

FORSCHUNGSVEREINIGUNG AUTOMOBILTECHNIK EV

FAT

ISSN 0933-050 X

SCHRIFTEN REIHE NR. 184

**Kompetenzerwerb für
Fahrerinformations-
systeme**

Kompetenzerwerb für Fahrerinformationssysteme

Einfluss des Lernprozesse auf die Interaktion mit Fahrerassistenzsystemen

Auftraggeber:

Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. (FAT)
Bundesanstalt für Straßenwesen e.V. (BASt)

Auftragnehmer:

Interdisziplinäres Zentrum für Verkehrswissenschaften,
Universität Würzburg , IZVW,
Prof. Dr. Hans-Peter Krüger

Verfasser:

Dipl. Psych. Ingo Totzke
Dipl. Psych. Michael Hofmann
Dipl. Psych. Tobias Meilinger
Dipl. Psych. Nadja Rauch
Dipl. Psych. Gerrit Schmidt

Postanschrift:
Postfach 17 05 63 - 60079 Frankfurt/M.
Telefon (069) 9 75 07 - 0
Internet: <http://www.vda.de>

Berthold Druck und Direktwerbung GmbH
Bettinastraße 77
63067 Offenbach M.

**Vervielfältigungen, auch auszugsweise, nur
mit ausdrücklicher Genehmigung der FAT.**

Vorwort

Mit der zunehmenden Nutzung von Telematik- und Informationssystemen im Kraftfahrzeug hat sich in den vergangenen Jahren die Ablenkungswirkung der Nutzung dieser Systeme und damit die Frage nach der Verkehrssicherheit in den Vordergrund der Diskussion geschoben. Dabei hat sich gezeigt, daß gerade die erste Phase im Kontakt mit einem neuen System die zu den besonders ablenkungsintensiven gehört. Dies kann zum Problem werden, wenn diese Phase nicht im Stillstand, sondern während der Fahrt stattfindet.

Nachdem im vorgehenden Projekt des AK 2 - Der Mensch als Fahrzeugführer eine Methode zur Messung der Ablenkungswirkung erarbeitet wurde, behandelt dieser Bericht nun den „Einfluss des Lernprozesses auf die Interaktion mit Fahrerinformationssystemen“. Ziel des Projektes war, den Entwicklern in der Automobilindustrie und bei den Zulieferern Gestaltungsrichtlinien und Methoden zur Verbesserung der Erlernbarkeit neuer Fahrerinformationssysteme an die Hand zu geben und den Einfluss auf die Fahrsicherheit abzuschätzen.

Bevor dies möglich war, mussten zunächst Methoden entwickelt werden, um den Lernzustand und -bedarf zu bestimmen und um lernfördernde und lernhemmende Systemmerkmale zu identifizieren.

Die gewünschten Gestaltungsempfehlungen sowie ein Methodeninventar liegen nun vor und können in die Entwicklung von Fahrerinformationssystemen einfließen. Der abschliessende Fahrsimulatorversuch konnte ebenfalls den Einfluss von Menügestaltung, verwendeten Bedienelementen, aber auch von Persönlichkeitsmerkmalen auf die Fahrperformance während der Nutzung von Fahrerinformationssystemen innerhalb der Lernphase aufzeigen.

Das Projekt wurde gemeinschaftlich mit der Bundestalt für Straßenwesen (BASt) finanziert und betreut. Die Mitglieder des projektbegleitenden FAT-Arbeitskreises sind im Anhang namentlich genannt.

Die Ergebnisse wurden bereits am 02. Juli 2003 im Rahmen des Symposiums: „Erlernbarkeit von Bedienkonzepten im Automobil“ bei der Bundesanstalt für Straßenwesen in Bergisch-Gladbach mit hohem Interesse diskutiert und sehr positiv eingestuft.

Frankfurt am Main, im Mai 2004

Forschungsvereinigung Automobiltechnik e. V. (FAT)

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	6
1.1	Aufgabenstellung und Zielsetzung des Projekts	6
1.2	Eigenschaften des zu untersuchenden Systems	8
1.3	Übersicht über Teilstudien	9
2	LITERATURÜBERSICHT	10
2.1	Einleitung	10
2.2	Erlernbarkeit als Ansatz zur HMI-Gestaltung	10
2.3	Lernen und Gedächtnis, Kompetenz und Kompetenzerwerb	11
2.3.1	Lernen und Gedächtnis	12
2.3.2	Kompetenz und Kompetenzerwerb	13
2.4	Kennzeichen des Kompetenzerwerbs	14
2.4.1	Das „Potenzgesetz der Übung“	14
2.4.2	Speed-Accuracy-Trade-Off (SATO)	15
2.4.3	Das Phasenmodell des Kompetenzerwerbs und Automatisierung	16
2.4.4	Das Modell der Handlungsebenen und Handlungsfehler	17
2.4.5	Kompetenzerwerb und Handlungsfehler nach Reason (1994)	18
2.4.6	Kompetenzerwerb unter „Dual Task“-Bedingungen	19
2.4.7	Merkmale von gelernten Fähigkeiten	20
2.5	Kompetenzerwerb und Mentale Repräsentationen	21
2.5.1	Semantische Repräsentation	22
2.5.2	Räumliche Repräsentation	23
2.5.3	Motorische Repräsentation	23
2.6	Kompetenzerwerb und Lernermerkmale	24
2.7	Kompetenzerwerb für Menüsysteme als Forschungsgegenstand	27
2.8	Zusammenfassung	28
3	EXPERTENGESPRÄCHE IN UNTERFRANKEN	30
3.1	Zielsetzung	30
3.2	Vorgehen	30
3.2.1	Kontaktaufnahme	30
3.2.2	Ablauf und Inhalt	30
3.2.3	Beschreibung der Stichprobe	31

3.3	Ergebnisse	33
3.3.1	Eigene Erfahrungen der Befragten	33
3.3.2	Fortbildung der Kundenberater und Vorgehen beim Erstkontakt des Kunden	34
3.3.3	Erfahrungen im Kundenkontakt mit dem System: Erstkontakt	35
3.3.4	Langzeiterfahrungen des Kunden mit dem System	38
3.3.5	Lernrelevante Verbesserungsvorschläge für das System	39
3.3.6	Bedienungsanleitung	40
3.3.7	Qualität der Systembedienung durch den Kundenberater	41
3.4	Zusammenfassung und Schlussfolgerung	41
4	RAHMENKONZEPT UND VORGEHEN DES PROJEKTS	43
4.1	Rahmenkonzept des Projekts	43
4.1.1	Unterscheidung zwischen Aufbau, Verstärkung und Abbau des Nutzerwissens	43
4.1.2	Mehrfachkodierung von Wissen	44
4.1.3	Interaktion mit Nutzermerkmalen	45
4.2	Empirische Studien: Übersicht	45
5	ABBILDUNG DES KOMPETENZERWERBS	47
5.1	Methodisches Vorgehen	47
5.1.1	Beschreibung des Menüsystems	47
5.1.2	Versuchsdurchführung	48
5.1.3	Nutzermerkmale	49
5.2	Ergebnisse	49
5.2.1	Bediengeschwindigkeit, Bediengüte und Speed-Accuracy-Trade-Off	49
5.2.2	Analyse von Handlungsfehlern	51
5.2.3	Beurteilung des Kompetenzerwerbs	53
5.2.4	Kompetenzerwerb und Auswirkung von Nutzermerkmalen	54
5.3	Zusammenfassung und Diskussion	55
6	KOMPETENZERWERB ALS MULTIKODIERTER PROZESS	57
6.1	Einleitung	57
6.2	Studie „Raumschiff-System I“	58
6.2.1	Methodisches Vorgehen	58
6.2.2	Ergebnisse	59
6.2.3	Zusammenfassung	64
6.3	Studie „System sinnloser Silben“	64
6.3.1	Methodisches Vorgehen	64
6.3.2	Ergebnisse	67
6.3.3	Zusammenfassung	69

6.4	Studie „Raumschiff-System II“	70
6.4.1	Methodisches Vorgehen	70
6.4.2	Ergebnisse	72
6.4.3	Zusammenfassung	75
6.5	Studie „Bedienmodell“	75
6.5.1	Methodisches Vorgehen	76
6.5.2	Ergebnisse	78
6.5.3	Zusammenfassung	83
6.6	Studie „Menüstruktur“	83
6.6.1	Einleitung	83
6.6.2	Methodisches Vorgehen	84
6.6.3	Ergebnisse	85
6.6.4	Zusammenfassung	92
6.7	Zusammenfassung und Diskussion	93
7	KOMPETENZERWERB UND FAHR SICHERHEIT	94
7.1	Einleitung	94
7.2	Studie „Menüstruktur“	95
7.2.1	Methodisches Vorgehen	95
7.2.2	Ergebnisse	99
7.2.3	Zusammenfassung	104
7.3	Studie „Bedienmodell“	105
7.3.1	Methodisches Vorgehen	105
7.3.2	Ergebnisse	107
7.3.3	Zusammenfassung	116
7.4	Auswirkung von Alter und Vorwissen	117
7.4.1	Einleitung	117
7.4.2	Methodisches Vorgehen	120
7.4.3	Ergebnisse	124
7.4.4	Zusammenfassung	137
7.5	Zusammenfassung und Diskussion	139
8	KOMPETENZERWERB UND WERKZEUGE	141
8.1	Einleitung	141
8.2	Sammlung von Methoden: Tool-Set	141
8.3	Problemkreise in der Verwendung von Werkzeugen	143
8.3.1	Subjektive Daten vs. Menübedienung	144
8.3.2	Werkzeug vs. Menübedienung	144
8.3.3	„Single Task“-Bedingung vs. „Dual Task“-Bedingung	145

9	ZUSAMMENFASSUNG UND DISKUSSION	146
9.1	Aufgabenstellung und Zielsetzung	146
9.2	Abbildung des Kompetenzerwerbs	146
9.3	Kompetenzerwerb als multikodierter Prozess	147
9.4	Bedeutung von Systemmerkmalen	148
9.5	Kompetenzerwerb und Fahrsicherheit	149
9.6	Bedeutung von Nutzermerkmalen	150
9.7	Methoden zur Überprüfung des Lernaufwands und Lernerfolgs	150
9.8	Lernaufwand und Lernziel im Umgang mit menügesteuerten Informationssystemen	151
10	GESTALTUNGSHINWEISE FÜR GESTALTUNG VON INFORMATIONSSYSTEMEN IM FAHRZEUG.....	152
10.1	Problembereich „Verhalten des Systemnutzers“	152
10.2	Problembereich „Repräsentationen des Systemnutzers“	152
10.3	Problembereich „Prozess der Systemkonstruktion“	154
10.3.1	Identifikation, Sammlung und Auswahl zu integrierender Menüfunktionen	154
10.3.2	Empirische Pilotphase und Rekonfiguration des Informationssystems	154
10.4	Problembereich „Prozess der Systemevaluation“	155
11	LITERATURVERZEICHNIS	157
12	ANHANG	166
12.1	Unveröffentlichte Projektberichte	166
12.1.1	Zwischenberichte	166
12.1.2	Halbjahresberichte	166
12.2	Veröffentlichungen	166
12.2.1	Teilnahme an Konferenzen	166
12.2.2	Journals, Bücher, Berichte	167
12.2.3	Geplante Veröffentlichungen	168
13	PROJEKTBEGLEITENDER AUSSCHUSS FAT-AK 2 DER MENSCH ALS FAHRZEUGFÜHRER	169

1 EINLEITUNG

1.1 Aufgabenstellung und Zielsetzung des Projekts

Einhergehend mit der technischen Weiterentwicklung von verschiedenen Geräten (z.B. Mobiltelefon, GPS-Geräten) kommt es im Fahrzeug zu einer Integration verschiedenartiger technischer Systeme. Beispielhaft zu nennen sind Funktionen wie Bordcomputer, Internet, E-Mail, SMS bis hin zu Funktionen des sog. Mobilten Büros, die im Rahmen von Informationssystemen in ein Fahrzeug integriert werden. Aus dem Umgang mit solchen Informationssystemen parallel zur Fahrzeugführung resultiert jedoch eine zum Teil erhebliche Ablenkungswirkung für den Fahrer, wodurch Einbußen in der Güte der Fahrzeugführung bedingt werden: Zunächst ergeben sich direkte Einbußen in der Güte der Fahrzeugführung durch den parallelen Umgang mit einem Informationssystem. Ferner können insbesondere bei nicht-optimal gestalteten Informationssystemen unnötig lange Aufmerksamkeitsabwendungen von der Fahrzeugführung die Folge sein, wodurch zusätzliche sicherheitskritische Konsequenzen auftreten können. Daher kommt der optimalen Gestaltung von Informationssystemen im Fahrzeug eine entscheidende Bedeutung zu.

Diesbezüglich relevante Ansatzpunkte liefern ergonomische Kriterien, die z.B. in Form von Gestaltungsgrundsätzen für Bildschirmarbeitsplätze in ISO-Normen formuliert werden. Die Norm EN ISO 9241 (Teil 10, 1996) definiert als einen der Gestaltungsgrundsätze beispielsweise die Erlernbarkeit bzw. Lernförderlichkeit der Systemgestaltung. Solche Regelwerke liegen für Mensch-Maschine-Interaktionen im Fahrzeug noch nicht vor, sind jedoch gegebenenfalls auf diesen Bediennkontext generalisierbar. Ähnlich fehlen entsprechende Methodeninventare zur Überprüfung dieses Konzepts. MMI-Prüflisten (z.B. Nirschl & Blum, 2000) bzw. Evaluations- oder Bewertungssysteme (z.B. „NICE“, Färber & Müller, 2000; „BASE“, Holte, 2000) enthalten den Begriff der Erlernbarkeit von Informationssystemen oder des Kompetenzerwerbs für ein solches System noch nicht. In seine Nähe kommen noch am ehesten Begriffe wie „Selbsterklärungsfähigkeit“ (Färber & Müller, 2000) und Konzepte wie „Systemverständnis“ oder „Systemvertrauen“, wobei stets das Ergebnis des Lernens gemeint ist. Erlernbarkeit bzw. Kompetenzerwerb von Informationssystemen thematisiert dagegen einen Prozess und führt deshalb als Leitvariable den Faktor „Zeit“ ein. Bezogen auf den vorliegenden Kontext trägt das Konzept der Tatsache Rechnung, dass Lernphasen in einer sicherheitskritischen Umgebung wie dem Straßenverkehr ein eigenes Risikopotential darstellen, das minimiert werden muss. Daher sind Informationssysteme optimal hinsichtlich der Erlernbarkeit bzw. des Kompetenzerwerbs zu gestalten. Wenn dies nicht möglich ist, sind gegebenenfalls Instruktiionsprozeduren zu entwerfen, die die Erlernbarkeit bestmöglich fördern.

Im Rahmen des vorliegenden Projekts beschäftigte sich das Interdisziplinäre Zentrum für Verkehrswissenschaften (IZVW) an der Universität Würzburg im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) und Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. (FAT) mit dem Thema des „Kompetenzerwerbs für Informationssysteme“. Im Zentrum des Interesses stand die Frage, auf welche Art und Weise Nutzer, die bislang noch keine Erfahrung mit einem Informationssystem in einem Fahrzeug haben, Kompetenzen für den Umgang mit einem sol-

chen System erwerben. Ebenso ist es von Bedeutung, welche Anforderungen an den Nutzer gestellt werden, wenn er bereits mit einem Informationssystem umgegangen ist und nun den Umgang mit einem neuen System erlernen muss.

Aufgabenstellung dieses Projekts war eine Prozessdarstellung des Lernverlaufs im Hinblick auf die Interaktion mit menügesteuerten Informationssystemen im Fahrzeug und seiner Bedingungen. Hierzu zählen die Darstellung des Verlaufs des Fertigkeitserwerbs, der Bedeutung von förderlichen und hinderlichen Bedingungen des Erwerbs sowie die Kompatibilität des Fertigkeitserwerbs mit der Fahraufgabe. Aus diesen Analysen, die an experimentellen menügesteuerten Informationssystemen durchgeführt wurden, ergeben sich Methoden der Überprüfung des Lernaufwands und Lernerfolgs, aus denen sich wiederum Empfehlungen zur optimalen Instruktion und Gestaltung des Lernprozesses bzw. zur Ausgestaltung von Informationssystemen unter dem Aspekt der Erlernbarkeit ableiten lassen.

Als **Aufgabenstellung dieses Projekts** ergaben sich somit folgende Aspekte:

- (1) Formulierung der Lernziele für Informationssysteme
- (2) Darstellung des Lernprozesses
 - Verlauf des Fertigkeitserwerbs
 - Energetische Kosten des Fertigkeitserwerbs
 - Förderliche und hinderliche Bedingungen des Erwerbs
 - Kompatibilität des Fertigkeitserwerbs mit der Fahraufgabe
 - Sicherheitsanalyse des Fertigkeitserwerbs
- (3) Entwicklung von Methoden
 - Zur Analyse des notwendigen Lernaufwands bei Systemen
 - Zur Feststellung des aktuellen Lernzustands

Hieraus resultierten zwei **Zielrichtungen des Projekts**:

- (1) Optimierung der Systemgestaltung unter dem Gesichtspunkt der Erlernbarkeit in Abhängigkeit von Nutzermerkmalen
- (2) Identifikation von Sicherheitsrisiken beim Lernprozess in Abhängigkeit von Systemeigenschaften und Nutzermerkmalen

Dieses Projekt thematisiert somit die Möglichkeiten, bereits während der Systemgestaltung die Erlernbarkeit von menügesteuerten Informationssystemen zu berücksichtigen und Kriterien zu entwickeln, die den Lernaufwand des Benutzers vorhersagen. Wesentliches Ziel ist also die Vorverlagerung der Lernproblematik in den Entwicklungsprozess, indem Kriterien zur Abschätzung des zu erwartenden Lernaufwands einer Systemlösung entwickelt werden.

Für die Untersuchung und insbesondere für die Optimierung der Informationssysteme im Fahrzeug sind weitere Anforderungen zu formulieren. Im Rahmen dieses Projekts durchgeführte Befragungen bei Autohäusern in Unterfranken zeigen, dass Gebrauchsanleitungen nur selten gelesen werden und dass das Erlernen trotz entsprechender Warnungen regelhaft wäh-

rend des Fahrens geschieht. Daraus muss als Maximalforderung an das Erlernen von Informationssystemen gestellt werden:

- (1) Das Erlernen hat, wenn möglich, ohne explizite Einführung über Wissensselemente stattzufinden, sondern muss sich selbst organisieren.
- (2) Das Erlernen muss auch während der normalen Fahrtätigkeit ohne Einschränkung der Sicherheit möglich sein.

1.2 Eigenschaften des zu untersuchenden Systems

In diesem Projekt soll kein spezifisches, marktübliches Informationssystem (z.B. Navigationssystem, Bordcomputersystem) betrachtet werden, sondern vielmehr eine Variante, die weitgehend losgelöst von spezifischen, bereits marktüblichen Systemen konfiguriert und untersucht werden kann. Dieses System soll eingehende Informationen, die dem Fahrer weitergemeldet werden, Informationen, die vom Fahrer geschickt werden, sowie eine Kombination verschiedener Informationen enthalten. Hierzu gehören beispielsweise (zukünftige) Meta-Systeme, die eine Steuerung mehrerer anderer Funktionen erlauben, wobei dies regelhaft während des Fahrens geschieht. Gedacht ist an eine Mehrebenen-Menüsteuerung, wie schematisch in Abbildung 1-1 veranschaulicht. Jedes der Unter-Menüs hat wiederum einige Teil-Menüs zur weiteren Spezifizierung der Funktionen. Entsprechende Strukturen werden in absehbarer Zeit in vielen Zusammenhängen eingesetzt werden. Das zu untersuchende Informationssystem wird mittels eines einfachen Bedienelements (z.B. Joystick mit zusätzlicher Return- und Löscht-Funktion) gesteuert. Eine gezielte Evaluation verschiedener Bedienkonzepte ist nicht Teil dieses Forschungsvorhabens.

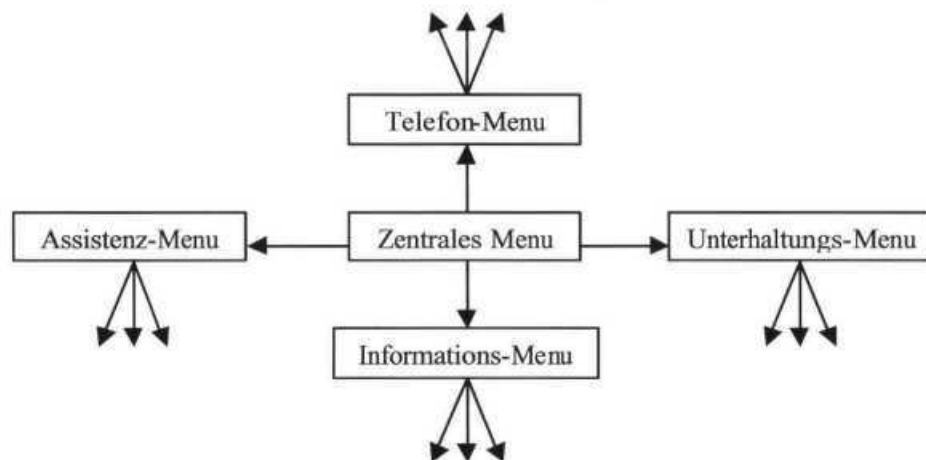


Abbildung 1-1: Schematische Darstellung eines prototypischen menügesteuerten Informationssystems im Fahrzeug.

Wird im Folgenden von „Informationssystemen“ gesprochen, sind demzufolge ausschließlich menügesteuerte Informationssysteme angesprochen, in denen sich Systemnutzer mittels eines Bedienelements innerhalb einer Menüstruktur bewegen. Daher werden diese Systeme im Rahmen dieses Berichts teilweise verkürzt als „Menüsysteme“ bezeichnet. Hierdurch soll auch die Nähe zu nicht-fahrkontextbezogenen Forschungs- bzw. Anwendungsbereichen deutlich gemacht werden. Informationssysteme, die zusätzlich oder ausschließlich mittels einer Sprachbedienung gesteuert werden, sind nicht Bestandteil dieser Beauftragung.

1.3 Übersicht über Teilstudien

Das Projekt „Kompetenzerwerb für Informationssysteme“ verfolgt, wie unter Kap. 1.1 dargestellt, zwei Zielrichtungen: Die Optimierung der Systemgestaltung unter dem Gesichtspunkt der Erlernbarkeit in Abhängigkeit von Nutzermerkmalen sowie der Identifikation von Sicherheitsrisiken beim Lernprozess in Abhängigkeit von Systemeigenschaften und Nutzermerkmalen.

Hieraus resultiert folgender Arbeitsplan:

- (1) Da zwischenzeitlich eine ganze Reihe von Anwendungsbeobachtungen für Informationssysteme sowie eine Vielzahl relevanter psychologischer Theorien und deren Befunde existieren, sind diese in einer Literaturübersicht zu sichten und zu analysieren.
- (2) Auf Basis dieser Literaturstudie wird ein Rahmenkonzept dieses Projekts formuliert.
- (3) Parallel werden in einer Definitionsphase die zu untersuchenden menügesteuerten Informationssysteme konfiguriert, die wesentliche Elemente bestehender Lösungen enthalten. Diese Systeme sollen so aufgebaut werden, dass sie unter methodischen Gesichtspunkten für die Untersuchungen des Kompetenzerwerbs bestmöglich geeignet sind.
- (4) Im Rahmen verschiedener experimenteller Studien wird versucht, den Kompetenzerwerb für Informationssysteme abzubilden. Die prototypischen Informationssysteme werden so konstruiert, dass lernrelevante Faktoren manipulierbar sind. Die Versuche sollen sowohl unter „Single Task“-Bedingungen (d.h. im stehenden Fahrzeug) als auch unter „Dual Task“-Bedingungen (d.h. während der Fahrt) realisiert werden.
- (5) Parallel werden Werkzeuge zur Vorhersage des Lernaufwands und zur Abbildung des Kompetenzerwerbs konstruiert und eingesetzt. Nach einer empirischen Überprüfung der entsprechenden Verfahren wird ein sog. Tool-Set erstellt, in dem die Werkzeuge dargestellt und hinsichtlich ihrer Verwendbarkeit bewertet werden.
- (6) Abschließend werden anhand der vorliegenden Befunde Empfehlungen für die optimale Gestaltung von Informationssystemen im Fahrzeug unter dem Aspekt der Erlernbarkeit bzw. des Kompetenzerwerbs formuliert.

2 LITERATURÜBERSICHT

2.1 Einleitung

Die Bearbeitung der Forschungsfrage des „Kompetenzerwerbs für Fahrerinformationssysteme“ kann nicht losgelöst von vorliegenden psychologischen empirischen Befunden, Modellen und Theorien betrachtet werden. Ebenso liegen mittlerweile zahlreiche Anwendungsbeobachtungen für menügesteuerte Informationssysteme unter Berücksichtigung von „Human Factors“ vor, die zum Teil aus o.g. psychologischen Absätzen abgeleitet werden. Daher soll im Folgenden auf zentrale bestehende psychologische bzw. Human-Factors-orientierte Ansätze und deren empirische Überprüfung eingegangen werden.

Hierzu wird unter Kap. 2.2 zunächst die Erlernbarkeit unter der Zielsetzung einer Gestaltung von Human-Machine-Interfaces betrachtet, um im anschließenden Kap. 2.3 die diesbezüglichen zentralen psychologischen Konstrukte darzustellen. In Kap. 2.4 wird auf Kennzeichen des Kompetenzerwerbs und im folgenden Kap. 2.5 auf die Bedeutung von mentalen Repräsentationen für den Kompetenzerwerb eingegangen. Die Abhängigkeit des Kompetenzerwerbs von Merkmalen der lernenden Person wird in Kap. 2.6 thematisiert. Während die genannten Kapitel zwar (sofern vorhanden) auf bereits vorliegende empirische Befunde zum Kompetenzerwerb für Menüsysteme eingehen, wird in Kap. 2.7 abschließend die momentane Forschungssituation bezüglich der empirischen Überprüfung bzw. theoretischen Modellierung von menügesteuerten Informationssystemen skizziert. In Kap. 2.8 werden die zentralen Aussagen dieser Literaturanalyse dahingehend zusammengefasst, welche Arbeitshypothesen als Grundlage dieses Forschungsvorhabens formuliert werden können.

2.2 Erlernbarkeit als Ansatz zur HMI-Gestaltung

Wie zahlreiche Studien zeigen, ist insbesondere bei visuellen Human-Machine-Interfaces (HMI) im Fahrzeug mit erheblichen Einbußen in der Güte der Fahrzeugführung zu rechnen (z.B. Byblow, 1990; Mutschler, Baum & Waschulewski, 2000; Sperandio & Dessaigne, 1988; Verwey, 1993; Verwey & Veltman, 1995; Vollrath & Totzke, 2001; Wickens, 1980). Daher sind Maßnahmen notwendig, um solche negativen Effekte von nicht-fahrtbezogenen Mensch-Maschine-Interaktionen zu vermeiden. In der Diskussion tauchen häufig zwei Begriffe auf, die zum einen diese Probleme beschreiben, zum anderen Ansätze zu ihrer Lösung bieten sollen: „Mentale Modelle“ und „Erlernbarkeit“.

Unter „Mentalen Modellen“ wird das aus kognitiven Repräsentationen resultierende Wissen und Verständnis für die Funktionsweise von Programmen, Systemen etc. verstanden (z.B. Johnson-Laird, 1983). Mentale Modelle sind zumeist unvollständig, instabil, unwissenschaftlich, sparsam, relativ konkret und imaginationshaltig. Die repräsentierten Eigenschaften des Originals und die repräsentierten Eigenschaften des Mentalen Modells können durchaus verschieden sein. Die Eigenschaften des Mentalen Modells müssen denen des Originals lediglich funktional analog sein (Schnotz, 1994). Im Gegensatz zu anderen Wissensrepräsentationen

(z.B. Skripte, Schemata) werden Mentale Modelle unter dem Aspekt der Nutzung in dynamischen Situationen betrachtet (Schaumburg, 2002). Mentale Modelle als Repräsentation des Systems sind abzugrenzen von Konzeptuellen Modellen, die eine genaue, konsistente und vollständige Darstellung des Systems darstellen (Norman, 1983).

Ein Mentales Modell eines menügesteuerten Informationssystems entwickelt sich einerseits durch den Umgang mit diesem System und ist somit Ergebnis von Lernprozessen, andererseits aber auch Instrument zur Erzeugung neuen Wissens. Die Forderung nach einer „Erlernbarkeit“ des Systems ist demzufolge als anzustrebende Übereinstimmung zwischen Mentalem Modell und Konzeptuellem Modell anzusehen. Zugleich bedeutet die Forderung der „Erlernbarkeit“, dass bereits bestehende Mentale Modelle von Systemnutzern das Erlernen eines Systems mitbestimmen. Daher ist zu fordern, HMIs im Fahrzeug derart zu gestalten, dass es an den Anforderungen und Fähigkeiten des Fahrers angepasst ist. Somit würde der Fahrer durch die Mensch-Maschine-Interaktion nur minimal zusätzlich belastet.

Diesbezüglich relevante Ansatzpunkte liefern ergonomische Kriterien, die z.B. in Form von Gestaltungsgrundsätzen in ISO-Normen (z.B. DIN EN ISO 13407, 1999; EN ISO 9241-10, 1996) formuliert werden. Solche Regelwerke sind ausschließlich als Orientierungsrahmen für die Gestaltung und Bewertung von HMI zu verstehen. Empfehlungen zur Realisierung normkonformer HMI leisten Ergonomieleitfäden, wie z.B. Burmester (1997), Department of Defense United States of America (1989), Mejdal, McCauley & Beringer (2001) oder Smith & Mosier (1986). Die Norm EN ISO 9241 (1996) definiert beispielsweise ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten. Speziell Teil 10 thematisiert Grundsätze der Dialoggestaltung, die auch auf Mensch-Maschine-Interaktionen im Fahrzeug verallgemeinerbar sind. Als Gestaltungsgrundsätze zur Dialoggestaltung werden genannt: Aufgabengemessenheit, Selbstbeschreibungsfähigkeit, Steuerbarkeit, Erwartungskonformität, Fehlertoleranz, Individualisierbarkeit und Erlernbarkeit bzw. Lernförderlichkeit. Man spricht von einem lernförderlichen System, wenn es den oder die Benutzer beim Erlernen des Dialogsystems unterstützt und anleitet. Zur Umsetzung dieses Gestaltungsprinzips empfiehlt Burmester (1997) eine einfache und klare Informationsdarstellung, direkte und eindeutige Sprache, eine Reduktion der Beanspruchung des Nutzers, unmittelbare Rückmeldung, eine Benutzerführung sowie nutzerorientierte Terminologie.

Die Erlernbarkeit bzw. Lernförderlichkeit eines Human-Machine-Interfaces (HMI) wird also als eines der zentralen Gestaltungsgrundsätze für die Systemgestaltung formuliert. Nielsen (1993) bezeichnet die Erlernbarkeit sogar als das fundamentalste Attribut eines HMI, das im Rahmen der „Usability-Forschung“ zu berücksichtigen ist. In einer Befragung von Nielsen (1989) über die von Systemnutzern am stärksten gewünschten Charakteristika eines HMI wurde deutlich, dass vier der sechs wichtigsten Attribute (aus einem Katalog von 21 Attributen) sich auf die Erlernbarkeit beziehen: leicht verständliche Fehlermeldungen, Bedienbarkeit auch ohne Lernerfahrung, Möglichkeit des Rückgängigmachens eines Befehls und Bestätigung von Befehlen bei riskanten bzw. systemkritischen Eingaben.

2.3 Lernen und Gedächtnis, Kompetenz und Kompetenzerwerb

Wie in Kap. 2.2 dargestellt, wird im Bereich der HMI-Gestaltung insbesondere auf die Begriffe der „Erlernbarkeit“ bzw. „Lernförderlichkeit“ zurückgegriffen, die u.a. als Gestaltungsgrundsatz für Human-Machine-Interfaces in ISO-Normen bzw. in Ergonomieleitfäden aufge-

nommen wurden. Diese Begriffe werden zur Beschreibung herangezogen, wie schnell und einfach ein neuer Benutzer die Funktionen eines Systems nutzen kann bzw. wie schnell er die neue Funktionalität in einem Update des Systems erkennt und benutzen lernt. Begriffe wie „Erlernbarkeit“ bzw. „Lernförderlichkeit“ sind in ihrer Bedeutung und Verwendung jedoch relativ unpräzise.

In der psychologischen Forschung werden demgegenüber vermehrt Begriffe wie z.B. „Lernen“, „Gedächtnis“ und „Kompetenzerwerb“ verwendet. Diese Begriffe sind sowohl in theoretische Modelle eingebettet als auch mit empirischen Befunden spezifiziert worden. Daher soll im Rahmen dieses Forschungsprojekts vor allem auf die entsprechenden psychologisch geprägten Begriffe zurückgegriffen werden. Diese sollen im Folgenden kurz skizziert werden.

2.3.1 Lernen und Gedächtnis

Mit der alltagssprachlichen Verwendung der Begriffe „Lernen“ und „Gedächtnis“ haben wissenschaftliche Definitionsversuche wenig gemein. Als problematisch bei solchen Definitionsversuchen ergibt sich, dass beide Begriffe sog. hypothetische Konstrukte sind: Sowohl das Lernen als auch das Gedächtnis sind einer direkten Beobachtung nicht zugänglich und müssen aus ihren Effekten erschlossen werden.

Es existieren zahlreiche Versuche einer **Definition des Begriffs „Lernen“**. Klix (1971, S. 42) bezeichnet mit „Lernen“ beispielsweise:

- „Jede relativ überdauernde umgebungsbezogene Verhaltensänderung, die infolge einer individuellen Informationsverarbeitung auftritt“.

Damit eine Veränderung als lernbedingt angesehen werden kann, muss sie mindestens zwei Bedingungen erfüllen: (1) Die Veränderung muss auf Erfahrung und/oder Übung des Organismus zurückgehen und (2) die Veränderung muss überdauernd, d.h. über längere Zeit verfügbar, sein. Dies bedeutet, dass einige Veränderungen nicht unter den Lernbegriff fallen. So liegt kein Lernen vor, wenn beispielsweise Reifung (z.B. Laufenlernen ab dem 1. Lebensjahr), der Einfluss von Medikamenten (z.B. reduziertes Reaktionsvermögen), Intoxikationen (z.B. Wahrnehmungstäuschungen durch Drogenkonsum), strukturelle Veränderungen des Gehirns (z.B. Bewegungsstörungen bei Morbus Parkinson) oder Ermüdung (z.B. Verlangsamung des Handlungsablaufs) für eine Veränderung verantwortlich sind (Schermer, 1998).

In Abhängigkeit der Forschungsperspektive wird Lernen überwiegend als Veränderung von Verhaltensweisen („Behaviorismus“), von kognitiven Strukturen („kognitive Wende“) bzw. als Veränderung der Informationsverarbeitung einer Person („handlungstheoretisches Paradigma“) betrachtet. Ausführlichere Darstellungen der genannten Forschungsparadigmen und der damit verbundenen Ergebnisse enthalten die Lehrbücher zur Lernpsychologie von Bednorz & Schuster (2002), Edelman (1994), Lefrancois (1994) und Schermer (1998).

Ähnlich wie das Lernen ist auch das Gedächtnis ein sog. hypothetisches Konstrukt. Als Gedächtnis bezeichnet man die Fähigkeit einer Person, aufgenommene Informationen aufzubewahren und zu einem späteren Zeitpunkt zu erinnern. Dies kommt auch in der **Definition des Begriffs „Gedächtnis“** von Wippich (1984, S. 15) zum Ausdruck:

- „Der Begriff ‚Gedächtnis‘ ist ein hypothetisches Konstrukt für das, was unseren Erinnerungen zugrunde liegt“.

Hieraus ergeben sich drei Aspekte des Gedächtnisses: Enkodieren (Einprägen bzw. Verschlüsseln), Speicherung (Retention bzw. Behalten) und Abrufen von Informationen. Die Enkodierung von Informationen setzt voraus, dass sich eine Person der Information zuwendet, ihre Aufmerksamkeit und Wahrnehmung darauf ausrichtet und die zu behaltenden Eindrücke verarbeitet. Dabei ist jedoch keine absichtliche oder bewusste Aufmerksamkeitszuwendung notwendig. Bereits die unabsichtliche und unbewusste Zuwendung der Aufmerksamkeit genügt, damit die Informationen enkodiert werden. Während die Enkodierung weitgehend an Wahrnehmung und Aufmerksamkeit gebunden ist, ist die Speicherung von Informationen vollständig automatisiert. Über die Abrufergebnisse kann schließlich bestimmt werden, welche Informationen enkodiert wurden und wie deren Speicherung erfolgte.

Die Analyse des zeitlichen Verlaufs der Informationsaufnahme und -speicherung führte zur Annahme verschiedener Stadien und zur Annahme einer Ausdifferenzierung des Gedächtnisses in voneinander unterscheidbare Komponenten, denen verschiedene Aufgaben und Funktionen zugesprochen wurden. Daraus resultierten Mehrspeicheransätze, die wenigstens zwischen dem Kurz- und dem Langzeitgedächtnis unterscheiden. Bedeutsame Beiträge stammen von Atkinson & Shiffrin (1968). Ausführlichere Darstellungen zu Befunden und Modellen der Gedächtnispsychologie enthalten die Lehrbücher zur Gedächtnispsychologie von Dörner & van der Meer (1995) und Schermer (1998).

Aus diesen Erläuterungen geht hervor, dass Lernen und Gedächtnis eng miteinander verbunden sind und sich als Phänomene teilweise überlappen. Dies hat in der Vergangenheit zu einer austauschbaren Verwendung beider Begriffe geführt, wobei je nach theoretischer Position der Lern- oder der Gedächtnisbegriff favorisiert wurde. Aufgrund ihrer im Kern unterschiedlichen Sachverhalte ist es jedoch wenig sinnvoll, beide Begriffe synonym zu verwenden. Schermer (1998, S. 14) hebt hervor:

Lernen betont die dauerhafte Veränderung, die nur von Dauer sein kann, wenn sie im Gedächtnis verankert ist. Damit wird das Gedächtnis zu einer notwendigen Voraussetzung für Lernprozesse ... Gedächtnisphänomene sind andererseits aber nicht zwingend an Lernprozesse gebunden. Die Erinnerung an ein Urlaubserlebnis ist eindeutig ein Gedächtnisphänomen, das kaum als Folge eines Lernprozesses anzusehen ist. Zentriert der Lernbegriff auf dem Aspekt der Veränderung, so zentriert sich der Gedächtnisbegriff auf die Aspekte der Speicherung und der Verfügbarkeit von Information.

2.3.2 Kompetenz und Kompetenzerwerb

Der **Begriff der „Kompetenz“** geht demgegenüber über diese Definition des Lernens hinaus. Annett (1991) definiert beispielsweise Kompetenz als Fähigkeit zur Lösung eines Problems. Während unter „Lernen“ allgemeine, zeitlich überdauernde Verhaltensänderungen verstanden werden, wird unter „Kompetenz“ die Ursache eines Leistungszugewinns betrachtet.

Der **Begriff des „Kompetenzerwerbs“** beschreibt zweckgerichtetes Lernen (Anderson, 2001) und unterstützt als solches zielorientiertes Verhalten. Kompetenzerwerb fokussiert demnach stärker prozedurale Anteile des Lernprozesses, d.h. Wissen darüber, wie verschiedene kogni-

tive Operationen durchgeführt und ausgeführt werden. Daher soll im Rahmen dieses Projekts verstärkt der Begriff des „Kompetenzerwerbs“ anstelle des „Lernens“ bzw. der „Erlernbarkeit“ verwendet werden.

2.4 Kennzeichen des Kompetenzerwerbs

2.4.1 Das „Potenzgesetz der Übung“

Der Prozess des Erlernens und Erinnerns an die Merkmale eines HMI ist als kontinuierlicher Prozess zu verstehen. Es konnte vielfach empirisch gezeigt werden, dass das Erlernen von komplexen Fertigkeiten einer Potenzfunktion folgt. Neves & Anderson (1981) wiesen beispielsweise Übungseffekte in der Beurteilung mathematischer Beweisführungen nach. Wie Abbildung 2-1 zeigt, findet sich zu Beginn der Übung ein starker Leistungsanstieg, d.h. die Lösungszeit der beurteilten Aufgabe nimmt deutlich ab. In späteren Abschnitten der Übung, d.h. mit zunehmender Übung, verringert sich dieser Leistungsanstieg. Die Lösungszeit des jeweiligen behandelten Problems sinkt mit zunehmender Wiederholung somit immer weniger ab, so dass der relative Gewinn im Verlauf der Übung so gering wird, dass eine Grenze der erreichbaren Leistung erreicht wird. Diese Grenze ist durch die technische Ausrüstung, die Leistungsfähigkeit der beteiligten Muskelgruppen, das Lebensalter oder ähnliche Faktoren bestimmt. Ansonsten gibt es keine Grenzen für den Geschwindigkeitszuwachs einer Fertigkeit. „Unter der Voraussetzung, dass genug Übung erfolgt, geht die für die kognitive Komponente einer Fertigkeit benötigte Zeit gegen Null“ (Anderson, 2001, S. 284).

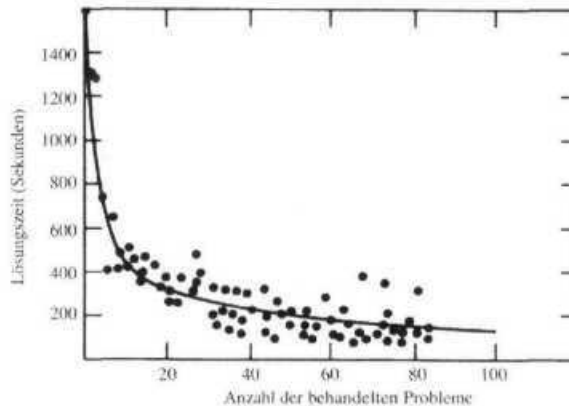


Abbildung 2-1: Die zur Lösung einer Rechenaufgabe erforderliche Zeit als Funktion der Anzahl schon durchgeführter Beweise (Neves & Anderson, 1981; aus: Anderson, 2001, S. 286).

Für die Bearbeitungs- oder Lösungszeit T einer Aufgabe gilt somit ein einfaches Potenzgesetz der Übung mit den Parametern N für die Zahl der Wiederholungen, B für die Geschwindigkeit des ersten Bearbeitungs- oder Lösungsversuchs und α für die Steigung der Funktion (siehe Formel 1).

$$T = BN^{-\alpha}$$

(Formel 1)

Aus dem Potenzgesetz der Übung ergeben sich weitere Annahmen zur Lernleistung. So wird angenommen, dass die Ausführung einer Tätigkeit sich auch nach langen Lernpausen nur geringfügig verschlechtert. Mit zunehmender Übung werden Tätigkeiten jedoch nicht nur besser ausgeführt, sondern zumeist auch gleichförmiger. Die Variabilität der Leistung nimmt ab. Das Absinken der Variabilität folgt bei einigen Tätigkeiten ebenfalls einer Potenzfunktion.

Trotz des großen Gültigkeitsbereiches des Potenzgesetzes der Übung finden sich Abweichungen. Die wohl bekannteste Abweichung ist ein Lernplateau, eine Periode der Stagnation, der ein weiterer Leistungsaufschwung folgt. Es wurde gezeigt, dass solche Lernplateaus u.a. auf eine geringe Optimierung der Lernbedingungen zurückgehen (z.B. Keller, 1958). Weitere Ursachen für solche Lernplateaus sind laut Correll (1978) auf Seite der lernenden Person:

- Motivationsdefizite des Lernenden (z.B. negative Einstellungen, Langeweile, Resignation), die korrigiert werden müssen, damit ein weiterer Leistungsanstieg erfolgen kann.
- Fehlende Automatisierung von (Teil-)Handlungen, so dass ein weiterer Anstieg in der Lernleistung erst nach deren erfolgreicher Automatisierung zu erwarten ist.
- Fehlerhafter Transfer des bereits angeeigneten Wissens auf eine neue Aufgabe.
- Unangemessene Fixierung der Aufmerksamkeit auf ein Teilgebiet des Lernstoffes.

Lernplateaus sind demnach vor allem unter suboptimalen Bedingungen auf Seiten des Lerners bzw. der Lernbedingungen zu erwarten. Unter optimalen Bedingungen sollten Lernplateaus nicht auftreten.

2.4.2 Speed-Accuracy-Trade-Off (SATO)

Zur Darstellung der Leistung einer Person ist es notwendig, sowohl die Geschwindigkeit als auch die Genauigkeit dieser Leistung einzeln zu betrachten (Annett, 1991). Fitts (1954, 1966, Fitts & Seeger, 1954) zeigte beispielsweise, dass die Dauer einer Zielbewegung abhängig von Zieldistanz und Zielbreite ist. Je größer die zurückzulegende Strecke („Zieldistanz“) und je kleiner das anzusteuernde Ziel („Zielbreite“) sind, desto länger dauert eine Zielbewegung. Bei konstanter Zieldistanz hängen Geschwindigkeit und Genauigkeit umgekehrt proportional zusammen: Je höher die Geschwindigkeit der Zielbewegung, desto geringer die Genauigkeit der Zielbewegung (und umgekehrt). Geschwindigkeitsgewinne können also nur zu Lasten der Genauigkeit erreicht werden, d.h. die Dauer einer Bewegung über eine konstante Distanz kann nur unter Inkaufnahme von Fehlern verringert werden. Diese Befunde führten zur Formulierung des sog. Speed-Accuracy-Trade-Offs (kurz: SATO, dt.: „Relation von Geschwindigkeit und Genauigkeit“, Luczak, 1998).

Weitere Versuche belegen, dass Individuen in der Lage sind, den optimalen Punkt der Genauigkeits-Geschwindigkeits-Verteilung, also den Punkt der größten Leistung, selbst einzustellen (z.B. Fitts, 1966, Rabitt, 1981; Seibel, 1972). Dieser optimale Punkt ist, wie in Abbildung 2-2 dargestellt, durch das größtmögliche Rechteck unterhalb der Kurve identifiziert.

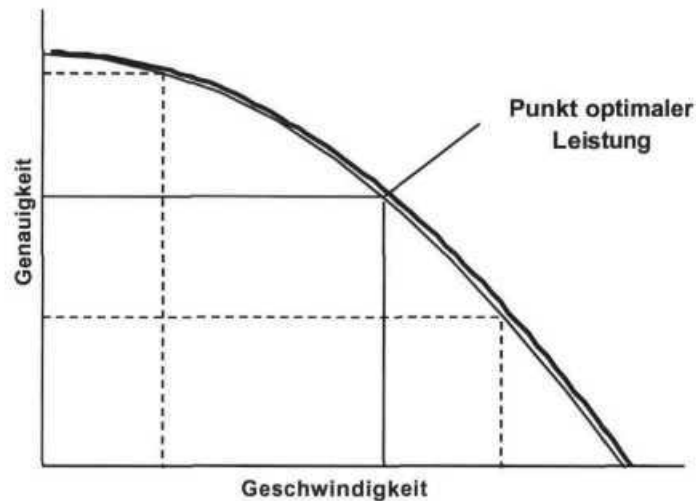


Abbildung 2-2: Schematische Darstellung des Zusammenhangs von Geschwindigkeit und Genauigkeit. Das mittlere Rechteck bezeichnet aufgrund seiner größten Fläche den Punkt optimaler Verteilung von Geschwindigkeit und Genauigkeit.

Aus der Annahme eines Speed-Accuracy-Trade-Offs ergibt sich die Forderung, dass zur umfassenden Beschreibung von Leistungen sowohl deren Geschwindigkeit als auch Genauigkeit berücksichtigt werden müssen. Ähnlich müssen bei einer Bewertung verschiedener Systeme, mit denen Individuen umgehen, beide Leistungskomponenten erfasst werden.

2.4.3 Das Phasenmodell des Kompetenzerwerbs und Automatisierung

Bei der Herausbildung von Fähigkeiten werden typischerweise drei Phasen unterschieden (Anderson, 1982; Fitts, 1964; Fitts & Posner, 1967):

- (1) Der Erwerb neuer Fähigkeiten beginnt mit der kognitiven Phase: Einzelne Komponenten der Fertigkeiten werden bewusst ausgeführt, oft begleitet von (stillen) verbalen Selbstinstruktionen darüber, was als nächstes zu tun ist. Im Vordergrund stehen die gedankliche Bewältigung der Aufgabe und der Erwerb des erforderlichen Wissens. Es erfolgt vor allem eine deklarative Enkodierung der Fertigkeit, d.h. einzelne Sachverhalte der Fertigkeit werden gewusst.
- (2) In der nachfolgenden assoziativen Phase verschwinden die groben Fehler und die Ausführung wird glatter. Die einzelnen Komponenten fügen sich zu einer selbständig ablaufenden Folge, die nicht mehr durch Perioden des Nachdenkens unterbrochen wird. In dieser Phase werden vormals deklarative Repräsentationen gehäuft ersetzt durch prozedurale Wissensrepräsentationen, d.h. notwendige Prozeduren einer Fertigkeit werden gewusst („gewusst wie“, Dorsch, Häcker & Stapf, 1994).
- (3) Schließlich folgt die autonome Phase: Die Ausführung der Fertigkeit wird vom Rest des mentalen Geschehens gewissermaßen abgekoppelt, so dass andere Tätigkeiten gleichzeitig ausgeführt werden können. Die gelernten Prozeduren werden schneller und angemessener angewandt, wodurch es bei der Ausführung zu einem Anstieg der

Geschwindigkeit und der Genauigkeit kommt. Eine gezielte Beachtung einzelner Handlungskomponenten kann jedoch den Fluss der gesamten Handlung stören.

Der Erwerb komplexerer Fähigkeiten beginnt demnach mit einem starken kognitiven Anteil, der mit zunehmender Übung immer geringer wird. Singley und Anderson (1989) zeigen am Beispiel des Erlernens eines Textverarbeitungsprogramms, dass die Leistungen im Umgang mit diesem Programm über den untersuchten Zeitraum von sechs Tagen à drei Stunden deutlich ansteigen (siehe Abbildung 2-3). Der größte Teil dieses Leistungszuwachses geht auf eine Reduktion der Denkzeit (engl. „Thinking Time“) zurück, die Bedienzeit (engl. „Keystroking Time“) ist hierfür weitgehend irrelevant.

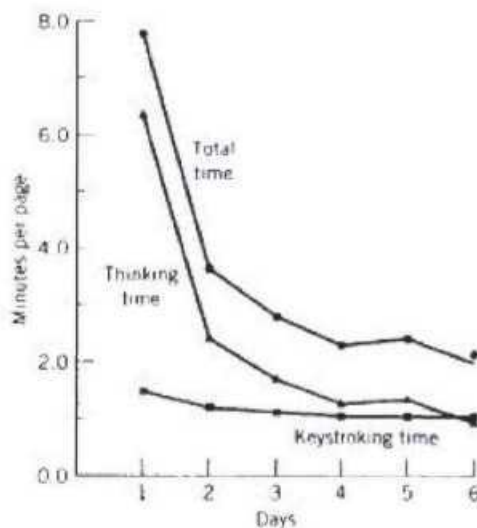


Abbildung 2-3: Verbesserung der Leistung in einem Textverarbeitungsprogramm (Singley & Anderson, 1989; entnommen aus Anderson, 1999)

Eine Untergliederung des Fähigkeitserwerbs in drei sukzessive Phasen ist jedoch als eher grob zu bewerten und liefert nur Anhaltspunkte für Phasen beim Erwerb von Fähigkeiten (Schmidtke, 1993). Im Rahmen dieses Projekts wird vielmehr angenommen, dass im Umgang mit einem Menüsystem zwei grundlegende Aspekte der Verhaltenssteuerung von Bedeutung sind, die sich in Abhängigkeit des Kompetenzstadiums unterschiedlich auf die Menübedienung auswirken:

- (1) Antizipative Aspekte der Handlungsvorbereitung und -initiierung, die Lerneinflüssen sehr stark ausgesetzt sind, sowie
- (2) Exekutive Aspekte der Handlungsdurchführung und -kontrolle, bei denen der Kompetenzerwerb von untergeordneter Bedeutung ist.

2.4.4 Das Modell der Handlungsebenen und Handlungsfehler

Rasmussen (1983) beschreibt einen ähnlichen Ablauf des Kompetenzerwerbs in seinem Modell der Handlungsebenen. Hier bewegt sich der Lerner von einer wissensbasierten Handlungssteuerung bei neuartigen Lerngegenständen über eine regelbasierte zur fertigkeitbasierten Handlungssteuerung und somit vollständig automatisierten Bewältigung von Problemen.

- (1) Die wissensbasierte Ebene kommt bei neuartigen Situationen zum Tragen, die das Verwenden bewusster analytischer Prozesse und gespeicherten Faktenwissens erfordern und damit durch hohen kognitiven Aufwand und geringe Automatisierung gekennzeichnet sind.
- (2) Die regelbasierte Ebene hingegen kommt zur Anwendung, wenn bereits bekannte Probleme angegangen werden. Diese Probleme können mit Hilfe bereits gelernter „Wenn-Dann-Regeln“ gelöst werden.
- (3) Auf der fertigkeitbasierten Ebene werden die Leistungen des Menschen von gespeicherten Mustern aus vorprogrammierten Anweisungen bestimmt. Hier liegt für jede Situation bereits eine adäquate Antwort vor.

Aus diesem Modell der Handlungsebenen ergeben sich spezifische Vorhersagen, welche Fehlerarten mit einer Ebene der Handlungssteuerung einhergehen. So herrschen auf wissensbasierter Ebene Fehler vor, die z.B. in Folge einer fehlenden Kenntnis von Regeln auftreten. Die eingeleiteten Interpretations- und Bewertungsprozesse führen in diesem Fall zu bewussten, aber falschen Handlungen. Eine neue Situation wird also als solche erkannt und es wird bewusst eine Lösung gesucht. Im Zentrum steht der Versuch der inkrementellen Verringerung der Differenz von Ist- und Soll-Zustand durch das Formulieren und Abarbeiten von Teilzielen, die für den Handlungserfolg als bedeutsam und notwendig erachtet werden. Hier sei beispielhaft auf falsche Analogieschlüsse (z.B. Ross, 1987) verwiesen.

Demgegenüber treten auf regelbasierter Ebene der Handlungssteuerung Fehler auf, wenn sich eine Aufgabe nicht mit Hilfe bekannter Schemata lösen lässt, diese aber trotzdem vom Nutzer angewendet werden, da sie seine beste Antwort auf die neue Situation darstellen. Als Folge dieser Fehler werden die unpräzise ausgebildeten Schemata angepasst. Genau wie bei Patzern (siehe Kap. 2.4.5; Reason, 1994) wird hier ein bereits vorhandenes Handlungsprogramm angewendet.

Die auf der fähigkeitsbasierten Ebene auftretenden Patzer kommen bei der Ausführung vorprogrammierter und automatisierter Handlungsprogramme zustande. Hier kann es durch die Aktivierung eines falschen Programms, meist aufgrund von zu geringer Aufmerksamkeit, zu Problemen bei der Zielerreichung kommen. Die Situation wird also nicht richtig identifiziert, was zur Aktivierung eines falschen Programms führt, obwohl ein angemessenes Programm verfügbar wäre. Aufgrund von Aufmerksamkeitsdefiziten stellt man z.B. eine leere Milchflasche zurück in den Kühlschrank, obwohl man weiß, dass sie in den Mülleimer sollte.

2.4.5 Kompetenzerwerb und Handlungsfehler nach Reason (1994)

Reason (1994, S. 81) unterscheidet in einer populären Klassifikation von Handlungsfehlern demgegenüber nicht zwischen drei Ebenen der Handlungssteuerung, sondern geht von einem unspezifischen Leistungsniveau aus. Er unterscheidet hierbei Patzer (engl. „slips“) und Fehler (engl.: „mistakes“):

- Patzer bezeichnen Situationen, „bei denen die Handlungen infolge von nicht erfolgreicher Ausführung und/oder Speicherung von der aktuellen Absicht abweichen“.
- Fehler betreffen Situationen, „bei denen die Handlungen ganz nach Plan ablaufen können, aber bei denen der Plan nicht hinreicht, um das gewünschte Resultat zu erzielen“.

