fahrerinformationssysteme (Abbildung 1). Von den anfänglichen schematischen 2D-Kartenansichten über realistischere Umweltnachbildungen bis hin zu „Augmented Reality“ (AR) Darstellungen (z.B. mobilizy.com). Bei AR-Darstellungen wird die reale Ansicht der Fahrerperspektive in Echtzeit auf dem Display angezeigt. Die Darstellung enthält daher auch „Orientierungsobjekte“, die sich auf der und neben der Straße befinden, zum Beispiel Verkehrsschilder, Gebäude oder Bäume. Zusätzlich können virtuelle Elemente wie die Routeneinzeichnung überlegt werden (Abbildung 2).



Abbildung 1: „Evolution der Visualisierung von 2D Karten aus vertikaler und 45° Perspektive zu virtueller und erweiterter Realität“ (Fröhlich, 2011)



Abbildung 2: AR-Darstellung (mobilizy.com)

Die realistischen Darstellungen bedeuten daher eine Zunahme von visuellen Informationen, die vom Fahrzeuglenker verarbeitet werden müssen. Ob es durch die zusätzliche Information zu einer positiven Beeinflussung des Fahrverhaltens und der Sicherheit kommt, ist allerdings noch unklar.

Internationale Sicherheitsstandards für das Autofahren empfehlen bisher eine Reduzierung visueller Reize, da diese in Navigierungssituationen eher kontraproduktiv seien (European Commission, 2006). Es wird befürchtet, dass die vielen Details ablenken und folglich mehr Zeit benötigt wird, um die relevanten Informationen herauszufiltern, die für das akute Reagieren im Straßenverkehr benötigt werden.

Allerdings muss beachtet werden, dass visuell nicht gleich visuell ist und damit eine generelle Aussage über Effekte visueller Darstellungen voreilig ist. Visuelle Darstellungen unterscheiden sich anhand wichtiger Charakteristiken, die zu unterschiedlichen Effekten auf das Fahrverhalten führen könnten. Um also zuverlässige Empfehlungen über visuelle Darstellungen aussprechen zu können, müssen systematische Vergleiche der verschiedenen Variationen angestellt werden. Bisher gibt es aber kaum solche systematischen Untersuchungen.

Es könnte zum Beispiel sein, dass die höhere Übereinstimmung der AR-Darstellung mit der realen Umwelt trotz der vermehrten Details ein schnelleres Identifizieren ermöglicht. Forschungsergebnisse zeigen, dass eine realitätsgetreuere, egozentrische 3D-Darstellung zu schnelleren und besseren Leistungen bei der Navigation führen als schematische, exozentrische (Betrachtung von außen) Darbietungen (Porathe, 2008).

Derzeit werden solche realistischen Darstellungen vorwiegend bei reinen Navigationssystemen angewendet. In Zukunft werden Fahrerinformationssysteme aber zusätzlich zu den herkömmlichen Routenanweisungen, sicherheitsbezogene Verkehrsinformationen bieten. Das heißt, dem Fahrer werden Echtzeit-Meldungen über aktuelle Verkehrseignisse in seiner unmittelbaren Umgebung wie z.B. Geisterfahrerwarnungen gemeldet. Diese sicherheitsbezogenen Echtzeitservices werden durch das Zusammenwirken mit der aufstrebenden Fahrzeug-zu-Fahrzeug bzw. Infrastruktur-zu-Fahrzeug Kommunikationstechnologie (z.B. www.vehicle-infrastructure.org) ermöglicht. Man spricht in diesen beiden Fällen auch von Kooperativen Systemen (SWRI, 2011), da es sich um eine koordinierte Interaktion zwischen verschiedenen Systemen handelt, die ein gemeinsames Ziel verfolgen. Die Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Technologie (vehicle-to-vehicle, V2V) ermöglicht es benachbarten Autos Informationen untereinander auszutauschen. Durch den Austausch fahrzeugbasierter Daten, z.B. Position, können potenzielle Gefahren erkannt werden und dem Fahrer gemeldet werden. Bei der Infrastruktur-zu-Fahrzeug-Technologie (infrastructure-to-vehicle, I2V) werden Daten zwischen einer entsprechenden Straßeninfrastruktur und dem Fahrzeug ausgetauscht. Verkehrsinformationen werden von einer zentralen Stelle gesammelt und an die Autofahrer des betreffenden Verkehrsabschnitts gemeldet. Dadurch können zum Beispiel bessere Instruktionen ermöglicht werden wie man sich bei unmittelbaren gefährlichen

Ereignissen verhalten soll (z.B. Brand in einem Tunnel 300m weiter vorne). Bei einem solchen kooperativen Service könnte in diesem Fall beispielsweise die Ansicht mit Pfeilen und Symbolen überlagert werden, die dem Fahrer einen Spurwechsel empfehlen und dann an einer bestimmten Stelle auf dem Pannestreifen stehen zu bleiben.

Da es sich bei den sicherheitsbezogenen Empfehlungen um sehr ungewöhnliches Fahrverhalten handeln kann, könnte es sein, dass sich hier andere Informationsdarstellungen anders auswirken, als dies bei „normalem“ Fahren der Fall ist. Es könnte sein, dass sich hier die exaktere Übereinstimmung zwischen realer Umgebung und der Abbildung des Systems besonders vorteilhaft auswirkt. Man kann dabei vor allem zwischen Auswirkungen auf die primäre und die sekundäre Fahraufgabe unterscheiden. Unter der primären Fahraufgabe versteht man alle Tätigkeiten die für das Autofahren an sich erforderlich sind (Lenken, Geschwindigkeit beachten, Beachten anderer Verkehrsteilnehmer, etc.). Die sekundäre Aufgabe hingegen beinhaltet Tätigkeiten die während des Fahrens durchgeführt werden, die aber für das Fahren nicht unbedingt notwendig sind. Dazu zählt auch die Interaktion mit Fahrerinformationssystemen.

Bisher gibt es noch sehr wenige gesicherte Forschungsergebnisse, um die Effekte von realistischen Visualisierungen bei sicherheitsbezogenen Fahrzeugsystemen ausreichend bewerten zu können. Die meisten Untersuchungen dazu wurden in Fahrsimulatoren durchgeführt. Obwohl manche Studien (Lew, Poole, Lee, Jaffe, Huang & Brodd, 2005) in einem anderen Zusammenhang darauf hinweisen, dass die Simulatorperformance als gute Prädiktoren erachtet werden können, ist eine Überprüfung in realistischeren Untersuchungsumgebungen dennoch unerlässlich und noch immer ausständig.

Besonders im Sinne der Fahrsicherheit ist es also wichtig, zu evaluieren, welche Anwendung für welche Situationen empfehlenswert ist. Um zuverlässige Einschätzungen der Effekte abzugeben, sind experimentelle Benutzerstudien auf der Straße notwendig, wie sie im Rahmen dieser Studie des Forschungszentrums Telekommunikation Wien (FTW) durchgeführt wurden und in der vorliegenden Arbeit berichtet werden sollen.

Die Untersuchung soll folgende Hauptfragestellungen klären:

1. *Ist eine visuelle oder auditive Darbietungsform bei Fahrerinformationssystemen generell überlegen (primäre Fahrperformance, sekundäre Aufgabenperformance Blickverhalten, subjektive Bewertung)?*

2. *Welche visuelle Darbietungsform (schematisch vs. AR) ist eher zu empfehlen (primäre Fahrperformance, sekundäre Aufgabenperformance, Blickverhalten, subjektive Bewertung)?*
3. *Gibt es Interaktionen zwischen verschiedenen Darbietungsformen und verschiedenen Sicherheitsempfehlungen?*

Der Aufbau der vorliegenden Arbeit orientiert sich an der klassischen wissenschaftlichen Gestaltung. Der erste Teil stellt einen Überblick über die theoretischen Grundlagen und den aktuellen Stand der Forschung des Themenbereichs dar. Für das Verständnis und die Interpretation der Studie sind dabei drei inhaltliche Schwerpunkte von besonderem Interesse, die daher näher beleuchtet werden. Dazu zählen die Charakteristiken von Fahrerinformationssystemen, die Aufmerksamkeit als Voraussetzung der primären Fahraufgabe, da Fahrerinformationssysteme oft in Zusammenhang mit Ablenkung gebracht werden, sowie die Effekte durch Interaktionen mit Fahrerinformationssystemen. Anhand des erörterten Stands der Forschung können dann die Forschungsfragen im Detail formuliert werden.

Der darauf folgende Teil beinhaltet die exakte Beschreibung der empirischen Untersuchung. Es werden die allgemeine Methodik, die Untersuchungsmaterialien, die verwendete Stichprobe und der Untersuchungsablauf, sowie das Studiendesign vorgestellt.

Anschließend werden die Ergebnisse der Studie anhand der Forschungsfragen berichtet. Am Ende der Arbeit werden diese in Anbetracht der anfangs beschriebenen Theorie interpretiert und diskutiert. Die wichtigsten Erkenntnisse werden nochmals zusammengefasst und es werden Empfehlungen für das Design von Fahrerinformationssystemen abgeleitet.

3 GRUNDLAGEN UND THEORETISCHER HINTERGRUND

Der Einfluss verschiedener Darbietungen bei Fahrerinformationssystemen auf das Fahrverhalten und damit auf die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer führt selbst bei Experten immer noch zu Kontroversen und scheint schwer zu ergründen zu sein. Das führt unter anderem dazu, dass es zu widersprüchlichen Empfehlungen für die Gestaltung solcher Systeme kommt. In diesem Kapitel sollen die potenziellen Ursachen der Kontroversen und widersprüchlichen Empfehlungen erkundet werden sowie theoretische Modelle (besonders Aufmerksamkeitsmodelle) zur Interpretation der Einflüsse erarbeitet werden und es soll der Stand der Forschung zum Einfluss von Interaktionen mit Fahrerinformationssystemen (sekundärer Aufgaben) auf das Fahrverhalten erkundet werden.

Zunächst einmal ist es wichtig die grundlegenden Charakteristiken und Variationen von Fahrerinformationssystemen zu kennen, da es eine Vielzahl an Kombinationen gibt und in Studien zum Einfluss von Interaktionen mit diesen Systemen oftmals verschiedene Kombinationen verglichen werden. Kapitel 3.1 beschäftigt sich deshalb mit der aktuellen Bandbreite an Umsetzungsmöglichkeiten dieser Systeme. Insbesondere Aspekte der Informationsdarbietung, prototypische Realisierungen der Informationsdarbietung, Positionierung und die Integration von Sicherheitsinformationen sind für das Verständnis dieser Arbeit wesentlich und werden daher genauer betrachtet.

Fahrerinformationssysteme werden regelmäßig in Verbindung mit Ablenkung gebracht, deshalb widmet sich Kapitel 3.2 der Aufmerksamkeit als psychologische Voraussetzung/Anforderung der primären Fahraufgabe. Der Schwerpunkt liegt dabei auf den Kapazitäten der geteilten Aufmerksamkeit und der visuellen Aufmerksamkeit. Sie sollen veranschaulichen, weshalb Fahrerinformationssysteme einen – mitunter gefährlichen – Einfluss auf das Fahrverhalten zeigen könnten. Die Kenntnis verschiedener Aufmerksamkeitsmodelle ermöglicht außerdem eine Interpretation der spezifischen Einflüsse unterschiedlicher Umsetzungen von Fahrerinformationssystemen.

Der dritte Teil der Grundlagen widmet sich schlussendlich den aktuellen wissenschaftlichen Studien zum Einfluss von Interaktionen mit Fahrerinformationssystemen auf das Fahrverhalten. Dabei werden die Effekte anhand des angesprochenen Interaktionsmodus der Systeme beschrieben.

3.1 Fahrerinformationssysteme

Das Angebot an verschiedenen Fahrerinformationssystemen auf dem Markt wird ständig erweitert. Die Systeme variieren bezüglich ihrer Funktionen und vor allem in ihrer Darstellung also der Form der Informationsdarbietung. Aber auch sekundäre Aspekte wie zum Beispiel die Positionierung im Fahrzeug und die Größe des Gerätes werden von Experten und Anbietern diskutiert und unterschiedlich umgesetzt. Dieses Kapitel bietet einen Überblick über jene Charakteristiken von Fahrerinformationssystemen, die häufig in Zusammenhang mit diversen Einflüssen auf die primäre Fahraufgabe gebracht werden.

3.1.1 Informationsdarbietung

Bei der Informationsdarbietung kann primär hinsichtlich des angesprochenen Sinneskanals unterschieden werden. Handelsüblich sind vorwiegend visuelle Darstellungen mit zusätzlichen Audioanweisungen. Es besteht aber auch die Möglichkeit einer reinen Audio- bzw. Bildpräsentation. Grundsätzlich kann bei der visuellen Darbietung auch zwischen Bild- und Textpräsentation differenziert werden, wobei eine ausschließliche Textdarstellung bei Systemen für den normalen Kraftfahrzeugverkehr kaum Anwendung findet. Bei der visuellen Darstellung sind weiters Aspekte der Perspektive, der Abstraktheit der Darstellung, Ausmaß zusätzlicher Umgebungselemente und Anreicherung mit zusätzlichen Symbolen oder Textanweisungen von zentraler Bedeutung (siehe auch Tabelle 1). Diese Komponenten charakterisieren den Grad der Übereinstimmung mit der realen Ansicht der Außenwelt (Fröhlich, Schatz, Leitner, Mantler & Baldauf, 2010):

3.1.1.1 Konstituenten der visuellen Informationsdarbietung

3.1.1.1.1 Perspektive

Der Kartenausschnitt eines Navigationsgerätes wird in der Regel durch GPS-Daten laufend an die aktuelle Position des Fahrzeuges angepasst. Eine Möglichkeit der Perspektivendarstellung ist es eine einfache 2D-Perspektive von oben zu bieten. Bei der Vogelperspektive wird die Straßensituation aus der Position knapp hinter und über dem Auto dargestellt. Neben diesen beiden Möglichkeiten der exozentrischen (Porathe, 2008) Perspektivendarstellung wird mittlerweile auch schon häufiger eine egozentrische Perspektive gewählt vor allem dann, wenn es sich um 3D-Darstellungen handelt. Die egozentrische Perspektive entspricht der realen Ansicht des Autolenkers, wohingegen die exozentrische Perspektive eine künstliche Ansicht

bezeichnet, bei der sich die Person selbst (bzw. das Fahrzeug) von außen betrachtet (Porathe, 2008).

3.1.1.1.2 Schematisch vs. Realistisch

Bei der visuellen Darstellung der Umgebung bei Navigationsgeräten zeigt sich ein eindeutiger Trend in Richtung einer realistischeren, dreidimensionalen Darbietung und weg von einer einfachen schematischen Darstellung, die mehr oder weniger nur die aktuelle Straßensituation in zweidimensionaler Form widerspiegelt. Ein Beispiel für eine relativ realistische Präsentation ist die egozentrische Darstellung „Google Street View“ (Google, 2011; Kun, 2010). Hier werden Sequenzen von Fotos der realen Umgebung gezeigt, die von einer virtuellen Route überlagert werden. Der Unterschied zu Augmented Reality-Präsentationen ist, dass bei der SV nur ein Modell der Realität, nämlich zu einem früheren Zeitpunkt aufgezeichnete Bilder verwendet werden wohingegen bei Augmented Reality (AR) die Umwelt gefilmt wird und dadurch die aktuelle Umwelt in Echtzeit dargestellt wird. Die Route wird auch hier virtuell eingezeichnet.

3.1.1.1.3 Umgebungselemente

Im Gegensatz zu den herkömmlichen schematischen 2D-Karten, die eigentlich nur die Straßenverläufe mit der Routenmarkierung zeigen, kommt es bei den moderneren 3D-Karten zusehends zur Darstellung von zusätzlichen Elementen. Dies können Navigationshilfen sein (Pfeile, ...) oder auch Sehenswürdigkeiten und diverse andere Objekte, etc., die die Navigation erleichtern sollen.

3.1.1.1.4 Anreicherung

Die realistischen Umgebungspräsentationen können mit zusätzlichen virtuellen Symbolen, Texten oder Grafiken angereichert werden, welche Routen- oder Verkehrsinformationen liefern oder auch auf Sehenswürdigkeiten hinweisen.

Tabelle 1: Komponenten der realistischen Visualisierung (Fröhlich, Schatz, Leitner, Mantler & Baldauf, 2010)

Komponenten		Charakteristiken	
Kartendarstellung:	Schematisch 2D	Untexturiert 3D	Texturiert 3D
Betrachtungsperspektive:	Von Oben	Vogelperspektive	Egozentrisch
Umgebungselemente:	Keine	Ausgewählte	Alle
Anreicherung:	Text	Symbole	Pfeile und Linien
Übereinstimmungsgrad mit der realen Sicht der Außenwelt			

3.1.1.2 Prototypische Realisierungen der Informationsdarbietung

Nicht alle möglichen Kombinationen der weiter oben beschriebenen Komponenten der visuellen Darstellung kommen auf dem Markt zur Anwendung. Die gängigsten Kombinationen sind derzeit die im Folgenden beschriebenen (nach Fröhlich, Schatz, Leitner, Mantler & Baldauf, 2010). Da es nahezu unmöglich ist alle Variationen systematisch in einer Studie zu vergleichen, bildeten sie auch die Grundlage für die Gestaltung der Experimentalgruppen in der durchgeführten Studie (siehe Kapitel 5), dadurch wird die Validität und damit der Nutzen der Erkenntnisse erhöht.

3.1.1.2.1 Konventionelle Ansicht

Die wohl häufigste Form der Visualisierung stellt aktuell noch immer eine schematische 2D-Karte aus der Vogelperspektive dar, die mitunter relevante Sehenswürdigkeiten in der Umgebung bekannt gibt. Die gewählte Route wird schematisch in der Karte eingeblendet und die Anweisungen und Warnsymbole werden geographisch in der Karte eingezeichnet.

3.1.1.2.2 Realistische Ansicht

Bei der idealisierten „realistischen Darstellung“ handelt es sich eigentlich um eine quasi-realistische 3D-Kartendarstellung. Diese wird aus der egozentrischen Perspektive des Fahrers vermittelt und enthält alle in der Umwelt vorkommenden Elemente. Die Strecke wird räumlich akkurat in die Darstellung eingeblendet. Auch Pfeile und räumliche Symbole werden eingeblendet.

Die AR-Darstellung ist die realistischste Visualisierung bei HMIs. Hier wird die reale Umgebung aus der Perspektive des Fahrers in Echtzeit auf dem System angezeigt und durch eine virtuelle Route überlagert. Durch diese Form sollen Abgleichungsprobleme zwischen virtueller und realer Umgebung vermieden werden.

3.1.1.2.3 Mischformen

Derzeitige Navigationsgeräte bieten vermehrt auch die Möglichkeit an zwischen verschiedenen Darstellungen umzuschalten. In normalen Situationen wird eine konventionelle Vogelperspektive als Grundeinstellung dargeboten, kommt es zu anspruchsvolleren Verkehrslagen wie größeren Kreuzungen kann zu einer realistischen Ansicht gewechselt werden. Dadurch sollen uneindeutige Situationen und Fehlinterpretationen verhindert werden.

3.1.2 Positionierung

Im Zusammenhang mit der Positionierung unterscheidet man vor allem zwischen sogenannten **head-up-displays (HUD)** und **head-down-displays (HDD)**. Bei den HDDs handelt es sich um die zurzeit handelsübliche Variante. Die Information wird auf einem kleinen Display dargeboten, das meistens im unteren Bereich der Windschutzscheibe oder auf dem Armaturenbrett angebracht wird. Das bedeutet, dass der Fahrzeuglenker den Blick mehr oder weniger von der Straße weg richten muss, um die visuellen Informationen vom Navigationsgerät aufnehmen zu können. Dass ein solches Display die Blicke beim Fahren auf sich zieht, konnte in wissenschaftlichen Studien belegt werden (Kun, Paek, Medenica, Memarovic & Palinko, 2009).

Eine andere, noch kaum kommerziell erhältliche Art der Informationsdarstellung, die diesem Problem Abhilfe schaffen sollte, ist die erwähnte HUD. Hier wird die Route direkt in die Windschutzscheibe „gezeichnet“. Dies bringt den erheblichen Vorteil, dass der Blick eben nicht mehr von der Straße abgewendet werden muss. Forschungsergebnisse zeigen, dass dies zu weniger Navigationsfehlern führt (Burnett, 2003) als mit Hilfe von HDDs. Allerdings zeigen sich auch eindeutige Nachteile durch HUDs. Zum Beispiel stellte Burnett fest, dass Träger von Gleitsichtbrillen ihren Kopf immer wieder senken mussten, um ein scharfes Bild der Eingezeichneten Elemente zu erhalten. Einige Fahrer mussten auch ihre normale Sitzposition beim Fahren in unangenehmer Weise verändern. Außerdem äußerten manche Probanden Bedenken über die omnipräsente Informationsdarbietung, die vom System vorgegeben wurde. Dies wurde als ablenkender empfunden, als die selbstgewählte Informationsaufnahme durch das HDD. Ein weiterer kritischer Punkt, der auch von den Teilnehmern geäußert wurde, ist, dass durch die eingeblendeten Objekte auf die Fahrbahn manche Dinge nicht gesehen werden können.

Die HUDs scheinen also in Anbetracht dieser beachtlichen Kritikpunkte (noch) keine überlegene Alternative gegenüber den HDDs zu sein. Vor allem, wenn man bedenkt, dass noch nicht geklärt ist ob die Blicke auf das Display bei HDD tatsächlich relevante Auswirkungen auf das Fahrverhalten mit sich bringen (siehe Kapitel 3.3).

3.1.3 Integration von Sicherheitsinformationen

Navigationsgeräte werden in Zukunft vermehrt Sicherheitsinformationen an den Fahrer melden. Zu solchen Sicherheitsmeldungen zählen vor allem Warnungen bei Unfällen, gefährlichen Wetterbedingungen oder Staus sowie Informationen über Straßenarbeiten,

Spurverwendungsanweisungen und Geschwindigkeitsbeschränkungen. Das Hauptziel ist es die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer zu erhöhen und den Verkehrsfluss zu optimieren. Diese zusätzliche Funktion kann durch zwei verschiedene Systeme umgesetzt werden. Einerseits durch ein vehicle-to-vehicle-System (V2V) und andererseits durch ein infrastructure-to-vehicle-System (I2V). Das Projekt Coopers untersucht den Einsatz von I2V-Systemen. Bei dieser Studie die ein Teil des Projekts Roadsafe ist, das zum Teil auf Coopers aufbaut, werden ebenfalls I2V-Systeme erforscht.

3.1.3.1.1 V2V Systeme (ITS, 2011)

Unter V2V-Systemen versteht man eine Technologie, die benachbarten Fahrzeugen ermöglicht miteinander zu kommunizieren. Fahrzeugbasierende Daten wie beispielsweise Position oder Geschwindigkeit werden dynamisch drahtlos ausgetauscht. Die V2V Kommunikation ermöglicht dem Fahrzeug Gefahren durch andere Fahrzeuge aufzuspüren, das Risiko zu berechnen und Empfehlungen an den Lenker abzugeben oder sogar präventive Maßnahmen zu ergreifen, um einen Unfall zu verhindern. Die Kommunikation kann z.B. über eine nicht fahrzeugbasierte Technologie wie dem GPS stattfinden oder auch über fahrzeugbasierte Sensordaten bei der die Daten vom Fahrzeugcomputer erhalten werden.

3.1.3.1.2 I2V Systeme (Coopers, 2008; Coopers, 2011)

Bei I2V-Systemen werden sicherheitsrelevante Informationen z.B. in Traffic Control Centern gesammelt und dann an die Fahrer gesendet (Abbildung 3). Man spricht auch von kooperativen Systemen, da es sich um eine Zusammenarbeit zwischen Fahrzeugindustrie und Straßeninfrastruktur handelt. Die Informationen können dabei beispielsweise von Systembetreibern oder der Polizei in die entsprechende Straßeninfrastruktur eingespeist werden. Die Fahrzeuge sind mittels kontinuierlicher drahtloser Kommunikationstechnologie (z.B. Wave (Art WLAN) oder UMTS) mit der Straßeninfrastruktur verbunden. Dadurch können sie Daten und Informationen austauschen, die für den jeweiligen Straßenabschnitt relevant sind. I2V-Systeme erweitern das Konzept von autonomen in-vehicle-Systemen und V2V-Systemen durch taktische und strategische Informationsvermittlung. Durch die speziell an einen Straßenabschnitt angepasste Information an die Fahrzeuge können die Verkehrskontrolle und die allgemeine Verkehrssicherheit verbessert werden.

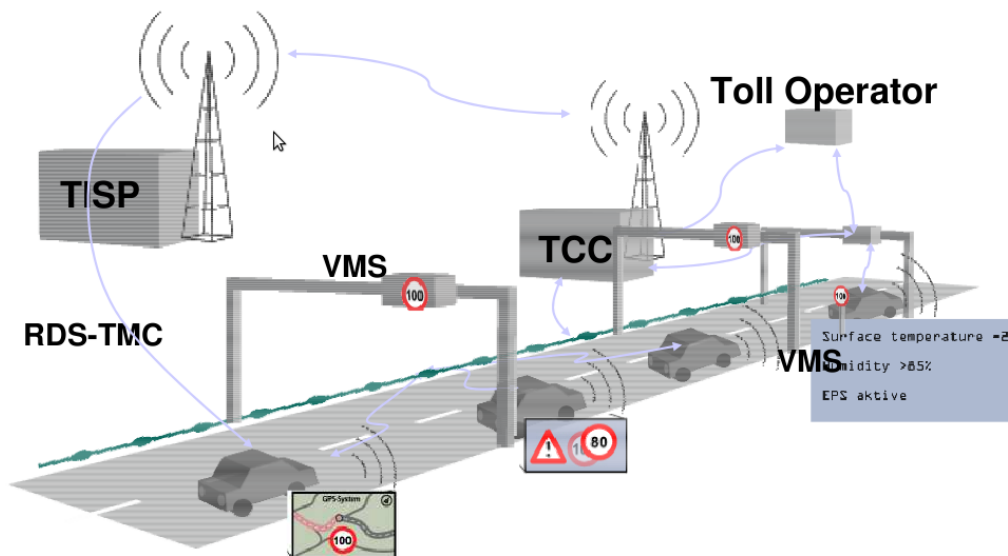


Abbildung 3: Infrastructure-to-Vehicle-System (Coopers, 2008)

3.1.4 Schlussfolgerung

Wenn man sich diese Vielzahl an Charakteristiken ansieht, die bei Informationssystemen für Fahrzeuge in unterschiedlicher Weise kombiniert werden können, wird klar, dass es sehr viele Bedingungen gibt, die das Fahrverhalten potenziell unterschiedlich beeinflussen können. Es scheint naheliegend, dass eine Audiodarbietung einen Autolenker in einer anderen Form beansprucht, wie dies eine visuelle Form tut. Auch zwischen den möglichen visuellen Darstellungen sowie zwischen verschiedenen Sicherheitsmeldungen könnte das Unterstützungs- oder Belastungspotenzial variieren. Bevor wir uns allerdings die Forschungsergebnisse zu den tatsächlichen Unterschieden anschauen können, ist es sinnvoll auf die Aufmerksamkeit als Voraussetzung der primären Fahraufgabe einzugehen, da diese durch solche Systeme beeinträchtigt werden könnte.

3.2 Aufmerksamkeit beim Autofahren

Viele Experten bewerten die Interaktion mit Fahrerinformationssystemen während des Autofahrens als ablenkend bzw. als überbelastend (Bach, Jaeger, Skov & Thomassen, 2009) in Bezug auf die primäre Fahraufgabe. Als primäre Fahraufgabe werden jene Tätigkeiten zusammengefasst, die sich ausschließlich auf das Autofahren an sich beziehen. Darunter fallen beispielsweise Lenken, Beschleunigen, Bremsen, Beobachten der Fahrumgebung, Schalten, etc. Autofahren ist eine komplexe Aufgabe und betrifft viele psychologische Aspekte. Vor allem die

Aufmerksamkeit ist eine unerlässliche Voraussetzung für ein sicheres Fahrverhalten und könnte durch sekundäre Aufgaben wie die Interaktion mit Fahrerinformationssystemen die ebenfalls Aufmerksamkeit benötigen beeinträchtigt werden. Aus diesem Grund werden hier zunächst einige relevante Grundlagen der Aufmerksamkeit zusammengefasst. Besonders unsere allgemeinen Aufmerksamkeitsressourcen bzw. Bedingungen geteilter Aufmerksamkeit können den Einfluss von Fahrerinformationssystemen erklären.

Die Informationen, die ein sicheres Fahren und die Kontrolle über das Fahrzeug erlauben, müssen von mehreren Quellen herangezogen werden (Harbluk & Noy, 2002). Der Großteil der Information wird dabei visuell aufgenommen. Durch diese ohnehin schon große visuelle Belastung scheinen visuelle Darbietungen bei Fahrerinformationssystemen einen besonderen Risikofaktor darzustellen. Einige Wissenschaftler (z.B. Vollrath & Trotzke, 2000) sind der Meinung, dass visuelle Darbietungen die Aufmerksamkeit von der Fahraufgabe abziehen. Deshalb wird im zweiten Teil dieses Kapitels ein besonderer Schwerpunkt auf die visuelle Aufmerksamkeit gelegt.

Viele dieser Aspekte der Aufmerksamkeit sind später bei der Interpretation der Effekte verschiedener sekundärer Aufgaben (Darbietungsarten) hilfreich und werden wieder aufgegriffen.

3.2.1 Aufmerksamkeitsressourcen

Theorien über Aufmerksamkeitsressourcen sollen verdeutlichen, wie sich sekundäre Aufgaben auf das Fahren auswirken können. Da unsere Aufmerksamkeitskapazität beschränkt ist, müssen wir uns auf die aktuell wichtigsten Informationen konzentrieren. Die selektive Aufmerksamkeit dient dazu die Ressourcen auf die relevanten Quellen zu verteilen. Die primäre Fahraufgabe erfordert, dass wir unser Verhalten ständig an die sich verändernden Bedingungen anpassen und mögliche auftretende Situationen antizipieren. Dabei werden wir ununterbrochen mit einer enormen Menge an Reizen und Informationen konfrontiert. Wir müssen die Geschwindigkeit beachten, Verkehrsschilder, Fußgänger, andere Autofahrer, Spurbeibehaltung, Ereignisse im Fahrzeug, etc. Bei der Interaktion mit Fahrerinformationssystemen kommt noch eine weitere Quelle hinzu die Aufmerksamkeit erfordert. Die Fähigkeit zur geteilten Aufmerksamkeit spielt bei der Performance des Autofahrens eine wichtige Rolle, insbesondere wenn eine sekundäre Aufgabe zusätzlich zu bewältigen ist. Verschiedene Ressourcentheorien prophezeien dabei unterschiedliche Effekte durch sekundäre Aufgaben. Es stehen sich zwei Theorien der Ressourcenkapazität gegenüber. Einerseits die Theorie einer zentralen Ressourcenkapazität und

andererseits die der multiplen Ressourcen. Je nach Theorie wäre bei verschiedenen Darbietungsarten von Informationssystemen der gleiche oder ein unterschiedlicher Effekt zu erwarten.

3.2.1.1 Zentrale vs. Multiple Ressourcenkapazitäten

Bei der **Theorie einer zentralen Kapazität** geht man von einer streng limitierten Ressource aus (Eysenck & Keane, 2010). Die Performance von zwei gleichzeitig durchzuführenden Aufgaben hängt von den jeweiligen Anforderungen der beiden Aufgaben an diese Kapazität ab. Der Einfluss einer sekundären Aufgabe auf das Fahren rührt daher, dass beide Aufgaben dieselbe zentrale Kapazität nutzen.

Bei den sogenannten „**Single-channel**“-**Theorien (Einkanaltheorien)** bzw. Flaschenhalstheorien geht man ebenfalls von einer zentralen Kapazität aus. Allerdings ist man hier sogar der Meinung, dass zu einem Zeitpunkt nur einem Bereich Aufmerksamkeit geschenkt und eine detaillierte Verarbeitung ermöglicht werden kann. Experimente zur psychologischen Refraktärperiode (PRP) unterstützen diese Theorie (z.B. Pashler, 1994). Wenn auf zwei schnell aufeinanderfolgende Signale reagiert werden soll, zeigt sich beim zweiten Signal eine Verzögerung der Reaktion. Je näher die Signale beisammen liegen desto größer ist die Verzögerung. Die Erfüllung zweier paralleler Aufgaben wird ermöglicht indem schnell zwischen den Bereichen hin und her gewechselt wird. Als wichtiger Vertreter gilt Broadbent mit seinem Filtermodell.

Nach dem **Filtermodell von Broadbent** (1958) können unterschiedliche sensorische Botschaften simultan im Gehirn eintreffen, wenn sie über parallele sensorische Kanäle verarbeitet werden. Die eingegangenen Informationen bleiben für kurze Zeit in einem temporären Speicher, der vor dem limitierten Kanal lokalisiert ist. Es kann sein, dass mehr Informationen ins System hinein gelangen, als vom Kanal begrenzter Kapazität verarbeitet werden kann. Die eingegangenen Informationen werden nur dann in den Kanal begrenzter Kapazität weitergeleitet und somit für eine weitere detaillierte Informationsverarbeitung zugänglich gemacht, wenn sie durch einen selektiven Filter passieren konnten. Der Filter verhindert also eine Überlastung des Kanals begrenzter Kapazitäten. Die übrigen Reize werden vom Filter auf einer frühen Verarbeitungsstufe zurückgewiesen. Für eine kurze Zeitspanne bleiben sie aber im Speicher und können gegebenenfalls später verarbeitet werden. Die Reize werden anhand physikalischer Eigenschaften gefiltert. Das Modell geht von einer strikt seriellen Reihenfolge der Verarbeitung der Reize aus. Der selektive Filter kann dabei auf jeden

beliebigen sensorischen Kanal (visuell, auditiv,...) wechseln, um eine Überlastung zu verhindern. Für die Interaktion mit einem Fahrerinformationssystem würde das bedeuten, dass der Fahrer nicht gleichzeitig die visuellen Reize der Fahrumgebung und die auditiven Reize des Systems verarbeiten kann.

Andere Forscher hingegen sind der Meinung, dass unabhängige, multiple Ressourcen für die Verarbeitung von Informationen zuständig sind. Nach der **Multiplen Ressourcentheorie** von Wickens (2002) wird zwischen verschiedenen Wahrnehmungsmodalitäten (auditiv vs. visuell), verschiedenen Kanälen der visuellen Verarbeitung (ambient vs. fokal), verschiedenen Stufen der Verarbeitung (wahrnehmen/kognitiv vs. Reaktionswahl/Ausführung) und verschiedenen Verarbeitungskodierungen (verbal vs. räumlich) unterschieden. Vertreter der Multiplen-Ressourcen-Theorie gehen somit davon aus, dass visuelle Kanäle von Ressourcen unterstützt werden, die von den Audiokanälen unabhängig sind. Multitask-Verarbeitung kann somit effizienter durch modalitätsübergreifende als durch die Präsentationen einer Modalität unterstützt werden. Da es sich beim Autofahren um eine Multitasking-Aufgabe handelt, die visuell-räumliche Ressourcen während beider Verarbeitungsstufen erfordert, wird erwartet, dass auditive sekundäre Aufgaben weniger mit der Fahraufgabe an sich interferieren. Die Audio-Aufgaben müssen nämlich nicht mit den visuell-räumlichen Ressourcen wetteifern.

Auch Vertreter der Multiple-Spotlight-Theorie (z.B. Awh & Pashler, 2000) sind in der Regel Befürworter der Annahme, dass wir in der Lage sind unsere Aufmerksamkeit auf mehrere Bereiche zu Verteilen. Das heißt, die Aufmerksamkeit kann auf mehrere Dinge parallel gerichtet werden. In einem Experiment konnten sie beobachten, dass Versuchspersonen ein besseres Identifizieren von jeweils zwei Ziffern in einer fünf x fünf Zeichenmatrix zeigen, wenn ihre Aufmerksamkeit auf diese Bereiche gelenkt worden war. Wenn ein Zielreiz zwischen den zwei Bereichen lag, auf die die Aufmerksamkeit gelenkt worden war, kam es zu schlechteren Ergebnissen.

3.2.1.2 Geteilte Aufmerksamkeit

Das Autofahren ist ein Paradebeispiel geteilter Aufmerksamkeit, da es sich um eine komplexe Tätigkeit handelt, bei der viele Details auf einmal berücksichtigt werden müssen. Das erfolgreiche, sichere Fahren erfordert, dass wir laufend eine Vielzahl an visuellen Informationen aus der Fahrumgebung aufnehmen und verarbeiten, um dann unser Fahrverhalten entsprechend anzupassen. Auch die Aufgabe während des Fahrens mit einem Navigationsgerät zu interagieren erfordert geteilte Aufmerksamkeit. Da unsere Ressourcen beschränkt sind,

können die kombinierten Anforderungen die Kapazität der Aufmerksamkeit übersteigen. Das heißt, dass die Performance einer der beiden oder auch beider Aufgaben nachlässt.