Dutke (1988) bestätigt dies in einer Untersuchung zum Kompetenzerwerb bei Textverarbeitungsprogrammen: Er zeigt, dass bei fehlender Systemerfahrung insbesondere Verwechslungs- und Ausführungsfehler auftreten. Bei wachsender Systemerfahrung nehmen diese ab, wobei es zum Anstieg von Flüchtigkeitsfehlern (Patzern) kommt.

2.4.6 Kompetenzerwerb unter „Dual Task“-Bedingungen

Durch die lernbedingte (Teil-)Automatisierung von Fähigkeiten kann es trotz einer objektiv nachweisbaren Leistungssteigerung (Geschwindigkeit und Genauigkeit) zu einem Absinken der physischen und mentalen Beanspruchung einer Person kommen: Die wiederholte Ausführung einer Aufgabe führt im Sinne von Rasmussens Modell der Ebenen der Handlungssteuerung (1983) zu einer Verlagerung der Handlungskontrolle hin zur fertigkeitbasierten Ebene. Die Aufgabe wird damit immer stärker automatisiert.

Bei der gleichzeitigen Bearbeitung zweier Aufgaben („Dual Task“-Bedingung) ist ebenfalls davon auszugehen, dass beide Einzelaufgaben mit zunehmender Übung und Automatisierung weniger beanspruchend sind. Nach Wickens (1992) tragen zwei Faktoren dazu bei, dass übungsbedingt eine verbesserte Leistung bei der simultanen Bearbeitung zweier Aufgaben festzustellen ist:

- Zum einen verbessert sich die Leistung in jeder der Einzelaufgaben: Es werden Fähigkeiten zur Bearbeitung jeder einzelnen Aufgabe entwickelt, was zu einer geringeren Beanspruchung der ausführenden Person führt. Somit verringern sich auch die benötigten Ressourcen in der Kombination der beiden Aufgaben und die Effizienz in der „Dual Task“-Bedingung steigt an. Diese Effizienz kann durch intensive Übung jeder Einzelaufgabe für sich erreicht werden.
- Davon unabhängig entwickelt sich eine Fertigkeit zur effizienten Zeit- bzw. Aufmerksamkeitsaufteilung zwischen den Aufgaben. Es wird gelernt, wann die erfolgreiche Bearbeitung einer dieser Aufgaben einen hohen Ressourceneinsatz erfordert und zu welchem Zeitpunkt eine verstärkte Investition der Ressourcen eine höhere Gesamtleistung zur Folge hat. Eine solche „Time-Sharing Skill“ kann ausschließlich durch die Übung der beiden Aufgaben unter „Dual Task“-Bedingungen erreicht werden.

Einen Beweis zur Entwicklung von effizienten „Time Sharing“-Strategien in der Aufgabebearbeitung erbrachten beispielsweise Schneider und Fisk (1982). Sie zeigten, dass je eine automatisierte und eine nicht-automatisierte Aufgabe perfekt gemeinsam bearbeitet werden können, sofern ein Training erfolgte, die Aufmerksamkeit explizit von der automatisierten Aufgabe weg zu lenken. Personen, die dieses Training nicht erhalten hatten, verwendeten mehr Aufmerksamkeit auf die automatisierte Aufgabe, als sie eigentlich benötigt hätten.

Guski & Bosshardt (2001) nennen zusammenfassend vier Gründe, warum Doppelaufgabeninterferenzen mit zunehmender Übung abnehmen:

- (1) Beherrschung der Einzelaufgaben
- (2) Minimierung des Gebrauchs von Aufmerksamkeits- oder anderen zentralen Ressourcen bei der Aufgabebearbeitung

- (3) Entwicklung von Strategien, um beide Aufgaben gleichzeitig mit minimalen Einbußen zu bearbeiten
- (4) Minimierung der notwendigen Ressourcen zum Steuern der Tätigkeit

Es kann somit erwartet werden, dass mit zunehmender Übung zwei Tätigkeiten parallel besser erledigt werden können, wobei die wechselseitige Beeinträchtigung der Tätigkeiten abnimmt. Es kommt hierdurch zu einem Absinken der Interferenz einer Doppeltätigkeit. (Schmidtke, 1993). Diese Verringerung der Doppeltätigkeitsinterferenz ist zwar ein häufig berichteter Befund (z.B. Downey & Anderson, 1915; Solomons & Stein, 1896; Spelke, Hirst & Neisser, 1976), es ist jedoch nicht zu erwarten, dass bei zwei auszuführenden Aufgaben die Interferenzen mit zunehmender Übung in gleichem Maße abnehmen. So kann durchaus die eine Aufgabe weiterhin stark beeinträchtigt sein, wohingegen die andere Aufgabe keine weiteren Interferenzen aufweist. Es ergibt sich somit nicht nur eine übungsbedingte Abnahme der Interferenzen, sondern es verändert sich das Muster der Interferenzen (Schmidtke, 1993). Befunde zu Interferenzen bei Doppelaufgaben sind somit für die jeweils verschränkten Einzelaufgaben spezifisch und nicht ohne weiteres auf andere Einzelaufgabenkombinationen generalisierbar. Es ergibt sich also die Notwendigkeit, jeweils die zu verschränkenden Aufgaben hinsichtlich ihres übungsabhängigen Interferenzmusters zu untersuchen (hier: die Interferenz zwischen Bedienung eines Informationssystems und der Fahrzeugführung).

Theoretischer Hintergrund zum Auftreten von Interferenzen zwischen zwei oder mehr gleichzeitig auszuführenden Aufgaben sind zumeist Kapazitäts- oder Ressourcenmodelle (z.B. Broadbent, 1958; Kahneman, 1973; Moray, 1967; Wickens, 1980, 1984). Diesen Modellen ist gemein, dass einer Person nur begrenzt Möglichkeiten zur Informationsverarbeitung zur Verfügung stehen. Werden diese vorhandenen Möglichkeiten zur Informationsverarbeitung überschritten, so führt diese Überforderung (Overload) zu einer Abnahme der Leistung der handelnden Person. Somit ist zu erwarten, dass auch beim Kompetenzerwerb für Menüsysteme in „Dual Task“-Situationen (z.B. während der Fahrt) insbesondere zu Beginn des Systemkontakts erhebliche Interferenzen zwischen Systembedienung und weiterer Aufgabe (hier: Fahrzeugführung) auftreten werden. Diese Interferenzen sollten mit zunehmender Übung im Menüsystem abnehmen. Momentan liegen keine empirischen Befunde zu den Auswirkungen von Menüsystemen auf die Fahrzeugführung unter Berücksichtigung des Kompetenzerwerbs vor.

2.4.7 Merkmale von gelernten Fähigkeiten

Übereinstimmend findet man laut Dörner & van der Meer (1995, S. 254) in der einschlägigen Literatur folgende Merkmale für erworbene Fähigkeiten:

- (1) „Sie sind das Ergebnis von umfangreicher Übung, d.h. der wiederholten Ausführung dieser Aktivität;
- (2) Der Leistungszuwachs nimmt mit zunehmender Übung ab;
- (3) Sie werden genau und korrekt ausgeführt (außer es kommt zu ‚slips‘ im Sinne von Norman, 1981);
- (4) Sie werden rasch und ohne Anstrengung ausgeführt.“

2.5 Kompetenzerwerb und Mentale Repräsentationen

Im Lernprozess werden Wissensstrukturen gebildet, die eine adäquate Abbildung der Realität darstellen und die Konsequenzen von Handlungen antizipieren lassen. Solche Wissensstrukturen werden auch als kognitive oder mentale Repräsentationen bezeichnet. Klix (1980) definiert eine kognitive Repräsentation als mental kodierten und stabilen Inhalt von Information, der von verschiedenen mentalen Prozessen (z.B. Problemlösen, Schlussfolgern) genutzt werden kann. Wie bereits unter Kap. 2.2 im Zusammenhang mit der Einführung des Begriffs der „Mentalen Modelle“ dargestellt, kann die objektiv gegebene Realität durchaus von den repräsentierten Eigenschaften der Information abweichen. Die repräsentierten Eigenschaften müssen denen der Originalinformation lediglich funktional analog sein (Schnotz, 1994).

Paivio (1971, 1986) nimmt dabei eine getrennte, duale Repräsentation von räumlichen und begrifflichen Merkmalen von Informationen an. Engelkamp (1990, 1997) erweitert diese Betrachtungsweise durch ein zusätzliches motorisches Repräsentationssystem mit ausschließlich prozeduralen Inhalten. Er nimmt somit eine triale Kodierung von Informationen an, so dass Kompetenzerwerb als multikodierter Prozess verstanden werden kann (siehe Anderson, 1983; Bruner, Olver & Greenfield, 1971). Beim Kompetenzerwerb bilden sich folglich verschiedene Repräsentationsformen als Abbild der Realität: Es können sowohl begriffliche, räumliche als auch motorische Repräsentationen aufgebaut werden. Der Aufbau dieser Einzelrepräsentationen verläuft dabei weitgehend parallel. Abbildung 2-4 veranschaulicht dies schematisch.

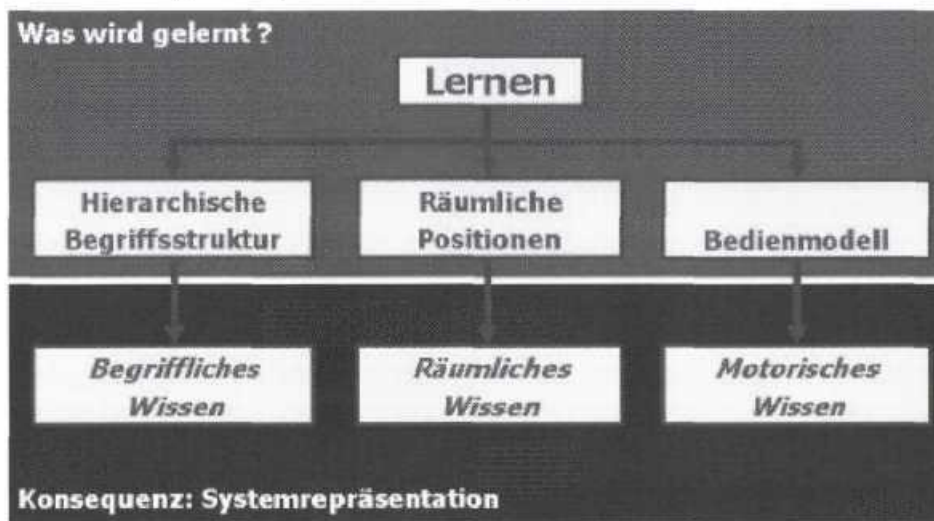


Abbildung 2-4: Schematische Darstellung des Kompetenzerwerbs für Informationssysteme als multikodierter Prozess. Für eine Beschreibung siehe Text.

Diese Repräsentationen wiederum beeinflussen z.B. die Bedienung von Menüsystemen. Daraus ist abzuleiten, dass sich sowohl Lernaufwand als auch Lernerfolg eines Systems über jeden der genannten Aspekte ergeben: Sowohl die begriffliche Struktur des Systems als auch dessen räumliche und motorische Aspekte beeinflussen den Kompetenzerwerb und sind für mögliche Probleme im Umgang mit einem Menüsystem mitverantwortlich. Zusätzlich geht die Förderung einer Mehrfachkodierung des Systems mit einer höheren Lernleistung einher.

Im Folgenden soll auf diese Formen der mentalen Repräsentation und ihre Bedeutung für den Kompetenzerwerb für menügesteuerte Informationssysteme eingegangen werden.

2.5.1 Semantische Repräsentation

Im Umgang mit einem Menüsystem werden begriffliche Wissensstrukturen erlernt. Es sind zwei Aspekte der begrifflichen Struktur zu unterscheiden (z.B. Schnotz, 1994):

- (1) Erkennen der Inhaltsstruktur
- (2) Erlernen der Unterbegriffs-Overbegriffs-Relationen

Hieraus ergibt sich für die Konstruktion von Menüsystemen die Forderung, auf die begriffliche Auswahl von Menüfunktionen ein besonderes Augenmerk zu richten. So ist zunächst darauf zu achten, dass der Nutzer realisieren kann, welche Inhalte das Menüsystem umfasst (z.B. Kommunikation, Bordcomputer, Klimaanlage). Erst danach werden vom Nutzer spezifische hierarchische begriffliche Zuordnungen von Unterbegriffen zu Begriffen in übergeordneten Menüebenen erlernt (z.B. „Kommunikation – Anrufen – Adressbuch“). Erst sowohl durch das Erkennen der Inhaltsstruktur als auch durch das Erlernen der Unterbegriffs-Overbegriffs-Relationen wird eine begriffliche Repräsentation des Menüsystems erworben.

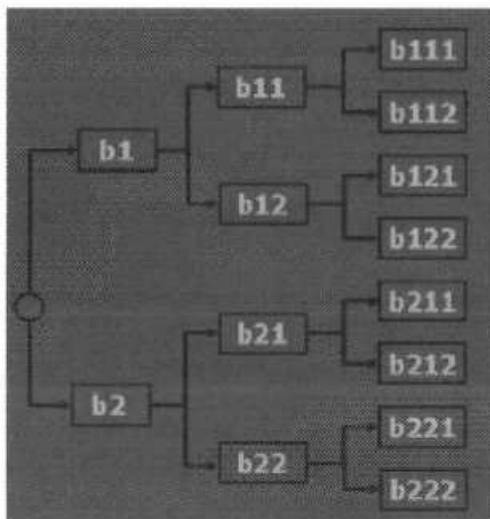


Abbildung 2-5: Schematische Darstellung der hierarchischen Begriffsstruktur in einem menügesteuerten Informationssystem

Fassnacht (1971) berichtet beispielsweise, dass Personen die Lernaufgabe aufgliedern und zuerst die allgemeinen, abstrakten Aspekte einer Lernaufgabe lernen und anschließend zur Aneignung spezifischer Merkmale übergehen. Lerner verschaffen sich somit erst einen Überblick über den Lerngegenstand. Die übungsbedingten Leistungssteigerungen sind dadurch zu Beginn des Lernprozesses relativ hoch und nehmen mit zunehmender Übung immer weiter ab. Zur Unterstützung des Erkennens der Inhaltsstruktur ist in Anlehnung an Norman (1991) zu fordern, dass die semantische Redundanz und Interkorrelationen innerhalb der Alternativen zu maximieren und zwischen den Alternativen zu minimieren ist (Norman, 1991). Hinsichtlich der Umsetzung bedeutet das, dass ein im Menü verwendeter Begriff einerseits möglichst umfassend die dahinter liegende Funktion beschreibt, sich aber andererseits möglichst stark von den für andere Funktionen benutzten Begriffen abgrenzt.

Die verwendeten Begriffe sind weiterhin so zu wählen, dass der Aufbau von Oberbegriffs-Unterbegriffs-Relationen erleichtert wird (Gardiner, 1987; Norman, 1983). Die Begriffe sollen für jeden verständlich, klar und eindeutig sein (z.B. Burmester, 1997). Shneiderman (1998) fordert daher die Verwendung einer bekannten und konsistenten Terminologie, bei der die einzelnen Begriffe voneinander klar in ihrer Benennung abgesetzt sind, da mit der Ähnlichkeit von Menüinhalten die Fehlerwahrscheinlichkeit und Bearbeitungsdauer proportional

ansteigen (Kinney, Marsetta & Showman, 1966). Ähnlichkeit zwischen den Begriffen hemmt die Lernleistung (Hall, 1982).

Das Vorwissen der Systemnutzer, das möglicherweise aufgrund eigener Erfahrungen im Umgang mit einem Menüsystem bzw. durch Wissen über menüähnliche Strukturen vorliegt, kann sich dabei als nützlich für den Aufbau einer begrifflichen Repräsentation erweisen (für eine Übersicht über lernrelevante Personenmerkmale siehe Hasselhorn, 1995; Stumpf, 2000). Liegen adäquate Wissensstrukturen vor, so kann der Nutzer im Umgang mit einem Menüsystem auf dieses Vorwissen zurückgreifen und mit einem geringeren Lernaufwand das Menü bedienen. Bestehen hingegen Widersprüche zwischen dem Vorwissen des Nutzers und der begrifflichen Menüstruktur, so ist damit zu rechnen, dass der Nutzer zum einen die begrifflichen Strukturen im System verstehen und lernen und zum anderen vorliegende Wissensstrukturen aus anderen Lebensbereichen verlernen oder zumindest während der Menübedienung unterbinden muss. Es ist in diesem Fall also mit einem höheren Lernaufwand zu rechnen.

2.5.2 Räumliche Repräsentation

Zusätzlich werden auch räumliche Informationen über Inhalte des Menüsystems angeeignet (z.B. „Das Telefon ist im oberen Bereich des Systems zu finden“), die bei der Systembedienung genutzt werden. Räumliche Informationen erleichtern mit zunehmender Erfahrung den Umgang mit dem Menüsystem. Dementsprechend ist zu erwarten, dass eine Änderung der räumlichen Positionen (z.B. in adaptiven Systemen) mit einer Verschlechterung der Bedienleistung einhergeht (Mitchell & Shneiderman, 1989).

Diese Wissensform wird als räumliche Repräsentation bezeichnet. Die Annahme räumlicher Repräsentationen wird von Modellen einer dualen Kodierung von Informationen unterstützt (z.B. Paivio, 1971, 1986). Solche Modelle nehmen an, dass neben einer verbalen Repräsentation, in der sprachliches Wissen gespeichert wird, eine anschauliche Repräsentation vorliegt, in der z.B. die Positionen von Menüinhalten gespeichert werden. Informationen über räumliche Beziehungen werden dabei weitgehend unabhängig von begrifflichen Aspekten des Lerngegenstands erworben. Knauff & Strube (2002) formulieren weiter, dass für den Aufbau einer solchen räumlichen Repräsentation der Lerngegenstand nicht in seiner Gesamtheit gesehen werden muss (z.B. in Form von Entscheidungsbäumen oder Listen). Räumliche Repräsentationen sind weitgehend unabhängig vom visuellen Wahrnehmungssystem. Dementsprechend existieren bestimmte Aspekte der visuellen Wahrnehmung (z.B. Farben), die spezifisch für die visuelle Modalität sind und keinen Bezug zu einer räumlichen Information aufweisen (Anderson, 2001).

2.5.3 Motorische Repräsentation

Zugleich werden motorische Informationen im Umgang mit dem System erworben, die in Form motorischer Repräsentationen gespeichert werden. Es sind hierbei zwei Aspekte motorischer Informationen von Bedeutung:

- (1) Erlernen der unmittelbaren Konsequenzen der eigenen Handlungen
- (2) Sensumotorische Optimierung des Umgangs mit dem Bedienelement bis hin zu einer (Teil-) Automatisierung der motorischen Handlungssequenz

Unter dem erstgenannten Aspekt des Erlernens der unmittelbaren Konsequenzen der eigenen Handlungen wird im Kontext der Bedienung von Menüsystemen beispielsweise angesprochen, dass die lernende Person zunächst erkennen muss, dass die Betätigung des Bedienelements mit einer spezifischen Systemreaktion einhergeht (z.B. „Bedienelement nach oben drücken“ bedeutet, in der dargestellten Menüliste nach oben in Richtung Listenanfang zu gehen). Die motorische Repräsentation resultiert demzufolge zum Teil aus dem sog. Bedienmodell, welches eine Verknüpfung von Bedienelement und System darstellt. Es beschreibt die Systemreaktionen auf Manipulationen durch den Benutzer am Bedienelement. Chalmers (2003) bezeichnet diesen Systemteil als Hardware Interface. Schließlich wird der sensumotorische Umgang mit dem Bedienelement optimiert bis hin zu einer (Teil-) Automatisierung der motorischen Handlungssequenz (z.B. „Um zum Telefon zu gelangen, muss ich 3 mal runter und 2 mal rechts gehen“; Zießler, 1993).

Als Bindeglied zwischen Darstellung und Bedienelement des Informationssystems muss das Bedienmodell im Besonderen unter Berücksichtigung dieser beiden Komponenten gewählt und umgesetzt werden. Es wird erwartet, dass suboptimale Auslegungen des Bedienelements unter Berücksichtigung der Systemdarstellung (z.B. eine Verletzung der Erwartungskonformität, Chapanis & Lindenbaum, 1959; Kerres, 1989; Spragg, Finck & Smith, 1959; Zießler, 1993) insbesondere zu Lernbeginn zu einem erhöhten Lernaufwand führen. Eine dauerhaft nicht-optimale Auslegung des Bedienelements (z.B. situationsabhängige Funktionalität, zu lange Totzeiten; für eine Übersicht siehe z.B. Nielsen, 1993) kann demgegenüber zu einer generell höheren Fehlerzahl im Umgang mit dem Bedienelement und einer geringen Akzeptanz des Menüsystems führen.

Zur konkreten Ausgestaltung des Bedienmodells beinhalten Gestaltungsvorschriften jedoch widersprüchliche Empfehlungen: Einerseits wird eine möglichst einfache Struktur der Bedienung gefordert (Shneiderman, 1998), also ein Bedienelement, welches möglichst alle Funktionen integriert und kompakt darstellen kann. Andererseits hat es sich bei der Bedienung von komplexen Systemen als günstig erwiesen, funktional verschiedene Bedienhandlungen über das Bedienelement auch räumlich (Department of Defense United States of America, 1989) oder in ihrer zeitlichen Struktur zu trennen (Müller, Funke & Buchner, 1994; Müller & Funke, 1995). Engelkamp (1990) unterstreicht diese zweite Sichtweise, indem er feststellt, dass die räumliche Trennung von Bediengruppen das Erlernen des Umgangs mit dem System erleichtert. Begleitende motorische Prozesse beim Umgreifen fördern z.B. einen Kompetenzerwerb durch motorisches Lernen. Weiter stützen lässt sich diese Sichtweise durch Ergebnisse von Klatzky (1980; nach Luczak, 1998), der zeigen konnte, dass die Interferenz zwischen zwei Handlungen mit größerer Ähnlichkeit zunimmt.

2.6 Kompetenzerwerb und Lernermerkmale

Mittlerweile liegt eine Vielzahl empirischer Befunde vor, die sich mit den Auswirkungen von Personenmerkmalen auf die Lern- und Gedächtnisleistung beschäftigen. Zusammenfassend scheinen vor allem vier Faktoren für interindividuelle Unterschiede der Lern- und Gedächtnisleistungen verantwortlich zu sein (Hasselhorn, 1995):

- (1) Funktionale Kapazität des Arbeitsgedächtnisses
Informationen werden umso wahrscheinlicher im Langzeitgedächtnis gespeichert und somit „gelernt“, je länger sie im Arbeitsgedächtnis gehalten werden können. Je

schneller Informationen von einer Person identifiziert werden können, desto länger bleiben diese und weitere Informationen im Arbeitsgedächtnis.

(2) Metakognitive Strategien

Es konnte gezeigt werden, dass das Wissen über lern- und behaltensrelevante kognitive Phänomene sowie das Wissen über Planung, Überwachung und Regulation des Lernprozesses sich insbesondere bei alltagsnahen und komplexen Aufgaben auf die Lern- und Gedächtnisleistung auswirken.

(3) Lern- und Gedächtnisstrategien

Mit zunehmender Sicherheit in der Nutzung von Lern- und Gedächtnisstrategien (z.B. Enkodierstrategien zur Abspeicherung neuer Informationen, Abrufstrategien, Organisationsstrategien und Elaborationsstrategien zur Bildung von Assoziationen zwischen verschiedenen Informationen) wird eine bewusste Kontrolle des Lern- und Abfrageprozesses weniger erforderlich. Dadurch wird funktionale Kapazität des Arbeitsgedächtnisses eingespart, wodurch mehr Informationen aufgenommen und verarbeitet werden können (siehe oben).

(4) Lernbereichsbezogenes Vorwissen

Lernbereichsspezifisches Vorwissen wirkt sich insofern günstig auf den Lern- und Gedächtnisprozess aus, als dass mit zunehmendem Vorwissen die funktionale Kapazität des Arbeitsgedächtnisses günstig beeinflusst wird. Dies ist darauf zurückzuführen, dass bereits „gelernte“ Informationen mit geringerem kognitivem Aufwand erneut verarbeitet werden müssen als „neue“ Informationen. Ferner können durch lernbereichsspezifisches Vorwissen zunehmend metakognitive Strategien genutzt werden und das Ausmaß von Lern- und Gedächtnisstrategien wird positiv beeinflusst.

Aus diesen lern- und gedächtnisleistungsrelevanten Faktoren ergeben sich folgende diagnostische Merkmale, die als Prädiktoren für Lern- und Gedächtnisleistungen herangezogen werden können: Kognitive Leistungsgeschwindigkeit, kognitiver Stil, Lernstil und Motivation.

Mit zunehmender kognitiver Leistungsfähigkeit können mehr Metakognitionen realisiert sowie häufiger Lern- und Gedächtnisstrategien genutzt werden. Eine höhere kognitive Leistungsfähigkeit geht zudem mit einem größeren funktionalem Arbeitsgedächtnis einher (Hasselhorn, 1995). Auswirkungen der kognitiven Leistungsfähigkeit auf die Lern- und Gedächtnisleistung sind insbesondere zu Beginn des Lernprozesses zu erwarten. Mit zunehmender Übung lässt dieser Einfluss nach (Stumpf, 2000). Ferner liegen homogene Befunde zum Einfluss der räumlichen Fähigkeit (engl.: „spatial ability“, eine der sieben primären mentalen Fähigkeiten; siehe Thurstone, 1938) auf die Benutzung von Software vor. So wird berichtet, dass räumliche Fähigkeiten positiv mit Navigationsleistungen in Menüsystemen korrelieren (Benyon, Crerar & Wilkinson, 2001).

Darüber hinaus wird angenommen, dass der sog. kognitive Stil (d.h. spezielle Präferenzen oder habituelle Strategien für eine Form der Informationsverarbeitung) die Lern- und Gedächtnisleistung beeinflusst. Diskutiert wird z.B. das Konstrukt der Feldabhängigkeit (Witkin und Mitarbeiter, z.B. 1954, 1972). Feldabhängige Personen werden in ihrer Wahrnehmung durch Umgebungsreize derart geleitet, dass eine vom umgebenden Feld unabhängige Wahrnehmungsleistung nicht gelingt (Hergovich & Hörndler, 1994). Hieraus ergibt sich die Konsequenz, dass Feldabhängige weniger effektiv lernen und über ein ineffizienteres Gedächtnissystem verfügen. Als weiterer kognitiver Stil werden Kontrollüberzeugungen (Rotter, 1955,

1966) genannt, die die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer bestimmten Handlungsalternative mitbestimmen. Nach Rotter (1966) wird die Auftretenswahrscheinlichkeit einer Verhaltensweise u.a. von den generalisierten Erwartungen einer Person bestimmt, ob ein bestimmtes Ereignis als Konsequenz dieser Verhaltensweise auftreten wird. Es wird unterschieden zwischen externalen und internalen Kontrollüberzeugungen. Als externe Kontrollüberzeugungen werden Handlungsergebnisse bezeichnet, die als abhängig von anderen Personen oder von zufälligen Einflüssen wahrgenommen werden. Dies heißt, dass Konsequenzen des Handelns von einer Person nicht als kontingent zum eigenen Verhalten oder zur eigenen Persönlichkeit wahrgenommen werden. Internale Kontrollüberzeugungen liegen vor, wenn die Ergebnisse der Handlungen einer Person als von der Person selbst abhängig wahrgenommen werden (d.h. Folgen des Handelns werden als kontingent zum eigenen Handeln wahrgenommen). Es ist noch unklar, inwiefern über den kognitiven Stil ein eigenes Konstrukt erfasst wird oder ob dieser nicht einfach ein intelligenzverwandtes Konstrukt ist, das durch die kognitive Leistungsfähigkeit einer Person gekennzeichnet werden kann (Hasselhorn, 1995).

Lernstile bzw. Lernfähigkeiten sind demgegenüber situationsunabhängige Präferenzen von Personen für eine bestimmte Lernstrategie. Während manche Personen insbesondere auf konzeptuelle Strategien (z.B. Kategorisierung von Informationen) beim Lernprozess zurückgreifen, benutzen andere Personen vor allem Personalisierungsstrategien (z.B. Verknüpfung von zu lernenden Inhalten mit persönlichen Erfahrungen) oder einfache Memorierstrategien (Schmeck, 1988). Lernstile werden (ähnlich wie kognitive Stile) als intelligenzverwandtes Konstrukt betrachtet und sind unter Umständen im Rahmen der Lern- und Gedächtnisforschung zu vernachlässigen (Hasselhorn, 1995).

Schließlich scheint die Motivation einer Person einen nicht unerheblichen Anteil sowohl an inter- als auch intraindividuellen Unterschieden in der Lern- und Gedächtnisleistung auszumachen. Als die Motivation beeinflussend ist zum einen die aktuelle Erregung einer Person (engl. „Arousal“) oder Stimmung zu nennen. Es wurde gezeigt, dass bei negativer Stimmung und (im schwächeren Maße) bei positiver Stimmung Einbußen in der Lern- und Gedächtnisleistung verursacht werden können. Als Ursache kommt die stimmungsbedingte Reduktion der funktional verfügbaren Arbeitsgedächtniskapazität in Frage. Die Motivation einer Person kann ferner durch lernbereichsrelevante kognitive Prozesse (z.B. Einstellungen gegenüber dem Lerngegenstand, wahrgenommene Selbstwirksamkeit der Person) und emotionale Prozesse (z.B. manifeste Ängstlichkeit dem Lerngegenstand gegenüber) bedingt sein. Hierzu liegen im Zusammenhang mit Lern- und Gedächtnisprozessen zurzeit keine umfassenden empirischen Untersuchungen vor (Hasselhorn, 1995).

Ferner werden folgende lern- und gedächtnisrelevante Personenmerkmale diskutiert, die nach aktuellem Wissensstand jedoch nicht als bedeutsam zu bewerten sind:

- **Lebensalter:**

Mit zunehmendem Alter kommt es in der Regel zu einer nachlassenden Geschwindigkeit in der Informationsverarbeitung (sog. General Slowing Hypothesis; Stump, 2000). Dementsprechend kann im höheren Alter eine Verlangsamung des Lern- und Gedächtnisprozesses festgestellt werden. Selbst bis ins hohe Lebensalter (achtes Lebensjahrzehnt) können jedoch kognitive Kompetenzen durch entsprechende Interventionsprogramme positiv beeinflusst werden, so dass auch Lern- und Gedächtnisleistungen weiterhin adäquat erbracht werden können. Lern- und Gedächtnisleistungen sind somit bis ins hohe Alter weniger alters- als vielmehr trainingsabhängig (Hasselhorn, 1995).

- **Geschlecht:**
Geschlechtsunterschiede im Bereich des Lernens und Gedächtnisses sind in der Regel sehr gering und nicht konsistent. Zu beachten ist lediglich eine Überlegenheit von Frauen bei verbalen Fertigkeiten, die sich auch in der Lern- und Gedächtnisleistung in entsprechenden Materialien niederschlägt (Hasselhorn, 1995). Dahingegen ist die Orientierung in Landkarten und im Gelände bei Männern besser und unabhängiger vom gegebenen Weg: Frauen merken sich Wege eher anhand von markanten Punkten (sog. Landmarks), während Männer Wege als Folge von Richtungsvektoren speichern (Bednorz & Schuster, 2002). Bei der HMI-Gestaltung werden Geschlechtsunterschiede hingegen als eher unbedeutend betrachtet (Benyon et al., 2001).
- **Persönlichkeitsmerkmale:**
Vorläufiger Natur sind momentan Aussagen zu den Auswirkungen von Persönlichkeitsmerkmalen auf Lern- und Gedächtnisleistungen. Diskutiert wird z.B. die Bedeutung von Extraversion, Introversion, Neurotizismus (d.h. emotionale Stabilität) und Ängstlichkeit (Hasselhorn, 1995; Stumpf, 2000). Es wurde gezeigt, dass Introvertierte zwar kurzfristig geringere Lernerfolge zeigen, langfristig jedoch erfolgreicher Lernen. Die dahinter liegenden kognitiven Prozesse sind noch nicht definiert.

Somit ergeben sich folgende diagnostische Kriterien, die als Prädiktoren für die Lern- und Gedächtnisleistung herangezogen werden können:

- **Personenmerkmale („Traits“):** Kognitive Leistungsfähigkeit, Kognitiver Stil, Lernfähigkeit, Motivation
- **Situationsmerkmale („States“):** Stimmung
- **Lernbereichsspezifisches Vorwissen**

Tabelle 2-1 zeigt beispielhaft eine Übersicht über ausgewählte Verfahren zum Einfluss von Personenmerkmalen auf die Lern- und Gedächtnisleistung.

2.7 Kompetenzerwerb für Menüsysteme als Forschungsgegenstand

Obwohl im Bereich der grundlagenorientierten Lern- und Gedächtnispsychologie bereits zahlreiche empirische Befunde vorliegen (für eine Übersicht: Bednorz & Schuster, 2002; Dörner & van der Meer, 1995; Edelmann, 1994; Lefrancois, 1994; Schermer, 1998), ist im Bereich des Kompetenzerwerbs für Menüsysteme bislang keine umfangreiche systematische Forschungsaktivität festzustellen. So liegt zurzeit keine empirische Studie vor, die diesen Aspekt der Systemevaluation systematisch untersucht. Weitere Studien befassen sich z.B. mit dem Erlernen von Bediensprachen, Textverarbeitungssystemen, Hypertexten oder Mobiltelefonen (z.B. Altmann, 1987; Kühn & Schmalhofer, 1987; Mitta & Packebusch, 1995; Naumann, Waniek & Krems, 2001; Nielsen, Freyr & Nymand, 1991), die jedoch nicht ohne weiteres auf den Kompetenzerwerb für Menüsystemen generalisierbar sind.

Tabelle 2-1: Übersicht über die beschriebenen Verfahren zur Erfassung des durch Nutzermerkmale bedingten Lernaufwands (links: Diagnostisches Kriterium, Rechts: Verfahren, in Klammern: Art der Verfahrensform nach Brähler, Holling, Leutner & Petermann, 2002).

Diagnostisches Kriterium	Verfahren
Kognitive Leistungsfähigkeit	Kognitive Leistungsgeschwindigkeit: Zahlen-Verbindungs-Test (Oswald & Roth, 1997; Test)
	Verbale Fähigkeiten: Gemeinsamkeiten (Untertest IST-2000R; Amthauer, Brocke, Liepmann & Beauducel, 2001; Test)
Kognitiver Stil	Kontrollüberzeugungen im Umgang mit Technik (BEIER, 1999; Fragebogen)
Lernfähigkeit	Räumliches Lernen: Stadtplan (Subtest Lern- und Gedächtnistest LGT-3; Bäuml, 1974; Test)
	Sprachliches Lernen: Türkisch (Subtest Lern- und Gedächtnistest LGT-3; Bäuml, 1974; Test)
	Verbale Merkfähigkeit (Grundmodul Merkaufgaben IST-2000R; Amthauer et al. 2001; Test)
	Multidimensionales Lernprofil (Paulus, 1999; Fragebogen)
Motivation	Einstellung gegenüber Computern (basierend auf Nickell & Pinto, 1986; Fragebogen)
	Computer-Angst (basierend auf Heinssen et al., 1987; Miller & Rainer, 1995; Fragebogen)
	Computer-Selbstwirksamkeit (basierend auf Murphy, Coover & Owen, 1989; Fragebogen)

Zusätzlich erweist es sich bei diesen Studien als problematisch, dass zumeist keine Prozessparameter (z.B. Lernfunktionen) untersucht, sondern vielmehr Ergebnisparameter dargestellt werden (d.h. Bearbeitungsdauer und Fehlerhäufigkeiten sowie -typen am Ende der Testphase bzw. Anzahl von Lerndurchgängen bis zum Erreichen eines Lernkriteriums). Eine Ausnahme hiervon ist Dutke (1988), der eine aus dem Umgang mit einem Textverarbeitungssystem resultierende Verschiebung der relativen Häufigkeiten der Fehlerarten berichtet. So zeigt er, dass Systemnovizen insbesondere Verwechslungs- und Ausführungsfehler begehen und einzelne Operationen auslassen, wohingegen bei Systemexperten ein Zuwachs an Systemerfahrung nicht mit einer absoluten Fehlerfreiheit einhergeht, sondern vielmehr der Anstieg korrigierter Fehler deutlich zunimmt. Eine umfassende Erhebung verschiedener Leistungsparameter (z.B. unter Einbezug von Prozessparametern, Blickverhalten, subjektive Beanspruchung der Probanden, psychophysiologische Verfahren) steht noch aus.

2.8 Zusammenfassung

Aus diesen Darstellungen ergeben sich einige Hauptannahmen zum Kompetenzerwerb für menügesteuerte Informationssysteme im Fahrzeug, die im Rahmen dieses Forschungsprojekts bearbeitet werden sollen. In Postulatform lauten diese Hauptannahmen:

- (1) Der Kompetenzerwerb für Informationssysteme folgt einem Potenzgesetz: Während zu Beginn des Systemkontakts mit einem starken Lerngewinn zu rechnen ist, wird dieser Lernzuwachs mit zunehmender Übung immer geringer.

- (2) Zu Beginn des Systemkontakts spielt die Genauigkeit der Bedienung eines Informationssystems eine zentrale Rolle. Mit zunehmender Übung im Umgang mit dem System gewinnt die Geschwindigkeit der Systembedienung an Bedeutung.
- (3) Der Kompetenzerwerb für Informationssysteme im Fahrzeug ist insbesondere zu Beginn des Systemkontakts sicherheitsrelevant. Mit zunehmender Übung im Umgang mit dem System nehmen mögliche Interferenzen zwischen Fahrzeugführung und Systembedienung ab.
- (4) Im Umgang mit einem Informationssystem werden begriffliche, räumliche und motorische Repräsentationen erworben, die den Kompetenzerwerb für Informationssysteme beeinflussen.
- (5) Nutzermerkmale wirken sich insbesondere zu Beginn des Systemkontakts aus.

Während sich die drei erstgenannten Arbeitshypothesen vor allem auf eine Beschreibung des Kompetenzerwerbs für menügesteuerte Informationssysteme im Fahrzeug beziehen, versuchen Hypothese 4 und 5 zu erklären, wodurch der Kompetenzerwerb bedingt bzw. optimiert sein kann.

Eine zentrale Bedeutung für eine Gestaltung von Informationssystemen unter dem Aspekt des Kompetenzerwerbs ist dabei die Annahme des Kompetenzerwerbs als multikodierten Prozess. Die Unterstützung der begrifflichen, räumlichen und motorischen Repräsentationen im Umgang mit einem Informationssystem sollte zu einem schnellen und erfolgreichen Kompetenzerwerb führen. Zugleich sollte die Erlernbarkeit eines Informationssystems bzw. der Kompetenzerwerb in einem solchen System über eine Analyse der Repräsentationen vorhersagbar sein.

3 EXPERTENGESPRÄCHE IN UNTERFRANKEN

3.1 Zielsetzung

Zunächst stellt sich die Frage, auf welche Art und Weise Nutzer in der alltäglichen Nutzung mit einem Informationssystem nach einem Fahrzeugwechsel (z.B. nach einem Fahrzeugkauf bzw. nach Übernahme eines Mietwagens) Kompetenzen im Umgang mit einem solchen System erwerben. Im Fahreralltag sind dabei zwei Situationen zu unterscheiden: (1) Wenn der Fahrer erstmals ein Informationssystem im Fahrzeug benutzt sowie (2) wenn er bereits mit einem Informationssystem umgegangen ist und nun den Umgang mit einem neuen System erlernen muss.

Da es im Rahmen des vorliegenden Projekts nicht möglich war, die alltägliche Nutzung von Informationssystemen über einen längeren Zeitraum zu untersuchen, wurden Gespräche mit im Autohandel tätigen Personen durchgeführt (sog. Expertengespräche). Somit war es möglich, Personen zu befragen, die sowohl als Experten in Umgang und Bedienung des Informationssystems des jeweiligen Fahrzeugherstellers gelten als auch im Kontakt mit Kunden das jeweilige Informationssystem erklären und bei Kundenfragen zur Verfügung stehen.

3.2 Vorgehen

3.2.1 Kontaktaufnahme

In einem ersten Schritt wurden im Dezember 2001 Autohäuser in Unterfranken ausgewählt, die für ein Expertengespräch in Frage kommen. Es wurde hierbei darauf geachtet, dass jeder Fahrzeughersteller in der befragten Stichprobe nur einmal vertreten war, dass die Autohäuser potenziell einen hinreichend großen Kundenkreis hatten, die an einem Fahrzeug mit Informationssystem interessiert waren, und dass die Anfahrtszeit zum Autohaus nicht länger als eine Stunde dauerte. Dabei ergaben sich insgesamt $N = 17$ Autohäuser in Unterfranken, mit denen schriftlich Kontakt aufgenommen wurde. Nach einem weiteren telefonischen Kontakt im Januar 2002 zeigten sich $N = 11$ Autohäuser als gesprächsbereit.

3.2.2 Ablauf und Inhalt

Zwischen Januar und Juni 2002 fanden die Expertengespräche in den Räumen der Autohäuser statt. Zu Beginn erfolgte eine Befragung der Personen, die sich bereit erklärt hatten, an den Gesprächen teilzunehmen (z.B. Geschäftsführer, Verkaufsleiter, Kundenberater). Es wurden folgende Themenkomplexe angesprochen:

- (1) Eigene Erfahrungen im Umgang mit dem System (Erst- und Langzeiterfahrung)
- (2) Erstkontakt des Kunden

- (3) Langzeiterfahrungen des Kunden
- (4) Lernrelevante Merkmale des Kunden
- (5) Erfahrungen mit dem Benutzerhandbuch
- (6) Verbesserungsvorschläge für das System unter dem Aspekt der Erlernbarkeit
- (7) Merkmale des thematisierten Systems

Bezüglich der Erfahrungen im Erstkontakt des Kunden wurde unterschieden zwischen

- (1) Empfehlungen seitens des Systemherstellers, wie der Erstkontakt zu gestalten ist,
- (2) dem tatsächlichen Ablauf des Erstkontakts und
- (3) dem idealen Ablauf des Erstkontakts, sofern die dafür nötigen Möglichkeiten verfügbar wären.

Die Gespräche wurden in Form eines halbstandardisierten Interviews durchgeführt. Anhand eines vom IZVW konzipierten Interview-Leitfadens, der eine Vielzahl für den Kompetenzerwerb relevante Fragen enthält, wurden o.g. Themenkomplexe angesprochen. Die Befragten hatten dabei die Möglichkeit, in freier, ungebundener Form auf die Fragen zu antworten.

Im Anschluss an die Befragung wurde das jeweilige Informationssystem in einem Vorführfahrzeug demonstriert. Dies geschah in der Regel durch die bereits zuvor befragten Personen, gegebenenfalls erfolgte dies durch einen weiteren Kundenberater des Autohauses. Es sollte das Informationssystem so demonstriert werden, wie dies auch im Rahmen eines Kundengesprächs erfolgt. Im Anschluss daran hatten die Interviewer die Gelegenheit, das System selbstständig zu explorieren. Sich dabei ergebende Probleme wurden mit der das System demonstrierenden Person besprochen (z.B. Bedeutung von Abkürzungen im System, Art der Systembedienung). Zusätzlich wurde diese Person gebeten, einige Systemfunktionen gezielt anzusteuern. Als Beispiel seien genannt: (1) Zielauswahl im Navigationssystem (z.B. „Wilhelma in Stuttgart“), (2) Neueingabe einer Telefonnummer im Adressenspeicher des Mobiltelefons (z.B. Thomas Meier, Tel. 0123 – 98765421) und (3) Veränderung der Anzahl zu empfangender Radiosender (z.B. Erweiterung des Senderspeichers von 5 auf 8 Sender).

Die Expertengespräche inkl. Systemdemonstration wurden von zwei Interviewern durchgeführt. Ein Interviewer leitete das Gespräch, während der zweite Interviewer Protokoll führte und evtl. ergänzende Fragen stellte. Die Gespräche dauerten zwischen 45 min und 2 Stunden.

3.2.3 Beschreibung der Stichprobe

Im Rahmen der Expertengespräche wurden $N = 11$ Autohäuser in Unterfranken besucht, die jeweils verschiedene Fahrzeughersteller repräsentierten. Es wurden die Informationssysteme folgender Fahrzeughersteller thematisiert: Audi, BMW, Alfa Romeo, Ford, Jaguar, Mercedes-Benz, Nissan, Opel, Porsche, Volkswagen und Volvo.

In 8 der 11 Autohäuser wurde nur eine Person einbezogen, die im Anschluss an die Befragung auch das System demonstrierte. Wie in Tabelle 3-1 zu sehen, waren dies in 6 von 8 Autohäusern deren Geschäftsführer, in 2 von 8 Häusern die Kundenberater. In zwei Autohäusern konnten zwei Personen befragt werden: In einem Autohaus wurden Geschäftsführer und Ver-

kaufsleiter gemeinsam, in einem Autohaus Geschäftsführer und Kundenberater getrennt voneinander befragt. In einem Autohaus standen in einem Gruppengespräch drei Personen zur Verfügung: ein Verkaufsleiter und zwei Kundenberater. Alle befragten Personen hatten mit dem jeweils betrachteten Informationssystem sowohl Erfahrung als Nutzer als auch Erfahrung im Umgang mit Kunden bezüglich einer Demonstration des Informationssystems.

Tabelle 3-1: Anzahl der an den Expertengesprächen teilnehmenden Personen in Abhängigkeit der Position im Unternehmen und Gesamtzahl der befragten Autohäuser.

		Anzahl Gesprächsteilnehmer		
		Eine Person	Zwei Personen	Drei Personen
Position	Geschäftsführer	6	2	0
	Verkaufsleiter	0	1	1
	Kundenberater	2	1	2
Anzahl Autohäuser		8	2	1

Die betrachteten Informationssysteme der genannten Fahrzeughersteller unterscheiden sich sowohl hinsichtlich Bedienphilosophie (z.B. Art, Anzahl und Positionierung der Bedienelemente vs. Sprachbedienung, Gestaltung und Positionierung des visuellen Displays) als auch hinsichtlich des Funktionsumfangs des Systems (z.B. Navigationssystem, Radio, TV, CD, Bordcomputer, Klimaanlage, Internetfähigkeit).

Alle Informationssysteme, die im Rahmen dieser Expertengespräche thematisiert wurden, greifen auf visuelle Displays zurück. Diese sind bei 10 von 11 Systemherstellern im mittleren bis oberen Bereich der Fahrzeugmittelkonsole lokalisiert, ein untersuchtes System ist ein nachrüstbares System, das unabhängig vom Fahrzeugtyp in den Radioschacht der Mittelkonsole eingebaut werden kann. 4 der 11 Systeme verfügen zusätzlich über ein kleines Display im Kombiinstrument. Dort werden beispielsweise die aktuellen Routenempfehlungen des Navigationssystems eingeblendet.

Auf Seiten der Bedienelemente wird zumeist auf konventionelle Bedienelemente, wie Dreh-/Drücksteller und Hardkeys, zurückgegriffen (8 von 11 Systemen). 3 dieser 8 Systeme verfügen zusätzlich über ein Multifunktionslenkrad, über das alternativ (zumindest teilweise) die Bedienung des Informationssystems erfolgen kann. Kreuzwippen werden in 3 von 11 Systemen verwendet. 3 Systeme unterscheiden sich dabei deutlich von den o.g. Systemen: Ein System wird über Hardkeys und eine Kreuzwippe an der Lenksäule bedient, die Bedienung eines weiteren Systems erfolgt ausschließlich über ein Bedienelement mit den Freiheitsgraden Drehen, Drücken und Schieben. Ein System wird über einen Touchscreen bedient, wodurch der Gebrauch von konventionellen Bedienelementen weitgehend wegfällt. 4 von 11 Systemen bieten dem Nutzer zusätzlich zur manuellen Bedienung eine Sprachbedienung an.

Neben der Bedienphilosophie unterscheiden sich die betrachteten Systeme hinsichtlich ihres Funktionsumfangs. Alle 11 Systeme beinhalten Funktionen eines Navigations- und Audiosystems, wobei der Leistungsumfang des jeweiligen Systems herstellerabhängig ist. Über 5 von 11 Informationssystemen kann mobil telefoniert, über 4 Systeme ferngesehen werden. Bei 5 Systemen kann auch die Klimaanlage des Fahrzeugs über das System geregelt werden. Ferner besitzen 6 Systeme Bordcomputer-Funktionen (z.B. Systemeinstellungen, Servicefunktionen, Reichweite). Letztendlich besitzen einige Systeme herstellereigenspezifische Funktionsbereiche.

3.3 Ergebnisse

3.3.1 Eigene Erfahrungen der Befragten

Wie Abbildung 3-1 links zeigt, berichten 9 der 11 Autohäuser, dass der erste Kontakt mit dem Informationssystem des Autohauspersonals aus einem selbstständigen Erkunden des Systems ohne fachkundige Einführung bestand. In der Regel wurde das System nach dem „Learning by doing“-Prinzip kennen gelernt. Nur ein Autohaus gibt an, dabei auch die Bedienungsanleitung des Systems hinzu gezogen zu haben. 2 der 11 Autohäuser nahmen an einer Schulungsmaßnahme des Fahrzeugherstellers zur Einführung des Systems teil.

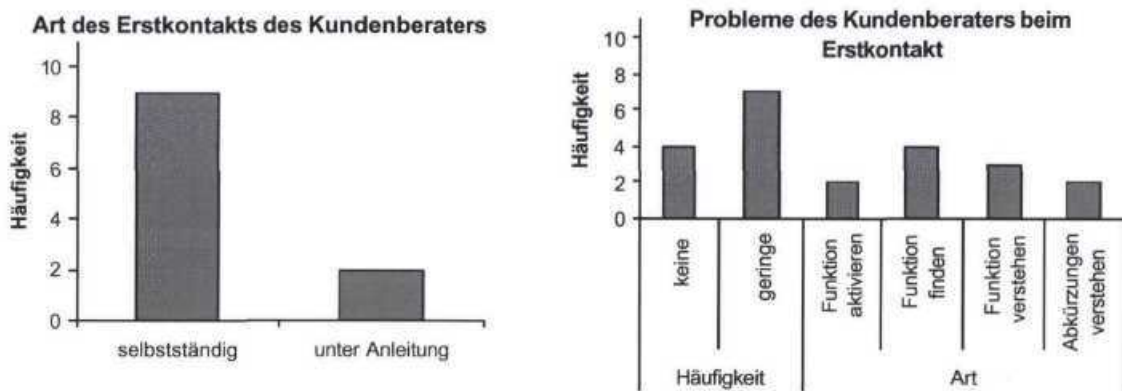


Abbildung 3-1: Art des Erstkontakts (links) bzw. Häufigkeit und Art der Probleme beim Erstkontakt des Kundenberaters mit Informationssystem (rechts; n = 11, Mehrfachnennungen möglich).

Unabhängig vom jeweiligen System geben die Autohäuser an, keine (4 von 11 Autohäusern) oder nur geringe Probleme (7 von 11 Autohäusern) mit dem jeweiligen System gehabt zu haben (siehe Abbildung 3-1 rechts). Falls Probleme im Umgang mit dem System berichtet werden, so tauchten bei je 2 Autohäusern anfänglich vereinzelt Probleme hinsichtlich der Aktivierbarkeit einzelner Funktionen („Wie kann man die Einstellung einer Funktion aktivieren/verändern/löschen?“) und der räumlichen Lokalisierung einzelner Funktionen („Wo finde ich die gewünschte Funktion?“) auf. Auch die mangelnde Verständlichkeit einzelner Funktionen (3 Autohäuser) bzw. von verwendeten Abkürzungen (2 Autohäuser) wurde bemängelt. Durch eine längere Exploration des Systems konnten diese Probleme überwunden werden (2 Autohäuser). Dementsprechend waren 9 von 11 Autohäusern nach eigenen Angaben nach dem ersten Kontakt mit dem jeweiligen Informationssystem beeindruckt und begeistert.

Im längerfristigen Kontakt mit dem System berichten 2 von 7 Autohäusern, die diesbezüglich Angaben machen, dass sie noch vereinzelt Probleme bei der Aktivierung (z.B. Einstellung der Telematik-Funktionen, Veränderung der Sitzeinstellung) bzw. dem Verständnis von Funktionen haben. Es werden keine weiteren Probleme bezüglich der Bedienelemente oder des Displays genannt. Ansonsten treten insbesondere Probleme im Umgang mit dem System auf, die spezifisch für das jeweilige System und zumeist technischer Natur sind.

Werden die Autohäuser gefragt, welche Aspekte des Systems sie nach längerem Kontakt besonders gut finden, werden vor allem technische, systemspezifische Systemmerkmale genannt (z.B. „Staufunktion ist im System integriert, die ich sehr schätze“). Mehrheitlich überwiegt

die Bewertung, insgesamt sehr zufrieden mit dem Informationssystem zu sein. Dabei ist zu beachten, dass einige Autohäuserangaben, das Informationssystem nicht in seiner gesamten Funktionalität zu nutzen und dass sie ihren Umgang mit dem System möglicherweise vor allem auf Systemfunktionen beschränken, mit denen sie besonders leicht umgehen können.

3.3.2 Fortbildung der Kundenberater und Vorgehen beim Erstkontakt des Kunden

Die Mehrheit der befragten Autohäuser gibt an, dass seitens der Hersteller keine Einschränkungen gemacht bzw. keine spezifischen Empfehlungen zum Vorgehen beim Erstkontakt des Kunden mit dem Informationssystem im Autohaus (z.B. beim Beratungsgespräch oder bei der Fahrzeugübergabe) gegeben werden. Wie aus Abbildung 3-2 links ersichtlich, wird bei 5 von 10 Autohäusern vom Systemhersteller kein spezielles Vorgehen, wie das Informationssystem dem Kunden nahe gelegt werden soll, definiert. 2 von 10 Autohäusern erhalten vom Systemhersteller grobe Richtlinien, wie das Beratungsgespräch ablaufen sollte. So gestalten die Autohäuser den Erstkontakt zumeist selbstständig im Rahmen der Fahrzeugpräsentation in einem Vorführwagen oder während einer Probefahrt bzw. bei der Fahrzeugübergabe. Nur je ein Autohaus erhält eine ausführliche Schulung der Kundenberater bzw. sowohl eine Schulung als auch umfangreiche Informationsmaterialien.

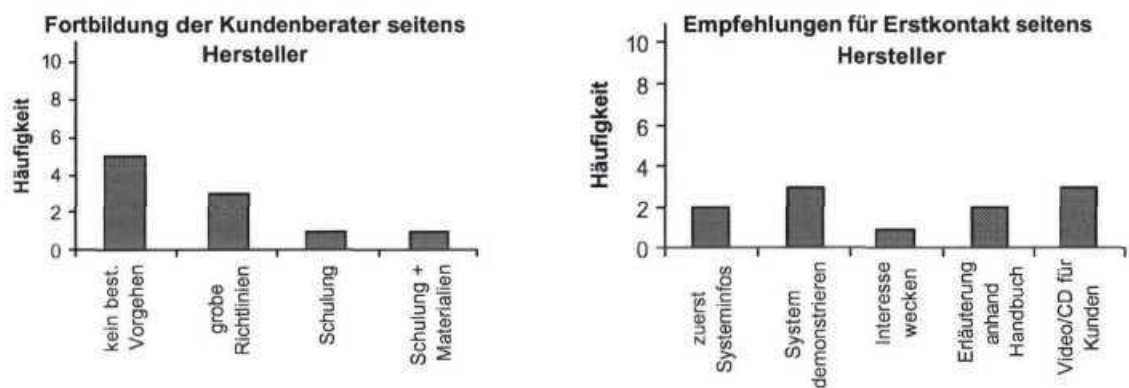


Abbildung 3-2: Fortbildung der Kundenberater (links) bzw. Empfehlungen für Erstkontakt seitens des Systemherstellers (rechts; $n = 10$, Mehrfachnennungen möglich).

Seitens der Systemhersteller wird empfohlen, zunächst allgemeine Informationen über das System zu geben (2 von 10 Autohäusern; siehe Abbildung 3-2 rechts) und anschließend dem Kunden einzelne Grundfunktionen des Informationssystems zu demonstrieren (3 von 10 Autohäusern) bzw. das Interesse des Kunden zu wecken (1 Autohaus). 2 Systemhersteller empfehlen eine Präsentation des Systems anhand des Handbuchs, was jedoch von den jeweiligen Autohäusern als nicht praktikabel beurteilt und daher nicht umgesetzt wird. 3 von 10 Herstellern stellen Informationsmaterialien (z.B. Lehr-Video, Lehr-CD-Rom, Broschüren) zur Verfügung, die den Kunden bereits vor der Fahrzeugübergabe zugeschickt werden.

Nach Angaben der befragten Personen informiert keiner der Hersteller über mögliche Probleme beim Erstkontakt des Kunden mit dem System oder empfiehlt eine Vorgehensweise, um diesen Problemen entgegenzuwirken. Somit werden seitens der Systemhersteller keine für den Kompetenzerwerb relevanten Informationen zur Verfügung gestellt und Empfehlungen für mögliche Probleme, die im Rahmen des Kundengesprächs auftreten können, gegeben.

3.3.3 Erfahrungen im Kundenkontakt mit dem System: Erstkontakt

Trotz fehlender Anleitungen seitens der Fahrzeughersteller gehen die befragten Autohäuser weitgehend ähnlich vor, um den Kunden das System nahe zu bringen (siehe Abbildung 3-3). 10 Autohäuser geben an, dass bei der Vorführung bzw. der Übergabe des Fahrzeugs zunächst der Kundenberater das System und seine Hauptfunktionen erklärt und demonstriert. Anschließend haben die Kunden die Möglichkeit, selbstständig das System zu bedienen sowie den Umgang mit dem System auszuprobieren. Die Kunden probieren dabei zumeist nur oberflächlich einzelne Funktionen des Systems aus (d.h. die Kunden erkunden das System nicht in seiner gesamten Tiefe und Breite). 3 von 10 Autohäusern berichten, dass die meisten Kunden die Möglichkeit, das System selbstständig zu bedienen, nicht nutzen. 2 Autohäuser betonen, dass sie vor der eigentlichen Demonstration des Informationssystems die allgemeinen Charakteristika des Systems kurz beschreiben.

In 9 von 10 Autohäusern findet dieser Erstkontakt in der Regel in einem Vorführfahrzeug im Autohaus statt. 4 von 10 Autohäusern empfehlen den Kunden einen Umgang mit dem Informationssystem während einer Probefahrt, die Informationssysteme sind jedoch zumeist kein expliziter Inhalt der Probefahrt. Die Informationssysteme werden im Rahmen der Fahrzeugvorführung bzw. -übergabe insgesamt ca. 30 min thematisiert.

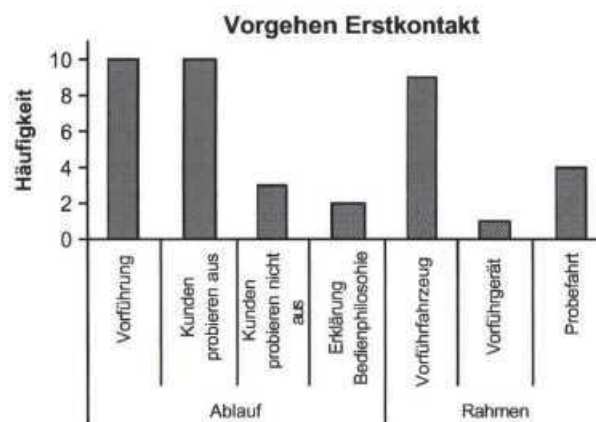


Abbildung 3-3: Vorgehen der Kundenberater beim Erstkontakt des Kunden mit Informationssystem ($n = 10$, Mehrfachnennungen möglich).

Beim Erstkontakt ergeben sich nur wenige Probleme seitens der Kunden im Umgang mit dem System (siehe Abbildung 3-4 links). Nur 4 von 11 Autohäusern sagen, dass überhaupt Probleme auftreten. Vorrangig sind dabei Probleme im Umgang mit dem Bedienelement (3 Autohäuser): Die Kunden bemängeln, dass für die Bedienung des Systems zu viele Knöpfe notwendig sind, der Dreh-/Drücksteller ist für viele Kunden nicht intuitiv bedienbar bzw. manche Kunden bemängeln, dass einige Bedienelemente verschiedene Funktionen haben können, je nachdem in welchem Systembereich man sich gerade befindet. Kundenprobleme mit Inhalten des Informationssystems (z.B. verstehen manche Kunden nicht alle Begriffe) berichtet nur ein Autohaus. 3 von 4 Autohäusern betonen jedoch, dass die genannten Probleme insbesondere Anfangsschwierigkeiten sind, die sich zum Teil bereits im Autohaus lösen lassen bzw. nicht weiter bedeutsam sind. 3 Autohäuser verneinen sogar explizit das generelle Auftreten von Kundenproblemen im Umgang mit dem System.

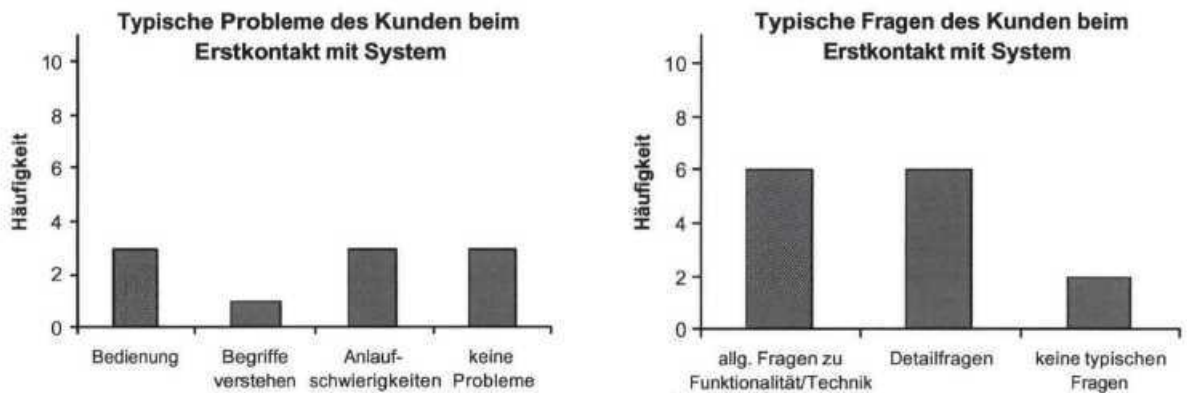


Abbildung 3-4: Typische Kundenprobleme (links; $n = 4$) bzw. Fragen des Kunden beim Erstkontakt mit System (rechts; $n = 10$, Mehrfachnennungen möglich).

Falls Kunden Fragen zum Informationssystem stellen, so sind dies zumeist allgemeine Fragen zu den Funktionalitäten bzw. technischen Aspekten des Systems (6 von 10 Autohäusern, ein Autohaus machte keine Angabe; siehe Abbildung 3-4 rechts). 6 Autohäuser berichten von spezifischen Detailfragen der Kunden zum Umgang mit dem System (z.B. „Welcher Schalter hat welche Funktion?“, „Wie gebe ich Adressen ein?“). Zwei Autohäuser sagen, dass es zum Informationssystem keine typischen Fragen ihrer Kundschaft gäbe. Dabei ist zu beachten, dass zwei Autohäuser explizit den Eindruck formulieren, dass manche Kunden sich nicht trauen, Unklarheiten bezüglich des Umgangs mit dem System zu klären bzw. weitergehende Fragen zum System zu stellen.

Nach den Angaben der Autohäuser berücksichtigen 10 von 11 Autohäusern beim Erstkontakt Merkmale des Kunden bei der Systemvorführung (d.h. sie variieren die Gestaltung der Vorführung des Informationssystems in Abhängigkeit von Kundenmerkmalen). Wie Abbildung 3-5 zeigt, wird von 6 Autohäusern gesagt, dass die Vorerfahrung der Kunden mit Informationssystemen desselben bzw. anderer Hersteller beim Erstkontakt sehr deutlich wird, 5 Autohäuser betonen die positive Wirkung von Kundenerfahrungen mit Computern oder Mobiltelefonen. 5 Autohäuser berücksichtigen zusätzlich das Alter der Kunden beim Erstkontakt, wobei 3 dieser 5 Autohäuser zugleich anmerken, dass die Erfahrungen der Kunden mit ähnlichen technischen Systemen für den Erstkontakt deutlich wichtiger sind als das Alter der Kunden. Ebenso wirkt sich eine positive Einstellung des Kunden gegenüber Informationssystemen (4 von 10 Autohäusern) bzw. die Bereitschaft des Kunden, ein solches System zu kaufen (4 von 10 Autohäusern) günstig auf den Erstkontakt aus. Das Geschlecht der Kunden wird nur von einem Autohaus als für den Erstkontakt relevant erachtet.

Dabei wird im Gespräch mit dem Kunden von keinem der befragten Autohäuser der Aspekt der „geringen Erlernbarkeit“ oder des „hohen Lernaufwandes“ thematisiert. Einhellig vertreten die Autohäuser die Position, dass dieser Aspekt gegen den Kauf des Informationssystems spräche und somit als Gegenargument beim Kauf eines solchen Systems, das zumeist nicht Bestandteil der Serienausstattung der Fahrzeuge ist, dienen könnte. Im schlimmsten Fall könnte die „geringe Erlernbarkeit“ bzw. der „hohe Lernaufwand“ als Argument gegen den Kauf des Fahrzeugs des jeweiligen Herstellers herangezogen werden. Daher vermeiden die Autohäuser eine entsprechende Diskussion soweit wie möglich.



Abbildung 3-5: Kundenmerkmale, die für den Erstkontakt mit Informationssystem entscheidend sind (n = 10; Mehrfachnennungen möglich).

Auf die Frage, wie der Erstkontakt des Kunden mit dem Informationssystem aussehen sollte, wenn weder finanzielle noch personelle Ressourcen eine Rolle spielen (d.h. wie sollte dieser Kontakt im günstigsten Fall aussehen), machen die Autohäuser unterschiedliche Angaben. 2 von 9 Autohäusern (2 Autohäuser machen keine Angaben) sagen, dass der Erstkontakt unverändert bleiben sollte, da das System bereits in seiner jetzigen Form optimal demonstriert wird. 2 Autohäuser würden mehr Zeit für das Informationssystem aufbringen (ca. 1 Stunde ausschließlich für die Demonstration des Informationssystems). Wie aus Abbildung 3-6 ersichtlich, wird von 2 Autohäusern eine Demonstration während einer Probefahrt mit einem Kundenberater gewünscht, was zurzeit nicht durchführbar ist. Da manchen Autohäusern zurzeit kein Vorführwagen mit dem jeweiligen System zur Verfügung steht, wünschen 2 Autohäuser entsprechende Fahrzeuge, die im Autohaus bleiben könnten, bzw. statische Demonstrationsäulen o.ä., an denen das Informationssystem fahrzeugungebunden präsentiert werden kann.

Vorteilhaft bewerten 3 Autohäuser die Einführung von interaktiven Lernprogrammen (z.B. für den Home-PC oder Car-PC; siehe Abbildung 3-6). Die Zusendung von Lernvideos bzw. von schriftlichen Systeminformationen betrachtet jeweils ein Autohaus als Möglichkeit, den Erstkontakt zu verbessern. 3 Autohäuser lehnen jedoch die Zusendung von Handbüchern oder anderen umfangreichen schriftlichen Informationen zum System ab.



Abbildung 3-6: Empfehlungen für den idealen Erstkontakt des Kunden mit dem System (n = 9, Mehrfachnennungen möglich).

Trainings oder Schulungen der Kunden im Umgang mit dem Informationssystem nach dem Fahrzeugkauf stoßen hingegen auf eine breite Ablehnung seitens der Autohäuser (siehe Abbildung 3-6). Während 3 von 11 Autohäusern keine Angaben zu dieser Maßnahme machen, lehnen 7 von 11 Autohäusern solche Maßnahmen ab. 3 Autohäuser empfehlen vielmehr einen intensiven individuellen Kundenkontakt, bei dem die Kunden bei auftretenden Fragen ihren Kundenberater kontaktieren. Ein Autohaus betont die Möglichkeit, im Rahmen von sog. Events im Autohaus den Umgang mit Fahrerinformationssystemen zu thematisieren. Da nach Angaben von 3 Autohäusern den Informationssystemen im Fahrzeug eine eher untergeordnete Rolle beim Fahrzeugkauf zukommt, würden diese generell nicht mehr Ressourcen in den Erstkontakt mit einem solchen System investieren.

3.3.4 Langzeiterfahrungen des Kunden mit dem System

7 von 9 Autohäusern (2 Autohäuser machten keine Angaben) erhalten Rückmeldung der Kunden über das Informationssystem des Fahrzeugs. Abbildung 3-7 links zeigt, dass bei 5 Autohäusern insgesamt eine positive Beurteilung des Systems überwiegt. Dennoch berichten 5 Autohäuser, dass nach Angaben der Kunden diese auch nach einem längerfristigen Umgang mit dem System noch Probleme beim Verstehen und Aktivieren einzelner Funktionen haben. 3 Autohäuser geben an, dass die Kunden Probleme mit der Sprachsteuerung des Systems haben, 2 Autohäuser nennen Kundenprobleme mit der Systemsoftware (z.B. eine zu geringe Geschwindigkeit, veraltete Navigations-CD).

Nach Einschätzung von 6 der 8 Autohäuser (3 Autohäuser machten keine Angaben) nutzen die Mehrzahl der Kunden auch nach einem längeren Umgang nur Ausschnitte der angebotenen Funktionen des Systems. Die Kunden aktivieren ausschließlich die Hauptfunktionen des Systems und wissen nicht, welche Funktionen das Informationssystem umfasst. Drei Autohäuser schätzen, dass die Kunden lediglich ca. 30 – 40% der gesamten Systemfunktionen nutzen. Lediglich zwei Autohäuser nehmen an, dass die vom System angebotenen Funktionen weitgehend genutzt werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die von diesen Autohäusern vertriebenen Systeme einen eher geringen Umfang möglicher Funktionalitäten beinhalten. Somit haben die Autohäuser insgesamt den Eindruck, dass die Kunden mit dem Informationssystem gut zurecht kommen, wobei sie es nicht in ganzer Tiefe und Breite nutzen.

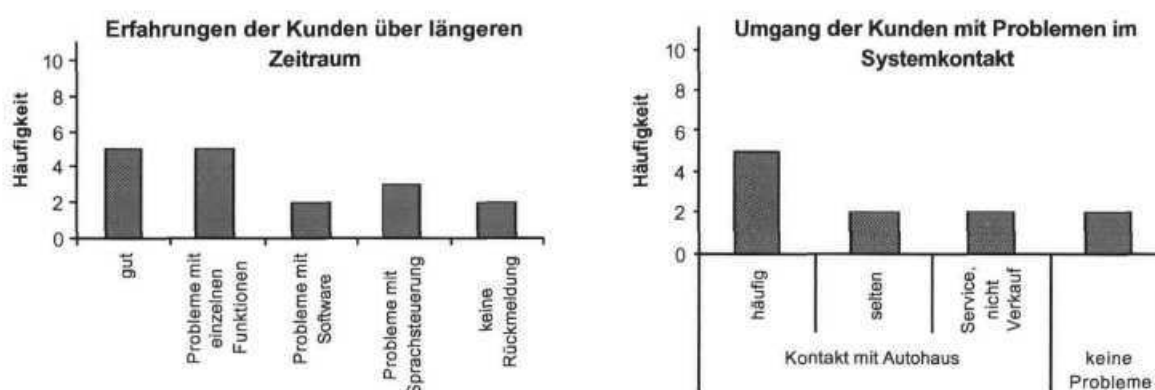


Abbildung 3-7: Kundenerfahrungen mit Informationssystem über längeren Zeitraum (links) bzw. Umgang der Kunden mit Problemen im Kontakt mit dem Informationssystem (rechts; $n = 9$, Mehrfachnennungen möglich).

Falls die Kunden Fragen zum Umgang mit dem System haben, wenden sie sich bei 7 von 9 Autohäusern (2 Autohäuser machen keine Angaben) an das Autohaus (siehe Abbildung 3-7 rechts). Dies kommt bei 2 Autohäusern jedoch nur selten vor. 2 Autohäuser geben an, dass die Kunden dabei in der Regel nicht den Kundenberater fragen, obwohl dieser bei Problemen mit dem System zuständig wäre, sondern zum technischen Dienst des Autohauses (z.B. Reparaturwerkstatt) oder zu befreundeten „Experten“ gehen. Die Autohäuser nehmen als Grund für dieses Verhalten an, dass es den Kunden unangenehm ist, nicht mit dem System umgehen zu können, da es vom Kundenberater zumeist zweimal (bei der Fahrzeugvorführung und -übergabe) demonstriert wurde. Nur zwei Autohäuser geben an, dass sich bislang kein Kunde wegen Problemen mit dem System an das Autohaus gewendet hat.

Damit übereinstimmend berichten einige Autohäuser, dass die meisten Kunden von sich aus keine Fragen zum Informationssystem stellen. Fragt hingegen der Kundenberater nach, wie die Kunden mit dem System zurecht kommen, wird zunächst die hohe Zufriedenheit mit dem System betont, anschließend werden jedoch weitergehende Fragen gestellt, die deutlich zeigen, dass die Kunden im Umgang mit dem System noch Probleme haben.

3.3.5 Lernrelevante Verbesserungsvorschläge für das System

Unter Berücksichtigung der eigenen Erfahrungen als Systemnutzer und der Erfahrungen im Kundenkontakt bewerten die Autohäuser das Informationssystem insgesamt eher positiv (siehe Abbildung 3-8). 8 von 10 Autohäusern (ein Autohaus machte keine Angaben) betonen die gute Bedienbarkeit des Systems, 3 Autohäuser die ergonomische Gestaltung der Bedienelemente bzw. 2 Autohäuser die Gestaltung der Displays. 2 Autohäuser loben ferner den Aufbau der Systemstruktur.

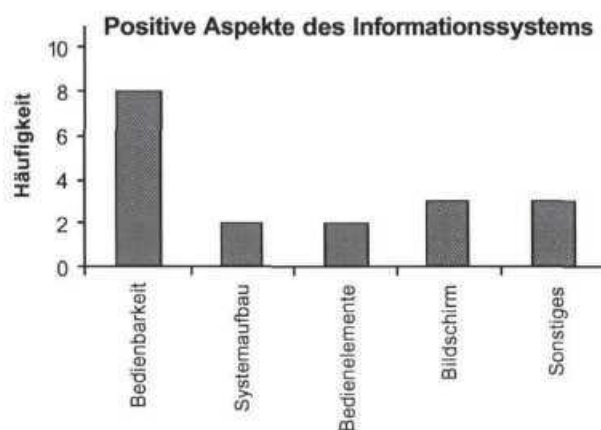


Abbildung 3-8: Zusammenfassende Bewertung des Informationssystems durch Autohäuser ($n = 10$, Mehrfachnennungen möglich).

Auf Seiten negativer Aspekte des Systems werden vor allem herstellereigene Systemmerkmale (z.B. zu langsame Software, schlechtes Handbuch, schlechte Sprachsteuerung) genannt. Damit einhergehend beziehen sich Verbesserungsvorschläge der Autohäuser vor allem auf technische Aspekte (z.B. im Navigationssystem sollten Ziele über Postleitzahlen eingegeben werden können, Bildschirm sollte größer sein) und/oder praktische Aspekte des Systems (z.B. Anzeige der kompletten Adressen im Navigationssystem, als Ergänzung zu den Handbüchern sollten Kurzanleitungen herausgegeben werden), die herstellereigentlich sind. Über-

greifende Verbesserungsvorschläge, die alle Systemhersteller gleichermaßen betreffen (z.B. Weiterentwicklung der Systembedienung in Richtung Sprachsteuerung, Einführung von Lenkradtasten in einem Multifunktionslenkrad), werden nur vereinzelt genannt.

3.3.6 Bedienungsanleitung

Bedienungsanleitungen für Informationssysteme im Fahrzeug spielen eine deutlich untergeordnete Rolle. Wie aus Abbildung 3-9 ersichtlich, wurde nur in einem Autohaus die Bedienungsanleitung beim Erstkontakt des Autohauspersonals mit dem System hinzugezogen. Selbst im weiteren Verlauf des Umgangs mit dem System bzw. im Kundenkontakt geben 6 von 11 Autohäusern an, noch nie in die Anleitung geschaut zu haben. 4 der 5 Autohäuser, die das Handbuch zumindest in Ausschnitten gelesen haben, sagen, das Handbuch gelegentlich zu benutzen. Sie bemängeln jedoch zugleich die zu hohe Komplexität und schlechte Verständlichkeit der Anleitung. 2 von 11 Autohäusern geben als Grund für Ihre Ablehnung an, dass der Aufwand, ein Handbuch zu lesen, zu groß sei. 5 von 11 Autohäusern sagen, dass die Handbücher zu viele für den Nutzer irrelevante Informationen vermitteln und schlecht verständlich sind. Ein Autohaus lobt darüber hinaus explizit die Einführung von Faltblättern als Kurzversion der Bedienungsanleitung mit den wichtigsten Informationen zum System.



Abbildung 3-9: Häufigkeit der Benutzung der Bedienungsanleitung durch die Kundenberater ($n = 11$) und geäußerte Kritik an Bedienungsanleitung ($n = 5$, Mehrfachnennungen möglich).

Hinsichtlich der Einschätzung durch die Autohäuser, ob die Kunden die Bedienungsanleitung nutzen, sind deutliche Unterschiede zwischen den befragten Autohäusern zu berichten. Während 4 von 11 Autohäusern angeben, dass Kunden bei Fragen bezüglich des Systems auf die Anleitung zurückgreifen, berichten zwei Autohäuser, dass der Kunde eher beim Kundenberater oder technischen Dienst des Autohauses nachfragt. Drei Autohäuser denken, dass Handbücher überhaupt nicht benutzt werden, können aber auch nicht einschätzen, was der Nutzer bei möglichen Fragen macht. Drei Autohäuser können nicht angeben, ob ihre Kunden die Bedienungsanleitung nutzen, da sie diesbezüglich keine Erfahrungen haben. Insgesamt sind die befragten Personen eher unsicher bei der Einschätzung, inwiefern Kunden die Bedienungsanleitung nutzen.

3.3.7 Qualität der Systembedienung durch den Kundenberater

Zum Abschluss der Expertengespräche und der Systemvorführung im Autohaus wurden 10 von 11 befragten Kundenberatern gebeten, einige von den Interviewern gestellte Aufgaben, die sich aus dem Umgang mit dem jeweiligen Informationssystem ergeben, zu erfüllen. Zum einen wurden einzelne Inhalte bzw. Abkürzungen des jeweiligen Systems abgefragt. Zum anderen wurden die befragten Personen gebeten, einige Systemfunktionen, die sie vorher in der Systemdemonstration nicht angesprochen hatten, gezielt anzusteuern.

In 6 von 10 Autohäusern konnte auch nach längerem Systemkontakt (z.T. mehrere Jahre) die gestellten Aufgaben nicht ohne weiteres gelöst werden. Im System verwendete Begriffe und Abkürzungen konnten häufig erst nach der gezielten Ansteuerung der damit verbundenen Funktion und nach dem Aufrufen des entsprechenden Systembildschirms erklärt werden. Die gestellten Aufgaben konnten teilweise nicht auf Anhieb richtig gelöst werden.

Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Kundenberater als Systemnutzer (ähnlich wie die Kunden des Systems) das Informationssystem nicht in seiner gesamten Funktionalität nutzen, sondern sich auf einige Systembereiche beschränken. Der Kundenberater demonstriert das System ohne große Variationsmöglichkeiten dem Kunden, ohne das Informationssystem in seiner Gesamtheit kennen und verstehen zu müssen. Die eingeschränkte Systemnutzung und die genannten Defizite im Umgang mit dem System legen die Interpretation nahe, dass sich Kundenberater von „gewöhnlichen Systemnutzern“, die regelmäßig mit dem Informationssystem umgehen, vor allem hinsichtlich der Dauer der Erfahrung in dem jeweiligen System unterscheiden, nicht jedoch hinsichtlich der Qualität der Systemerfahrung.

3.4 Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Die Expertengespräche in den Autohäusern machen deutlich, dass bestehende Informationssysteme im Rahmen der Fahrzeugdemonstration bzw. -übergabe zwar demonstriert werden, der Aspekt der Erlernbarkeit und der mit dem System verbundene Lernaufwand bleiben jedoch außen vor. Zwar messen die befragten Personen dem Kompetenzerwerb von Informationssystemen eine hohe Bedeutung bei, dies schlägt sich jedoch nicht im Kundenkontakt nieder. Da Informationssysteme im Fahrzeug letztendlich nur einen Teil des Fahrzeugs darstellen, werden diesen Systemen weder umfangreiche Aufmerksamkeit im Kundengespräch gewidmet noch mit dem System negativ verbundene Aspekte (wie z.B. deren Erlernbarkeit) thematisiert.

Im Rahmen des Erstkontakts mit dem System bedienen die Kunden zwar kurzzeitig das System, dieser Kontakt ist jedoch eher oberflächlich. Falls später im Umgang mit dem System Probleme auftauchen, werden diese in der Regel nicht über den Kundenberater geklärt. Vielmehr werden die Techniker der Autohäuser oder befreundete „Experten“ befragt. Selbst Instruktionmethoden zur Verringerung des Lernaufwandes, die den Kunden zur Verfügung gestellt werden, scheinen kaum genutzt zu werden.

Letztendlich zeigt sich, dass selbst Kundenberater, die Informationssysteme sowohl selbst im Fahrzeug nutzen als auch im Kundengespräch vorführen, nur Teile des Systems nutzen und auch (nach zum Teil langjähriger) System- und Beratungserfahrung noch Defizite im Umgang mit dem System aufweisen. Dies legt die Schlussfolgerung nahe, dass sich Kundenberater vor

allem im Umfang ihrer Systemerfahrung von „gewöhnlichen Systemnutzern“ unterscheiden, nicht hinsichtlich der Qualität ihrer Systemerfahrung und ihres Systemwissens. Somit wäre die Interpretation erlaubt, dass Kundenberater die Rolle eines „professionellen Kunden“ übernehmen: Sie gehen mit dem Informationssystem in ähnlicher Weise um und haben ein ähnliches Systemwissen wie Kunden, die seit längerer Zeit das System nutzen. Kundenberater unterscheiden sich im Umgang mit dem System insbesondere durch ihren Status als Verkäufer vom Kunden, der das System kauft.

Zusammenfassend kann die Kundenberatungssituation wie folgt charakterisiert werden:

- (1) Der mit einem Informationssystem verbundene Lernaufwand und mögliche Probleme bei der Erlernbarkeit werden seitens der Autohäuser nicht thematisiert.
- (2) Systembeschreibungen in Form von umfangreichen Bedienungsanleitungen werden vom Kunden nicht genutzt. Informationen, die den Einstieg in den Umgang mit dem Informationssystem erleichtern könnten (z.B. Lehr-Videos, Lehr-CD-Roms), werden vom Systemhersteller nicht hinreichend zur Verfügung gestellt.
- (3) Zugleich ist der Kontakt des Kunden mit dem Autohaus in der Regel nicht tragfähig genug, dass der Kunde bei Problemen auf seinen Kundenberater zugehen kann.
- (4) Selbst der Kundenberater besitzt nur eingeschränkte Kenntnisse über das Informationssystem. Im längerfristigen Kontakt mit dem System ist anzunehmen, dass sich Kunde und Kundenberater nur geringfügig voneinander unterscheiden. Aufgrund einer fehlenden systematischen Auseinandersetzung beider Gruppen mit dem Informationssystem nutzen sowohl Kunde als auch Kundenberater nur Ausschnitte des gesamten Informationssystems.

Vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse ist zu fordern, die Problematik des Kompetenzerwerbs von Informationssystemen im Fahrzeug so weit wie möglich in den Entwicklungsprozess des Systems vorzuziehen. Dies bedeutet, dass bereits im Prozess der Systementwicklung die Bedeutung des Kompetenzerwerbs des Systems insofern ergonomisch gelöst sein sollte, als dass mit minimalem Lernaufwand mit dem Informationssystem adäquat umgegangen werden kann. Falls weiterhin die Notwendigkeit besteht, den Kunden weitere Systeminformationen geben zu müssen, so sollte dies möglichst effizient und einfach (z.B. in Form kurzer interaktiver Lehr-Videos, Lehr-CD-Roms oder Lehrprogramme für den Home-PC oder Car-PC) geschehen. Dabei ist zu beachten, dass Informationssysteme im Fahrzeug zumeist von verschiedenen Personen bedient werden (z.B. verschiedenen Familienmitgliedern des primären Nutzers des Fahrzeugs). Daher sollten, falls überhaupt Instruktionmethoden notwendig sind, diese mit für den Nutzer minimalem Aufwand durchgeführt werden können.

4 RAHMENKONZEPT UND VORGEHEN DES PROJEKTS

4.1 Rahmenkonzept des Projekts

Im Rahmen der Literaturübersicht wurden verschiedene Hauptannahmen zum Kompetenzerwerb für menügesteuerte Informationssysteme im Fahrzeug abgeleitet, die in diesem Forschungsprojekt bearbeitet werden sollen (siehe auch Kap. 2.8). Drei Annahmen beziehen sich einerseits auf eine Beschreibung des Kompetenzerwerbs für menügesteuerte Informationssysteme im Fahrzeug:

- (1) Der Kompetenzerwerb für Informationssystem folgt einem Potenzgesetz.
- (2) Es kommt zu einer Veränderung der Bedeutung von Genauigkeit und Geschwindigkeit für die Systembedienung in Abhängigkeit des Lernstatus.
- (3) Der Kompetenzerwerb ist insbesondere zu Beginn des Systemkontakts sicherheitsrelevant.

Weitere Annahmen versuchen zu erklären, wodurch der Kompetenzerwerb bedingt ist bzw. wie der Kompetenzerwerb optimiert werden kann. Ebenfalls auf diesen Annahmen fußt das Rahmenkonzept für die experimentellen Anordnungen dieses Forschungsprojekts. In Postulatform lauten diese Hauptannahmen:

- (1) Beim Kompetenzerwerb ist zwischen einem Aufbau, einer Verstärkung und einem Abbau des Nutzerwissens zu unterscheiden.
- (2) Der Kompetenzerwerb ist ein multikodiertes Geschehen, bei dem semantische, räumliche und motorische Wissensstrukturen erworben werden.
- (3) Der Kompetenzerwerb wird beeinflusst durch inter- und intraindividuelle Nutzermerkmale.

Im Folgenden sollen die drei letztgenannten Grundannahmen kurz dargestellt werden. Ergonomische Kriterien, die z.B. als Gestaltungsgrundsätze in ISO-Normen eingeführt (z.B. DIN EN ISO 13407,1999; EN ISO 9241-10, 1996) und deren Umsetzung in Ergonomieleitfäden (z.B. Burmester, 1997; Department of Defense United States of America, 1989; Mejdal, McCauley & Beringer, 2001; Smith & Mosier, 1986) erwähnt werden, werden im Rahmen dieses Untersuchungskonzepts nur insoweit verfolgt, als sie in inhaltlichen Zusammenhang zur Frage des Kompetenzerwerbs gebracht werden können.

4.1.1 Unterscheidung zwischen Aufbau, Verstärkung und Abbau des Nutzerwissens

Beim Umgang mit einem Informationssystem sind mindestens drei Arten von Lernprozessen wirksam. Diese sind:

- (1) Lernprozesse zum Aufbau von neuen Wissensstrukturen,
- (2) Lernprozesse zur Verstärkung bestehender Wissensstrukturen und

- (3) Lernprozesse zum Abbau vorhandener falscher oder unangepasster Wissensstrukturen, die ein „Verlernen“ bestehenden Wissens notwendig machen.

Bei der Entwicklung von Informationssystemen sollte das Vorwissen der Nutzer insofern berücksichtigt werden, dass möglichst auf bereits bestehende Wissensstrukturen der Systemnutzer zurückgegriffen wird bzw. dass neue Inhalte nicht in Widerspruch mit bestehenden Wissensstrukturen stehen. Bei Systeminhalten, für die kein Vorwissen zu erwarten ist, sollten demgegenüber Inhalte hinzugezogen werden, die weitgehend selbsterklärend sind und optimal in bereits bestehende Wissensstrukturen integriert werden können. Dazu ist es notwendig, Testverfahren zu entwickeln, mit denen zu lernende Inhalte von bereits gelernten Inhalten unterschieden bzw. bestehende Wissensstrukturen untersucht werden können.

Dieser Grundannahme kommt insofern besondere Bedeutung für den Kompetenzerwerb für Informationssysteme zu, als dass vor allem zu Beginn des Systemkontakts ein Überblick über die begriffliche Inhaltsstruktur gewonnen wird und erst anschließend begriffliche Unterbegriffs-Overbegriffs-Relationen erlernt werden. Dieser anfängliche Überblick über eher globale semantische Aspekte des Menüsystems führt zu einer hohen Lerneffizienz zu Beginn des Kompetenzerwerbs (für eine ausführlichere Darstellung siehe Kap. 2.5.1).

4.1.2 Mehrfachkodierung von Wissen

Beim Umgang mit Informationssystemen werden verschiedene Repräsentationsformen als Abbild der Realität konstruiert. Diese sind:

- Begriffliche Repräsentation
- Räumliche Repräsentation
- Motorische Repräsentation

Zu Beginn des Systemkontakts wird ein Überblick über die begriffliche Inhaltsstruktur gewonnen und anschließend spezifische Wissensstrukturen über das jeweilige System erworben, wie z.B. die begriffliche Zuordnung von Unterbegriffen zu Begriffen übergeordneter Menüebenen. Zusätzlich werden auch räumliche Repräsentationen im Sinne „visueller Vorstellungsbilder“ über das System angeeignet (z.B. „Das Telefon ist im oberen Bereich des Systems zu finden.“). Zugleich wird erlernt, welche unmittelbaren Konsequenzen auf Seiten des Menüsystems mit den eigenen Handlungen einhergehen. Im Rahmen einer (Teil-) Automatisierung des Umgangs mit dem Informationssystem werden schließlich sensumotorische Programme erworben (z.B. „Um zum Telefon zu gelangen, muss ich 3 mal runter und 2 mal rechts gehen“). Es findet somit eine Mehrfachkodierung der Lerninhalte statt (für eine ausführliche Darstellung siehe Kap. 2.5).

Daraus ist abzuleiten, dass sich der Lernaufwand eines Informationssystems über jeden der genannten Aspekte mitbestimmt: Sowohl die semantische Struktur des Systems als auch dessen räumliche und motorische Aspekte beeinflussen den Lernaufwand und sind für mögliche Lernprobleme mitverantwortlich. Zusätzlich ergibt sich, dass die Förderung einer Mehrfachkodierung mit einer höheren Lernleistung einhergeht.

4.1.3 Interaktion mit Nutzermerkmalen

Zusätzlich sind intra- und interindividuelle Unterschiede für den Kompetenzerwerb für Informationssysteme zu beachten, d.h. die Abhängigkeit des Kompetenzerwerbs von Nutzermerkmalen. Zusammenfassend scheinen vor allem vier Faktoren für interindividuelle Unterschiede (d.h. Unterschiede zwischen den Personen) der Lern- und Gedächtnisleistungen verantwortlich zu sein: Kapazität des Arbeitsgedächtnisses, Metakognitive Strategien (z.B. Planung, Überwachung und Regulation des Lernprozesses), Lern- und Gedächtnisstrategien (z.B. Enkodier- und Abrufstrategien, Organisations- und Elaborationsstrategien) sowie Lernbereichsbezogenes Vorwissen (für eine ausführliche Darstellung siehe Kap. 2.6).

Aus diesen lern- und gedächtnisleistungsrelevanten Faktoren ergeben sich drei Merkmale von Nutzern, die als Prädiktoren für die Lern- und Gedächtnisleistung herangezogen werden können. Diese sind:

- Kognitive Leistungsfähigkeit,
- Lernfähigkeit und
- Motivation des Nutzers.

Im Rahmen dieses Projektes soll geprüft werden, inwiefern sich diese oder ähnliche Nutzermerkmale auf den Kompetenzerwerb für Informationssysteme im Fahrzeug auswirken.

4.2 Empirische Studien: Übersicht

Aus diesem Rahmenkonzept ergibt sich ein umfangreiches Forschungsprogramm, das im Projekt „Kompetenzerwerb für Informationssysteme“ realisiert wird. In Absprache mit der FAT e.V. und BASt werden dabei keine bestehenden menügesteuerten Informationssysteme untersucht. Vielmehr sollten eigene, zum Teil hypothetische Menüsysteme konstruiert und hinsichtlich verschiedener Fragestellungen bewertet werden. Hierdurch wird es möglich, das Bedienverhalten der lernenden Person (z.B. Bedienzeiten, Bedienfehler, Pausenzeiten) vollständig erfassen und bewerten zu können.

Im ersten Projektteil wurden hypothetische Menüsysteme konstruiert, im zweiten Projektteil unter Abstraktion bestehender marktüblicher Informationssysteme fahrkontextnahe Systeme entwickelt. Tabelle 4-1 gibt einen Überblick über die durchgeführten Studien mitsamt deren inhaltlicher Zielsetzung.

Auf Seite der hypothetischen Informationssysteme wurde z.B. der Kompetenzerwerb in einem selbsterklärenden, begrifflich weitgehend eindeutigen System eines Raumschiffs untersucht. Vorteil eines solchen Raumschiff-Systems ist, dass lernrelevante Faktoren des Menüsystems unter Konstanzhaltung weiterer Systemvariablen (z.B. Systembreite und -tiefe) experimentell variiert werden können. Als Rahmenszenario wurden sog. Raumschiff-Missionen entwickelt, in denen der Proband als Raumschiff-Kapitän in einem Menüsystem navigieren sollte. Es fanden Versuche mit zwei verschiedenen Raumschiff-Systemen statt.

Um den Kompetenzerwerb in fahrkontextnahen Informationssystemen und die Auswirkungen des Kompetenzerwerbs auf die Fahrsicherheit zu untersuchen, wurden in einem weiteren Schritt drei fahrkontextnahe Informationssysteme konstruiert. Hierzu wurden marktübliche

PKW-Informationssysteme analysiert und prototypische Informationssysteme für Fahrzeuge konzipiert. Hieraus ergaben sich verschiedene Systeme, die sowohl unter „Single Task“-Bedingungen (z.B. an einem Bildschirmarbeitsplatz, im stehenden Fahrzeug) als auch unter „Dual Task“-Bedingungen (z.B. während der Fahrt) empirisch überprüft wurden. Zwei dieser Studien wurden in einer Fahrsimulation ohne Bewegungssystem durchgeführt (Primäraufgabe: Trackingaufgabe), die dritte Studie in der Fahrsimulation mit Bewegungssystem des Würzburger Instituts für Verkehrswissenschaften (WIVW; Primäraufgabe: Befahren eines Landstraßen-Parcours).

Als sog. Basissystem wurde ein System sinnloser Silben (d.h. ein Menüsystem ohne bedeutungshaltigen Informationen) eingeführt, das unter „Single Task“-Bedingungen bedient wurde. Mittels dieses Systems sollte es möglich werden, Lernprozesse, die sich aus sprachlichen Merkmalen eines Informationssystems ergeben, abschätzen zu können.

Tabelle 4-1: Übersicht über Studien mit hypothetischen Informationssystemen (oben) bzw. fahrkontextnahen Informationssystemen (unten). In der linken Spalte sind Studientitel, in der rechten Spalte die inhaltlichen Fragestellungen angegeben.

Hypothetische Menüsysteme	
„Raumschiff-System I“	Darstellung des Lernprozesses (u.a. Definition von Parametern zur Bediengeschwindigkeit und Bedienqualität) Begriffliche Repräsentation: Eindeutigkeit von Begriffen und Bedeutung Räumliche Repräsentation: Aufbau und Bedeutung Motorische Repräsentation: Erlernen des Bedienmodells
„Raumschiff-System II“	Stabilität des Lernens Begriffliche Repräsentation: Einfluss von Vorwissen
„System sinnloser Silben“	Begriffliche Repräsentation: Erkennen des Bedeutungsfeldes und Erlernen von begrifflichen Hierarchien
Fahrzeugnahe Menüsysteme	
„Bedienmodell“	Auslegung der Systembedienung und -darstellung Motorische Repräsentation: Aufbau und Bedeutung Vergleich „Single Task“- mit „Dual Task“-Bedingung
„Menüstruktur“	Menüstruktur Räumliche Repräsentation: Abhängigkeit von Menüstruktur Motorische Repräsentation: Sensumotorische Optimierung Kognitiver Aspekt des Kompetenzerwerbs Vergleich „Single Task“- mit „Dual Task“-Bedingung
„Alter und Vorwissen“	Kompetenzerwerb im Alter und mit Vorwissen Vergleich „Single Task“- mit „Dual Task“-Bedingung

5 ABBILDUNG DES KOMPETENZERWERBS

Im Folgenden wird auf eine Studie eingegangen, in der der Umgang mit einem menügesteuerten Informationssystem unter „Single Task“-Bedingungen (d.h. an einem Bildschirmarbeitsplatz) untersucht wurde. Diese Studie verfolgte zwei Ziele: Zum einen wird versucht, den Kompetenzerwerb in einem Menüsystem abzubilden, zum anderen, die Bedeutung der begrifflichen, räumlichen und motorischen Repräsentation für den Kompetenzerwerb hervorzuheben. An dieser Stelle soll ausschließlich auf die erste Fragestellung, der Abbildung des Kompetenzerwerbs in einem menügesteuerten Informationssystem, eingegangen werden. Für eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse zur Bedeutung von kognitiven Repräsentationen für den Kompetenzerwerb sei auf Kap. 6.2 verwiesen.

Hierzu wurde der Kompetenzerwerb in einem selbsterklärenden, begrifflich weitgehend eindeutigen System untersucht. Um lernrelevante Faktoren des Menüsystems unter Konstanzhaltung weiterer Systemvariablen (z.B. Systembreite und -tiefe) experimentell variieren und das Verhalten der lernenden Person vollständig erfassen zu können, wurde ein hypothetisches Menüsystem gestaltet. Als Rahmenszenario wurden sog. Raumschiff-Missionen entwickelt, in denen der Proband als Raumschiff-Kapitän in einem Menüsystem navigieren sollte.

5.1 Methodisches Vorgehen

5.1.1 Beschreibung des Menüsystems

Das verwendete Menüsystem besteht aus drei Menüebenen, die sich jeweils aus bis zu acht Menübereichen zusammensetzen. Auf der ersten Ebene befinden sich beispielsweise acht Menübereiche: Kommunikation, bemannte Schiffe, unbemannte Schiffe, Energie, Abwehrsystem, Antrieb, bewohnte Decks und unbewohnte Decks. Insgesamt enthält das System 122 ansteuerbare Menüfunktionen. Die Navigation innerhalb des Systems erfolgt über einen Joystick, die Auswahl einer Menüfunktion auf der dritten Menüebene über eine Auswahl-Taste (siehe Abbildung 5-1).

Die Probanden sollen sich vorstellen, der Kapitän eines Raumschiffs zu sein, der im Rahmen sog. Missionen das Menüsystem bedienen soll. Ihre Aufgabe besteht darin, eine Menüfunktion (z.B. „Warpantrieb abbremser“) möglichst schnell und präzise anzusteuern. Nach dem erfolgreichen Ansteuern einer Menüfunktion wird eine neue Aufgabe gegeben. Steuert der Proband einen falschen Menüpunkt an, so wird ein sog. Falsch-Bildschirm eingeblendet, auf dem die anzusteuernde Funktion noch einmal genannt wird. Im Anschluss muss die richtige Menüfunktion ausgewählt werden. Vergisst der Proband, welche Menüfunktion er ansteuern soll, kann er über einen Hilfe-Knopf einen Bildschirm aufrufen, auf dem die anzusteuernde Menüfunktion genannt ist.



Abbildung 5-1: Arbeitsplatz des Probanden.

Das Menüsystem läuft über einen PC, der das System berechnet und Informationen zur aktuellen Position im Menü sowie zur Art und Geschwindigkeit der Bedienung mit einer Frequenz von 100 Hz aufzeichnet. Zur Beschreibung der Bediengeschwindigkeit des Menüsystems werden u.a. die Zeitdauer, in dem sich die Probanden im Menüsystem selbst befinden (sog. Navigationszeit), die Mittleren Schrittdauern und die mittlere Dauer der Darbietung des Instruktionsbildschirms (sog. Instruktionsdauer) abgeleitet. Um die Bedienqualität zu bestimmen, werden Häufigkeiten von insgesamt 80 verschiedenen Fehlern und des Aufrufens des Hilfebildschirms untersucht. Zur Charakterisierung der relativen Häufigkeit von Fehlern im Umgang mit dem Menüsystem wird der Parameter „Überflüssige Wegstrecke“ definiert. Hierzu wird die Anzahl tatsächlich gegangener Schritte ins Verhältnis zur Anzahl notwendiger Schritte gesetzt.

5.1.2 Versuchsdurchführung

Der Versuch fand an zwei Terminen im Abstand von acht Tagen statt. $N = 28$ Probanden (11 weiblich, 17 männlich) im Alter von 20 bis 37 Jahren (durchschnittliches Alter: 26 Jahre) nahmen an der Experimentalbedingung teil. Während jeder Sitzung wurden je drei Blöcke der Navigationsaufgabe (sog. Missionen) vorgegeben. Pro Mission wurden zwischen 40 und 58 Menüfunktionen angesteuert. Vor Beginn der letzten Mission in Sitzung 2 (Mission 6) wurden die räumlichen Positionen der Systeminhalte umsortiert. Beide Sitzungen dauerten jeweils ca. 90 Minuten. Abbildung 5-2 veranschaulicht den Ablauf der zwei Sitzungen.

Nach jeder Mission wurden die Probanden hinsichtlich ihrer Aufmerksamkeit, Anstrengung und Systembeherrschung beim Umgang mit dem Menüsystem befragt. Hierzu wurde die 15stufige Kategorienunterteilungsskala herangezogen (Heller, 1985). Diese Skala beruht auf einem zweistufigen Verfahren, bei dem in einem ersten Schritt eine von fünf verbalen Hauptkategorien gewählt werden soll (z.B. sehr wenig, wenig, mittel, stark, sehr stark), um anschließend innerhalb der gewählten Kategorie stärker zu differenzieren. Hierzu ist jede Kategorie nochmals 3-fach unterteilt. Hieraus ergibt sich eine 15stufige Skala.

Am Ende von Sitzung 1 und Sitzung 2 sowie zu Beginn von Sitzung 2 wurden zusätzlich eine einfache Wahlreaktionsaufgabe (Erfassung des begrifflichen Wissens) und eine Visuelle Analogskala (Erfassung des räumlichen Wissens) vorgegeben (für eine ausführliche Darstellung

der Verfahren und der entsprechenden Ergebnisse siehe unter Kap. 6.2). Jede Sitzung dauerte ca. 90 min. Um die Eindeutigkeit der begrifflichen Hierarchien zu bestimmen, nahmen zusätzlich n = 13 Probanden (12 weiblich, 1 männlich, 20 - 24 Jahre) an einer Kontrollbedingung teil, die nur aus der Wahlreaktionsaufgabe bestand. Die Probanden der Kontrollgruppe hatten keinen weiteren Kontakt mit dem untersuchten Menüsystem.

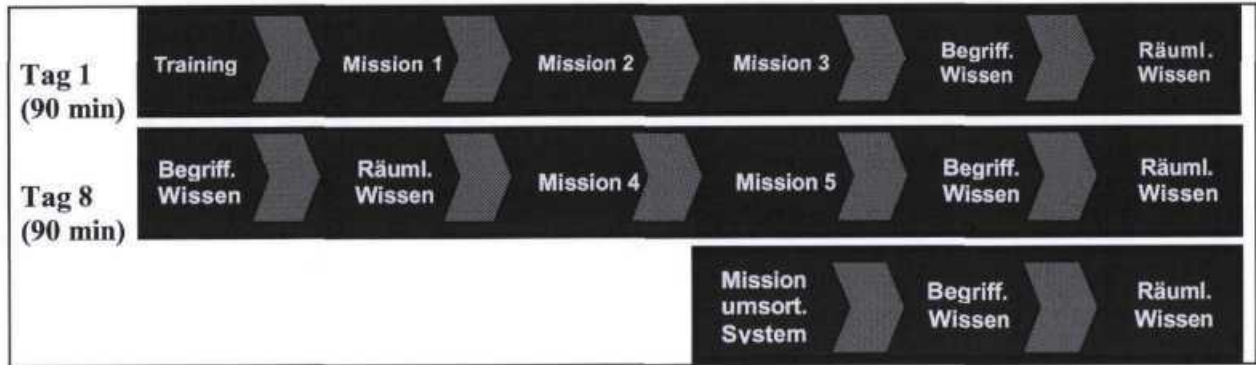


Abbildung 5-2: Versuchsablauf für Experimentalgruppe in Sitzung 1 (Tag 1, oben) und Sitzung 2 (Tag 8, Mitte und unten; „Begriff. Wissen“ Begriffliches Wissen, „Räuml. Wissen“ Räumliches Wissen, „Mission umsort. System“ Mission mit umsortiertem System).

In einer zusätzlichen Sitzung (Dauer: ca. 30 min) bearbeiteten die Probanden eine psychodiagnostische Testbatterie (siehe Kap. 5.1.3), in der u.a. die kognitive Verarbeitungsgeschwindigkeit, das lernbereichsspezifische Vorwissen und das Technikinteresse erfasst wurden.

5.1.3 Nutzermerkmale

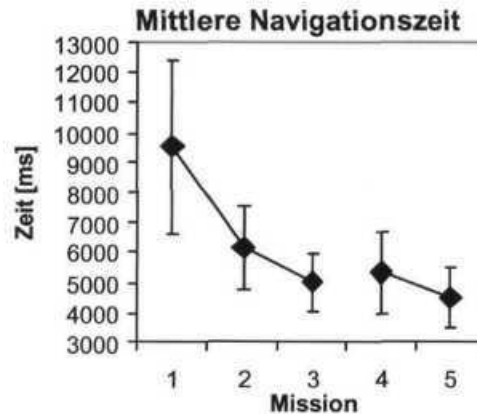
Zusätzlich bearbeiteten die Probanden nach Beendigung der Versuchsreihe eine psychodiagnostische Testbatterie. Hierbei wurden lern- und gedächtnisrelevante Merkmale erfasst, die sich im Rahmen einer Literaturstudie als bedeutsam erwiesen haben (siehe Kap. 1.4). Zu diesen psychodiagnostischen Kriterien zählen u.a. das lernbereichsspezifische Vorwissen, Interesse an und Einstellung gegenüber technischen Geräten und die kognitive Verarbeitungsgeschwindigkeit. Während das Vorwissen über Angaben zur Erfahrung mit und zum Wissen über Science-Fiction, Mobiltelefone, Computer, Videospiele, technische Geräte etc. abgefragt wurde, erfolgte die Erfassung des Interesses an und die Einstellung gegenüber technischen Geräten über Einstellungs- und Interessensaussagen bezogen auf Mobiltelefone, Computer, Internet, technische Geräte, technischer Fortschritt etc. Als diagnostisches Verfahren zur Bestimmung der kognitiven Verarbeitungsgeschwindigkeit wurde der Zahlen-Verbindungs-Test (ZVT; Oswald & Roth, 1997) durchgeführt.

5.2 Ergebnisse

5.2.1 Bediengeschwindigkeit, Bediengüte und Speed-Accuracy-Trade-Off

Im Umgang mit einem Menüsystem ergibt sich ein ähnlicher Lernverlauf, wie durch das Potenzgesetz der Übung vorhergesagt (siehe Kap. 1.2). Wie Abbildung 5-3 zeigt, benötigen die Probanden in Mission 1 durchschnittlich 9514 ms zur Navigation im Menüsystem, in Mission 5 hingegen nur noch 4485 ms. Dies entspricht einer Verringerung der Mittleren Navigations-

zeit um ca. 53 %. Dabei beschleunigt sich die Systembedienung zu Beginn des Systemkontakts (Mission 1 und 2) sehr stark, wohingegen mit zunehmender Übung dieser Leistungsgewinn immer geringer wird (z.B. von Mission 2 zu Mission 3 bzw. von Mission 4 zu Mission 5). Das erzielte Leistungsniveau in der Mittleren Navigationszeit ist nach Mission 3 hinreichend stabil, so dass die neuen Aufgaben nach einer Woche Pause in Mission 4 ähnlich schnell bearbeitet werden können. Zusätzlich fällt auf, dass mit zunehmender Übung die Variabilität zwischen den Probanden immer stärker abnimmt. Während in Mission 1 noch eine mittlere Standardabweichung zwischen den Probanden in Höhe von 2905 ms besteht, reduziert sich diese Variation mit zunehmender Übung bis auf 966 ms in Mission 5.



Mission	Mittelwert	Std.
1	9514 ms	2905 ms
2	6156 ms	1423 ms
3	5017 ms	962 ms
4	5316 ms	1395 ms
5	4485 ms	967 ms
ANOVA	$F_{(4, 100)} = 50.05, p < .000$	

Abbildung 5-3: Mittlere Navigationszeit zur Bearbeitung der Aufgaben im Menüsystem. Dargestellt sind Mittelwerte mit durchschnittlicher Standardabweichung und Ergebnisse der einfaktoriellen ANOVA mit dem fünffach abgestuften Faktor „Messwiederholung“.

Die Abnahme der Mittleren Navigationszeit ist zum Teil auf eine Beschleunigung der Mittleren Schrittdauer zurückzuführen (siehe Abbildung 5-4 links). So kann zwar mit zunehmender Systemerfahrung eine Beschleunigung der Mittleren Schrittdauer gezeigt werden, diese verhält sich jedoch weitgehend linear zum Ausmaß des Systemkontakts. Auch nach einer Woche Pause bleibt die Mittlere Schrittdauer konstant. Für die Verringerung der Mittleren Navigationszeit ist ebenso die zurückgelegte Wegstrecke verantwortlich (siehe Abbildung 5-4 rechts). Zu Beginn des Systemkontakts ist im Mittel 59% der im Menüsystem gegangenen Strecke überflüssig (Quotient Überflüssige Wegstrecke: 1.59). Mit zunehmender Systemerfahrung nimmt die Überflüssige Wegstrecke jedoch rapide ab, so dass bereits in der dritten Mission nur 21% der Wegstrecke überflüssig ist (Quotient: 1.21). Nach einer Woche Pause erhöht sich diese Überflüssige Wegstrecke erneut geringfügig auf ca. 28%, um anschließend wieder auf 21% abzusinken (Quotient: 1.28 bzw. 1.21).