3.2.1.2.1 Einflussfaktoren

Drei Faktoren beeinflussen die Performance bei gleichzeitiger Ausübung zweier oder mehrerer Aktivitäten (Eysenck & Keane, 2010): Ähnlichkeit (der erfordernten Sinnesmodalität), Übung und Schwierigkeit der Aufgaben.

Geteilte Aufmerksamkeit ist vor allem dann schwierig, wenn sie sich auf zwei oder mehrere Reize derselben **Sinnesmodalität** richtet (Solso, 2005). Wenn wir zum Beispiel zwei visuelle oder zwei akustische Signale gleichzeitig beachten sollen, wird uns das weniger gut gelingen. Werden hingegen zwei verschiedene Sinneskanäle angesprochen verhält es sich – zumindest nach den Vertretern der „Multiplen-Ressourcen-Theorien“ – anders. Eine Studie von Allport, Antonis und Reynolds (1972) zeigte, dass bei gleichzeitig dargebotenen Informationen, die sich unähnlich waren, beide besser verarbeitet werden konnten. Die Probanden waren in der Lage gleichzeitig eine auditive Meldung zu registrieren und wiederzugeben, als auch visuelle Szenen zu beachten. Das deutet darauf hin, dass wir auch mehr als eine Sache parallel verarbeiten können. Die Autoren meinen, dass dieses Ergebnis nicht kompatibel mit einer limitierten zentralen Informationsverarbeitung ist und schlagen daher auch eine „multiple-channel“-Hypothese vor.

Bei der geteilten Aufmerksamkeit spielt es nicht nur eine wichtige Rolle, welche Sinnesmodalitäten dabei gefordert sind, sondern auch die **Übung** hat einen wesentlichen Einfluss auf die Performance. Parallele Aufgaben können durch Übung besser absolviert werden (Spelke, Hirst & Neisser, 1976). Gut geübte Tätigkeiten benötigen scheinbar weniger Aufmerksamkeitskapazitäten und können im Extremfall sogar automatisch ablaufen (Shiffrin & Schneider, 1977). Die Automatisierung von Aktivitäten kann vor allem bei motorischen Handlungen beobachtet werden (Richard, Wright, Ee, Prime, Shimizu & Vavrik, 2002). Das trifft auch auf das Autofahren zu.

Richard et al. (2002) geben allerdings zu bedenken, dass zum Autofahren mehr als nur motorische Aktionen gehören. Es werden auch kognitive Prozesse und Wahrnehmungsprozesse abverlangt welche ebenfalls Aufmerksamkeit benötigen, zum Beispiel das Beobachten der Verkehrssituation und der Umgebung. Sie meinen daher, dass auch erfahrene Lenker, die ohne Probleme in der Lage sind, die motorischen Aspekte, wie Schalten, Lenken, Bremsen, etc. durchzuführen durch sekundäre Aufgaben beeinflusst werden. In einem Experiment konnten sie

zeigen, dass geteilte Aufmerksamkeit verzögerte Reaktionszeiten beim Erkennen von Veränderungen der Szene zur Folge haben.

Chapman und Underwood (1998) beobachteten, dass sich bei Fahranfängern vermehrt ein sogenannter Tunnelblick, ein eingeschränktes Blickfeld (siehe weiter unten), zeigt. Sie vermuten, dieser Effekt könnte daher kommen, dass die Anfänger so sehr mit der Fahraufgabe an sich beschäftigt sind, dass ihre kognitive Belastungskapazität ausgeschöpft ist. Die in ihrem Fall weniger geübte manuelle Tätigkeit des Fahrens an sich benötigt noch mehr kognitive Ressourcen. Den Neulingen fehlt es an der Multitasking-Fähigkeit bzw. der erforderlichen geteilten Aufmerksamkeit. Daraus resultiert ein schlechterer Überwachungs- bzw. Kontrollmechanismus der Fahrumgebung.

Auch die **Schwierigkeit** der Aufgaben hat einen Einfluss auf die Performance der Aufgaben. Sullivan (1976) zeigte, dass die Aufgabenbewältigung bei zunehmender Schwierigkeit nachlässt.

Die beiden Faktoren Schwierigkeit und geringe Übung (bzw. geringe Fähigkeit des Ausübenden) erhöhen die **mentale Belastung („workload“)** und beeinflussen somit das Potenzial der sicheren Aufgabenperformance durch die erhöhte Anforderung an die Ressourcen (Wickens, 2001). Die Ressourcenanforderungen (mentale Belastung) wirken als Mediatorvariable. Die Performance durch schwierigere Aufgaben bzw. geringere Fähigkeit muss sich daher nicht zwangsläufig verschlechtern. Die betreffende Person braucht aber mehr Ressourcen, um eine entsprechende Performance zu liefern. Folglich bleiben weniger Ressourcen beispielsweise für eine sekundäre Aufgabe. Als Indikatoren der Belastung werden häufig die Performance, physiologische Messungen der Aktivierung und subjektive Bewertungen erhoben. Oft lässt sich beobachten, dass sich die primäre Aufgabenperformance durch die Manipulation der Schwierigkeit nicht verändert, die beiden anderen Messungen aber schon (Yeh & Wickens, 1988, nach Wickens, 2001). Es werden vermehrt Ressourcen investiert, um die primäre Aufgabe zu erfüllen. Bei erhöhten Anforderungen wird ein Task Management erforderlich.

3.2.1.2.2 Effekte begrenzter Aufmerksamkeit

Aufmerksamkeitsdefizite bei der primären Fahraufgabe durch starke Belastung kognitiver Ressourcen (wie zum Beispiel durch sekundäre Aufgaben) können zu bekannten Effekten, wie einem mangelnden Situationsbewusstsein führen. Diese Effekte können während des Autofahrens gefährliche Folgen mit sich bringen.

Unter starker Belastung kommt es häufig zu einer Verschlechterung des **Situationsbewusstseins** (Wickens, 2001). Man versteht darunter die Wahrnehmung von Elementen der Umgebung, das Verständnis derer Bedeutung und die Prognose von deren Status (Endsley, 1995, S. 36) in der Umgebung. Um uns einer Situation bewusst zu sein, benötigen wir nämlich Ressourcen. Wenn eine konkurrierende sekundäre Aufgabe zu bewältigen ist, kann es sein, dass sie die benötigten Ressourcen für die Beibehaltung des Situationsbewusstseins abzieht (Wickens, 2001). Dies kann ebenfalls die Performance von Aufgaben potenziell beeinträchtigen. Beim Fahren mit Fahrerinformationssystemen, könnte es durch diese Systeme dazu kommen, dass wir Elemente der Straßensituation (z.B. Ampel) gar nicht wahrnehmen oder dass wir sie zwar wahrnehmen aber falsch reagieren (z.B. bei rot die Kreuzung überqueren), da wir nicht genügend Ressourcen investieren, um die Bedeutung zu verstehen.

Ein Phänomen, das Ähnlichkeit mit dem mangelnden Situationsbewusstsein aufweist ist die Blindheit durch Unaufmerksamkeit „**inattention blindness**“ (Mack & Rock, 1998), das sich mitunter bei sekundären Aufgaben während des Autofahrens beobachten lässt (z.B. Recarte & Nunes, 2003). Man versteht darunter den Effekt, dass wir uns einer Sache nicht bewusst sind, obwohl wir unseren Blick direkt darauf richten. Das Bewusstsein über gezeigte Details, die die Probanden ansahen, kam nur zum Vorschein, wenn auch die Aufmerksamkeit explizit darauf gerichtet wurde. Hier werden die Aufmerksamkeitsressourcen ebenfalls nicht erfolgreich auf zwei Aspekte gleichzeitig verteilt

Ein weiteres Phänomen, welches dazu führen kann, dass uns Dinge aus unserer visuellen Umgebung entgehen, ist die sogenannte „**Veränderungsblindheit**“ (Simons & Levin, 1997). Sie kann entstehen, wenn die Wahrnehmung einer Szene kurz unterbrochen wird, sei es durch Unaufmerksamkeit und damit verbundenen Augenbewegungen oder weil die Szene kurz ausgeblendet wird. Dies führt in vielen Fällen dazu, dass Veränderungen nicht wahrgenommen werden können. Übertragen auf das Fahren könnte es zum Beispiel in Situationen, in denen der Fahrer auf das Navigationsgerät und dann wieder zurück auf die Straße vor ihm schaut, zu Veränderungsblindheit kommen. In der Studie von Rensink, O'Regan & Clark (1997) wurde die aufeinanderfolgende Präsentation zweier fast identischer Bilder durch einen leeren Bildschirm unterbrochen. Selbst bei vielfacher Wiederholung wurden die Veränderungen kaum bemerkt. Richard et al. (2002) sehen den Grund dafür in der verminderten „bottom-up“-Aktivierung durch die Veränderung. Es braucht daher den Einsatz von „top-down“-Strategien bzw. fokussierte Aufmerksamkeit. Wenn diese gezielt auf bestimmte Bereiche der Szene gerichtet wird, sind die Effekte wesentlich kleiner.

3.2.1.3 Aufmerksamkeitskontrolle

Damit es beim Fahren nicht zu gefährlichen Effekten durch die mentale Belastung kommt ist also eine **Top-down-Kontrolle** der Aufmerksamkeit wichtig. Die Top-down-Kontrolle ist die vom Individuum (endogen) bewusst auf eine Sache gelenkte Aufmerksamkeit (Posner, 1980, nach Eysenck, 2010). Bei der Top-down-Kontrolle spielen vor allem die Erwartungen und Absichten des Individuums eine entscheidende Rolle. Für das sichere Autofahren ist es wichtig mitunter plötzlich auftauchende Ereignisse rechtzeitig erkennen zu können. Bei der **Bottom-up-Kontrolle** hingegen, wird die Aufmerksamkeit von der Umwelt (exogen) automatisch angezogen (Posner, 1980, nach Eysenck, 2010). Sie wird vor allem durch besonders auffällige Reize oder durch solche die sich von den anderen Reizen abheben provoziert.

Vergleiche der visuellen Aufmerksamkeit beim Fahren von Neulingen und erfahreneren Fahrzeuglenkern liefern Hinweise darauf, dass hier systematische Unterschiede bestehen. Eine Studie mit Blickanalysen präsentiert, dass die Anfänger ihre Aufmerksamkeit anders verteilen. Sie zeigen weniger Varianz bei zwei aufeinander folgenden Fixationen (Underwood, Chapman, Brocklehurst, Underwood, & Crundall, 2003). Die Autoren meinen, dass das Beobachten anderer Verkehrsteilnehmer mit der Fahrerfahrung kommt. Fahranfänger sind noch nicht in der Lage den Fokus ihrer Aufmerksamkeit auf potenzielle Gefahren zu richten, die auftauchen. Die Anfänger richten ihre Aufmerksamkeit verstärkt auf die Fahrbahn vor ihnen. Die fortgeschrittenen Fahrer hatten hingegen bereits das notwendige Wissen für die erforderliche Top-down-Kontrolle erlangt. Sie wissen, wo mögliche Gefahren auftauchen können und lenken ihren Blick immer wieder an die entsprechenden Stellen. Fahranfänger hingegen besitzen diese Fähigkeiten noch nicht, was eine mögliche Erklärung dafür sein könnte, dass Fahranfänger wesentlich häufiger eigenverschuldete Unfälle haben (Rolls & Ingham, 1992).

Ähnlich postulieren manche Autoren, dass eher Strategien des Task Managements (Lee, Caven, Haake & Brown, 2001) entscheidend sind und weniger die Aufmerksamkeitsressourcen. Die Aufgaben werden nicht richtig priorisiert und gehandhabt und führen auch nicht zu Kompensationsstrategien (Alm & Nilsson, 1995). Obwohl sich Testpersonen nach eigenen Angaben einer gesteigerten Belastung bewusst waren, zeigten sie keine ausgleichenden Verhaltensweisen. Studien zum Task Management zeigen, dass sich das Task Management mit zunehmender Belastung verschlechtert (Chou, Madhavan & Funk, 1996). Je komplexer die Aufgabe der Probanden gestaltet wurde desto mehr Fehler zeigten sie bei der Prioritätenverteilung der Aufgaben.

3.2.1.4 Schlussfolgerung

Beim Autofahren scheint also die geteilte Aufmerksamkeit eine bedeutende Rolle zu spielen, da wir die Aufmerksamkeitsressourcen auf mehrere wichtige Aspekte verteilen müssen. Vor allem wenn ein Fahrerinformationssystem verwendet wird, kommt eine weitere Informationsquelle hinzu die Aufmerksamkeit verlangt. Die verschiedenen Theorien zu den Aufmerksamkeitsressourcen würden allerdings unterschiedliche Einflüsse auf das Fahrverhalten prophezeien je nachdem, welcher Sinneskanal vom Fahrerinformationssystem angesprochen wird. Nach der Multiplen-Ressourcen-Theorie müsste sich eine Audiopräsentation weniger negativ auf die Fahrperformance auswirken, da hier ein von den visuellen Ressourcen unabhängiger Kanal angesprochen wird. Phänomene, wie die „inattention blindness“ zeigen aber, dass auch obwohl die visuelle Betrachtung scheinbar gegeben ist (die Augen auf etwas gerichtet bleiben) Objekte nicht gesehen werden können.

3.2.2 Visuelle Aufmerksamkeit

Die visuelle Aufmerksamkeit ist beim Autofahren unerlässlich, da die meisten Informationen beim Fahren durch die visuelle Wahrnehmung vermittelt werden. Durch eine visuelle Informationsdarbietung bei Fahrerinformationssystemen besteht die Gefahr, dass die visuelle Aufmerksamkeit zu sehr auf das Display des Systems gerichtet wird und die Fahraufgabe nicht mehr erfolgreich gemeistert werden kann.

Die zentralen Charakteristiken der visuellen Aufmerksamkeit nach Allport (1993, nach Findlay & Gilchrist, 2003) sind die Selektion eines visuellen Bereiches und die Verbindung zwischen Selektion und Aktion. Die Aufmerksamkeit erlaubt uns Teile der visuellen Information auszuwählen und für eine weitere oder detailliertere Analyse zur Verfügung zu stellen (Findlay & Gilchrist, 2003). Die visuelle Aufmerksamkeit steht durch die Beschaffenheit des Auges in engem Zusammenhang mit den Augenbewegungen. Aus diesem Grund erfolgt als erstes ein kurzer Exkurs zu der Rolle der Augenbewegungen. Dadurch werden auch die beiden im Anschluss beschriebenen Systeme des Sehens verständlich sowie die zwei Arten visueller Aufmerksamkeit die „offene“ und die „verdeckte“ Aufmerksamkeit. Bei beiden kann angenommen werden, dass sie beim Fahren mit Fahrerinformationssystemen jeweils einen wichtigen Beitrag leisten.

Wie wir unsere visuelle Aufmerksamkeit beim Fahren verteilen, lässt sich dann besonders mit Hilfe von visuellen Überwachungs- bzw. Kontrollmodellen erklären. Sie beschreiben, wohin im visuellen Feld wir unsere visuelle Aufmerksamkeit richten. Anhand eines konkreten Modells –

dem SEEV-Model – werden die ausschlaggebenden Faktoren präsentiert. Abschließend werden die Auswirkungen visueller Unaufmerksamkeit auf die Fahrsicherheit zusammengefasst.

3.2.2.1 Augenbewegungen

Die Augenbewegungen spielen eine entscheidende Rolle bei der visuellen Wahrnehmung. Augenbewegungen können Informationen über kognitive Prozesse und Interessen einer Person liefern und sind deshalb auch bei dieser Studie interessant. Findlay und Gilchrist (2003) sind der Meinung, dass das sampling der Augen durch kognitive Prozesse beeinflusst wird. Das Auge mustert jene Dinge, die interessant sind. Was gerade interessant ist, könne sich aber jeden Moment ändern und wird von den gedanklichen Prozessen und Plänen des Betrachters bestimmt.

Beim Autofahren insbesondere wenn dabei sekundäre Aufgaben ins Spiel kommen sind mehrere Quellen von Interesse und es ist wichtig zu erkennen, wie die Aufmerksamkeitsprioritäten verteilt werden. Die Augenbewegungen scheinen deshalb auch in dieser Studie von besonderer Bedeutung zu sein. Sie können Hinweise liefern, welche Informationen für den Fahrer im Moment wichtig erscheinen.

Die Auffassung der Information findet zwischen den Augenbewegungen - während der Fixationen - statt. Als **Fixation** wird die stationäre Zeit zwischen den größeren Augenbewegungen bezeichnet (Findlay & Gilchrist, 2003). Es gibt verschiedene Arten von Augenbewegungen. Die größeren Sprünge nennt man **Sakkaden** (Yarbus, 1967, nach Martinez-Conde, Macknik & Hubel, 2004). Während einer Sakkade wird das Sehen unterdrückt. Dieses Phänomen dient dazu, dass wir das verschwommene Bild das während der Augenbewegung entsteht, nicht bewusst wahrnehmen (Volkman, Schick & Riggs, 1968). Die Sakkaden dauern nur sehr kurz. Je nach Winkel zwischen 25 und 45 Millisekunden.

Unsere Augen sind streng genommen aber ständig in Bewegung, selbst wenn wir gerade eine bestimmte Stelle im visuellen Feld fixieren, bewegen sie sich. Diese minimalen Bewegungen während einer Fixation nennt man **Mikrosakkaden**, **Drifts** oder **Tremor**, ohne sie würde unsere visuelle Wahrnehmung sogar verloren gehen (Ditchburn & Ginsborg, 1952).

Die Augen sind deshalb in ständiger Bewegung da der Bereich des scharfen Sehens stark eingeschränkt ist, nämlich auf das **foveale Sehen** (Styles, 2005). Die Fovea weist die größte Dichte an Rezeptoren auf. Es handelt sich dabei ausschließlich um Zapfenrezeptoren. Durch

diese hohe Dichte wird das detailreiche Sehen ermöglicht. Die Fovea centralis liegt im Zentrum der Retina. Um ein Objekt scharf zu sehen, müssen wir es also direkt ansehen. Die auf der Fovea abgebildeten Informationen werden über den optischen Nerv und die visuellen Bahnen an den visuellen Kortex weitergeleitet. Foveales Sehen umfasst einen visuellen Winkel von ein bis zwei Grad, das parafoveale Sehen einen Winkel von bis zu 10 Grad und das periphere Sehen umfasst mehr als zehn Grad.

3.2.2.2 Fokales und „ambientes“ Sehen

Nicht alle Aufgaben sind untrennbar mit fokalem Sehen und damit den Augenbewegungen verbunden (Leibowitz, Shupert & Post, 1982). Diese Erkenntnis trägt, wie sich später zeigen wird, stark zum Verständnis verschiedener Effekte auf das Fahrverhalten durch visuelle sekundäre Aufgaben bei.

Das **fokale Sehen** konzentriert sich in der Regel auf die Beantwortung der Frage „Was“. Was ist die Eigenschaft, Form, Muster, etc. eines Objekts. Beim **ambientes Sehen** (Umgebungssehen) hingegen geht es mehr um die Frage „Wo“. Wo ist das Objekt im Raum, bewegt sich das Objekt? etc. Eine vergleichbare Unterscheidung stellen auch Milner und Goodale (2008) in ihrer Wahrnehmung-Handlungstheorie dar. Nach Mishkin, Ungerleider und Macko (1983) gibt es zwei kortikale Bahnen, die diese zwei visuellen Systeme repräsentieren. Die ventrale Bahn unterstützt das Was-System die dorsale das Wo-System. Es scheint also zwei Systeme visueller Informationsverarbeitung zu geben, wobei das eine mehr der Wahrnehmung und das andere mehr der Sensomotorik bzw. Lokalisation dient.

Die beiden visuellen Systeme unterscheiden sich nach Leibowitz et al. (1982) anhand wichtiger Charakteristika. Das ambiente Sehen arbeitet mit dem Vestibulären und Somatosensorischen System zusammen. Ambientes Sehen wird vor allem durch niedrigere Raumfrequenzen aktiviert, die üblicherweise große Bereiche des visuellen Feldes stimuliert. Fokales Sehen wird hingegen durch die gesamte Bandbreite der räumlichen Frequenzen bedient. Ein weiterer Unterschied ist, dass fokales Sehen typischerweise Aufmerksamkeit involviert während ambientes Sehen eher reflexiv ist. Anhand dieser Unterscheidungsmerkmale werden auch die unterschiedlichen Funktionen der Systeme klarer.

Das Umgebungssehen kommt unter anderem bei der räumlichen Orientierung und der Fortbewegung zum Einsatz (Leibowitz et al., 1982). Die räumliche Orientierung bleibt auch erhalten, wenn die Objekterkennung beispielsweise durch Dunkelheit nicht gegeben ist. Die Autoren beziehen diesen selektiven Abbau auch auf das Autofahren in der Nacht. Das Lenken,

das durch ambientes Sehen unterstützt wird, bleibt unbeeinträchtigt während die Gefahrerkennung, die auf fokalem Sehen basiert, beeinträchtigt wird. Summala, Nieminen und Punto (1996) bestätigen diese Vermutungen, dass ambientes Sehen manche Fahraufgaben unterstützt und manche nicht. Erfahrene Autolenker konnten auch ohne die Außenwelt zu fixieren mit Hilfe von Umgebungssehen die Spurbeibehaltung aufrechterhalten.

Summala, Lambale und Laakso (1998) bestätigen auch, dass die Entdeckung von Gefahren durch Umgebungssehen nicht effektiv unterstützt wird. Die Probanden sollten, während sie ihre visuelle Aufmerksamkeit auf das Fahrzeuginnere gerichtet hielten, auf ein langsamer werdendes Vorderfahrzeug reagieren. Die Reaktionszeit erhöhte sich dramatisch mit steigendem Winkel zwischen dem Vorderfahrzeug und dem Fokus des Blickes. Dies konnten auch Horrey et al. (2006) bestätigen. Allerdings meinen sie, dass ein Teil der Gefahrentdeckung während ambientem Sehen geschieht.

3.2.2.3 Arten von visueller Aufmerksamkeit

In Bezug auf die visuelle Aufmerksamkeit kann eine ähnliche Unterscheidung getroffen werden. Man differenziert hier zwischen offener und verdeckter visueller Aufmerksamkeit. Sie tragen vermutlich ebenfalls in unterschiedlicher Weise zur Performance von primärer und sekundärer Aufgaben bei. Die „**Overt attention**“ bezeichnet, wenn wir etwas direkt anschauen auf das wir auch unsere Aufmerksamkeit richten (Findlay & Gilchrist, 2003). Das direkte Ansehen ermöglicht ein genaueres Verarbeiten (siehe auch Foveales Sehen, Kapitel 3.2.2.1). Die Struktur der Retina verlangt, dass wir unseren Blick direkt auf etwas richten, um es detailliert sehen zu können (Goldstein, 2008).

Visuelle Aufmerksamkeit kann aber auch zustande kommen, wenn wir unsere Augen nicht direkt auf ein Objekt im visuellen Feld richten. Man spricht von „**Covert attention**“ wenn wir unseren Blick auf etwas richten und dabei aber unsere Aufmerksamkeit auf etwas anderes im peripheren Blickfeld gerichtet haben (Findlay & Gilchrist, 2003). Man bezeichnet dies oft auch als „aus dem Augenwinkel betrachten“. Die verdeckte Aufmerksamkeit führt dazu, dass Reize in dem Bereich der verdeckten Aufmerksamkeit schneller entdeckt werden können. Außerdem wird der Prozess der Fixation, also was als Nächstes betrachtet werden soll, von der verdeckten Aufmerksamkeit unterstützt, indem eine Vorschau des peripheren Feldes nach möglichen Fixationspunkten erstellt wird.

3.2.2.4 Visuelle Überwachungs- und Kontrollmodelle

Bei Überwachungs- und Kontrollmodellen steht das visuelle „scanning“ im Vordergrund. Das Augenmerk liegt also eindeutig auf dem fovealen Sehen. Für viele Aufgaben ist dieses nämlich unerlässlich. Wie wir gesehen haben, trifft das auch auf einige Aufgaben beim Autofahren zu, die eine Voraussetzung für die Sicherheit darstellen (z.B. das Entdecken von Gefahren).

Das „scanning“ beschreibt in diesen Modellen, wohin der Betrachter seinen Blick (das foveale Sehen) richtet. Nach Wickens, Helleberg, Goh, Xu und Horrey (2001) ergeben sich bei den Kontrollmodellen folgende Charakteristiken (im Vergleich zu visuellen Suchmodellen):

- 1) Der Betrachter überwacht dynamische Prozesse und sucht nicht nach einem statischen Zielreiz.
- 2) Der Fokus liegt auf der Entdeckung entscheidender Ereignisse in mehr oder weniger konstanten Bereichen und nicht im Auffinden von Reizen in unbekannten Bereichen.
- 3) Die abhängige Variable ist die Verteilung der visuellen Aufmerksamkeit auf bestimmte Bereiche (AOIs = Areas of Interest) wohingegen bei der visuellen Suche die Reaktionszeit erhoben wird.
- 4) Beim Prozess des Definierens der AOIs ist es in erster Linie wichtig zu wissen, wann man wohin schauen muss und nicht wo man hinschauen muss, damit die dynamischen Prozesse unter Kontrolle gehalten werden können.

Diese Charakteristiken machen deutlich, wieso sich Kontrollmodelle gut zur Beschreibung des visuellen Verhaltens beim Fahren eignen. Bei der primären Fahraufgabe muss der Fahrer die sich ständig ändernde Situation überwachen und nach Ereignissen Ausschau halten, an die er sein Verhalten anpassen muss. Es ist enorm wichtig, dass er seine visuellen Ressourcen zur richtigen Zeit an den richtigen Ort konzentriert. Bei den Überwachungsmodellen wird das Auge als „single server queue“ betrachtet und das visuelle „scanning“ als Mittel um diese zu bedienen (Carbonell, 1966).

3.2.2.4.1 Das SEEV-Modell

Als passendes Beispiel für das visuelle Scanverhalten beim Autofahren kann das konzeptionelle Modell von Wickens et al. (2001) herangezogen werden. Es beschreibt, welche Faktoren beeinflussen, wohin im visuellen Feld wir unsere visuelle Aufmerksamkeit richten:

salience – effort – expectancy – value (SEEV-Modell, Wickens et al., 2001).

Die vier Begriffe beschreiben jeweils eine Charakteristik der betreffenden Umwelt. Die Komponenten des Modells stammen aus verschiedenen Forschungserkenntnissen.

Unter **salience** versteht man das Hervorstechen eines Ereignisses, das die Aufmerksamkeit auf sich ziehen kann (Yantis, 1993). Wickens et al. (2001) beschreiben sie auch als physische Eigenschaft eines Ereignisses. Sie sind der Meinung, dass das Hervorstechen eines Reizes die Latenzzeit bis zur Aufmerksamkeitsverschiebung nach dem Auftreten dieses Reizes verkürzen soll. Optimalerweise sollten diese Informationskanäle weniger häufig betrachtet werden da hervorstechende Ereignisse im peripheren Gesichtsfeld mit größerer Wahrscheinlichkeit Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Es handelt sich hierbei um einen Bottom-up-Prozess der Aufmerksamkeit (Goldstein, 2008). Er hängt ausschließlich von den Stimulismustern ab die auf die Rezeptoren fallen. Die Bedeutung der Szene hat jedoch keinen Einfluss.

Die physische Distanz zwischen dem derzeitigen interessanten Bereich („area of interest“ - AOI) und der vorangegangenen wird als **effort** beschrieben. Um die Aufmerksamkeit von einem Ort auf einen anderen zu richten, ist nämlich ein gewisses Maß an Aufwand notwendig da dies üblicherweise mit Augen- oder sogar Kopfbewegungen verbunden ist und damit manchmal auch Kosten einhergehen (Sheridan, 1970). Dem Aufwand wird folglich eine inhibitorische Rolle zugeschrieben. Längere Sakkaden werden zu vermeiden versucht (Wickens, 2001). Der Betrachter bevorzugt kürzere Sakkaden zu umliegenden AOIs. Die Autoren bezeichnen dies als „in the neighborhood“-Heuristik. Nicht nur der Aufwand von Aufmerksamkeitsverschiebungen ist ausschlaggebend auch der von konkurrierenden kognitiven oder perzeptuellen Aufgaben kann das visuelle Scanning oder die Informationsaufnahme beeinträchtigen (Liu & Wickens, 1992).

Wohin wir unsere Aufmerksamkeit richten, hängt laut Modell (Wickens et al., 2001) weiters davon ab, wo wir Informationen erwarten (**expectancy**). Senders (1964) postuliert, dass die Häufigkeit des Betrachtens einer Informationsquelle nämlich eine Funktion der Bandbreite der Datenmenge ist. Er konnte zeigen, dass die Verteilung der Betrachtungshäufigkeit im Durchschnitt jener der Basisdatenmenge der jeweiligen Quelle entspricht. Dort wo wir viele Informationen wahrnehmen, erwarten wir auch weiterhin viele Informationen. Die Erwartung entspricht also der Bandbreite der Information. Man könnte die Erwartung auch mit dem Betrachterwissen vergleichen, dass bei dem Scannen einer Szene als Einflussfaktor gilt (Goldstein, 2008). Das Wissen über die spezifische Art einer Szene beeinflusst die Augenbewegungen. Wie sich schon weiter oben gezeigt hat, zeigen erfahrene Autolenker ein anderes Scanverhalten, da sie besser wissen, wo Gefahren auftauchen können.

Sheridan (1970) beschäftigte sich ebenfalls mit der Betrachtungshäufigkeit und nimmt an, dass der gewonnene Wert (**value**) der durch die (weitere) Betrachtung eines Informationskanals entsteht bzw. die Kosten die durch das Nicht-Hinschauen entstehen zusätzlich ausschlaggebend ist bzw. sind. Wickens et al. (2001) betonen, dass die Aufgabenhierarchie die Wichtigkeit des Wertes der AOIs bestimmt die den entsprechenden Aufgaben dienen.

Basierend auf dem SEEV-Modell entwickelten sie ein Berechnungsmodell, um die Wahrscheinlichkeit mit der eine AOI betrachtet wird, zu erhalten. Diese entspricht einer Funktion der Werte der Aufgaben die von einer AOI unterstützt werden, der Relevanz der AOI für diese Aufgabe und der Bandbreite der aufgabenrelevanten Information in der AOI.

Horrey, Wickens und Consalus (2006) geben zu bedenken, dass das SEEV-Modell trotz seines Versprechens zur Vorhersage des visuellen Scannings während des Fahrens (vor allem head-down im Fahrzeug) ein paar Einschränkungen aufweisen könnte. Das Modell beschreibe die visuelle Aufmerksamkeitsverteilung des fokalen Sehens, das auch für viele Aufgaben benötigt wird. Sie betonen aber, dass es auch Aufgaben gibt, bei denen sich gezeigt hat, dass sie durch „ambient vision“ unterstützt werden (Leibowitz et al., 1982). Das gilt auch fürs Autofahren.

Horrey et al. (2006) untersuchten, inwiefern sich diese Unterscheidung auf den Gültigkeitsbereich des SEEV-Modells auswirkt. Nach dem Modell müsste eine höhere Bandbreite an Information (Erwartung) zu vermehrter visueller Betrachtung (fokaler Fixierung) führen. Sie nahmen an, dass dies bei Aufgaben, die durch ambientes Sehen unterstützt werden, weniger zutreffen müsste, da diese ja kein fokales Betrachten benötigen. Sie variierten in ihrer Simulatorstudie als Bandbreite einerseits die Windturbulenzen, die die Spurbeibehaltung erschweren sollten und andererseits das Ausmaß der Informationen der „in-vehicle tasks“ (IVT), die auf fokalem Sehen basierten. Die Ergebnisse bestätigen ihre Vermutung. Die Erwartung (Bandbreite) beeinflusst das Ausmaß des visuellen Scannings abhängig davon ob die Aufgabe auf Umgebung- oder fokalem Sehen beruht. Gesteigerte Windturbulenzen, die das Lenkverhalten beeinflussten, führten nicht zu bedeutend mehr Betrachtungen der Außenwelt.

3.2.2.5 Auswirkungen visueller Unaufmerksamkeit auf die Fahrsicherheit

Eine Studie von Klauer, Dingus, Neale, Sudweeks und Ramsey (2006) zeigt, dass ein wesentlicher Teil der Unfälle auf Unaufmerksamkeit zurückzuführen ist, die sich durch das Wegschauen von der Fahrbahn von mehr als zwei Sekunden charakterisieren lässt. Blicke, die weniger als zwei Sekunden von der Straße abweichen haben jedoch keine signifikante Auswirkung auf die Fahrsicherheit.

Es ist allerdings auch wichtig zu unterscheiden wozu die **abweichenden Blicke** dienen. Wenn sie auf Objekte im Fahrzeug gerichtet sind, erhöhen sie die Unfallgefahr während jene die zwar auch von der Fahrbahn weggehen aber der primären Fahraufgabe dienen die Sicherheit eher erhöhen. Das „**scannen**“ der **Fahrumgebung** wirkt sich also positiv aus, vorausgesetzt es geschieht systematisch und der Blick kehrt innerhalb von zwei Sekunden auf die Fahrbahn zurück. Analysen von Augenbewegungen während dem Autofahren haben gezeigt, dass natürliche Blicke weg von der Straße nicht länger als 1,6 Sekunden dauern (Sodhi, 2002). Dieses Verhalten wird sozusagen als Sicherheitsmechanismus angewendet. Die Blicke von der Straße weg, bei denen sich am meisten Unfälle ergeben richten sich auf Ziele innerhalb eines Winkels von 20 bis 40° (Klauer et al., 2006).

Man könnte das so interpretieren, dass beim Scannen der Fahrumgebung die verdeckte Aufmerksamkeit aufrechterhalten bleibt, obwohl der Blick von der Straße abweicht, also die offene Aufmerksamkeit fehlt. Bei Blicken, die sich auf Objekte im Fahrzeug richten die nicht der primären Fahraufgabe dienen könnte es sein, dass sowohl die offene als auch die verdeckte Aufmerksamkeit von der Fahraufgabe abgelenkt werden.

3.2.2.6 Schlussfolgerung

Da unsere visuelle Aufmerksamkeit offen und verdeckt sein kann, ist es möglich, dass wir sie auf eine Sache gerichtet haben, die wir gar nicht direkt ansehen. Allerdings wird diese weniger genau verarbeitet. Die Studie von Klauer et al. (2006) könnte demnach so interpretiert werden, dass die Blicke die sich nicht auf die Straße vor einem gerichtet haben und dem Scannen der Umgebung gedient haben, eine gewisse (verdeckte) Aufmerksamkeit zugelassen haben, während Blicke, die sich auf Objekte im Fahrzeug richteten die Fahrer von der primären Aufgabe ablenkten. Man kann also nicht grundsätzlich davon ausgehen, dass wenn der Blick auf ein Fahrerinformationssystem gerichtet ist, die Aufmerksamkeit des Fahrers gänzlich von der Straße abgewendet ist. Das heißt, die Augenbewegungen bzw. die Blicke allein sind als visueller Aufmerksamkeitsindikator manchmal ungenügend. Außerdem scheint unsere visuelle Wahrnehmung aus zwei Systemen zu bestehen, die jeweils unterschiedliche Aufgaben unterstützen. Studien zu fokalem und ambientem Sehen zeigen, dass nicht für alle Aufgaben beim Autofahren ein direktes Betrachten, also fokales Sehen, erforderlich ist. Man kann also annehmen, dass die Interaktion mit dem Fahrerinformationssystem verschiedene Fahraufgaben unterschiedlich beeinflusst und dass auch die Art der Informationspräsentation eine Rolle spielen wird. Für die meisten Aufgaben nutzen wir allerdings das fokale Sehen. Mit Hilfe des SEEV-Modells wird beschrieben, wohin wir unser fokales Sehen beim Fahren richten.

Die gewonnenen Erkenntnisse machen es nun möglich die Forschungsergebnisse zu den Einflüssen von Fahrerinformationssystemen auf das Fahrverhalten richtig zu interpretieren. Wir können uns daher im Folgenden den aktuellen Studien widmen, die sich mit diesem Thema beschäftigt haben.

3.3 Einfluss von Fahrerinformationssystemen auf das Fahrverhalten

Die Interaktion mit Fahrerinformationssystemen während der Fahrt kann auch als sekundäre Aufgabe bezeichnet werden. Unter sekundären Aufgaben während des Fahrens werden alle Tätigkeiten verstanden, die nicht zur Erfüllung der primären Fahraufgabe erforderlich sind. In der Literatur wird auch häufig von „Dual-tasks“ gesprochen, wenn eine sekundäre Aufgabe zu erledigen ist.