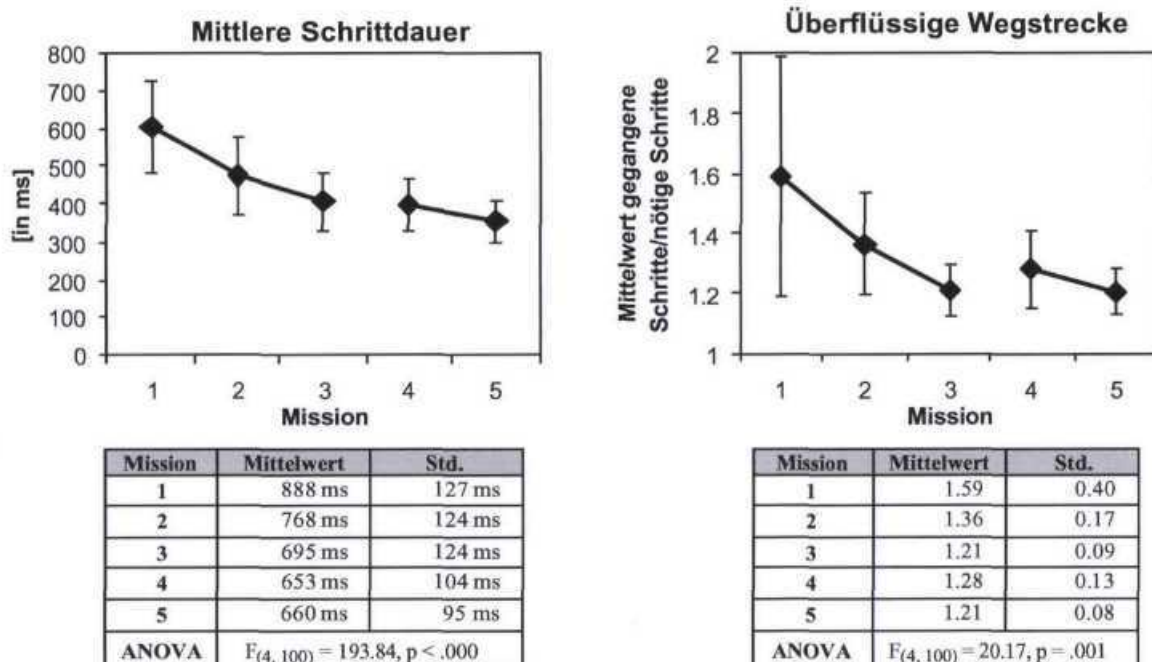


Abbildung 5-4: Mittlere Schrittdauer (links) und Überflüssige Wegstrecke (rechts). Dargestellt sind Mittelwerte mit durchschnittlicher Standardabweichung und Ergebnisse der einfaktorischen ANOVA mit dem fünffach abgestuften Faktor „Messwiederholung“.

Diese Aussagen können mittels regressionsanalytischer Ansätze unterstützt werden: So wird zu Beginn des Systemkontakts in Mission 1 die Mittlere Navigationszeit insbesondere durch die Bediengüte (erfasst über den Parameter „Überflüssige Wegstrecke“, siehe Abbildung 5-5) beeinflusst. Mit zunehmender Übung im Umgang mit dem Menüsystem (d.h. ab Mission 3) beeinflusst vor allem die Bediengeschwindigkeit (erfasst über den Parameter „Mittlere Schrittdauer“) die Mittlere Navigationszeit. Während zu Beginn des Systemkontakts seitens der Probanden somit vor allem die Güte der Menübedienung angestrebt wird (Ziel: „Aufgabe möglichst genau erledigen“), streben die Probanden mit zunehmender Übung eine höhere Bediengeschwindigkeit an (Ziel: „Aufgabe möglichst schnell erledigen“). Hierdurch wird eine höhere Anzahl an Fehlern im Umgang mit dem Menüsystem in Kauf genommen. Dieser Befund steht in Einklang mit dem Speed-Accuracy-Trade-Off (siehe Kap. 2.4.2).

5.2.2 Analyse von Handlungsfehlern

Um zu bestimmen, wie die Überflüssige Wegstrecke zustande kommt, wurden verschiedene Fehlerarten, die im Umgang mit einem Menüsystem auftreten können, definiert. Hierzu wurden über 80 unterschiedliche Fehlbewegungen aufgrund ihrer Verlaufskurven und theoretischer Zusammengehörigkeit zu Fehlergruppen zusammengefasst. Dabei ergeben sich verschiedene Fehlergruppen, von denen im Folgenden auf drei Hauptgruppen eingegangen werden soll: Orientierungs-, Bedien- und Flüchtigkeitsfehler (siehe Tabelle 5-1).

In den Orientierungsfehlern (d.h. wenn ein Proband orientierungslos im System navigiert) kommt ein mangelndes oder nicht umsetzbares Wissen über das System zum Ausdruck. Die relative Häufigkeit von Orientierungsfehlern nimmt von Mission 1 bis Mission 3 ab, nach einer Woche Pause wieder zu, um anschließend in Mission 4 und 5 wieder abzusinken.



Mission	Mittlere Schrittdauer			Überflüssig Wegstrecke		
	beta	t	p	beta	t	p
1	.754	17.16	.000	-.421	-9.58	.000
2	.452	4.04	.001	-.570	-5.1	.000
3	.364	4.44	.000	-.755	-9.22	.000
4	.468	13.37	.000	-.809	-21.36	.000
5	.398	11.57	.000	-.884	-25.71	.000

Abbildung 5-5: Standardisierte beta-Gewichte (inklusive t-Werte der Multiplen Regression) für den Einfluss der Überflüssigen Wegstrecke („Wegstrecke“) und Mittleren Schrittdauer („Schrittdauer“) auf die Mittlere Navigationszeit.

Einen ähnlichen Verlauf nehmen die relativen Häufigkeiten von Bedienfehlern. Bedienfehler treten auf, wenn ein Bedienelement nicht korrekt benutzt wird. Hierzu zählt in der vorliegenden Ausgestaltung des Bedienmodells das Auswählen eines Menübereichs der ersten oder zweiten Menüebene mit dem Auswahl-Knopf anstelle einer Bewegung des Joysticks nach rechts. Weiterhin gehört hierzu der Fehler, auf der dritten Menüebene eine Funktion mit einer Bewegung des Joysticks nach rechts auszuwählen, obwohl der Auswahl-Knopf zu betätigen wäre. Wie erwartet, nimmt die relative Häufigkeit von Bedienfehlern mit zunehmender Systemerfahrung kontinuierlich ab, insbesondere von Mission 1 zu Mission 2 ist eine deutliche Abnahme von Bedienfehlern festzustellen. Nach einer Woche Lernpause bleibt ihre relative Häufigkeit konstant. Sofern die Probanden die Systembedienung und daraus resultierende Verwendung des Bedienelements gelernt hatten, vergaßen sie dies nicht mehr. Die Benutzung des Bedienelements wurde (teil-)automatisiert.

Demgegenüber steigt die relative Häufigkeit von Flüchtigkeitsfehlern von Sitzung 1 zu Sitzung 2 an, während der jeweiligen Sitzung scheinen Flüchtigkeitsfehler gleichhäufig vorzukommen. Zu Flüchtigkeitsfehlern zählen fehlerhafte Bewegungen innerhalb des Menüsystems, die unmittelbar wieder korrigiert werden (z.B. an einer anzusteuernenden Menüfunktion einen Schritt zu weit gehen, diesen Fehler sofort korrigieren und die Zielfunktion betätigen). Mit zunehmender Systemerfahrung werden mehr Flüchtigkeitsfehler begangen.

Tabelle 5-1: Mittlere relative Häufigkeit von Orientierungs-, Bedien- und Flüchtigkeitsfehlern mit Standardabweichungen inklusive Ergebnisse der einfaktoriellen Varianzanalyse mit dem fünffach abgestuften Faktor „Messzeitpunkt“.

	Orientierungsfehler		Bedienfehler		Flüchtigkeitsfehler	
	m	sd	m	sd	m	sd
Mission 1 (Sitzung 1)	3.69	3.62	0.36	0.27	0.16	0.08
Mission 2 (Sitzung 1)	1.43	0.77	0.14	0.14	0.18	0.08
Mission 3 (Sitzung 1)	0.71	0.23	0.09	0.09	0.15	0.07
Mission 4 (Sitzung 2)	1.45	1.37	0.10	0.11	0.26	0.15
Mission 5 (Sitzung 2)	0.61	0.21	0.07	0.07	0.24	0.11
ANOVA	$F_{(4,100)} = 21.16$ $p < .000$		$F_{(4,100)} = 24.44$ $p < .000$		$F_{(4,100)} = 5.33$ $p = .001$	

Ferner konnte korrelationsanalytisch gezeigt werden, dass diese Hauptfehlergruppen zu jedem Messzeitpunkt unabhängig voneinander sind. Bei der Klassifikation der auftretenden Fehler im Umgang mit einem Menüsystem in Orientierungs-, Bedien- und Flüchtigkeitsfehler liegen somit weitgehend unabhängige Fehlerklassen vor. Regressionsanalytische Analysen belegen, dass bei geringem Systemkontakt insbesondere Bedienfehler mit einer geringen Navigationsgeschwindigkeit einhergehen, wohingegen Flüchtigkeitsfehler mit einer höheren Navigationsgeschwindigkeit zusammen hängen.

5.2.3 Beurteilung des Kompetenzerwerbs

In einem weiteren Schritt wurde überprüft, inwiefern die Probanden in der Lage sind, ihre lernbedingten objektiven Leistungssteigerungen im Umgang mit dem Menüsystem adäquat zu beurteilen. Hierzu wurden die Probanden nach jeder Mission hinsichtlich ihrer Aufmerksamkeit, Anstrengung und Systembeherrschung beim Umgang mit dem Menüsystem befragt. Zur Abgabe ihrer Urteile wurde eine 15stufige Kategorienunterteilungsskala herangezogen (Heller, 1985).

Wie aus Abbildung 5-6 rechts ersichtlich, bilden die Probanden die objektiven Leistungssteigerungen in der Systembedienung nur teilweise subjektiv ab. Bereits in Mission 1 wird eine mittlere bis starke subjektive Systembeherrschung angegeben ($m = 9.2$), in Mission 3 erreicht die mittlere subjektive Systembeherrschung das Urteil „sehr stark“ ($m = 11.1$). In Mission 4 (nach einer Woche Pause) sinkt die subjektive Systembeherrschung geringfügig ab ($m = 9.9$), um in Mission 5 wieder anzusteigen ($m = 10.5$).

Zudem ist die berichtete Anstrengung der Probanden bei der Systembedienung weitgehend unabhängig vom Kompetenzerwerb (siehe Abbildung 5-6 links). Über alle Missionen hinweg ist die mittlere subjektive Anstrengung mittelstark ($m = 7.9$, $sd = 2.0$, $min = 7.6$ in Mission 3, $max = 8.3$ in Mission 2). Die zum Teil erheblichen Leistungsverbesserungen im Umgang mit dem Menüsystem (z.B. Abnahme der Mittleren Navigationszeit um ca. 53%) werden demzufolge in der Beurteilung der Bedienleistung seitens der Probanden nicht uneingeschränkt realisiert und abgebildet.

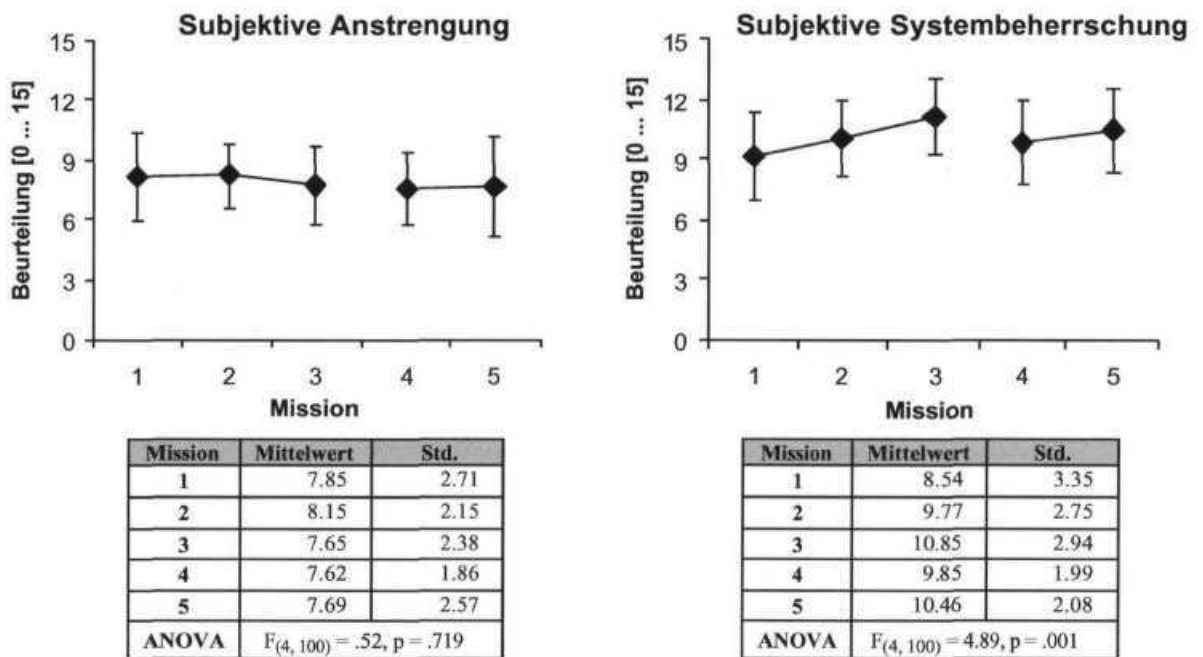


Abbildung 5-6: Beurteilung der Anstrengung (links) und Systembeherrschung (rechts) im Umgang mit dem Menüsystem. Dargestellt sind Mittelwerte mit durchschnittlicher Standardabweichung und Ergebnisse der einfaktoriellen ANOVA mit dem fünffach abgestuften Faktor „Messwiederholung“.

5.2.4 Kompetenzerwerb und Auswirkung von Nutzermerkmalen

Bei einer Betrachtung des Kompetenzerwerbs von Menüsystemen sind zusätzlich zahlreiche Nutzermerkmale zu beachten, die einen Einfluss auf Lern- und Gedächtnisleistungen nehmen können. Im Folgenden soll beispielhaft auf die Bedeutung der Merkmale „lernbereichsspezifisches Vorwissen“, „Einstellung gegenüber und Interesse an technischen Geräten“ sowie „kognitive Leistungsgeschwindigkeit“ für die Bedienleistung und den Kompetenzerwerb in Menüsystemen eingegangen werden.

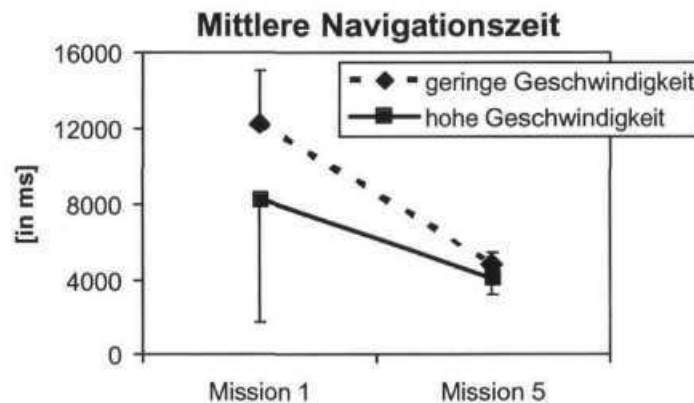
Wie Tabelle 5-2 zeigt, sind von diesen genannten Nutzermerkmalen für die Navigationsleistung im Menüsystem insbesondere das lernbereichsspezifische Vorwissen und die kognitive Leistungsfähigkeit von Interesse. Je höher die kognitive Leistungsgeschwindigkeit der Probanden ist, desto geringer sind deren Mittlere Navigationszeit und Mittlere Schrittdauer bei der Bearbeitung der Aufgaben. Für die Bedienqualität, definiert über den Quotienten der Überflüssigen Wegstrecke, spielt die kognitive Leistungsgeschwindigkeit hingegen eine eher untergeordnete Rolle. Je schneller also Probanden im Alltag Informationen verarbeiten, desto höher ist auch ihre Bediengeschwindigkeit im Umgang mit dem Menüsystem.

Ähnlich hat das lernbereichsspezifische Vorwissen der Probanden einen günstigen Effekt auf die Bediengeschwindigkeit im Raumschiff-Menüsystem: Je mehr Vorwissen in den Bereichen Science-Fiction vorliegt und Erfahrungen mit technischen Geräte vorhanden sind, desto schneller wird navigiert. Zusätzlich erweist sich das technische Vorwissen als positiv für die Bedienqualität. Erfahrungen im Umgang mit Mobiltelefonen wirken sich in diesem Versuch überraschenderweise nicht aus. Ähnlich sind die Einstellung der Probanden gegenüber und ihr Interesse an technischen Geräten von untergeordneter Bedeutung.

Tabelle 5-2: Mittlere Korrelationen zwischen dem jeweils abgefragten Nutzermerkmal und der Navigationsleistung in der Systembedienung. Signifikante Zusammenhänge sind entsprechend gekennzeichnet („+“: $p < 0.10$, „*“ $p < 0.05$; $n = 26$ Probanden).

	Mittlere Navigationszeit	Mittlere Schrittdauer	Überflüssige Wegstrecke
Kogn. Geschwindigkeit	-0.46 *	-0.51 *	-0.25
Vorwissen Science-Fiction	-0.37 ⁺	-0.50 *	-0.01
Vorwissen Technik	-0.64 *	-0.42 *	-0.42 *
Vorwissen Mobiltelefon	-0.04	-0.06	-0.11
Einstellung/Interesse Technik	-0.03	-0.14	-0.04

Diese Nutzermerkmale wirken sich zu Lernbeginn stärker auf die Navigationsleistung aus als nach längerer Systemerfahrung. Wie Abbildung 5-7 zeigt, wirkt sich beispielsweise eine höhere kognitive Leistungsgeschwindigkeit insofern aus, als dass die entsprechenden Probanden in Mission 1 deutlich schneller im Menüsystem navigieren als Probanden mit geringerer kognitiver Leistungsgeschwindigkeit. In Mission 5 ist ein entsprechender Einfluss der kognitiven Leistungsgeschwindigkeit zwar weiterhin vorhanden, jedoch nur von geringer Bedeutung. Bedeutsame Unterschiede in der Systemnavigation, die aus Nutzermerkmalen resultieren, sind demnach insbesondere bei Lernbeginn zu erwarten.



Mission	Geschwindigkeit	Mittelwert	Std.	t(26)	p
1	Hoch	8217 ms	2834 ms	2.10	.045
	Niedrig	12208 ms	6507 ms		
5	Hoch	4071 ms	570 ms	2.59	.016
	Niedrig	4784 ms	828 ms		

Abbildung 5-7: Einfluss der kognitiven Leistungsgeschwindigkeit („gering“ vs. „hoch“) auf die Mittlere Navigationszeit bei der Bearbeitung der gestellten Aufgaben in Mission 1 und Mission 5. Angegeben sind Mittelwerte mit Standardabweichungen plus Ergebnisse der t-Tests für unabhängige Stichproben.

5.3 Zusammenfassung und Diskussion

Zusammenfassend ergibt sich zum Kompetenzerwerb für menügesteuerte Informationssysteme, dass Lernzuwächse bei der Bediengeschwindigkeit und -qualität dem Potenzgesetz der Übung folgen. Während zu Beginn des Systemkontakts deutliche Leistungszuwächse nachzuweisen sind, werden diese mit zunehmender Übung geringer. Die Beschleunigung der Sys-

tembedienung ist insbesondere auf eine Verringerung der Überflüssigen Wegstrecke zurückzuführen, die wiederum v.a. durch eine Abnahme der relativen Häufigkeit von Orientierungs- und Bedienfehler verursacht wird. Mit zunehmender Systemerfahrung nehmen Flüchtigkeitfehler im Umgang mit dem Menüsystem geringfügig zu. Für die Beschleunigung der Menübedienung ist zu Lernbeginn die Bediengüte, mit zunehmender Übung die Bediengeschwindigkeit verantwortlich.

Über einen Zeitraum von einer Woche bleibt die Bediengeschwindigkeit im Menüsystem weitgehend erhalten. Es treten vor allem vermehrt Orientierungsfehler auf, was im Sinne eines Vergessens einzelner Unterbegriffs-Oberbegriffs-Relationen interpretiert werden kann. Hierdurch steigt die Überflüssige Wegstrecke nach einer Lernpause wieder an. Bedienfehler treten nur zu Beginn des Systemkontakts auf. Wurde der Umgang mit dem Bedienelement einmal verstanden, so wird auch nach einer längeren Lernpause die Art der Bedienung noch erinnert.

Die zum Teil erheblichen Leistungsverbesserungen im Umgang mit dem Menüsystem (z.B. Abnahme der Mittleren Navigationszeit um ca. 53%) werden in der Beurteilung der Bedienleistung seitens der Probanden nicht uneingeschränkt realisiert und abgebildet.

Mit zunehmender Systemerfahrung nehmen interindividuelle Leistungsunterschiede in der Bediengeschwindigkeit und -qualität ab. Die Probanden nähern sich immer stärker einer mittleren Leistungsgüte an. Dementsprechend wirken sich aus Personenmerkmalen resultierende Unterschiede in der Systembedienung vor allem bei Lernbeginn aus. Auf Seiten der Nutzermerkmale sind in diesem Zusammenhang das lernbereichsspezifische Vorwissen und die kognitive Leistungsgeschwindigkeit der Probanden zu nennen. Mit zunehmender Übung des Menüsystems verringert sich die Bedeutung der Personenmerkmale.

Unter Berücksichtigung vorliegender Befunde der Lern- und Gedächtnispsychologie kann der Versuch einer Abbildung des Kompetenzerwerbs in Menüsystemen somit als gelungen bewertet werden. Die vielfach gezeigten Ergebnisse zum Erwerb verschiedener Fertigkeiten können auf den Bereich von menügesteuerten Informationssystemen erweitert werden. Zusätzlich gelang es durch die empirische Untersuchung des Raumschiff-Menüsystems, eine Klassifikation von Fehlern im Umgang mit Menüsystemen zu erstellen.

6 KOMPETENZERWERB ALS MULTIKODIERTER PROZESS

6.1 Einleitung

Nachdem in Kap. 5 gezeigt wurde, dass es im Umgang mit menügesteuerten Informationssystemen zu übungsbedingten Leistungssteigerungen in Bediengeschwindigkeit und Bediengüte kommt, wird im Folgenden dargestellt, worauf diese Leistungsverbesserungen zurückzuführen sind. Grundannahme war, dass auf Nutzerseite begriffliche, räumliche und motorische Repräsentationen über das Menüsystem konstruiert werden, die den weiteren Umgang mit dem System mitbestimmen. Daher kann der Kompetenzerwerb für Informationssysteme auch als multikodierter Prozess (siehe Kap. 4.1.2) bezeichnet werden.

Zur Abbildung der Bedeutung von kognitiven Repräsentationen der Nutzer für die Systembedienung soll auf vier Studien eingegangen werden (siehe Kap. 6.2 bis 6.5; für eine Übersicht: Tabelle 6-1). In einer fünften Studie (Studie „Menüstruktur“; siehe Kap. 6.6) werden schließlich insbesondere die Konsequenzen des Aufbaus dieser kognitiven Repräsentationen dargestellt: die Abnahme des kognitiven Anteils am Umgang mit einem Informationssystem.

Tabelle 6-1: Übersicht über empirische Studien (in Klammern: Kapitel-Nummer der Studie) und untersuchte kognitive Repräsentation.

<i>Titel der Studie</i>	<i>Inhalt der Studie</i>
„Raumschiff-System I“ (siehe Kap. 6.2)	<ul style="list-style-type: none">• Begriffliche Repräsentation: Eindeutigkeit von Begriffen und Bedeutung• Motorische Repräsentation: Erlernen des Bedienmodells• Räumliche Repräsentation: Aufbau und Bedeutung
„System sinnloser Silben“ (siehe Kap. 6.3)	<ul style="list-style-type: none">• Begriffliche Repräsentation: Erkennen des Bedeutungsfeldes und Erlernen von begrifflichen Hierarchien
„Raumschiff-System II“ (siehe Kap. 6.4)	<ul style="list-style-type: none">• Begriffliche Repräsentation: Einfluss von Vorwissen
„Bedienmodell“ (siehe Kap. 6.5)	<ul style="list-style-type: none">• Motorische Repräsentation: Aufbau und Bedeutung
„Menüstruktur“ (siehe Kap. 6.6)	<ul style="list-style-type: none">• Motorische Repräsentation: Sensumotorische Optimierung des Umgangs

6.2 Studie „Raumschiff-System I“

Die Studie „Raumschiff-System I“ verfolgt zwei Ziele. Zum einen wird versucht, den Kompetenzerwerb in einem Menüsystem abzubilden (für eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse siehe Kap. 5), zum anderen, die Bedeutung der begrifflichen, räumlichen und motorischen Repräsentation für die Erlernbarkeit hervorzuheben. Hierzu wurde der Kompetenzerwerb in einem selbsterklärenden, begrifflich weitgehend eindeutigen System untersucht. Es wurde ein hypothetisches Menüsystem in einem Raumschiff konstruiert, in dem der Proband als Raumschiff-Kapitän im Rahmen von sog. Raumschiff-Missionen navigieren sollte. Das methodische Vorgehen dieser Studie und die Ergebnisse zur Abbildung des Kompetenzerwerbs wurden bereits unter Kap. 5 dargestellt. An dieser Stelle werden die Ergebnisse dieser Studie ausschließlich unter dem Aspekt der Multikodiertheit des Kompetenzerwerbs dargestellt.

6.2.1 Methodisches Vorgehen

Bedeutsam für die Fragestellung, inwiefern der Kompetenzerwerb für Menüsysteme als multikodierter Prozess bezeichnet werden kann, sind folgende Aspekte der Studie „Raumschiff-System I“:

- Vor Mission 6 (letzte Mission in Sitzung 2, N = 28 Probanden) wurden die räumlichen Positionen der Systeminhalte umsortiert: Unter Beibehaltung der begrifflichen Oberbegriffs-Unterbegriffs-Relationen wurden die räumlichen Positionen innerhalb der jeweiligen Menüebene variiert. Dies geschah entsprechend der Häufigkeit des bisherigen Ansteuerns der jeweiligen Menüfunktion. Hierdurch sollte die Bedeutung der räumlichen Repräsentation für die Navigationsleistung im Menüsystem untersucht werden.
- Um zu überprüfen, ob im Umgang mit dem Menüsystem ausschließlich die angesteuerten Menüfunktionen gelernt werden oder ob ein begriffliches Systemverständnis des Menüsystems erworben wird, wurde das erstmalige Auftreten einer Aufgabe variiert. So werden den Probanden 12 Aufgaben in jeder der Missionen vorgegeben (d.h. ab Mission 1), je 4 Aufgaben hingegen erst ab Mission 3 bzw. 4.
- Am Ende von Sitzung 1 und Sitzung 2 sowie zu Beginn von Sitzung 2 wurden eine einfache Wahlreaktionsaufgabe (Erfassung des begrifflichen Wissens) und eine Visuelle Analogskala (Erfassung des räumlichen Wissens) vorgegeben.
- Um die Eindeutigkeit der begrifflichen Hierarchien zu bestimmen, nahmen zusätzlich N = 13 Probanden (12 weiblich, 1 männlich, 20 - 24 Jahre) an einer Kontrollbedingung teil, die nur aus der Wahlreaktionsaufgabe bestand. Die Probanden der Kontrollgruppe hatten keinen weiteren Kontakt mit dem untersuchten Menüsystem.

Die räumliche Repräsentation wurde über die in Abbildung 6-1 links dargestellte Visuelle Analogskala abgefragt. Aufgabe der Probanden war es, sich das gesamte Menüsystem als eine eindimensionale Liste vorzustellen und anschließend auf dieser Skala anzugeben, wo in dieser Liste die zu beurteilende Menüfunktion liegt. Abgefragt wurden ausgewählte Funktionen der dritten Menüebene (n = 32). Als Leistungsmaß diente die Abweichung der eingeschätzten Position von der objektiv richtigen Position einer Menüfunktion. Es ist darauf hinzuweisen, dass die Probanden eine reale eindimensionale Liste des Systems, in der die Menüfunktionen aufgelistet sind, während des gesamten Versuchs nicht zu Gesicht bekamen.

Die Überprüfung der begrifflichen Repräsentation erfolgte über eine einfache Wahlreaktionsaufgabe, in der für jede Menüfunktion der zweiten und dritten Menüebene (sog. Unterbegriffe) der Oberbegriff der ersten Menüebene ausgewählt werden sollte (siehe Abbildung 6-1 rechts). Als Leistungsparameter wurden die Geschwindigkeit und relative Häufigkeit richtiger Entscheidungen berechnet. Ein Begriff soll dabei als hinsichtlich seiner begrifflichen Hierarchisierung eindeutig bzw. als gelernt bezeichnet werden, sofern mindestens 90% der Probanden diesen Begriff eindeutig seinem Oberbegriff zuweisen.

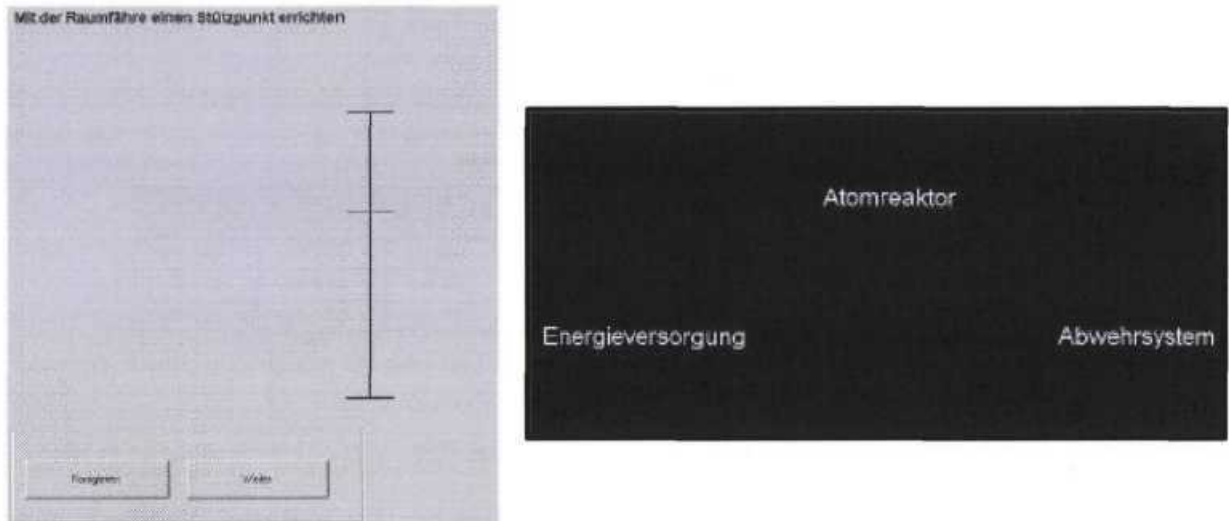


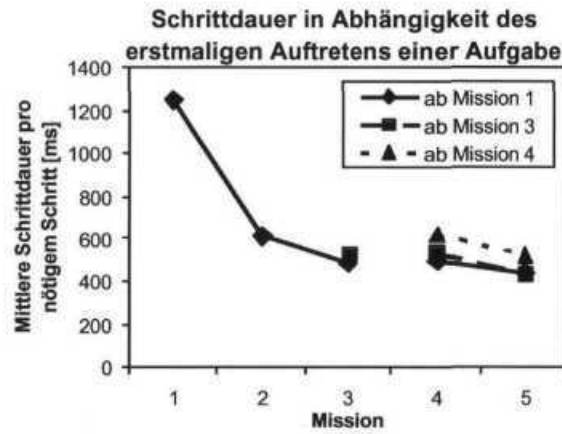
Abbildung 6-1: Erfassung der räumlichen Repräsentation mittels Visueller Analogskala (links) bzw. begrifflichen Repräsentation mittels Einfacher Wahlreaktionsaufgabe (rechts).

6.2.2 Ergebnisse

6.2.2.1 Begriffliche Repräsentation: Bedeutungsfeld

Um zu prüfen, ob im Umgang mit dem Menüsystem ausschließlich die angesteuerten Menüfunktionen gelernt werden oder ob ein Verständnis für die begriffliche Struktur des Systems erworben wird, wurde das erstmalige Auftreten einer Aufgabe variiert. So wurden 12 Aufgaben bereits in Mission 1 vorgegeben, je 4 Aufgaben erst ab Mission 3 bzw. 4. Würden nur einzelne Aufgaben gelernt, so müssten für später erstmalig auftretende Aufgaben ähnliche Lernkurven nachweisbar sein wie für Aufgaben, die ab Mission 1 vorkommen. Erwerben die Probanden hingegen ein Verständnis für die begriffliche Struktur des Systems, so sollten später hinzukommende Aufgaben auf dem erreichten Leistungsniveau in der Systembedienung aufsetzen und ohne weiteren Leistungsverlust bearbeitet werden können.

Wie aus Abbildung 6-2 ersichtlich, ist die letztgenannte Annahme der Fall: Treten Aufgaben erst nach einem längeren Systemkontakt auf, so wird mit einer ähnlichen Mittleren Schrittdauer die neue Aufgabe bearbeitet wie eine Aufgabe, die bereits ab der ersten Mission vorkommt. Dieser Befund spricht für den Erwerb eines Verständnisses für die begriffliche Struktur des Systems, d.h. die Nutzer erkennen im Umgang mit dem Menüsystem eine Art „Bedeutungsfeld“. In einem solchen Bedeutungsfeld ist ein Verständnis für die begriffliche Thematik eines Menüsystems (hier: Kommunikation, Decks, Schiffe etc.) sowie für real und potenziell auftretende Menüinhalte und -strukturen enthalten.



Erstmaliges Auftreten	Mission 1	Mission2	Mission 3	Mission 4	Mission 5
In Mission 1	1244 ms	615 ms	488 ms	497 ms	441 ms
In Mission 3	---	---	529 ms	539 ms	437 ms
In Mission 4	---	---	---	621 ms	527 ms

Abbildung 6-2: Mittlere Schrittdauer in Abhängigkeit vom Erstaufreten einer Aufgabe.

6.2.2.2 Begriffliche Repräsentation: Begriffshierarchie

Wie Ergebnisse der Kontrollgruppe, die ausschließlich die einfache Wahlreaktionsaufgabe bearbeitete und keinen Kontakt mit dem Menüsystem hatte, nahe legen, ist das untersuchte Raumschiff-Menüsystem hinsichtlich der begrifflichen Hierarchien weitgehend eindeutig. 79% der Begriffe der zweiten und dritten Menüebene werden eindeutig den entsprechenden Oberbegriffen zugeordnet (d.h. mindestens 90% der Probanden der Kontrollgruppe wiesen in der einfachen Wahlreaktionsaufgabe einen Unterbegriff dem richtigen Oberbegriff zu). Dabei ist ein geringfügiger Ebeneneffekt zu berücksichtigen: Während 81% der Begriffe der zweiten Menüebene einem Oberbegriff der ersten Ebene richtig zugeordnet werden, ist dies nur bei 75% der Begriffe der dritten Ebene der Fall.

Zusätzlich zeigt sich, dass Begriffe, die durch die Kontrollgruppe als nicht-eindeutig klassifiziert wurden, auch für die Experimentalgruppe mit Systemkontakt ein Problem beim begrifflichen Erlernen des Menüsystems darstellen. Wie aus Abbildung 6-3 links ersichtlich, werden von der Experimentalgruppe 97% der eindeutigen Begriffe am Ende der ersten Sitzung in der einfachen Wahlreaktionsaufgabe richtig zugewiesen (d.h. mindestens 90% der Probanden der Experimentalgruppe wiesen den Unterbegriff dem richtigen Oberbegriff zu), wohingegen dies bei den nicht-eindeutigen Items nur zu 32% der Fall ist.

Die in der einfachen Wahlreaktionsaufgabe erfasste begriffliche Eindeutigkeit einer Menüfunktion ist für die Navigationsleistung hingegen von eher untergeordneter Bedeutung (siehe Abbildung 6-3 rechts). So ist insbesondere für Mission 1 eine geringere Mittlere Schrittdauer für eindeutige Menüfunktionen festzuhalten, für die nachfolgenden Missionen hingegen nicht mehr. Dies ist möglicherweise auf die unterschiedlichen Informationen, die dem Probanden bei den jeweiligen Verfahren zur Verfügung stehen, zurückzuführen. So ist es bei der Navigation im Menüsystem möglich, stets die Menüfunktionen desselben Menübereichs zu sehen („Nachbarn in einem Menübereich“). Die Suche und Interpretation der Bedeutung einer Menüfunktion kann daher u.a. über diese „Nachbarn“ erfolgen. Bei der einfachen Wahlreaktions-

aufgabe ist dies hingegen nicht möglich, da ausschließlich der Unterbegriff mit zwei alternativen Oberbegriffen dargestellt wird. Daher kann das Fehlen dieser Kontextinformationen für dieses unerwartete Ergebnis Ursache sein.

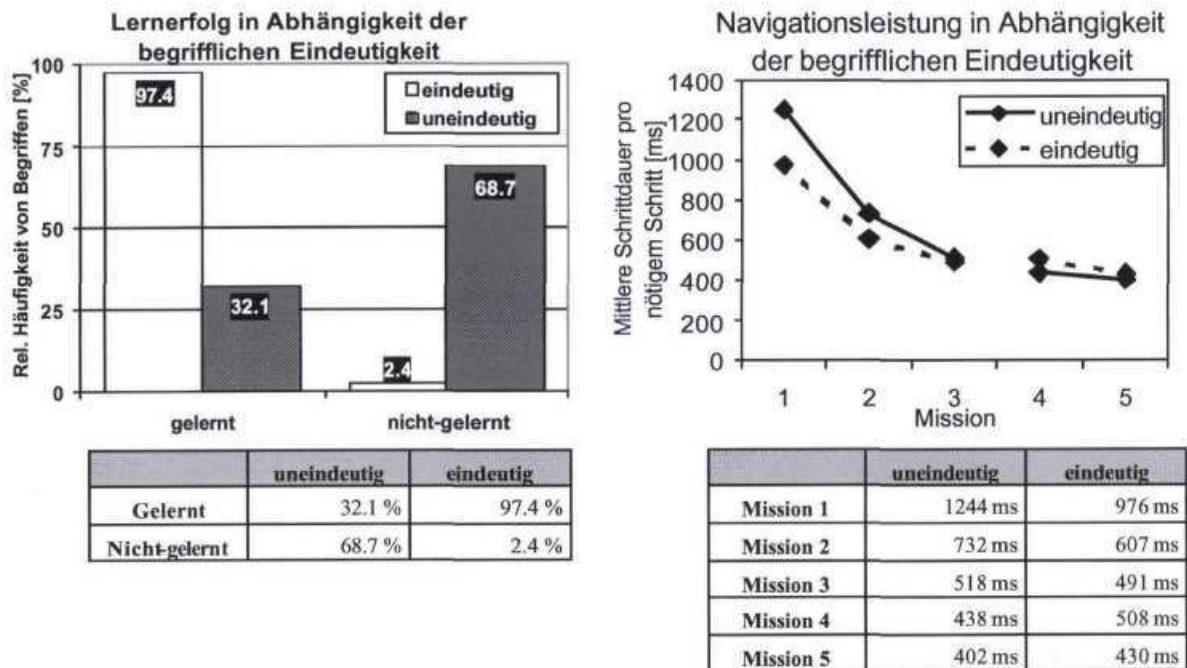
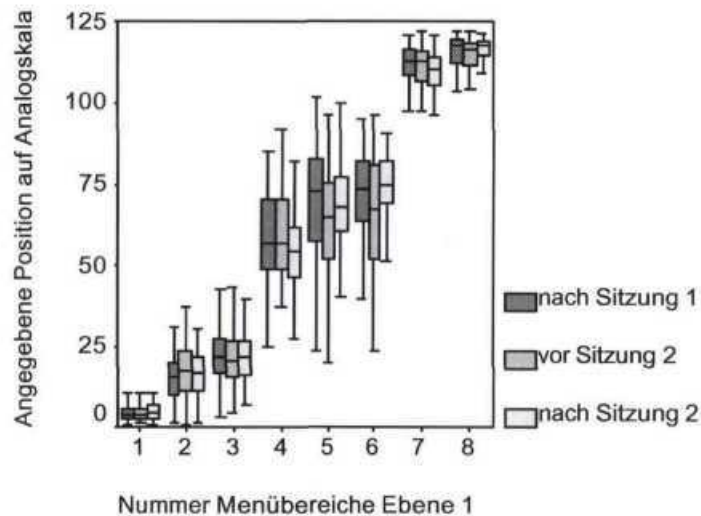


Abbildung 6-3: Leistung in der Wahlreaktionsaufgabe zur Bestimmung der begrifflichen Repräsentation (links: Relative Häufigkeit gelernter bzw. nicht-gelernter Begriffe in Abhängigkeit der Eindeutigkeit der Begriffe nach Sitzung 1) bzw. Einfluss der begrifflichen Eindeutigkeit („uneindeutig“ vs. „eindeutig“) auf die Mittlere Schrittdauer (rechts).

6.2.2.3 Räumliche Repräsentation: Aufbau und Struktur

Zusätzlich entsteht durch den Umgang mit dem System (ohne eine explizite Aufforderung) eine räumliche Repräsentation des Menüsystems. Wie Abbildung 6-4 zeigt, gelingt es den Probanden bereits am Ende der ersten Sitzung sehr gut, auf der visuellen Analogskala einer Menüfunktion ihre räumliche Position auf einer vorgestellten Liste zuzuweisen. Dieser Effekt bleibt auch über die Dauer von einer Woche hinweg stabil, lediglich für die mittleren Menübereiche 5 und 6 werden die Positionen geringfügig schlechter zugewiesen als nach der ersten Sitzung. Im Laufe der zweiten Sitzung konsolidiert sich die räumliche Repräsentation weiter.

Dabei zeigt sich, dass bei jedem der drei Messzeitpunkte (nach Sitzung 1 sowie vor und nach Sitzung 2) die räumliche Repräsentation der Probanden die Positionen der Systeminhalte nicht perfekt widerspiegelt. Die Probanden scheinen die Systeminhalte thematisch zu gruppieren (sog. Cluster). Diese Gruppierung orientiert sich vor allem an den Oberbegriffen der ersten Menüebene. Abbildung 6-4 macht deutlich, dass es dabei vor allem drei große Cluster gibt: Menübereiche 1 bis 3 (Kommunikation, bemannte/unbemannte Schiffe), Bereiche 4 bis 6 (Energie, Abwehrsystem, Antrieb) und Bereiche 7 und 8 (bewohnte/unbewohnte Decks). Im Rahmen des untersuchten Umfangs des Systemkontakts spielen Begriffe der zweiten oder sogar der dritten Ebene für die räumliche Repräsentation hingegen keine bedeutsame Rolle. In der räumlichen Repräsentation ergeben sich infolgedessen drei ungefähr gleich große Bereiche, die (leicht verschoben) an den Menübereichsgrenzen orientiert sind.



Menübereich	Nach Sitzung 1		Vor Sitzung 2		Nach Sitzung 2	
	m	sd	m	sd	m	sd
1	4.79	2.96	4.89	3.17	5.21	3.00
2	15.78	7.53	19.29	12.06	16.81	6.87
3	22.38	10.08	24.04	16.66	21.77	7.15
4	57.13	15.52	59.89	14.38	54.65	11.89
5	69.90	17.64	63.07	17.64	68.68	12.84
6	70.26	17.29	65.44	17.45	74.53	10.08
7	108.64	18.98	111.15	8.48	109.72	5.88
8	112.38	18.63	113.51	10.39	115.87	6.65

Abbildung 6-4: Leistungen in der Visuellen Analogskala zur Bestimmung der räumlichen Repräsentation. Angegeben sind Mittelwerte mit Standardabweichung der zugewiesenen I-tempositionen für die Menübereiche der ersten Menüebene nach Sitzung 1, vor Sitzung 2 und nach Sitzung 2 (Mission 5).

6.2.2.4 Räumliche Repräsentation: Bedeutung

Um die Bedeutung der räumlichen Repräsentation für die Navigationsleistung im Menüsystem hervorzuheben, wurden in Mission 6 unter Beibehaltung der begrifflichen Oberbegriffs-Unterbegriffs-Relationen die räumlichen Positionen innerhalb der jeweiligen Menüebene variiert. Würde diese Veränderung der räumlichen Positionen der Menüfunktionen und die hierdurch bedingte Beeinflussung der räumlichen Repräsentation für die Menünavigation unbedeutend sein, so dürften sich keine Einbußen in der Systemleistung ergeben.

Die Veränderung der Positionen der Menüfunktionen geht jedoch mit deutlichen Beeinträchtigungen in der Bedienleistung einher. Werden die Positionen verändert, so ergibt sich eine Verschlechterung in der Navigationsleistung. So erhöht sich die Mittlere Navigationszeit durch die Umsortierung der Menüfunktionen von 4468 ms in Mission 5 auf 5878 ms in Mission 6 (siehe Abbildung 6-5 oben). Dies entspricht einer Zunahme der Mittleren Navigationszeit um durchschnittlich 13%. Wenn die Navigationsleistung auch nicht mehr auf das Ausgangsleistungsniveau von Mission 1 zurückfällt, so scheint die bloße Umstellung der Reihenfolge in einem Menü doch deutliche Leistungseinbußen nach sich zu ziehen.

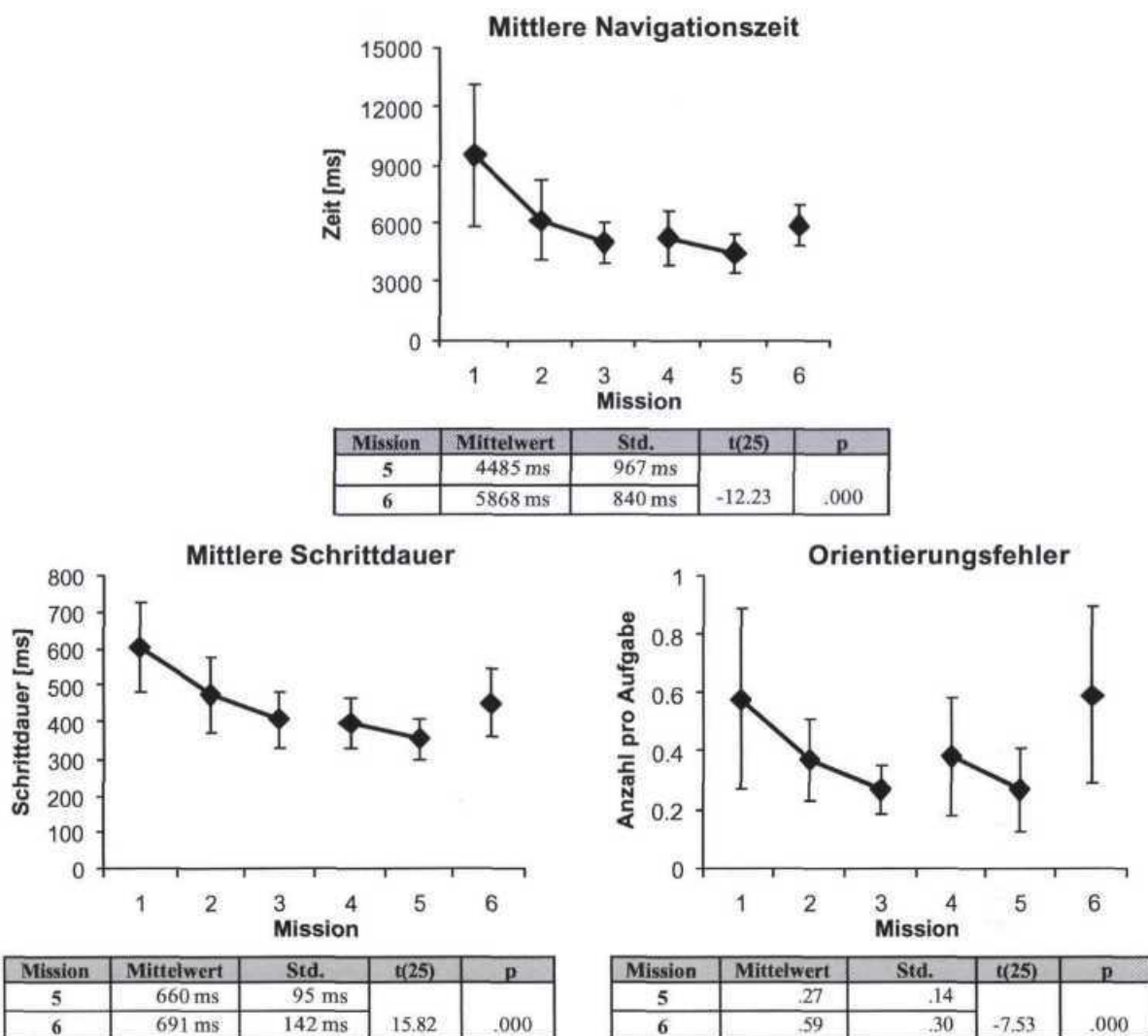


Abbildung 6-5: Mittlere Navigationszeit (oben), Mittlere Schrittdauer (unten links) und relative Häufigkeit von Orientierungsfehlern (unten rechts). In Mission 6 wurde das umsortierte Menüsystem verwendet. Dargestellt sind Mittelwerte mit durchschnittlicher Standardabweichung für Mission 5 und 6 sowie die Ergebnisse des t-Tests für abhängige Stichproben.

Abbildung 6-5 unten zeigt, dass diese Einbußen zum einen durch eine Zunahme der Mittleren Schrittdauern (von 353 ms auf 452 ms), zum anderen durch eine deutliche Zunahme der Überflüssigen Wegstrecke zustande kommen. Entscheidend für letzteren Befund ist insbesondere die Erhöhung der mittleren Häufigkeit von Orientierungsfehlern. Während in Mission 5 durchschnittlich 0.27 Orientierungsfehler pro Aufgabe auftreten, so sind dies im umsortierten System in Mission 6 im Mittel 0.59 Fehler pro Aufgabe. Durch die Veränderung der Positionen der Menüfunktionen kommt es insbesondere zu Suchbewegungen im Menüsystem. Hätten die räumlichen Positionen der Menüfunktionen jedoch keine Bedeutung für den Systemnutzer haben, so dürfte dieser Effekt nicht auftreten.

6.2.3 Zusammenfassung

Im Umgang mit einem menügesteuerten Informationssystem wird eine begriffliche Repräsentation konstruiert. Hierunter ist zu verstehen, dass der Nutzer für einen erfolgreichen Umgang mit dem Menüsystem zunächst erkennen muss, welche Inhalte das Menüsystem umfasst (sog. Bedeutungsfeld; z.B. Kommunikation, Bordcomputer, Klimaanlage). Zudem muss er begriffliche hierarchische Zuordnungen von Unterbegriffen zu Begriffen in übergeordneten Menüebenen erlernen (z.B. „Kommunikation – Anrufen – Adressbuch“). Es wurde gezeigt, dass der notwendige Lernaufwand bei hinsichtlich der begrifflichen Hierarchie eindeutigen bzw. nicht-eindeutigen Menüinhalten nur bedingt durch Verfahren vorhergesagt werden kann, wenn kein Kontakt mit dem zu bedienenden Informationssystem stattfand.

Zusätzlich erwerben Nutzer im Umgang mit einem Menüsystem eine räumliche Repräsentation des Systems, die über einen Zeitraum von einer Woche weitgehend stabil ist. In dieser Repräsentation ergibt sich eine Gruppierung der Systeminhalte („Cluster“), die an den Menübereichen der ersten Menüebene orientiert ist. Veränderungen der räumlichen Positionen der Menüfunktionen gehen mit Einbußen in der Navigationsleistung einher. Dieser Befund unterstützt die Bedeutung der räumlichen Repräsentation für die Navigation in Menüsystemen.

6.3 Studie „System sinnloser Silben“

Als eines der Ergebnisse der Studie „Raumschiff-System I“ bleibt festzuhalten, dass im Umgang mit einem menügesteuerten Informationssystem u.a. eine begriffliche Repräsentation des Systems erworben wird. Dabei muss der Nutzer zunächst erkennen, welche Inhalte das Menüsystem umfasst. Dies wurde als Erkennen eines „Bedeutungsfelds“ bezeichnet. Darüber hinaus muss er hierarchische begriffliche Zuordnungen von Unter- zu Überbegriffen erlernen (für eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse siehe Kap. 6.2).

Um die Bedeutung des sog. Bedeutungsfeldes für den Kompetenzerwerb für Informationssysteme abschätzen zu können, wurde ein Menüsystem ohne jegliche inhaltliche Bedeutung konstruiert: ein System sinnloser Silben. Es wurde angenommen, dass es in einem solchen „Basisystem“ nicht möglich ist, ein sog. Bedeutungsfeld zu erkennen und daher sowohl die Menübedienung als auch der Aufbau einer begrifflichen Repräsentation deutlich erschwert werden. Da in einem System sinnloser Silben keinerlei begrifflich sinnvolle Strukturen auftreten und seitens der Systemnutzer selbstständig eine Art begriffliche Hierarchie konstruiert werden muss, kann zudem die Art der Bildung einer solchen Begriffshierarchie, bestehend aus Oberbegriffs-Unterbegriffs-Relationen, überprüft werden.

6.3.1 Methodisches Vorgehen

6.3.1.1 Beschreibung des Menüsystems

In dieser Studie wurde auf ein Menüsystem zurückgegriffen, das ausschließlich aus sinnlosen Silben bestand (z.B. tud, div, jal, lep). Diese Silben bestanden aus sog. KVK-Trigrammen (Konsonant als erster Buchstabe, Vokal als zweiter Buchstabe und Konsonant als dritter Buchstabe; Ebbinghaus, 1880/1983). Anhand eigener Vorversuche wurde kontrolliert, dass alle Silben für die untersuchte Stichprobe bedeutungsfrei waren (d.h. nicht unmittelbar Bezie-

hungen zu bestehenden Worten oder Abkürzungen geknüpft werden konnten). Daher werden diese Silben als „sinnlos“ bezeichnet. Dieses Paradigma geht auf Ebbinghaus (1880/1983) zurück, der anhand des Erlernens, Vergessens und anschließenden Wiedererlernens die Fähigkeiten des menschlichen Gedächtnisses überprüfte.

Das verwendete Menüsystem bestand aus drei Menüebenen, die sich jeweils aus drei Optionen zusammensetzten. Auf der dritten Menüebene befanden sich somit 27 verschiedene sinnlose Silben, im gesamten Menüsystem 39 Silben. Die Aufgabe der Probanden bestand darin, eine Silbe (z.B. „bod“) möglichst schnell und präzise anzusteuern (für eine ausführliche Darstellung der Menübedienung und technischer Aspekte des Menüsystems siehe Studie „Raumschiff-System I“, Kap. 5.1.1).

6.3.1.2 Versuchsdurchführung

Der Versuch fand an fünf aufeinander folgenden Tagen einer Woche plus einer sechsten Sitzung nach 10 Tagen Pause statt. N = 8 Probanden (vier weiblich, vier männlich) im Alter von 19 bis 26 Jahren (durchschnittliches Alter: 21 Jahre) nahmen am Versuch teil.

Während jeder Sitzung wurde im Umgang mit dem Menüsystem je ein Aufgabenblock mit 27 Aufgaben bearbeitet (d.h. jede Silbe der dritten Ebene wurde je einmal pro Sitzung angesteuert). Um den Probanden das Erlernen des Menüsystems nicht ausschließlich während der Menübedienung zu ermöglichen, wurde vor und nach jedem Aufgabenblock das gesamte System auf dem Computerbildschirm präsentiert. Hierbei wurde sukzessive jede Zelle des Menüsystems mittels eines gelben Cursors angesteuert. So wurde zunächst eine Silbe der ersten Menüebene angesteuert (z.B. „div“), anschließend die in der Liste an erster Position stehende Silbe der zweiten Menüebene des entsprechenden Bereichs („nel“). Danach steuerte der Cursor die erste Silbe der dritten Ebene des entsprechenden Bereichs an („bol“), um schließlich nacheinander die zweite und dritte Silbe der dritten Ebene durchzulaufen („rag“ und „pon“). Abbildung 6-6 veranschaulicht dies schematisch. Nach jeweils 0.5 s lief der gelbe Cursor zur nächsten Zelle weiter.

<table border="1"> <tr><td>div</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>lep</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>wus</td><td></td><td></td></tr> </table> <p>Bildschirm 1</p>	div			lep			wus			<table border="1"> <tr><td>div</td><td>nel</td><td></td></tr> <tr><td>lep</td><td>tud</td><td></td></tr> <tr><td>wus</td><td>meg</td><td></td></tr> </table> <p>Bildschirm 2</p>	div	nel		lep	tud		wus	meg		<table border="1"> <tr><td>div</td><td>nel</td><td>bol</td></tr> <tr><td>lep</td><td>tud</td><td>rag</td></tr> <tr><td>wus</td><td>meg</td><td>pon</td></tr> </table> <p>Bildschirm 3</p>	div	nel	bol	lep	tud	rag	wus	meg	pon
div																													
lep																													
wus																													
div	nel																												
lep	tud																												
wus	meg																												
div	nel	bol																											
lep	tud	rag																											
wus	meg	pon																											
<table border="1"> <tr><td>div</td><td>nel</td><td>bol</td></tr> <tr><td>lep</td><td>tud</td><td>rag</td></tr> <tr><td>wus</td><td>meg</td><td>pon</td></tr> </table> <p>Bildschirm 4</p>	div	nel	bol	lep	tud	rag	wus	meg	pon	<table border="1"> <tr><td>div</td><td>nel</td><td>bol</td></tr> <tr><td>lep</td><td>tud</td><td>rag</td></tr> <tr><td>wus</td><td>meg</td><td>pon</td></tr> </table> <p>Bildschirm 5</p>	div	nel	bol	lep	tud	rag	wus	meg	pon										
div	nel	bol																											
lep	tud	rag																											
wus	meg	pon																											
div	nel	bol																											
lep	tud	rag																											
wus	meg	pon																											

Abbildung 6-6: Präsentation des Systems sinnloser Silben (Screenshot Beispiele).

Zur Erfassung der begrifflichen Repräsentation in einem System sinnloser Silben wurde am Ende jeder Sitzung und ab der zweiten Sitzung auch zu Beginn jeder Sitzung eine Dominanzpaaraufgabe bearbeitet (für eine ausführliche Darstellung siehe Kap. 6.3.1.3). Zusätzlich wurde die räumliche Repräsentation für das System sinnloser Silben zu Beginn und am Ende jeder Sitzung mittels der Visuellen Analogskala abgefragt (siehe Kap. 5.1.1). Da sich für den Aufbau und die Stabilität ähnliche Ergebnisse ergaben wie für das RaumschiffSystem (siehe Kap. 6.2), soll an dieser Stelle auf die Darstellung der entsprechenden Ergebnisse in der Visuellen Analogskala verzichtet werden.

Es liegt somit ein einfaktorieller Versuchsplan mit Messwiederholung (Anzahl der Sitzungen) vor. Jede Sitzung dauerte ca. 90 min. Tabelle 6-2 veranschaulicht den Ablauf des Versuchs.

Tabelle 6-2: Schematischer Ablauf der Sitzungen (Abkürzungen: „Begriff. Wissen“ Dominanzpaarvergleich, „Räuml. Wissen“ Visuelle Analogskala).

Sitzung 1 (Tag 1)	Sitzung 2-5 (Tag 2-5)	Sitzung 6 (Tag 15)
	Begriff. Wissen Räuml. Wissen	Begriff. Wissen Räuml. Wissen
Präsentation	Präsentation	Präsentation
Navigation	Navigation	Navigation
Präsentation	Präsentation	Präsentation
Begriff. Wissen Räuml. Wissen	Begriff. Wissen Räuml. Wissen	Begriff. Wissen Räuml. Wissen

Pause (10 Tage)

6.3.1.3 Dominanzpaarvergleich

Zur Erfassung der begrifflichen Repräsentation wurde eine Dominanzpaaraufgabe bearbeitet. In dieser Aufgabe wurde eine beliebige Silbe des Menüsystems vorgegeben (z.B. „bol“). Die Probanden sollten anschließend benennen, welche weiteren Silben zu dieser Silbe gehören. Für diese Auswahl standen jeweils fünf Silben zur Verfügung (z.B. „han“, „pon“, „rag“, „baf“ und „lus“). Die Probanden sollten entweder entscheiden, welche Silben in der hierarchischen Ordnung des Menüsystems auf übergeordneten Ebenen auftreten (z.B. „nel“). Solche Silben wurden als „Vorgesetzte“ bezeichnet. Alternativ sollten die Probanden beurteilen, welche weiteren Silben auf derselben Ebene im gleichen Menübereich auffindbar sind (für „bol“ beispielsweise „rag“ und „pon“). Diese Ebenen wurden als „Nachbarn“ bezeichnet. Pro Messzeitpunkt wurden für je 12 Silben die „Nachbarn“ bzw. die „Vorgesetzten“ gesucht.

Nach einer Entscheidung zugunsten eines „Vorgesetzten“ bzw. der beiden möglichen „Nachbarn“ einer Silbe sollten die Probanden angeben, wie sicher sie sich bei ihrer Entscheidung waren. Zur Beurteilung dieser Sicherheit der Entscheidung standen für „Vorgesetzte“ und „Nachbarn“ maximal sechs Punkte („sehr sichere Entscheidung“) zur Verfügung. Da zwei „Nachbarn“ zu identifizieren waren, musste bei der Bestimmung der „Nachbarn“ die maximale Punktzahl entsprechend geteilt werden. Es standen demzufolge für die Sicherheit der Identifikation des richtigen „Nachbarn“ maximal je drei Punkte zur Verfügung.

6.3.2 Ergebnisse

6.3.2.1 Abbildung des Kompetenzerwerbs

Wie Abbildung 6-7 oben veranschaulicht, kommt es mit zunehmender Erfahrung im Umgang mit dem System sinnloser Silben zu deutlichen Verbesserungen in der Systembedienung (einfaktorielle Varianzanalyse $F_{(5,356)} = 21.402, p < .000$). Während in Sitzung 1 die Mittlere Navigationszeit für die Bearbeitung der gestellten Aufgaben durchschnittlich 12932 s (sd = 3752 s) dauert, beträgt die Mittlere Navigationszeit in Sitzung 5 nur noch 6387 s (sd = 2314 s). Nach einer Lernpause von 10 Tagen ist die Mittlere Navigationszeit in Sitzung 6 mit 5793 s (sd = 2445 s) erneut tendenziell geringer.

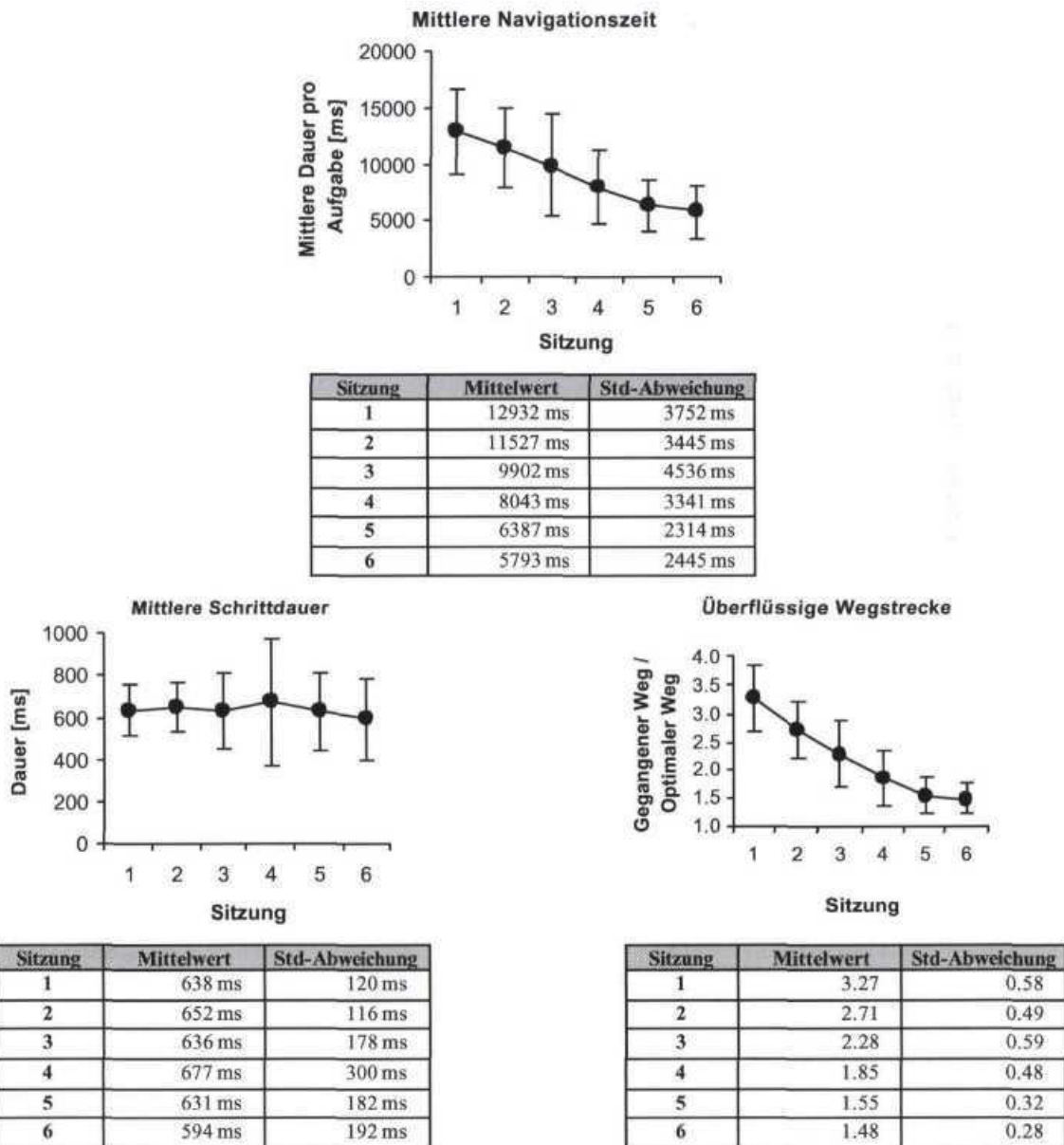


Abbildung 6-7: Mittlere Navigationszeit (oben), Mittlere Schrittdauer (unten links) und Überflüssige Wegstrecke (unten rechts) zur Bearbeitung der Aufgaben im System sinnloser Silben. Dargestellt sind Mittelwerte mit durchschnittlicher Standardabweichung.

Die übungsbedingte Verringerung der Mittleren Navigationszeit ist weitgehend auf die Abnahme der Überflüssigen Wegstrecke zurückzuführen (einfaktorielle Varianzanalyse mit Faktor „Messwiederholung“, $F_{(5, 35)} = 27.199$, $p < .000$; siehe Abbildung 6-7 unten rechts). In Sitzung 1 ist mehr als jeder zweite Schritt (Parameter „Überflüssige Wegstrecke“ $m = 3.27$, $sd = 0.58$) der getätigten Wegstrecke überflüssig. Die Probanden betreiben somit zu Beginn des Systemkontakts einen erheblichen Aufwand zum Auffinden der gesuchten sinnlosen Silbe im Menüsystem. Für jeden Schritt, der aufgrund der Menüstruktur zum Erreichen der Zielsilbe gemacht werden muss, werden vom Nutzer ca. 2.3 Schritte zusätzlich gegangen, bis die Zielsilbe tatsächlich erreicht wird. Bis Sitzung 5 verringert sich die Überflüssige Wegstrecke auf einen Anteil von durchschnittlich 55 %, d.h. auf einen notwendigen Schritt kommen durchschnittlich 0.55 überflüssige Schritte („Überflüssige Wegstrecke“ $m = 1.55$, $sd = 0.32$). In Sitzung 6 kommt es zu einer geringfügigen Abnahme der Überflüssigen Wegstrecke ($m = 1.48$, $sd = 0.28$).

Die Mittlere Schrittdauer bleibt demgegenüber über die Versuchsdauer hinweg weitgehend konstant (einfaktorielle Varianzanalyse $F_{(5,35)} = .599$, $p = .701$; siehe Abbildung 6-7 unten links). So dauert die durchschnittliche Schrittzeit über alle Sitzungen hinweg 638 s ($sd = 182$ s). Die Schrittdauer beim Aufsuchen der anzusteuernden sinnlosen Silbe dauert somit unabhängig vom Kompetenzerwerb stets ähnlich lang.

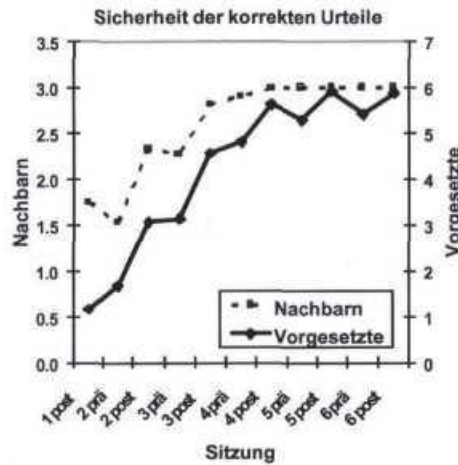
Auffällig ist, dass im Gegensatz zu Menüsystemen mit bedeutsamen Inhalten (z.B. hypothetische Raumschiff-Menüsysteme, siehe Kap. 5) diese Leistungsverbesserungen nicht einer Potenzfunktion folgen, wie durch das sog. Potenzgesetz der Übung beschrieben. Durch die Bedeutungsfreiheit des Systems sinnloser Silben folgt der Kompetenzerwerb für dieses Menüsystem vielmehr einer linearen Funktion.

6.3.2.2 Erlernen der begrifflichen Hierarchie

Zusätzlich kann im System sinnloser Silben der Aufbau einer begrifflichen Wissensstruktur in einem Menüsystem untersucht werden. Dabei zeigt sich, dass mit zunehmender Übung im Umgang mit dem Menüsystem sowohl „Nachbarn“ (d.h. Silben desselben Menübereichs einer Menüebene) als auch „Vorgesetzte“ (d.h. Silben auf übergeordneten Ebenen einer Silbe) in der Dominanzpaaraufgabe sicherer richtig erkannt werden. So gelingt es allen Probanden nach Sitzung 4, „Nachbarn“ und „Vorgesetzte“ einer Silbe sowohl richtig auszuwählen als auch diese Entscheidung sicher zu fällen (siehe Abbildung 6-8).

Es wird jedoch deutlich, dass in Sitzung 1 bis 4 „Nachbarn“ schneller und sicherer ausgewählt werden. So beträgt die mittlere subjektive Sicherheit für die Auswahl von „Nachbarn“ am Ende der ersten Sitzung 1.8 von maximal 3 Punkten (d.h. 60 % subjektive Sicherheit), nach der zweiten Sitzung 2.4 Punkte (80%) und nach Sitzung 3 bereits 2.8 Punkte (93%). Sowohl das Urteil selbst als auch dessen Sicherheit bleiben für „Nachbarn“ in den nachfolgenden Abfragen konstant hoch, selbst nach einer Lernpause von 10 Tagen. Die mittlere subjektive Sicherheit des korrekten Urteils für „Vorgesetzte“ beträgt demgegenüber zu diesen Zeitpunkten 1.2 Punkte von maximal 6 Punkten (20% subjektive Sicherheit), 3.0 Punkte (50%) bzw. 4.6 Punkte (77%). Nach Sitzung 4 vergeben die Probanden als subjektive Sicherheit zwar bereits 5.8 Punkte (97%), bis zu Beginn der nachfolgenden Sitzung nimmt die Sicherheit jedoch auf durchschnittlich 5.3 Punkte (88%) ab, um im Laufe der Sitzung auf 6 von maximal 6 Punkten anzusteigen. Nach einer Lernpause von 10 Tagen verringert sich die subjektive Sicherheit

wiederum auf 5.4 Punkte (90%), um anschließend wieder auf 6 Punkte anzusteigen. Dieses Ergebnis in der Dominanzpaaraufgabe legt nahe, dass ein Kompetenzerwerb im System sinnloser Silben zunächst vor allem über das begriffliche Erlernen der „Nachbarn“ erfolgt. Die „Vorgesetzten“ einer Silbe werden erst mit zunehmender Übung erlernt.



Sitzung	Nachbarn	Vorgesetzte
1 post	1.75	1.17
2 prä	1.53	1.67
2 post	2.33	3.06
3 prä	2.27	3.14
3 post	2.81	4.56
4 prä	2.91	4.81
4 post	2.99	5.63
5 prä	3.00	5.29
5 post	3.00	5.93
6 prä	3.00	5.42
6 post	3.00	5.88

Abbildung 6-8: Beurteilung der Sicherheit der Entscheidung zugunsten der „Nachbarn“ (max. 3 Punkte) bzw. „Vorgesetzte“ (max. 6 Punkte) im Dominanzpaarvergleich über 6 Sitzungen („prä“ zu Beginn der Sitzung, „post“ am Ende der Sitzung).

6.3.3 Zusammenfassung

Der Kompetenzerwerb für ein System sinnloser Silben folgt, im Gegensatz zu Menüsystemen mit bedeutsamen Inhalten (z.B. hypothetisches Raumschiff-System, siehe Kap. 5 bzw. fahrkontextnahe Systeme; siehe Kap. 6.5 und 6.6), nicht einer Potenzfunktion, wie durch das sog. Potenzgesetz der Übung beschrieben. Durch das Fehlen von inhaltlichen Bedeutungen folgt der Kompetenzerwerb für ein System sinnloser Silben vielmehr einer linearen Funktion.

Hierfür ist unter Umständen das Fehlen des sog. Bedeutungsfeldes verantwortlich. Nach Fassnacht (1971) werden neue Lernaufgaben zunächst hinsichtlich allgemeiner, abstrakter Aspekte gegliedert und erst anschließend spezifische Merkmale angeeignet. Die Person verschafft sich somit erst einen Überblick über das zu Lernende (hier: sog. Bedeutungsfeld), um dann einzelne begriffliche Inhalte (hier: spezifische Unterbegriffs-Oberbegriffs-Relationen) zu lernen. Die Lerneffizienz ist dadurch zu Beginn des Lernprozesses relativ hoch und nimmt mit zunehmender Übung immer weiter ab. In einem System sinnloser Silben ist es demgegenüber den Systemnutzern nicht möglich, einen Überblick über die begriffliche Thematik bzw.

die begriffliche Struktur des Systems zu erkennen. Daher kommt es nicht zu einer entsprechenden Beschleunigung und Verbesserung der Menübedienung wie in anderen bedeutungshaltigen Menüsystemen gezeigt. Außerdem scheint die Lernkurve von der Vertrautheit und Bedeutungshaltigkeit des Materials abhängig zu sein (engl.: *meaningfulness*; Noble, 1952). Cieutat, Stockwell & Noble (1958) zeigten, dass sich die Lernkurve bei hoch bedeutungshaltigem Lernmaterial negativ beschleunigt, während für niedrig bedeutungshaltiges Material die entsprechende Funktion über die Lernleistung die Form einer Geraden annimmt. Die Bedeutungshaltigkeit des Materials hat somit einen Einfluss auf die Lernkurve.

Schließlich wurde gezeigt, dass das Erlernen von begrifflichen Hierarchien eines Menüsystems primär über das Erlernen der „Nachbarn“ im System geschieht, d.h. über Inhalte desselben Menübereichs auf einer Ebene. Mit Zeitversatz gelingt auch das Erlernen der „Vorgesetzten“ (d.h. übergeordnete Inhalte auf höheren Menüebenen eines Menübereichs).

Die Untersuchung des Systems sinnloser Silben unterstützt somit die Annahme, dass hinsichtlich der begrifflichen Repräsentation zwei Aspekte im Rahmen des Kompetenzerwerbs für Informationssysteme relevant sind: Zum einen das Erkennen des sog. Bedeutungsfeldes eines Systems, zum anderen das Erlernen der begrifflichen Hierarchien im System.

6.4 Studie „Raumschiff-System II“

Ziel der folgenden Studie war es, die Auswirkungen des begrifflichen Vorwissens auf den Kompetenzerwerb in einem Menüsystem darzustellen. Es wurde angenommen, dass Vorwissen der Systemnutzer, das möglicherweise aufgrund eigener Erfahrungen im Umgang mit einem Menüsystem bzw. durch Wissen über menüähnliche Strukturen vorliegt, sich als nützlich für den Aufbau einer begrifflichen Repräsentation erweisen kann (für eine Übersicht über lernrelevante Personenmerkmale siehe Hasselhorn, 1995; Stumpf, 2000). Liegen adäquate Wissensstrukturen vor, so kann der Nutzer im Umgang mit einem Menüsystem auf dieses Vorwissen zurückgreifen und mit einem geringeren Lernaufwand das Menü bedienen. Bestehen hingegen Widersprüche zwischen dem Vorwissen des Nutzers und der begrifflichen Menüstruktur, so ist damit zu rechnen, dass der Nutzer die begrifflichen Strukturen im System verstehen und lernen und zugleich vorliegende Wissensstrukturen aus anderen Lebensbereichen verlernen oder zumindest während der Menübedienung unterbinden muss. Es ist in diesem Fall also mit einem höheren Lernaufwand zu rechnen. Zur Untersuchung dieser Fragestellung wurde vor Systemkontakt mittels Kartensortierverfahren das begriffliche Vorwissen erfasst, um im weiteren zu betrachten, wie sich das Vorwissen auf den Kompetenzerwerb für das Menüsystem auswirkt bzw. welche Lernprobleme auftreten, falls noch kein bzw. ein falsches Vorwissen besteht.

6.4.1 Methodisches Vorgehen

6.4.1.1 Beschreibung des Menüsystems

Die vorliegende Fragestellung wurde anhand eines hypothetischen Menüsystems in einem Raumschiff untersucht. Dieses System bestand aus drei Menüebenen, die sich jeweils aus bis zu acht Optionen zusammensetzten. Auf der ersten Ebene befanden sich sieben Menübereiche: Kommunikation, Tochterschiffe, Energie, Waffen, Versorgung, Ortung und Sicherheits-

personal. Die zweite Ebene wiederum bestand (je nach Menübereich) aus fünf bis acht Optionen, die wiederum auf der dritten Ebene in fünf bis acht Optionen mündeten. Das System wurde so konstruiert, dass alle Funktionen der dritten Ebene eines Menübereichs identisch waren. Dies bedeutet beispielsweise, dass im Menübereich „Kommunikation“ alle Optionen der zweiten Ebene (d.h. Videoaufzeichnung, E-Mail, Leuchtsignal, Morsen) dieselben Menüfunktionen auf der dritten Ebene hatten (z.B. Nachricht empfangen, Interne Verständigung, Botschaft verschlüsseln). Insgesamt enthielt das System sieben Menüoptionen auf Menüebene 1, 50 Optionen auf Ebene 2 und 45 Optionen auf Ebene 3. Mittels eines Vorversuchs (N = 16 Probanden) wurde versucht, Begriffe in das Menüsystem zu integrieren, die nicht optimal in die begriffliche Hierarchie passten.

Die Probanden sollten sich vorstellen, der Kapitän eines Raumschiffs zu sein, der im Rahmen sog. Missionen das Menüsystem bedienen sollte. Ihre Aufgabe bestand darin, eine Menüfunktion (z.B. „Personenschutz alarmieren“) möglichst schnell und präzise anzusteuern (für eine ausführliche Darstellung der Instruktionen, der Menübedienung und technischer Aspekte des Menüsystems siehe Studie „Raumschiff-System I“, Kap. 5.1.1).

6.4.1.2 Versuchsdurchführung

Der Versuch fand an fünf Terminen über einen Zeitraum von 95 Tagen statt. Tabelle 6-3 veranschaulicht den Ablauf der fünf Versuchssitzungen. N = 6 Probanden (drei weiblich, drei männlich) im Alter von 21 bis 31 Jahren (durchschnittliches Alter: 24.2 Jahre, sd = 3.5 Jahre) nahmen am Versuch teil.

Tabelle 6-3: Schematischer Ablauf der Sitzungen („Karten“ Kartensortierverfahren, „Mission“ Aufgabenblock für den Umgang mit Menüsystem).

Sitzung 1 (Tag 1)	Sitzung 2 (Tag 2)	Sitzung 3 (Tag 5)	Sitzung 4 (Tag 12)		Sitzung 5 (Tag 95)
Karten	Karten	Karten	Karten	Pause (12 Wochen)	Karten
	Mission	Mission	Mission		Mission
	Mission	Mission	Mission		Mission
	Mission	Mission	Mission		Mission
	Karten	Karten	Karten		Karten

In Sitzung 1 (Tag 1) wurden die Probanden gebeten, mittels eines Kartensortierverfahrens eine hierarchische Struktur von Menüfunktionen zu konstruieren, die anhand ihres Vorwissens sinnvoll wäre. Die Probanden hatten zu diesem Zeitpunkt keinen Umgang mit dem untersuchten Menüsystem. Es wurde ausschließlich das Vorwissen der Probanden über eine mögliche hierarchische Begriffsstruktur abgefragt. Die Sitzung dauerte ca. 45 Minuten.

Zu Beginn der zweiten Sitzung (Tag 2) wurde erneut das Kartensortierverfahren (ohne Systemkontakt) durchgeführt. Anschließend folgten drei Aufgabenblöcke à 32 Aufgaben (sog. Missionen), in denen die Probanden mit dem Menüsystem umgehen sollten. Darauf folgte wieder ein Kartensortierverfahren. Diesmal wurden die Probanden jedoch gebeten, die Be-

riffsstruktur des Menüsystems (und nicht wie zuvor ihr Vorwissen) zu rekonstruieren. Mittels dieser Kartensortierdurchgänge wurde das Systemwissen abgefragt. Ähnlich wurde in den folgenden Sitzungen 3 bis 5 vorgegangen.

Die Pausen zwischen den einzelnen Sitzungen betragen vor Sitzung 3 drei Tage, vor Sitzung 4 sieben Tage und vor Sitzung 5 zwölf Wochen. Nach einer Phase des intensiveren Kontakts mit dem Menüsystem über 11 Tage hinweg (Sitzung 2 bis 4), folgte vor Sitzung 5 eine längere Pause, in der kein Umgang mit dem Menüsystem stattfand. Jede der Sitzungen dauerte ca. 90 min. Es liegt ein Mischversuchsplan mit den Faktoren „Übung“ (Anzahl der Sitzungen; within-Faktor) und „Vorwissen der Probanden“ (richtig vs. falsch; between-Faktor) vor.

6.4.1.3 Kartensortierverfahren

Die Erfassung der begrifflichen Repräsentation erfolgte über ein Kartensortierverfahren. In diesem Verfahren wurden die Probanden gebeten, Menüfunktionen, die auf der zweiten bzw. dritten Menüebene platziert waren, einem der Menübereiche der ersten Ebene zuzuordnen. Hierzu lagen Kärtchen, auf denen die Begriffe der sieben Menübereiche der ersten Ebene geschrieben waren, auf einem Tisch. Aufgabe der Probanden war es, die Menüinhalte der zweiten bzw. dritten Ebene einem dieser Oberbegriffe zuzuordnen, indem das entsprechende Kärtchen zum Oberbegriff auf den Tisch gelegt wurde. Um die Sicherheit dieser Sortierung abzubilden, wurden die Probanden gebeten, bei jeder Zuordnung die Sicherheit ihrer Entscheidung auf einer Skala von 1 („sehr unsicher“) bis 6 („sehr sicher“) anzugeben. Dementsprechend konnte klassifiziert werden, (1) ob die Zuordnung eines Unterbegriffs richtig oder falsch war und (2) inwiefern eine Passung von Vor- und Systemwissen sich auf die Beurteilung der Sicherheit der Sortierung auswirkt.

Kartensortierverfahren zählen zu den Standardparadigmen der psychologischen Forschung (z.B. Miller, 1969) und Usability-Forschung und werden als Prüfverfahren zur Umsetzung der Gestaltungsrichtlinien der Norm DIN EN ISO 13407 „Benutzer-orientierte Gestaltung interaktiver Systeme“ (1999) eingesetzt. Mittels Kartensortierverfahren wird versucht, die Kategorisierung und Informationssuche von Systemnutzern zu verstehen, begrifflich eindeutige von nicht-eindeutigen Begriffen zu trennen und hierdurch eine optimale begriffliche Struktur in einem Menüsystem zu realisieren (MIT Information Systems, 2003).

6.4.2 Ergebnisse

6.4.2.1 Begriffliche Eindeutigkeit der Menüinhalte

Im untersuchten Menüsystem stimmten bei 71% der Menüinhalte der zweiten Ebene bzw. bei 56% der Menüinhalte der dritten Ebene das Vorwissen der Probanden und das für die Bedienung des Menüsystems notwendige Systemwissen überein. Hierzu wurden die Ergebnisse des Kartensortierens in Sitzung 1 und zu Beginn von Sitzung 2, in denen das Vorwissen der Probanden über eine mögliche begriffliche Menüstruktur abgefragt wurde, mit der tatsächlichen begrifflichen Menüstruktur verglichen. Das Ziel des Vorversuchs, Inhalte in das Menüsystem zu integrieren, für die keine Passung von Vor- und Systemwissen vorliegt, wurde erreicht.

6.4.2.2 Passung von Vorwissen und Systemwissen

Beim Kartensortieren (zur Rekonstruktion der tatsächlichen begrifflichen Menüstruktur) werden Menüinhalte der zweiten bzw. dritten Ebene, bei denen Vor- und Systemwissen übereinstimmen („richtiges Vorwissen“), ab Ende von Sitzung 2 den entsprechenden, richtigen Oberbegriffen der obersten Menüebene zugeordnet. Abbildung 6-9 veranschaulicht, dass bei Menüinhalten mit „richtigem Vorwissen“ die subjektive Sicherheit dieser Zuordnung von Beginn des Systemkontakts an sehr hoch ist. Es treten somit keine Übungseffekte auf. Daraus ergibt sich, dass bei einer Passung von Vor- und Systemwissen der Lernaufwand minimal ist.

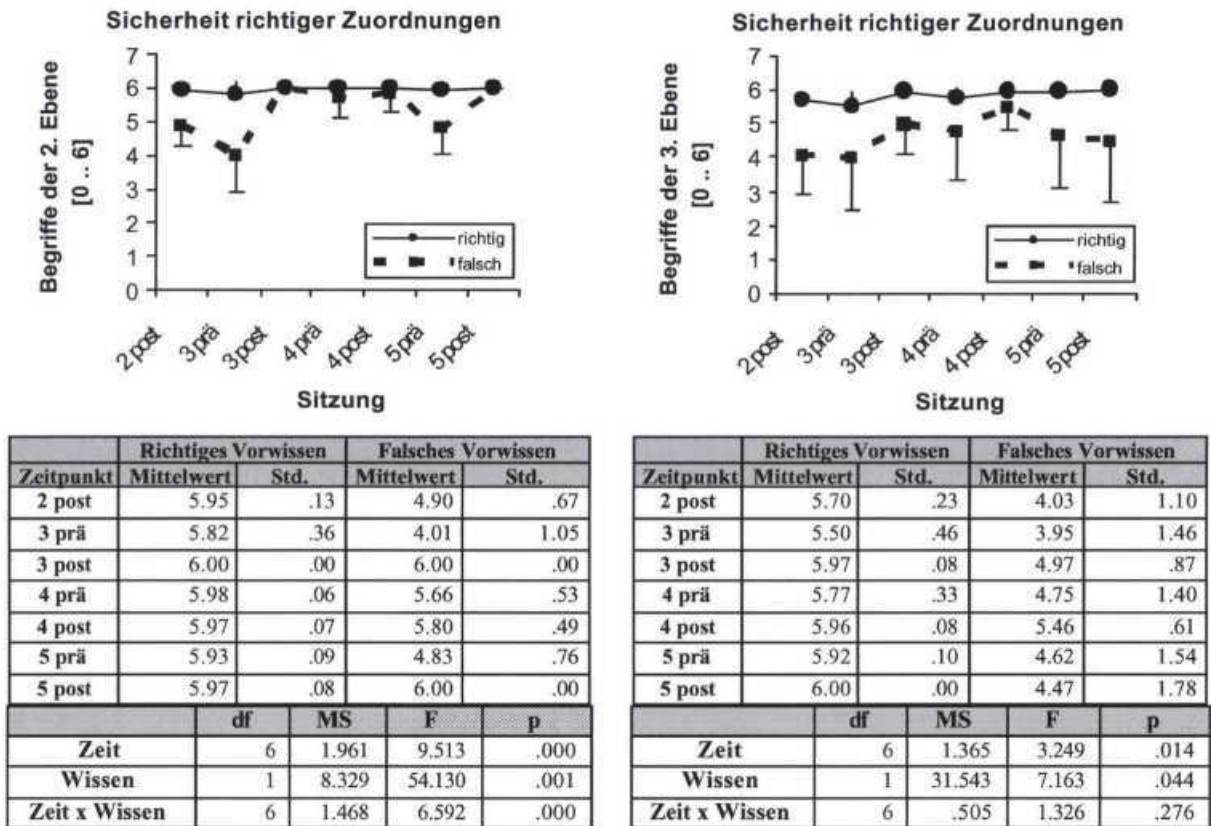


Abbildung 6-9: Beurteilung der Sicherheit der richtigen Zuordnung von Inhalten der zweiten Menüebene (links) bzw. dritten Ebene (rechts) zu Inhalten der ersten Ebene („Richtig“ Übereinstimmung zwischen Vor- und Systemwissen, „Falsch“ Diskrepanz zwischen Vor- und Systemwissen; „prä“ Beginn der Sitzung, „post“ Ende der Sitzung). Dargestellt sind Mittelwerte und Standardabweichungen sowie die Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit 7fach abgestuften Faktor „Zeit“ und 2fach abgestuften Faktor „Wissen“ (Richtig vs. Falsch).

Stimmen Vor- und Systemwissen hingegen nicht überein („falsches Vorwissen“), werden Menüinhalte häufiger den falschen Oberbegriffen zugewiesen bzw. (sofern eine richtige Sortierung der Menüinhalte erfolgte) sie werden mit einer geringeren subjektiven Sicherheit sortiert (siehe Abbildung 6-9). Durch den Umgang mit dem Menüsystem gelingt es zwar, auch für Menüfunktionen mit „falschem Vorwissen“ richtige und sichere Zuordnungen von Unterbegriffen zu Oberkategorien aufzubauen. Durch Pausen im Lernprozess (z.B. von einer Dauer von 12 Wochen zwischen Sitzung 4 und 5) zerfallen diese Lernergebnisse jedoch weitgehend wieder, so dass ein neues Erlernen der entsprechenden Menüinhalte notwendig wird. Dies

drückt sich sowohl in der Häufigkeit richtiger Zuordnungen von Unter- zu Oberbegriffen aus als auch in einer Abnahme der subjektiven Sicherheit der Sortierung der entsprechenden Begriffe. Bei einer fehlenden Passung von Vor- und Systemwissen werden demzufolge zwar adäquate begriffliche Wissensstrukturen aufgebaut, die für den Umgang mit einem Menüsystem von Bedeutung sind. Diese begrifflichen Wissensstrukturen zerfallen bei einem längeren Nicht-Systemkontakt jedoch wieder, so dass sie dann erneut aufgebaut werden müssen. Die Auswirkungen einer fehlenden Übereinstimmung zwischen Vor- und Systemwissen gelten für Menüinhalte der zweiten Ebene (siehe Abbildung 6-9 links) und im stärkeren Maße für Menüinhalte der dritten Ebene (siehe Abbildung 6-9 rechts).

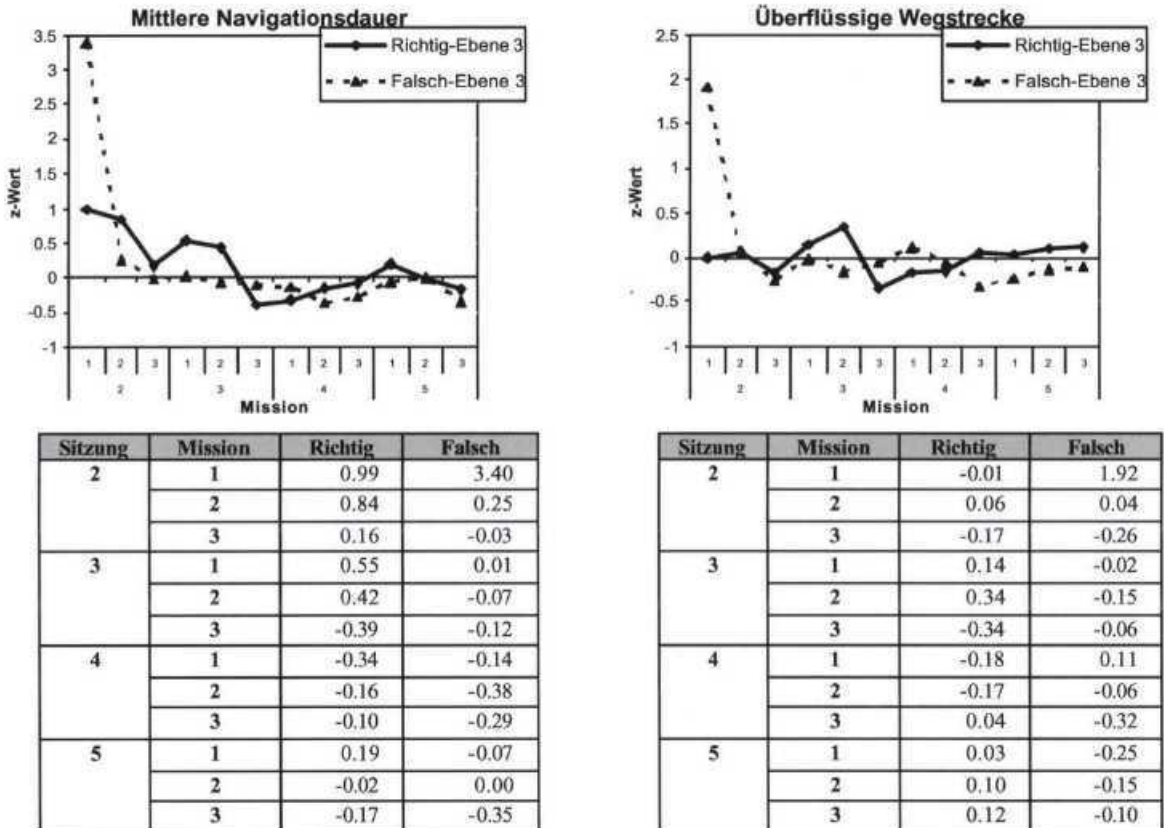


Abbildung 6-10: Mittlere Navigationszeit (links) und Mittlere Überflüssige Wegstrecke (rechts) für Menüinhalte der dritten Menüebene, bei denen Vor- und Systemwissen übereinstimmen („Richtig“) bzw. nicht übereinstimmen („Falsch“). Dargestellt sind mittlere z-Werte für die entsprechenden Menüfunktionen. Aufgetragen sind Missionen für Sitzungen 2 bis 5.

Eine fehlende Passung von Vor- und Systemwissen wirkt sich auf die Menübedienung demgegenüber lediglich beim Erstkontakt aus. Sollen Menüfunktionen angesteuert werden, bei denen Vor- und Systemwissen nicht übereinstimmen, so ist die Mittlere Navigationszeit zu Lernbeginn gegenüber solchen Menüfunktionen erhöht, bei denen Vor- und Systemwissen übereinstimmen (siehe Abbildung 6-10 links). Die geringere Bediengeschwindigkeit ist darauf zurückzuführen, dass mehr Fehler beim Bewegen im Menüsystem gemacht werden (Parameter „Überflüssige Wegstrecke“; siehe Abbildung 6-10 rechts). In der Geschwindigkeit des Bewegens im Menüsystem (Parameter „Mittlere Schrittdauer“, d.h. die mittlere Zeitdauer, die für eine Bewegung im Menüsystem benötigt wird) zeigt sich dies nicht. Die Auswirkungen einer fehlenden Übereinstimmung zwischen Vor- und Systemwissen sind sowohl für Me-

nüinhalte der zweiten Ebene als auch der (in Abbildung 6-10 dargestellten) dritten Ebene nachweisbar. Im weiteren Lernverlauf (unabhängig von der Dauer der Pausen zwischen den Sitzungen) ergibt sich kein solcher Effekt der Passung von Vor- und Systemwissen.

6.4.3 Zusammenfassung

Zusammenfassend ergibt sich, dass mit zunehmender Systemerfahrung adäquate begriffliche Wissensstrukturen aufgebaut werden. Besteht beim Systemnutzer bereits adäquates Vorwissen, so ergibt sich kein weiterer Lernaufwand für den Aufbau einer begrifflichen Repräsentation. Kein Vorwissen bzw. ein nicht-passendes Vorwissen führt hingegen zu einem erhöhten Lernaufwand und nach längeren Lernpausen zu einer höheren Wahrscheinlichkeit des Vergessens dieser Wissensstrukturen.

Die Aussagen zum Lernaufwand in Abhängigkeit des Vorwissens von Systemnutzern gelten dabei sowohl für das Kartensortierverfahren als auch für die Bedienung des Menüsystems. Der Vergessenseffekt über eine längere Lernpause hinweg ergibt sich demgegenüber nur für das Kartensortierverfahren. Dieses Verfahren wird u.a. zur Umsetzung der Grundsätze zur HMI-Gestaltung seitens der ISO-Norm DIN EN ISO 13407 (1999) empfohlen. Dennoch ist dieses Verfahren nur bedingt zur Vorhersage des Kompetenzerwerbs für Menüsysteme und der Bedienleistung in Menüsystemen geeignet. Dies ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass Kartensortierverfahren und Menübedienung unterschiedliche Anforderungen an die Person stellen. So liegen im Rahmen der Menübedienung stets Informationen über die begriffliche Struktur vor, da im Menüsystem die aktuelle und (falls vorhanden) alle übergeordneten Menüebenen dargestellt werden. Während des Kartensortierens liegen hingegen nur die Menübereiche der ersten Menüebene auf dem Tisch aus. Somit sind seitens der Versuchsanordnung beim Kartensortieren weniger Informationen über die begriffliche Struktur des Menüsystems verfügbar als bei der Menübedienung.

6.5 Studie „Bedienmodell“

Die Bedeutung der motorischen Repräsentation für den Kompetenzerwerb in einem Menüsystem wurde in einer vierten Studie betrachtet. Es wurde erwartet, dass eine nicht-optimale Auslegung des Bedienelements zu einem erhöhten Lernaufwand führt, aber auch längerfristig eine höhere Fehlerzahl im Umgang mit dem Bedienelement bis hin zu einer geringen Akzeptanz des Menüsystems bedingt. Die Wirkungen der Ausgestaltung des Bedienelements sind dabei in Abhängigkeit der aus der Systemdarstellung resultierenden Auswirkungen zu betrachten. So gehen beispielsweise Systemdarstellungen, in denen ausschließlich Menüinhalte der aktuellen Menüebene eingeblendet werden, mit anderen Anforderungen an Nutzer einher als Darstellungen, in denen sowohl die aktuelle Menüebene als auch die hierarchisch übergeordneten Menüebenen eingeblendet werden.

Neben den Einzelwirkungen der Ausgestaltung des Bedienelements und der Darstellung auf die Systembedienung ist demzufolge zu erwarten, dass bestimmte Kombinationen dieser beiden Faktoren zu besseren Leistungen im Umgang mit dem Menüsystem führen als andere. Daher werden im Rahmen dieser Studie verschiedene Darstellungsformen (z.B. Darstellung mit vs. ohne Kontextinformationen) in Kombination mit unterschiedlichen Formen der Bedienung (z.B. einfaches Bedienelement vs. komplexes Bedienelement) untersucht.

6.5.1 Methodisches Vorgehen

6.5.1.1 Beschreibung des Menüsystems

In dieser Studie wurde der Kompetenzerwerb für ein fahrkontextnahes Menüsystem untersucht. Dieses Menü bestand aus bis zu vier Menüebenen. Auf der ersten Ebene befanden sich vier Bereiche: „Navigation“, „TV/Video“, „Kommunikation“ und „Klima“. Die zweite Ebene bestand wiederum aus je drei Optionen. Einige Menübereiche beinhalteten zusätzlich eine dritte Ebene mit drei Optionen. Anschließend folgten Auswahllisten mit Alternativen (z.B. Adressbuchliste, Zielliste im Navigationsmenü) bzw. Reglerbildschirme mit 11 Stellpositionen (von „0“ bis „10“, z.B. Lüftung, Helligkeit des Bildschirms). Das System enthielt insgesamt 106 Menüinhalte. Die Aufgabe der Probanden bestand darin, im Rahmen mehrerer Aufgabenblöcke möglichst schnell und präzise vorgegebene Menüfunktionen anzusteuern.

Es wurden zwei Varianten zur Bedienung dieses Menüsystems gegeneinander geprüft. Bei Variante 1 waren Bewegungen innerhalb des Menüsystems ausschließlich über Betätigung eines Joysticks möglich. So hatte eine Joystickbewegung nach oben oder unten (vertikale Bedienrichtung) zur Folge, dass der Proband sich auch im Menü nach oben bzw. unten bewegte und innerhalb einer Menüebene blätterte. Wollte der Proband auf einer Menüebene eine ausgewählte Funktion bestätigen, um in die nächste untergeordnete Ebene zu wechseln, so musste der Joystick nach rechts bewegt werden. Dementsprechend führte eine Joystickbewegung nach links zum Verlassen der Ebene in Richtung einer hierarchisch übergeordneten Ebene („Zurück“). Sowohl das „Blättern innerhalb der Ebene“ als auch das „Wechseln zwischen den Ebenen“ geschah anhand des Joysticks. Wurde die gewünschte Zielfunktion erreicht, konnte über eine weitere Bewegung des Joysticks nach rechts eine neue Aufgabe angefordert werden. Abbildung 6-11 links veranschaulicht dies schematisch. Grundannahme dieser Bedienvariante war, dass es für den Systembediener *unerheblich* ist, ob er gerade innerhalb einer Menüebene blättert oder zwischen den Ebenen wechselt. Diese Bedienvariante wird im Folgenden als „Integriertes Bedienelement“ bezeichnet.



Abbildung 6-11: Schematische Darstellung des Integrierten Bedienelements (links) bzw. des Aufgelösten Bedienelements (rechts).

In einer zweiten Bedienvariante erfolgte das „Blättern innerhalb einer Menüebene“ ebenfalls über die vertikale Bedienrichtung des Joysticks. Wollte der Proband hingegen in eine untergeordnete Ebene wechseln, so musste er einen Knopf betätigen, der rechts vom Joystick befestigt war. Zum Wechseln in eine übergeordnete Ebene musste ein Knopf links vom Joystick gedrückt werden. Das „Wechseln zwischen den Ebenen“ erfolgte somit über Betätigung zweier Knöpfe (siehe Abbildung 6-11 rechts). Die horizontale Bedienrichtung des Joysticks (Bewegung nach rechts bzw. links) war nicht belegt. Die nächste Aufgabe konnte nach Errei-

chen der gewünschten Zielmenüfunktion mittels erneuter Betätigung des rechten Knopfs angefordert werden. Grundannahme war, dass es für den Systembediener *entscheidend* ist, ob er gerade innerhalb einer Menüebene blättert oder zwischen den Ebenen wechselt. Diese Bedienvariante wird im Folgenden als „Aufgelöstes Bedienelement“ bezeichnet.



Abbildung 6-12: Screenshot der Ebenendarstellung (links) bzw. der Menüdarstellung (rechts) des untersuchten Menüsystems.

Zusätzlich wurde die Darstellung des Menüsystems variiert. So wurden in einer sog. Ebenendarstellung ausschließlich Menüinhalte der Ebene eingeblendet, auf der ein Proband sich gerade befand (siehe Abbildung 6-12 links). Für den Systemnutzer stellte sich der „Wechsel zwischen den Ebenen“ dadurch als Abfolge einzelner Menüebenen dar, so dass pro Menüebene entschieden werden musste, ob ein Ebenenwechsel gewünscht ist bzw. ob die gewünschte Zielfunktion erreicht wurde. In einer sog. Menüdarstellung wurden schließlich die aktuelle Menüebene und die hierarchisch übergeordneten Menüebenen dargestellt (siehe Abbildung 6-12 rechts). Somit war ein freieres Bewegen innerhalb des Gesamtsystems möglich, nur der Wechsel in eine untergeordnete Ebene war mit einer Entscheidung zugunsten einer Menüalternative verbunden.

Die Probanden sollten mittels des Menüsystems möglichst schnell und präzise Aufgaben bearbeiten. Nach dem erfolgreichen Ansteuern einer Menüfunktion wurde eine neue Aufgabe gegeben. Steuerte der Proband einen falschen Menüpunkt an, wurde ein sog. Falsch-Bildschirm eingeblendet, auf dem die anzusteuernde Funktion noch einmal genannt wurde. Im Anschluss musste die richtige Menüfunktion ausgewählt werden.

6.5.1.2 Versuchsdurchführung

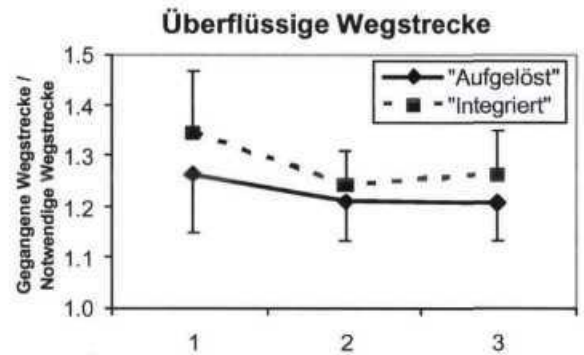
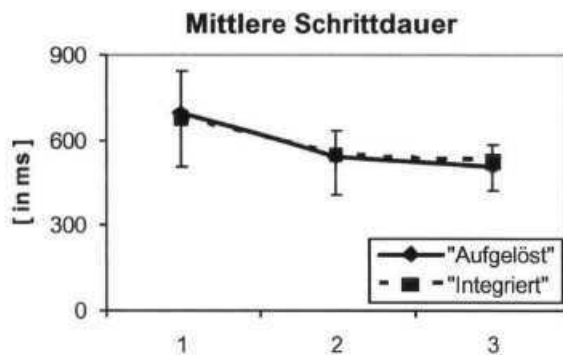
An diesem Versuch nahmen $N = 24$ Probanden (16 weiblich, 8 männlich, mittleres Alter 24.1 Jahre) teil. Je $n = 6$ Probanden bearbeiteten das Menüsystem mit dem Integrierten Bedienelement mit Ebenendarstellung, dem Integrierten Bedienelement mit Menüdarstellung, dem Aufgelösten Bedienelement mit Ebenendarstellung sowie dem Aufgelösten Bedienelement mit Menüdarstellung. Es wurden drei Blöcke mit jeweils 54 Aufgaben bearbeitet. Es liegt somit ein Mischversuchsplan mit den Faktoren „Übung“ (3 Blöcke; within-Faktor), „Bedienvariante“ (Integriert vs. Aufgelöst; between-Faktor) und „Systemdarstellung“ (Menü vs. Ebene; between-Faktor) vor. Die Sitzung dauerte ca. 90 Minuten.

Nach jedem Aufgabenblock fand eine kurze Befragung der Probanden bezüglich der Anstrengung, Beanspruchung, Aufmerksamkeit, Leistungsgüte etc. statt. Zusätzlich erfolgte zum Abschluss des Versuchs eine Nachbefragung, in der diese u.a. einzelne Aspekte der untersuchten Bedienvarianten (z.B. Art des Blätterns innerhalb einer Ebene oder des Wechselns in eine andere Ebene) bewerten sollten. Die Urteilsabgabe in den jeweiligen Befragungen erfolgte mittels der 15stufigen Kategorienunterteilungsskala (Heller, 1985; siehe Kap. 5.1.2).

6.5.2 Ergebnisse

6.5.2.1 Ausgestaltung des Bedienelements

Für die Bedienung des Menüsystems ergeben sich für beide Bedienvarianten ähnliche mittlere Schrittdauern (siehe Abbildung 6-13 links), wobei insbesondere zu Beginn des Systemkontakts eine Beschleunigung der mittleren Schrittdauer auftritt. Demgegenüber werden beim Umgang mit dem „Aufgelösten Bedienelement“ weniger Fehler gemacht als beim „Integrierten Bedienelement“ (siehe Abbildung 6-13 rechts), der Einfluss der Ausgestaltung des Bedienelements ist unabhängig vom Kompetenzerwerb im Umgang mit dem Menüsystem. Die vorliegenden Varianten des Bedienelements sind somit irrelevant für die Bediengeschwindigkeit (Parameter „Mittlere Schrittdauer“), wohingegen die Bediengüte (Parameter „Überflüssige Wegstrecke“) hiervon beeinflusst wird.



Block	Integrierte Bedienung		Aufgelöste Bedienung	
	Mittelwert	Std.	Mittelwert	Std.
1	681 ms	174 ms	692 ms	148 ms
2	549 ms	142 ms	541 ms	92 ms
3	523 ms	104 ms	507 ms	75 ms
Block	df	MS	F	p
Block	2	358941	115.420	.000
Bedienung	1	303	.008	.930
Block x Bedienung	2	2356	.758	.394

Block	Integrierte Bedienung		Aufgelöste Bedienung	
	Mittelwert	Std.	Mittelwert	Std.
1	1.35	0.12	1.26	0.11
2	1.24	0.07	1.21	0.08
3	1.26	0.09	1.21	0.07
Block	df	MS	F	p
Block	2	0.057	12.620	.002
Bedienung	1	0.07	6.049	.023
Block x Bedienung	2	0.002	.475	.498

Abbildung 6-13: Mittlere Schrittdauer (links) und Überflüssige Wegstrecke (rechts) in Abhängigkeit des Bedienelements („Integriert“ Integriertes Bedienelement, „Aufgelöst“ Aufgelöstes Bedienelement) für die drei Aufgabenblöcke im Stand. Angegeben sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie die Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit dem dreifach abgestuften Faktor „Block“ (Block 1 vs. Block 2 und Block 3) und dem zweifach abgestuften Faktor „Bedienung“ (Integriert vs. Aufgelöst).

Die Bedienung mit dem „Aufgelösten Bedienelement“ wird dabei von den Probanden zu Beginn des Systemkontakts als schwieriger (t-Test für unabhängige Stichproben, $t_{(22)} = -1.784$, $p = .088$) und anstrengender (t-Test, $t_{(22)} = -2.190$, $p = .039$) bewertet als das „Integrierte Bedienelement“. Abbildung 6-14 veranschaulicht, dass in Aufgabenblock 1 der Umgang mit dem „Aufgelösten Bedienelement“ um ca. zwei Skaleneinheiten schwieriger bzw. anstrengender beurteilt wird als das „Integrierte Bedienelement“. In den nachfolgenden Aufgabenblöcken verschwinden diese Unterschiede vollkommen: Der Umgang mit beiden Bedienvarianten wird als gleichermaßen schwer und anstrengend bezeichnet.