Dual-tasks bzw. sekundäre Aufgaben werden regelmäßig in Verbindung mit Ablenkung gebracht. Ablenkung beim Autofahren wird definiert als ein Ereignis oder Objekt, das die Aufmerksamkeit des Lenkers von der Fahraufgabe abzieht (Stutts et al., 2005, S. 1094). Der prozentuale Anteil der Zeit während derer Fahrzeuglenker mit einer oder mehrerer potenziell ablenkender Aktivitäten beim Fahren beschäftigt sind beträgt 16,1% (Stutts et al., 2005, S. 1097). Das alltägliche Verhalten der Lenker wurde in dieser Studie eine Woche lang mittels Videoaufzeichnungen erhoben. Die ablenkenden Verhaltensweisen beziehen sich z.B. auf Handynutzung, Trinken/Essen, Rauchen, Musikeinstellungen, Lesen, Aufräumen oder andere Personen. Diese Aktivitäten können sich negativ auf die Fahrperformance auswirken. Die Autofahrer hatten währenddessen die Hände weniger häufig am Lenkrad, die Augen auf etwas innerhalb des Autos gerichtet und wiesen eine schlechtere Spurbeibehaltung auf.

Die potenziellen Folgen werden in der ebenfalls naturalistischen Studie von Klauer et al. (2006) besonders anschaulich. Die Ergebnisse zeigen, dass eine komplexe sekundäre Aufgabe – Aufgaben die mehrere Blicke/Handlungen erfordern – während des Fahrens das Risiko eines Unfalls bzw. Beinahe-Unfalls um das Dreifache erhöht. Das Risiko einer moderaten sekundären Aufgabe – die zwei Blicke/Handlungen erfordert – verdoppelt dieses Risiko im Vergleich zum einfachen Fahren. Laut Autoren beträgt der Anteil der Beinahe-Unfälle/Unfälle, die auf Ablenkung durch sekundäre Aufgaben zurückzuführen sind an der Gesamtheit aller Beinahe-Unfälle/Unfälle 22 Prozent. Die Studie von Sodhi, Reimer und Llamazares (2002), bei der die Effekte verschiedener Aufgaben auf die Augenbewegungen beim Autofahren untersucht wurden, zeigt, dass sich auch rein kognitive Belastungen auf das Autofahren auswirken.

3.3.1 Einfluss verschiedener Interaktionsstile

Verschiedene Arten von sekundären Aufgaben haben unterschiedliche mentale Belastungen zur Folge und wirken sich unterschiedlich auf das Fahrverhalten aus. Sodhi et al. (2002) identifizierten drei Typen von Augenbewegungsmustern abhängig von den sekundären Aufgaben: 1) Single-glance-tasks: Augenbewegungen um in den Rückspiegel oder auf den Tachometer zu schauen, 2) multiple-glance-tasks: z.B.: Wechseln des Radiosenders; es kommt zu einem Timesharing-Muster, sprich zu geteilter Aufmerksamkeit zwischen primärer und sekundärer Aufgabe und 3) Aufgaben mit mentaler Beanspruchung: Das Ausmaß der Augenbewegungen ist reduziert. Zu einer ähnlichen Einteilung kamen auch Greenberg et al. (2003). Hier erfolgte die Einteilung nicht anhand der Augenbewegungsmuster, sondern anhand der Effekte der sekundären Aufgaben. Drei signifikant unterschiedliche Gruppen ließen sich feststellen: 1) hands-free dialing und hands-free voicemail 2) Radio- und Klimaanlageeinstellungen sowie entgegennehmen von Anrufen (hands-free und handheld) und 3) handheld phone dialing.

Die Gruppierungen der beiden Untersuchungen könnten zusammengefasst werden, indem sie allgemeiner formuliert werden und zwar bezüglich der Art der Beanspruchung:

- 1) rein mentale (Audio) Beanspruchung (Gruppe 3 bzw. 1)
- 2) visuelle Beanspruchung (Gruppe 1 (bei Sodhi et al., 2002))
- 3) physische Beanspruchung (Gruppe 2 bzw. 2 und 3)

Nach den Vertretern der Multiplen-Ressourcen-Theorie müsste sich die Audio-Interaktion weniger stark auf das primäre Fahrverhalten auswirken, da in diesem Fall andere Verarbeitungskanäle als beim Fahren angesprochen werden. Trifft allerdings mehr die Theorie einer zentralen Kapazität bzw. Einkanaltheorie zu, müsste es zu vergleichbaren Einflüssen kommen. Zusätzlich kann vermutet werden, dass verschiedene Aufgaben der primären Fahraufgabe unterschiedlich beeinträchtigt werden, je nachdem, ob sie von ambientem oder von fokalem Sehen unterstützt werden.

Die Auswirkungen verschiedener Arten von sekundären Aufgaben während des Autofahrens rücken durch die Zunahme an elektronischen Geräten immer mehr in den Fokus wissenschaftlichen Interesses. Im Folgenden sollen nun die aktuellen Forschungsergebnisse zu den Untersuchungen einzelner Interaktionsarten auf die Fahrperformance betrachtet werden.

3.3.1.1 Physische Beanspruchung

Vergleicht man verschiedene Arten von sekundären Aufgaben, so zeigt sich, dass das Wählen bei einem Mobiltelefon gefährlicher ist, als das bloße zuhören/sprechen (Klauer et al., 2006). Man könnte also sagen, dass eine (motorische) Interaktion mehr Aufmerksamkeit erfordert, als eine rein mentale Beanspruchung.

Hinweise darauf zeigten sich bereits in der Untersuchung von Greenberg et al. (2003). Das Wählen mit einem handheld-Telefon wirkte sich dramatisch auf die fahrrelevanten Variablen, wie das Entdecken von Ereignissen oder die Beibehaltung der Spur, aus.

Dass sich manuelle Operationen während der Fahrt, im Vergleich zu visuellen bzw. auditiven Interaktionen, am stärksten auf die Fahrperformance auswirken, meinen auch Vollrath und Trotzke (2000). Die laterale und longitudinale Kontrolle über das Fahrzeug werden signifikant beeinträchtigt, unabhängig von der Straßensituation (gerade oder kurvenreiche Fahrbahn). Die Geschwindigkeit war größeren Schwankungen unterworfen und die Probanden tendierten dazu den Abstand zum Vorderauto zu vergrößern, was die Autoren als potenzielle Kompensation für die Ablenkung werten. Dieser Effekt deutet darauf hin, dass sich die Fahrer der größeren Gefahr durch die manuelle Beanspruchung bewusst sind.

Die starke Beeinflussung durch die motorische Interaktion könnte daher kommen, dass durch beide Aufgaben teilweise die gleiche Sinnesmodalität angesprochen wird. Wie sich bei Untersuchungen zu geteilter Aufmerksamkeit gezeigt hat, erschwert dies die Performance (Allport et al., 1972).

3.3.1.2 Visuelle Beanspruchung

Unsere visuellen Ressourcen sind begrenzt. Wenn während des Fahrens eine visuelle sekundäre Aufgabe zu bewältigen ist, kommt es zum Timesharing der visuellen Ressourcen (Engström, Johansson & Östlund, 2005).

Das „**Scanverhalten**“, das sich normalerweise zeigt, wird durch sekundäre Aufgaben deutlich eingeschränkt (Sodhi et al., 2002). Das bedeutet, dass dadurch die primäre Fahraufgabe beeinflusst werden kann. Chapman und Underwood (1998) meinen, dass umso häufigeres Scannen erforderlich wird je komplexer die Umweltbedingungen beim Fahren sind.

Die Eyetrackerdaten aus der Studie von Sodhi et al. (2002) unterstützen die Theorie, dass bei Aufgaben die länger anhaltend sind, die Blicke des Fahrers zwischen primärer (Blick auf die Straße direkt vor dem Fahrer) und sekundärer Aufgabe hin- und herwechselt, bis die Aufgabe erledigt ist. Das bedeutet, dass das Entdecken von Ereignissen im (peripheren) Blickfeld währenddessen eingeschränkt ist (siehe auch Greenberg, 2003).

Horrey et al. (2006) stellten fest, dass mit zunehmender Komplexität der sekundären visuellen Aufgabe die durchschnittliche Betrachtungszeit der Außenwelt abnimmt und eine erhöhte **Reaktionszeit** bezüglich der Aufgabenbewältigung zu beobachten ist. Wenn der Blick zum Zeitpunkt einer Gefahr nicht auf die Straße gerichtet ist, kommt es zu einer Verschlechterung der Reaktionszeit. Je wichtiger die Informationen einer Quelle sind desto mehr Ressourcen werden investiert und umso mehr steigt die Performance. Richard et al. (2002) postulieren, dass bei den Effekten der sekundären Aufgaben die Top-down-Kontrolle einen Einfluss hat. Relevante Veränderungen in Bezug auf das Fahren können schneller entdeckt werden, da nach ihnen strategisch Ausschau gehalten wird. Aber auch diese werden durch die geteilte Aufmerksamkeit beeinträchtigt.

Wird die Aufmerksamkeit durch eine sekundäre Aufgabe von der Straße abgelenkt, wirkt sich das zudem auf die **Spurverfolgung** aus. Die Fahrspur kann nicht mehr so erfolgreich verfolgt werden, wie wenn der Blick auf die Straße gerichtet bleibt (Horrey et al., 2006). Um die Abweichungen bei der Spurbeibehaltung wieder zu korrigieren kommt es zu abrupteren und ausgeprägteren Lenkradbewegungen, als sie normalerweise zu beobachten sind. Die visuelle Beanspruchung wird daher manchmal mittels der sogenannten „steering wheel reversal rate (SRR)“ gemessen (Liu, Schreiner & Dingus, 1999). Häufiger werden allerdings Eyetracker als Indikatoren eingesetzt. Die visuelle Beanspruchung kann nämlich auch direkt mittels Augenbewegungsmessungen erhoben werden (ISO 15002-1/15002-2).

Oftmals zeigt sich durch die zusätzliche Beanspruchung beim Fahren eine Verringerung der **Geschwindigkeit** (z.B. Engström et al., 2005). Man nimmt an, dass es sich hier, wie bei der bereits erwähnten Abstandsvergrößerung, um einen kompensatorischen Effekt handelt, um die Beanspruchung durch die primäre Fahraufgabe zu reduzieren und damit eine akzeptable Fahrperformance aufrechtzuerhalten.

Neben den genannten Auswirkungen auf die primäre Fahraufgabe kommt es auch zu nachweisbaren **physiologischen Veränderungen** bei den Autofahrern. Engström et al. (2005) konnten in ihrer Studie signifikante Effekte bezüglich Hautleitfähigkeit und Herzfrequenz zeigen.

3.3.1.2.1 Einfluss der Visualisierungsart

Da es bei den Fahrerinformationssystemen teilweise sehr unterschiedliche visuelle Umsetzungen gibt, ist es wichtig zu bedenken, dass sich diese in Art und Ausmaß der Beeinflussung unterscheiden könnten. Vergleichende Untersuchungen in Bezug auf variierende Visualisierungsform gibt es bisher sehr wenige.

Eine dieser wenigen führten Kun et al. (2010) durch. Sie verglichen drei Typen der Informationsdarstellung bei Navigationsgeräten. Es handelte sich dabei um eine herkömmliche schematische Präsentation, eine Street view (SV) und eine AR-Anwendung mittels HUD. Sie konnten durchschnittlich betrachtet keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die Fahrperformance feststellen. Wenn allerdings eine Kreuzkorrelation zwischen dem Blickwinkel und der Fahrperformance berechnet wird, sieht man, dass AR einen geringeren Einfluss hat und dass die Street view sich am deutlichsten auswirkt. Wie erwartet war der Blick bei der AR-Variante aber signifikant mehr auf die Straße gerichtet. Ein Vergleich zwischen der herkömmlichen und der Street view Darstellung zeigte außerdem, dass die Probanden bei der Street view vermehrt auf das Display schauen. Das lässt vermuten, dass sie mehr Zeit benötigen, um die relevante Information herauszufiltern. Die subjektive Bewertung der Testpersonen bestätigte dies. Sie gaben an, bei der SV die stärkste mentale Belastung und den größten Einfluss auf das Fahrverhalten empfunden zu haben.

Eine Studie im Rahmen des europäischen „DRIVE“ Programmes verglich die Effekte von Textanweisungen zur Navigation vs. herkömmliche Papierkartenpräsentation (Parkes, Ashby, Fairclough & Lorenz, 1991). Die Ergebnisse sprechen in diesem Fall eindeutig für die Textdarstellung. Unter dieser Bedingung machten die Testpersonen weniger Fehler und waren schneller in der Lage die Aufgabe zu erfüllen. Außerdem zeigten sie eine ruhigere Herzfrequenz und kürzere, weniger häufige Blicke auf die Navigationshilfe. Bei der hier verwendeten Karte handelte es sich aber um eine konventionelle Papierkarte, bei der anzunehmen ist, dass sie viele Details enthielt und nicht nur die jeweils benötigten Informationen und Bildausschnitte. Es ist also naheliegend, dass der Nachteil der Karte in diesem Fall auf deren Komplexität zurückzuführen ist und nicht auf die Art der Darstellung an sich. Die Informationsdichte scheint sich also eindeutig nachteilig auf die primären und sekundären Fahraufgaben auszuwirken. Die Autoren empfehlen einfache verbale Anweisungen, da diese weniger ablenken. Da diese Anweisungen nur vorübergehend zur Verfügung stehen, können sie visuell unterstützt werden.

3.3.1.2.2 Einfluss der Aufgabenart

Blanco, Biever, Gallogher & Dingus (2006) schlagen vor, dass vor allem verschiedene Elemente der Entscheidungsfindung bzw. des Informationsflusses (visuelle Suche, Planung,

Interpretation und Berechnung) im Zusammenhang mit Ablenkung interessant sind. Tatsächlich zeigte sich bei der visuellen Präsentation eine klare Differenz zwischen reinen Suchaufgaben und solchen, die mit anderen Entscheidungselementen gekoppelt waren. Aufgaben die eine Berechnungskomponente aufwiesen wurden häufiger sicherheitsbedingt abgebrochen bzw. zeigten, wenn sie durchgeführt wurden, einen vergleichsweise höheren Anteil an Spurabweichungen. Weiters zeigte sich, dass Darstellungen im textuellen Absatzformat eher die Sicherheit gefährden könnten.

3.3.1.2.3 Schlussfolgerungen

Das beobachtete Timesharing und das veränderte Scanverhalten durch die sekundären Aufgaben machen klar, dass es schwierig ist, zwei visuelle Aufgaben gleichzeitig zu betrachten. Auch bei visuellen Interaktionen wird also ein Einfluss auf das Fahrverhalten sichtbar. Besonders Aufgaben die auf fokalem Sehen beruhen sind sichtlich betroffen (Entdecken von Ereignissen). Allerdings konnten auch Veränderungen der Spurbeibehaltung, also Aufgaben die üblicherweise mit ambientem Sehen in Verbindung gebracht werden festgestellt werden. Die physiologischen Reaktionen, die beobachtet wurden, können als Stressindikator für die zusätzliche Belastung gesehen werden.

Der Einfluss visueller sekundärer Aufgaben hängt aber auch von der Art der visuellen Präsentation ab, wie die Studie von Kun (2010) gezeigt hat. Die Studien zur visuellen Beanspruchung lassen allerdings noch keine eindeutigen Schlussfolgerungen zu, da sie sich methodisch stark unterscheiden. Teilweise wurden Simulator – teilweise reale Feldstudien durchgeführt. Außerdem wurden größtenteils abstrakte Aufgaben von den Probanden abverlangt, die so in der Realität nicht durchzuführen sind.

3.3.1.3 Auditive Beanspruchung

Die auditive Interaktion unterscheidet sich gegenüber der visuellen insofern, dass die Augen weiterhin auf die Straßensituation gerichtet werden können. Auf den ersten Blick würde man meinen, dass dieser offensichtliche Vorteil auch zu eindeutigen Verbesserungen der Sicherheit führen müsste. Allerdings herrscht derzeit Unklarheit über den Einfluss auditiver Quellen während des Fahrens.

Aufschluss über deren Effekte versucht man meist mittels Studien zu erlangen, die sich mit Mobiltelefonen oder der auditiven Interaktion mit Fahrerinformationssystemen beschäftigen bzw. bei denen kognitive sekundäre Aufgaben gestellt werden. Dabei wird in der Regel davon

ausgegangen, dass Audio-Interaktionen eine rein kognitive Belastung darstellen, wohingegen visuelle Informationen eine kognitive und visuelle Belastung mit sich bringen. Deshalb werden in den Studien als unabhängige Variablen gleichermaßen kognitive Aufgaben und Audio-Aufgaben eingesetzt.

Lee et al. (2001) nehmen an, dass sprachbasierte Interaktionen mit Fahrerinformationssystemen eine kognitive Belastung darstellen, die sich negativ auf die Fahrperformance auswirkt und sie deshalb zum Teil auf denselben kognitiven Ressourcen basieren müssen wie das Fahren an sich. Sie sind daher in der Lage die Fahrzeuglenker in gleicher Weise abzulenken wie visuelle und manuelle Aufgaben.

Das **Preemption-Phänomen** (Wickens & Dixon, 2005) besagt sogar, dass eine auditive Darbietung einer sekundären Aufgabe nachteilig ist, da sie die Aufmerksamkeit eher von der aktuellen primären Aufgabe ablenkt. Zwei Ursachen werden dafür verantwortlich gemacht. Erstens hat der Audiokanal eine inhärente Aufmerksamkeitsanziehung (Spence & Driver, 2000) und zweitens muss eine längere Meldung sofort beachtet werden, weil sie schnell aus dem Arbeitsgedächtnis entweicht.

Ganz im Gegensatz dazu vertreten Vollrath und Totzke (2000) eher eine Multiple-Ressourcen-Theorie und meinen, dass sich akustische Informationsverarbeitung und Autofahren nicht gegenseitig beeinträchtigen. Einige Studien deuten darauf hin, dass eine rein mentale Belastung geringere Effekte mit sich bringt (Engström, Johansson & Östlund, 2005), wie zum Beispiel visuelle Belastungen. Dass es aber zu diversen Einflüssen auf das Fahrverhalten kommt, zeigt eine Vielzahl von Untersuchungen:

3.3.1.3.1 Beobachtete Effekte auf das Fahrverhalten

Von einigen Forschern konnte bestätigt werden, dass sich eine rein kognitive Belastung auf die Reaktionszeit bezüglich der **Entdeckung von relevanten Ereignissen** auswirkt (Alm & Nielsson, 1995; Greenberg et al., 2003). Horrey und Wickens (2006) zeigten in ihrer Metastudie zu Telefongesprächen, dass es sich beim Einfluss auf die Reaktionszeit um einen großen Effekt mit ungefähr 130ms an Einbußen (S.201) handelt.

Eine Magnetenzephalogrammstudie von Bowyer et al. (2009) untersuchte ebenfalls den Einfluss einer Konversation auf eine visuelle Detektionsaufgabe während der Betrachtung eines Autofahrervideos. Die Ergebnisse zeigen auch hier, dass sich dadurch die Reaktionszeit erhöht und dass sich die Reaktionsvariation der Gehirnaktivität in BA 7 (rechter superior parietal

Lappen) und BA 19 (visuelles Areal) vermindert. Diese Regionen sind bei der Integration von visuellen Informationen und motorischen Reaktionen von Bedeutung.

Die Auswirkung einer rein kognitiven Aufgabe (erhöhte Aufmerksamkeitsbelastung) auf die Verarbeitung von relevanten visuellen Informationen während des Fahrens interessierte auch Fort et al. (2010). In einer Simulatorstudie wurden MEG-Messungen durchgeführt. Auch sie stellten bei manchen Aufgaben eine signifikante Veränderung der Reaktionszeit fest, wenn zusätzlich eine Aufmerksamkeitsaufgabe zu erfüllen war. Bei den neuronalen Netzwerken zeigte sich eine Veränderung der Aktivität in den üblicherweise betroffenen Regionen beim Autofahren. Liegt eine vermehrte Aufmerksamkeitsbelastung vor, resultiert dies in einer Reduktion der Gehirnaktivität in den primären visuellen Arealen. Das heißt, es kommt zu einer Modulation der frühen visuellen Prozesse. Auch die Areale, die bei der Aufmerksamkeit eine Rolle spielen, sind betroffen. Es kommt zu einer verminderten Aktivität in einer Region, die wahrscheinlich bei der Handlungsselektion, also bei der Top-down-Kontrolle, von Bedeutung ist. Zu einer Erhöhung der Aktivität kam es jedoch in einer Region die einerseits für die räumliche Orientierung (Calton & Taube, 2009) wichtig ist und andererseits bei der geteilten Aufmerksamkeit (Vandenberghe, Gitelman, Parrish & Mesulam, 2001). Zu einer Aktivitätsminderung kam es weiters auch in einer Region, die bei der Detektion von seltenen und komplexen Ereignissen eine Rolle spielt (Mitchel, 2008).

Bei Recarte und Nunes (2003) ging mit diesen Einbußen bei der Entdeckung von Ereignissen eine vermehrte **Konzentration des Blickes in Richtung Straßenmitte** einher. Mit zunehmender Komplexität der kognitiven Aufgabe, die den Probanden gestellt wurde, sprich mit zunehmender Informationsverarbeitung, kommt es zu einer Reduktion der Sakkaden, die die Umwelt scannen. Die Peripherie sowie die Instrumente im Fahrzeug und die Spiegel werden weniger kontrolliert (siehe auch Harbluk & Noy, 2002). Es kommt also zu einer Konzentration des Blickes auf die Straßenmitte (Engström et al., 2005). Dieses Phänomen wird auch als Tunnelblick bezeichnet (Williams, 1988). Das heißt, in der Peripherie auftauchende Ereignisse können mit zunehmendem Winkel schlechter entdeckt werden, wenn die Anforderung (im fovealen Bereich) steigt. Bei Williams (1988) wurde die Konzentration auf das Zentrum allerdings mit einem visuellen Reiz provoziert, der unterschiedlich stark belastete. Außerdem spricht gegen diese Erklärung der verminderten Detektionsfähigkeit im peripheren Bereich, dass das Überwachen von potenziellen Veränderungen eine Funktion des peripheren Bereichs ist (Findlay & Gilchrist, 2003). Das heißt, diese Fähigkeit dürfte nicht vom Winkel abhängig sein.

Passender erscheint hier die Erklärung von Richard et al. (2002) die meinen, dass Audio-Aufgaben durch die geteilte Aufmerksamkeit zu „Blindheit durch Nichtaufmerksamkeit“ für relevante Ereignisse führen können. Beim Phänomen der Blindheit durch Nichtaufmerksamkeit (inattentional blindness) können Beobachtern Ereignisse entgehen, obwohl sich diese direkt vor ihren Augen abspielen. Das kann dann vorkommen, wenn sie ihre (kognitive) Aufmerksamkeit gerade auf bestimmte andere Dinge gerichtet haben (Mack & Rock, 1998)

Auditive Interaktionen können also eine kognitive Belastung bedeuten, die zur Ablenkung beim Fahrer führt und dadurch eine Beeinflussung des Fahrverhaltens birgt (Harbluk & Noy, 2002). Die ablenkende Aufgabe konkurriert im Kampf um die Ressourcen der Aufmerksamkeit. Je nach Ausmaß an Aufmerksamkeit das der sekundären Aufgabe geschenkt wird stehen weniger Ressourcen für fahrrelevante Verarbeitungen zur Verfügung und die Performance verschlechtert sich. Die reduzierte Fähigkeit zur Entdeckung von Ereignissen kann dabei, wie schon erwähnt, auf das Phänomen des Tunnelblickes und der damit einhergehenden Einengung des Blickfeldes erklärt werden oder durch die Unfähigkeit die Aufmerksamkeit auf zwei parallele Dinge zu richten.

Bei kognitiven Aufgaben während dem Fahren kommt es eher zu geringeren Abweichungen bei der **Spurbeibehaltung** (Engström et al., 2005). Dabei spielt wahrscheinlich die oben erwähnte Konzentration des Blickes auf die Straßenmitte eine Rolle. Sie ging mit einem verbesserten Lenkverhalten einher (Carsten & Brookhuis, 2005). Für die Autoren kommen zwei mögliche Erklärungen in Frage: Einerseits könnte es sein, dass sich die Lenker des höheren Risikos durch die Ablenkung bewusst sind und sich daher vermehrt auf die Straße vor ihnen konzentrieren, um eine stabile Kontrolle beizubehalten. Andererseits könnte es sein, dass die Veränderung der Konzentration des Blickes von der Risikowahrnehmung unabhängig ist und eine Verbesserung der Spurverfolgung bedingt insofern, dass die Lenker unbewusst auf den Punkt hinsteuern, wo sie hinschauen. In der Metastudie von Horrey und Wickens (2006) zeigte sich bei der Spurbeibehaltung nur ein kleiner Effekt bzw. ein nicht signifikanter bei gewichteten Mittelwerten. Horrey et al. (2006) schlagen vor, dass diese Aufgabe andere Ressourcen verlangt, wie die Entdeckung von Ereignissen. Und zwar handelt es sich hier um ambientes Sehen, während letzteres durch fokales Sehen unterstützt wird. Das würde die unterschiedlichen Effekte der Handynutzung beim Fahren erklären. Um sicher zu gehen, dass dieses Ergebnis nicht auf die Art von Handynutzung im Auto (Freisprechanlage und manuelle Nutzung) zurückzuführen ist, wurden die zwei Gruppen von Mobiltelefonen noch getrennt untersucht. Es konnten aber keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die Spurverfolgung gefunden werden. Die Autoren schließen deshalb daraus, dass die verursachten Kosten eher auf kognitive Aspekte rückführbar sind und weniger auf manuelle.

Bei den Audio-Präsentationen in der Studie von Blanco, Biever, Gallogher und Dingus (2006) wurde keine Aufgabe aufgrund der Informationsdichte abgebrochen, sondern nur aufgrund mehrerer Entscheidungselemente. Die Informationsdichte der Audio-Präsentationen wirkte sich aber signifikant auf die Fahrperformance aus. Die Kontrolle war reduziert und die normale Fahrweise beeinträchtigt. Es kam zu höheren Geschwindigkeitsvarianzen, größerer Abstandsvarianz und längeren Mindestabständen. Außerdem konnten vermehrt Spurabweichungen beobachtet werden. Die Anzahl der Blicke war ebenfalls reduziert, was auf ein eingeschränktes Scannen der Umgebung hindeutet.

Ein weiterer Effekt auf die Fahrperformance wird bei Harbluk und Noy (2002) festgestellt. Bei schwierigeren Aufgaben kommt es häufiger zu abrupten **Bremsmanövern**. Abruptes Bremsen kann vor allem bei dichterem Verkehr ein Sicherheitsrisiko darstellen, da sich die Gefahr eines Auffahrunfalles erhöht.

Trotz Einbußen in der Fahrperformance bei auditiven Aufgaben gaben die Probanden bei Blanco et al. (2006) an, in allen Aufgaben nur wenig mental belastet gewesen zu sein. Die Autoren meinen, dass die Personen fälschlicherweise das Gefühl hatten sich der Situation bewusst zu sein. Sie führen das auf die Tatsache zurück, dass auditive Aufgaben den Fahrzeuglenkern ermöglichen die Augen auf die Straße gerichtet zu halten sowie die Hände am Lenkrad, was wohl den **Anschein von Fahrzeugkontrolle** zu vermitteln vermag. Tatsächlich sei es aber eher zu einem „Cognitive Capture“ gekommen. Andere Bewertungen berichten die Fahrzeuglenker in der Studie von Harbluk und Noy (2002). Sie scheinen sich der gesteigerten Gefahr zwar bewusst zu sein, da sie bei den kognitiven Aufgaben das Gefühl einer stärkeren Belastung und Ablenkung sowie eine reduzierte Einschätzung bezüglich sicheren Fahrens angaben. Der Abstand zum Vorderfahrzeug, der als Kompensation variiert werden könnte (Alm & Nilsson, 1995), wird aber dennoch nicht vergrößert. Hier zeigt sich eine Kluft zwischen dem theoretischem Wissen um die Gefahr und der praktischen Umsetzung der Gefahrenminderung. Die abweichenden Beurteilungen könnten auch durch die verschiedenen Vergleichsmöglichkeiten der Probanden zustande gekommen sein. Je nachdem, ob man als Vergleich eine Strecke ohne jegliche Zusatzbelastung bewerten soll oder eine Strecke mit einer potenziell noch anspruchsvolleren sekundären Tätigkeit, fallen die Urteile wahrscheinlich anders aus.

Kontroversen bezüglich der Auswirkungen von Kommunikation während des Fahrens könnten darauf zurückzuführen sein, dass Studien teilweise Gespräche mit Beifahrern und teilweise mit Personen die sich nicht im Fahrzeug befinden untersuchen. Es wird argumentiert, dass nicht anwesende Gesprächspartner die aktuelle Beanspruchung des Fahrzeuglenkers nicht

berücksichtigen können und sich diese Gespräche daher nachteiliger auswirken könnten (Gugerty, Rando, Rakauskas, Brooks & Olson, 2003). Hier konnten jedoch keine unterschiedlichen Auswirkungen festgestellt werden. Ein Vergleich zwischen Konversation und Informationsverarbeitungsaufgabe zeigte, dass eine Konversation stärkere Reaktionszeiteffekte birgt als eine reine Informationsverarbeitungsaufgabe. Es sind aber beide Effekte signifikant. Die Autoren meinen, dass eine Konversation eine stärkere Einbindung hervorruft.

3.3.1.3.2 Schlussfolgerungen

Obwohl von einigen Forschern postuliert wird, dass Audio-Interaktionen einen geringeren Einfluss auf das Fahrverhalten haben würden, konnten auch bei Untersuchungen zum Einfluss von auditiven sekundären Aufgaben deutliche Effekte sichtbar gemacht werden. Entgegen der Annahme, dass Audiopräsentationen einen geringeren Einfluss auf die Entdeckung von Ereignissen haben sollten, da ja die visuelle Aufmerksamkeit bzw. sogar foveales Sehen auf die Straße aufrechterhalten werden kann, konnten in einer Metastudie große Effekte nachgewiesen werden. Weiters spricht der beobachtete Tunnelblick dafür, dass es zu einem „cognitive capture“ bzw. einem Phänomen der Blindheit durch Nichtaufmerksamkeit kommen kann, wenn der Lenker mit Audioinformationen belastet wird. Diese Ergebnisse sprechen eher gegen eine Multiple-Ressourcen-Theorie, bei der von unabhängigen Kanälen gesprochen wird. Vielmehr werden wohl zentrale Ressourcen beansprucht. Mittlerweile belegen sogar Neurophysiologische Studien, dass die visuellen Areale im Gehirn während kognitiven Aufgaben verminderte Aktivität aufweisen. Aufschluss über die tatsächlichen Zusammenhänge können allerdings nur bei direkt vergleichenden Studien gewonnen werden, da sich die Studien in der Regel in wesentlichen Punkten unterscheiden können.

3.3.1.4 Auditive und visuelle sekundäre Aufgaben im Vergleich

Bei einer Flugsimulatorstudie wurden verschiedene Arten der Luftraumkontrolle verglichen, da auch beim Flugverkehr der Trend in Richtung vermehrte visuelle Informationsdarbietung geht (Wickens, Goh, Helleberg, Horrey & Talleur, 2003). Der Grund dafür ist, dass verbale Instruktionen anfälliger für Fehler im Arbeitsgedächtnis sind, wenn es sich um längere Meldungen handelt (Wickens, 2003). Außerdem können mittels Audio-Informationen präzise räumliche Angaben schlechter vermittelt werden (Wickens & Scott, 1983). Bei der Studie von Wickens et al. (2003) gab es drei Experimentalbedingungen: eine Audio-Darbietung, eine Visuelle und eine Kombination der Beiden. Die visuelle Präsentation brachte hier moderate Kosten mit sich, die durch das erforderliche Kopfsenken zum Scannen des Displays verursacht wurden. Die Überlegenheit der Audio-Bedingung wird von den Autoren auf die relativ kurzen

Meldungen zurückgeführt. Diese Ergebnisse sprechen für eine Multiple-Ressourcen-Theorie. Die redundante Information brachte keinen Vorteil, sie führte sogar teilweise zum schlechtesten Ergebnis. Als Erklärung wird die Tatsache angeführt, dass es sich hier um doppelt so viele Daten handelt, die verarbeitet werden müssen, wie bei der einfachen Darbietung und dies zu einer Aufmerksamkeitsminderung führt. Besonders beim Fliegen ist die visuelle Belastung bereits durch das Beobachten der Instrumente und der Außenwelt enorm.

Kun et al. (2009) fanden bei ihrer vergleichenden Studie, dass Probanden mehr Zeit auf die Straße vor ihnen schauten und dies folglich in einer besseren Fahrperformance mündete, wenn es sich um eine rein auditive Darbietung des Navigationsgerätes handelte, als bei einer Kartendarstellung mit zusätzlichen Audio-Anweisungen. Vor allem Blicke, die länger als 200ms weg von der Straße gerichtet waren, hatten einen Einfluss auf die Fahrperformance. Allerdings gaben die Testpersonen an die Kartendarstellung zu bevorzugen. Die Autoren geben drei Erklärungsvorschläge: Erstens ist die auditive Information nur vorübergehend verfügbar, zweitens liefert die Kartendarstellung durch das visuelle Feedback eine Bestätigung der richtigen Aufgabenbewältigung, wodurch es zu einem größeren Vertrauen zu dieser Variante kommt und drittens dürften die Probanden die Kartendarstellung bevorzugen, weil sie einen holistischeren Überblick über die Route ermöglicht.

Der Vorteil einer kombinierten Darstellung ist, dass die jeweiligen Schwächen der auditiven bzw. visuellen Präsentation ausgeglichen werden können, d.h. die Augen müssen nicht von der primären Aufgabe abgewendet werden, da die auditive Information herangezogen werden kann, aber auch den Schwächen der reinen Audio-Darbietung kann entgegengewirkt werden (Sweller, 1990). Dies würde auch der Multiple-Ressourcen-Theorie entsprechen.

3.3.1.4.1 Schlussfolgerungen

Vergleichende Studien sprechen also eher für eine Multiple-Ressourcen-Theorie, da sich die Audiopräsentationen weniger stark auswirken als Visuelle. Allerdings sind noch recht wenige Untersuchungen durchgeführt worden, die die Effekte direkt verglichen. Zusätzlich handelte es sich in den meisten Fällen um Simulatorstudien. Es wäre denkbar, dass die Effekte visueller Präsentationen bei realen Studien geringer ausfallen könnten, da sich die Fahrer wahrscheinlich der realen Gefahr bewusst sind, wenn sie die Aufmerksamkeit von der Straße weg richten. In einer realen Verkehrssituation würden sie vermutlich nur das unbedingt erforderliche Ausmaß an Aufmerksamkeit durch die sekundäre Aufgabe zulassen. Nach Engström et al. (2005) zeigen sich zum Beispiel Unterschiede zwischen Simulator- und Feldstudien bei den physiologischen Reaktionen und den Lenkradbewegungen. Im Feld waren stärkere Effekte zu beobachten. In der Metaanalyse von Horrey und Wickens (2006) in der die Effekte von Kommunikation auf das

Fahrverhalten untersucht wurden, wurde auch überprüft, ob Simulator- und Realstudien vergleichbare Outputs liefern. Die Realstudien scheinen auch hier größere Effekte hervorzubringen, aber beide Studienarten münden in signifikanten Ergebnissen.

3.3.2 Einfluss von Sicherheitsmeldungen

Sicherheitsmeldungen sind dazu gedacht, die Sicherheit von Verkehrsteilnehmern zu erhöhen. Allerdings könnten sie sowohl positive wie auch negative Effekte auf die Sicherheit haben (Coopers, 2008). Die positiven Effekte sollen dadurch erzielt werden, dass die Fahrer frühzeitig über besondere Verkehrssituationen informiert werden und dadurch besser darauf vorbereitet sind, entsprechend zu reagieren. Außerdem soll durch das Wissen über das Ereignis der Stress reduziert werden, was zur Vermeidung einer negativen Fahrperformance beitragen würde (Matthews, 2001). Die Gefahr könnte darin bestehen, dass das System den Fahrer von der primären Fahraufgabe ablenkt.

Das Projekt Coopers beschäftigt sich mit der Entwicklung und Evaluation von sicherheitsbezogenen Echtzeit-Informationen mittels I2V-Technologie, die die Fahrer über individuelle/lokale Verkehrssituationen informieren und Empfehlungen abgeben. Im Rahmen des Coopers-EU-Projekts wurde eine umfassende Analyse von Unfallcharakteristiken und -ursachen in drei verschiedenen Regionen durchgeführt. Die Studienautoren vermuten, dass die Einführung von Sicherheitsmeldungen das Fahrverhalten positiv beeinflussen kann und damit die Verkehrssicherheit erhöht wird. Beispielsweise wurden nach der Einführung von Spurkontrollsystemen („line control systems“) weniger Unfälle registriert. Auch Warnungen bei Verkehrsunfällen deuten auf das Potenzial dieser Systeme hin. Ein ebenfalls positiver Einfluss wird bei Informationen über Wetterbedingungen, Straßenarbeiten oder Straßensperren erwartet.