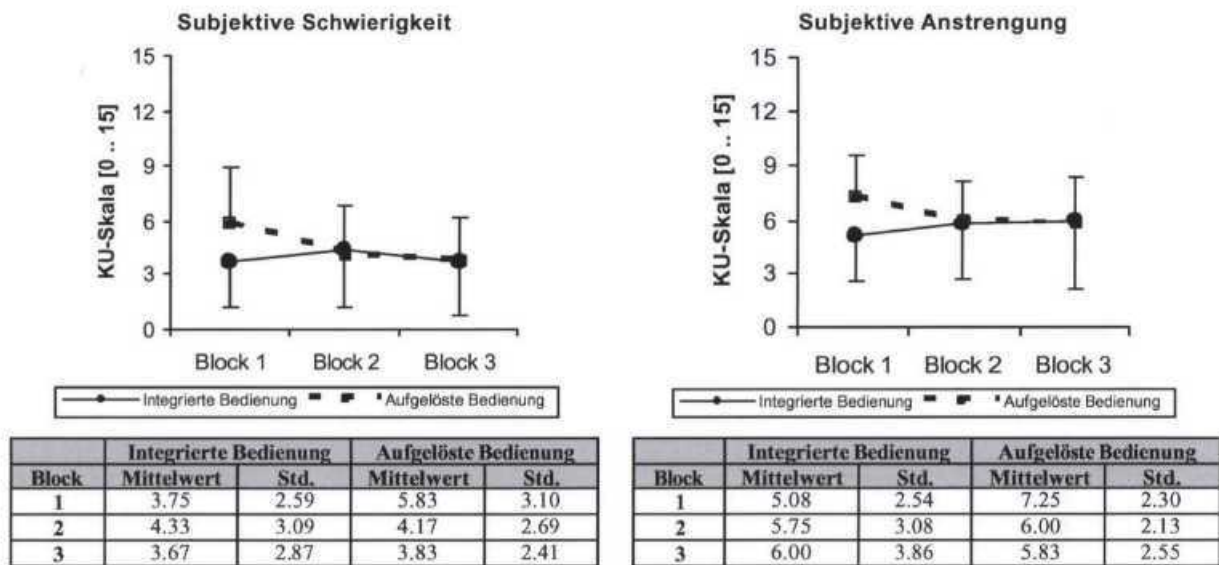
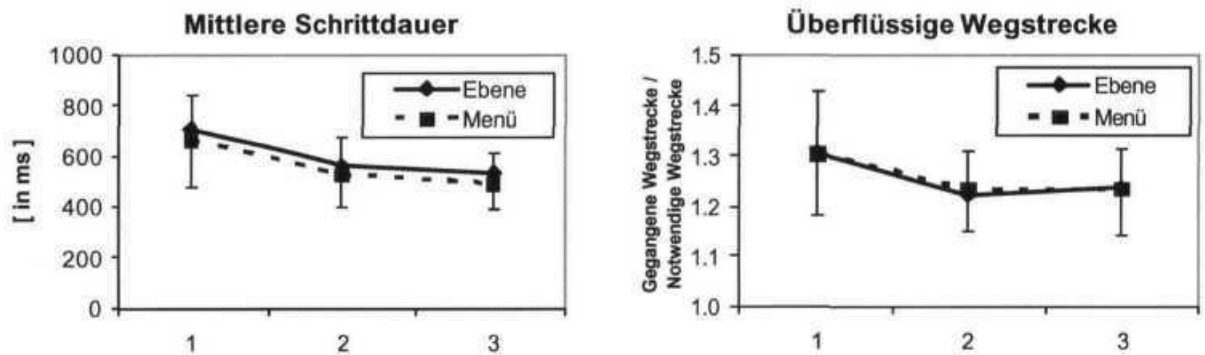


Abbildung 6-14: Beurteilung der Schwierigkeit (links) und Anstrengung (rechts) für das „Integrierte Bedienelement“ bzw. das „Aufgelöste Bedienelement“ über die drei Aufgabenblöcke. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung.

6.5.2.2 Systemdarstellung

Hinsichtlich der Auswirkungen der Systemdarstellung auf die Bedienleistung ergibt sich weder für die Bediengeschwindigkeit (Parameter „Mittlere Schrittdauer“, siehe Abbildung 6-15 links) noch für die Bediengüte (Parameter „Überflüssige Wegstrecke“, siehe Abbildung 6-15 rechts) ein bedeutsamer Effekt. Es ist lediglich insofern ein tendenzieller Effekt festzuhalten, als dass die mittlere Schrittdauer für das System in Menüdarstellung um ca. 50 ms geringer als im System in Ebenendarstellung. Unter „Single Task“-Bedingungen scheint die Darstellung des Menüsystems (unabhängig vom Kompetenzerwerb) insgesamt von untergeordneter Bedeutung zu sein.



Block	Ebene		Menü	
	Mittelwert	Std.	Mittelwert	Std.
1	710 ms	134 ms	663 ms	183 ms
2	563 ms	111 ms	527 ms	125 ms
3	539 ms	77 ms	491 ms	97 ms
	df	MS	F	p
Block	2	358941	115.420	.000
Darstellung	1	33631	.873	.361
Block x Darstellung	2	3	.001	.977

Block	Ebene		Menü	
	Mittelwert	Std.	Mittelwert	Std.
1	1.31	.13	1.30	.12
2	1.22	.07	1.23	.08
3	1.24	.09	1.23	.08
	df	MS	F	p
Block	2	.057	12.620	.002
Darstellung	1	.000	.005	.946
Block x Darstellung	2	.000	.001	.975

Abbildung 6-15: Mittlere Schrittdauer (links) und Überflüssige Wegstrecke (rechts) in Abhängigkeit der Systemdarstellung („Ebene“ Ebenendarstellung, „Menü“ Menüdarstellung) für die drei Aufgabenblöcke. Angegeben sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie die Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit dem dreifach abgestuften Faktor „Block“ (Block 1 vs. Block 2 vs. Block 3) und dem zweifach abgestuften Faktor „Darstellung“ (Ebene vs. Menü).

6.5.2.3 Bedienelement und Systemdarstellung

Es wurde angenommen, dass sowohl die Darstellung des Menüsystems in Form einer Ebenendarstellung als auch die sog. aufgelöste Bedienung des Menüsystems für den Nutzer als sequenzielle Abfolge einzelner Teilaufgaben erscheinen lassen. Beide Varianten fördern die Unterbrechbarkeit der Aufgaben. Menüdarstellung und „Integrierte Bedienung“ unterstützen demgegenüber die Wahrnehmung des Menüsystems als eine Fläche, so dass die Menübedienung nicht als Abfolge von Teilaufgaben angesehen wird und damit wenig unterbrechbar erscheint. Die entsprechenden Kombinationen der Varianten des Bedienelements und der Systemdarstellung („Ebenendarstellung plus aufgelöstes Bedienelement“ vs. „Menüdarstellung plus integriertes Bedienelement“) sollten somit zu einer höheren Kompatibilität und höheren Leistung im Umgang mit dem Menüsystem führen.

Während sich für die Bediengeschwindigkeit, erfasst über den Parameter „Mittlere Schrittdauer“ (siehe Abbildung 6-16 links), kein systematischer Einfluss einzelner Kombinationen von Bedienung und Darstellung ergibt, zeigt sich für die Bediengenauigkeit, erfasst über den Parameter „Überflüssige Wegstrecke“ (siehe Abbildung 6-16 rechts), eine tendenziell höhere Leistung für die Kombination von „Integrierter Bedienung“ mit Menüdarstellung und „Aufgelöster Bedienung“ mit Ebenendarstellung. Eine kompatible Umsetzung von Bedienung und Darstellung führt demnach zu höherer Bediengenauigkeit unter „Single Task“-Bedingungen.

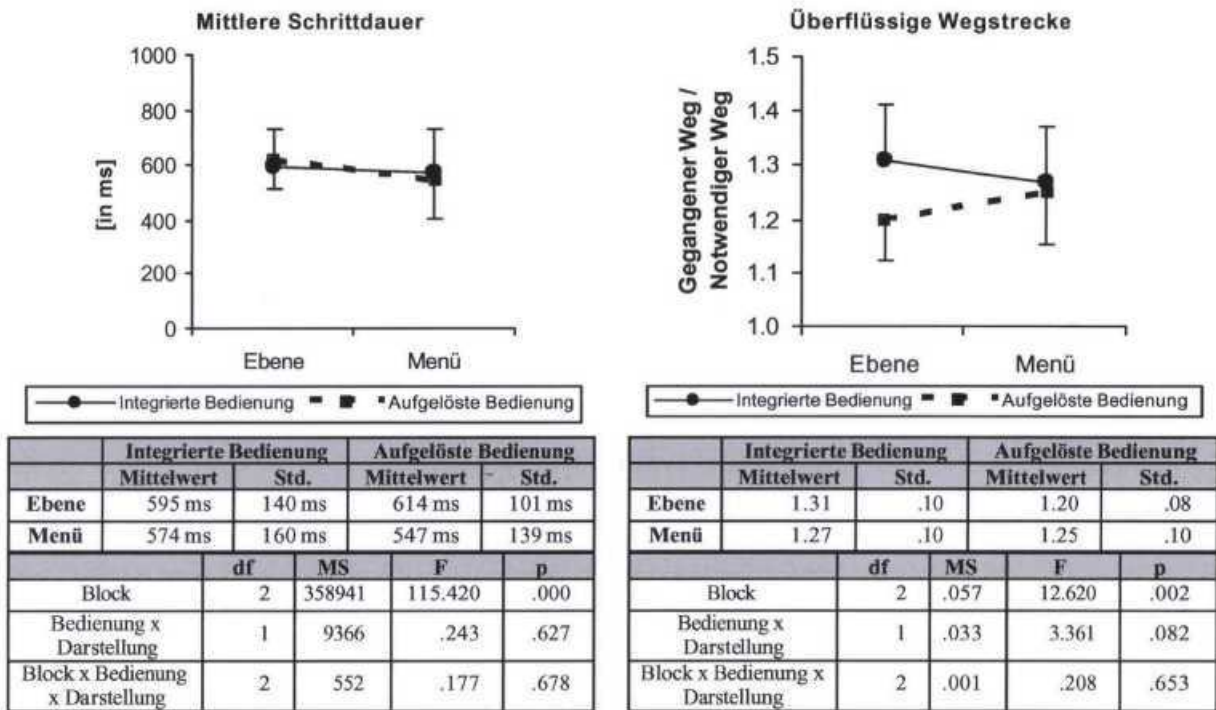


Abbildung 6-16: Mittlere Schrittdauer (links) und Überflüssige Wegstrecke (rechts) für die untersuchten Darstellungsformen („Ebene“ vs. „Menü“) und Bedienvarianten („Integriert“ vs. „Aufgelöst“), dargestellt über die drei Aufgabenblöcke. Angegeben sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie die Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit dem dreifach abgestuften Faktor „Block“ (Block 1 vs. Block 2 vs. Block 3) und den zweifach abgestuften Faktoren „Bedienung“ (Integriert vs. Aufgelöst) und „Darstellung“ (Menü vs. Ebene).

Unterstützt wird dieses Bild in der Betrachtung einzelner Fehler: So kommt es im ersten Aufgabenblock (d.h. die ersten 18 Aufgaben von Block 1 zu Beginn des Systemkontakts) bei „Integrierter Bedienung“ zu weniger Bedienfehlern, wenn das Menüsystem in Menüdarstellung dargeboten wird (siehe Abbildung 6-17). Umgekehrt zeigen sich für die „Aufgelöste Bedienung“ weniger Bedienfehler, wenn das Menüsystem in Form einer Ebenendarstellung dargeboten wird. Zu beachten ist in diesem Zusammenhang allerdings, dass dieser Unterschied nur zu Beginn des Systemkontakts auftritt und demnach vom Nutzer kompensiert werden kann.

In einer direkten Bewertung der untersuchten Bedienvarianten werden vor allem hinsichtlich der Aspekte, in denen die Bedienvarianten differenzieren, Unterschiede deutlich. So wird die Bewegung zwischen den Ebenen, die im „Integrierten Bedienelement“ über die vertikale Bedienrichtung bzw. im „Aufgelösten Bedienelement“ über zwei Knöpfe initiiert wird, beim „Integrierten Bedienelement“ als günstiger beurteilt (siehe Abbildung 6-18 links). Der Wechsel von Joystick auf Knopfbedienung beim „Aufgelösten Bedienelement“ wird beim Bewegen innerhalb des Menüsystems somit als eher ungünstig beurteilt. Diese Urteile sind unabhängig von der Art der Systemdarstellung. Die Auswahl des Zielitems auf unterster Menüebene wiederum wird für das „Aufgelöste Bedienelement“ positiver bewertet (siehe Abbildung 6-18 rechts). Auf Probandenseite wird das Erreichen der Zielfunktion bei der Aufgabenbearbeitung scheinbar mit einer Art Bestätigung verknüpft, was in der Betätigung eines Knopfs im „Aufgelösten Bedienelement“ realisiert wird. Diese Urteile sind unabhängig von der Art der Systemdarstellung.

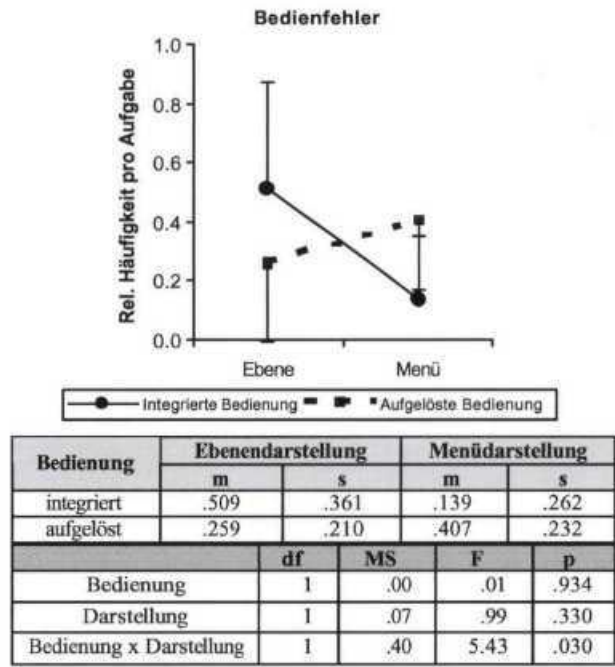


Abbildung 6-17: Mittlere Häufigkeit von Bedienfehlern in Aufgabenblock 1. Angegeben sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie die Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit den zweifach abgestuften Faktoren „Bedienung“ (Integriert vs. Aufgelöst) und „Darstellung“ (Menü vs. Ebene).

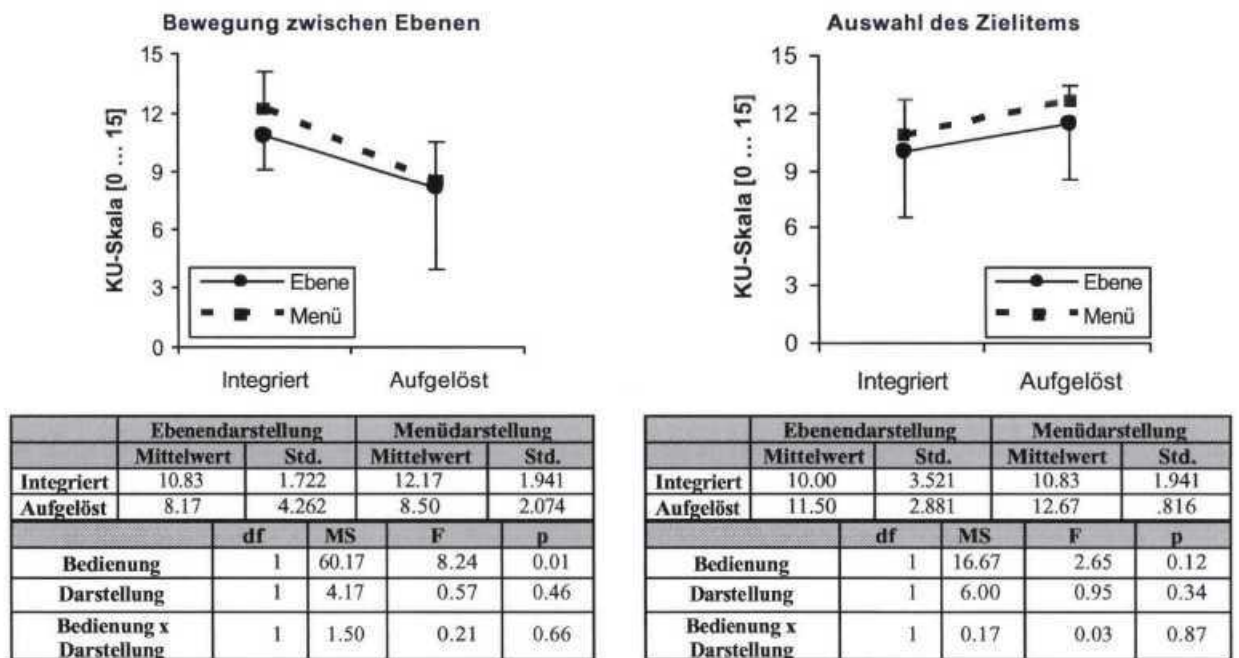


Abbildung 6-18: Beurteilte Güte der Bewegung zwischen den Menüebenen (links) und der Auswahl des Zielitems (rechts) für das „Integrierte“ bzw. das „Aufgelöste Bedienelement“ für die Ebenen- bzw. Menüdarstellung. Angegeben sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie die Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit den zweifach abgestuften Faktoren „Bedienung“ (Integriert vs. Aufgelöst) und „Darstellung“ (Menü vs. Ebene).

6.5.3 Zusammenfassung

Für die Ausgestaltung des Bedienelements wurde gezeigt, dass eine Bedienvariante zu wählen ist, die die Bedienhandlungen „Blättern innerhalb einer Menüebene“ und „Wechseln zwischen den Ebenen“ separat abbildet. Eine solche Bedienvariante führt unabhängig vom Kompetenzerwerb zu einer erhöhten Bediengüte bei einer ähnlichen Bediengeschwindigkeit im Vergleich zu einer Bedienvariante, die die Bedienhandlungen „Blättern“ und „Wechseln“ nicht voneinander abgrenzt.

Soll ein Informationssystem unter „Single Task“-Bedingungen (z.B. an einem Bildschirmarbeitsplatz, im stehenden Fahrzeug) bedient werden, so ist es weitgehend irrelevant, ob umfangreichere Kontextinformationen (z.B. in Form einer „Menüdarstellung“ mit Darstellung der aktuellen Menüebene plus hierarchisch übergeordneter Menüebenen) dargestellt werden.

6.6 Studie „Menüstruktur“

6.6.1 Einleitung

Aus den zuvor dargestellten Studien (siehe Kap. 6.2 bis 6.5) ergibt sich zusammenfassend, dass es durch den Umgang mit einem menügesteuerten Informationssystem auf Nutzerseite zur Konstruktion von begrifflichen, räumlichen und motorischen Repräsentationen kommt. Diese Repräsentationen sind dabei nicht nur Konsequenz des Umgangs mit einem solchen System, sie erleichtern wiederum den Umgang mit Informationssystemen. Es kann folglich erwartet werden, dass mit zunehmender Übung und den daraus resultierenden Mentalen Repräsentationen des Nutzers der kognitive Anteil bei der Menübedienung und beim Erlernen einer Fertigkeit abnimmt (z.B. Singley & Anderson, 1989; siehe Kap. 2.4.3). Gleichzeitig wird die Menübedienung verstärkt durch die reinen Bedienzeiten bestimmt. Im Umgang mit einem Menüsystem sind somit zwei grundlegende Aspekte der Verhaltenssteuerung von Bedeutung, die sich in Abhängigkeit des Kompetenzstadiums unterschiedlich auf die Menübedienung auswirken:

- (1) Antizipative Aspekte der Handlungsvorbereitung und -initiierung, die Lerneinflüssen sehr stark ausgesetzt sind, sowie
- (2) Exekutive Aspekte der Handlungsdurchführung und -kontrolle, bei denen der Kompetenzerwerb von untergeordneter Bedeutung ist.

Zur Überprüfung dieser Annahme, dass die Bedienleistung eines Informationssystems zu Lernbeginn sehr stark vom kognitiven Anteil der Bedienhandlung bestimmt und dieser Anteil mit zunehmender Übung geringer wird, wurde die folgende Studie durchgeführt. Hierzu wurde auf zwei inhaltlich vergleichbare Menüsysteme zurückgegriffen, die sich hinsichtlich der antizipativen und exekutiven Anteile der Bedienhandlung unterscheiden. Wie zahlreiche Studien zeigen, beeinflusst die Menüstruktur in einem erheblichen Maße sowohl Systemverständnis und -wissen als auch Geschwindigkeit und Qualität der Systembedienung (für eine Übersicht: Norman, 1991; Jacko, Salvendy & Koubek, 1995). Als für Systemrepräsentation und -bedienung zentrale Strukturmerkmale werden u.a. die Menübreite (Anzahl der Menüoptionen pro Menüebene) und Menütiefe (Anzahl der Menüebenen bis zum Erreichen der Zielfunktion) genannt (Norman, 1991).

Breite Menüs werden zusammenfassend als günstiger bewertet (Norman, 1991). So sind bei breiten Menüs zwar längere Suchzeiten und erhöhte Reaktionszeiten bis zur Auswahl eines Handlungsschritts zu erwarten, über alle Menüebenen hinweg bis zum Erreichen der Zielfunktion wirkt sich dies jedoch günstiger aus als in tiefen Menüs. Insbesondere bei sukzessiven Menüs, in denen nur Ausschnitte des Menüs gezeigt werden, sind breite Menüs von Vorteil (Zaphiris, Shneiderman & Norman, 2002). Als günstig werden 3 bis 12 Optionen pro Menüebene angegeben (Norman, 1991), als optimal 7 ± 2 Optionen (z.B. Lee & MacGregor, 1985; Miller, 1981; Robertson, McCracken & Newell, 1981). Bei tiefen Menüs nehmen zwar pro Menüebene die Such- und Reaktionszeiten ab, über alle Ebenen hinweg führt dies jedoch zu ähnlichen Bearbeitungsdauern wie bei vergleichbaren breiten Menüs (Larson & Czerwinski, 1998; Miller, 1981; Snowberry et al., 1983; Zaphiris, 2000). Erschwerend kommt hinzu, dass mit zunehmender Menütiefe stärkere Orientierungsprobleme auftreten können (d.h. die Nutzer wissen nicht mehr, wo im Menü sie sich gerade befinden; Paap & Cooke, 1997). Begrifflich nicht-eindeutige Systemfunktionen führen vor allem in tiefen Menüs zu Einbußen in der Bedienleistung (Miller & Remington, 2002). Als optimale Tiefe werden zwei bis drei Ebenen empfohlen (Miller, 1981). Müssen weitere Funktionen in ein Menü integriert werden, ist anstelle einer Erweiterung des Menüsystems um weitere Ebenen eine Verbreiterung der bereits bestehenden Menübereiche anzustreben.

Darüber hinaus nimmt auch die Form des Menüs einen Einfluss auf Systemrepräsentation und -bedienung. Es werden fünf verschiedene Menüformen unterschieden (Norman, 1991): Konstante Menüs (z.B. $4 \times 4 \times 4 \times 4$ Optionen pro Menüebene), Menüs ansteigender Breite (z.B. $2 \times 2 \times 8 \times 8$), Menüs absteigender Breite (z.B. $8 \times 8 \times 2 \times 2$), konkave Menüformen (z.B. $8 \times 2 \times 2 \times 8$) und konvexe Menüformen (z.B. $2 \times 8 \times 8 \times 2$). Konkave Menüformen (d.h. Menüformen, die auf der obersten und untersten Menüebene jeweils viele Menüoptionen beinhalten, während auf der/den mittleren Ebenen nur wenige Optionen zur Verfügung stehen) zeigen günstigere Effekte für die Systembedienung als konvexe Menüformen (z.B. Menüformen, die auf der obersten und untersten Menüebene jeweils wenige Menüoptionen beinhalten, während auf der/den mittleren Ebenen sehr viele Optionen zur Verfügung stehen) oder konstante Menüformen (z.B. unabhängig von der Menüebene werden pro Ebene gleich viele Optionen realisiert; Bernard, 2002; Norman & Chin, 1988).

Die genannten Befunde stützen sich ausnahmslos auf Ergebnisse, die nach einem längeren Umgang mit einem Menüsystem gewonnen wurden. Das Erlernen von Menüs unter Berücksichtigung von Strukturmerkmalen (wie z.B. Menütiefe und -breite) wurde in empirischen Studien bislang nur vereinzelt betrachtet. So wird übereinstimmend berichtet, dass vor allem in tiefen Menüsystemen stärkere übungsbedingte Leistungszuwächse auftreten (Fenton, 1987; Miller, 1981; Snowberry et al., 1983).

6.6.2 Methodisches Vorgehen

6.6.2.1 Beschreibung des Menüsystems

Um die Auswirkungen der Menüstruktur auf den Kompetenzerwerb zu untersuchen, wurden zwei Menüsysteme konstruiert: Ein tiefes Menü, das aus vier Menüebenen bestand, und ein breites Menü, das aus zwei Menüebenen bestand. Das tiefe Menü umfasste vier Optionen auf der ersten Menüebene (Menübereiche „Navigation“, „Entertainment“, „Telefon“ und „Bordcomputer“), je zwei Optionen auf der zweiten bzw. dritten Ebene und vier Funktionen auf der

vierten Ebene. Die Gliederung bzw. Reihenfolge der Menübereiche wurde per Zufall bestimmt, d.h. die Reihenfolge der Menüinhalte wurde weder anhand alphabetischer oder thematischer Aspekte noch anhand der Häufigkeit der Benutzung eines Menübereichs definiert. Es liegt im Vergleich zu marktüblichen Menüsystemen somit die schlechtmöglichste Form der begrifflichen Menügestaltung vor. Das breite Menü wiederum setzte sich aus zwei Ebenen mit jeweils acht Optionen zusammen (Menübereiche Ebene 1: „Ziele“, „Route“, „Audio“, „TV“, „Anruflisten“, „Text-Mitteilungen“, „Fahrzeugeinstellungen“ und „Fahrzeuginformationen“). Beide Menüs bestanden aus 64 Funktionen. Für eine Vergleichbarkeit der beiden Menüs wurden identische Menüinhalte verwendet. Dies wurde möglich, indem bei der Konstruktion des breiten Systems die erste und dritte Ebene des tiefen Menüs entfernt wurden. Somit war die erste Ebene des breiten Systems identisch mit der zweiten Ebene des tiefen Systems bzw. die zweite Ebene des breiten Systems mit der vierten Ebene des tiefen Systems. Mittels einer Voruntersuchung (N = 6 Probanden) wurde kontrolliert, dass beide Menüs hinsichtlich sprachlicher Merkmale vergleichbar waren. Bei beiden Menüs wurde auf dem Bildschirm jeweils nur die aktuelle Menüebene, auf der die Probanden sich befanden, dargestellt.

Die Probanden sollten mittels des Menüsystems möglichst schnell und präzise Aufgaben bearbeiten. Die Navigation innerhalb des Systems erfolgte über einen Joystick, die Auswahl einer Menüfunktion auf der jeweils untersten Menüebene über eine zusätzliche Auswahl-Taste. Nach dem erfolgreichen Ansteuern einer Menüfunktion wurde eine neue Aufgabe gegeben. Steuerte der Proband einen falschen Menüpunkt an, wurde ein sog. Falsch-Bildschirm eingeblendet, auf dem die anzusteuernde Funktion noch einmal genannt wurde. Im Anschluss musste die richtige Menüfunktion ausgewählt werden.

6.6.2.2 Versuchsdurchführung

Am Versuch nahmen N = 12 Probanden (7 weiblich, 5 männlich, Mittleres Alter: 23.7 Jahre) teil. Es wurden drei Blöcke mit jeweils 48 Aufgaben vorgegeben. Je n = 6 Probanden gingen mit dem breiten Menü (8*8-Struktur) bzw. dem tiefen Menü (4*2*2*4-Struktur) um. Unabhängig vom Menüsystem bearbeiteten alle Probanden identische Aufgabenblöcke. Es liegt demzufolge ein Mischversuchsplan mit den Faktoren „Übung“ (3 Blöcke; within-Faktor) und „Menüstruktur“ (breit vs. tief; between-Faktor) vor. Der Versuch dauerte ca. 90 Minuten.

6.6.3 Ergebnisse

6.6.3.1 Menüstruktur und Bedienleistung

In den untersuchten Menüs findet zu Lernbeginn eine deutliche Beschleunigung der Mittleren Navigationszeit von 9075 ms (sd = 6033 ms) in Block 1 zu 6362 ms (sd = 3178 ms) in Block 2 statt (siehe Abbildung 6-19 oben). Mit zunehmender Übung verringert sich die Mittlere Navigationszeit nur noch geringfügig (Block 3: m = 6098 ms, sd = 2907 ms). Die Abnahme der Mittleren Navigationszeit ist auf eine Beschleunigung der Mittleren Schrittdauern zurückzuführen (Block 1: m = 925 ms, sd = 535 ms; Block 2: m = 653 ms, sd = 192 ms; Block 3: m = 625 ms, sd = 206 ms; siehe Abbildung 6-19 unten links). Abbildung 6-19 unten rechts zeigt, dass die zurückgelegte Wegstrecke für den Kompetenzerwerb im untersuchten Menü weitgehend unbedeutend ist: Unabhängig vom Durchgang ist durchschnittlich 20 % der im Menü zurückgelegten Strecke nicht notwendig, um die Zielfunktion zu erreichen (Quotient „Über-

flüssige Wegstrecke“ 1.24 in Block 1, je 1.18 in Block 2 und 3). Die Menüs scheinen sowohl hinsichtlich ihrer begrifflichen Struktur als auch ihrer Bedienung leicht verständlich zu sein, so dass keine größere Fehlerzahl im Umgang mit dem Menüsystem auftritt. In den untersuchten Menüs kommt es vor allem zu einer zeitlichen Optimierung des Systemumgangs, d.h. die Bediengeschwindigkeit nimmt bei einer konstanten Bediengüte zu. Zusätzlich wird deutlich, dass mit zunehmender Übung die Variabilität zwischen den Probanden abnimmt.

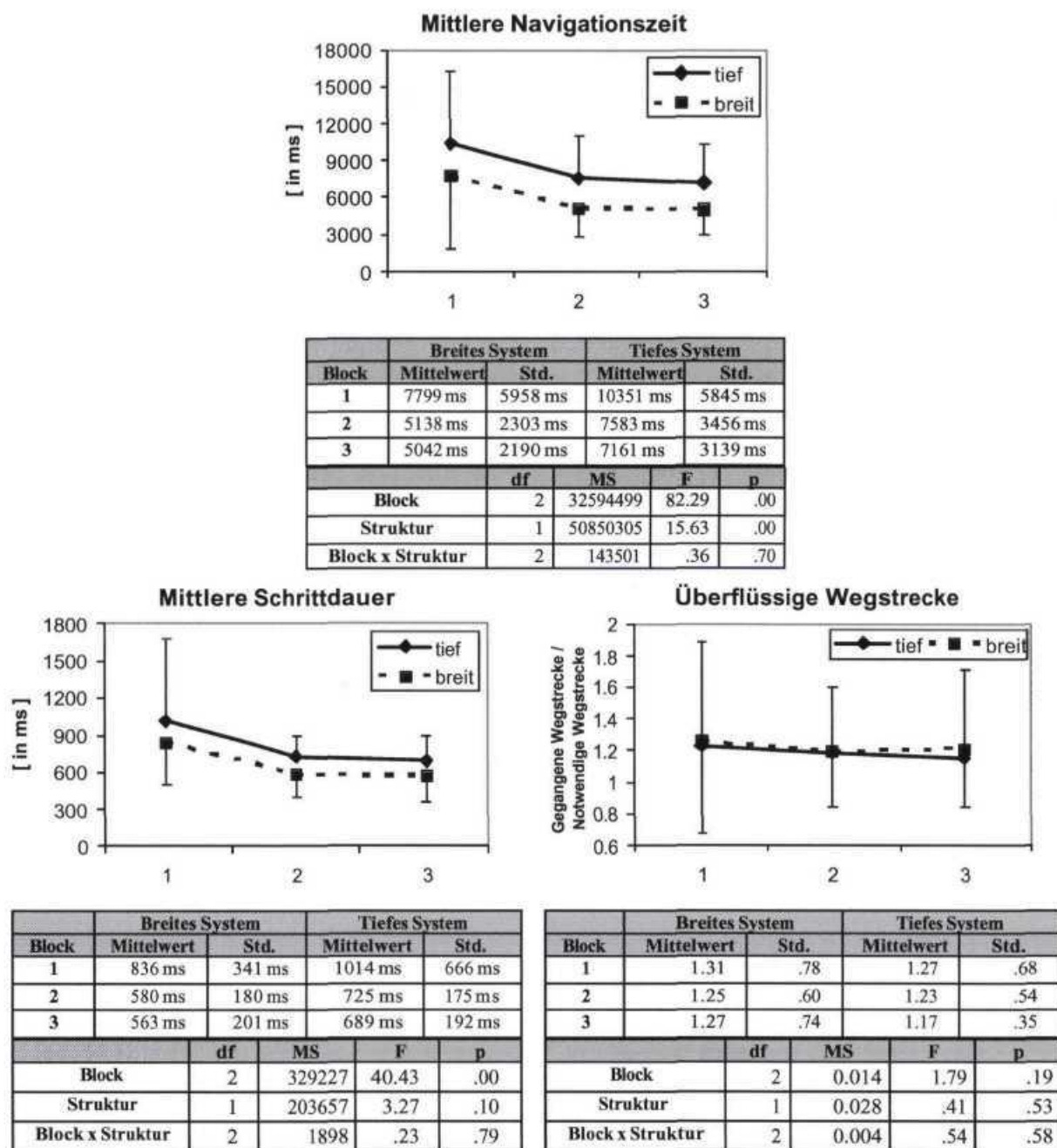


Abbildung 6-19: Mittlere Navigationszeit (oben), Mittlere Schrittdauer (unten links) und Überflüssige Wegstrecke (unten rechts) zur Bearbeitung der Aufgaben im Menüsystem. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie die Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit dem dreifach abgestuften Faktor „Block“ (Block 1 vs. Block 2 vs. Block 3) und dem zweifach abgestuften Faktor „Struktur“ (Breit vs. Tief).

Unabhängig vom Kompetenzerwerb ist das breite Menü günstiger als das tiefe Menü. Abbildung 6-19 zeigt, dass über alle drei Aufgabenblöcke hinweg beim breiten Menü sowohl die Mittlere Navigationszeit als tendenziell auch die Mittlere Schrittdauer geringer sind als beim tiefen Menü. Die Überflüssige Wegstrecke als Parameter der Bediengüte weist keine strukturbedingten Unterschiede auf. Breite Menüs sind somit besonders günstig für die Bediengeschwindigkeit.

6.6.3.2 Zeitliche Struktur der Menübedienung

Anschließend wurde im Rahmen explorativer Datenanalysen untersucht, wodurch die o.g. Unterschiede in den Mittleren Schrittzeiten zustande kommen. Hierzu wurde jede Bewegung bzw. jeder Schritt innerhalb des Menüsystems dahingehend klassifiziert, ob hier innerhalb einer Menüebene zwischen verschiedenen Funktionen ausgewählt wurde („Blättern innerhalb einer Ebene“) oder zwischen den Menüebenen gewechselt wurde, z.B. als Bestätigung der angesteuerten Menüfunktion bzw. um auf übergeordnete Menüfunktionen zurückzugehen („Wechseln zwischen Ebenen“). Es liegen somit zwei Arten von Schritten vor: Schritte zum Blättern innerhalb einer Ebene (sog. Blätterschritte) und Schritte zum Wechseln zwischen Ebenen (sog. Wechselschritte).

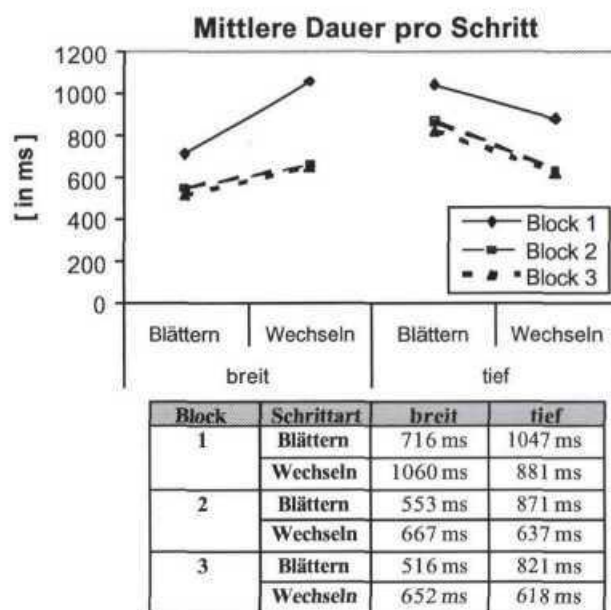


Abbildung 6-20: Mittlere Dauer der Blätterschritte („Blättern“) und Wechselschritte („Wechseln“) für das breite bzw. tiefe Menü über drei Aufgabenblöcke.

Abbildung 6-20 zeigt, dass die Menüstruktur die Mittlere Dauer von Blätter- und Wechselschritten beeinflusst. So dauern Blätterschritte im tiefen Menü unabhängig vom Aufgabenblock länger als Wechselschritte ($m = 913$ ms für Blätterschritte; $m = 713$ ms für Wechselschritte), während dies im breiten Menü umgekehrt ist ($m = 595$ ms für Blätterschritte; $m = 793$ ms für Wechselschritte). Obwohl für beide Menüs identische Bedienhandlungen zum Blättern innerhalb einer Ebene sowie zum Wechseln zwischen den Ebenen vorliegen, unterscheiden sich die Zeitmuster erkennbar.

Hieraus ergibt sich die Frage, ob die Probanden mit den jeweiligen Menüs unterschiedlich umgehen oder ob die Probanden mit beiden Menüs ähnlich umgehen und die gefundenen Unterschiede ausschließlich auf strukturbedingte Merkmale zurückzuführen sind. Wäre die letztgenannte Annahme der Fall, dann würde sich ein ähnliches Bedienverhalten im breiten bzw. tiefen Menü aufgrund der jeweiligen Strukturmerkmale des Menüs unterschiedlich auf die globale Bedienleistung (z.B. erfasst über den Parameter „Mittlere Navigationszeit“) auswirken. Um diese Annahme zu prüfen, wurde jeder Schritt innerhalb des Menüsystems dahingehend klassifiziert, ob der jeweilige Schritt ein erster Schritt mehrerer nachfolgender Schritte derselben Schrittart ist. So wurde definiert, ob ein Blätterschritt ein „erster Blätterschritt“ mehrerer aufeinander folgender Blätterschritte ist oder ob bereits einer oder mehrere Blätterschritte vorangegangen sind und dieser Schritt somit ein „Folge-Blätterschritt“ ist. Ebenso wurde für Wechselschritte analysiert, ob ein Schritt ein „Erster Wechselschritt“ oder ein späterer „Folge-Wechselschritt“ ist. „Erste Wechselschritte“ sind dabei zumeist Schritte, die zu Beginn einer neuen Aufgabe getätigt werden.

Abbildung 6-21 zeigt, dass die Mittlere Dauer von Blätter- und Wechselschritten erheblich dadurch bestimmt wird, ob der entsprechende Schritt ein „Erster Schritt“ oder ein „Folgeschritt“ ist. So dauert ein „Erster Blätterschritt“ in Block 1 durchschnittlich 1267 ms, wohingegen ein „Folge-Blätterschritt“ im Mittel 433 ms ausmacht (siehe Abbildung 6-21 links). Ähnlich benötigt der „Erste Wechselschritt“ mit 1252 ms mehr Zeit zur Ausführung als spätere „Folge-Wechselschritte“ mit 815 ms (siehe Abbildung 6-21 rechts). Dieses Ergebnis ist unabhängig von der Menüstruktur, d.h. es lässt sich in ähnlicher Weise im tiefen und breiten Menü finden.

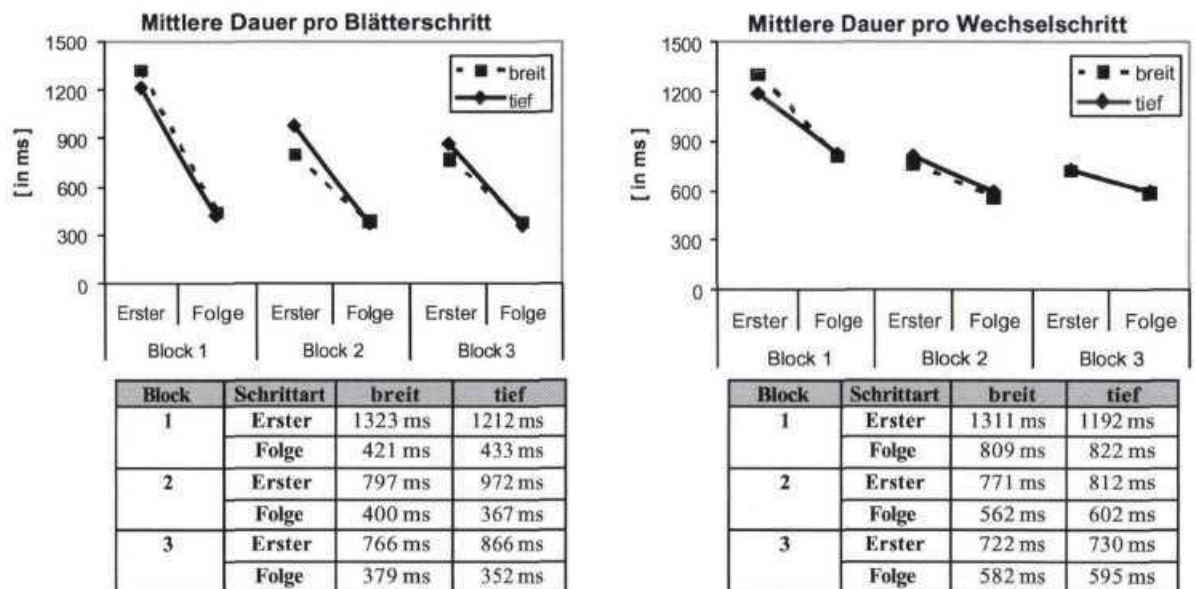


Abbildung 6-21: Mittlere Schrittdauer für „Erste Blätterschritte“ und „Folge-Blätterschritte“ (links) sowie „Erste Wechselschritte“ und „Folge-Wechselschritte“ (rechts) in Abhängigkeit der Aufgabenblöcke.

Übungsbedingt kommt es zu einer Beschleunigung des „Ersten Schritts“ im Menü. Während „Erste Blätterschritte“ in Block 1 1267 ms dauern, beschleunigen sich diese Schritte auf 885 ms in Block 2 bzw. 816 ms in Block 3 (siehe Abbildung 6-21 links). „Erste Wechselschritte“ beschleunigen sich von 1252 ms in Block 1 auf 792 ms in Block 2 und 726 ms in Block 3

(siehe Abbildung 6-21 rechts). Die späteren „Folge-Blätterschritte“ werden mit 378 ms in Block 2 bzw. 369 ms in Block 3 nur geringfügig schneller ausgeführt als in Block 1 (433 ms). Ähnliches gilt für „Folge-Wechselschritte“ (Block 1: 815 ms, Block 2: 582 ms, Block 3: 589 ms). Dieses Ergebnis legt nahe, dass bei „Ersten Schritten“ auf Nutzerseite andere Prozesse der Verhaltenssteuerung wirksam werden als bei „Folgeschritten“.

Um zu überprüfen, dass tatsächlich Prozesse der Verhaltenssteuerung für die stärkeren Übungseffekte in den „ersten Schritten“ verantwortlich sind und nicht ausschließlich motorische Prozesse im Umgang mit dem verwendeten Bedienelement (z.B. da die Probanden mit zunehmendem Umgang mit dem Menüsystem besser mit dem Bedienelement umgehen können), wurde eine Kontrollstudie durchgeführt. Dazu wurden N = 6 Probanden, die vorher keinerlei Erfahrung mit dem Menüsystem hatten, gebeten, Bedienhandlungen in dem breiten Menüsystem auszuführen.

Aufgabe der Probanden war es, sukzessive für jeden Menübereich der ersten Ebene möglichst schnell die achte Menüposition der zweiten Menüebene des breiten Menüs anzusteuern. Die in der vorherigen Studie dargestellten Menüinhalte wurden ausgeblendet, d.h. es wurden keine Menüinhalte dargeboten. Die Probanden konnten nur an der gelb markierten aktuellen Cursorposition erkennen, wo im Menü sie sich befanden. Damit sollte erreicht werden, dass die reinen motorischen Zeiten, die für die Bewegungen innerhalb des Menüsystems erforderlich sind, quantifiziert werden können. Die Dauer zum Erfassen und Lesen der Menüinhalte entfällt, daher kann davon ausgegangen werden, dass diese Aufgabe rein motorische Zeiten der Menübedienung abbildet. Die Probanden sollten in einem ersten Block acht solcher Ansteuerungsaufgaben bearbeiten, im Anschluss folgte Aufgabenblock 1, den bereits die Probanden der Hauptstudien bearbeiteten. Danach folgte ein zweiter Block mit weiteren acht Ansteuerungsaufgaben. Somit sollten Einflüsse der Übung im Umgang mit dem Menüsystem auf die motorischen Zeiten erfasst werden können. Der Kontrollversuch dauerte ca. 30 min.

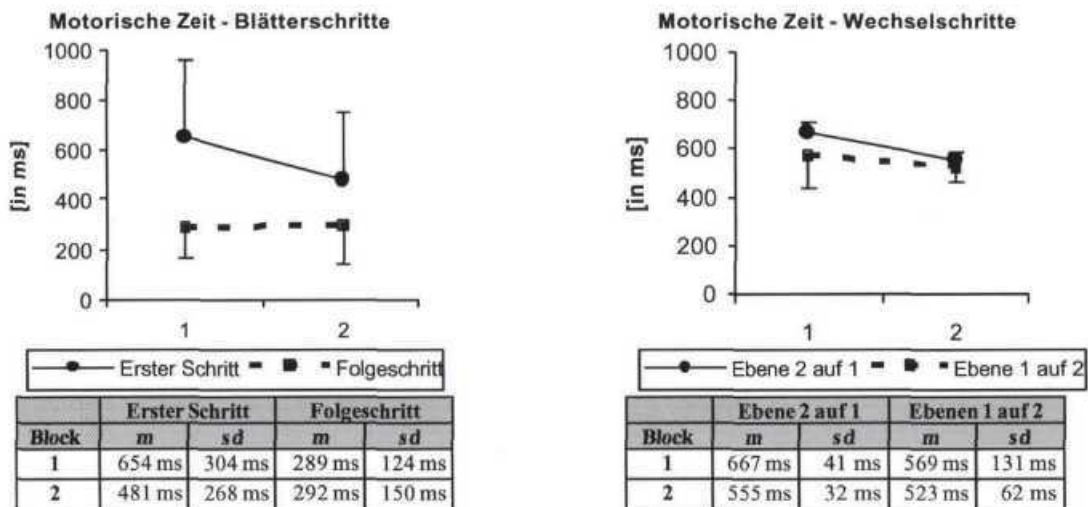


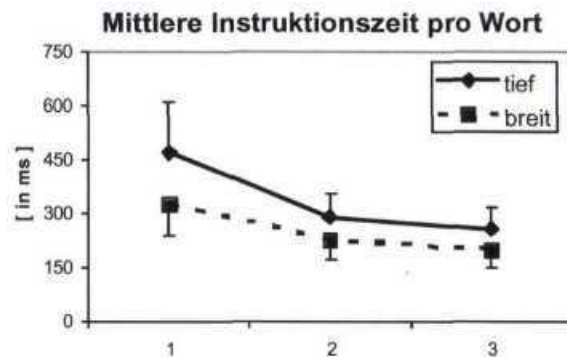
Abbildung 6-22: Mittlere Schrittdauern für Blätterschritte (links) bzw. für Wechselschritte (rechts) im Kontrollversuch „Motorische Zeiten“ (N = 6 Probanden). Angegeben sind Mittelwerte und Schrittdauern.

Wie Abbildung 6-22 links zeigt, erfordert insbesondere der „Erste Blätterschritt“ auf der zweiten Menüebene einen höheren motorischen Aufwand zum Wechsel der Bewegungsrich-

tion des Bedienelements (hier: Joystick), was sich in höheren motorischen Bedienzeiten ausdrückt. Dieser „Erste Blätterschritt“ dauert länger als die übrigen „Folge-Blätterschritte“ zum Ansteuern der achten Menüposition auf der zweiten Menüebene. Durch zunehmende Erfahrung im Umgang mit dem Bedienelement erfolgt v.a. eine Beschleunigung dieses „Ersten Blätterschrittes“, während sich die motorischen Zeiten für Folge-Blätterschritte nicht verringern. Die oben beschriebenen übungsbedingten Beschleunigungen der „Ersten Schritte“ sind somit zumindest teilweise, nicht jedoch ausschließlich auf sensumotorische Lernprozesse zurückzuführen. Die Beschleunigung der motorischen Ausführung zeigt sich auch in den „Wechselschritten“ zum Wechseln zwischen den Menüebenen (siehe Abbildung 6-22 rechts). Sowohl für den Wechsel von Ebene 1 auf 2 als auch für den Wechsel von Ebene 2 auf 1 ergibt sich eine Verringerung von Block 1 zu Block 2. Mit zunehmender Systemerfahrung verbessert sich also die motorische Ausführung der Bedienhandlung durch die Prozesse des sensumotorischen Lernens.

6.6.3.3 Vorbereitung und Initiierung der Menübedienung

Ähnlich ergibt sich für die Zeitdauer, einen Instruktionstext für die zu bearbeitende Aufgabe zu lesen und mit der Aufgabe zu beginnen (siehe Abbildung 6-23) ein deutlicher Lerneinfluss. Die Mittlere Instruktionszeit beträgt in Aufgabenblock 1 durchschnittlich 2713 ms, im zweiten Block 1698 ms und im dritten Block 1464 ms. Zusätzlich wird ein aus der Menüstruktur resultierender Unterschied deutlich. So wird im breiten Menü schneller mit der Menübedienung angefangen als im tiefen Menü. Speziell zu Beginn des Systemkontakts in Block 1 sind die Probanden des breiten Menüs bei der Vorbereitung der Aufgabenbearbeitung schneller.



Block	Breites System		Tiefes System		
	Mittelwert	Std.	Mittelwert	Std.	
1	2215 ms	584 ms	3171 ms	492 ms	
2	1469 ms	484 ms	1937 ms	281 ms	
3	1248 ms	449 ms	1654 ms	181 ms	
		df	MS	F	p
Block		2	36104953	73.38	.00
Struktur		1	52647966	16.22	.00
Block x Struktur		2	308029	.62	.54

Abbildung 6-23: Mittlere Instruktionszeit pro Wort zur Bearbeitung der Aufgaben im Menüsystem. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie die Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalyse mit dem dreifach abgestuften Faktor „Block“ (Block 1 vs. Block 2 vs. Block 3) und dem zweifach abgestuften Faktor „Struktur“ (Breit vs. Tief).

Es stellt sich die Frage, woraus die lernbedingte Abnahme bzw. die strukturbedingten Unterschiede der Mittleren Instruktionszeit resultieren. Hierzu wurde eine Kontrollstudie eingeführt, in der ausschließlich o.g. Instruktionsschirme dargeboten wurden. Die Probanden (N = 6), die keinen weiteren Kontakt mit den Menüsystemen hatten, sollten sukzessive die Instruktionstexte möglichst schnell und sorgfältig lesen und selbsttätig über Bewegung des Joysticks in eine beliebige Richtung eine neue Instruktion anfordern. Um zu kontrollieren, dass die Probanden die Instruktionen tatsächlich lasen und inhaltlich verstanden, wurde nach je fünf Instruktionen eine Frage zu den vorherigen Instruktionen gestellt (z.B. „Sollten Sie als Radiosender Bayern 3 auswählen?“). War die Frage zu bejahen, war der Joystick nach rechts zu bewegen, für ein „Nein“ nach links. Dieser Versuch dauerte ca. 20 Minuten.

Die benötigte Zeit zum Lesen der Instruktionstexte wird als „reine Lesezeit“ interpretiert. Da für beide Menüsysteme identische Instruktionen verwendet wurden, gelten die Lesezeiten für beide Menüs. Aufgrund der unterschiedlichen Länge der Instruktionstexte wurden die Lesezeiten pro Wort errechnet und anschließend mit den Mittleren Instruktionszeiten pro Wort der Versuchsgruppen mit Menükontakt (Aufgabe der Probanden: Instruktionen lesen und verstehen sowie Menübedienung vorbereiten) verglichen. Eine mögliche Differenz zwischen den Versuchsgruppen ist auf die Vorbereitung der Menübedienung zurückzuführen, d.h. Aufwand für die Handlungsvorbereitung und -initiierung im Umgang mit dem Menüsystem. Diese Zeit wird im Folgenden als sog. Vorbereitungszeit bezeichnet.

Wie aus Abbildung 6-24 ersichtlich, beträgt die Mittlere Lesezeit für die Instruktionen für den ersten Aufgabenblock 228 ms bzw. für den zweiten Block 201 ms. Verantwortlich für diese Unterschiede ist vor allem eine Variation in der Schwierigkeit der Instruktionstexte. Die Abnahme der Mittleren Instruktionszeit ist demnach nicht ausschließlich auf die Beschleunigung des Lesens und Verstehens der Aufgabenstellung per se zurückzuführen.

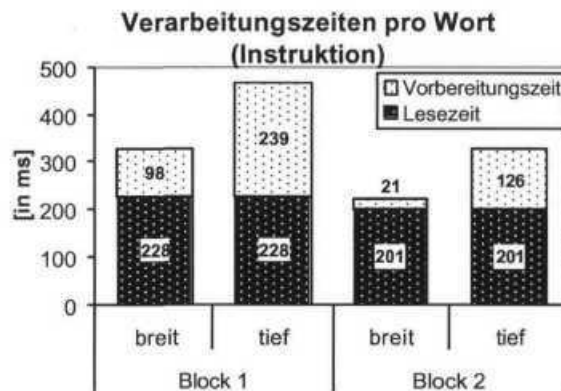


Abbildung 6-24: Mittlere Vorbereitungs- und Lesezeit pro Wort der Instruktion (links: Aufgabenblock 1, rechts: Aufgabenblock 2), getrennt für breites und tiefes Menü. Da für beide Menüsysteme dieselben Instruktionstexte verwendet wurden, sind die Lesezeiten identisch.

Hierfür ist die Zeitdauer verantwortlich, die benötigt wird, um mit der Bearbeitung der Aufgaben im Menüsystem zu beginnen. Diese sog. Mittlere Vorbereitungszeit pro Wort beträgt für das breite Menü im ersten Block 98 ms bzw. für das tiefe Menü 239 ms. Es wird hier ein höherer Aufwand zur Vorbereitung der Bedienung des tiefen Menüs deutlich. In Block 2 kommt es schließlich zu einer Verringerung der Mittleren Vorbereitungszeit auf durchschnittlich 21 ms für das breite Menü bzw. 126 ms für das tiefe Menü. Mit zunehmender Systemer-

fahrung nimmt demzufolge der Vorbereitungsaufwand der Menübedienung ab. Aber auch mit größerer Erfahrung muss seitens der Nutzer mehr Aufwand zur Handlungsvorbereitung und -initiierung für das tiefe Menü betrieben werden als für das breite Menü. Dies legt nahe, dass die Anzahl der Menüebenen die Verhaltenssteuerung in erheblichem Maße beeinflusst.

6.6.4 Zusammenfassung

Zusammenfassend ergibt sich zu den Auswirkungen der Menüstruktur auf den Kompetenzerwerb, dass breite Menüs günstiger sind als tiefe Menüs: Bei einer höheren Bediengeschwindigkeit (aufgrund geringerer Mittlerer Schrittdauern) und einer ähnlichen Bediengüte sind breite Menüs überlegen. Mit der Bearbeitung der gestellten Aufgaben im breiten Menü kann zudem schneller begonnen werden. Ursächlich hierfür ist die größere Anzahl der Menüebenen des tiefen Menüs, die vor einer Bedienhandlung vorbereitet und initiiert werden müssen. Diese Befunde gelten weitgehend unabhängig vom Kompetenzerwerb, lediglich zu Lernbeginn ist der Vorteil breiter Menüs stärker ausgeprägt.

Der Vorteil breiter Menüs kann auf strukturbedingte Unterschiede zurückgeführt werden. Es wurde gezeigt, dass „Erste Schritte“ (d.h. der erste Schritt beim Blättern innerhalb einer Menüebene bzw. beim Wechseln zwischen den Ebenen) relativ zeitaufwändig sind, wohingegen „Folgeschritte“ (d.h. nachfolgende Bewegungen im Menüsystem beim Blättern bzw. Ebenenwechseln) deutlich weniger lange dauern. Dieses Verhältnis von langsamen „Ersten Schritten“ zu schnellen „Folgeschritten“ gilt unabhängig von der Menüstruktur. Beim Umgang mit einem breiten Menü treten mehrere aufeinander folgende Blätterschritte auf, es werden nur wenige „Erste Schritte“ beim Blättern oder Ebenenwechseln benötigt. Demzufolge ist bei breiten Menüs zu erwarten, dass geringere Bedienzeiten auftreten als bei tiefen Menüs, bei denen häufige „Erste Schritte“ und nur wenige „Folgeschritte“ auftreten.