Eine Benutzerstudie (Coopers, 2011) des Prototyps mit verschiedenen Sicherheitsempfehlungen zeigt allgemein eine sehr positive Einstellung der Probanden gegenüber dem System. Sie empfinden das System als ziemlich nützlich während des Fahrens und sie waren vor allem der Meinung, dass sie dadurch besser über die Straßenbedingungen informiert sind. Außerdem fiel es ihnen leichter die Verkehrsregeln zu beachten und sie empfanden eine verbesserte Fahrsicherheit. Die Analyse von Herzratenmessungen zeigt zusätzlich eine geringere Herzfrequenz der Testpersonen während sie das System verwenden, als wenn sie das System nicht verwenden. Das heißt, dass sie ruhiger sind, wenn sie das System nutzen. Die Autoren postulieren weiters, dass das System einen positiven Einfluss auf das Fahrverhalten im Sinne

der Fahrsicherheit hat, da die Testpersonen ihre Geschwindigkeit verringern, wenn sie mit dem System fahren.

Diese ersten Ergebnisse zum Einsatz von Sicherheitsmeldungen lassen also durchaus positive Effekte erwarten. Allerdings mussten die Probanden dieser Studie die Anweisungen nicht ausführen, sondern sie bekamen sie nur während der Fahrt präsentiert. Vermutlich zeigt sich durch eine tatsächliche Ausführung der Empfehlungen ein etwas anderes Bild. Für die vorliegende Studie wurden die Sicherheitsmeldungen der Coopers-Studie übernommen und mit verschiedenen Darbietungsarten gekoppelt. Dadurch wird ein direkter Vergleich der verschiedenen Darbietungen auf die Performance von primärer und sekundärer Aufgaben ermöglicht.

Nachdem nun der aktuelle Stand der Forschung sowie die notwendigen Grundlagen erörtert wurden, können nun die Forschungsfragen erarbeitet werden.

4 FORSCHUNGSFRAGEN

Im Rahmen der hier durchgeführten Studie sollen folgende Hauptfragestellungen beantwortet werden. Zunächst soll geklärt werden, welche Darbietungsform bei den Fahrerinformationssystemen überlegen ist. Erstens ist von Interesse, ob visuelle Informationen im Zusammenhang mit Fahrerinformationssystemen gegenüber auditiven Informationen überhaupt überlegen sind und zweitens muss geklärt werden ob beim Vergleich von visuellen Formen generell schematische oder AR-Darstellungen zu empfehlen sind. Die dritte zentrale Frage ist, ob unterschiedliche Sicherheitsmeldungen (Anforderungen) verschiedene Effekte verursachen und ob es Interaktionseffekte gibt, also ob sie möglicherweise unterschiedliche Anzeigen verlangen. Weiters interessiert, ob die Resultate mit den subjektiven Bewertungen der Probanden übereinstimmen. Abschließend soll zusätzlich noch untersucht werden, wie potenzielle Nutzer die Systeme im Vergleich bewerten und wie sie die Komponenten (Karte, Textfeld, Audioanweisungen) des Systems bei den visuellen Darbietungen beurteilen.

4.1 Visuelle vs. Auditive Information

Da immer noch Unklarheit darüber besteht, ob visuelle gegenüber auditiven Informationen bei Navigationsgeräten eine Erleichterung mit sich bringen oder die Fahrer mehr von der primären Fahraufgabe ablenken, soll hier durch einen direkten Gruppenvergleich mehr Klarheit erreicht werden. Wie bisherige Forschungen gezeigt haben, scheinen beide Arten Auswirkungen zu zeigen, welche davon aber mehr beeinträchtigen und ob die Unterschiede signifikant sind, ist umstritten. Das Problem liegt nicht zuletzt darin, dass die Studien recht unterschiedlich gestaltet sind und dadurch schwer Vergleiche angestellt werden können. Als abhängige Variable werden oft Performanceleistungen untersucht. Bei den Performanceleistungen handelt es sich aber häufig um abstrakte Aufgaben, die in realen Fahrsituationen nicht auftreten.

Auch das Blickverhalten wird als abhängige Variable eingesetzt. Wichtig ist dabei aber zu bedenken, dass es natürlich nicht nur eine wichtige Rolle spielt, ob der Fahrer häufiger auf das Gerät schaut, sondern auch ob es dadurch Unterschiede in der Auswirkung auf die Fahrperformance gibt. Wie sich gezeigt hat, ist durch die Unterscheidung von offener und verdeckter Aufmerksamkeit sowie zwischen ambientem und fokalem Sehen der Blickfokus als

alleinige Beurteilung der Ablenkung und potenzieller Beeinträchtigung der Fahrperformance nicht ausreichend.

Trifft eher eine Multiple-Ressourcen-Theorie zu, sollten sich die Audioanweisungen weniger negativ auf die Performance auswirken, trifft eine Theorie der zentralen Kapazität zu, so werden auch die Audioinformationen zu vergleichbaren Effekten führen. Eine Simulatorstudie von Kun et al. (2009) deutet darauf hin, dass visuelle Darstellungen die Aufmerksamkeit vermehrt auf das Gerät lenken und weg von der realen Straße. Allerdings wurde die Fahraufgabe in beiden Fällen bewältigt.

Die vorliegende Studie soll durch den direkten Vergleich im Feld klären, ob sich auditive und visuelle Darbietungen unterschiedlich auf die primäre und sekundäre Aufgabenperformance sowie auf das Blickverhalten und die subjektive Bewertung auswirken.

Als erste abhängige Variable wird die primäre Fahrperformance erhoben und geprüft ob sich die eine oder andere Darstellung vorteilhaft auf die primäre Fahrperformance auswirkt. Die primäre Fahrperformance wurde durch eine strukturierte Beobachtung von sicherem Fahrverhalten operationalisiert. Auch wenn eine Darstellung eine vermehrte Anzahl an Blicken auf sich ziehen würde, muss sich das nicht zwingend auf das Fahren auswirken.

Weiters wird die sekundäre Aufgabenbewältigung als abhängige Variable herangezogen. Es soll geklärt werden ob unterschiedliche Darbietungen zu unterschiedlicher Aufgabenbewältigung (im Sinne der Befolgung der HMI-Anweisungen) führen. Die sekundäre Aufgabenperformance wurde ebenfalls durch eine strukturierte Beobachtung operationalisiert (im Sinne des Zeitpunkts und der vorgesehenen Ausführung der Sicherheitsmeldung).

Als dritte abhängige Variable wird das Blickverhalten erhoben. Auf den ersten Blick erscheint es naheliegend, dass bei der visuellen Präsentation der Blick mehr auf das Display gerichtet wird. Da in dieser Untersuchung bei den visuellen Darstellungen aber auch Audioinformationen vermittelt wurden, könnte es sein, dass das Display nicht (wesentlich) mehr betrachtet wird, weil dieses keinen Mehrwert bietet. Dies wäre zumindest nach dem SEEV-Modell (Wickens, 2001) zu erwarten, bei dem die Betrachtungshäufigkeit einer Quelle von dem erwarteten Wert bzw. dem Nutzen abhängt.

Da es in der Literatur widersprüchliche Hinweise darauf gibt, inwiefern die durch die Belastungen beeinträchtigte Fahrweise den Fahrern bewusst ist, wird auch untersucht, welche Darbietung von den Testpersonen belastender erlebt wird bzw. welche bevorzugt wird und ob

sich diese mit der objektiv vorteilhafteren Form deckt. Decken sich die beiden Ergebnisse spricht das für eine bewusste Belastung. Zur Erhebung der subjektiven Bewertung wurde ein Fragebogen eingesetzt, der mehrere Faktoren abdeckte.

Fragestellung 1a: „Bei welcher Darbietungsform (auditiv vs. visuell) wird die primäre Fahraufgabe (im Sinne von beobachtetem sicheren Fahrverhalten) besser erfüllt?“

Fragestellung 1b: „Bei welcher Darbietungsform wird die sekundäre Fahraufgabe (im Sinne der Befolgung von HMI-Anweisungen) generell besser erfüllt?“

Fragestellung 1c: „Bei welcher Darbietungsform (auditiv vs. visuell) werden während der Meldung (kritische Zeitspanne) mehr Blicke auf das Fahrerinformationssystem registriert?“

Fragestellung 1d: „Welche Darbietung wird von den Usern hinsichtlich der subjektiven Bewertung bevorzugt?“

4.2 Schematische vs. Augmented Reality Darstellungen

Der Vorteil von AR-Systemen ist, dass die Abstraktion der Darstellung deutlich reduziert ist. Dadurch wird eher ein „Schauen anstatt einem Lesen“ ermöglicht (Patterson, 2002). Die visuelle Verarbeitung könnte also vereinfacht werden und dadurch auch die Konzentration auf das Fahren erleichtern. Es gibt aber auch Befürchtungen, dass die Zuordnung eher erschwert wird, da es zu einer Zunahme an visuellen Details kommt und es daher weniger schnell gelingt, die relevanten Informationen herauszufiltern (European Commission, 2006). Laut einigen visuellen Wahrnehmungstheorien wird die Suche durch mehr Reize erschwert.

Da bisher meines Wissens noch keine Studien Aufschluss über die Effekte von AR-Darstellungen auf Head-Down-Displays in realen Feldstudien liefern, wird hier versucht zu analysieren, ob diese schematischen Visualisierungen über- oder unterlegen sind oder ob es keine signifikanten Unterschiede gibt. Genauer gesagt soll untersucht werden, ob sich die zwei Visualisierungen unterschiedlich auf die Bewältigung der primären Fahraufgabe und auf die Bewältigung der sekundären Aufgabe auswirken und ob es zu einem unterschiedlichen Ausmaß an Blicken auf das Display kommt. Interessant ist auch wieder die subjektive Bewertung der Teilnehmer.

Fragestellung 2a: „Welche visuelle Darstellung (schematisch vs. AR) ist in Bezug auf die primäre Fahraufgabe (im Sinne von beobachtetem sicheren Fahrverhalten) generell überlegen? Ist die AR-Darstellung oder die schematische Darstellung empfehlenswert?“

Fragestellung 2b: „Unterscheiden sich die visuellen Darstellungen (schematisch vs. AR) hinsichtlich der Bewältigung der sekundären Fahraufgabe (im Sinne der Befolgung von HMI-Anweisungen)?“

Fragestellung 2c: „Bei welcher Visualisierungsform (schematisch vs. AR) werden mehr Blicke auf das Fahrerinformationssystem registriert?“

Fragestellung 2d: „Welche Darstellung bevorzugen die User subjektiv?“

4.3 Effekte der Sicherheitsempfehlungen

Sicherheitsbezogene Navigationssysteme können dem Anwender unterschiedlich anspruchsvolle Anweisungen erteilen. Die übliche Anforderung ist es nur der angeführten Route zu folgen. Es soll auch untersucht werden wie sich verschiedene Sicherheitsempfehlungen, von denen angenommen wird, dass sie einen unterschiedlichen Reaktionsdruck verursachen auf das Blickverhalten, die primäre Fahrperformance und die sekundäre Aufgabenbewältigung auswirken.

Fragestellung 3a: „Wirken sich die verschiedenen Sicherheitsempfehlungen unterschiedlich auf die primäre Fahrperformance (im Sinne von beobachtetem sicheren Fahrverhalten) aus?“

Fragestellung 3b: „Wirken sich die verschiedenen Sicherheitsempfehlungen unterschiedlich auf die sekundäre Fahraufgabe (im Sinne der Befolgung von HMI-Anweisungen) aus?“

Fragestellung 3c: „Wirken sich die verschiedenen Sicherheitsempfehlungen unterschiedlich auf die Anzahl der Blicke auf das Fahrerinformationssystem aus?“

4.4 Interaktionseffekte zwischen Darstellungen und Sicherheitsempfehlungen

In einer Studie mit Fahrsimulatoren von Fröhlich et al. (2010) in der die HMI systematisch manipuliert wurde und dabei unterschiedliche Szenarien untersucht wurden zeigte, dass realistischere Darstellungen in Zusammenhang mit sicherheitsbezogenen Anforderungen zumindest aus subjektiver Sicht der Probanden gegenüber herkömmlichen schematischen Präsentationen bevorzugt wurden. Auch die subjektive Einschätzung der User zeigte, dass realistischere Darstellungen bei höheren Anforderungen als nützliche Unterstützung empfunden werden. Es wird also vermutet, dass diese Überlegenheit auch in der realen Fahrsituation bestehen bleibt.

Fragestellung 3: „Wirken sich die unterschiedlichen Informationsdarbietungen in den unterschiedlichen Szenarien anders aus?“

5 ALLGEMEINE METHODIK

Zur Untersuchung der interessierenden Fragestellungen wurde eine experimentelle Felduntersuchung mit anschließendem Interview durchgeführt. Sie fand von Mitte September bis Anfang November 2010 statt.

Die Testung gliederte sich also in mehrere Phasen (siehe auch Tabelle 2) mit zwei Hauptteilen. Beim ersten Teil (Haupttest) handelte es sich um einen experimentellen Gruppenvergleich, wodurch der spezifische Einfluss der einzelnen Darbietungsarten (Audio, schematisch, AR) auf verschiedene abhängige Variablen geklärt werden sollte. Jede Testperson wurde einer Darbietungsgruppe zugeordnet. Eine Feldstudie wurde deshalb gewählt, da die Effekte bisher zum größten Teil in Fahrsimulatoren untersucht wurden und vermutet wird, dass sich eine reale Verkehrssituation anders auswirken könnte. Den zweiten Teil bildete ein umfassendes Interview, das wiederum aus zwei Teilen bestand. Der erste Teil davon diente der Erfassung subjektiver Erfahrungen mit der jeweiligen Darbietung, in Bezug auf verschiedene Faktoren (mentale Belastung, visuelle Belastung, ...), die mit den beobachteten Einflüssen verglichen werden sollten und war eigentlich noch Teil des experimentellen Gruppenvergleichs. Beim zweiten Teil wurde die Gruppeneinteilung aufgehoben und die Teilnehmer gebeten alle drei Darbietungsarten hinsichtlich der empfundenen Unterstützung im Vergleich zu beurteilen sowie die Komponenten (Karte, Textfeld, Audioinformation) der beiden visuellen Darbietungen zu bewerten. Hier handelte es sich daher um ein anderes Design, da jeder Teilnehmer jede Darbietung beurteilte

Nach einer kurzen Beschreibung der Untersuchungsmaterialien und der Stichprobe erfolgt eine detaillierte Darstellung der Untersuchungsphasen.

Tabelle 2: Testphasen

Phase	Beschreibung	Dauer
Instruktionsphase	Die Tp wird über die Ziele und den Ablauf der Testung informiert und es werden demographische Daten und Erfahrungswerte erhoben.	15-20 min
Setupphase	Die notwendigen Setups der Instrumente im Auto werden durchgeführt (z.B. Kalibrierung des Eyetrackers)	30-60 min (abhängig von der Eyetracker-Kalibrierung)
Haupt-Test	Das eigentliche Experiment auf der Autobahn: nach einer Trainingsphase wird die Tp einer Reihe von interessierenden Ereignissen ausgesetzt. Dabei wird ihr Verhalten strukturiert beobachtet und es werden ihr kurze Fragen zu jedem Ereignis gestellt.	50-60 min
Interview	Die Tp wird zu den Erfahrungen mit dem Gerät befragt, sowie eine Vergleichende Beurteilung erhoben und die Aufwandsentschädigung wird ausgehändigt	30 min

5.1 Untersuchungsmaterialien und -equipment

Für die Durchführung des Experiments diente ein speziell ausgestattetes Fahrzeug. Bei diesem handelte es sich um einen Peugeot 307 SW, der vom Projekt Roadsafes zur Verfügung gestellt wurde. Während der Fahrt waren drei Personen anwesend: ein Testfahrer, ein Testleiter¹ auf dem Beifahrersitz und ein Techniker zur Überwachung und Steuerung der Gerätschaft. Die technische Ausstattung (siehe auch Abbildung 4 und Abbildung 5) umfasste einige Elemente, die im Folgenden kurz erklärt werden sollen:

Prototyp eines Fahrerinformationssystems:

Für die Studie wurde ein eigens dafür entwickeltes prototypisches Fahrerinformationssystem entwickelt (Schabus, Baldauf & Fröhlich, 2010). Es bestand aus einem Bildschirm (10,4 Zoll-Größe) zur Visualisierung der Umgebung und der Anweisungen und dem damit verbundenen OBU (On board unit)-Laptop (4GB RAM, CPU 2,5 GHz). Die Verortung funktionierte mittels einer GPS-Bluetooth-Maus. Die Sicherheitsmeldungen wurden an vorher festgelegten Koordinaten automatisch von der OBU-Software gemeldet. Bei der Augmented Reality-Version diente eine Webcam in der Mitte des Armaturenbrettes zur Aufnahme der Straßensituation. Diese wurde in Echtzeit auf dem Display wiedergegeben.

¹ Die im Text als Testleiter bezeichnete Person bezieht sich auf die Autorin dieser Arbeit.

Mittels „Wizard of Oz“²-Technik wurde eine virtuelle Routenanzeige vom Techniker eingeblendet. Die schematische Kartendarstellung basiert auf Open Street Map (2011). Bei den Audioanweisungen handelte es sich um synthetisierte Sprache eines am FTW entwickelten Sprachausgabesystems.

Videosystem:

Im Fahrzeug wurden mehrere Kameras installiert, die verschiedenen Zwecken dienten. Eine Kamera befand sich ganz links auf dem Armaturenbrett und filmte den Fahrer in Frontalansicht. Diese Aufzeichnungen dienten der beobachterbasierten Analyse des Fahrverhaltens. Insbesondere ermöglichten diese Kameras eine manuelle Blickanalyse vergleichbar mit Jensen, Skov und Thiruravichandra (2010).

Zwei zusätzliche Kameras wurden an den beiden Vordersitzen montiert. Eine davon filmte das Display des Fahrerinformationssystems und die andere die Lenkradbewegungen zur Beobachtung von Auslenkungen.

Eyetracker :

Der Eyetracker diente als weitere Maßnahme zur oben beschriebenen Messung des Blickverhaltens. Es handelte sich hierbei um das Produkt faceLAB 4.6 auf einem Laptop. Dieser befand sich auf dem Rücksitz des Fahrzeuges. Dieses Eyetrackersystem wird nicht am Kopf befestigt, sondern an einem fixierten Gegenstand gegenüber der Person. In unserem Fall war der Eyetracker auf dem Armaturenbrett hinter dem Lenkrad montiert (siehe Abbildung 4). Er besteht aus zwei Kameras und zwei Infrarotstrahlern, die neben den Kameras platziert waren. Mit Hilfe dieser vier Elemente können Augen- und Kopfbewegungen erfasst werden.

Dieses Großteils für Laborstudien eingesetzte System wurde in dieser Studie auf seine Tauglichkeit für straßenbasierte Feldstudien überprüft.

Sensoren zur Messung des Fahrverhaltens:

Weiters wurden die Brems- und Gaspedalverwendung durch Sensoren unter den Pedalen gemessen. Die Daten dieser Sensoren wurden allerdings im Rahmen dieser Studie nicht analysiert.

² Ein automatisches System wird simuliert, das eigentlich von einer Person bedient wird (http://en.wikipedia.org/wiki/Wizard_of_Oz_experiment)

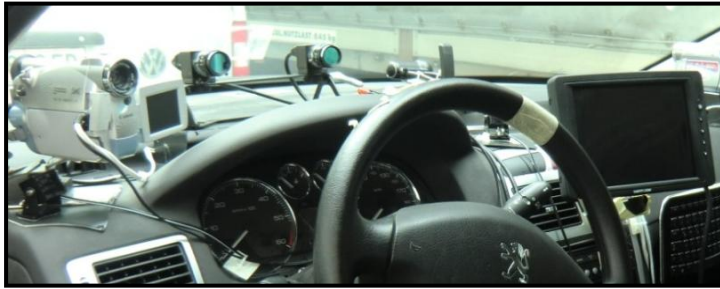


Abbildung 4: Technische Ausstattung 1



Abbildung 5: Technische Ausstattung 2

Neben den technischen Geräten kamen auch einige, zum Teil ausführliche Interviews sowie ein Beobachtungsschema zum Einsatz. Viele der verwendeten Interviewfragen wurden aus dem Projekt Coopers (Coopers, 2010) übernommen, um die subjektiven Beurteilungen der Probanden vergleichen zu können. Die vollständigen Exemplare dieser Materialien sind im Anhang zu finden.

Befragung vor der Testfahrt:

Die Fragen vor der Testung umfassen demographische Gesichtspunkte (Alter, Geschlecht) und Erfahrungsaspekte bezüglich Fahrpraxis und Navigationsgeräten. Bei der Fahrpraxis wurden die Häufigkeit der Nutzung und die Anzahl der gefahrenen Kilometer im vergangenen Jahr erfragt (jeweils sechs Antwortalternativen zur Auswahl). Wurde die Nutzung von Navigationsgeräten positiv beantwortet, so interessierte weiters die Art der Nutzung und gegebenenfalls die Art der Visualisierung.

Interview nach der Testung:

Die Teilnehmer wurden zu ihren subjektiven Eindrücken des Systems befragt. Das Interview nach der Haupttestung gliederte sich in zwei große Bereiche. Der erste Teil bezog sich nur auf die Hauptphase (die jeweilige Experimentalgruppe) des Tests. Die Probanden sollten hier also nur auf die Darstellungsart Bezug nehmen, die sie während dem Großteil der Fahrt erlebt hatten. Dabei wurden verschiedene Aspekte befragt. Beispielsweise interessierte das subjektive Unterstützungsgefühl durch das System sowie subjektiv erlebte mentale und visuelle Belastung.

Im zweiten Teil wurden zusätzlich vergleichende Bewertungen der drei Darstellungsarten erhoben, die durch die Vergleichsphase am Ende der Teststrecke ermöglicht wurde. Bei jeder

Darstellung, für jede Sicherheitsempfehlung wurde außerdem der subjektive Beitrag der drei Informationskomponenten (Karte, Textdarstellung, Audio) des Systems abgefragt.

Beobachtungsschema:

Ein vorher festgelegtes Beobachtungsschema diente dem Testleiter zur strukturierten Beobachtung der Performance der primären und sekundären Fahraufgaben. Bei der primären Fahraufgabe wurden zum Beispiel Sicherheitsaspekte wie abruptes Bremsen, etc. beobachtet. Bei der sekundären Aufgabe wurden die generelle Erledigung sowie der Zeitpunkt als Kriterien herangezogen.

5.2 Stichprobe

Die Probanden wurden über eine Testpersonendatenbank des Forschungszentrums Telekommunikation Wien (FTW) rekrutiert. Insgesamt nahmen 31 Personen an der Testung teil ($N = 31$). Um einer breiten Zielgruppe gerecht zu werden, wurde darauf geachtet, dass bei allgemeinen demografischen Variablen wie Geschlecht und Alter ein ungefähr ausgewogenes Verhältnis besteht. Von den 31 Teilnehmern waren elf Frauen (35,5%) und 20 Männer (64,5%). Die Teilnehmer waren zwischen 20 und 65 Jahre alt, wobei sich das durchschnittliche Alter auf 32 Jahre belief ($M = 32,23$, $SD = 10,16$). Der etwas stärkere Überhang an Männern wurde akzeptiert, da Statistiken darauf hinweisen, dass Männer die größere Gruppe an Fahrzeuglenkern darstellt (BMVIT, 2007). Laut der Studie (S. 4) besitzen knapp ein Drittel mehr Männer, wie Frauen einen Führerschein (89 bzw. 64%). Zusätzlich zeigt sich, dass Männer Werktags eine durchschnittlich längere Weglänge mit dem Auto zurücklegen (15,8 bzw. 9,4 Km, siehe S. 9).

Um das Unfallrisiko während der Testfahrten möglichst gering zu halten, wurden nur erfahrene Autofahrer für die Studie zugelassen, die seit mindestens zwei Jahren in Besitz eines gültigen Führerscheins waren. Mehr als 60% der Teilnehmer gaben an im vergangenen Jahr bis zu 5000 km Autobahn gefahren zu sein. Es wurden nur Personen genommen, die mindestens zwei Stunden pro Woche autofahren und mehrmals im Monat die Autobahn benützen.

Um den Einfluss von Vorerfahrung mit Navigationssystemen auszuschließen wurde auch hier auf ein ausgewogenes Verhältnis geachtet. Knapp die Hälfte der Testpersonen ($N = 15$) gab an keine Erfahrung mit Navigationsgeräten zu haben. Von der anderen Hälfte, der erfahrenen

Probanden gaben jeweils die Hälfte (jeweils $N = 8$) an regelmäßig bzw. manchmal eines zu benutzen.

Keiner der Gruppe mit Erfahrungen verwendete das Gerät ausschließlich mit Audioanweisungen. Alle außer zwei der Nutzer hatten eine schematische Darstellung bei ihrem Navigationsgerät. Einer der anderen beiden benutzte eine Darstellung mit 3D-Objekten und der andere eine Art „erweiterte Realität“.

Aufgrund des Eyetrackers konnten nur Probanden ohne eine Brille teilnehmen, da angenommen wurde, dass der Eyetracker in diesen Fällen bei der Messung beeinträchtigt werden könnte. Das Tragen von Kontaktlinsen war kein Problem. Als Aufwandsentschädigung erhielt jeder Teilnehmer nach der Testung einen Gutschein im Wert von € 20,-.

Die Probanden wurden in randomisierter Weise zu den drei Experimentalgruppen zugewiesen. Durch die zufällig zusammengestellten Gruppen können systematische Einflüsse von Störvariablen minimiert werden und die Unterschiede in der abhängigen Variable können so eher auf die Manipulation der unabhängigen Variable zurückgeführt werden. Durch die zufällige Zuordnung ergaben sich etwas unausgeglichene Verhältnisse in Bezug auf die Variablen Geschlecht und Erfahrung. Wie weiter oben bereits erwähnt, stellt der höhere Männeranteil vermutlich keine besondere Gefahr für die Repräsentativität der Stichproben dar, da diese auch mehr Auto fahren dürften (BMVIT, 2007). Die Vorerfahrung mit Navigationsgeräten würde vermutlich am ehesten einen Einfluss auf die Gruppe mit der schematischen Darbietung haben, da diese am ehesten den kommerziellen Systemen entspricht und sich daher ein Übungseffekt bemerkbar machen könnte. Bei dieser Gruppe zeigen sich allerdings die geringsten Vorerfahrungen. Außerdem sind Störeinflüsse durch etwas ungleiche Verhältnisse weniger problematisch, als wenn man von der Randomisierung abweicht und in ein quasiexperimentelles Design übergeht. Werden die Probanden nun in Gruppen eingeteilt, ergeben sich folgende Beschreibungen (Tabelle 3):

Tabelle 3: Verteilung der Stichprobe

	Audio-Darbietung (N = 10)	Schematische Darbietung (N = 11)	AR-Darbietung (N = 10)
Geschlecht:	Frauen: 4 (40%) Männer: 6 (60%)	Frauen: 4 (36,4%) Männer: 7 (63,6%)	Frauen: 3 (30%) Männer: 7 (70%)
Alter:	$M = 31,70$ $SD = 8,17$	$M = 34,18$ $SD = 14,08$	$M = 30,60$ $SD = 6,70$
Erfahrung mit Navigations-systemen:	Ja: 70% (davon 40% regelmäßige Nutzung) Nein: 30%	Ja: 36,4% (18,2% regelmäßige Nutzung) Nein: 63,6%	Ja: 50% Nein: 50%

5.3 Untersuchungsablauf

Die Studie bestand aus Einzeltestungen der Probanden in einem speziell instrumentierten PKW. Die Einzeltestungen stellten eine Kombination von strukturierten Beobachtungen, Messungen und Interviews dar. Ein Testdurchlauf gliederte sich jeweils in mehrere Phasen (siehe Tabelle 2) und nahm zwei bis dreieinhalb Stunden in Anspruch. Die genaue Testzeit wurde vor allem von der Kalibrierung des Eyetrackers beeinflusst, da diese abhängig von individuellen Unterschieden und Wetterbedingungen unterschiedlich leicht zu bewerkstelligen war. Im Folgenden werden nun die einzelnen Phasen der Untersuchung im Detail geschildert.

5.3.1 Instruktionsphase

Die Probanden wurden am Forschungszentrum Telekommunikation Wien (FTW) empfangen und über das Ziel und den Ablauf der Testung sowie die verschiedenen Aufgaben während der Fahrt informiert. Sie wurden angewiesen den Informationen des Systems bzw. des Testleiters möglichst genau zu folgen. Außerdem sollten sie ein paar Verhaltensweisen während der Fahrt beachten, die der Sicherheit dienen sollten. Dazu gehörten vor allem das Beachten der üblichen Verkehrsregeln, wie das Benutzen des Blinkers sowie das Durchführen von Spiegel- und Schulterblicken beim Abbiegen bzw. Spurwechseln, Einhalten eines ausreichenden Sicherheitsabstandes zum Vorderfahrzeug, beim Benutzen des Pannestreifens soll die Geschwindigkeitsreduzierung bzw. -beschleunigung erst auf diesem erfolgen. Außerdem sollten die Fahrer die Geschwindigkeitsbeschränkungen einhalten, wobei sie aber auch nicht deutlich langsamer fahren durften, da sich dies teilweise verfälschend auf die Interpretation der Aufgabenperformance hätte auswirken können. Die Teilnehmer mussten alle eine Einverständniserklärung unterschreiben. Die genaue Instruktion und die Einverständniserklärung sind im Anhang nachzulesen.

Nach der Instruktion wurden von jedem Testfahrer noch einige demographische Variablen sowie Erfahrungswerte erhoben. Diese bezogen sich auf Geschlecht, Alter, Ausmaß der Autobahnerfahrung, Grund der Teilnahme sowie Erfahrung mit Navigationsgeräten (vollständige Fragen siehe Anhang).

5.3.2 Setupphase

Während der Setupphase bereitete der Techniker die technischen Geräte auf den Test vor. Außerdem kümmerte er sich im Anschluss an die Instruktionsphase um die Anpassung des

Eyetracker an die Testperson. Dieser musste an jede Person spezifisch angepasst werden und nahm einige Zeit in Anspruch.

5.3.3 Haupttest

Bei jeder der empirischen Testungen wurde dieselbe, vordefinierte Strecke abgefahren. Dabei handelte es sich um eine Rundfahrt mit vorwiegend Autobahnstrecken. Insgesamt war die Strecke ca. 85 km lang und die Fahrzeit betrug in etwa 70 Minuten. Die Route startete in Kaisermühlen beim Forschungszentrum Telekommunikation Wien (FTW) und führte dann entlang der A22, S1 und A5 bis nach Gaweinstal und zurück (siehe Abbildung 6). Sie gliederte sich in eine Trainingsstrecke, die eigentliche Teststrecke und eine Vergleichsstrecke am Ende der Route.

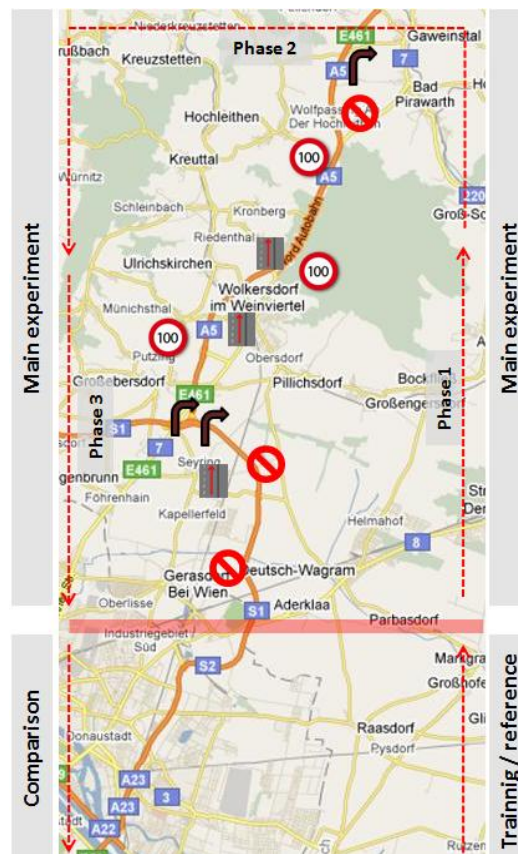


Abbildung 6: Teststrecke mit Sicherheitsmeldungen

5.3.3.1 Trainingsstrecke:

Die Trainingsstrecke bildete eine ca. 13 km lange Route (Kaisermühlen bis Süßenbrunn). Auf der, in etwa zehn bis fünfzehn Minuten dauernden Fahrt wurde jede der vier verschiedenen Sicherheitsempfehlungen, die in Bezug auf den Reaktionsdruck variierten (unerwartete

Routenänderung, Geschwindigkeitsbegrenzung, Spurverwendung und Notstopp) einmal vorgegeben. Während der Trainingsphase wurden die Aufgaben vom Testleiter vorgegeben und nicht vom System. Sie sollte den Probanden dazu dienen, sich mit dem Auto und den verschiedenen Aufgaben vertraut zu machen. Andererseits bot sie auch eine Basis zur Beobachtung des Fahrstils und der Aufgabenerfüllung, um eine bessere Interpretation während der tatsächlichen Testung zu gewährleisten. Nach dieser Eingewöhnung gab es eine kurze Pause, die dazu genutzt wurde, den Eyetracker nachzujustieren. Die Testperson hatte zudem die Gelegenheit sich kurz zu erholen und der Testleiter erklärte nochmals genau den Ablauf der Teststrecke und las die Fragen vor, die im Anschluss an jede Aufgabe gestellt werden würden:

Wie verständlich konnte das Fahrerinformationssystem Ihnen die Fahraufgabe vermitteln? (Skala von 1-7, wobei 1 = gar nicht gut und 7 = sehr gut)
Was hat Sie besonders unterstützt?
Was hat Sie gestört?

5.3.3.2 Teststrecke:

Die Testroute war knapp 60 km lang und betrug in etwa 40 Minuten Fahrtzeit (von Süßenbrunn bis Gaweinstal und zurück nach Süßenbrunn, siehe Abbildung 6). Die Teststrecke gliederte sich wiederum in drei Abschnitte. In jedem Abschnitt wurden vier verschiedene Sicherheitsanweisungen vom Fahrerinformationssystem präsentiert. Die Testpersonen sollten den Anweisungen des Human-Machine-Interface (HMI) folgen. Jede Aufgabe wurde durch die drei Abschnitte drei Mal vorgegeben. Durch die dreifache Vorgabe jeder Sicherheitsmeldung konnten ausreichend Daten erhoben werden, um das Fahrverhalten und die Akzeptanz zu analysieren und zu vergleichen. Dadurch konnten nämlich mögliche Lern- sowie Ermüdungs- und Motivationseffekte gemittelt werden. Außerdem fallen so die Einflüsse zufälliger situativer Störvariablen weniger ins Gewicht und Verzerrungen können besser kontrolliert werden. Die Aufgaben wurden in randomisierter Reihenfolge vorgegeben. Zwischen den Aufgaben wurde ein ungefähre Abstand von viereinhalb Kilometern eingehalten, sodass die Fahrer zwischendurch wieder zu einem „normalen“ Fahrverhalten gelangten bevor das nächste Szenario gemeldet wurde. So sollte auch sichergestellt werden, dass die Testpersonen ausreichend mentale Ressourcen für die kritischen Situationen sammeln konnte. Die Aufgaben wurden immer mit einem Audiosignal angekündigt. Sobald die Probanden die Aufgabe erledigt hatten, stellte ihnen der Testleiter die drei vorher erwähnten Fragen zu deren subjektiven Bewertung. Der Testleiter führte auch zu jeder Sicherheitsmeldung eine strukturierte Bewertung der Fahr- und Aufgabenperformance (siehe Anhang) durch.

5.3.3.3 Vergleichsphase

Am Ende des Haupttests gab es noch eine kurze Vergleichsphase. Hier wurden den Probanden die beiden anderen Darstellungen gezeigt. Bei jeder der beiden Vergleichsdarstellungen gab es nochmals zwei Aufgaben. Diese Aufgaben dienten der besseren Vergleichsmöglichkeit der Teilnehmer für den zweiten Teil des anschließenden Interviews, bei dem die Testpersonen die verschiedenen Darbietungen vergleichen sollten. Sie wurden nicht in die Analyse der Effekte der Darstellungsart des Haupttests miteinbezogen.

5.3.4 Interview

Im Anschluss an die Testfahrt führte der Testleiter mit dem Probanden ein strukturiertes Interview zu den Erfahrungen mit dem System durch. Dieses fand in einem ungestörten Raum am Forschungszentrum Telekommunikation Wien (FTW) statt und dauerte ca. eine halbe Stunde. Das Interview bestand wie bereits erwähnt aus zwei Teilen, die verschiedenen Zwecken dienten. Die vollständigen Fragen sind im Anhang nachzulesen.

5.3.4.1 Interview zum Haupttest

Die Fragen zum Haupttest bezogen sich auf die jeweilige Darbietungsart, die die Testperson während ihrer Hauptphase der Testung erlebt hatte. Sie sollten beispielsweise Aufschluss über die subjektiv erlebte Unterstützung bei den einzelnen Sicherheitsmeldungen, Ablenkung, Sicherheitserhöhung, Verständlichkeit, etc. geben. Bei den beiden visuellen Darbietungsvarianten (schematisch und AR) wurde auch die erlebte visuelle Unterstützung/Belastung erfragt.

5.3.4.2 Interview zum Vergleich der Darbietungsarten

Den Versuchspersonen wurde eine Tabelle (siehe Anhang) mit den verschiedenen Darbietungen jeweils für eine der vier Sicherheitsempfehlungen gezeigt. Sie wurden gebeten für jede Sicherheitsempfehlung eine Rangreihung der Varianten vorzunehmen, entsprechend der erlebten Unterstützung. Zusätzlich sollten sie die Reihung kurz begründen.

Weiters wurden sie gebeten bei den visuellen Darbietungsvarianten wieder für jede Sicherheitsempfehlung anzugeben, wie sehr sie die folgenden Elemente unterstützt haben

(Skala von 1 bis 7): Die Darstellung der Außenwelt links (Karte oder realistische Darstellung), die Informationsboxen auf der rechten Seite (Text und Symbole) und die Audioinformationen.

Nach dem Interview wurde der Gutschein für die Teilnahme ausgehändigt und den Testpersonen für die Teilnahme gedankt.

5.4 Untersuchungsdesign

Bei der vorliegenden Studie kamen zwei verschiedene Designs zur Anwendung. Sie bestand nämlich aus zwei Teilen, die jeweils eine andere Methodik erlaubten.

5.4.1 Design des Haupttests

Beim Untersuchungsdesign (Tabelle 4) des Haupttests handelt es sich um ein experimentelles 2-faktorielles, gemischtes Design (Darbietungsart x Sicherheitsempfehlung). Der Faktor „Darbietungsart“ ist ein unabhängiger Faktor und der Faktor „Sicherheitsempfehlung“ ein abhängiger. Jede Testperson durchlief also alle Sicherheitsempfehlungen, aber war nur jeweils einer Visualisierungsgruppe zugeordnet.

Der Faktor „Darbietungsart“ wurde als unabhängiger Faktor festgelegt, da eine volle Kombination jeder Faktorstufe des ersten Faktors mit jeder Faktorstufe des zweiten Faktors nicht realisierbar wäre (3 Darbietungsstufen x 4 Sicherheitsempfehlungen x 3 Wiederholungen = 36 Testsituationen). Wenn nur der Faktor „Sicherheitsempfehlung“ als abhängiger Faktor gewählt wird, ergeben sich 12 Situationen, was für die Teilnehmer noch zumutbar ist. Die drei Wiederholungen pro Sicherheitsempfehlung sind notwendig, um ausreichend Daten zu erhalten. Außerdem können so mögliche situative Störeinflüsse weniger ins Gewicht fallen und Lern-, Ermüdungs- und Motivationseffekte gemittelt werden.

Tabelle 4: Experimentelles Design des Haupttests

Experiment- talgruppe	Durch- gang	Geschwin- digkeit	Routen- änderung	Spur- wechsel	Notstopp
Audio	1				X
			X		
		X		X	
	2				X
			X		
		X			
	3			X	
		X	X		
				X	
	4				X
					X
Schematisch	1		X		
				X	
		X			
	2				X
			X		
		X			
	3			X	
		X	X		
				X	
	4				X
					X
AR	1		X		
				X	
		X			
	2				X
			X		
		X			
	3			X	
		X	X		
				X	
	4				X
					X

5.4.2 Design des Interviews zum Vergleich der Darbietungsarten

Da jede Testperson während des Haupttests (aus Gründen der Zumutbarkeit) nur einer Darbietungsart zugeordnet werden konnte, erfolgte im Anschluss an den Haupttest noch eine kurze Vergleichsphase mit den beiden anderen Darbietungsarten. Dadurch wurde zusätzlich eine vergleichende subjektive Bewertung der drei Darstellungsarten durch jede Testperson möglich. Hier handelte es sich also um ein zweifaktorielles Design mit zwei abhängigen Faktoren (Darbietungsart x Sicherheitsmeldung).

Die Befragung soll klären, bei welcher Sicherheitsmeldung welche Darbietungsart subjektiv am hilfreichsten empfunden wird.

Neben der globalen Bewertung der Darbietungsarten ist es auch interessant zu erfahren welche Komponenten (Karte, Textfeld, Audio) der zwei visuellen Systeme jeweils als hilfreich empfunden werden. Im, an die Haupttestung anschließenden Interview, sollten die Probanden daher die subjektive Unterstützung der Komponenten der schematischen und der AR-Darbietung für alle Sicherheitsmeldungen bewerten. Bei jeder Darstellung, für jede Sicherheitsempfehlung, wurde der subjektive Beitrag der drei Informationskomponenten (Karte, Textdarstellung, Audio) des Systems abgefragt.

5.4.3 Unabhängige Variablen

5.4.3.1 UV1: "Darbietungsart"

Den ersten Faktor stellt die Darbietungsart dar. Es handelt sich dabei, wie schon erwähnt, um einen unabhängigen Faktor, der in drei Abstufungen (Tabelle 5) realisiert werden soll:

Tabelle 5: Darbietungsstufen

Faktorstufe	Darbietung
Audiodarbietung: keine Visualisierung, nur auditive Information	Audioanweisungen
Schematische Darstellung: Schematische 2D Karte mit Vogelperspektive	 + Audioanweisungen
Augmented Reality Darstellung: Reale Umgebung mittels Live-Kamera Übertragung und dynamischer, virtueller Routeneinblendung	 + Audioanweisungen

5.4.3.2 UV2: "Sicherheitsempfehlungen"

Beim zweiten Faktor handelt es sich um die vier verschiedenen Sicherheitsempfehlungen mit unterschiedlichem Reaktionsdruck. Jede Sicherheitsempfehlung besteht aus einer Aufgabe mit konkreter Anweisung an den Fahrer, wie er sich verhalten soll (siehe Tabelle 6, linke Spalte). Die mittlere Spalte der Tabelle gibt jeweils den entsprechenden Reaktionsdruck wieder und in der rechten Spalte werden mögliche Sicherheitsinformationen aufgezeigt, die der Anweisung zu Grunde liegen könnten. Die Sicherheitshinweise orientieren sich an den Service Informationen des Projekts Coopers (2008). Die Stufen dieser Variable wurden allerdings nicht anhand der jeweiligen Sicherheitsinformation (Ursache der Meldung) festgelegt, sondern anhand des angenommen Reaktionsdrucks der auszuführenden Fahrmanweisung (sekundäre Aufgabe). Dieser Faktor wird zusätzlich erhoben, da die Vermutung besteht, dass bei unterschiedlichen Bedingungen eventuell unterschiedliche Visualisierungen für eine bestmögliche Verarbeitung nötig sind (Fröhlich et al., 2010).

Tabelle 6: Sicherheitsempfehlungen

Fahrmanweisung	Reaktionsdruck	Sicherheitshinweise
<i>Geschwindigkeitsbegrenzung:</i> Eine neue Geschwindigkeitsbegrenzung wird empfohlen.	Mittel	Unfallwarnung, Zwischenfallmeldung, Geisterfahrermeldung, wetterbedingte schlechte Straßenverhältnisse, Straßenarbeiteninformation, Stauwarnung,
<i>Spurverwendung:</i> Das System weist den Fahrer darauf hin, die rechte (bzw. linke) Spur zu verwenden.	Mittel	Geisterfahrerwarnung, Straßenarbeiteninformation, Spursperre, Spurverwendung,
<i>Unerwartete Routenänderung:</i> Eine neue Route wird empfohlen, die vom Fahrer verlangt, die Autobahn zu verlassen.	Hoch	Unfallwarnung, Zwischenfallmeldung, Geisterfahrermeldung, wetterbedingte schlechte Straßenverhältnisse, Straßenarbeiteninformation, Stauwarnung,
<i>Notstopp:</i> Wegen einer unmittelbaren Sicherheitsgefährdung meldet das System dem Fahrer, auf dem Pannestreifen an einer bestimmten Stelle stehen zu bleiben.	Hoch	Unfallwarnung, Zwischenfallwarnung, Geisterfahrerwarnung, Stauwarnung,

5.4.4 Abhängige Variablen

Die abhängigen Variablen setzen sich aus verschiedenen Arten von Variablen zusammen, die zu den gängigen Messungen der sicherheitsrelevanter Ablenkung durch sekundäre Aufgaben bzw. visueller Wahrnehmung beim Fahren zählen (Bach, Jaeger, Skov & Thomassen, 2009; Green, 2001). Einerseits bestehen sie aus objektiven Daten, wie die des Eyetrackers und andererseits strukturierten Beobachtungen (Fremdbeobachtung) sowie subjektiven

Einschätzungen der Probanden (Selbstbeobachtung). Die subjektiven Daten, die aus den Fragen zum Haupttest im Interview gewonnen werden, dienen der Erhebung mehrerer subjektiver Einschätzungen und sollen auch einen Vergleich zwischen objektiven Ergebnissen bzw. den Fremdeinschätzungen und den subjektiven Eindrücken ermöglichen. Zu den subjektiven Faktoren zählen: Unterstützung bei den Sicherheitsmeldungen, Ablenkung, Sicherheitserhöhung, Nützlichkeit, Verständlichkeit, Einstellung gegenüber dem System (Spaß), Nutzungsabsicht und Verspieltheit. Zur Bewertung der Fragen und Aussagen wurde eine siebenstufige Skala gewählt. Diese reichte von „trifft überhaupt nicht zu“ (1) bis „trifft vollkommen zu“ (7). Die Messungen der Effekte der sekundären Aufgaben können in Gruppen eingeteilt werden: primäre Fahrperformance, sekundäre Aufgabenperformance, Blickverhalten sowie die subjektiven Bewertungen.

AV1: Fahrperformance (primäre Fahraufgabe):

Die primäre Fahraufgabe, im Sinne eines sicheren Fahrverhaltens, beinhaltet zum Beispiel die Beachtung der Fahrgeschwindigkeit, Abstand zum Vorderfahrzeug, Bremsennutzung, Lenkverhalten etc. Das Fahrverhalten wird vom Testleiter während jeder Sicherheitsmeldung beobachtet und kodiert.

- *Sicheres Fahren (keine abrupten Bremsmanöver, ruhiges Fahrstreifenwechseln, keine drastischen Tempoveränderungen, Abstand halten) (siebenstufige Skala: 1 = sehr unsicher, 7 = sehr sicher)*

AV2: Sekundäre Aufgabenperformance:

Sie wird durch die Güte der Aufgabenerfüllung operationalisiert. Dabei wurden der richtige Zeitpunkt bzw. der richtige Ort vom Testleiter bewertet (1 = richtiger Zeitpunkt, ansonsten Abweichung in Metern) sowie die korrekte Erledigung (0 = nein, 1 = ja, 2 = konnte nicht erfüllt werden, 3 = konnte nur noch mit Hilfestellung bzw. Nachfragen erfüllt werden). Die beiden Kategorien wurden dann zu einer Kategorie zusammengefasst (Tabelle 7):

Tabelle 7: Bewertung der sekundären Aufgabenperformance

7	Erledigung = 1, Distanz = 1
6	Erledigung = 1, Distanz < 100 Meter
5	Erledigung = 1, Distanz > 100 Meter
4	Erledigung = 3, Distanz = 1
3	Erledigung = 3, Distanz < 100 Meter
2	Erledigung = 3, Distanz > 100 Meter
1	Erledigung = 0, Distanz = irrelevant

AV3 Blickverhalten (Sie kann durch mehrere Variablen operationalisiert werden):

AV3a: Objektives Blickverhalten (Eyetrackermessung):

Die Analyse des Blickverhaltens mittels Eyetrackermessungen in Abhängigkeit der Darbietungsform soll Aufschluss über visuelle Beanspruchung (Ablenkung) liefern.

AV3b: Beobachtetes Blickverhalten (manuelle Analyse):

Zwei unabhängige Beobachter werteten die kritischen Zeitspannen (Aufscheinen einer Meldung) anhand der aufgezeichneten Videos aus. Die Ergebnisse der gezählten Blicke auf das Navigationsgerät wurden über die beiden Beobachter gemittelt und anschließend wurden die relativen Blickhäufigkeiten berechnet, indem die Anzahl der Blicke durch die Dauer des entsprechenden Szenarios dividiert wurde.

AV4: Subjektive Bewertungen:

Zur subjektiven Bewertung der jeweiligen Darbietungsart wurden folgende Fragen gestellt:

1. Unterstützung bei Routenanweisung:

Wie hilfreich schätzen Sie das System während der normalen Routenanweisung ein?
(Skala 1-7, 1 = gar nicht hilfreich, 7 = sehr hilfreich)

2. Unterstützung bei Spurwechsel:

Wie hilfreich schätzen Sie das System während der Anweisung zum Spurwechsel aufgrund der Verkehrsergebnisse ein? (Skala 1-7, 1 = gar nicht hilfreich, 7 = sehr hilfreich)

3. Unterstützung bei Notstopp:

Wie hilfreich schätzen Sie das System während der Anweisung zum Notstopp ein?
(Skala 1-7, 1 = gar nicht hilfreich, 7 = sehr hilfreich)

4. Unterstützung bei Geschwindigkeitsbegrenzung:

Wie hilfreich schätzen Sie das System während der Anweisung zur Geschwindigkeitsbegrenzung ein? (Skala 1-7, 1 = gar nicht hilfreich, 7 = sehr hilfreich)

5. **Übereinstimmungsfindung zwischen Straße und Display:**

Hat Sie die Art der Informationsdarbietung dabei unterstützt eine Übereinstimmung zwischen den Angaben des Navigationsgerätes und der Straßensituation zu finden? (Skala 1-7, 1 = gar nicht unterstützt, 7 = sehr unterstützt, Bei Audio nicht relevant)

6. **Behinderung bei Detailerkennung:**

Hat Sie die Art der Darstellung daran gehindert, die für die Fahraufgabe relevanten Details in der notwendigen Zeitspanne zu erkennen? (Skala 1-7, 1 = sehr gehindert, 7 = gar nicht gehindert, Bei Audio nicht relevant)

7. **Ablenkung:**

Hat Sie das Gerät von der Fahraufgabe abgelenkt? (Skala 1-7, 1 = sehr abgelenkt, 7 = gar nicht abgelenkt)

8. **Nützlichkeit:**

Ich fand das System nützlich während der Fahrt. (Skala 1-7, 1 = gar nicht nützlich, 7 = sehr nützlich)

9. **Sicherheit:**

Ich fand, dass das System meine Fahrsicherheit erhöht. (Skala 1-7, 1 = trifft gar nicht zu, 7 = trifft sehr zu)

10. **Verständlichkeit:**

Ich fand es einfach das System zu verstehen. (Skala 1-7, 1 = trifft gar nicht zu, 7 = trifft sehr zu)

11. **Verständlichkeit der Zeichen,:**

Ich fand die Zeichen am Bildschirm gut verständlich. (nicht bei audio; Skala 1-7, 1 = trifft gar nicht zu, 7 = trifft sehr zu)

12. **Lesbarkeit der Zeichen:**

Ich fand die Zeichen am Bildschirm leicht lesbar. (nicht bei audio; Skala 1-7, 1 = trifft gar nicht zu, 7 = trifft sehr zu)

13. **Spaß:**

Ich fand, dass das Fahren mit dem System Spaß macht. (Skala 1-7, 1 = trifft gar nicht zu, 7 = trifft sehr zu)

14. Nutzungsabsicht:

Wenn kommerziell verfügbar, habe ich vor das System zu nutzen. (Skala 1-7, 1 = trifft gar nicht zu, 7 = trifft sehr zu)

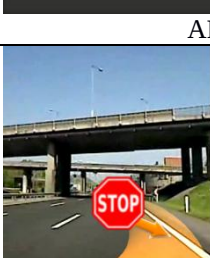
15. Verständlichkeit (während Fahrt):

Wie verständlich hat Ihnen das System die Fahraufgabe vermittelt? (Skala 1-7, 1 = gar nicht verständlich, 7 = sehr verständlich)

5.5 Interview zur Vergleichsbeurteilung

Zusätzliche subjektive Daten lieferten die Fragen zur vergleichenden Bewertung der drei Darbietungsformen, die beim zweiten Teil des Interviews erhoben wurden. Hier handelt es sich wie bereits erwähnt um ein anderes Untersuchungsdesign. Die Darbietungsformen werden hier nämlich nicht als Zwischensubjektfaktoren, sondern als Innersubjektfaktoren behandelt. Jeder Teilnehmer bewertet Fragen zu allen Stufen der Darbietung, jeweils für alle Sicherheitsmeldungen. Erfragt wurden die globalen Bewertungen der Darbietungsarten pro Sicherheitsmeldung sowie die Komponenten der beiden visuellen Darbietungsarten.

- 1) Bitte erstellen Sie eine Rangreihung, welche der im Test erlebten Darstellungsvarianten Sie am besten unterstützt hat! Bitte nehmen Sie diese Reihung für jedes der vier Anwendungsszenarien vor (unerwartete Routenänderung, Geschwindigkeitsbegrenzung, Spurverwendung, Notstopp)! Begründen Sie Ihre Rangreihung!
- 2) Bitte geben Sie in jeder der visuellen Darbietungen an, wie sehr Sie folgende Komponenten unterstützt haben (von 1 bis 7):
 - a) Die Darstellung der Außenwelt links (Karte oder realistische Darstellung)
 - b) Die Informationsboxen auf der rechten Seite (Textfeld)
 - c) Die Audioinformationen

			Darbietungsart	
		Nur Sprache	Schematisch	AR
Sicherheitsempfehlung	Normale Routenanweisung	Dem Straßenverlauf folgen	 Strassenverlauf folgen Aktuell noch 5.0 km A22 Donauufer-Autobahn 130	 Strassenverlauf folgen Aktuell noch 5.0 km A22 Donauufer-Autobahn 130
	Geschwindigkeitsbegrenzung	Achtung! Langsam fahren!	 60 Achtung! Langsam fahren! Aktuell noch 670 m Wind Aktuell A22 Donauufer-Autobahn 60	 100 Achtung! Langsam fahren! In 60 m auf der Strecke von 1.3 km Wind In 60 m A22 Donauufer-Autobahn 130
	Spurverwendung	Achtung! Rechte Spur verwenden!	 Achtung! Rechte Spur benutzen! In 140 m auf der Strecke von 1.4 km Bauarbeiten In 140 m A22 Donauufer-Autobahn 130	 Achtung! Rechte Spur benutzen! In 140 m auf der Strecke von 1.4 km Bauarbeiten In 140 m A22 Donauufer-Autobahn 130
	Unerwartete Routenänderung	Achtung! Rechts abfahren!	 Achtung! Rechts abfahren! Aktuell Stau In 550 m Wind In 320 m A22 Donauufer-Autobahn 130	 Achtung! Rechts abbiegen! In 230 m A22 Donauufer-Autobahn 80
	Notstopp	Achtung! Anhalten auf dem Pannestreifen!	 STOP Achtung! Anhalten am Pannestreifen! In 30 m Unfallbereich In 1.0 km A22 Donauufer-Autobahn 100	 STOP Achtung! Anhalten am Pannestreifen! In 30 m Unfallbereich In 1.0 km A22 Donauufer-Autobahn 100

6 ERGEBNISSE

Die statistische Auswertung der Ergebnisse erfolgte mit SPSS 19 für Linux. Dafür wurden die gewonnenen Daten aus den entsprechenden Excel-Tabellen ins SPSS importiert und wurden dort weiterverarbeitet. Zur Überprüfung der in Abschnitt 4 beschriebenen Hypothesen wurden unterschiedliche Verfahren verwendet. Da die Voraussetzungen zur Durchführung parametrischer Signifikanztests in manchen Variablen nicht gegeben waren, wurde in diesen Fällen zusätzlich parameterfreien Verfahren angewendet.

Aus Gründen der Klarheit werden die Ergebnisse getrennt nach den einzelnen Fragestellungen beantwortet, wobei eine gewisse Redundanz in Kauf genommen wird. Der Bericht der Ergebnisse gliedert sich in zwei Teile. Erstens die Ergebnisse des Haupttests und zweitens jene der vergleichenden Befragung.

Die Ergebnisdarstellung bezüglich der Blickhäufigkeiten beschränkt sich auf die manuelle Blickanalyse. Die automatische Analyse mit Hilfe des Eyetrackers stellte sich nämlich als ungenügsam heraus. Die Daten des Eyetrackers wurden einer kritischen Überprüfung unterzogen, bei der sich herausstellte, dass das Gerät teilweise unplausible Daten produzierte. Messungen der Augenbewegungen mittels Eyetracker im Feld – besonders während des Autofahrens – scheinen keine Alternative darzustellen. Auch andere Autoren weisen auf diese Probleme hin (Victor, Harbluk & Engström, 2005). Die Probleme werden vermutlich durch verschiedene Faktoren verursacht. Vor allem schwierige Lichtverhältnisse (z.B. starkes Sonnenlicht) und zu starke Bewegungen scheinen dem Eyetracker Schwierigkeiten zu bereiten.

6.1 Ergebnisse des Haupttests

6.1.1 Effekte auditiver vs. visueller Darbietungen

Im Folgenden werden nun die Ergebnisse berichtet, die sich auf den Vergleich zwischen auditiver und visueller Informationsdarbietung bei sekundären Aufgaben durch Fahrerinformationssysteme beziehen.

Fragestellung 1a: „Bei welcher Darbietungsform (auditiv vs. visuell) wird die primäre Fahraufgabe (im Sinne von beobachtetem sicheren Fahrverhalten) besser erfüllt?“

Die zweifaktorielle Varianzanalyse (gemischtes Design) zur Untersuchung der Effekte auf das Fahrverhalten zeigt, dass es keinen signifikanten Haupteffekt der Visualisierung gibt $F(2, 27) = 0,562$, $p > 0,05$ (siehe Tabelle 8). Das heißt, dass allgemein keine unterschiedlichen Beeinträchtigungen der Fahrperformance beobachtet werden konnten. Auditive und visuelle Informationsdarbietungen von Fahrerinformationssystemen wirken sich also nicht bedeutend anders auf die primäre Fahraufgabe aus. Dies wird auch bei der Betrachtung des Fehlerbalkendiagramms deutlich (Abbildung 7). Die primäre Fahrperformance kann während der Sicherheitsmeldungen in allen drei Darbietungsgruppen allgemein auf einem sehr hohen Niveau beibehalten werden.

Tabelle 8: ANOVA Ergebnis der Bewertung der primären Fahrperformance bezüglich Darbietungsgruppe

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	Df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Konstanter Term	1294,807	1	1294,807	5620,222	,000
Visualisierung	,259	2	,130	,562	,576
Fehler	6,220	27	,230		

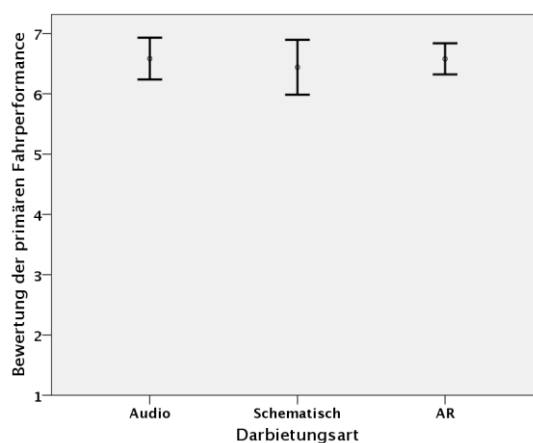


Abbildung 7: Durchschnittliche Bewertung der primären Fahrperformance (mit 95%-Konfidenzintervall) pro Darbietungsgruppe auf einer Skala von 1-7 (wobei 7 sehr sicheres Fahrverhalten bedeutet)

Da die Voraussetzungen nicht in allen Bedingungen erfüllt waren, wurde zusätzlich der parameterfreie Kruskal-Wallis-Test zur Überprüfung der Gruppenunterschiede herangezogen. Dieser bestätigt das Ergebnis der Varianzanalyse. Die Bewertung des primären Fahrverhaltens in Abhängigkeit der Darbietungsart zeigt kein signifikantes Ergebnis, $H(2) = 0,41$, $p > 0,05$.

Fragestellung 1b: „Bei welcher Darbietungsform wird die sekundäre Fahraufgabe (im Sinne der Befolgung von HMI-Anweisungen) generell besser erfüllt?“

Tabelle 9 präsentiert das Ergebnis der zweifachen Varianzanalyse und zeigt, dass es auch hier zu keinem signifikanten Haupteffekt der Visualisierung kommt, $F(2,28) = 2,817, p > 0,05$. Das heißt, die Performance bei der sekundären Aufgabe wird nicht signifikant durch die Visualisierungsart beeinflusst.

Tabelle 9: ANOVA Ergebnis der Bewertung der sekundären Aufgabenperformance bezüglich Darbietungsgruppe

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	Df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Konstanter Term	276,659	1	276,659	627,622	,000
Visualisierung	2,484	2	1,242	2,817	,077
Fehler	12,343	28	,441		

Sicherheitshalber wird zusätzlich wieder der Kruskal-Wallis-Test als parameterfreies Pendant herangezogen. Dieser zeigt ebenfalls keinen signifikanten Effekt der Darbietungsart auf die sekundäre Aufgabenperformance, $H(2) = 3,42, p > 0,05$. Die auditive und die visuelle Darbietungsart zeigen also keine offensichtlichen Vor- oder Nachteile auf die Umsetzung der Anweisungen. Das Fehlerbalkendiagramm zeigt die durchschnittlichen Bewertungen der sekundären Aufgabenperformance (Abbildung 8). Kleinere Werte bedeuten hier allerdings eine bessere Leistung.

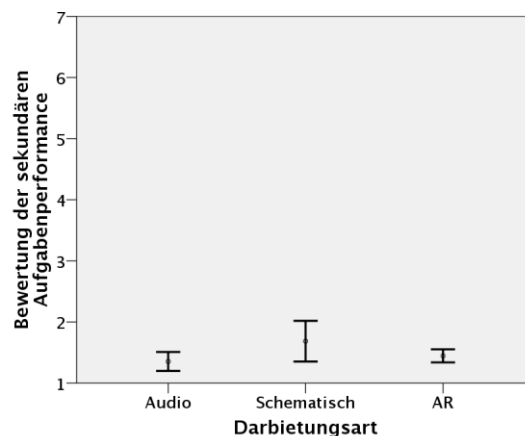


Abbildung 8: Durchschnittliche Bewertung der sekundären Aufgabenperformance (mit 95%-Konfidenzintervall) pro Darbietungsart auf einer Skala von 1-7 (1 bedeutet hier keinerlei Abweichungen bei der Performance)

Fragestellung 1c: „Bei welcher Darbietungsform (auditiv vs. visuell) werden während der Meldung (kritische Zeitspanne) mehr Blicke auf das Fahrerinformationssystem registriert?“

Da es sich bei der reinen Audiodarbietung um dasselbe Fahrerinformationssystem handelte, wie bei den visuellen Darbietungen, war auch während dieser Darbietungsart ein Display am Armaturenbrett befestigt – allerdings war es in dieser Bedingung ausgeschaltet. Daher konnten auch in dieser Gruppe die Blicke auf das Gerät erhoben werden.

Betrachtet man die Mittelwerte der durchschnittlichen Blickhäufigkeiten während der Sicherheitsmeldungen der manuellen Blickanalyse auf das Gerät (siehe Tabelle 10 bzw. Abbildung 9), so sieht man, dass die Audiogruppe die geringsten Werte ($M = 0,0074$, $SD = 0,01284$) aufweist und die schematische Gruppe die höchsten ($M = 0,1180$, $SD = 0,05084$). Bei der normalen Routenanweisung zeigt sich der gleiche Trend, nur dass die Anzahl der Blicke jeweils reduziert ist.

Berechnet man die durchschnittlichen Häufigkeiten für jede Testsituation ($N = 371$), ohne dabei die Abhängigkeiten zwischen den Wiederholungen pro Testperson zu berücksichtigen, sieht man, dass sich die schematische Darbietungsgruppe und die AR-Gruppe kaum noch überschneiden. Der Trend, dass bei einer schematischen Darstellung mehr Blicke auf das Display erfolgen wird also verstärkt.

Tabelle 10: Mittelwerte der relativen Blicke

Visualisierung	Mittelwert	Minimum	Maximum
Audio	,0074	,00	,04
Konventionell	,1180	,05	,20
AR	,0930	,03	,20

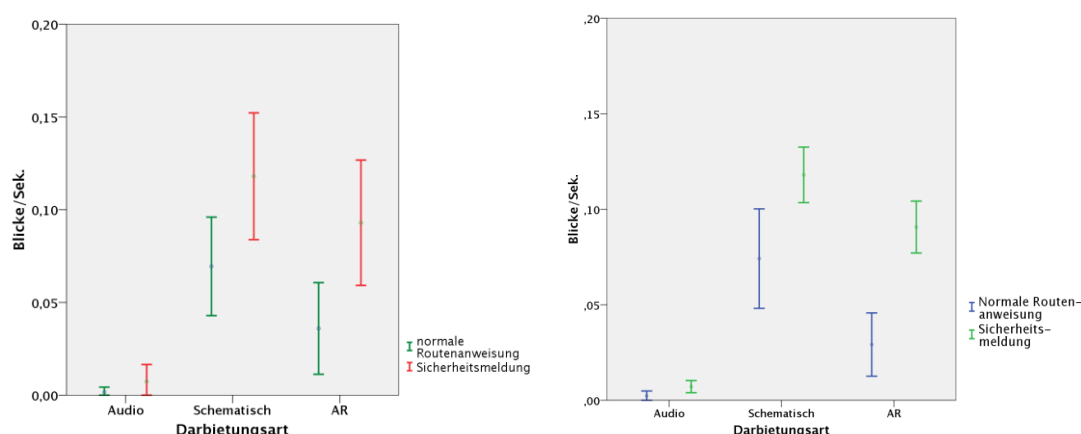


Abbildung 9a (links), b (rechts): Durchschnittliche Anzahl der Blicke/Sek. der manuellen Analyse (mit 95%-Konfidenzintervall) pro Darbietungsart während der normalen Routenanweisungen und den Sicherheitsmeldungen (a: für 31 Testpersonen, b: mit 371 Testsituationen)

Um nun zu überprüfen, ob sich diese Werte auch signifikant unterscheiden, wurden eine zweifaktorielle Varianzanalyse, mit Messwiederholung (gemischtes Design) sowie ein Kruskal-Wallis-Test durchgeführt. Beide Signifikanztests führen zu einem signifikanten Ergebnis. Tabelle 11 zeigt den signifikanten Haupteffekt der Varianzanalyse bezüglich der

Darstellungsart, $F(2,28) = 21,702$, $p < 0,05$. Post-hoc Tests (Gabriel und Games-Howell) zeigen einen signifikanten Unterschied zwischen der Audiogruppe und den beiden anderen Gruppen. Zwischen der konventionellen und der AR-Visualisierung wird hingegen kein signifikanter Unterschied deutlich.

Tabelle 11: ANOVA Ergebnis der manuellen Blickanalyse bezüglich der Darbietungsart

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	Df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Konstanter Term	,132	1	,132	99,241	,000
Visualisierung	,058	2	,029	21,702	,000
Fehler	,037	28	,001		

Der Kruskal-Wallis-Test als parameterfreies Pendant ergab ebenfalls ein klares Ergebnis. Die Anzahl der Blicke (manuelle Analyse) während der Sicherheitsmeldungen war signifikant durch die Darbietungsart beeinflusst, $H(2) = 19,91$, $p < 0,05$. Bei den anschließenden Mann-Whitney-Tests zur paarweisen Betrachtung der Gruppenunterschiede wurde eine Bonferroni-Korrektur berücksichtigt, womit alle Ergebnisse auf einem Signifikanzniveau von 0,0167 berichtet werden. Wenn eine Audiodarbietung erfolgte, kam es zu signifikant weniger Blicken auf das Fahrerinformationssystem, als wenn eine schematische Darbietung, $U = 0$ und wenn eine AR-Darbietung, $U = 1$ geboten wurde.

Auch bei der nicht nach Testpersonen geschachtelten Signifikanzprüfung, mittels einfaktorieller ANOVA und Kruskal-Wallis-Test, kommt es zu einem signifikanten Effekt der Darbietungsart, $F(2, 355) = 91,59$, $p < 0,05$, bzw. $H(2) = 179,54$, $p < 0,05$. Post-hoc-Tests (Gabriel und Games-Howell) und die Mann-Whitney-Tests (mit Bonferroni-Korrektur von 0,0167) zeigen einen signifikanten Unterschied zwischen der schematischen und der AR-Darbietung, $U = 5801,5$.

Betrachtet man nur die Anzahl der langen Blicke (>2 Sekunden) auf das Fahrerinformationssystem so sieht man (Abbildung 10), dass es hiervon nur sehr wenige gibt und dass sich die Gruppen kaum unterscheiden.

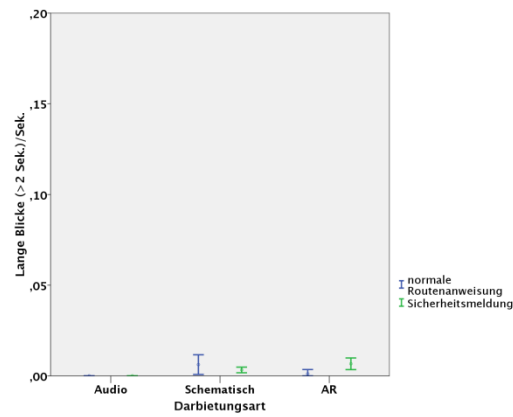


Abbildung 10: Durchschnittliche Anzahl langer Blicke (>2 Sekunden) auf das Fahrerinformationssystem (mit 95%-Konfidenzintervall) für die normale Routenanweisung und die Sicherheitsmeldungen

Fragestellung 1d: „Welche Darbietung wird von den Usern hinsichtlich der subjektiven Bewertung bevorzugt?“

Tabelle 12: Mittelwerte der subjektiven Bewertungen des Systems pro Darbietungsgruppe

	Audio	Schematisch	AR
Unterstützung bei Routenanweisung:	6,0000	5,9091	4,9000
Unterstützung bei Spurwechsel:	4,8000	4,9091	5,1000
Unterstützung bei Notstopp:	6,2000	5,4545	5,1000
Unterstützung bei Geschwindigkeitsbegrenzung:	6,0000	6,0000	5,1000
Übereinstimmungsfindung zwischen Straße und Display:		4,9091	4,9000
Behinderung bei Detailerkennung:		3,1818	3,1000
Ablenkung:	1,8000	2,9091	2,2000
Nützlichkeit:	6,1000	5,4545	5,3000
Sicherheit:	5,3000	3,9091	4,2000
Verständlichkeit:	6,1000	5,8182	6,1000
Verständlichkeit der Zeichen:		6,0000	5,0000
Lesbarkeit der Zeichen:		6,0000	4,4000
Spaß:	5,4000	5,1818	4,8000
Nutzungsabsicht:	4,9000	4,0000	2,8000
Verständlichkeit (während Fahrt):	5,9210	6,1138	5,9917

In Tabelle 12 finden sich die Mittelwerte der subjektiven Bewertung der Darbietungsarten bezüglich mehrerer Faktoren. Die vollständigen Fragen zu den einzelnen Faktoren können in Abschnitt 5.4.4 (AV4) nachgelesen werden. Das Liniendiagramm in Abbildung 11 zeigt die durchschnittlichen Bewertungen in grafischer Form.