Systemerfahrung wirkt sich insbesondere auf die Dauer der „Ersten Schritte“ aus, so dass bei einem Menü mit häufigen „Ersten Schritten“ gerade zu Lernbeginn längere Bedienzeiten auftreten. Dementsprechend ist beim tiefen Menü mit häufigen „Ersten Schritten“ eine geringere Bediengeschwindigkeit zu Lernbeginn zu verzeichnen als beim breiten System. Die Unterschiede zwischen breiten und tiefen Systemen in der Bediengeschwindigkeit resultieren somit nicht aus einem unterschiedlichen Umgang mit dem System, sondern vielmehr aus unterschiedlichen, strukturbedingten Auswirkungen der Schrittdauern.

Hieraus lässt sich ableiten, dass beim Umgang mit Menüsystemen zwei sequenziell ablaufende Prozesse der Verhaltenssteuerung wirksam sind: Antizipative Aspekte der Handlungsvorbereitung und -initiierung sowie exekutive Aspekte der Handlungsdurchführung und -kontrolle. Zu Beginn einer Sequenz von Blätter- oder Wechselschritten orientieren sich die Nutzer zunächst, wo im Menü sie sich befinden, welche Informationen seitens des Systems gegeben werden und welche Bedienhandlungen notwendig sind, um eine Zielfunktion im Menü zu erreichen. Nach einer solchen Phase der Handlungsvorbereitung und -initiierung, die zu einer Erhöhung der mittleren Dauer der „Ersten Schritte“ führt, kommt es im Rahmen der Handlungsdurchführung und -kontrolle beim Blättern zu einem schnellen Ansteuern der gewünschten Menüfunktion bzw. beim Ebenenwechseln zu einem raschen Ansteuern der gewünschten Menüebene. Der Kompetenzerwerb für Menüsysteme wiederum wirkt sich insbesondere auf die antizipativen Aspekte der Handlungsvorbereitung und -initiierung aus: Mit zunehmender Übung kommt es zu einer Beschleunigung des „Ersten Schrittes“. Zumindest

teilweise spielen hier zusätzlich sensumotorische Lernprozesse im Umgang mit dem Bedienelement eine Rolle. Diese reichen jedoch nicht aus, um o.g. Lerneffekte vollständig zu erklären. Exekutive Aspekte der Handlungsdurchführung und -kontrolle bleiben vom Kompetenzerwerb weitgehend unbeeinflusst. Im Umgang mit einem Menü kommen bei exekutiven Anteilen der Handlung vielmehr motorische Zeiten zum Ausdruck, die seitens der Systemnutzer benötigt werden, um sich mittels des Bedienelements im Menü zu bewegen. Ähnlich konnte gezeigt werden, dass mit zunehmender Erfahrung im Umgang mit Menüsystemen insbesondere der Verarbeitungsaufwand (d.h. die Vorbereitung und Initiierung der Menübedienung) abnimmt und schneller mit der Menübedienung begonnen werden kann.

6.7 Zusammenfassung und Diskussion

Zusammenfassend ergeben sich anhand der dargestellten Studien folgende Hauptaussagen zum Kompetenzerwerb für Menüsysteme unter dem Aspekt der Multikodiertheit:

- (1) Die Nutzer von Menüsystemen erwerben eine begriffliche Repräsentation.

Für einen erfolgreichen Umgang mit dem System muss der Nutzer zunächst erkennen, welche Inhalte das Menüsystem umfasst (sog. Bedeutungsfeld). Zudem muss er hierarchische begriffliche Zuordnungen von Unterbegriffen zu Begriffen in übergeordneten Menüebenen erlernen. Aufgrund ihrer begrifflichen Struktur nicht-eindeutige Menüinhalte können hinsichtlich ihres Lernaufwands bereits durch Verfahren vorhergesagt werden, wenn kein Kontakt mit dem zu bedienenden Informationssystem stattfand.

- (2) Nutzer konstruieren eine räumliche Repräsentation des Systems.

In dieser Repräsentation ergibt sich eine Gruppierung der Systeminhalte („Cluster“), die an den Menübereichen der ersten Menüebene orientiert ist. Diese Repräsentation ist über einen Zeitraum von einer Woche weitgehend stabil. Veränderungen der räumlichen Positionen der Menüfunktionen (z.B. bei sog. adaptiven Menüsystemen, bei denen die Position von Menüfunktionen in Abhängigkeit der Häufigkeit ihres Ansteuerens variiert wird) gehen mit Einbußen in der Navigationsleistung einher.

- (3) Die Ausgestaltung des Bedienelements unter Berücksichtigung der Systemdarstellung ist bedeutsam für den Lernprozess.

Bedienmodelle, die den aus der Systemdarstellung resultierenden Anforderungen nicht gerecht werden (z.B. aufgrund einer fehlenden Erwartungskonformität), führen zu einer Beeinträchtigung der Bedienleistung. Übungsbedingt kommt es insbesondere zu einer Beschleunigung des „Ersten Schrittes“ auf einer Menüebene, wohingegen nachfolgende Blätterschritte gar nicht bzw. Schritte zum Wechseln der Menüebenen nur geringfügig sensumotorischen Lernprozessen zugänglich sind.

Der Kompetenzerwerb für Menüsysteme ist folglich als multikodierter Prozess zu bezeichnen. Die Unterstützung dieser Repräsentationen führt zu einem schnellen und erfolgreichen Erlernen, wohingegen die Störung der Repräsentationen die Erlernbarkeit negativ beeinflussen wird. Auf hieraus resultierende Empfehlungen zur Systemgestaltung von menügesteuerten Informationssystemen wird unter Kap. 10 „Gestaltungshinweise für Gestaltung von Informationssystemen im Fahrzeug“ ausführlicher eingegangen.

7 KOMPETENZERWERB UND FAHR SICHERHEIT

7.1 Einleitung

Während in den bisher dargestellten empirischen Studien ausschließlich auf den Kompetenzerwerb für menügesteuerte Informationssysteme unter „Single Task“-Bedingungen (d.h. an einem Bildschirmarbeitsplatz oder im stehenden Fahrzeug) eingegangen wurde, soll im folgenden Kapitel insbesondere auf den Aspekt der Menübedienung unter „Dual Task“-Bedingungen (d.h. parallel zur Fahrzeugführung) eingegangen werden. Aus einer solchen Menübedienung, parallel zur Fahrzeugführung, resultieren gegebenenfalls erhebliche Einbußen in der Güte der Fahrzeugführung und damit einhergehend eine Abnahme der Fahrsicherheit des Fahrers (z.B. Byblow, 1990; Mutschler, Baum & Waschulewski, 2000; Sperandio & Dessaigne, 1988; Verwey, 1993; Verwey & Veltman, 1995; Vollrath & Totzke, 2001; Wickens, 1980). Insbesondere unter Berücksichtigung des Kompetenzerwerbs für Informationssysteme ist zu Beginn des Systemkontakts mit einem erhöhten Sicherheitsrisiko zu rechnen. Guski & Bosshardt (2001) machen hierfür verantwortlich: Mangelnde Beherrschung der Einzelaufgaben, Fehlen bzw. fehlerhafte Strategien zur gleichzeitigen Bearbeitung der beiden Aufgaben, nicht-optimierter Gebrauch von Aufmerksamkeits- oder anderen zentralen Ressourcen bei der Aufgabebearbeitung bzw. der Steuerung der Tätigkeit (für eine ausführlichere Diskussion: siehe 2.4.4).

Im Rahmen dieses Projekts ergeben sich zwei zentrale Fragen:

- (1) Welche Einbußen in der Fahrzeugführung sind korreliert mit dem Kompetenzerwerb für Informationssysteme?
- (2) Sind die unter „Single Task“-Bedingungen erzielten Ergebnisse auf „Dual Task“-Situationen generalisierbar?

Die erstgenannte Fragestellung thematisiert das Problem der Fahrsicherheit einer Bedienung von Informationssystemen im Fahrzeug in Abhängigkeit des Kompetenzerwerbs für ein solches System. Die zweite Fragestellung fokussiert demgegenüber mögliche Evaluationsprobleme, die sich im Rahmen des Entwicklungs- und Konstruktionsprozesses eines Informationssystems ergeben. Beide Fragen sind dabei nicht unabhängig voneinander zu diskutieren.

Nachdem in den vorherigen Kapiteln ausschließlich über den Kompetenzerwerb für menügesteuerte Informationssysteme unter „Single Task“-Bedingungen (z.B. an einem Bildschirmarbeitsplatz, im stehenden Fahrzeug) gesprochen wurde, sollen im Folgenden Simulatorstudien zum Kompetenzerwerb unter „Dual Task“-Bedingungen (d.h. bei gleichzeitiger Bearbeitung einer weiteren Aufgabe, z.B. der Fahrzeugführung) thematisiert werden. Es soll auf Ergebnisse von drei Studien eingegangen werden.

- Mit einem Schwerpunkt auf dem Vergleich einer „Single Task“- mit einer „Dual Task“-Bedingung wird auf die bereits in Kap. 6 dargestellten Studien zu den Auswir-

kungen des Bedienmodells in Abhängigkeit der Systemdarstellung (siehe Kap. 6.5) bzw. zu den Auswirkungen der Menüstruktur (siehe Kap. 6.6) eingegangen.

- Unter dem Aspekt der Fahrsicherheit wird anschließend eine Studie zum Einfluss des Alters und Vorwissens der Systemnutzer auf die Fahrzeugführung und den Kompetenzerwerb für Informationssysteme vorgestellt.

7.2 Studie „Menüstruktur“

Bezüglich der Studie „Menüstruktur“ soll an dieser Stelle der Frage nachgegangen werden, inwiefern die in einer „Single Task“-Situation erzielten Ergebnisse zum Kompetenzerwerb für Menüsysteme auf „Dual Task“-Situationen (z.B. während einer Autofahrt) generalisiert werden können und die Ergebnisse geeignet sind, die Auswirkungen der Menüstruktur auf die Fahrsicherheit abzuschätzen. So kann einerseits erwartet werden, dass breite Menüs in einer „Dual Task“-Situation günstiger sind, da hier der antizipative Aufwand zur Systembedienung geringer ist. Andererseits können breite Menüs aufgrund ihrer größeren Informationsmenge, die simultan dargeboten wird, eine höhere Beanspruchung des Nutzers bedingen. So könnte unter „Dual Task“-Bedingungen eine stärkere Interferenz zwischen Fahrzeugführung und Systembedienung für breite Menüs auftreten.

Um diese Hypothesen zu prüfen, wurden die bereits unter „Single Task“-Bedingungen geprüften Menüsysteme (siehe Kap. 6.6) in einer „Dual Task“-Situation eingesetzt. Hierzu wurde eine Trackingaufgabe eingeführt, die die Probanden als Primäraufgabe möglichst präzise bearbeiten sollten. Sie sollten das Menüsystem nur dann zu bedienen, wenn entsprechende kognitive Kapazitäten frei wären. Abgesehen von der „Dual Task“-Situation, in der o.g. Menüs parallel zu einer Trackingaufgabe zu bedienen waren, war das methodische Vorgehen identisch zur Studie unter „Single Task“-Bedingungen (siehe Kap. 6.6).

7.2.1 Methodisches Vorgehen

7.2.1.1 Beschreibung der Trackingaufgabe

Um die aus der Bedienung von menügesteuerten Informationssystemen während der Fahrt resultierende Beanspruchung des Fahrers nachzubilden, haben sich Trackingaufgaben als geeignet erwiesen und sind deshalb auch nach O'Donnell und Eggemeier (1986) als Methode zur Untersuchung der Leistung unter Mehrfachbelastung zu empfehlen.

Tracking erfordert kontinuierliche Kontrolle und Aufmerksamkeit, wie z. B. das Fahren eines Fahrzeugs oder das Fliegen eines Flugzeugs, und bedeutet das Ausführen von zielgenauen Bewegungen zu gegebener Zeit. Im Allgemeinen bedeutet Tracking das Ansteuern und Verfolgen eines Zielpunktes, des sog. Target. Die Zielbewegungen werden in diesem Zusammenhang als sog. Course bezeichnet (Poulton, 1974). Trackingaufgaben sind somit als Aufgaben mit stetiger und konstant hoher Belastung darstellbar, die es dadurch erlauben, Leistungsvariationen in Doppelaufgabensituationen interpretierbar zu machen.

Es gibt mannigfaltige Arten des Tracking und ebenso viele Möglichkeiten ein Tracking umzusetzen. So muss grundsätzlich zwischen intern und extern getaktetem Tracking unterschieden werden. Kann der Ablauf der Aufgabe und sein Gütekriterium von der Person selbst be-

stimmt werden, so spricht man von einer intern getakteten Trackingaufgabe. Bei Vorgabe des Ablaufs und keiner Kontrollmöglichkeit der Bearbeitungsrate durch den Probanden handelt es sich hingegen um eine extern- oder auch fremdgetaktete Aufgabe (Kelley, 1968). Poulton (1974) zufolge ist intern getaktetes Tracking als leichter anzusehen. Die Schwierigkeit einer Trackingaufgabe steigt demnach mit dem Ausmaß externer Taktung.

Eine weitere Unterscheidung betrifft die Form, wie die Leistung in einer Trackingaufgabe dargestellt wird. Wie Abbildung 7-1 zeigt, kann die Abweichung vom vorgegebenen Ziel einerseits in Form eines sog. Kompensatorischen Trackings (engl.: Compensatory Display) dargestellt werden. Hierbei wird die Eigenbewegung (d.h. der „Course“) stets in Relation zum „Target“ dargestellt, es werden keine Informationen über die absolute Position des „Targets“ gegeben. Angezeigt wird nur die Differenz von Ist und Soll. Beim sog. Folgetracking (engl.: Pursuit Displays) hingegen wird sowohl die Bewegung des „Targets“ als auch die des „Courses“ als absolut im Raum dargeboten. Es ist also möglich, die Veränderung der Position des „Targets“ am Display nachzuvollziehen. Der Abstand kann jedoch nicht direkt abgelesen werden, sondern muss als Differenz der beiden Absolutpositionen berechnet werden.

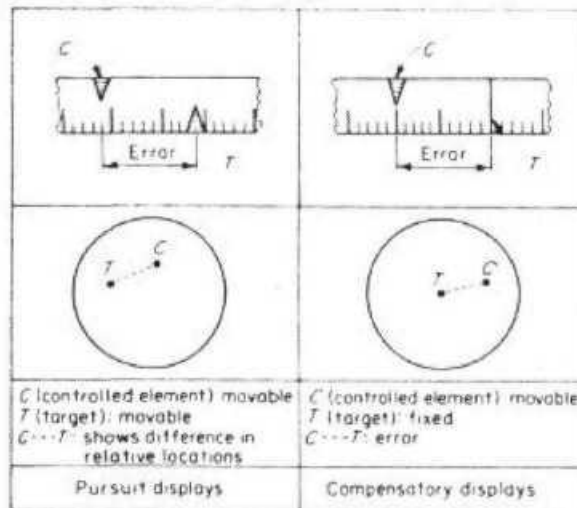


Abbildung 7-1: Arten der Darstellung: Folgetracking (links) und kompensatorisches Tracking (rechts; nach McCormick & Sanders, 1982).

Obwohl im Kompensatorischen Tracking Informationen bereits vorverarbeitet werden und damit die Informationsverarbeitung erleichtert wird, werden im Folgetracking bessere Leistungen erreicht, sofern die Information auf analogen Displays dargestellt wird. Dies ist darauf zurückzuführen, dass diese Darstellungsart zusätzliche Informationen über Art und Weise von Positionsänderungen des „Targets“ vermittelt, die es dem Bearbeiter erleichtern, den besten „Course“ zu antizipieren und einzuleiten (Poulton, 1974). Bei digitalen Displays konnte dieser Vorteil des Folgetrackings allerdings nicht festgestellt werden (Kvålseth, 1978).

Weiterhin kann das Tracking durch das Ermöglichen einer Vorausschau auf den weiteren Verlauf erleichtert werden. So ist es für den Autofahrer hilfreich, den weiteren Straßenverlauf schon sehen zu können, wie Auswirkungen der Schwierigkeiten der Fahrzeugführung bei Nebel und schlechten Sichtverhältnissen deutlich machen. Kvålseth (1979) konnte belegen, dass die Leistungsgewinne am größten sind, wenn der direkt folgende Verlauf gezeigt wird, es also

keinen Zeitverzug zwischen Ist-Situation und der dargestellten zukünftigen Soll-Situation gibt. Die Leistung in der Trackingaufgabe kann durch Vergrößerung der Zeitspanne der gegebenen Vorinformationen bis auf 0.5s stetig gesteigert werden. Weiterreichende Information stellte sich jedoch als kaum nützlich heraus (Kvålseth, 1978).

In der vorliegenden Studie wurde auf eine Trackingaufgabe zurückgegriffen, die aus einem Kreuz bestand, das konstant einige Meter vor dem Ego-Fahrzeug auf den Straßenbelag einer leicht kurvigen Landstraße projiziert wurde (siehe Abbildung 7-2 rechts). Nach 9 bis 10 s variierte dieses Kreuz seine Position auf der Fahrbahn.

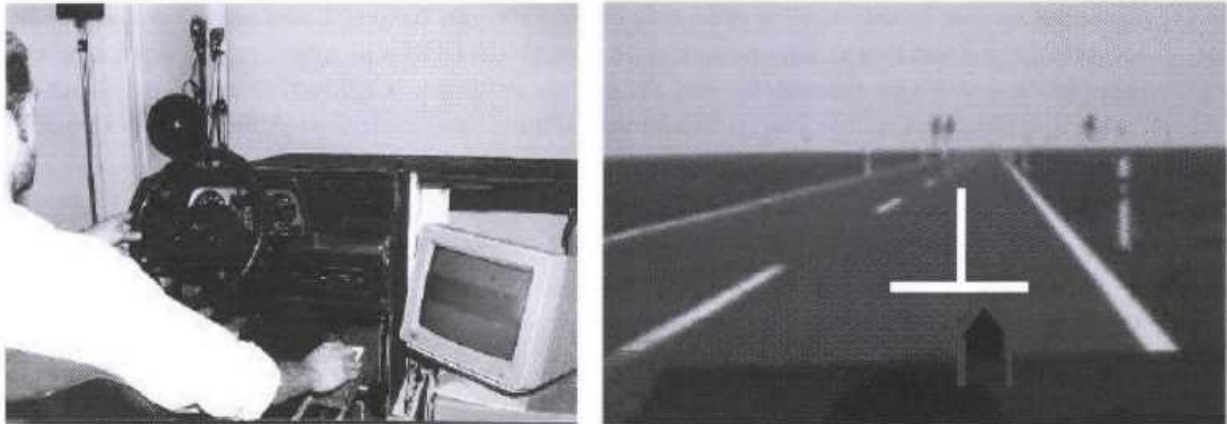


Abbildung 7-2: Fahrsimulator (links) und Trackingaufgabe (Screenshot; rechts).

Nach 9 bis 10 s in der Spurmitte bewegte sich das Kreuz, initiiert durch einen Zufallsalgorithmus, innerhalb von 3 s um 0.85 m aus der Fahrspurmitte mit konstanter Geschwindigkeit nach rechts oder links. Von dort bewegte es sich nach 9-10 s Ruhelage wieder innerhalb von 3 s zur Spurmitte zurück. Zu beachten ist, dass das Kreuz sich in seiner Lage links und rechts von der Spurmitte immer noch innerhalb der Fahrspur des Ego-Fahrzeugs befand, die Reifen des Fahrzeugs also nicht die Spurmarkierungen berühren mussten.

Aufgabe der Probanden war es, den Bewegungen des Kreuzes möglichst präzise zu folgen. Dazu musste die Versuchsperson eine an der Fahrzeugkonsole angebrachte Markierung möglichst konstant mit dem Schnittpunkt der Kreuzbalken in Übereinstimmung bringen und halten (siehe Abbildung 7-2 rechts). Die Probanden sollten das Menüsystem nur dann bedienen, wenn entsprechende kognitive Kapazitäten frei waren. Mittels dieser Trackingaufgabe sollte die Fokussierung des Fahrers auf ein sicherheitsorientiertes Fahren simuliert werden. Bei der durchgeführten Trackingaufgabe handelt es sich zusammenfassend um ein fremdgetaktetes Folgetracking mit stetiger Veränderung der Position des „Targets“.

Der Versuch fand in einem Fahrsimulator ohne Bewegungssystem statt, dessen Hardware im Kern aus fünf PCs besteht. Der Hauptrechner erhält die Eingaben aus der Fahrzeugbedienung (Lenkwinkel, Gaspedalstellung und Bremspedalstellung) mit einer Abtastrate von 100 Hz. Auf der Basis des verwendeten Fahrzeugmodells werden die Eingangssignale in Bewegungsgrößen des Fahrzeugs umgerechnet. Ein Soundmodell generiert das Motorengeräusch in Abhängigkeit von Drehzahl und Last. Das Lenkmomentmodell simuliert über einen Lenkmotor die Lenkkräfte. Die Visualisierung der Szenerie übernimmt ein Grafik PC, an den die Daten über das Netz übertragen werden. Das vorhandene Umweltmodell verwaltet die Szenerie der Fahrt (Streckennetz, Objekte) sowie zur Szenerie gehörende Nebenaufgaben. Das Umwelt-

modell steuert die Grafikausgabe, die als dreidimensionale, texturierte Grafik angezeigt wird. Die Probanden sitzen in einer Fahrkonsole mit Lenkrad, Gas- und Bremspedal (siehe Abbildung 7-2 links). Straße und Umwelt werden von einem Videobeamer auf eine 2.40 m vor ihnen stehende Leinwand (Bildgröße 2.63 x 2.15m) projiziert.

7.2.1.2 Erfassung des Blickverhaltens

Um zusätzlich abschätzen zu können, mit welcher visuellen Beanspruchung die Menüsysteme einhergehen und inwiefern der Kompetenzerwerb im Umgang mit den Menüs die visuelle Beanspruchung beeinflusst, wurde das Blickverhalten mittels Lidschlussgeber erhoben. Hierzu wurde je eine kleine Magnetspule an Unter- und Oberlid angebracht, die Lidbewegungen unabhängig von der Bewegung des Augapfels erfassen (Collewijn, van den Stehen & Steinman, 1985a nach Galley, 2001). Die angebrachten Spulen sind in Abbildung 7-3 zu sehen.

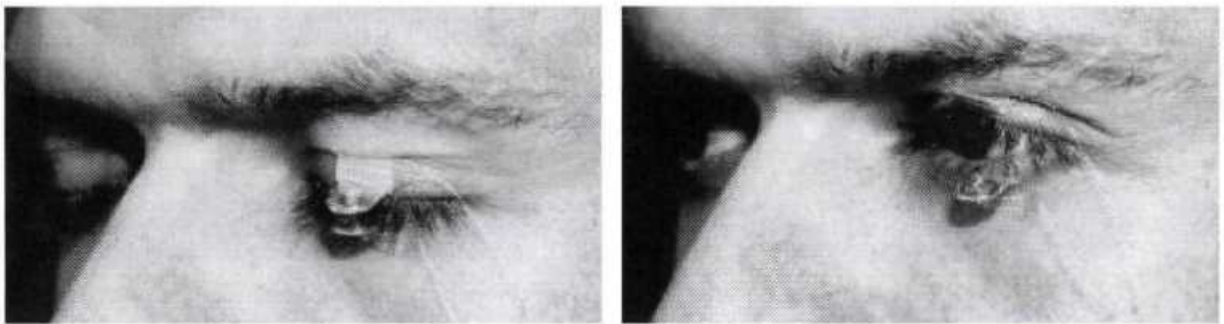


Abbildung 7-3: Proband mit Magnetspulen zur Erfassung des Lidschlusses und des Blickverhaltens. Eine der beiden Spulen ist am Oberlid, die andere am Unterlid befestigt.

Aufgrund einer Mitbewegung des Augenlides bei vertikalen Blicken ist eine Abhängigkeit des Lidöffnungsniveaus von der Höhe der Blicklinie zu beobachten. Blicke nach oben verursachen ein größeres Öffnungsniveau als Blicke nach unten. So ist über das Augenöffnungsniveau eine Differenzierung zwischen Blicken nach unten und nach oben möglich (Galley, 2001). Diese Mitbewegungen werden jedoch von vollständigen Schließungen des Augenlids, beispielsweise zur Befeuchtung der Hornhaut überlagert. Die Dauer eines solchen Lidschlusses beträgt ca. 150 ms. Abbildung 7-4 zeigt das in einer Untersuchung von Galley (1993) aufgezeichnete Lidschlussignal. In diesem lassen sich deutliche Niveauunterschiede des Augenöffnungsniveaus erkennen, die auf die Fokussierung in ihrer Höhe unterschiedlicher Bereiche (hier: Bildschirm und weiter unten angebrachtes Anzeigeelement) zurückzuführen sind. Dabei sind Instrumentenblicke anhand des niedrigeren Augenöffnungsniveaus klar von der Betrachtung des Videomonitors abgrenzbar und nur von Lidschlag und Sakkadenbewegungen des Auges überlagert.

Zur Bestimmung der Blickzuwendungen zum Display des Menüsystems in der Fahrsimulation werden um Lidschließungen bereinigte Veränderungen des Augenöffnungsniveaus aus der Lidschlagmessung extrahiert und in ihrer Dauer erfasst (Frequenz: 100 Hz). Augenöffnungen auf einem mittleren Öffnungsniveau (d.h. in Höhe des Displays zur Darstellung des Menüsystems im Fahrerstand), die länger als 300s dauerten, wurden als sog. Displayblicke klassifiziert. Hierfür wurden Mittlere Anzahl, Mittlere Dauer und Variation der Dauer der Displayblicke errechnet.

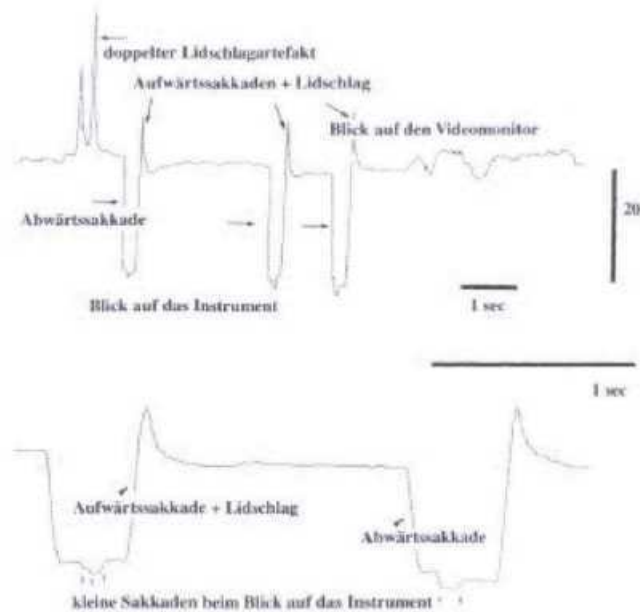


Abbildung 7-4: Veränderungen des Augenöffnungsniveaus, die auf die Blickrichtung der Vp zurückzuführen sind (Galley, 1993, aus Galley, 2001).

7.2.1.3 Versuchsdurchführung

An diesem Versuch nahmen $N = 12$ Probanden (5 weiblich, 7 männlich, mittleres Alter 24,5 Jahre) teil. Während des Versuchs wurden zwei Blöcke mit je 48 Aufgaben vorgegeben. Die Aufgabenblöcke waren identisch zur Versuchsreihe unter „Single Task“-Bedingungen. Je $n = 6$ Probanden bearbeiteten während der Trackingaufgabe das breite Menü (8×8 -Struktur) bzw. das tiefe Menü ($4 \times 2 \times 2 \times 4$ -Struktur). Es liegt somit ein Mischversuchsplan mit den Faktoren „Übung“ (2 Blöcke; within-Faktor) und „Menüstruktur“ (breit vs. tief; between-Faktor) vor. Die Prüfsitzung dauerte ca. 90 Minuten. Einige Tage zuvor wurde eine Trainingssitzung durchgeführt, in der die Probanden ein intensives Simulatortraining erhielten und den Umgang mit der Trackingaufgabe übten. Die Trainingssitzung dauerte ebenfalls ca. 90 Minuten.

7.2.2 Ergebnisse

7.2.2.1 Einfluss der „Dual Task“-Situation auf die Menübedienung

Wie erwartet, führt die Einführung der Trackingaufgabe als Primäraufgabe, mit der die Bedienung des Menüsystems als Sekundäraufgabe verschränkt werden muss, zu deutlichen Einbußen in der Menübedienung. So wird die Bediengeschwindigkeit des Menüsystems durch Einführung der Trackingaufgabe erheblich verringert (siehe Abbildung 7-5 links). Während die Mittlere Navigationszeit in der „Single Task“-Situation in Aufgabenblock 1 bei 9075 ms und in Block 2 bei 6361 ms liegt, beträgt die entsprechende Mittlere Navigationszeit mit Trackingaufgabe 18958 ms für Block 1 bzw. 11198 ms für Block 2. Ähnlich ist die interindividuelle Variabilität der Systembedienung unter „Dual Task“-Bedingungen erheblich vergrößert. Somit ist zum einen ein erheblicher Einfluss der Primäraufgabe auf die Systembedienung festzustellen, zum anderen eine stärkere, lernbedingte Beschleunigung der Menübedienung in einer „Dual Task“-Situation erkennbar.

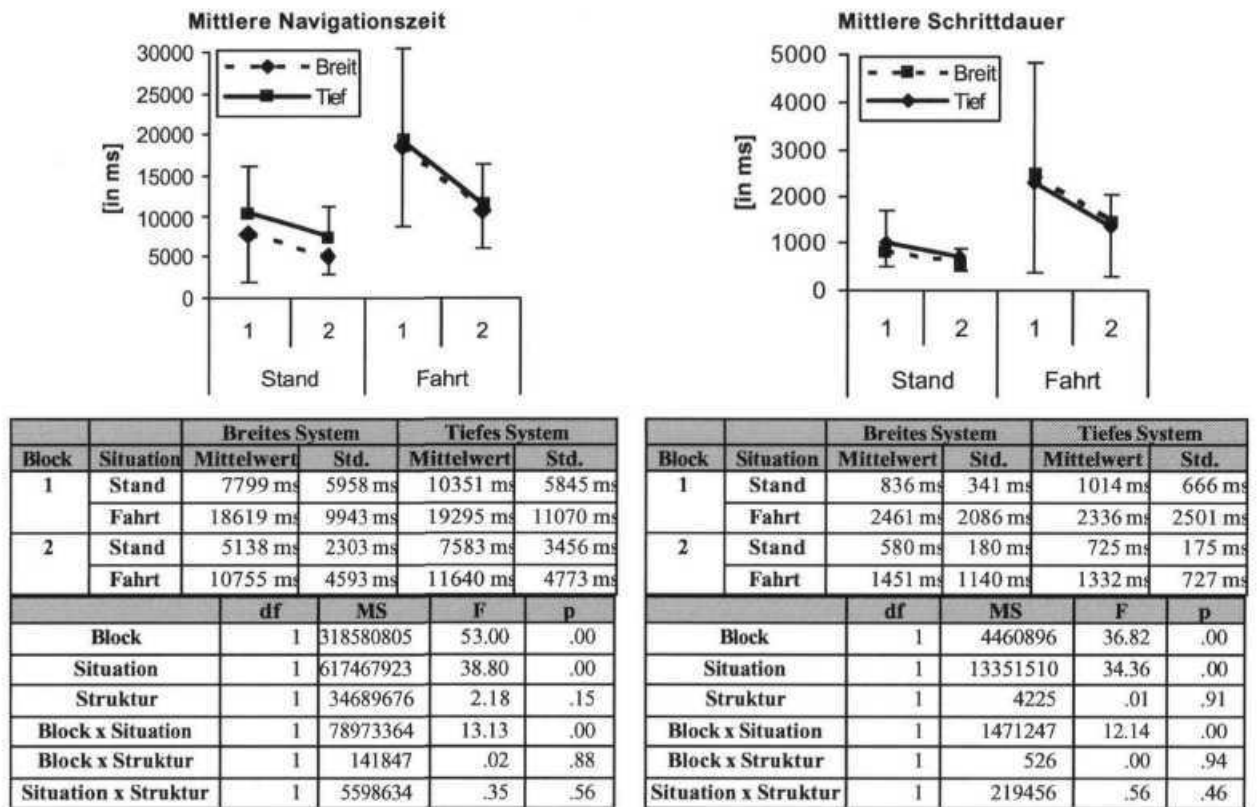


Abbildung 7-5: Mittlere Navigationszeit (links) und Mittlere Schrittdauer (rechts) zur Bearbeitung der Aufgaben im Menüsystem in Abhängigkeit von Aufgabenblock und Menüstruktur. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichungen sowie die Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit den zweifach abgestuften Faktoren „Block“ (Fahrt 1 vs. Fahrt 2), „Situation“ (Single Task vs. Dual Task) und „Struktur“ (Breit vs. Tief).

Der Vorteil für das breite Menüsystem, wie er in der „Single Task“-Bedingung zu beobachten war, kann in der „Dual Task“-Bedingung nicht mehr festgestellt werden (Mittlere Navigationszeit für tiefes Menü: 14687 ms, breites Menü: 15468 ms; siehe Abbildung 7-5 links). Während der Trackingaufgabe scheinen Geschwindigkeit und Genauigkeit der Menübedienung unabhängig von der Menüstruktur zu sein. Im tiefen Menüsystem liegt lediglich eine geringere interindividuelle Variabilität als im breiten Menü vor.

7.2.2.2 Kompetenzerwerb für Menüsysteme und Leistung in Trackingaufgabe

Demgegenüber ergeben sich für die Leistung in der Trackingaufgabe deutliche Unterschiede in Abhängigkeit der Menüstruktur. So weichen die Probanden bei Bearbeitung des tiefen Menüs unabhängig vom Kompetenzerwerb weniger stark von der Kreuzposition ab als Probanden des breiten Menüs (Parameter „Mittlere Abweichung“, siehe Abbildung 7-6 links). Die Probanden des tiefen Menüsystems können somit im Mittel der Kreuzbewegung in der Trackingaufgabe besser folgen als die Probanden des breiten Systems. Der Parameter der „Mittleren Abweichung von Kreuzposition“ kann als Güte einer Spurhaltung in der Trackingaufgabe interpretiert werden.

Zusätzlich wird bei Bearbeitung des breiten Menüsystems unabhängig vom Kompetenzerwerb häufiger die Randmarkierung der Fahrbahn, in der das Kreuz der Trackingaufgabe seine Position variiert, berührt als bei Bearbeitung des tiefen Menüs (Parameter „Mittlere Anzahl Spurverletzungen“, siehe Abbildung 7-6 rechts). Bearbeiten die Probanden ein tiefes Menü, treten im Mittel seltener sicherheitskritische Situationen auf als bei Bearbeitung des breiten Menüs.

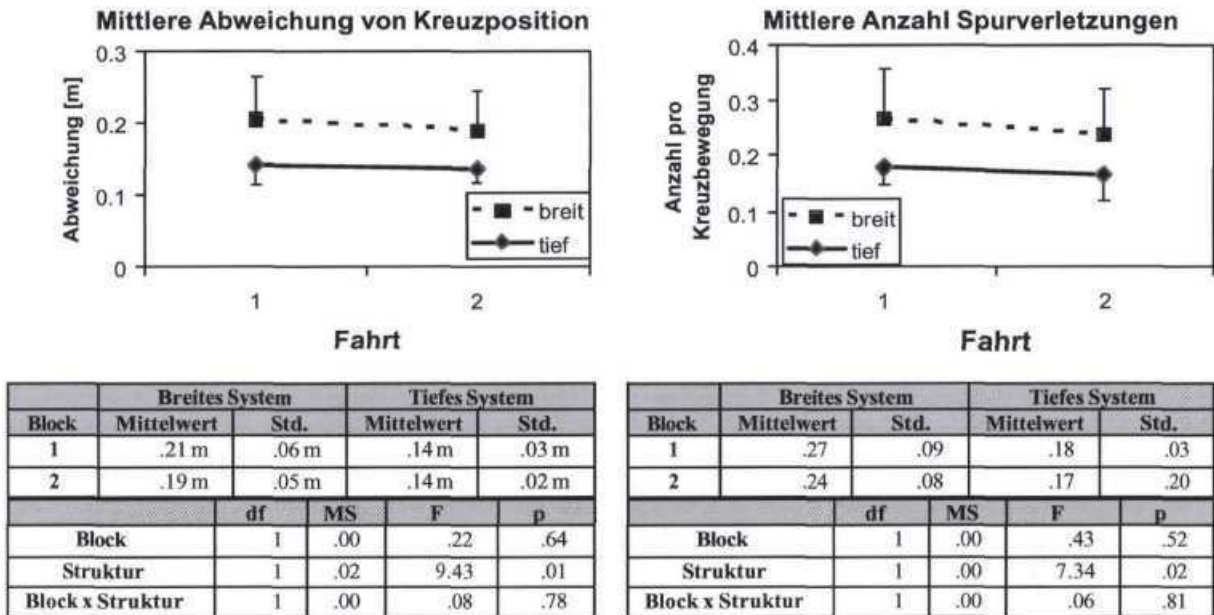
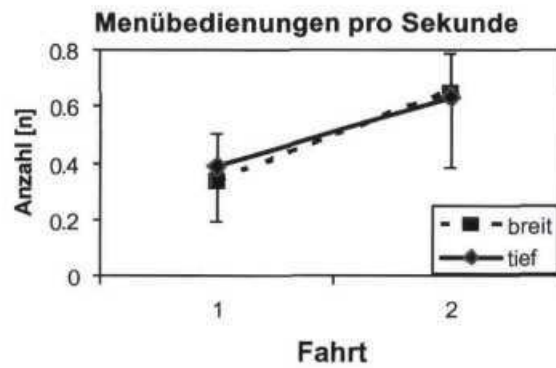


Abbildung 7-6: Mittlere Abweichungen von der Kreuzposition (links) bzw. Mittlere Anzahl der Spurverletzungen (rechts) in Abhängigkeit von Fahrt-Nr. und Menüstruktur. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichungen sowie die Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit den zweifach abgestuften Faktoren „Block“ (Block 1 vs. Block 2) und Faktor „Struktur“ (Breit vs. Tief).

Diese Effekte der Menüstruktur sowohl für die Güte der Spurhaltung als auch für die Häufigkeit sicherheitskritischer Situationen in der Trackingaufgabe sind unabhängig vom Kompetenzerwerb für Menüsysteme. Dies bedeutet, dass das Erlernen des Umgangs mit einem Menüsystem für die Trackingleistung per se unerheblich ist. Auf Seiten der Bearbeitung des Menüsystems ergeben sich jedoch insofern deutliche lernbedingte Effekte, als dass mit zunehmender Übung im Umgang mit dem Menüsystem bei einer gleichzeitigen Trackingaufgabe mehr Menübedienungen erfolgen (Parameter „Mittlere Anzahl von Menübedienungen pro Sekunde“, erfasst über Anzahl der Joystickbewegungen bzw. Betätigung der Auswahl-Taste; siehe Abbildung 7-7). Während in Fahrt 1 im Mittel 0.40 Bedienungen pro Sekunde ausgeführt werden können, steigert sich die Zahl der Bedienungen auf 0.69 in Fahrt 2. Die Verschränkung von Menübedienung und Trackingaufgabe gelingt durch Übung der „Dual Task“-Bedingung deutlich besser.

Betrachtet man die Zahl der Bedienungen in Abhängigkeit der Menüstruktur ergibt sich kein Unterschied zwischen breitem und tiefem Menüsystem (siehe Abbildung 7-7). Pro Sekunde werden in beiden Menüsystemen ähnlich viele Bedienhandlungen ausgeführt.



Block	Breites System		Tiefes System	
	Mittelwert	Std.	Mittelwert	Std.
1	.37	.19	.44	.12

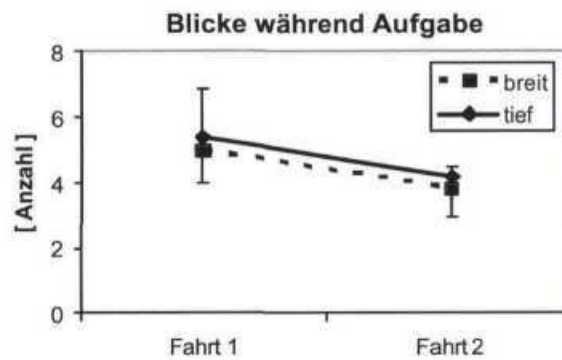
	df	MS	F	p
Block	1	.82	31.29	.00
Struktur	1	.03	1.09	.30
Block x Struktur	1	.00	.04	.84

Abbildung 7-7: Mittlere Anzahl der Menübedienungen pro Sekunde während der Tracking-aufgabe in Abhängigkeit von Fahrt-Nr. und Menüstruktur. Dargestellt sind Mittelwerte und Standardabweichungen sowie die Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalyse mit den zweifach abgestuften Faktoren „Block“ (Block 1 vs. Block 2) und „Struktur“ (Breit vs. Tief).

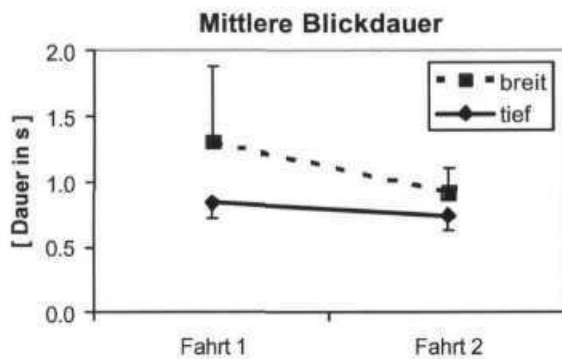
7.2.2.3 Kompetenzerwerb für Menüsysteme und Blickverhalten

Weitere Belege für Vorteile des tiefen Menüsystems in der „Dual Task“-Situation liefert das Blickverhalten der Probanden (d.h. die Blickzuwendung zum Menüdisplay). Abbildung 7-8 oben stellt dar, dass beim tiefen Menü im Mittel während der ersten Fahrt ähnlich viele Blicke benötigt werden wie beim breiten Menü, um die gestellten Aufgaben zu erledigen. Berücksichtigt man die Mittlere Blickdauer bzw. die Variation der Mittleren Blickdauern, so wird deutlich, dass beim Umgang mit dem tiefen Menü kürzere Mittlere Blickdauern (siehe Abbildung 7-8 unten links) bei einer geringeren Variation der Blickdauer (siehe Abbildung 7-8 unten rechts) auftreten. Die mittlere Anzahl an notwendigen Blicken, um im tiefen Menü die gestellten Aufgaben zu erledigen, ist zwar ähnlich wie im breiten Menü. Aufgrund der längeren Blickdauer und deren größeren Variation scheint jedoch vom breiten Menü eine höhere visuelle Beanspruchung in der „Dual Task“-Situation auszugehen.

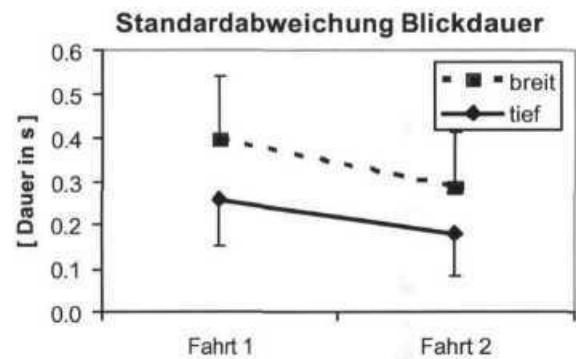
Dabei ist ein Lerneffekt im Umgang mit dem Menü zu berücksichtigen: Mit zunehmender Übung werden tendenziell weniger Blicke zur Aufgabenbearbeitung benötigt (Block 1: $m = 5.2$ Blicke pro Aufgabe, $sd = 1.65$, Block 2: $m = 4.0$, $sd = 0.92$). Zusätzlich nehmen die Mittleren Blickdauern (Block 1: 1.0s pro Blick, Block 2: 0.8s pro Blick) und die Variation der Blickdauern (Block 1: 0.35s pro Blick, Block 2: 0.25s pro Blick) ab. Durch den Kompetenzerwerb verringert sich somit die visuelle Beanspruchung durch die Bedienung des Menüsystems in dieser „Dual Task“-Situation. Diese übungsbedingte Abnahme der visuellen Beanspruchung gilt dabei gleichermaßen für das breite und das tiefe Menüsystem, d.h. die aus der Menüstruktur resultierenden Unterschiede in der visuellen Beanspruchung sind nicht abhängig vom Kompetenzerwerb für die Menüsysteme.



Block	Breites System		Tiefes System		
	Mittelwert	Std.	Mittelwert	Std.	
1	4.97	1.90	5.37	1.39	
2	3.85	.60	4.17	1.24	
		df	MS	F	p
Block		1	6.30	3.20	.09
Struktur		1	.61	.31	.58
Block x Struktur		1	0.00	.00	.95



Block	Breites System		Tiefes System		
	Mittelwert	Std.	Mittelwert	Std.	
1	1.29 s	.59 s	.84 s	.12 s	
2	.91 s	.20 s	.74 s	.12 s	
		df	MS	F	p
Block		1	.27	2.57	.12
Struktur		1	.46	4.32	.05
Block x Struktur		1	27.95	.88	.36



Block	Breites System		Tiefes System		
	Mittelwert	Std.	Mittelwert	Std.	
1	.39 s	.15 s	.26 s	.11 s	
2	.29 s	.12 s	.18 s	.10 s	
		df	MS	F	p
Block		1	0.04	2.78	.11
Struktur		1	0.07	4.75	.04
Block x Struktur		1	0.00	.07	.78

Abbildung 7-8: Mittlere Blickanzahl (oben), Mittlere Blickdauer (unten links) und Standardabweichung der Blickdauern (unten rechts) in Abhängigkeit der Fahrt-Nr. und Menüstruktur. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie die Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit den zweifach abgestuften Faktoren „Block“ (Block 1 vs. Block 2) und „Struktur“ (Breit vs. Tief).

7.2.2.4 „Dual Task“-Situation und Räumliche Repräsentation

Ähnlich wie unter „Single Task“-Bedingungen wurde auch im vorliegenden Versuch die räumliche Repräsentation der Probanden über das Menüsystem mittels einer Visuellen Analogskala erfasst (für eine ausführliche Beschreibung siehe Kap. 6.2.1). Während diese Abfrage im „Single Task“-Versuch nach Aufgabenblock 1 und 3 erfolgte, fand die Erhebung unter „Dual Task“-Bedingungen nach Block 1 und Block 2 statt.

Unter beiden Versuchssituationen zeigt sich insgesamt ein starker Lerneffekt (siehe Abbildung 7-9). Die Abweichungssummen (d.h. die absoluten Abweichungen der auf der Visuellen Analogskala angegebenen Positionen der Menüinhalte von den tatsächlichen Positionen im Menüsystem) nehmen mit zunehmender Systemerfahrung ab (Messzeitpunkt 1: $m = 2861$, $sd = 1032$; Messzeitpunkt 2: $m = 1594$, $sd = 412$). Die räumliche Repräsentation des Systems wird mit zunehmender Erfahrung im Umgang mit dem System besser. Dabei sind die Abweichungssummen in der „Dual Task“-Bedingung geringer als in der „Single Task“-Bedingung (siehe Abbildung 7-9 links). Den Probanden gelingt es somit bei gleichzeitiger Fahrt und Menübedienung besser, eine räumliche Repräsentation des Systems aufzubauen.

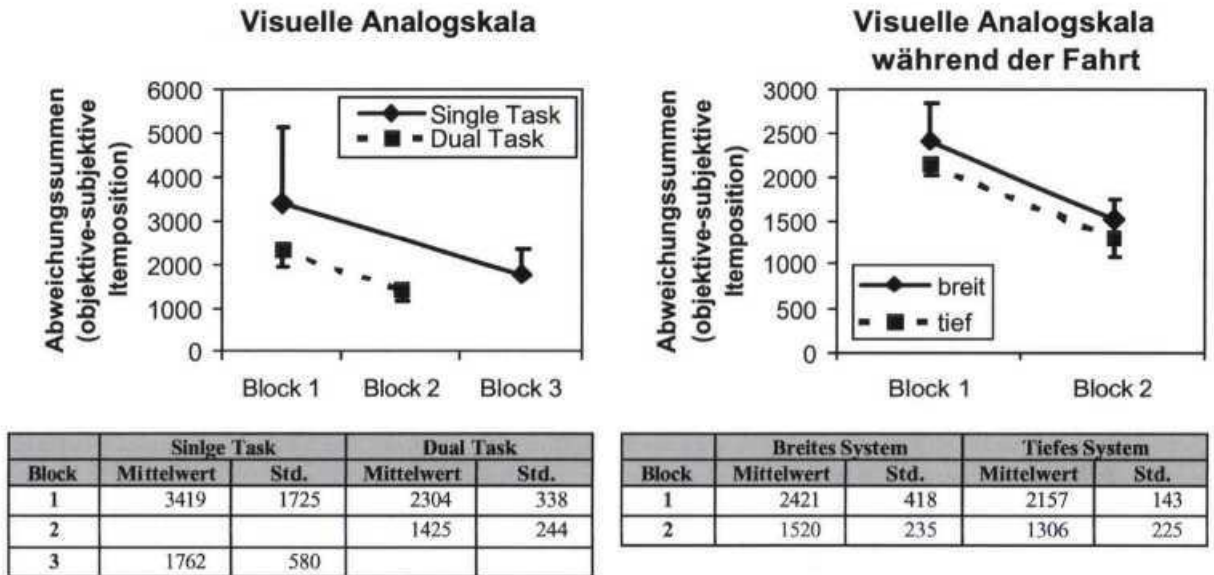


Abbildung 7-9: Güte der Räumlichen Repräsentation in „Single Task“-Bedingung (erfasst nach Block 1 und Block 3) vs. „Dual Task“-Bedingung (erfasst nach Block 1 und Block 2; links) bzw. in Abhängigkeit der Menüstruktur („breit“ vs. „tief“) für „Dual Task“-Bedingung (rechts). Dargestellt sind Mittlere Abweichungssummen mit Standardabweichung.

Abbildung 7-9 rechts veranschaulicht zudem, dass in der „Dual Task“-Bedingung die Probanden die räumlichen Positionen im tiefen Menü besser abbilden können als die Probanden, die mit dem breiten Menüsystem umgehen. Die Abweichungssummen im tiefen System sind sowohl in Block 1 wie auch in Block 2 geringer als im breiten System. Der Lernfortschritt ist in den beiden Menüsystemen aber vergleichbar. In der „Single Task“-Bedingung ergibt sich kein entsprechender Effekt der Menüstruktur auf die räumliche Repräsentation.

7.2.3 Zusammenfassung

Für die Auswirkungen der Menüstruktur auf den Kompetenzerwerb unter „Dual Task“-Bedingungen wurde gezeigt, dass tiefe Menüs mit ähnlichen Bediengeschwindigkeiten (bei einer ähnlichen Bediengüte) einhergehen wie breite Menüs. Zusätzlich gehen mit der Bearbeitung des tiefen Menüs geringere Defizite in der Güte der Spurhaltung und seltener sicherheitskritische Situationen (wie z.B. Berührung der Spurmarkierung) in der Trackingaufgabe einher. Zunehmende Erfahrung im Umgang mit den Menüsystemen während der Trackingaufgabe ist für die Trackingleistung weitgehend irrelevant, auf Seiten der Menübedienung ist jedoch eine höhere übungsbedingte Bedienleistung festzustellen. Es kommt somit mit zuneh-

mender Systemerfahrung zu einer Verringerung der Interferenz zwischen der Trackingaufgabe und der Menübedienung als Sekundäraufgabe.

Die unter „Single Task“-Bedingungen erzielten Ergebnisse zu den Auswirkungen der Menüstruktur auf die Bedienleistung und den Kompetenzerwerb für Menüsysteme sind somit nicht ohne weiteres auf die „Dual Task“-Situation übertragbar. Unter „Single Task“-Bedingungen wird das breite Menü (bei einer ähnlichen Bediengüte) schneller bedient als das tiefe Menü. In einer „Dual Task“-Situation schneidet demgegenüber das tiefe Menü hinsichtlich der Auswirkungen auf die Leistung in der Trackingaufgabe und der visuellen Beanspruchung besser ab. Aus der größeren Informationsmenge, die im breiten Menü simultan auf dem Bildschirm dargestellt wird, resultiert eine höhere Beanspruchung des Systemnutzers, so dass im Umgang mit breiten Menüs unter „Dual Task“-Bedingungen stärkere Interferenzen zwischen Fahrzeugführung und Systembedienung zu erwarten sind.

7.3 Studie „Bedienmodell“

In einer zweiten Studie wurde schwerpunktmäßig ebenfalls der Frage nachgegangen, inwiefern die in einer „Single Task“-Situation erzielten Ergebnisse zum Kompetenzerwerb für Menüsysteme auf „Dual Task“-Situationen (z.B. während einer Autofahrt) generalisiert werden können und die Ergebnisse geeignet sind, die Auswirkungen des Bedienmodells auf die Fahr-sicherheit abzuschätzen. Hierzu wird die bereits unter Kap. 6.5 dargestellte Studie „Bedienmodell“ herangezogen.

In dieser Studie konnte unter „Single Task“-Bedingungen gezeigt werden, dass die Auslegung eines Bedienelements insbesondere für die Bediengüte von Bedeutung ist. Die Bediengeschwindigkeit bleibt hiervon weitgehend unberührt. Als günstig erwies sich dabei eine Bedienvariante, die zwischen „Blättern innerhalb einer Ebene“ und „Wechseln in andere Ebene“ unterscheidet. Zusätzlich zeigte sich, dass die Art der Systemdarstellung (hier: Menüdarstellung, bei der stets die aktuelle Menüebene und die hierarchisch übergeordneten Menüebenen dargestellt werden, vs. Ebenendarstellung, in der nur die aktuelle Menüebene dargestellt wird) für Bediengeschwindigkeit und -güte weitgehend irrelevant ist.

Im Folgenden wurden die entsprechenden Varianten des Bedienelements und der Systemdarstellung in einer „Dual Task“-Situation eingesetzt. Hierzu wurde eine Trackingaufgabe eingeführt, die als Primäraufgabe zu bearbeiten war. Sofern hinreichend kognitive Kapazität zur Verfügung stand, sollte das Menüsystem als Sekundäraufgabe bedient werden.

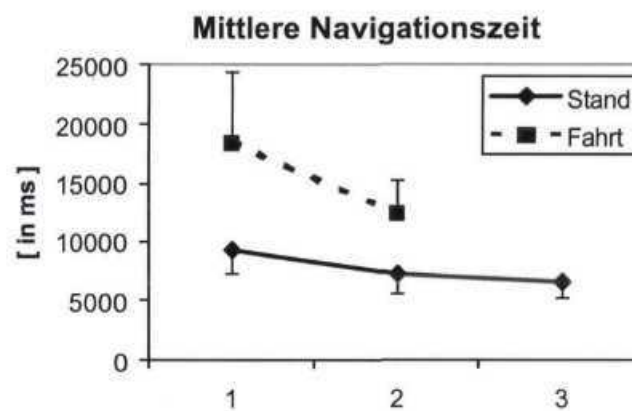
7.3.1 Methodisches Vorgehen

Abgesehen von der „Dual Task“-Situation, in der das Menüsystem parallel zu einer Trackingaufgabe zu bedienen war, war das methodische Vorgehen identisch zur Studie unter „Single Task“-Bedingungen (siehe Kap. 6.5). Es wurde die identische Trackingaufgabe wie im Versuch zur Menüstruktur verwendet (siehe Kap. 7.2). Aufgabe der Probanden war es, die Trackingaufgabe möglichst präzise zu bearbeiten und das Menüsystem nur dann zu bedienen, wenn entsprechende kognitive Kapazitäten frei wären. Ebenfalls identisch waren die Befragungen der Probanden bezüglich der Anstrengung, Beanspruchung, Aufmerksamkeit, Leistungsgüte etc. statt. Zusätzlich erfolgte zum Abschluss des Versuchs eine Nachbefragung der

Probanden, in der diese u.a. einzelne Aspekte der untersuchten Bedienvarianten (z.B. Art des Blätterns innerhalb einer Ebene oder des Wechselns in eine andere Ebene) bewerten sollten. Die Urteilsabgabe in den jeweiligen Befragungen erfolgte mittels der 15stufigen Kategorienunterteilungsskala (Heller, 1985; siehe Kap. 5.1.2).