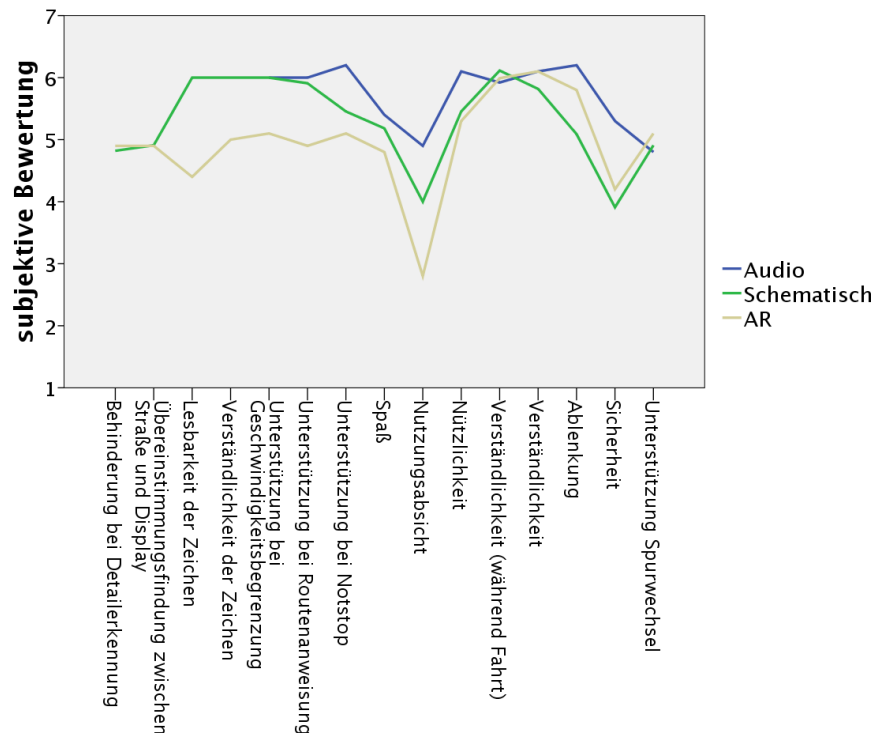


Abbildung 11: Durchschnittliche subjektive Bewertung der Probanden pro Darbietungsgruppe (Skala 1-7)

Allgemein sieht man, dass die Audiodarbietung in fast allen Punkten am besten bewertet wird. Nur bei der Verständlichkeit (während der Fahrt und auch teilweise verglichen mit der AR-Gruppe bei der Befragung im Anschluss an die Testfahrt) und der Unterstützung beim Spurwechsel ist die Audiogruppe nicht überlegen. Allerdings sind die Unterschiede zwischen den drei Gruppen in diesen Faktoren minimal. Die Audiogruppe bewertet das System als wesentlich sicherheitsfördernder und als weniger ablenkend, als die beiden Gruppen mit der visuellen Darbietung. Außerdem empfanden sie das System als etwas nützlicher und spaßiger und haben deutlich mehr vor das System zu nutzen, wenn es kommerziell verfügbar wäre.

Bei den Fragen zu den verschiedenen Sicherheitsmeldungen zeigen die durchschnittlichen Bewertungen des subjektiven Unterstützungsgefühls, dass die normale Routenanweisung und die Geschwindigkeitsbegrenzung in der Audio- und der schematischen Gruppe in etwa gleichgut bewertet werden, aber in der AR-Gruppe schlechter. Beim Spurwechsel schneidet die AR-Gruppe etwas besser ab. Die Bewertung der Audio und der schematischen Gruppe ist in

etwa gleichgut. Der Notstopp wird in der Audiogruppe besser bewertet, als in den visuellen Darbietungsgruppen. Hier unterscheiden sich die schematische und die AR-Gruppe kaum.

Abschnitt 6.2 (Interview zur Vergleichsbeurteilung) präsentiert weitere Ergebnisse zum Vergleich auditiver und visueller Präsentation von Sicherheitsinformationen. Da es sich in jenem Fall, wie bereits erwähnt, um ein anderes Studiendesign handelt, werden sie separat berichtet.

6.1.2 Effekte schematischer vs. AR-Visualisierungen

In diesem Abschnitt soll nun detailliert auf die Ergebnisse eingegangen werden, die sich aus dem Vergleich der beiden visuellen Darstellungen ergeben haben.

Fragestellung 2a: „Welche visuelle Darstellung (schematisch vs. AR) ist in Bezug auf die primäre Fahraufgabe (im Sinne von beobachtetem sicheren Fahrverhalten) generell überlegen? Ist die AR-Darstellung oder die schematische Darstellung empfehlenswert?“

Wie bei der Ergebnisdarstellung zu Fragestellung 1a berichtet, ergaben die Signifikanztests keine signifikanten Ergebnisse in Bezug auf das primäre Fahrverhalten (Varianzanalyse, $F(2, 27) = 0,562$, $p > 0,05$; Kruskal-Wallis-Test, $H(2) = 0,41$, $p > 0,05$). Das heißt, dass auch zwischen den beiden visuellen Informationsdarbietungen (schematisch vs. AR) von Fahrerinformationssystemen keine unterschiedlichen Beeinträchtigungen der primären Fahraufgabe zu beobachten sind.

Fragestellung 2b: „Unterscheiden sich die visuellen Darstellungen (schematisch vs. AR) hinsichtlich der Bewältigung der sekundären Fahrraufgabe (im Sinne der Befolgung von HMI-Anweisungen)?“

Auch hier konnten weder die Varianzanalyse noch der Kruskal-Wallis-Test signifikante Ergebnisse hervorbringen (vergleiche Fragestellung 1b). Zwischen der schematischen und der realistischen Darstellung liegt also kein bedeutender Unterschied in Bezug auf die sekundäre Fahraufgabenperformance vor, $F(2,28) = 2,484$, $p > 0,05$ (Varianzanalyse) bzw. $H(2) = 3,42$, $p > 0,05$. Das bedeutet, dass weder die schematische noch die AR-Darbietungsart keine offensichtliche Vor- oder Nachteile auf die Umsetzung der Anweisungen zeigen.

Fragestellung 2c: „Bei welcher Visualisierungsform (schematisch vs. AR) werden mehr Blicke auf das Fahrerinformationssystem registriert?“

Der signifikante Unterschied, $F(2,28) = 21,702$, $p < 0,05$, der sich bei der zweifaktoriellen Varianzanalyse der Blickhäufigkeiten (manuelle Analyse) ergab, bezieht sich nicht auf die beiden visuellen Formen, sondern nur auf die auditive Gruppe. Der Post-hoc-Test zeigt, dass die schematische und die realistische Gruppe keine signifikant unterschiedlichen Blickhäufigkeiten aufweisen. Betrachtet man die Mittelwerte der zwei Bedingungen (siehe Tabelle 10), sieht man, dass die schematische ($M = 0,1180$, $SD = 0,05084$) etwas höhere Werte aufweist als die realistische ($M = 0,0930$, $SD = 0,04724$). Der Trend, dass bei einer schematischen Darstellung mehr Blicke auf das Display erfolgen wird noch verstärkt, wenn man die durchschnittlichen Häufigkeiten für jede Testsituation berechnet, ohne dabei die Abhängigkeiten zwischen den Wiederholungen pro Testperson zu berücksichtigen, sieht man, dass sich die schematische Darbietungsgruppe und die AR-Gruppe kaum noch überschneiden (Abbildung 9b). Bei der Signifikanzprüfung, mittels einfaktorieller ANOVA und Kruskal-Wallis-Test, kommt es zu einem signifikanten Effekt der Darbietungsart, $F(2, 355) = 91,59$, $p < 0,05$, bzw. $H(2) = 179,54$, $p < 0,05$. Post-hoc-Tests (Gabriel und Games-Howell) und die Mann-Whitney-Tests (mit Bonferroni-Korrektur von 0,0167) zeigen einen signifikanten Unterschied zwischen der schematischen und der AR-Darbietung, $U = 5801,5$.

Das gleiche gilt für den Kruskal-Wallis-Test. Wie berichtet (Fragestellung 1c), war die Anzahl der Blicke der manuellen Analyse zwar signifikant durch die Darbietungsart beeinflusst, $H(2) = 19,91$, $p < 0,05$, die anschließenden Mann-Whitney-Tests mit Berücksichtigung einer Bonferroni-Korrektur (Signifikanzniveau = 0,0167) zeigen beim Vergleich der Anzahl der Blicke für die schematische und die AR-Bedingung keine Unterschiede, $U = 40$, $p > 0,0167$.

Fragestellung 2d: „Welche Darstellung bevorzugen die User subjektiv?“

Bei der subjektiven Bewertung wird ersichtlich, dass die schematische Darbietung mehrheitlich besser beurteilt wird als die AR-Darbietung. Die AR-Darbietung wird in Bezug auf Ablenkung, Sicherheitserhöhung, Unterstützung bei der Spurverwendung und teilweise Verständlichkeit subjektiv besser bewertet.

Die durchschnittlichen Bewertungen visueller Faktoren in den beiden visuellen Darbietungsgruppen machen deutlich, dass die Bewertung der Übereinstimmungsfindung zwischen Straßensituation und Abbildung auf dem Display sowie die der Behinderung der Detailerkennung kaum einen Unterschied zwischen der schematischen und der AR-Darbietung aufweist. Bei der Verständlichkeit und der Lesbarkeit der Zeichen schneidet die schematische Darbietung aber besser ab. Insgesamt könnte man daher sagen, dass die schematische Darstellung in Hinblick auf visuelle Faktoren etwas besser beurteilt wird.

Abschnitt 6.2 (Interview zur Vergleichsbeurteilung) präsentiert weitere Ergebnisse zum Vergleich schematischer und AR-Visualisierungen. Da es sich in jenem Fall, wie bereits erwähnt, um ein anderes Studiendesign handelt werden sie separat berichtet.

6.1.3 Effekte des Sicherheitsempfehlungen

Fragestellung 3a: „Wirken sich die verschiedenen Sicherheitsempfehlungen unterschiedlich auf die primäre Fahrperformance (im Sinne von beobachtetem sicheren Fahrverhalten) aus?“

Der Mauchly-Test auf Sphärizität der zweifachen Varianzanalyse (gemischtes Design) ergibt eine Verletzung der Sphärizitätsannahme für die Variable Sicherheitsempfehlung, $\chi^2(9) = 30,578$, $p < 0,05$, weshalb die Freiheitsgrade mittels Greenhouse & Geisser Schätzung korrigiert ($\varepsilon = 0,607$) werden. Die Analyse zeigt einen signifikanten Haupteffekt, $F(2,426, 65,502) = 8,633$, $p < 0,05$. Die Sicherheitsempfehlungen beeinflussen folglich die primäre Fahrperformance. Anhand der Kontraste sieht man, dass nur zwischen den Sicherheitsempfehlungen „Routenänderung“ und „Notstopp“ ($F(1, 27) = 8,206$, $p < 0,05$) ein bedeutender Unterschied besteht. Abbildung 12 zeigt die durchschnittlichen Bewertungen der primären Fahrperformance für die normale Routenanweisung und die vier Sicherheitsmeldungen. Man sieht, dass die Bewertung beim Notstopp geringer ausfällt. Allerdings befindet sie sich immer noch auf einem akzeptablen Level.

Der parameterfreie Friedman-Test, der als Absicherung wieder hinzugezogen wurde, bestätigte die Ergebnisse des parametrischen Tests abermals. Er ergibt einen signifikanten Effekt, $\chi^2(4) = 23,35$, $p < 0,05$. Die Wilcoxon-Tests mit der Bonferroni-Korrektur (Signifikanzlevel = 0,0125) zeigen bei einer einseitigen Überprüfung, einen signifikanten Unterschied zwischen dem Notstopp und der Routenänderung, $T = 65,50$, $p < 0,05$.

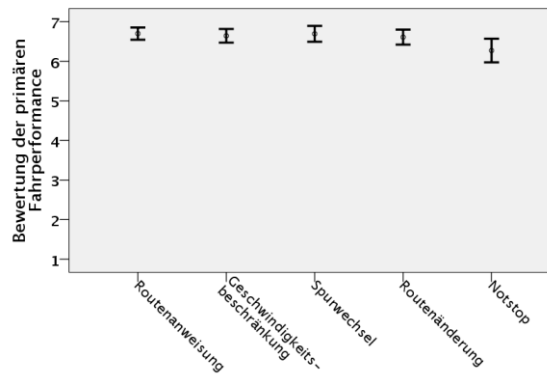


Abbildung 12: Durchschnittliche Bewertung der primären Fahrperformance (mit 95%-Konfidenzintervall) für die Routenanweisung und die Sicherheitsmeldungen

Fragestellung 3b: „Wirken sich die verschiedenen Sicherheitsempfehlungen unterschiedlich auf die sekundäre Fahraufgabe (im Sinne der Befolgung von HMI-Anweisungen) aus?“

Die Freiheitsgrade werden abermals mittels Greenhouse & Geisser Schätzung korrigiert ($\varepsilon = 0,738$), da der Mauchly-Test für die Variable Sicherheitsempfehlung, $\chi^2(5) = 24,056$, $p < 0,05$, signifikant ausfällt. Der Haupteffekt „Sicherheitsempfehlung“ ist signifikant, $F(2,213, 61,972) = 14,156$, $p < 0,05$. Die Sicherheitsempfehlungen führen also zu unterschiedlicher Aufgabenbewältigung. Die Grafik (Abbildung 13) zeigt eine zunehmende Verschlechterung der Aufgabenperformance mit zunehmendem Reaktionsdruck der Aufgabe. Die Kontraste belegen allerdings nur zwischen dem Szenario „Routenänderung“ und „Notstopp“ einen signifikanten Effekt, $F(1, 28) = 7,7$, $p < 0,05$.

Wieder ergibt auch der Friedman-Test ein signifikantes Ergebnis, $\chi^2(3) = 37,39$, $p < 0,05$. Wie die Wilcoxon-Tests mit Bonferroni-Korrektur (Signifikanzniveau = 0,0167) anschließend zeigten, wird der Unterschied zwischen der Routenänderung und dem Notstopp, $T = 78,50$, $p < 0,0167$ bestätigt und überraschenderweise zeigt sich auch zwischen der Geschwindigkeitsbegrenzung und der Spurverwendung, $21,50$, $p < 0,0167$ ein Unterschied.

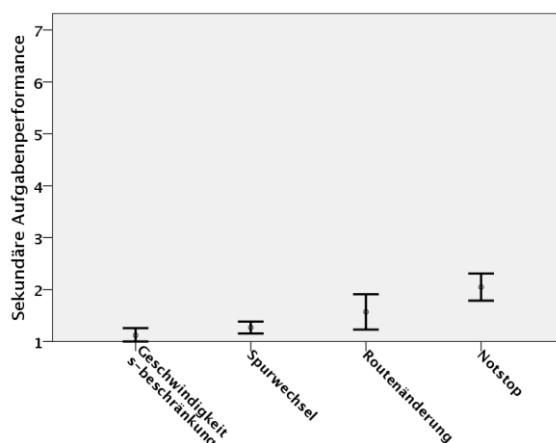


Abbildung 13: Durchschnittliche Bewertung der sekundären Aufgabenperformance (mit 95%-Konfidenzintervall) pro Sicherheitsmeldung

Fragestellung 3c: „Wirken sich die verschiedenen Sicherheitsempfehlungen unterschiedlich auf die Anzahl der Blicke auf das Fahrerinformationssystem aus?“

Die Freiheitsgrade wurden aufgrund der Verletzung der Sphärizitätsannahme für die Variable Sicherheitsempfehlung laut Mauchly-Test, $\chi^2(9) = 22,93$, $p < 0,05$, mittels Greenhouse & Geisser Schätzung korrigiert ($\varepsilon = 0,734$). Die Analyse ergibt einen signifikanten Haupteffekt, $F(2,937, 82,229) = 10,584$, $p < 0,05$. Für die verschiedenen Sicherheitsempfehlungen ergeben sich also verschiedene Blickhäufigkeiten. Die Grafik (Abbildung 14) zeigt die unterschiedlichen Blickhäufigkeiten. Genauen Aufschluss geben die Kontraste. Signifikante Kontraste ergeben sich zwischen den Sicherheitsempfehlungen „normal“ und „Geschwindigkeit“ ($F(1, 18) = 17,140$, $p < 0,05$) zwischen „Geschwindigkeit“ und „Spurwechsel“ ($F(1, 18) = 5,245$, $p < 0,05$) und zwischen „Routenänderung“ und „Notstopp“ ($F(1, 18) = 15,312$, $p < 0,05$).

Der Friedman-Test für abhängige Stichproben ergibt ebenfalls einen signifikanten Effekt der Stufen der Sicherheitsmeldungen auf die Blickhäufigkeit (manuelle Analyse), $\chi^2(4) = 26,57$, $p < 0,05$. Die Grafik (Abbildung 14) zeigt die durchschnittlichen Blickhäufigkeiten/Sekunde für die normale Routenanweisung und jede Sicherheitsempfehlung. Anschließend paarweise Vergleiche jeweils zweier aufeinanderfolgender Stufen mittels Wilcoxon-Tests zeigen signifikante Unterschiede zwischen der normalen Routenanweisung und der Geschwindigkeitsbegrenzung, $T = 35$, $p < 0,0125$, sowie zwischen der Routenänderung und dem Notstopp, $T = 77$, $p < 0,0125$. Um den Einfluss eines Fehlers erster Art zu minimieren, wurden nicht alle möglichen Kombinationen berechnet, sondern nur zwei aufeinanderfolgende

Stufen, da ein linearer Trend vermutet wurde. Außerdem wurde dabei eine Bonferroni-Korrektur berücksichtigt (Signifikanzniveau = 0,0125).

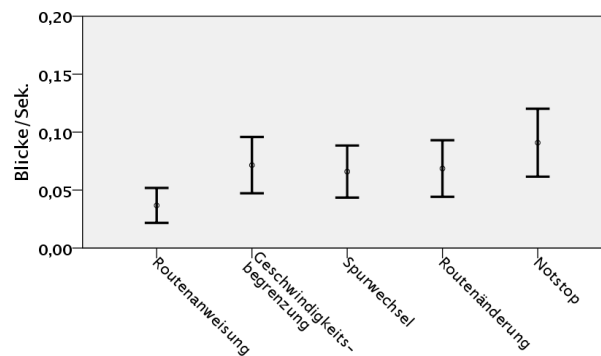


Abbildung 14: Durchschnittliche Blicke/Sek. der manuellen Analyse (mit 95% Konfidenzintervall) für die normale Routenanweisung und pro Sicherheitsmeldung

6.1.4 Interaktionseffekte der Darbietungsart und der Sicherheitsempfehlungen

Da zur Überprüfung von Interaktionseffekten kein parameterfreies Pendant zur Verfügung steht, wurde hier trotz der teilweisen Verletzung der Voraussetzungen des parametrischen Tests, auf eine Varianzanalyse zurückgegriffen. Wie die bisherigen Berechnungen bestätigen, stimmen die Ergebnisse der parameterfreien und der parametrischen Tests fast zur Gänze überein. Deshalb wird vermutet, dass die Varianzanalyse der Interaktionseffekte valide Ergebnisse bringt.

Fragestellung 4a: „Wirken sich die unterschiedlichen Informationsdarbietungen in den unterschiedlichen Sicherheitsempfehlungen anders auf die primäre Fahraufgabe aus?“

Die zweifaktorielle Varianzanalyse der Bewertung der primären Fahraufgabe ergibt einen signifikanten Interaktionseffekt, $F(4,852, 65,502) = 2,939, p < 0,05$. Die Kontraste zeigen, dass die Veränderung zwischen den Sicherheitsempfehlungen im Vergleich über die Darbietungsarten zwischen „Geschwindigkeit“ und „Spurverwendung“ signifikant ist, $F(2, 27) = 4,060, p < 0,05$. Bei der Spurverwendung liegen die Bewertungen der primären Fahrperformance in der schematischen und der AR-Darbietung deutlich weiter auseinander.

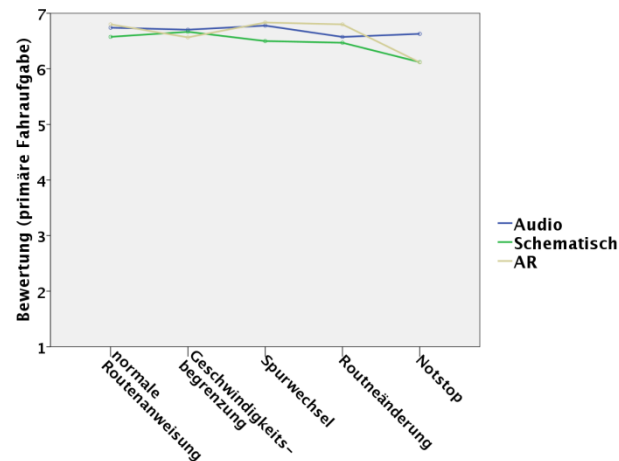


Abbildung 15: Interaktionseffekte der primären Fahraufgabe

Fragestellung 4b: „Wirken sich die unterschiedlichen Informationsdarbietungen in den unterschiedlichen Sicherheitsempfehlungen anders auf die sekundäre Fahraufgabe aus?“

Der Interaktionseffekt „Sicherheitsempfehlung“ x „Darbietungsart“ für die sekundäre Fahraufgabe ist nicht signifikant, $F(4,427, 61,972) = 1,509, p > 0,05$. Das bedeutet, dass sich die Performance der sekundären Aufgabe in den Darbietungsgruppen über die Stufen der Sicherheitsempfehlungen hinweg nicht signifikant unterschiedlich ändert.

Fragestellung 4c: „Wirken sich die unterschiedlichen Informationsdarbietungen in den unterschiedlichen Sicherheitsempfehlungen anders auf das Blickverhalten aus?“

Der Mauchly-Test auf Sphärizität der zweifaktoriellen Varianzanalyse ergibt eine Verletzung der Sphärizitätsannahme für die Variable Sicherheitsempfehlung $\chi^2(9) = 22,93, p = 0,05$, weshalb die Freiheitsgrade mittels Greenhouse & Geisser Schätzung korrigiert wurden ($\epsilon = 0,734$). Bei dem Interaktionseffekt (Darbietungsart x Sicherheitsempfehlung) ergab sich ein signifikanter Wert, $F(5,874, 82,229) = 2,479, p < 0,05$. Das bedeutet, dass die Darbietungsart verschiedene Effekte auf das Blickverhalten hatte, je nachdem welche Sicherheitsempfehlung zu bewältigen war. Die Profile der Blickhäufigkeiten der Darbietungsgruppe variieren also über die Stufen der Sicherheitsmeldungen. Zur Interpretation dieses Interaktionseffekts kann die Grafik (Abbildung 16) herangezogen werden. Man sieht deutlich, dass sich die Abstände zwischen den Visualisierungsformen über die Sicherheitsempfehlungen hinweg stark ändern. Während bei der Audiogruppe die Sicherheitsempfehlungen kaum eine Auswirkung auf die

Blickhäufigkeit zeigen, ändern sie sich bei den visuellen Darstellungen. Bei der „Geschwindigkeitsbeschränkung“ und dem „Notstopp“ liegen die Werte wesentlich näher beisammen als bei den anderen drei Sicherheitsempfehlungen. Am weitesten driften sie bei der „Spurverwendung“ auseinander. Auch hier kann man sich wieder der Kontraste bedienen, um diese Interpretationen zu prüfen. Wie vermutet, ist der Kontrast, der die drei Darbietungsformen zwischen „Normal“ und „Geschwindigkeit“ vergleicht, signifikant, $F(2, 28) = 3,740, p < 0,05$. Die Steigerung der Blickhäufigkeit ist für die AR-Bedingung wesentlich größer, als die der schematischen Bedingung. Auch der Kontrast zwischen „Routenänderung“ und „Notstopp“ ist signifikant, $F(2, 28) = 3,779, p < 0,05$. Wieder ist die Steigerung in der AR-Gruppe wesentlich stärker.

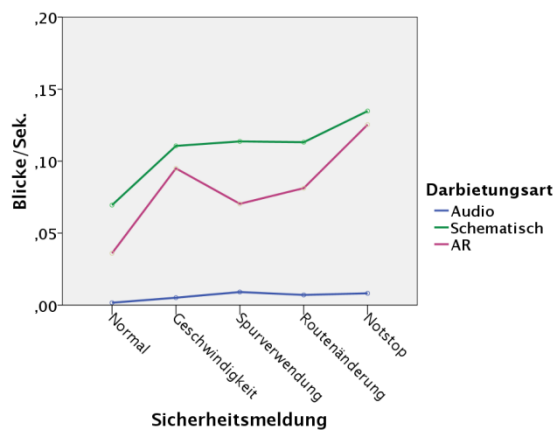


Abbildung 16: Durchschnittliche Anzahl der Blicke pro Sicherheitsmeldung und Darbietungsart

6.2 Ergebnisse der Vergleichende Bewertungen der Darbietungsarten

In diesem Kapitel sollen nun die Ergebnisse aus dem Interview nach der Testung berichtet werden, die sich auf die vergleichende Bewertung der Darbietungsarten durch die Probanden beziehen. Als erstes werden die allgemeinen Ratings der Darbietungsarten pro Stufe der Sicherheitsempfehlung wiedergegeben. Im Anschluss erfolgen die Beurteilungen der einzelnen Komponenten (Kartendarstellung, Text, Audio) jeweils für die beiden visuellen Darstellungen.

6.2.1 Allgemeiner Vergleich der Darbietungsarten

Fragestellung: Bei welcher Sicherheitsmeldung empfinden die Probanden welche Darbietungsart am hilfreichsten? Gibt es Unterschiede zwischen den Sicherheitsmeldungen?

Die Ergebnisse der vergleichenden Bewertung der Darbietungsarten für die einzelnen Sicherheitsmeldungen zeigen (Abbildung 17), dass die schematische Darbietung die höchste Zustimmung erzielt. Die schematische Darbietung wird also gegenüber der AR-Darbietung eher bevorzugt. Die Audiodarbietung und die AR-Darbietung kommen in etwa auf die gleichen Bewertungen. Bei der normalen Routenanweisung und der Geschwindigkeitsbegrenzung kommt es zu einem signifikanten Unterschied zwischen der schematischen und der AR-Darbietung. Bei der Routenänderung unterscheiden sich die schematische und die Audio-Darbietung signifikant.

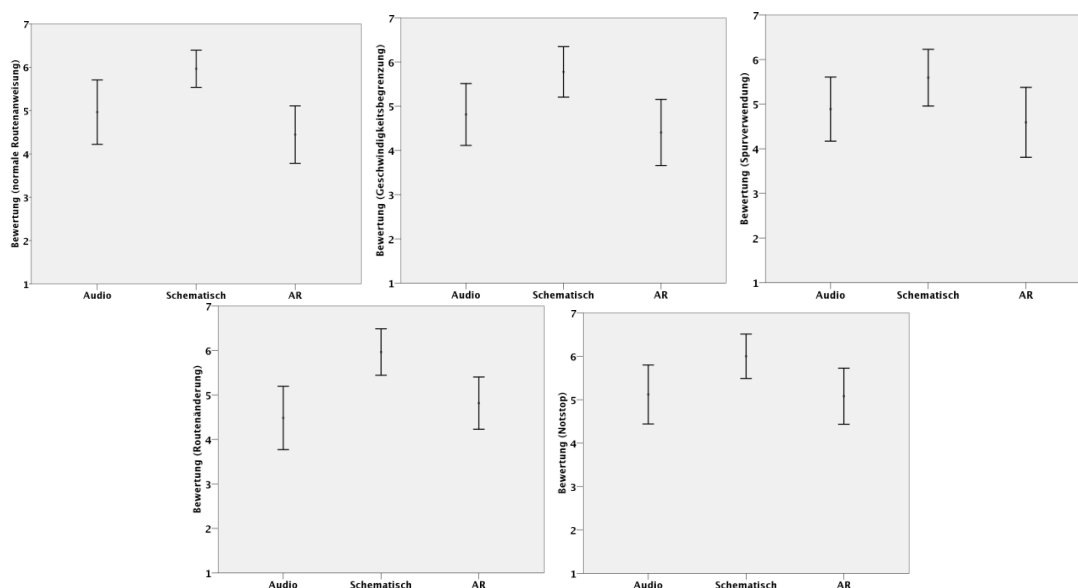


Abbildung 17 a-e: Vergleichende subjektive Bewertung der normalen Routenanweisung und der Sicherheitsmeldungen (Skala 1-7)

6.2.1.1 Bewertung der einzelnen Sicherheitsmeldungen

6.2.1.1.1 Normale Routenanweisung

Die Ergebnisse des Friedman-Tests zeigen einen signifikanten Unterschied zwischen den Bewertungen der Testpersonen für die normale Routenanweisung, $\chi^2(2) = 8,23, p < 0,05$. Der anschließende Wilcoxon-Test, mit Bonferroni-Korrektur (Signifikanzlevel = 0,0167) zeigte, dass die schematische Darbietungsart ($MD = 5,96, SD = 1,11$) signifikant höher bewertet wurde als die AR-Darbietung ($MD = 4,44, SD = 1,71, T = 40, p < 0,0167$) (siehe auch Abbildung 17).

6.2.1.1.2 Geschwindigkeitsbegrenzung

Wie das Fehlerbalkendiagramm in Abbildung 17 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** vermuten lässt, zeigt die Überprüfung der Bewertungen der Darbietungsgruppen mittels Friedman-Test im Fall der Geschwindigkeitsbegrenzung auch hier wieder signifikante Ergebnisse, $\chi^2(2) = 10,32, p < 0,05$. Die paarweisen Gruppenvergleiche mit dem Wilcoxon-Test zeigen, dass auch bei dieser Sicherheitsempfehlung nur zwischen der schematischen ($MD = 5,78, SD = 1,47$) und der AR-Gruppe ($MD = 4,41, SD = 1,93$) ein signifikanter Unterschied besteht, wenn man die Bonferroni-Korrektur (Signifikanzlevel = 0,0167) berücksichtigt, $T = 44,5 p < 0,0167$.

6.2.1.1.3 Spurwechsel

Obwohl der Friedman-Test auch in diesem Fall ein signifikantes Ergebnis bringt, $\chi^2(2) = 6,20, p < 0,05$, können beim Wilcoxon-Test zum paarweisen Gruppenvergleich keine signifikanten Ergebnisse festgestellt werden, wenn die Bonferroni-Korrektur (Signifikanzlevel = 0,0167) berücksichtigt wird. Nur bei einer einseitigen Überprüfung und einem weniger konservativen Signifikanzniveau von 0,05 könnten bedeutsame Gruppenunterschiede gefunden werden.

6.2.1.1.4 Routenänderung

Der Friedman-Test zeigt ein signifikantes Ergebnis, $\chi^2(2) = 14,34, p < 0,05$. Bei der genaueren Überprüfung mit dem paarweisen Vergleich durch den Wilcoxon-Test, bei dem die Bonferroni-Korrektur berücksichtigt wird (Signifikanzniveau = 0,0167), ergibt sich, dass sich die schematische ($MD = 5,59, SD = 1,64$) signifikant von der Audio ($MD = 4,89, SD = 1,85$) und der AR-Gruppe ($MD = 4,59, SD = 2,02$) unterscheidet, $T = 96,50, p < 0,0167$, bzw. $T = 86, p < 0,0167$. Das Fehlerbalkendiagramm in Abbildung 17 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** macht diesen Unterschied deutlich.

6.2.1.1.5 Notstopp

Wie auch im Fall des Spurwechsels ergibt der Friedman-Test zwar ein signifikantes Ergebnis, $\chi^2(2) = 7,98, p < 0,05$, die Werte des Wilcoxon-Test müssen allerdings bei einem Signifikanzniveau von = 0,0167 als nicht signifikant betrachtet werden. Bei einem Signifikanzniveau von 0,05 wäre der Gruppenunterschied zwischen schematischer und AR-Darbietung signifikant.

6.2.2 Vergleich der Komponenten der visuellen Darbietungsformen

Fragestellung: Welche Komponenten der Darbietung (Karte, Textfeld, Audio) unterstützen die Probanden bei welcher Darbietung (schematisch vs. AR) am stärksten? Unterscheiden sich die Bewertungen zwischen den visuellen Darbietungsarten?

Bei der Fehlerbalkenanalyse sieht man, dass zwischen der schematischen (links oben und unten) und der AR-Darbietung (rechts oben und unten) bei der Textkomponente und bei der Audiokomponente kaum relevante Unterschiede bestehen. Bei der Kartenkomponente werden allerdings Unterschiede sichtbar. Während der normalen Routenanweisung wird die Kartenkomponente in der schematischen Darbietung besser bewertet wie in der AR-Darbietung. Außerdem wird sie hier auch gegenüber der Text- und Audiokomponente besser bewertet. Bei den Sicherheitsmeldungen hingegen wird die Kartenkomponente in der schematischen Darbietung gegenüber den anderen beiden Komponenten weniger gut bewertet. Das gleiche gilt für die AR-Darbietung. Durchschnittlich erhält die Kartenkomponente in der schematischen Darbietung etwas höhere Bewertungen wie in der AR-Darbietung.

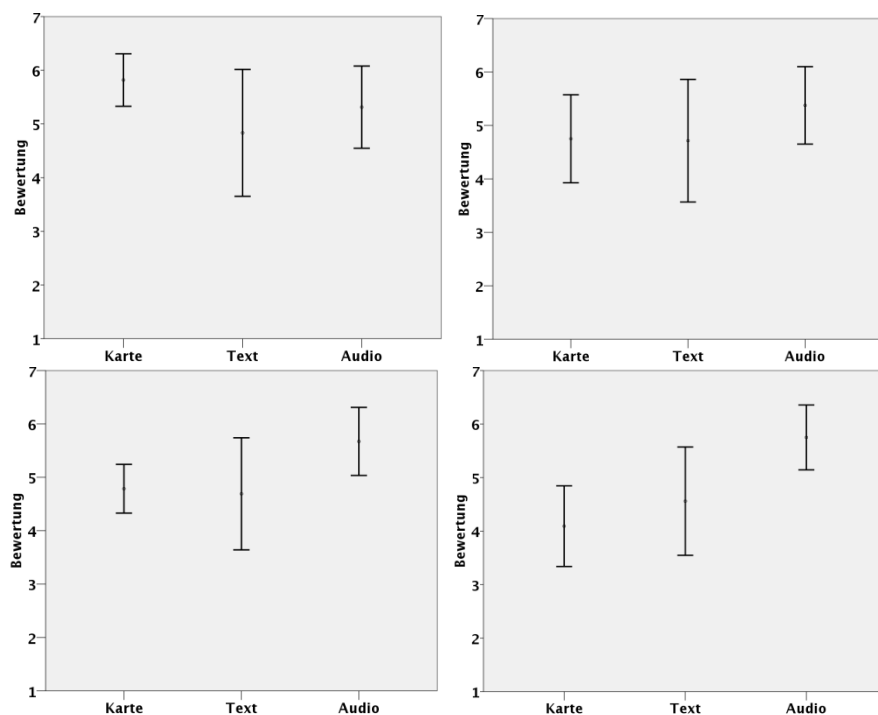


Abbildung 18a-d: Bewertung der Komponenten für: a) die normale Routenanweisung bei der schematischen Darbietung (oben, links); b) die normale Routenanweisung bei der AR-Darbietung (oben, rechts); c) die Sicherheitsmeldungen bei der schematischen Darbietung (unten, links) und d) die Sicherheitsmeldungen bei der AR-Darbietung (unten, rechts)

6.2.2.1 Vergleich der Kartenkomponente für die einzelnen Sicherheitsmeldungen

Zur Überprüfung signifikanter Unterschiede zwischen den Bewertungen der Kartenkomponente in der schematischen und der AR-Darbietung wurde für jede Sicherheitsempfehlung ein Wilcoxon-Test durchgeführt. Damit sich die Wahrscheinlichkeit eines Fehlers nicht erhöht wurde eine Bonferroni-Korrektur durchgeführt. Alle Effekte werden daher auf einem Signifikanzlevel von 0,01 berichtet. Dabei wurden folgende Vergleiche signifikant: normale Routenanweisung, Geschwindigkeit und Routenänderung.

Bei der normalen Routenanweisung, $T = 34,50$, $p < 0,01$, wird die Kartenkomponente bei der schematischen Darbietung ($MD = 5,9$, $SD = 1,21$) signifikant besser bewertet wie bei der AR-Darbietung ($MD = 4,76$, $SD = 1,63$).

Ebenso wird bei der Geschwindigkeitsbegrenzung, $T = 27$, $p < 0,01$, die Kartenkomponente bei der schematischen Darstellung ($MD = 4,83$, $SD = 1,51$) signifikant besser beurteilt als bei der AR-Darstellung ($MD = 3,86$, $SD = 1,59$).

Und auch bei der Routenänderung verhält es sich so. Die Kartenkomponente der schematischen Darbietung ($MD = 5,69$, $SD = 1,26$) wird auch hier wieder signifikant besser bewertet, $T = 45$, $p < 0,01$, wie die AR-Darbietung ($MD = 4,62$, $SD = 1,52$).

7 SCHLUSSFOLGERUNGEN & DISKUSSION

Im Folgenden sollen nun die Ergebnisse in Bezug auf die Forschungsfragen zusammengefasst und mit Hilfe der theoretischen Grundlagen interpretiert werden.

7.1 Effekte auditiver vs. visueller Darbietungen

Vergleicht man den Einfluss auditiver und visueller Informationsdarbietung bei Fahrerinformationssystemen, sieht man, dass sich weder die Bewertung der primären noch die der sekundären Aufgabenerfüllung signifikant voneinander unterscheiden. Die Tatsache, dass Audiodarbietungen und visuelle Darbietungen in dieser Studie zu vergleichbaren Effekten auf die primäre und sekundäre Fahrperformance geführt haben, würde eher für eine Theorie zentraler Kapazität sprechen. Würde eine Multiple Ressourcentheorie zutreffen, müssten die auditiven Darbietungen zu besseren Effekten führen, da auditive und visuelle Information parallel von unabhängigen Ressourcen verarbeitet werden könnte.

Es konnten außerdem weder beim sicheren Fahrverhalten noch bei der Ausführung der Sicherheitsmeldungen deutliche Einbußen beobachtet werden. Das deutet darauf hin, dass es im Allgemeinen zu einer gelungenen Teilung der Aufmerksamkeit kommt und man die Interaktion mit dem Fahrerinformationssystem nicht als ablenkend bezeichnen kann. Die limitierten Ressourcen werden also durch die Anforderungen (die mentale Belastung) der beiden Aufgaben nicht überschritten. Es könnte natürlich sein, dass die Probanden mehr Ressourcen in die Aufgaben investiert haben, um ein hohes Performanceniveau aufrechterhalten zu können. Die geteilte Aufmerksamkeit wird, wie in Abschnitt 3.2.1.2 beschrieben, durch Übung und Schwierigkeit der Aufgabe beeinflusst. Da es sich bei den Testpersonen um gut geübte Fahrer handelte, sowie eine verhältnismäßig leichte Strecke, die abzufahren war, könnte dies die Performance beeinflusst haben.

Sehr wohl zu einem signifikanten Unterschied führte hingegen die Blickanalyse. Bei der Audiogruppe kam es zu deutlich weniger Blicken auf das Gerät als bei den beiden visuellen Darbietungen (manuelle Analyse). Obwohl es also bei visuellen Darbietungen zu einer stärkeren visuellen Beanspruchung kommt, wirkt sich dieser Effekt weder auf die primäre noch auf die sekundäre Aufgabenperformance aus. Wie andere Studien (z.B. Klauer, et al., 2006)

gezeigt haben, können sich vor allem Blicke, die mehr als zwei Sekunden von der Fahrbahn abweichen, gefährlich auswirken. Die Analyse ergab, dass in dieser Studie kaum lange Blicke (> 2 Sekunden) zu beobachten waren – in keiner der drei Bedingungen. Konform mit anderen Studien könnte man sagen, dass die kürzeren Blicke die Fahrer nicht von der Fahraufgabe ablenken und daher die visuellen Darbietungen, trotz vermehrter Betrachtung, kein Risiko darstellen. Theoretisch könnte dies mit Hilfe der Unterscheidung von offener und verdeckter Aufmerksamkeit, sowie der zwischen ambientem und fokalem Sehen erklärt werden. Während die Blicke auf das Fahrerinformationssystem gerichtet wurden, blieb wohl eine gewisse verdeckte Aufmerksamkeit auf die Fahrsituation erhalten. Wie wir gesehen haben, kann außerdem eine Reihe von Aufgaben in Zusammenhang mit dem Fahren auch mit ambientem Sehen gemeistert werden. Der Blickfokus reicht als alleinige Beurteilung der Ablenkung und der potenziellen Beeinträchtigung der Fahrperformance nicht aus. Die Fahrperformance könnte während eines Blickes auf das System durch verdeckte visuelle Aufmerksamkeit sowie durch das ambiente Sehen aufrechterhalten bleiben.

Die subjektive Befragung zeigte, dass die Verständlichkeit in der Audiogruppe etwas schlechter bewertet wird. Dies könnte dazu geführt haben, dass bei den visuellen Darbietungen mehr Blicke auf das Fahrerinformationssystem gerichtet wurden. Nach dem SEEV-Modell (Wickens, 2001) wird eine Quelle dann vermehrt betrachtet, wenn dadurch ein Mehrwert entsteht. Dieser Mehrwert scheint allerdings auf die subjektive Bewertung beschränkt zu sein, da sich keine beobachtbaren Verbesserungen zeigen. Die sekundäre Aufgabenperformance wurde nämlich durch die zusätzliche visuelle Unterstützung nicht verbessert. Außer der Verständlichkeit wurde auch die Unterstützung beim Spurwechsel bei der Audiodarbietung schlechter bewertet. Allgemein sieht man bei der subjektiven Bewertung aber, dass die Audiodarbietung in allen anderen 13 Punkten am besten bewertet wird (Sicherheit, Ablenkung, Nützlichkeit, usw.), und die Unterschiede zwischen den drei Gruppen in den beiden genannten Fällen Verständlichkeit und Spurwechsel minimal sind.

Bei den Fragen zu den verschiedenen Sicherheitsmeldungen zeigen die durchschnittlichen Bewertungen des subjektiven Unterstützungsgefühls, dass die normale Routenanweisung und die Geschwindigkeitsbegrenzung in der Audio- und der schematischen Gruppe in etwa gleich gut bewertet werden, aber in der AR-Gruppe schlechter. Als Grund dafür gaben einige der Testpersonen an, dass ihnen eine Audiodarbietung in diesen beiden Fällen ausreichen würde bzw. dass die schematische Darbietung durch die Voraussicht einen Vorteil aufweist. Beim Spurwechsel schneidet die AR-Gruppe etwas besser ab als die beiden anderen. Dies erscheint auch intuitiv logisch, da die AR-Darbietung die einzige Darbietung ist, bei der die einzelnen Spuren sichtbar sind und die zu Verwendende Spur eindeutige gekennzeichnet ist. Dieses

Argument wurde auch von einigen Probanden angegeben. Der Notstop wird in der Audiogruppe besser bewertet als in den visuellen Darbietungsgruppen. Hier unterscheiden sich die schematische und die AR-Gruppe kaum. Eine plausible Erklärung hierfür wäre, dass durch den erhöhten Reaktionsdruck dieser Aufgabe die Testpersonen das Gefühl hatten, keine Zeit zu haben das Display zu betrachten und deshalb die Audiodarbietung bevorzugen. Die Ergebnisse der Sicherheitsmeldungen bestätigten, dass vor allem der Notstopp Einbußen in der Performance der primären und der sekundären Fahraufgabe mit sich bringt.

7.2 Effekte schematischer vs. AR-Visualisierungen

Betrachtet man nun die beiden visuellen Darbietungen im Vergleich, so sieht man, dass sich hier, bis auf die subjektiven Bewertungen, keine signifikanten Unterschiede ergeben. Weder die primäre noch die sekundäre Aufgabenperformance werden durch die beiden Visualisierungen unterschiedlich beeinflusst. Auch die Analyse der Blickhäufigkeit konnte keine signifikanten Ergebnisse hervorbringen. Der Trend zeigt aber, dass bei der schematischen Darstellung mehr Blicke auf das System registriert wurden. Bei der nicht nach Testpersonen geschachtelten Signifikanzprüfung kommt es sogar zu einem signifikanten Unterschied zwischen der schematischen und der AR-Darbietung. Dieser Trend könnte wieder mit dem SEEV-Modell erklärt werden. Die schematische Darbietung könnte einen, zumindest subjektiv betrachtet, größeren Nutzen mit sich gebracht haben.

Aus der subjektiven Befragung geht hervor, dass die schematische Darbietung mehrheitlich besser beurteilt wird als die AR-Darbietung. In der vergleichenden Bewertung erhält die schematische Darbietung bei allen Sicherheitsmeldungen sogar die höchste Zustimmung. Die schematische Darbietung wird also gegenüber der AR-Darbietung eher bevorzugt. Das deutet darauf hin, dass die schematische Darbietung deshalb mehr betrachtet wird, weil sie für den Fahrer einen größeren Nutzen darstellt. Vor allem bei den Sicherheitsmeldungen (außer Spurverwendung) wird sie als hilfreicher bewertet. Die AR-Darbietung wird hingegen in Bezug auf Ablenkung, Sicherheitserhöhung, Unterstützung bei der Spurverwendung und teilweise Verständlichkeit subjektiv besser bewertet. Die schematische Darstellung könnte daher bei der Ablenkung und Sicherheit schlechter abschneiden, dass sich die Fahrer der vermehrten Blicke bewusst sind.

Die Bewertungen visueller Faktoren in den beiden visuellen Darbietungsgruppen machen deutlich, dass die Bewertung der Übereinstimmungsfindung zwischen Straßensituation und Abbildung auf dem Display, sowie die der Behinderung der Detailerkennung kaum einen

Unterschied zwischen der schematischen und der AR-Darbietung aufweist. Man kann also weder sagen, dass die AR-Darstellung durch die Reduktion der Abstraktion die Zuordnung erleichtert, noch dass die vermehrten Details die Wahrnehmung der relevanten Informationen behindern. Bei der Verständlichkeit und der Lesbarkeit der Zeichen schneidet die schematische Darbietung aber besser ab. Insgesamt könnte man daher sagen, dass die schematische Darstellung in Hinblick auf visuelle Faktoren etwas besser beurteilt wird.

7.3 Effekte der Sicherheitsmeldungen

Die Sicherheitsmeldungen führen zu signifikanten Unterschieden in Bezug auf die primäre Fahrperformance. Der Fahrperformance beim „Notstopp“ wurde signifikant schlechter beurteilt als jene bei der „unerwarteten Routenänderung“. Zwischen der „normalen Routenanweisung“ und der „Geschwindigkeitsbegrenzung“, zwischen der „Geschwindigkeitsbegrenzung“ und dem „Spurwechsel“, sowie zwischen dem „Spurwechsel“ und der „Routenänderung“ wurden keine signifikanten Effekte beobachtet.

Auch bei der Bewertung der sekundären Aufgabenperformance kam es zwischen der unerwarteten Routenänderung und dem Notstopp zu einem signifikanten Unterschied. Die Bewertung der Performance der sekundären Aufgabe schnitt bei der Sicherheitsanweisung „Notstopp“ schlechter ab. Der parameterfreie Test zeigte zusätzlich zwischen der „normalen Routenanweisung“ und dem „Spurwechsel“ einen signifikanten Effekt.

Bei den Blickhäufigkeiten ergaben sich zwischen den folgenden Gruppen signifikante Unterschiede: „normal“ und „Geschwindigkeit“, „Geschwindigkeit“ und „Spurwechsel“ und zwischen „Routenänderung“ und „Notstopp“. Beim parameterfreien Test kam es zwischen „Geschwindigkeit“ und „Spurwechsel“ zu keinem signifikanten Unterschied. Ansonsten waren die Ergebnisse konsistent. Dieser Unterschied könnte dadurch entstanden sein, dass beim parameterfreien Test ein strengeres Signifikanzniveau herangezogen wurde.

Die Ergebnisse bestätigen, dass die verschiedenen Sicherheitsmeldungen unterschiedliche Anforderungen mit sich bringen. Vor allem zwischen Notstopp und der unerwarteten Routenänderung scheint es eine klare Zusatzbelastung zu geben, die sich in der primären Fahraufgabe, der sekundären Aufgabenperformance und auch im Blickverhalten bemerkbar macht.

7.4 Interaktionseffekte der Darbietungsart und der Sicherheitsmeldungen

Die Interaktionseffekte dürfen nur mit Vorbehalt interpretiert werden. Eigentlich wäre deren Berechnung aufgrund der teilweisen Verletzung der Voraussetzungen gar nicht zulässig gewesen. Da sich aber bei den vorangegangenen Berechnungen bestätigt hat, dass die Ergebnisse der parameterfreien und der parametrischen Tests fast zur Gänze übereinstimmen, wurde vermutet, dass die Varianzanalyse der Interaktionseffekte valide Ergebnisse bringen würde.

Sie ergab hinsichtlich der Bewertung der primären Fahraufgabe einen signifikanten Interaktionseffekt. Die Veränderung der Performance zwischen den Sicherheitsempfehlungen, im Vergleich über die Darbietungsarten, ist zwischen „Geschwindigkeitsbegrenzung“ und „Spurverwendung“ signifikant. Die Performance bei der AR-Darbietung steigt bei der Spurverwendung gegenüber den anderen Darbietungen deutlich an. Hier macht sich wahrscheinlich die Darstellung der einzelnen Spuren und eindeutige Kennzeichnung der zu Verwendenden Spur bemerkbar. Bei der Bewertung der sekundären Fahraufgabe zeigte sich kein signifikanter Interaktionseffekt.

Beim Blickverhalten konnte wiederum ein Interaktionseffekt festgestellt werden. Das bedeutet, dass die Darbietungsart verschiedene Effekte auf das Blickverhalten hatte, je nachdem welche Sicherheitsempfehlung zu bewältigen war. Die Blickhäufigkeiten änderten sich deutlich zwischen den Visualisierungsformen über die Sicherheitsempfehlungen hinweg. Während bei der Audiogruppe die Sicherheitsempfehlungen kaum eine Auswirkung auf die Blickhäufigkeit zeigten, änderten sie sich bei den visuellen Darstellungen. Bei der „Geschwindigkeitsbeschränkung“ und dem „Notstopp“ liegen die Werte wesentlich näher beisammen als bei den anderen drei Sicherheitsempfehlungen. Am weitesten driften sie bei der „Spurverwendung“ auseinander. Der Vergleich der drei Darbietungsformen zwischen „Normal“ und „Geschwindigkeit“ zeigt eine signifikante Annäherung der Blickhäufigkeit der AR-Bedingung an die schematische. Das gleiche gilt zwischen „Routenänderung“ und „Notstopp“. Wieder ist die Steigerung in der AR-Gruppe wesentlich stärker.

Das bedeutet, dass die Audiobedingung immer die geringsten Blicke auf das System verursacht. Die visuellen Darbietungen führen aber, abhängig von der Sicherheitsmeldung, zu differenzierten Blickhäufigkeiten. Bei der Geschwindigkeitsbegrenzung und dem Notstopp scheint es keinen wesentlichen Unterschied zu machen, welche visuelle Darstellung verwendet wird, was daran liegen könnte, dass die Probanden bei diesen beiden Sicherheitsmeldungen die

visuellen Darbietungen gar nicht unbedingt bevorzugen und daher auch keinen wirklichen Unterschied zwischen den beiden Darstellungen machen. Bei den anderen drei führt die schematische Darstellung zu deutlich mehr Blicken. Die Tatsache, dass es bei der Spurverwendung bei der schematischen Darbietung zu mehr Blicken kommt, als bei der AR-Darbietung widerspricht der bisherigen Interpretation, dass die subjektiv besser bewertete Alternative zu mehr Blicken führt. Hier würde als Erklärung eher zutreffen, dass die AR-Darbietung schneller interpretiert werden kann und daher weniger Blicke bedarf.

8 KRITIK & AUSBLICK

Ziel dieser Studie war es, durch einen direkten Gruppenvergleich mehr Klarheit darüber zu erreichen, ob visuelle gegenüber auditiven Informationen bei sicherheitsbezogenen Fahrerinformationssystemen eine Erleichterung mit sich bringen oder die Fahrer mehr von der primären Fahraufgabe ablenken. Die Auswirkungen verschiedener Informationsdarbietungen werden in Expertenkreisen nämlich kontrovers diskutiert. Das Problem liegt nicht zuletzt darin, dass die Studien recht unterschiedlich gestaltet sind und dadurch schwer Vergleiche angestellt werden können. Außerdem sollte untersucht werden, wie sich realistische Visualisierungen im Vergleich zu herkömmlichen schematischen Visualisierungen auswirken, da bislang eine Untersuchung von AR-Darbietungen in dieser Form ausständig war.

Die Ergebnisse sprechen in Bezug auf die Entwicklung von Designs für Fahrerinformationssysteme im Allgemeinen weder für eine generelle Reduzierung visueller Darstellungen, noch für eine Ablehnung von AR-Darbietungen. Die Darbietungen scheinen hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit gleichwertig zu sein. Allerdings konnten manche Kombinationen der Sicherheitsmeldungen und Darbietungsarten besondere Effekte auslösen. Diese Effekte dürfen allerdings nicht als abgesicherte Erkenntnisse angesehen werden, da die Voraussetzungen zur Berechnung dieser Ergebnisse nur teilweise gegeben waren. Weitere Studien, bei denen die notwendigen Bedingungen erfüllt werden, sollten diese Erkenntnisse noch bestätigen (oder gegebenenfalls widerlegen).

Da bei dieser Feldstudie nur eine relativ kleine Stichprobe getestet werden konnte, sollten noch weitere Studien mit größeren Stichproben durchgeführt werden. Durch die Gesamtstichprobe von 31 Personen beschränkt sich die Größe der einzelnen Gruppen in diesem Fall nämlich auf circa zehn Personen. Aufgrund des enormen Aufwands einer einzelnen Testung (zweieinhalb bis dreieinhalb Stunden, plus Vor- und Nachbereitung), scheint es allerdings kaum möglich die Stichprobe sehr groß zu machen. Für Feldstudien in diesem Bereich ist daher ein Umfang dieser Größenordnung durchaus üblich (z.B. Jensen, et al., 2010). Eine Möglichkeit, den Aufwand zu verringern wäre es beispielsweise, auf das Eyetracking zu verzichten, da dieses ohnehin nicht zu sehr zufriedenstellenden Ergebnissen geführt hat, aber einen erheblichen zusätzlichen Zeitaufwand verursacht hat.

Neben der Stichprobengröße weist die Studie noch ein paar weitere Einschränkungen auf, die bedacht werden sollten. Zum Beispiel bringen Feldstudien, wie sie in diesem Fall durchgeführt wurden, den Nachteil mit sich, dass sie gegenüber unkontrollierbaren Störeinflüssen anfälliger sind als Laborstudien. Es konnte z.B. vorkommen, dass eine Sicherheitsmeldung durch die aktuellen Verkehrsbedingungen nicht ausgeführt werden konnte. Gänzlich kontrollierte Experimente auf der Straße sind aber kaum umsetzbar. Meistens wird auf Simulatorstudien im Labor zurückgegriffen, bei denen zwar die Bedingungen gut kontrolliert werden können und daher die interne Validität solcher Studien erhöht wird, dafür aber externe Validität eingebüßt wird. Es sind daher beide Formen notwendig, um gültige Erkenntnisse zu erlangen.

Weiters muss auch der Gültigkeitsbereich der Ergebnisse auf Autobahnen und gute Wetter- und Sichtverhältnisse beschränkt bleiben. Aus Sicherheitsgründen wurde nur eine wenig befahrene Autobahnstrecke verwendet und das nur bei guten Wetter- und Sichtverhältnissen. Das System wurde vor allem auch aus dem Grund nur auf Autobahnen getestet, da die Anwendung von Sicherheitsmeldungen vor allem für Autobahnen Sinn machen und deshalb auch hauptsächlich für diese Straßen geplant sind. Gerade bei Autobahnen kommt es nämlich häufig zu Massenkarambolagen, etc. Für den Stadtverkehr, der durch die zahlreicheren Gefahrenquellen (Fußgänger, Kreuzungen, etc.) deutlich mehr visuelle Aufmerksamkeit erfordert, muss zuerst noch eine Überprüfung erfolgen. Das gleiche gilt auch für die beiden Extremgruppen, Fahranfänger und über 65-jährige Fahrer, die ebenfalls aus Sicherheitsgründen aus der Studie ausgeschlossen wurden.

Zukünftige Forschungen in diesem Bereich sollten sich verstärkt mit optimierten AR-Präsentationen auseinandersetzen. Vermutlich könnte die subjektive Benachteiligung dieser Darbietungsart auch an der teilweise eingeschränkten Sichtbarkeit bzw. der schlechten Kontrastverhältnisse der Darstellung (z.B. bei starkem Sonnenlicht, Tunnelausfahrt) gelegen haben. Zumindest äußerten manche Probanden Bedenken dieser Art. Die Verbesserung dieser innovativen Darbietung könnte folglich auch zu besseren Performances der primären und auch sekundären Fahraufgabe führen. Weiters bieten auch die unerwartet guten Bewertungen der Textkomponente interessante Herausforderungen für künftige Forschungsarbeiten. Die Kombinierte Darbietungsart von Karten- und Textdarbietung sollte genauer untersucht werden.

Trotz mancher Einschränkungen lieferte die Studie einen wichtigen Beitrag in Bezug auf die sichere Gestaltung von HMIs von Fahrerinformationssystemen. Die Erkenntnisse weisen durch das experimentelle Feldstudiendesign eine hohe externe Validität auf und ergänzen daher das

Wissen aus den zahlreichen bisherigen Simulatorstudien zu den Einflüssen auditiver und visueller Informationsdarbietung während des Fahrens. Bei den Aufgaben und Darbietungen handelte es sich um realistische Anweisungen, die so auch in der realen Fahrsituation vorkommen können und nicht um abstrakte sekundäre Aufgaben. Es scheint nichts gegen eine visuelle Darbietung zu sprechen. Diese Arbeit erbrachte weiters erste Einblicke in die Auswirkungen von AR-Anwendungen bei HDD-Displays von sicherheitsbezogenen Fahrerinformationssystemen.

9 LITERATURVERZEICHNIS

- Allport, D. A., Antonis, B., & Reynolds, P. (1972). On the division of attention: A disproof of the single channel hypothesis. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 24(2), 225–235.
- Alm, H., & Nilsson, L. (1995). The effects of a mobile telephone task on driver behaviour in a car following situation. *Accident Analysis and Prevention*, 27(5), 707–715.
- Awh, E., & Pashler, H. (2000). Evidence for split attentional foci. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 26(2), 834–846.
- Bach, K. M., Jaeger, M. G., Skov, M. B., & Thomassen, N. G. (2009). Interacting with in-vehicle systems: Understanding, measuring, and evaluation attention. *Proceedings of the 13th International Conference on Human-Computer Interaction (HCI)*, San Diego, CA, USA, 453–462.
- Blanco, M., Biever, W. J., Gallagher, J. P., & Dingus, T. A. (2006). The impact of secondary task cognitive processing demand on driving performance. *Accident Analysis and Prevention*, 38, 895–906.
- Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (2007). *Mobilität – Verkehrsverhalten*. Abgefragt 24.05.2011 von http://www.bmvit.gv.at/verkehr/gesamtverkehr/statistik/downloads/viz07_kap6.pdf
- Bowyer, S. M., Hsieh, L., Moran, J. E., Young, R. A., Manoharan, A., Liao, C. J., Malladi, K., Yu, Y., Chiang, Y., & Tepley, N. (2009). Conversation effects on neural mechanisms underlying reaction time to visual events while viewing a driving scene using MEG. *Brain Research*, 1251, 151–161.
- Broadbent, D. E. (1958). *Perception and communication*. London: Pergamon Press.
- Burnett, G.E. (2003) A road-based evaluation of a Head-Up Display for presenting navigation information. *Proceedings of the 10th International Conference on Human-Computer Interaction (HCI)*, 3, Crete, Greece, 180–184.

- Calton, J. L., & Taube, J. S. (2009). Where am I and how will I get there from here? A role for posterior parietal cortex in the integration of spatial information and route planning. *Neurobiological Learn Mememory*, 91(2), 186–196.
- Carbonell, J. R. (1966). A queueing model of many-instrument visual sampling. *IEEE Transaction on Human Factors in Electronics*, 7(4), 157–164.
- Carsten, O., & Brookhuis, K. (2005). Issues arising from the HASTE experiments. *Transportation Research Part F* 8, 191–196.
- Chapman, P. R., & Underwood, G. (1998). Visual search of driving situations: Danger and experience. *Perception*, 27, 951–964.
- Chou, C., Madhavan & Funk, (1996). Studies of cockpit task management errors. *The International Journal of Aviation Psychology*, 64(4), 307–320.
- Coopers. Abgefragt 11.05.2011 von <http://www.coopers-ip.eu/index.php?id=project>
- Coopers (2008). Wireless infrastructure to vehicle communication technologies to increase road safety along motorways. Session 495, Intelligent Transportation System Technologies, TRB, 87th Annual Meeting.
- Coopers (2010). *Report on common result assessment*. WP7000, D15 - IR 7100/7200/7300/7400.
- Ditchburn, R. W., & Ginsborg, B.L. (1952). Vision with a stabilized retinal image. *Nature*, 170(4314), 36–37.
- Endsley, M. R. (1995). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors*, 37(1), 32–64.
- 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.
- European Commission (2006). Commission recommendation of 22 december2006 on safe and efficient in-vehicle information and communication systems: Update of the European Statement of Principles (ESOP) on human machine interface. *Commission document C 7125 final*, Brussels.

- Eysenck, M. W., & Keane, M. T. (2010). *Cognitive Psychology. A student's handbook*. New York: Psychology Press.
- Findlay, J. M., & Gilchrist, I. D. (2003). *Active Vision. The psychology of looking and seeing*. New York: Oxford University Press.
- Fort, A., Martin, R., Jacquet-Andrieu, A., Combe-Pangaud, C., Foliot, G., Daligault, S., & Delpuech, C. (2010). Attentional demand and processing of relevant visual information during simulated driving: A MEG study. *Brain Research*, 1363, 117–127.
- Fröhlich, P. (2010). Evaluating realistic visualizations for in-vehicle safety information systems. *Proceedings of 28th Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI Extended Abstracts)*, Atlanta, Georgia, USA, 3847–3852.
- Fröhlich, P., Schatz, R., Leitner, P., Mantler, S., & Baldauf, M. (2010). Augmenting the driver's view with realtime safety-related traffic information. *Proceedings of the 1st Augmented Human International Conference*, Megève, France.
- Goldstein, E. B. (2008). *Wahrnehmungspsychologie. Der Grundkurs*. Berlin: Spektrum Akademischer Verlag.
- Google Maps Street view. Abgefragt 15.04.2011 von <http://maps.google.com/help/maps/streetview/>
- Green, P. (2001). Variations in task performance between younger and older drivers. *UMTRI Research on Telematics Association for the Advancement of Automotive Medicine Conference on Aging and Driving*, Southfield, Michigan, USA.
- Greenberg, J., Tijerina, L., Curry R., Artz, B., Cathey, L., Grant P., Kochhar D., Kozak, K., & Blommer, M. (2003). Evaluation of driver distraction using an event detection paradigm. *Journal of the Transportation Research Board*, 1843, 1–9.
- Gugerty, L., Rando, C., Rakauskas, M., Brooks, J., & Olson, H., (2003). Differences in remote versus in-person communications while performing a driving task. *Proceedings of the 47th Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society*, 1, 1855–1859.
- Harbluk, J. L., & Noy, Y. I. (2002). The impact of cognitive distraction on driver visual behaviour and vehicle control. [online]. <http://elmar-inc.com/Papers/Driving/DriverCellPhone.pdf> [08.05.2011]

- Horrey, W. J., & Wickens, C. D. (2006). Examining the impact of cell phone conversations on driving using meta-analytic techniques. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 48(196), 196–205.
- Horrey, W. J., Wickens, C. D., & Consalus, K. P. (2006). Modeling drivers' visual attention allocation while interacting with in-vehicle technologies. *Journal of Experimental Psychology*, 12(2), 67–78.
- ITS. Abgefragt 11.05.2011 von <http://www.its.dot.gov/research/v2v.htm>
- Jensen, B. S., Skov, M. B., & Thiruravichandra, N. (2010). Studying driver attention and behaviour for three configurations of GPS navigation in real traffic driving. *Proceedings of 28th Conference on Human Factors in Computing Systems(CHI)*, Atlanta, Georgia, USA, 1271–1280.
- Klauer, S. G., Dingus, T. A., Neale, V. L., Sudweeks, J. D., & Ramsey, D.J. (2006). *The impact of driver inattention on near-crash/crash risk: An analysis using the 100-car naturalistic driving study data*. National Technical Information Service: Springfield, Virginia 22161.
- Kun, A., Paek, T., Medenica, Z., Memarovic, N., & Palinko, O. (2009). Glancing at personal navigation devices can affect driving: Experimental results and design implications. *Proceedings of 1st Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications (Automotive UI)*, Essen, Germany, 129–136.
- Lee, J. J., Caven, B., Haake, S., & Brown, T. L. (2001). Speech-based interaction with in-vehicle computers: The effect of speech-based e-mail on Drivers' Attention to the Roadway. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society* (43)4, 631–640.
- Leibowitz, H. W., Shupert, C. L., & Post, R.B. (1982). *The two modes of visual processing: Implications for spatial orientation* [online]. Abgefragt 30.03.2011 von http://www.archive.org/details/nasa_techdoc_19850001740
- Lew, H. L., Poole, J. H., Lee, E. H., Jaffe, D. L., Huang, H., & Brodd, E. (2005). Predictive validity of driving simulator assessments following traumatic brain injury: A preliminary study. *Brain Injury* 19(3), 177–188.
- Liu, Y.-C., Schreiner, C.S., & Dingus, T.A. (1999). *Development of human factors guidelines for advanced traveler information systems (ATIS) and commercial vehicle operations*

- (CVO): *Human factors evaluation of the effectiveness of multi-modality displays in advanced traveler information systems* (Report FHWA-RD-96-150). Abgefragt 23.02.2011 von <http://trid.trb.org/view.aspx?id=665942>
- Liu, Y., & Wickens, C. D. (1992). Visual scanning with or without spatial uncertainty and divided and selective attention. *Acta Psychologica*, 79, 131–153.
- Mack, A., & Rock, I. (1998). *Inattention blindness: An overview by Arien Mack & Irvin Rock*. *Psyche*, 5(3). Abgerufen 15.02.2011 von <http://theassc.org/files/assc/2417.pdfab>
- Martinez-Conde, S., Macknik, S. L., & Hubel, D. H. (2004). The role of fixational eye movements in visual perception. *Nature Reviews*, 5, 229–240.
- Medenica, Z., Kun, A. L., Paek, T., & Palinko, O. (2011). Augmented reality vs. street views: A Driving simulator study comparing two emerging navigation aids. *Proceedings of the 13th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services (Mobile HCI)*, Stockholm, Schweden.
- Matthews, G. (2001). A transactional model of driver stress. In P. A. Hancock, & P.A. Desmond (Hrsg.), *Stress, workload and fatigue. Human factors in transportation* (p. 443–450). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Milner, A. D., & Goodale, M. A. (2008). Two visual systems re-viewed. *Neuropsychologia*, 46, 774–785.
- Mishkin, M., Ungerleider, L.G., & Macko, K.A. (1983). Object vision and spatial vision: Two cortical pathways. *Trends in Neurosciences*, 6, 414–417.
- Mitchell, J. P. (2008). Activity in right temporo-parietal junction is not selective for theory-of-mind. *Cerebral Cortex*, 18, 262–271.
- Mobilizy. Abgefragt 15. 08. 2010 von <http://mobilizy.com/drive>
- Open Street Map. Abgefragt 11.04.2011 von <http://www.openstreetmap.org/>
- Palmer, J., Verhese, P., & Pavel, M. (2000). The psychophysics of visual search. *Vision Research*, 40, 1227–1268.
- Parkes, A. M., Ashby, M. C., Fairclough, S. H., & Lorenz, K. (1991). The effects of different in-vehicle route information displays on driver behaviour. *Proceedings oft he 2nd*

- International Conference on Vehicle Navigation and Information Systems (VNIS)*, Dearborn, Michigan, USA, 61–70.
- Pashler, H. (1994). Graded capacity-sharing in dual-task interference. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20(2), 330–342.
- Patterson, T. (2002). Getting real: Reflecting on the new look of national park service maps. *Proceeding Mountain Cartography Workshop of the International Cartographic Association*, Mt. Hood, Oregon, USA. Abgefragt 15.08.2010 von www.mountaincartography.Org/mt_hood/pdfs/patterson1.pdf
- Porathe, T. (2008). Measuring effective map design for route guidance. An experiment comparing electronic map display principles. *Information Design Journal* 16(3), 190–201.
- Recarte, M. A., & Nunes, L.M. (2003). Mental workload while driving: Effects on visual search, discrimination and decision making. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 9(2), 119–137.
- Rensink, R. A., O'Regan, J. K., & Clark, J. J. (2000). On the failure to detect changes in scenes across brief interruptions. *Visual Cognition*, 7(1/2/3), 127–145.
- Richard, C. M., Wright, R. D., Ee, C., Prime, C. L., Shimizu, Y., & Vavrik, J. (2002). Effect of a concurrent audio task on visual search performance in a driving-related image-flicker task. *Human Factors*, 44(1), 108–119.
- Rolls, G., & Ingham, R. (1992). „Safe“ and „unsafe“: A comparative study of younger male drivers. AA Foundation for Road safety Research.
- Schabus, D., Baldauf, M., & Fröhlich, P. (2010). Prototyping for Road-based User Testing of Safety-related Traffic Telematics Services. *Adjunct Proceedings of the 2nd International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications. (AutomotiveUI)*, Pittsburgh, Pennsylvania, USA.
- Senders, J. W. (1964). The human operator as a monitor and controller of multidegree of freedom systems. *IEEE Transactions on Human Factors in Electronics*, HFE-5, 2–6.
- Sheridan, T. B. (1970). On how often the supervisor should sample. *IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics*, SSC-6, 140–145.

- Shiffrin, R. M., & Schneider, W. (1977). Controlled and automatic human information processing: II Perceptual Learning, automatic attending and general theory. *Psychological Review*, 84(2), 127–190.
- Simons, D.J., & Levin, D.T. (1997). Change blindness. *Trends in Cognitive Science*, 1, 261–267.
- Sodhi, M., Reimer, B., & Llamazares, I. (2002). Glance analysis of driver eye movements to evaluate distraction. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 34(4), 529–538.
- Solso, R. L. (2005). *Kognitive Psychologie*. Heidelberg: Springer.
- Spelke, E., Hirst, W., & Neisser, U. (1976). Skills of divided attention. *Cognition*, 4, 215–230.
- Spence, C., & Driver, J. (2000). Attracting attention to the illusory location of a sound: Reflexive crossmodal orienting and ventriloquism. *NeuroReport*, 11, 2057–2061.
- Stutts, J., Feaganes, J., Reinfurt, D., Rodgman, E., Hamlett C., Gish, K., & Staplin, L. (2005). Driver's exposure to distractions in their natural driving environment. *Accident Analysis and Prevention*, 37, 1093–1101.
- Styles, E. A. (2005). *Attention, perception and memory: An integrated Introduction*. Hove: Psychology Press.
- Sullivan, L. (1976). Selective attention and secondary message analysis: A reconsideration of Broadbent's filter model of selective attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 28, 167–17.
- Summala, H., Lamble, D., & Laasko, M. (1998). Driving experience and perception of the lead car's braking when looking at in-car targets. *Accident Analysis and Prevention*, 30(4), 401–407.
- Summala, H., Nieminen, T., & Punko, M. (1996). Maintaining lane position with peripheral vision During in-vehicle tasks. *Human Factors*, 38(3), 442–451.
- Sweller, J., Chandler, P., Tierney, P., & Cooper, M. (1990). Cognitive load as a factor in the structuring of technical material. *Journal of Experimental Psychology: General*, 119(2), 176–192.

SWRI. Abgefragt 09.05.2011 von www.swri.org/4org/d10/its/ivs/cvs.htm

Underwood, G., Chapman, P., Brocklehurst, N., Underwood, J., & Grundall, D. (2003). Visual attention while driving: Sequences of eye fixations made by experienced and novice drivers. *Ergonomics*, 46, 629–646.

Vandenberghe, R., Gitelman, D. R., Parrish, T. B., & Mesulam, M. M. (2001). Functional specificity of superior parietal mediation of spatial shifting. *NeuroImage* 14, 661–673.

Vehicle infrastructure integration (VII) initiative. Abgefragt 16.08.2010 von <http://www.vehicle-infrastructure.org>

Victor, T. W., Harbluk, J. L., & Engström, J. A. (2005). Sensitivity of eye-movement measures to in-vehicle task difficulty. *Transportation Research Part F* 8, 167–190.

Volkman, F. C., Schick, A. M. L., & Riggs, L. A. (1968). Time course of visual inhibition during voluntary saccades. *Journal of the Optical Society of America*, 58(4), 562–569.

Vollrath, M., & Totzke, I. (2000). *In-vehicle communication and driving: an attempt to overcome their interference* [online]. Driver Distraction Internet Forum sponsored by the United States Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), abgefragt 17.03.2011 von <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/departments/nrd-13/driver-distraction/PDF/33.PDF>

Wickens, C. D. (2002). Multiple resources and performance prediction. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 3(2), 159–177.

Wickens, C. D. (2001). Workload and situation awareness. In P. A. Hancock, & P. A. Desmond (Hrsg.), *Stress, workload and fatigue. Human factors in transportation* (p. 443–450). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.

Wickens, C.D., & Dixon, S. R. (2005). Auditory preemption versus multiple resources: Who wins in interruption management? *Proceedings of the 49th annual meeting of the Human Factors and Ergonomics Society*, Orlando, Florida, USA.

Wickens, C. D., & Scott, B. D. (1983). *A comparison of verbal and graphical information presentation in a complex information integration decision task* (Technical Report EPL-

83-1/ONR-83-1). Abgefragt, 11.04.2011 von <http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf&AD=ADA130483>

Wickens, C. D., Goh, J., Helleberg, J., Horreffe, W. J., & Talleur, D. A. (2003). Attentional models of multitask pilot performance using advanced display technology. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 45(3), 360–380.

Wickens, C. D., Helleberg, J., Goh, J., Xu, X., & Horrey, W. J. (2001). *Pilot Task Management: Testing an Attentional Expected Value Model of Visual Scanning* (Technical Report ARL-01-14/NASA-01-7). Abgefragt 11.04.2011 von <http://www.humanfactors.uiuc.edu/Reports&PapersPDFs/TechReport/01-14.pdf>

Williams, (1988). Tunnel vision or general interference? Cognitive Load and attentional Bias are both important. *The American Journal of Psychology*, 101(2), 171–191.

Yantis, S. (1993). Stimulus-driven attentional capture and attentional control Settings. *Journal of Experimental Psychology: Perception and Performance*, 19(3), 676–681.

10 ABBILDUNGSVERZEICHNIS³

Abbildung 1: „Evolution der Visualisierung von 2D Karten aus vertikaler und 45° Perspektive zu virtueller und erweiterter Realität“ (Fröhlich, 2011).....	1
Abbildung 2: AR-Darstellung (mobilizy.com)	1
Abbildung 3: Infrastructure-to-Vehicle-System (Coopers, 2008).....	11
Abbildung 4: Technische Ausstattung 1	50
Abbildung 5: Technische Ausstattung 2	50
Abbildung 6: Teststrecke mit Sicherheitsmeldungen.....	54
Abbildung 7: Durchschnittliche Bewertung der primären Fahrperformance (mit 95%-Konfidenzintervall) pro Darbietungsgruppe auf einer Skala von 1-7 (wobei 7 sehr sicheres Fahrverhalten bedeutet).....	68
Abbildung 8: Durchschnittliche Bewertung der sekundären Aufgabenperformance (mit 95%-Konfidenzintervall) pro Darbietungsart auf einer Skala von 1-7 (1 bedeutet hier keinerlei Abweichungen bei der Performance).....	69
Abbildung 9a (links), b (rechts): Durchschnittliche Anzahl der Blicke/Sek. der manuellen Analyse (mit 95%-Konfidenzintervall) pro Darbietungsart während der normalen Routenanweisungen und den Sicherheitsmeldungen (a: für 31 Testpersonen, b: mit 371 Testsituationen).....	70
Abbildung 10: Durchschnittliche Anzahl langer Blicke (>2 Sekunden) auf das Fahrerinformationssystem (mit 95%-Konfidenzintervall) für die normale Routenanweisung und die Sicherheitsmeldungen	72
Abbildung 11: Durchschnittliche subjektive Bewertung der Probanden pro Darbietungsgruppe (Skala 1-7).....	73
Abbildung 12: Durchschnittliche Bewertung der primären Fahrperformance (mit 95%-Konfidenzintervall) für die Routenanweisung und die Sicherheitsmeldungen.....	77
Abbildung 13: Durchschnittliche Bewertung der sekundären Aufgabenperformance (mit 95%-Konfidenzintervall) pro Sicherheitsmeldung	78
Abbildung 14: Durchschnittliche Blicke/Sek. der manuellen Analyse (mit 95% Konfidenzintervall) für die normale Routenanweisung und pro Sicherheitsmeldung	79
Abbildung 15: Interaktionseffekte der primären Fahraufgabe	80

³ „Ich habe mich bemüht, sämtliche Inhaber der Bildrechte ausfindig zu machen und ihre Zustimmung zur Verwendung der Bilder in dieser Arbeit eingeholt. Sollte dennoch eine Urheberrechtsverletzung bekannt werden, ersuche ich um Meldung bei mir.“

Abbildung 16: Durchschnittliche Anzahl der Blicke pro Sicherheitsmeldung und Darbietungsart	81
Abbildung 17 a-e: Vergleichende subjektive Bewertung der normalen Routenanweisung und der Sicherheitsmeldungen (Skala 1-7)	82
Abbildung 18a-d: Bewertung der Komponenten für: a) die normale Routenanweisung bei der schematischen Darbietung (oben, links); b) die normale Routenanweisung bei der AR-Darbietung (oben, rechts); c) die Sicherheitsmeldungen bei der schematischen Darbietung (unten, links) und d) die Sicherheitsmeldungen bei der AR-Darbietung (unten, rechts).....	84

11 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Komponenten der realistischen Visualisierung (Fröhlich, Schatz, Leitner, Mantler & Baldauf, 2010).....	7
Tabelle 2: Testphasen.....	48
Tabelle 3: Verteilung der Stichprobe	52
Tabelle 4: Experimentelles Design des Haupttests	58
Tabelle 5: Darbietungsstufen	59
Tabelle 6: Sicherheitsempfehlungen.....	60
Tabelle 7: Bewertung der sekundären Aufgabenperformance.....	61
Tabelle 8: ANOVA Ergebnis der Bewertung der primären Fahrperformance bezüglich Darbietungsgruppe	68
Tabelle 9: ANOVA Ergebnis der Bewertung der sekundären Aufgabenperformance bezüglich Darbietungsgruppe	69
Tabelle 10: Mittelwerte der relativen Blicke.....	70
Tabelle 11: ANOVA Ergebnis der manuellen Blickanalyse bezüglich der Darbietungsart	71
Tabelle 12: Mittelwerte der subjektiven Bewertungen des Systems pro Darbietungsgruppe	72
Tabelle 13: Detaillierte Abfolge der Sicherheitsempfehlungen der Trainingsstrecke	119
Tabelle 14: Detaillierte Abfolge der Sicherheitsempfehlungen der Testphase	120
Tabelle 15: Detaillierte Sicherheitsempfehlungenabfolge der Vergleichsphase.....	125

12 ANHANG

12.1 Deutsches Abstract

In den letzten Jahren zeigte sich bei Fahrerinformationssystemen in Bezug auf Design und technischen Funktionen ein Trend zu immer noch raffinierteren Systemen. Einerseits werden die Visualisierungen immer realistischer, bis hin zu Augmented Reality (AR) Darbietungen, und andererseits spielen Echtzeit-Sicherheitsmeldungen, wie zum Beispiel Unfallwarnungen, zusehends eine bedeutendere Rolle.

Realistische Darstellungen, wie die AR-Darbietung, bedeuten gegenüber den herkömmlichen, schematischen Darbietungen allerdings eine Zunahme von visueller Information, die vom Fahrzeuglenker verarbeitet werden muss und könnten daher zu einer negativen Beeinflussung des Fahrverhaltens (primäre Fahraufgabe) und der Sicherheit führen. Auf der anderen Seite könnte durch die höhere Übereinstimmung der AR-Darstellung mit der realen Umwelt, trotz der vermehrten Details, ein schnelleres Identifizieren ermöglicht werden. Bei der hier durchgeführten experimentellen Feldstudie wurden die Auswirkungen von drei verschiedenen Darbietungsarten (Audio-, schematische und AR-Darbietung) systematisch verglichen. 31 Probanden, die in randomisierter Weise jeweils einer Darbietungsgruppe zugeordnet wurden, fuhren eine vordefinierte Strecke ab, bei der verschiedene Sicherheitsempfehlungen (sekundäre Aufgabe) des Systems auszuführen waren. Ziel dieser Studie war es, durch einen direkten Gruppenvergleich mehr Klarheit darüber zu erreichen, ob visuelle gegenüber auditiven Informations-Darbietungsarten bei sicherheitsbezogenen Fahrerinformationssystemen eine Erleichterung mit sich bringen oder die Fahrer mehr von der Fahraufgabe ablenken. Außerdem sollte geklärt werden, ob sich schematische oder AR-Visualisierungen vorteilhafter auswirken.

Wie die Ergebnisse zeigen, kommt es zwischen den drei Darbietungsgruppen zu keinen signifikanten Unterschieden bei der Bewältigung des sicheren Fahrens und der Befolgung der Sicherheitsempfehlung. Bei den visuellen Darbietungen kam es aber zu signifikant mehr Blicken auf das System als bei der Audiodarbietung. Wie die Ergebnisse bezüglich primärer und sekundärer Aufgabenbewältigung zeigen, wirkten sie sich aber nicht auf diese aus. Es zeigten sich also keine Hinweise darauf, dass die visuellen Darbietungen den Fahrer von der Fahraufgabe ablenken und eine größere Gefahr mit sich bringen als Audioanweisungen. Weiters konnten auch keine Indizien dafür gefunden werden, dass die AR-Darbietung eine stärkere

visuelle Belastung oder Entlastung darstellt. Beide visuellen Darstellungen führten zu vergleichbaren Performances der primären und der sekundären Fahraufgabe, sowie beim Blickverhalte. Diese Ergebnisse sprechen also, in Bezug auf die Entwicklung von Designs für Fahrerinformationssysteme, weder für eine generelle Reduzierung visueller Darstellungen, noch für eine Ablehnung von AR-Darbietungen. Die Darbietungen scheinen hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit gleichwertig zu sein.

12.2 English Abstract

In recent years there has been a trend to more and more sophisticated in-vehicle driver systems in terms of design and technical functions. On the one hand, visualizations are becoming more realistic, towards augmented reality (AR), and on the other hand, real-time telematic services, like accident warnings, are becoming more important.

Realistic presentations like AR cause an increase of visual information which the driver needs to process. This could lead to a negative influence on driving performance (primary driving task) as well as safety compared to schematic presentations. On the other side, the higher concordance of the AR presentation with the real outside world might enable a faster identification, despite the higher degree of detail. This experimental field study compares the effects of three different presentations (audio, schematic, AR) in a systematic manner. 31 test users, who were randomly assigned to one of the three groups, drove along a predefined route where different safety recommendations (secondary tasks) had to be followed. The goal of this study was to gain through a direct group comparison more insight on whether visual information presentation is superior to audio information presentation regarding safety recommendations, or if it distracts the driver from the driving task. An additional goal was to find out which visualization is more beneficial, schematic or AR.

The results show no significant difference between the three presentation styles concerning the primary and secondary task. However, visual presentations lead to significantly more glances at the in-vehicle driver system in comparison to audio presentation. Apparently, this increase in glances does therefore not have a strong impact on driving behavior. This means that we cannot see any evidence that visual presentations are more distracting for the driver or that they are more dangerous than audio presentations. Furthermore, no indications were found that AR leads to an increase or decrease of work load. Both presentations yield comparable results in primary and secondary task performance as well as in glancing behavior. Concerning the development of designs for in-vehicle driver systems, there is no need to recommend a reduction of visual

presentation nor is there any evidence for declining AR presentations. The three different presentation styles seem to be of equal value regarding their effects on driving safety.

12.3 Instruktion

„Vielen Dank für die Teilnahme an unserer Benutzerstudie. Das ftw. (Forschungszentrum Telekommunikation Wien) befasst sich mit allen relevanten Bereichen der Telekommunikation. Wesentliches Ziel ist es, die Benutzer möglichst früh in die Technologie-Entwicklung einzubeziehen.

Um Benutzungs-Probleme möglichst früh schon herauszufinden, sind wir auf Repräsentanten der echten Usergruppe angewiesen, daher führen wir Benutzerstudien durch.

Heute geht es um zukünftige Fahrerinformationssysteme im Auto, „das Navi von 2016“. Dabei spielt einerseits die Vermittlung von sicherheitsbezogenen Verkehrsinformationen, z.B. Unfallmeldungen, eine Rolle und andererseits auch die Art der Darbietung, also ob die Informationen z.B. visuell oder auditiv präsentiert werden. Uns interessiert dabei besonders wie sich diese Dinge auf das Fahrverhalten auswirken und wie die Benutzer die Systeme bewerten.

Ihre Aufgabe ist es, eine vorgesehene Teststrecke zu fahren und den Anweisungen des Testleiters bzw. des Navigationsgerätes zu folgen. Während der Fahrt werden Sie von einem Testleiter und einem Techniker begleitet, die für den reibungslosen Ablauf des Tests sorgen. Um auch die subjektive Einschätzung der Benutzer mit einbeziehen zu können, werden wir Ihnen vor, während und nach der Testung noch ein paar Fragen stellen. Die gesamte Testung wird in etwa zwei bis drei Stunden in Anspruch nehmen.

Mündliche Aufklärung über allfällige Risiken!

Wir testen in dieser Studie neuartige Sicherheits-Funktionen, die weit über das Angebot heutiger Fahrerinformationssysteme hinausgehen, insbesondere die Echtzeit Warnung zu Unfällen und Vorkommnissen die sich unmittelbar vor dem Fahrer abspielen. Dies umfasst insbesondere:

- *Kurzfristig angekündigte und schnell durchzuführende Routenänderungen*
- *Kurzfristig angekündigte und schnell durchzuführende Spurwechsel*
- *Kurzfristig angekündigte und schnell durchzuführender Halt auf dem Pannestreifen. (Das Testfahrzeug ist zum Fahren und Stehenbleiben auf dem Pannestreifen berechtigt.)*

Die geforderten Aktionen (insbesondere der Notfall-Stop) stellen eventuell ungewohnte Anforderungen an das Fahrverhalten dar. Wir ersuchen Sie, den Anweisungen des Systems unter strenger Beachtung der allgemeinen Straßenverkehrsordnung und den folgenden speziellen Richtlinien zur Benützung des Pannestreifens zu folgen:

- *Die Herabminderung der Fahrgeschwindigkeit beim Zufahren zum Halten und Parken und das Beschleunigen des Fahrzeuges nach dem Wegfahren haben auf dem Pannestreifen zu erfolgen. Hierbei darf der fließende Verkehr auf der Autobahn bzw. Schnellstraße nicht gefährdet oder behindert werden. Dem Fließverkehr auf der Autobahn bzw. Schnellstraße ist Vorrang zu geben.*
- *Das Halten und Parken auf dem Pannestreifen ist nur bei ausreichender Sicht (Sichtweite mindestens 100m) gestattet.*
- *Die Hinweise des Informationssystems müssen nicht befolgt werden, wenn sie aus Ihrer Sicht in der jeweiligen Situation nicht sicher erscheinen.*

12.4 Einverständniserklärung

der Versuchsperson zur Teilnahme am

Projekt ROADSAFE

gegenüber

dem Forschungszentrum Telekommunikation,

Wien Donau-City-Straße 1, A-1220 Wien

(im Folgenden kurz FTW genannt).

Titel des Versuchs: Nutzerakzeptanztests von Kooperativen Diensten

Ort des Versuchs: Raum Wien

Projektleiter FTW: _____

Zeitraum des Versuches: _____

Versuchsperson: _____

Adresse der Versuchsperson: _____

Mir ist bekannt, dass das oben genannte Projekt im Projektzeitraum durch den FTW wissenschaftlich begleitet wird, und das Projekt vom Projektleiter (siehe oben) geleitet wird. Die Teststrecke als auch das Testfahrzeug wird von ASFINAG zur Verfügung gestellt.

Ich wurde vom Projektleiter mündlich über die Ziele, den genauen Ablauf, die Methoden der Studie, und über allfällige Risiken aufgeklärt und erkläre hiermit, dass diese Testfahrt freiwillig und auf eigene Gefahr erfolgt.

Ich kann jederzeit und ohne Angabe von Gründen meine bereits gegebene schriftliche Einwilligung zur Teilnahme an dieser Studie widerrufen, ohne dass mir dadurch Nachteile entstehen.

An die Anweisungen des ROADSAFE Teams vertreten durch Mitarbeiter des FTW vor Ort habe ich mich strikt zu halten. Ich wurde darüber aufgeklärt, dass der gestartete Test jederzeit unterbrochen bzw. abgebrochen werden kann.

Ebenso ist mir die Möglichkeit eingeräumt, den gestarteten Versuch jederzeit zu unterbrechen bzw. abzubrechen und meine Teilnahme an der weiteren Durchführung des Versuches zurückzuziehen.

Mit der Vorlage meines gültigen KFZ-Führerscheines bestätige ich die Berechtigung und die Befähigung zum Lenken eines Kraftfahrzeuges. Ich erkläre ausdrücklich, dass ich die geltenden gesetzlichen Bestimmungen insbesondere die der Straßenverkehrsordnung sowie des Kraftfahrzeuggesetzes während des gesamten Testablaufes strikt einhalten werde.

Für jedes von mir verschuldete Zuwiderhandeln gegen die Straßenverkehrsordnung und Kraftfahrzeuggesetz habe ich selbst die Verantwortung zu tragen. Verhängte Strafen seitens der Exekutivbehörden sind von mir zu bezahlen.

Für Sach- und Personenschäden, die ohne mein Verschulden auftreten, kann ich nicht zur Verantwortung gezogen werden.

Bei von mir verschuldeten Sach- und Personenschäden sind diese durch eine Insassenunfallversicherung bzw. eine Haftpflichtversicherung abgedeckt. Für darüber hinaus gehende Schäden werde ich einstehen.

Ich erkläre hiermit, dass ich über alle erhaltenen Informationen und Vorgänge, die mit diesem Projekt zusammenhängen, Stillschweigen gegenüber Dritten bewahre. Das Stillschweigen ist solange aufrecht zu erhalten, bis ich davon entbunden werde.

Ich erkläre mich damit einverstanden, dass meine Daten im Rahmen der geltenden Datenschutzbestimmungen unter Wahrung meiner Anonymität zum Zwecke der Auswertung für die Studie vertraulich verarbeitet werden.

Ich stimme im Sinne der geltenden Datenschutzbestimmungen ausdrücklich zu, dass sämtliche mit dem Projekt zusammenhängende Daten auch mittels EDV verarbeitet werden dürfen.

Ich versichere, dass ich zum Zeitpunkt der Unterzeichnung dieser Einverständniserklärung an keiner mir bekannten Erkrankung leide, die eine Teilnahme an dieser Studie nicht zulassen würde und dass ich zum Zeitpunkt der Testfahrt fahrtüchtig bin.

Auf allgemeine Rechtsfragen findet österreichisches Recht Anwendung, wobei als zuständiges Gericht das sachlich und örtlich zuständige Gericht in Wien als Gerichtsstand vereinbart wurde.

Ort, Datum

Unterschrift

12.5 Abfolge der Sicherheitsempfehlungen

Die folgende Tabelle (Tabelle 13) zeigt den Ablauf der Sicherheitsempfehlungen für die Trainingsstrecke (Spalte 1). Angegeben sind weiters der Erscheinungsort (Spalte 2) und die Anweisungen je Aufgabe (Spalte 3).

Tabelle 13: Detaillierte Abfolge der Sicherheitsempfehlungen der Trainingsstrecke

Szenario	Erscheinungsort	Testleiter Anweisung
Normal	auf Autobahn (Anfang)	Dem Straßenverlauf folgen.
Speed limitation	A22, zwischen AS Kaisermühlen und Knoten Kaisermühlen	Achtung. Langsam fahren (70km/h).
Normal	Im Anschluss	Achtung. Rechts abbiegen. In 200 m.
Route change	300m vor Knoten Kaisermühlen	Achtung: Links abbiegen.
Normal	Im Anschluss	Dem Straßenverlauf folgen.
Lane utilization	Bei Stadlau	Achtung: Andere Spur verwenden!
Normal	Im Anschluss	Dem Straßenverlauf folgen.
Speed limitation	Zwischen Hirschstetten und Gewerbepark Stadlau	Achtung: Langsam fahren (70km/h).
Normal	Im Anschluss	Dem Straßenverlauf folgen.
Lane utilization	Bei IKEA Ausfahrt	Achtung. Andere Spur verwenden.
Normal	Im Anschluss	Dem Straßenverlauf folgen.
Emergency stop	300m vor Notrufsäule zw Hermann Gebauer Str und Ausfahrt Süßenbrunn.	Achtung. Bleiben Sie in 200m auf dem Pannestreifen stehen. G
Normal	Danach	Dem Straßenverlauf folgen.
Route change	300 m vor Ausfahrt Süßenbrunn.	Rechts abbiegen.

Die folgende Tabelle (Tabelle 14) zeigt den Ablauf der Sicherheitsempfehlungen für die Teststrecke (Spalte 2). Angegeben sind weiters der Erscheinungsort (Spalte 3) und die Anweisungen je Aufgabe (Spalte 4).

Tabelle 14: Detaillierte Abfolge der Sicherheitsempfehlungen der Testphase

Phase	Szenario	Erscheinungsort	Text	Message content valid from ...	... to
1	Normal	kurz vor Seyring	Geradeaus fahren.	kurz vor Seyring	Knoten Korneuburg
	Emergency stop	300m vor dem der Notrufsäule zwischen Ausfahrt Gänserndorf und Knoten Eibesbrunn	Achtung. Anhalten auf dem Pannestreifen!	300 m vor Notrufsäule zwischen Ausfahrt Gänserndorf und Knoten Eibesbrunn	Notrufsäule zwischen Ausfahrt Gänserndorf und Knoten Eibesbrunn
	%	%	Wegen Unfall	1km nach Notrufsäule	1 km nach Notrufsäule
	Normal	gleich im Anschluss daran	Geradeaus fahren.	gleich im Anschluss daran	Knoten Korneuburg
	Route change	300 m vor Knoten Eibesbrunn	Achtung. Rechts abbiegen.	300 m vor Knoten Eibesbrunn	Knoten Eibesbrunn
	%	%	Wegen Stau	S1 hinter Knoten Eibesbrunn	S1 hinter Hagendorf
	Normal	nach dem Abbiegen auf A5	Geradeaus fahren.	nach dem Abbiegen auf A5	Schrick (is weiter oben im Norden auf der A5)
	Lane utilization	zwischen Wolkersdorf Süd und Ulrichskirchen	Achtung. Linke Spur verwenden.	300m nach Erscheinen	500 m danach
	%	%	Wegen Straßenarbeiten.	300m nach Erscheinen	500 m danach

	Lane utilization	500 m nach voriger Lane Utilization Meldung	Achtung. Rechte Spur verwenden.	300m nach Erscheinen	500 m danach
	%	%	Wegen Straßenarbeiten.	300m nach Erscheinen	500 m danach
	%	im Anschluss an vorige Meldung	Achtung. Spursperre aufgehoben.	im Anschluss an vorige Meldung	100m danach
	Normal		Geradeaus fahren.		
	Speed limitation	zwischen Wolkersdorf Nord und Wolfpassing	Achtung. Langsam fahren!	ca 300 m nach Erscheinen der Message	ca 1-2 km nach Erscheinen
	%	%	Wegen Wind	%	%
	%	im Anschluss an vorige Meldung	Tempolimit aufgehoben.	im Anschluss an vorige Meldung	100 m danach
Phase 2	Normal	im Anschluss an vorige Meldung	Geradeaus fahren.	im Anschluss an vorige Meldung	Mistelbach (eben weiter oben im Norden auf der A5)
	Emergency stop	300m vor Sonderausfahrt zwischen Wolfpassing und Gaweinstal	Achtung. Anhalten auf dem Pannestreifen!	Sonderausfahrt zwischen Ulrichskirchen und Wolkersdorf Nord:	Sonderausfahrt zwischen Ulrichskirchen und Wolkersdorf Nord: 48.4668816667, 16.556045
	%	%	Wegen Unfall.	500 m hinter der Notrufsäule.	500 m hinter der Notrufsäule.

	Normal	gleich im Anschluss an Notrufsäule	Geradeaus fahren.	gleich im Anschluss an Notrufsäule	Schrick (is weiter oben im Norden auf der A5)
	Route change	300 m vor Gaweinstal	Achtung. Rechts abbiegen	300 m vor Gaweinstal	Gaweinstal
	%	%	Wegen Unfall.	4 km hinter Gaweinstal	4,5 km hinter Gaweinstal
	Normal	nach Wenden bzw. Auffahrt auf Autobahn in Richtung Süden	Geradeaus fahren.	nach Wenden bzw. Auffahrt auf Autobahn in Richtung Süden	Knoten Eibesbrunn
	Speed limitation	zwischen Gaweinstal und Hochleithen	Achtung. Langsam fahren.	300 Meter nach Erscheinen der Message	Hochleithen
	%	%	Wegen Wind	300 Meter nach Erscheinen der Message	Hochleithen
	%	im Anschluss an vorige Meldung	Tempolimit aufgehoben.	im Anschluss an vorige Meldung	100m danach
	Normal	im Anschluss an vorige Meldung	Rechts fahren.	im Anschluss an vorige Meldung	Knoten Korneuburg
	Lane utilization	zwischen Hochleithen und Wolkerdorf Nord	Achtung. Rechte Spur verwenden.	300 m Nach Erscheinen der Meldung	1,5 km nach Erscheinen
	%	%	Wegen Straßenarbeiten.	500 m nach Erscheinender Message	1,5 km nach Erscheinen

	Lane utilization	500 m nach voriger Lane Utilization Meldung	Achtung. Linke Spur verwenden.	300m nach Erscheinen	500 m danach
	%	%	Wegen Straßenarbeiten.	300m nach Erscheinen	500 m danach
	%	im Anschluss an vorige Meldung	Spur-Sperre aufgehoben.	im Anschluss an vorige Meldung	100 m danach
Phase 3	Normal	im Anschluss an vorige Meldung	Geradeaus fahren.	im Anschluss an vorige Meldung	Knoten Eibesbrunn
	Speed limitation	zwischen Ulrichskirchen und Wolkersdorf Süd	Achtung. Langsam fahren! 80 km/h???	300 m nach Anzeige	nach 1 km
	%	zwischen Ulrichskirchen und Wolkersdorf Süd	Wegen Wind	300 m nach Anzeige	nach 1 km
	Normal	im Anschluss an vorige Meldung	Rechts abbiegen.	im Anschluss an vorige Meldung	Ausfahrt Stockerau
	Route change	300 m vor Knoten Eibesbrunn	Achtung. Geradeaus fahren.	300 m vor Knoten Eibesbrunn	Knoten Kaisermühlen
	%	%	Wegen Stau.	S1 Hagendorf	S1 Korneuburg Nord
	Lane utilization	zwischen Eibesbrunn und Seyring	Achtung. Linke Spur verwenden.	300 m Nach Erscheinen der Meldung	1,5 km nach Erscheinen

	%	%	Wegen Straßenarbeiten.	400 m nach Erscheinen der Meldung	1,5 km nach Erscheinen
	Lane utilization	500 m nach voriger Lane Utilization Meldung	Achtung. Rechte Spur verwenden.	300m nach Erscheinen	500 m danach
	%	%	Wegen Straßenarbeiten.	300m nach Erscheinen	500 m danach
	%	im Anschluss an vorige Meldung	Spur-Sperre aufgehoben.	im Anschluss an vorige Meldung	100 m danach
	Normal	im Anschluss an vorige Meldung	Geradeaus fahren.	im Anschluss an vorige Meldung	
	Emergency stop	300m vor Notrufsäule zwischen Süssenbrunn und Angerner Bundesstrasse	Achtung. Anhalten auf dem Pannestreifen!	Notrufsäule zwischen Süssenbrunn und Angerner Bundesstraße	Notrufsäule zwischen Süssenbrunn und Angerner Bundesstraße
	%	%	Wegen Geisterfahrer.	1km nach Notrufsäule	1km nach Notrufsäule
	Normal	im Anschluss an vorige Meldung	Geradeaus fahren.		bis da wo eh der 80er gilt ...

Die folgende Tabelle (Tabelle 15) zeigt den Ablauf der Sicherheitsempfehlungen für die Vergleichsstrecke (Spalte 2). Angegeben sind weiters der Erscheinungsort (Spalte 3) und die Anweisungen je Aufgabe (Spalte 4).

Tabelle 15: Detaillierte Sicherheitsempfehlungenabfolge der Vergleichsphase

Vergleichsphase	normal	Bei Ausfahrt Hermann Gebauer Straße	Rechts fahren.	Im Anschluss an vorige Meldung	Bis Ausfahrt Hermann Gebauer Straße (Route muss nicht eingezeichnet werden)
	Route change	300 m vor IKEA Ausfahrt	Achtung. Geradeaus fahren.	300 m vor Ausfahrt Hermann Gebauer Straße	Bis Knoten Kaisermühlen
	%	%	Wegen Unfall.	Auf Ausfahrt Hermann Gebauer Straße	Auf Ausfahrt Hermann Gebauer Straße
	normal	Im Anschluss	Geradeaus fahren.	Ausfahrt Hermann Gebauer Straße	Bis Knoten Kaisermühlen
	Lane utilization	Bei Ausfahrt Hirschstetten	Achtung. Linke Spur verwenden.	300 m Nach Erscheinen der Meldung	1,5 km nach Erscheinen
	%	%	Wegen Straßenarbeiten.	400 m nach Erscheinen der Meldung	1,5 km nach Erscheinen
	Lane utilization	Zwischen Ausfahrt Hirschstetten und Stadlau (500 m nach voriger Lane Utilization Meldung)	Achtung. Rechte Spur verwenden.	300m nach Erscheinen	500 m danach
	%	%	Wegen Straßenarbeiten.	300m nach Erscheinen	500 m danach
	%		Spur-Sperre aufgehoben.	im Anschluss an vorige Meldung	100 m danach

	normal	Zwischen Ausfahrt Hirschstetten und Stadlau (im Anschluss an vorige Meldung)	Geradeaus fahren.	im Anschluss an vorige Meldung	
	Route change	Bei Knoten Kaisermühlen, wo von der A22 abgefahren wird in Richtung Prag.	Achtung. Rechts fahren.	300 m vor Knoten Kaisermühlen.	Bis zB A22 Korneuburg oder Reichbrücke
	%	%	Wegen Unfall.	Wenn man auf A23 weitergefahren wäre, also A23 hinter Knoten Kaisermühlen	Wenn man auf A23 weitergefahren wäre, also A23 hinter Knoten Kaisermühlen
	normal	In Knoten Kaisermühlen, rechts Richtung Prag fahren soll (links wäre nach Lobau).	Rechts fahren	In Knoten Kaisermühlen	Bis zB A22 Korneuburg oder Reichbrücke
	Lane utilization	Auf A22 bei Ausfahrt Kaisermühlen	Achtung. Linke Spur verwenden.	300 m Nach Erscheinen der Meldung	1,5 km nach Erscheinen
	%	%	Wegen Straßenarbeiten.	400 m nach Erscheinen der Meldung	1,5 km nach Erscheinen
	Lane utilization	500 m nach voriger Lane Utilization Meldung	Achtung. Rechte Spur verwenden.	300m nach Erscheinen	500 m danach
	%	%	Wegen Straßenarbeiten.	300m nach Erscheinen	500 m danach

12.6 Fragebögen

12.6.1 Interview vor der Testung

1. Ich bin ...
 - a. weiblich
 - b. männlich
2. Alter in Jahren?
3. Wie regelmäßig fahren Sie auf Autobahnen?
 - a. täglich oder beinahe täglich
 - b. ein d mehrmals pro Woche
 - c. nur an Wochenenden und freien Tagen
 - d. selten
 - e. nie
 - f. weiß ich nicht
4. Wie viele Kilometer fahren Sie (selbst als Fahrer) auf Autobahnen pro Jahr?
 - a. bis zu 2.500 km
 - b. bis zu 5.000 km
 - c. bis zu 15.000 km
 - d. bis zu 25.000 km
 - e. mehr als 25.000 km
 - f. weiß ich nicht
5. Ich nehme an der Testfahrt heute teil, weil...
 - a. es interessant ist
 - b. b)es Spaß macht
 - c. ich dafür bezahlt werde
 - d. es Teil meiner Arbeit ist
 - e. Anderes: _____
6. Benutzen Sie ein Navigationssystem im Auto?

- a. Ja
- b. Nein
- c. manchmal
- d. weiß ich nicht

7. Welche Marke und wie alt?

8. Wie verwenden Sie Ihr Navi?

- a. Nur Audio
- b. Audio und visuell
- c. nur visuell

9. Wie lässt sich die Art der Visualisierung charakterisieren, die Sie in ihrem System verwenden?

- a. 2D Karte Vogelperspektive (45%)
- b. Schematische Darstellungen aus der egozentrischen Perspektive von typischen Autobahnabfahrten, etc
- c. Karte mit 3D Objekten
- d. „Erweiterte Realität“

12.6.2 Interview nach der Testfahrt

12.6.2.1 Post Main:

1. Wie hilfreich schätzen Sie das System während... (Skala 1-7, + Begründung)

- a) der normalen Routenanweisung ein?
- b) der Anweisung zum Spurwechsel aufgrund der Verkehrssereignisse ein?
- c) der Anweisung zum Notstopp ein?
- d) der Geschwindigkeitsreduzierung ein?

2. Hat Sie die die Art der Informationsdarbietung dabei unterstützt, schnell eine Übereinstimmung zwischen den Angaben des Navigationsgerätes und der Straßensituation zu finden? (Skala 1-7)

3. Hat Sie die Art der Darstellung daran gehindert, die für die Fahraufgabe relevanten Details in der notwendigen Zeitspanne zu erkennen? Werten + Begründen

4. Hat Sie das Gerät von der Fahraufgabe abgelenkt? (Skala 1-7)
5. Was hat nicht funktioniert (negative Erfahrung)?
6. Was hat gut funktioniert (positive Erfahrung)?
7. Was könnte verbessert werden?
8. Gibt es überflüssige Funktionen/Eigenschaften?
9. Gibt es fehlende Funktionen/Eigenschaften?
10. Inwieweit hat das graphische und akustische Design Ihren Erwartungen entsprochen / nicht entsprochen?
11. Wurde zu viel Information während der Fahrt präsentiert?
12. Ich fand... (Skala 1-7)
 - a)...das System nützlich während der Fahrt
 - b)...dass das System meine Fahrsicherheit erhöht
 - c)...den Umgang mit dem System klar und verständlich
 - d)...es einfach das System zu verstehen
 - e)...die Nutzung des Systems einfach
 - f)...die Zeichen am Bildschirm gut verständlich
 - g)...die Zeichen am Bildschirm leicht lesbar
 - i)...dass das Fahren mit dem System Spaß macht
- 13 ...Wenn kommerziell verfügbar, habe ich vor das System zu nutzen (Skala 1-7)

Ich fand das System...

- ...spontan
- ...phantasievoll
- ...flexibel
- ...kreativ
- ...verspielt
- ...originell
- ...einfallsreich

12.6.2.2 Fragen zu Vergleichender Bewertung der Darstellungen

		Darbietungsart		
		Nur Sprache	Visuell (konventionell)	Visuell (realistische Darstellung)
Sicherheitsmeldung	Normale Routenanweisung	Dem Straßenverlauf folgen		
	Geschwindigkeitsbegrenzung	Achtung! Langsam fahren!		
	Spurverwendung	Achtung! Rechte Spur verwenden!		
	Unerwartete Routenänderung	Achtung! Rechts abfahren!		
	Notstop	Achtung! Anhalten auf dem Pannestreifen!		

- 1) Bitte erstellen Sie eine Rangreihung, welche der im Test erlebten Darstellungsvarianten Sie am besten unterstützt hat! Bitte nehmen Sie diese Reihung für jedes der vier Anwendungsszenarien vor (Unerwartete Routenänderung, Geschwindigkeitsbegrenzung, Spurverwendung, Notstopp)! Begründen Sie Ihre Rangreihung!
- 2) Bitte geben Sie in jeder der visuellen Darbietungen an, wie sehr Sie folgende Komponenten unterstützt haben (von 1 bis 7):
 - a) Die Darstellung der Außenwelt links (Karte oder realistische Darstellung)
 - b) Die Informationsboxen auf der rechten Seite (Textfeld)
 - c) Die Audioinformationen

Sie können die Zahlenwerte direkt auf dem Ausdruck der Screenshots vermerken!

Schlussbemerkungen:

Gibt es Ihrerseits noch Anmerkungen zu dem Test?

12.7 Curriculum Vitae

Marion Hagen

geboren am 10.09.1984 in Lustenau (Vorarlberg)

Heiligenstädter Straße 127a/7/2, 1190 Wien

a0507302@unet.univie.ac.at

Ausbildung

März 2010	Beginn des Psychotherapeutischen Propädeutikums
April 2008	Abschluss erster Studienabschnitt
2006 SS	Beginn des Psychologiestudiums (Schwerpunkt: Klinische- und Gesundheitspsychologie)
2005 WS	Inskription Universität Wien (Jus, Molekulare Biologie, Pädagogik)
2000-2005	Höhere Lehranstalt für wirtschaftliche Berufe Feldkirch, Ausbildungsschwerpunkt Medieninformatik
1995-2000	Bundesgymnasium Feldkirch
1991-1995	Volksschule Nofels

Praktika

September- November 2010	Praktikum am Forschungszentrum Telekommunikation Wien (FTW)
Juli 2010	vierwöchiges Praktikum am Landeskrankenhaus Rankweil (Psychiatrie)
Juli-August 2008	achtwöchiges Pflichtpraktikum am Krankenhaus Maria Ebene (Therapieeinrichtung für Alkoholranke in Feldkirch)