An diesem Versuch nahmen N = 24 Probanden (12 weiblich, 12 männlich, mittleres Alter 23.9 Jahre) teil. Je n = 6 Probanden bearbeiteten das Menüsystem mit dem Integrierten Bedienelement mit Ebenendarstellung, dem Integrierten Bedienelement mit Menüdarstellung, dem Aufgelösten Bedienelement mit Ebenendarstellung sowie dem Aufgelösten Bedienelement mit Menüdarstellung. Um die Probanden in den „Dual Task“-Bedingungen nicht zu stark zu belasten, wurden zwei Aufgabenblöcke à 54 Aufgaben bearbeitet. Die Aufgabenblöcke waren identisch zur Versuchsreihe unter „Single Task“-Bedingungen.

Es liegt somit ein Mischversuchsplan mit den Faktoren „Übung“ (Anzahl der Blöcke; within-Faktor), „Bedienvariante“ (Integriert vs. Aufgelöst; between-Faktor) und „Systemdarstellung“ (Menü vs. Ebene; between-Faktor) vor. Die Prüfsitzung dauerte ca. 90 Minuten. Zusätzlich erhielten die Probanden einige Tage zuvor ein intensives Simulatortraining, in dem sie u.a. den Umgang mit der Trackingaufgabe übten. Diese Trainingssitzung dauerte ca. 60 Minuten.



Block	Situation	Mittelwert	Std.
1	Stand	9354 ms	2188 ms
	Fahrt	18314 ms	5957 ms
2	Stand	7185 ms	1579 ms
	Fahrt	12371 ms	2867 ms
3	Stand	6491 ms	1131 ms
	Fahrt	---	---

Quelle	df	MQ	F	p
Situation	1	1200711836	57.420	.000
Block	1	394857719	86.172	.000
Situation * Block	1	85467809	18.652	.000

Abbildung 7-10: Mittlere Navigationszeit ohne vs. mit gleichzeitiger Bearbeitung der Trackingaufgabe in Abhängigkeit der Fahrt Nr. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichungen sowie die Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit den zweifach abgestuften Faktoren „Block“ (Fahrt 1 vs. Fahrt 2) und „Situation“ (Single Task vs. Dual Task).

7.3.2 Ergebnisse

7.3.2.1 Einfluss der „Dual Task“-Situation auf die Menübedienung

Wie erwartet, führt die Einführung der Trackingaufgabe als Primäraufgabe, mit der die Bedienung des Menüsystems als Sekundäraufgabe verschränkt werden muss, zu deutlichen Einbußen in der Menübedienung. Diese Einbußen sind besonders stark zu Beginn der „Dual Task“-Situation. Wie Abbildung 7-10 zeigt, sinkt die Mittlere Navigationszeit als Parameter der Bediengeschwindigkeit unter „Dual Task“-Bedingung von $m = 23287$ ms ($s = 7978$ ms) in Abschnitt 1 (d.h. die ersten 18 Aufgaben des ersten Aufgabenblocks) auf $m = 11543$ ms ($s = 2784$ ms) in Abschnitt 6 (d.h. die letzten 18 Aufgaben des zweiten Aufgabenblocks). Unter „Single Task“-Bedingung verringert sich die Mittlere Navigationszeit demgegenüber von $m = 11765$ ms ($s = 3189$ ms) im ersten Abschnitt auf $m = 6493$ ms ($s = 1139$ ms) in Abschnitt 9. Durch Einführung der Trackingaufgabe benötigen die Probanden somit deutlich länger, um innerhalb des Menüsystems die vorgegebenen Menüfunktionen anzusteuern. In beiden Untersuchungssituationen treten dabei übungsbedingte Leistungsverbesserungen von durchschnittlich über 50% auf. Zugleich kommt es zu einer übungsbedingten Verringerung der interindividuellen Variabilität auf 33% des Ausgangswertes in Abschnitt 1.

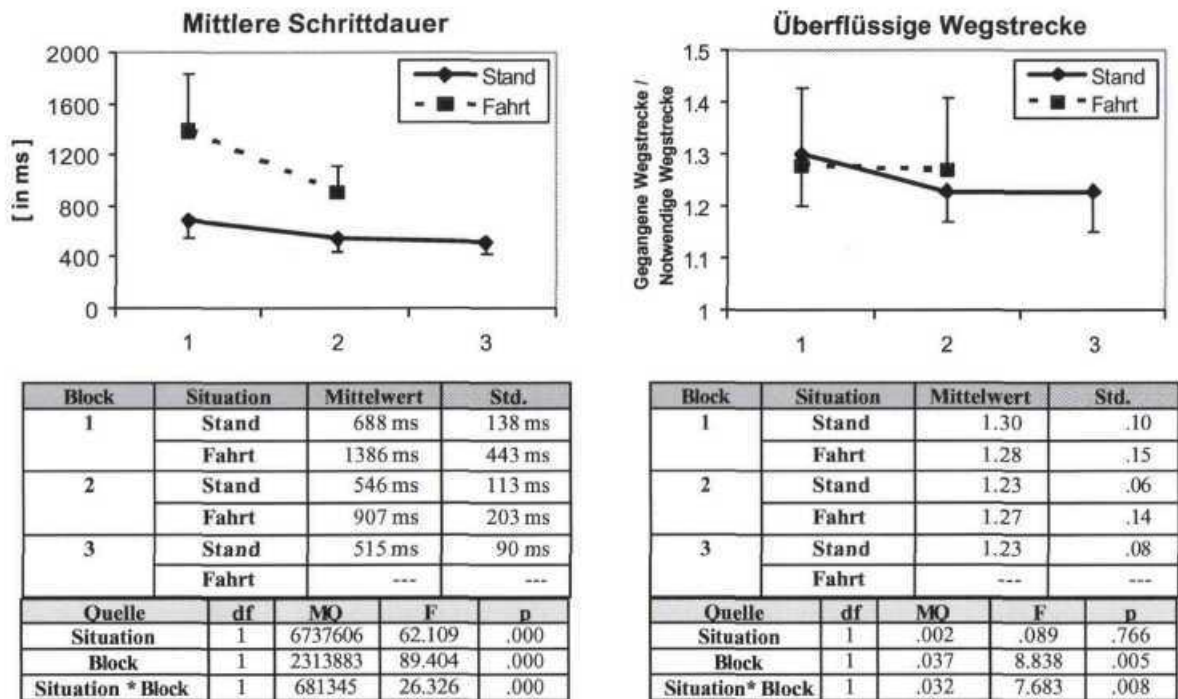


Abbildung 7-11: Mittlere Schrittdauer (links) und Überflüssige Wegstrecke (rechts) ohne vs. mit gleichzeitiger Bearbeitung der Trackingaufgabe in Abhängigkeit der Fahrt Nr. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichungen sowie die Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit den zweifach abgestuften Faktoren „Block“ (Fahrt 1 vs. Fahrt 2) und „Situation“ (Single Task vs. Dual Task).

Die Erhöhung der Mittleren Navigationszeit unter „Dual Task“-Bedingungen ist ausschließlich auf eine Erhöhung der Mittleren Schrittdauern zurückzuführen (siehe Abbildung 7-11 links). Die Überflüssige Wegstrecke wird von der Trackingaufgabe in Abhängigkeit des Lernstatus beeinflusst: Zu Beginn des Systemkontakts in Aufgabenblock 1 ist die Überflüssige

Wegstrecke beim Bedienen des Menüsystems in der „Dual Task“-Situation gegenüber der „Single Task“-Situation verringert, in Aufgabenblock 2 dreht sich dieser Effekt jedoch um (siehe Abbildung 7-11 rechts). Die zusätzliche Beanspruchung durch die Trackingaufgabe führt demnach zu Beginn der Menübedienung zu einer genaueren Systembedienung. Die Einführung einer „Dual Task“-Situation bedingt demzufolge insbesondere Beeinträchtigungen in der Bediengeschwindigkeit, wohingegen die Probanden nicht ungenauer oder schlechter hinsichtlich der Güte der Menübedienung werden.

Hinsichtlich der Fehler im Umgang mit dem Menüsystem treten nur vereinzelt Unterschiede in Abhängigkeit der Versuchssituation auf. So ergeben sich unter „Dual Task“-Bedingungen weniger Orientierungsfehler, d.h. Fehler, die durch „Verlaufen“ innerhalb des Systems gekennzeichnet sind (siehe Abbildung 7-12 links). Durch die gleichzeitige Bearbeitung der Trackingaufgabe und der Bedienaufgaben im Menüsystem bewegen die Probanden sich somit unabhängig vom Kompetenzerwerb weniger häufig orientierungslos im Menüsystem.

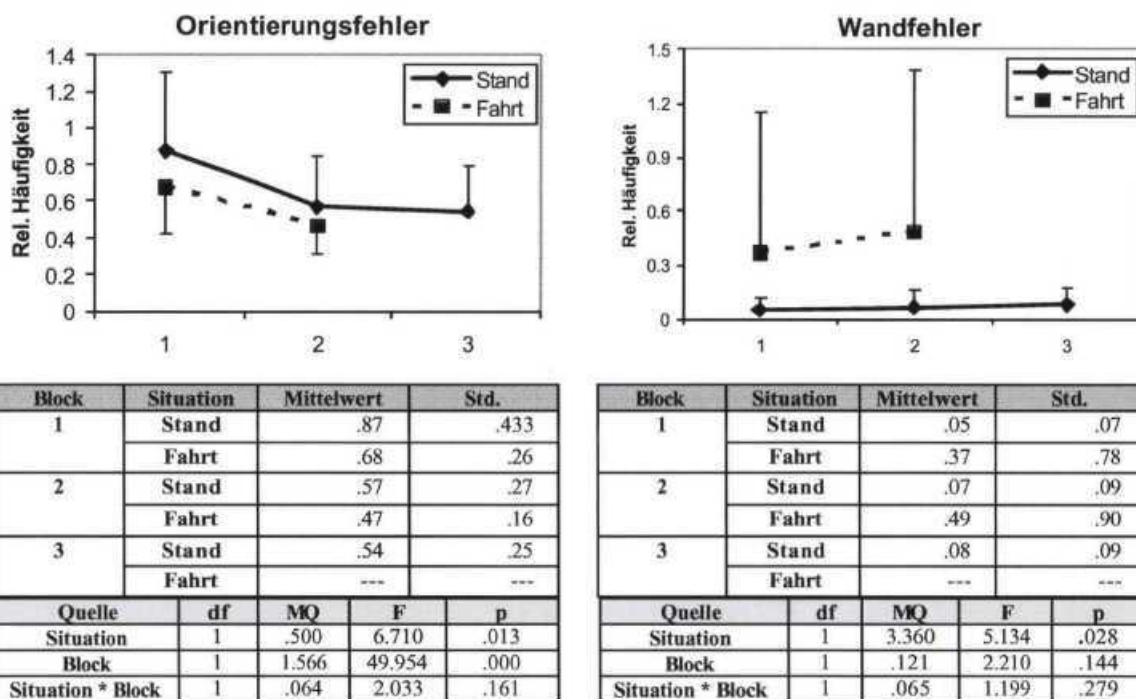


Abbildung 7-12: Relative Anzahl der Orientierungsfehler (links) und Wandfehler (rechts) ohne vs. mit gleichzeitiger Bearbeitung der Trackingaufgabe in Abhängigkeit der Fahrt Nr. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichungen sowie die Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit den zweifach abgestuften Faktoren „Block“ (Fahrt 1 vs. Fahrt 2) und „Situation“ (Single Task vs. Dual Task).

Demgegenüber treten sog. Wandfehler, eine spezielle Fehler-Untergruppe, unter „Dual Task“-Bedingungen häufiger auf. Zu diesen Wandfehlern zählen beispielsweise Bedienhandlungen, wenn die oberste Menüebene erreicht wurde und weiterhin versucht wird, auf weitere, übergeordnete Menüebenen zu wechseln (d.h. die Probanden befinden sich bereits an der Grenze des Menüsystems, möchten aber auf höhere Ebenen wechseln). Dieser Fehler kann z.B. auftreten, wenn zu Beginn einer Aufgabe zunächst auf die oberste Menüebene gewechselt wird, um von dort aus in einen anderen Menübereich zu wechseln. Diese sog. Wandfehler sind bei einer simultanen Bearbeitung der Trackingaufgabe häufiger zu beobachten (siehe Abbildung

7-12 rechts). Zusätzlich zeigt sich eine sehr große interindividuelle Variabilität beim Auftreten der Wandfehler für die Probanden der „Dual Task“-Bedingung. Dies ist darauf zurückzuführen, dass zum einen über alle experimentellen Bedingungen dieser Studie hinweg nur ein Teil der Probanden dieses Vorgehen bei der Menübedienung wählte. Zum anderen treten Wandfehler unter „Dual Task“-Bedingungen vor allem bei einer Darbietung des Menüsystems in Form einer Ebenendarstellung auf.

7.3.2.2 Ausgestaltung des Bedienelements

Unter „Single Task“-Bedingung (d.h. Menübedienung an einem Bildschirmarbeitsplatz) ergibt sich für Mittlere Schrittdauern (als Parameter der Bediengeschwindigkeit) kein Einfluss der gewählten Variante des Bedienelements. Demgegenüber war für die „Aufgelöste Bedienvariante“, in der die Bedienhandlungen „Blättern innerhalb einer Menüebene“ und „Wechseln zwischen den Ebenen“ auch seitens des Bedienelements separat abgebildet wurden, die Überflüssige Wegstrecke (als Parameter der Bediengenauigkeit) unabhängig vom Kompetenzerwerb gegenüber einer „Integrierten Bedienvariante“, die die Bedienhandlungen „Blättern“ und „Wechseln“ nicht voneinander abgrenzt, verringert.

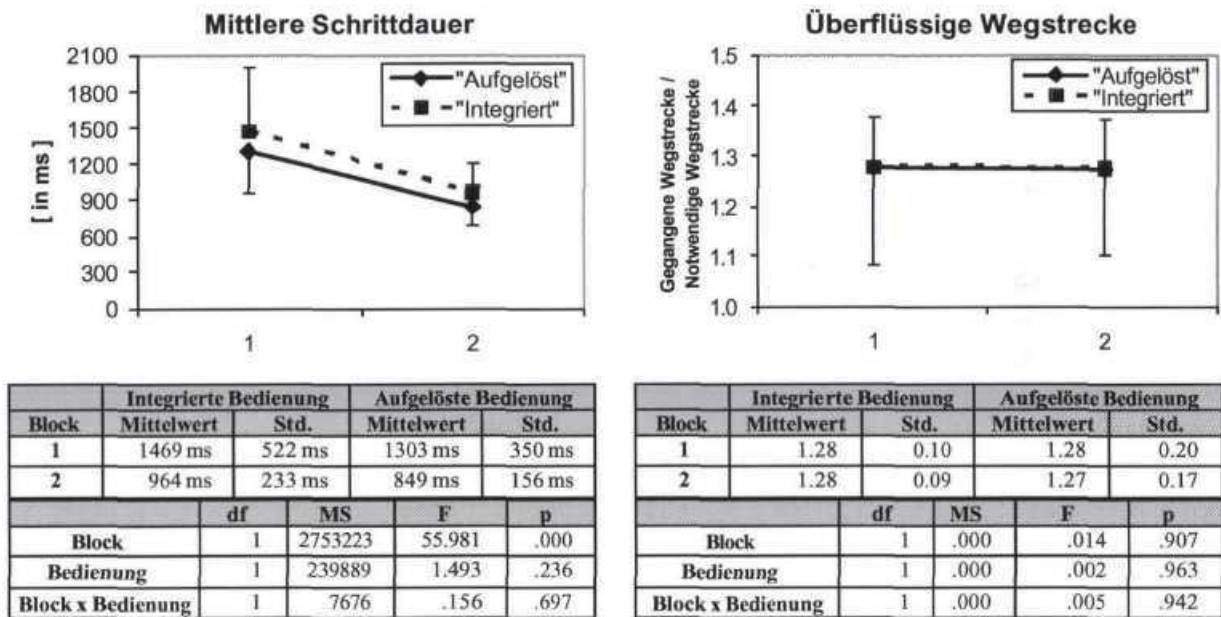


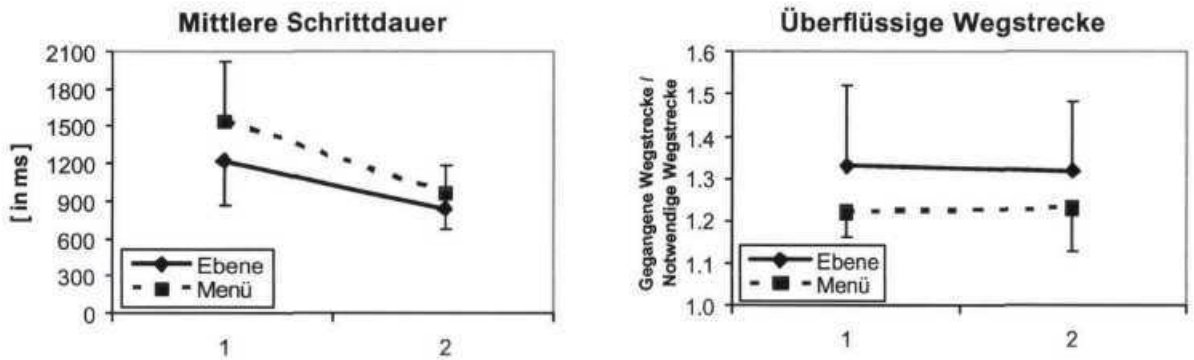
Abbildung 7-13: Mittlere Schrittdauer (links) und Überflüssige Wegstrecke (rechts) in Abhängigkeit der Bedienvariante und Fahrt-Nr. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichungen sowie die Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit den zweifach abgestuften Faktoren „Block“ (Fahrt 1 vs. Fahrt 2) und „Bedienung“ (Integriert vs. Aufgelöst).

Wird parallel zur Menübedienung eine Trackingaufgabe bearbeitet („Dual Task“-Situation), ergibt sich kein aus der Ausgestaltung des Bedienelements resultierender bedeutsamer Unterschied in den Mittleren Schrittdauern. Allerdings bleibt zu beachten, dass zwischen den Varianten unabhängig vom Kompetenzerwerb ein Unterschied von ca. 140 ms zugunsten der „Aufgelösten Bedienung“ zu beobachten ist (siehe Abbildung 7-13 links). Die Bediengüte (Parameter „Überflüssige Wegstrecke“, siehe Abbildung 7-13 rechts) wird demgegenüber in dieser Situation von der Ausgestaltung des Bedienelements nicht beeinflusst. So treten in beiden Aufgabenblöcken weitgehend ähnliche Überflüssige Wegstrecken auf.

Die aus den Bedienvarianten resultierenden Effekte auf die Bedienung des Menüsystems unter „Single Task“-Bedingungen kehren sich demnach unter „Dual Task“-Bedingungen teilweise um. Ähnlich wie in der „Single Task“-Situation verringert sich der aus den Bedienvarianten resultierende Unterschied in der Bediengeschwindigkeit mit zunehmender Übung.

7.3.2.3 Systemdarstellung

Ähnlich beeinflusst die Situation („Single Task“ vs. „Dual Task“) die Effektmuster für die untersuchten Varianten der Systemdarstellung. Während unter „Single Task“-Bedingungen die Menüdarstellung hinsichtlich der Bediengeschwindigkeit und Bediengüte weitgehend irrelevant ist, ist unter „Dual Task“-Bedingungen die Ebenendarstellung als insgesamt günstiger zu beurteilen. Abbildung 7-14 links zeigt, dass die Mittleren Schrittdauern im Umgang mit einem Menüsystem in Ebenendarstellung geringer sind. Die Mittlere Schrittdauer für das System in Menüdarstellung ist in Aufgabenblock 1 330 ms höher als im System in Ebenendarstellung, in Block 2 122 ms. Die Überlegenheit des Systems in Ebenendarstellung kommt somit tendenziell stärker zu Beginn des Systemkontakts zum Tragen.



Block	Ebenendarstellung		Menüdarstellung	
	Mittelwert	Std.	Mittelwert	Std.
1	1221	355	1551	474
2	845	173	967	219
Block	df	MS	F	p
Block	1	2753223	55.981	.000
Darstellung	1	611010	3.803	.065
Block x Darstellung	1	131220	2.668	.118

Block	Ebenendarstellung		Menüdarstellung	
	Mittelwert	Std.	Mittelwert	Std.
1	1.33	.19	1.22	.06
2	1.32	.16	1.23	.10
Block	df	MS	F	p
Block	1	.000	.014	.907
Darstellung	1	.115	3.562	.074
Block x Darstellung	1	.001	.137	.715

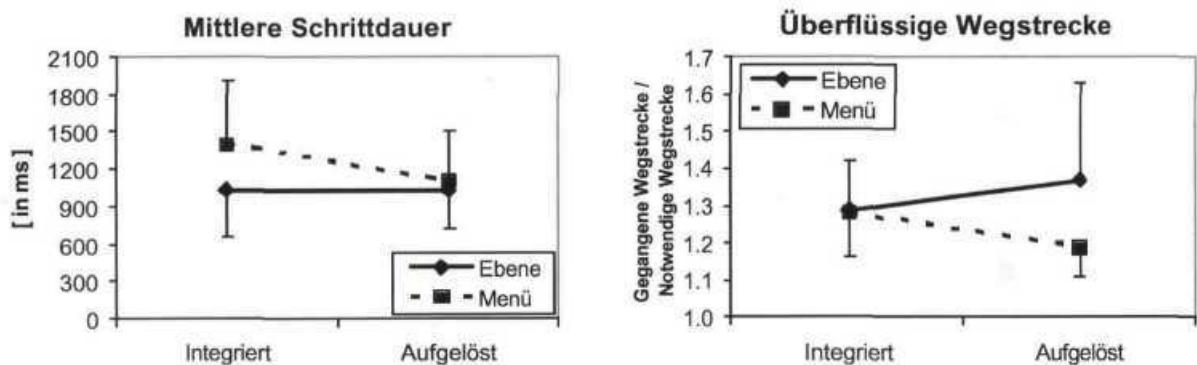
Abbildung 7-14: Mittlere Schrittdauer (links) und Überflüssige Wegstrecke (rechts) in Abhängigkeit der Systemdarstellung und Fahrt-Nr. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichungen sowie die Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit den zweifach abgestuften Faktoren „Block“ (Fahrt 1 vs. Fahrt 2) und „Darstellung“ (Menü vs. Ebene).

Gleichzeitig ist die Bediengüte, erfasst über die „Überflüssige Wegstrecke“, im Umgang mit dem Menüsystem unter „Dual Task“-Bedingungen bei der Ebenendarstellung tendenziell verringert (siehe Abbildung 7-14 rechts). Die höhere Überflüssige Wegstrecke der Ebenendarstellung ist darauf zurückzuführen, dass die Probanden im Menüsystem mit Ebenendarstellung häufiger zur höchsten Menüebene wechseln, bevor sie den Zielinhalt ansteuern. Bei einer Menüdarstellung ist dieser Effekt weniger stark ausgeprägt. Diese Ergebnismuster bleiben unabhängig vom Kompetenzerwerb im Umgang mit dem untersuchten Menüsystem erhalten.

7.3.2.4 Wechselwirkung Bedienvariante und Systemdarstellung

In einer kombinierten Darstellung der Ergebnisse zu den Auswirkungen der Bedienvarianten und Menüdarstellungen wird deutlich, dass die Bewertung, welche Form der Systemdarstellung bzw. welche Auslegung des Bedienelements günstig für den Umgang mit einem Menüsystem ist, von der betrachteten Datenebene abhängt.

- Soll ein Menüsystem unter dem Aspekt der Bediengeschwindigkeit (erfasst über die Mittlere Schrittdauer, siehe Abbildung 7-15 links) optimiert werden, so ist eine Ebenendarstellung zu empfehlen, die zu tendenziell geringeren Mittleren Schrittdauern führt. Die Ausgestaltung des Bedienelements ist in diesem Fall von untergeordneter Bedeutung.
- Soll hingegen die Menübedienung bezüglich der Bediengüte (erfasst über den Parameter „Überflüssige Wegstrecke; siehe Abbildung 7-15 rechts) optimiert werden, so ist die Kombination von Bedienelement und Systemdarstellung zu berücksichtigen. Wird ein „Integriertes Bedienelement“ gewählt, so ist die Art der Systemdarstellung weitgehend irrelevant für die Überflüssige Wegstrecke, die ein Proband bei der Menübedienung zurücklegt. Wird hingegen ein „Aufgelöstes Bedienelement“ verwendet, so ist dies (entgegen der Erwartung) tendenziell günstiger bei einem System mit Menüdarstellung.



	Ebenendarstellung		Menüdarstellung	
	Mittelwert	Std.	Mittelwert	Std.
Ebene	1032 ms	370 ms	1035 ms	309 ms
Menü	1402 ms	504 ms	1116 ms	399 ms
	df	MS	F	p
Block	1	2753223	55.981	.000
Bedienung x Darstellung	1	249877	1.555	.227
Mission x Bedienung x Darstellung	1	15668	.319	.579

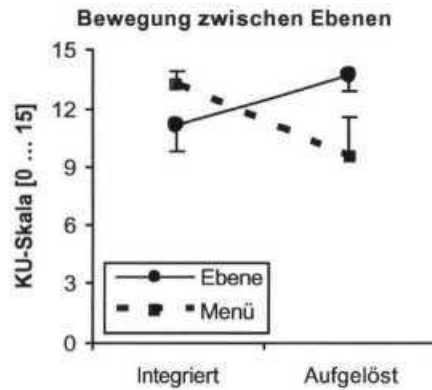
	Ebenendarstellung		Menüdarstellung	
	Mittelwert	Std.	Mittelwert	Std.
Ebene	1.29	0.13	1.37	0.26
Menü	1.28	0.12	1.19	0.08
	df	MS	F	p
Block	1	.000	.014	.907
Bedienung x Darstellung	1	.069	2.126	.160
Mission x Bedienung x Darstellung	1	.000	.055	.818

Abbildung 7-15: Mittlere Schrittdauer (links) und Überflüssige Wegstrecke (rechts) für die untersuchten Darstellungsarten und Bedienvarianten über beide Fahrten. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichungen sowie die Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit den zweifach abgestuften Faktoren „Block“ (Fahrt 1 vs. Fahrt 2), „Bedienung“ (Integriert vs. Aufgelöst) und „Darstellung“ (Menü vs. Ebene).

Dabei ist in einer „Dual Task“-Situation die Bediengeschwindigkeit für den erfolgreichen Umgang mit einem Menüsystem von besonderer Bedeutung (Multiple Regression für den Parameter „Mittlere Navigationszeit“; Prädiktor „Mittlere Schrittdauer“, beta = .856, t =

16.68, $p < .000$; Prädiktor „Überflüssige Wegstrecke“, $\beta = .337$, $t = 41.98$, $p < .000$). Die zeitliche Segmentierung der Bedienhandlung in einer „Dual Task“-Situation ist somit von größerer Bedeutung als die möglichst präzise und fehlerfreie Bedienung. Daher ist für „Dual Task“-Situationen ein „Aufgelöstes Bedienelement“ mit Ebenendarstellung zu empfehlen.

Eine Systemvariante mit „Aufgelöstem Bedienelement“ und Ebenendarstellung schneidet auch in einer direkten Bewertung des Systems durch die Probanden günstig ab (siehe Abbildung 7-16). Bei einer Bewertung der Bewegung zwischen den Menüebenen, ein Aspekt hinsichtlich den sich die beiden untersuchten Bedienvarianten unterscheiden, schneidet diese Kombination von Bedienvariante und Systemdarstellung besonders günstig ab. Ähnlich günstig wird die Kombination eines „Integrierten Bedienelements“ mit einer Menüdarstellung bewertet. Aufgrund deren ungünstigen Effekte auf die Menübedienung und die Leistung in der Trackingaufgabe, wie im folgenden Kap. 7.3.2.5 dargestellt wird, ist diese Kombination im Fahrzeug jedoch abzulehnen.



	Integrierte Bedienung		Aufgelöste Bedienung	
Darstellung	m	s	m	s
Ebene	11.17	1.33	13.67	0.82
Menü	13.17	0.76	9.5	4.32
	df	MS	F	p
Bedienung	1	60.17	8.24	0.009
Darstellung	1	4.17	0.57	0.459
Bedienung x Darstellung	1	1.50	0.21	0.655

Abbildung 7-16: Beurteilung der mittleren Güte der Bewegung zwischen den Menüebenen für das „Integrierte Bedienelement“ bzw. das „Aufgelöste Bedienelement“ in Abhängigkeit der Systemdarstellung. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie die Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit den zweifach abgestuften Faktoren „Bedienung“ (Integriert vs. Aufgelöst) und „Darstellung“ (Menü vs. Ebene).

7.3.2.5 Kompetenzerwerb für Menüsysteme, Trackingleistung und Blickverhalten

Die Leistung in der Trackingaufgabe wird, wie erwartet, durch die Bedienung des Menüsystems beeinträchtigt. Abbildung 7-17 links veranschaulicht grafisch, dass es durch die Bedienung des Menüsystems zu signifikanten Beeinträchtigungen in der Güte der Spurhaltung, erfasst über den Parameter „Mittlere Abweichung vom Trackingkreuz“, kommt. Den Probanden gelingt es in einer „Dual Task“-Situation nicht mehr so gut, den Bewegungen des Kreuzes in der Trackingaufgabe zu folgen wie unter „Single Task“-Bedingungen. Demgegenüber ergibt sich nur ein tendenzieller Einfluss der Menübedienung auf die „Mittlere Anzahl der Spurver-

letzungen“, ein Parameter zur sicherheitskritischen Abschätzung des aus der Nebenaufgabe resultierenden Effekts (siehe Abbildung 7-17 rechts). Es kommt somit zwar zu einer Verschlechterung der Spurhaltung in der Trackingaufgabe, nicht jedoch zu einer deutlichen Zunahme der Häufigkeit sicherheitskritischer Situationen.

Die Leistung in der Trackingaufgabe ist dabei weitgehend unabhängig vom Kompetenzerwerb für das Menüsystem. Weder in der Güte der Spurhaltung noch in der Häufigkeit sicherheitskritischer Situationen in der Trackingaufgabe sind Übungseffekte o.ä. festzustellen. Dies bedeutet, dass die berichteten Übungseffekte (siehe Kap. 7.3.2.1) vor allem auf Seiten der Menübedienung auftreten, die Trackingaufgabe wird unabhängig vom Faktor „Zeit“ gleichermaßen gut bearbeitet.

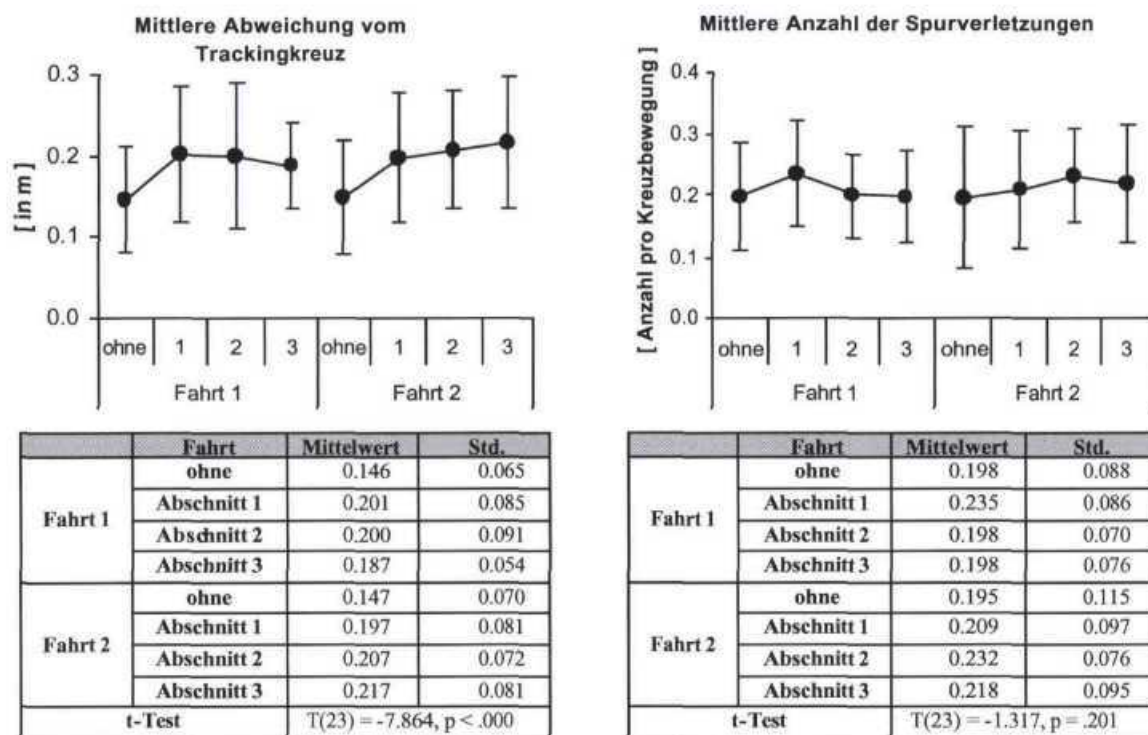


Abbildung 7-17: Mittlere Abweichungen von der Kreuzposition (links) bzw. Mittlere Anzahl der Spurverletzungen (rechts) in Abhängigkeit der Bearbeitung des Menüsystems. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie die Ergebnisse der t-Tests für abhängige Stichproben (Fahrt ohne Menüsystem vs. Fahrt mit Menüsystem).

Ebenso sind die untersuchten Varianten des Bedienelements für o.g. Parameter zur Charakterisierung der Trackingleistung von untergeordneter Bedeutung. Zusätzlich wurde angenommen, dass die Ausgestaltung des Bedienelements verstärkt einen Einfluss auf das Lenkverhalten (erfasst über die Standardabweichung des Lenkwinkels) haben könnte. Aber auch für diesen Parameter ergibt sich, wie aus Abbildung 7-18 ersichtlich, kein Einfluss des Bedienelements. Egal ob ein „Integriertes Bedienelement“ oder ein „Aufgelöstes Bedienelement“ von den Probanden zur Menübedienung benutzt wird, die Leistung in der Trackingaufgabe bleibt stets gleichermaßen von der Menübedienung beeinflusst.

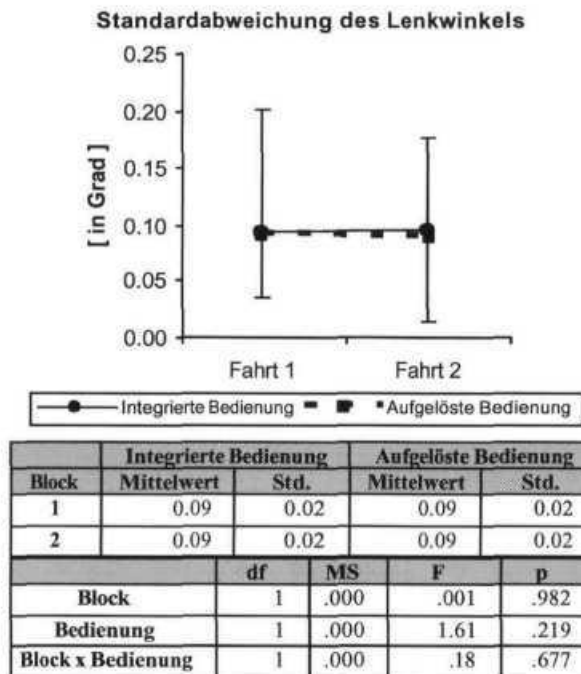


Abbildung 7-18: Standardabweichung des Lenkwinkels in Abhängigkeit von Bedienvariante und Fahrt-Nr. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie die Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalyse mit den zweifach abgestuften Faktoren „Block“ (Fahr 1 vs. Fahrt 2) und „Bedienung“ (Integriert vs. Aufgelöst).

Demgegenüber ergibt sich ein Einfluss der Systemdarstellung auf die Leistung in der Trackingaufgabe. So zeigt die Betrachtung der Mittleren Abweichung vom Kreuz der Trackingaufgabe eine tendenziell bessere Leistung für das Menüsystem mit Ebenendarstellung (siehe Abbildung 7-19 links). Die Probanden des Menüsystems mit Ebenendarstellung können der Kreuzbewegung in der Trackingaufgabe besser folgen als die Probanden des Systems mit Menüdarstellung. Die Systemvariante mit Ebenendarstellung führt aufgrund der geringeren dargebotenen Informationsmenge unabhängig vom Kompetenzerwerb zu geringeren Abweichungen vom Kreuz.

Dieser positive Effekt der Ebenendarstellung auf die Trackingleistung spiegelt sich auch in den Spurberührungen wider. In Abbildung 7-19 rechts zeigt sich für die Menüdarstellung eine tendenziell höhere Anzahl der Berührungen der Randmarkierung der Fahrbahn als für die Ebenendarstellung. Der Einfluss der Systemdarstellung macht sich vor allem zu Beginn des Kompetenzerwerbs bemerkbar, wird aber im weiteren Verlauf der „Dual Task“-Situation kompensiert.

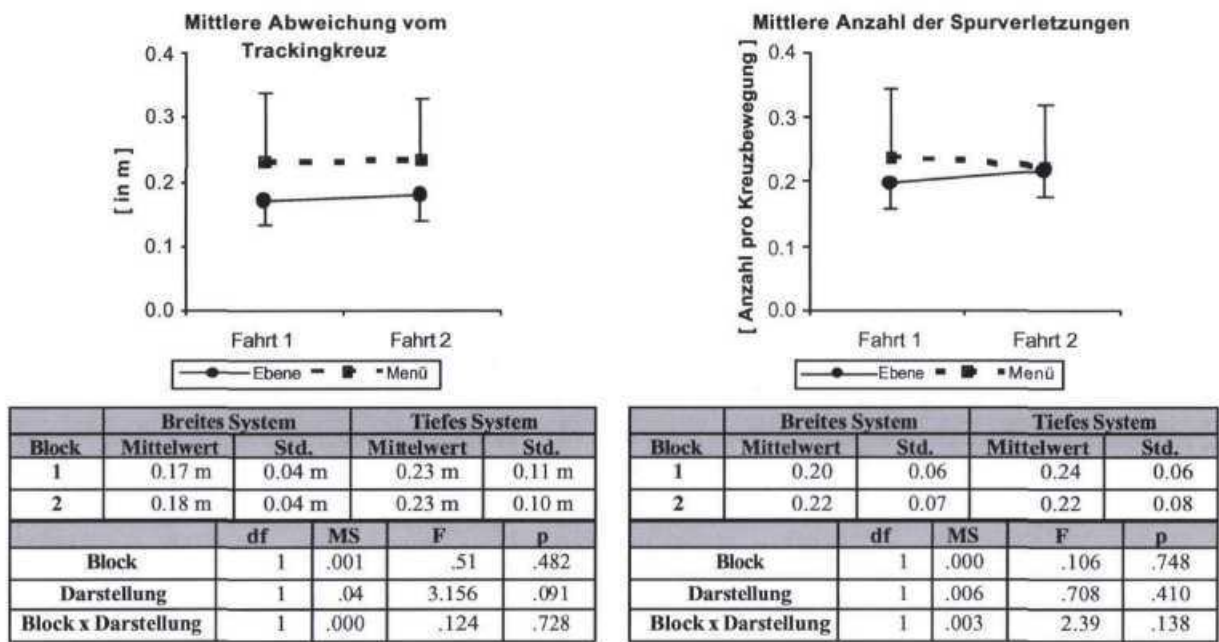


Abbildung 7-19: Mittlere Abweichungen von der Kreuzposition (links) bzw. Mittlere Anzahl der Spurverletzungen (rechts) in Abhängigkeit von Darstellungsart und Fahrt-Nr. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie die Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalyse mit den zweifach abgestuften Faktoren „Block“ (Fahrt 1 vs. Fahrt 2) und „Darstellung“ (Ebene vs. Menü).

Diese günstige Bewertung des Systems mit Ebenendarstellung hinsichtlich seiner Auswirkungen auf die Leistung in der Trackingaufgabe wird unterstützt durch die Ergebnisse zum Blickverhalten der Probanden (siehe Abbildung 7-20). So blicken die Probanden, sofern sie das System mit Ebenendarstellung bedienen, seltener zum Menüdisplay, um die gestellten Aufgaben zu bearbeiten. Während die Probanden des Systems mit Menüdarstellung durchschnittlich 5.01 mal pro Aufgabe auf das Menüdisplay in der Mittelkonsole schauen, ist dies bei den Probanden des Systems mit Ebenendarstellung durchschnittlich 3.8 mal pro Aufgabe der Fall. Demgegenüber sind die Mittlere Blickdauern als unabhängig von der Darstellungsart des Menüsystems zu betrachten. Weder im Verlauf noch zwischen den unterschiedlichen Varianten der Darstellung sind signifikante Effekte festzustellen. Sofern die Probanden zum Menüdisplay blicken, sind die Mittlere Blickdauern unabhängig von der gewählten Darstellungsvariante ähnlich lang. Die in der Ebenendarstellung geringere Menge an auf dem Display dargebotenen Informationen führt demnach zu einer geringeren visuellen Beanspruchung des Fahrers.

Zusätzlich zu beachten ist der Einfluss des Kompetenzerwerbs für Menüsysteme auf das Blickverhalten. So kommt es mit zunehmender Übung im Umgang mit dem Menüsystem zu einer signifikanten Abnahme der Mittlere Blickhäufigkeit bei einer konstanten Mittlere Blickdauer. Mit zunehmendem Systemkontakt vermindert sich somit die visuelle Beanspruchung durch das Menüsystem. Weniger Blicke reichen aus, um die relevante Information zu erfassen. Der Unterschied zwischen Ebenen- und Menüdarstellung hinsichtlich der Mittlere Anzahl von Blicken ist dabei in Fahrt 1, d.h. zu Beginn der „Dual Task“-Situation, tendenziell stärker ausgeprägt als in Fahrt 2. Somit kann der Nutzer besonders bei geringer Systemerfahrung von einer optimalen Systemdarstellung profitieren.

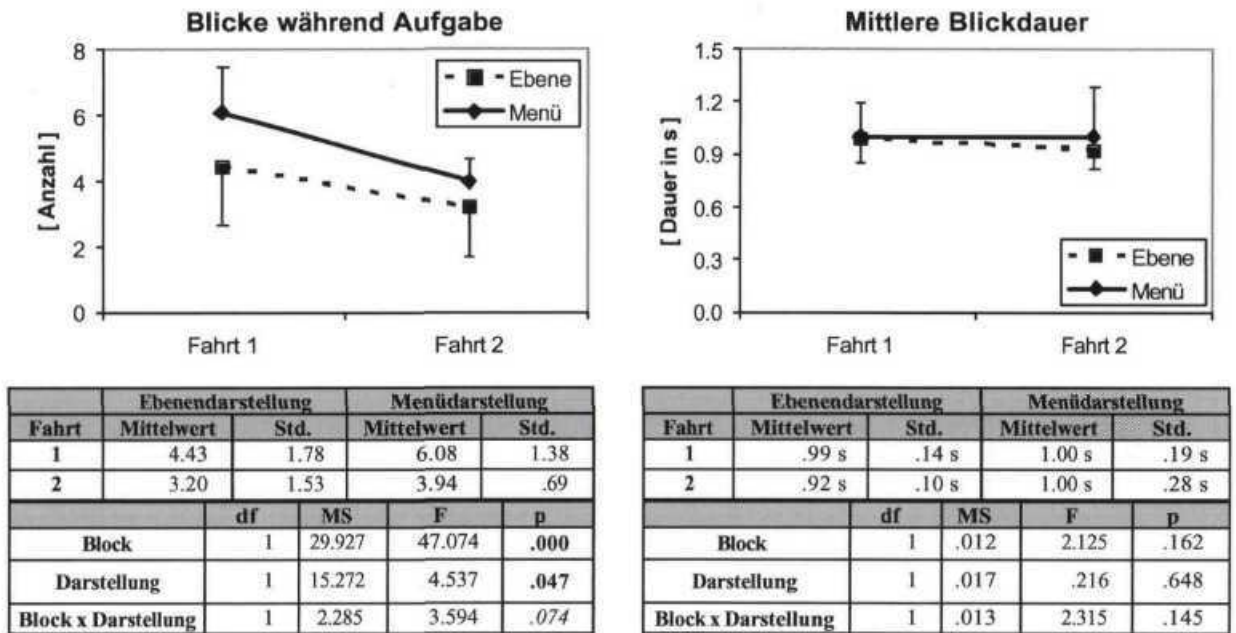


Abbildung 7-20: Mittlere Blickanzahl (links) und Mittlere Blickdauer (rechts) beim Umgang mit dem System in Abhängigkeit von Systemdarstellung und Fahrt-Nr. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie die Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit dem zweifach abgestuften Faktor „Block“ (Fahrt 1 vs. Fahrt 2) und dem zweifach abgestuften Faktor „Darstellung“ („Ebene“ vs. „Menü“).

7.3.3 Zusammenfassung

Für die Ausgestaltung des Bedienelements wurde gezeigt, dass diese in „Dual Task“-Situationen (d.h. Bedienung des Menüsystems bei gleichzeitiger Bearbeitung einer Trackingaufgabe) weder für die Bediengeschwindigkeit oder die Bediengüte einerseits, noch für die Leistung in der Trackingaufgabe oder für das Blickverhalten andererseits von Bedeutung ist.

Die Art der Systemdarstellung ist demgegenüber in „Dual Task“-Situationen deutlich wichtiger. So führt die sog. Ebenendarstellung, in der ausschließlich die Menüebene dargeboten wird, auf der ein Systemnutzer sich gerade befindet, zu einer positiveren Bewertung. Unabhängig vom Kompetenzerwerb ist einhergehend mit dieser Darstellungsform eine höhere Bediengeschwindigkeit bei einer gleichzeitig verringerten Bediengüte als bei einer sog. Menüdarstellung, in der zusätzlich die übergeordneten Menüebenen dargeboten werden, festzustellen. Es wurde belegt, dass unter „Dual Task“-Bedingungen die Geschwindigkeit im Umgang mit einem Menüsystem von zentraler Bedeutung ist, daher ist die Ebenendarstellung hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Bedienleistung zu favorisieren. Zugleich ist die Leistung in der Trackingaufgabe gesteigert und es werden weniger Displayblicke zur Menübedienung benötigt. Somit ist insgesamt eine Ebenendarstellung für Informationssysteme im Fahrzeug zu unterstützen, sofern diese während der Fahrt bedienbar sein sollen.

Wie die vorliegende Studie zeigt, sind unter „Single Task“-Bedingungen (d.h. Bedienung des Menüsystems an einem Bildschirmarbeitsplatz) gewonnene Ergebnisse zum Kompetenzerwerb für Menüsysteme nicht ohne weiteres auf „Dual Task“-Situationen“ (d.h. Bedienung des Menüsystems bei gleichzeitiger Bearbeitung einer Trackingaufgabe) übertragbar. Es konnte gezeigt werden, dass sich die Befundmuster weitgehend umdrehen.

7.4 Auswirkung von Alter und Vorwissen

7.4.1 Einleitung

Nachdem in den vorangegangenen Studien ausschließlich studentische Stichproben untersucht wurden, wird in der folgenden Untersuchung auf den Kompetenzerwerb für Menüsysteme eingegangen, wie dies für die Zielgruppe für Fahrerinformationssysteme typisch ist. Hierzu wurden Systemnutzer im höheren Alter untersucht (> 55 Jahre). Zur Variation des Vorwissens dieser Zielgruppe lernte eine Hälfte der Probanden den Umgang mit einem aus Alltagsbegriffen bestehenden Menüsystem in einer „Single Task“-Situation (d.h. an einem Bildschirmarbeitsplatz), um in einer weiteren Sitzung während einer Autofahrt (d.h. in einer „Dual Task“-Situation) ein fahrzeugnahes Menüsystem zu bedienen. Die andere Hälfte der Probanden nahm ausschließlich an der Sitzung unter „Dual Task“-Bedingung ohne vorherige Übung des Umgangs mit dem Alltags-Menü teil. Um schließlich die bisherigen Befunde hinsichtlich ihrer Gültigkeit für diese Zielgruppe vergleichend bewerten zu können, wurde zusätzlich eine Stichprobe mit jungen Systemnutzern (< 30 Jahre) untersucht.

Wie bereits in Kap. 2.6 erwähnt, kommt es mit zunehmendem Alter in der Regel zu einer nachlassenden Geschwindigkeit in der Informationsverarbeitung. Dies wird als sog. General Slowing Hypothesis bezeichnet (Stumpf, 2000). Bereits 1958 wurde beispielsweise von Kirchner belegt, dass ältere Probanden schlechtere Erinnerungsleistungen in Aufgaben zeigen, die auf das Kurzzeitgedächtnis zurückgreifen. Dementsprechend kann im höheren Alter eine Verlangsamung des Lern- und Gedächtnisprozesses festgestellt werden.

Doch bis ins hohe Alter (achtes Lebensjahrzehnt) können kognitive Kompetenzen durch entsprechende Interventionsprogramme positiv beeinflusst werden, so dass Lern- und Gedächtnisleistungen weiterhin adäquat erbracht werden können. So wird zwar vielfach berichtet, dass stärkere Alterseffekte mit zunehmender Aufgabenkomplexität auftreten (z.B. McDowd & Craik, 1988) und ältere Personen zumeist größere Probleme im Umgang mit Doppelaufgabensituationen haben, woraus größere Leistungsdefizite resultieren (z.B. Crossley & Hiscock, 1992; Salthouse, Rogan & Prill, 1984; Tsang & Shaner, 1998). Mit hinreichender Übung können diese Defizite jedoch weitgehend kompensiert werden (z.B. Panek, Berrett, Sterns & Alexander, 1977; Tsang & Shaner, 1998). Lern- und Gedächtnisleistungen sind somit bis ins hohe Alter weniger alters- als vielmehr trainingsabhängig (Hasselhorn, 1995).

Zudem belegen neuere Studien, dass die berichteten Alterseffekte in Doppelaufgabensituationen verschwinden, wenn die Leistungen entweder in den Einzelaufgaben und/oder in der Verarbeitungsgeschwindigkeit kontrolliert werden (z.B. Belleville, Rouleau & Caza, 1998; Nyberg, Nilsson & Olofsson, 1997). Es wurde ferner gezeigt, dass Alterseffekte verstärkt bei kontrollierten Prozessen (d.h. Aufgaben, deren Ausführung z.B. über eine zentrale Exekutive gesteuert wird; Baddeley, 1986) auftreten. Automatisierte Prozesse sind demgegenüber vom Lebensalter in geringerem Maße betroffen (z.B. Jennings & Jacoby, 1997). De Ribaupierre & Ludwig (2003) untersuchten neun verschiedene Aufgaben unter „Single Task“- und „Dual Task“-Bedingungen und konnten zeigen, dass nur für 4 dieser 9 Aufgaben Alterseffekte für Doppelaufgabenbedingungen auftreten. Darüber hinaus ergab sich weder eine Abhängigkeit des Alterseffekts von der Aufgabenkomplexität noch von der strukturellen Ähnlichkeit, aus denen spezifische Anforderungen an die bearbeitende Person resultieren (z.B. Wickens, 1980,

1984). In der psychologischen Grundlagenforschung wird dementsprechend das **Lebensalter nicht als ursächlicher Faktor für Lern- und Gedächtnisleistungen** herangezogen.

Nichtsdestotrotz liegen **alterskorrelierte (d.h. mit dem Lebensalter einhergehende) Befunde** vor. Für den Umgang mit Menüsystemen unter „Single Task“-Bedingungen zeigten beispielsweise Mead, Spaulding, Sit, Meyer & Walker (1997), dass bei kurzen Navigationswegen im Hypertext keine alterskorrelierten Unterschiede auftreten. Bei längeren Navigationswegen haben ältere Nutzer demgegenüber größere Probleme beim Auffinden einer gewünschten Funktion. Jüngere Nutzer können sich zudem mit hoher Effizienz im Hypertext bewegen (d.h. sie gehen wenig überflüssigen Weg), wohingegen ältere Nutzer vermehrt zur obersten Ebene des Hypertexts zurückgehen und von dort aus eine neue Funktionssuche starten. Die Autoren berichten deutliche Trainingseffekte für die älteren Nutzer. Als problematisch bei dieser und ähnlichen Studien zu den Auswirkungen des Alters auf den Umgang mit menügesteuerten Systemen ergibt sich die Konfundierung von Lebensalter und Erfahrung im Umgang mit Menüsystemen.

Auch im Bereich des Autofahrens wird die Bedeutung des Alters diskutiert (für eine Übersicht siehe z.B. Tränkle, 1994; Kaiser & Oswald, 2000). Wie eine Literaturübersicht von Körner (2002) veranschaulicht, werden vor allem physiologische und psychische Faktoren der alternden Person sowie mögliche alterskorrelierte Erkrankungen betrachtet. Tabelle 7-1 veranschaulicht beispielhaft psychische Veränderungen, die vermehrt im Alter auftreten.

Tabelle 7-1: Veränderungen psychischer Faktoren im Alter (nach: Körner, 2002).

Reaktionszeit und Informationsverarbeitung		Persönlichkeit	
• Gedächtnisspanne	↓	• Selbsteinschätzung: Anteil „überdurchschnittlicher Fahrer“	↑
• Verarbeitungsgeschwindigkeit	↓	• Kritikfähigkeit, Einsicht	↓
• Fluide Intelligenz	↓	• Dominanzstreben	↓
• Problemlösen	↓	• Risikobereitschaft	↓
• Reaktionsschnelligkeit bei Mehrfachwahlaufgaben	↓	• Emotionalität und Aggressivität gegenüber Verkehrsteilnehmern	↓
• Geteilte Aufmerksamkeit	↓	• Bevorzugung von Genauigkeit gegenüber Schnelligkeit	↑
• Vigilanz	(↓)	• Bild vom „guten Autofahrer“: defensive, weniger dynamische Fahrweise	
• Zeit- und Geschwindigkeits-schätzvermögen (Zeitlücke)	↓		
• Orientierungsfehler	↑		

Hieraus resultiert für ältere Personen ein Fahrverhalten, das sich im Vergleich zu jüngeren Fahrern durch drei Faktoren unterscheidet (Schlag, 1990):

- (1) Geschwindigkeitsverhalten (geringere mittlere Geschwindigkeit, geringere Beschleunigungen, Akzeptanz größerer Zeitlücken)
- (2) Reaktionsverhalten (schlechtere bzw. fehlende Reaktionen)
- (3) Verhalten in Kurven (ähnliche mittlere Geschwindigkeit, aber größere Abstände zu vorausfahrenden Fahrzeugen)

Besonders der Aspekt der alterskorrelierten Leistungseinbußen in Aufgaben, die die Fähigkeit und Fertigkeit zur geteilten Aufmerksamkeit einer Person benötigen, ist im Zusammenhang

mit Informationssystemen im Fahrzeug zu diskutieren (für eine Übersicht siehe z.B. Gelau, Metker & Tränkle, 1994). Dingus, Hulse, Mollenhauer, Fleischman, McGehee & Manakkal (1997) geben beispielsweise an, dass ältere Fahrer (> 65 Jahre) in einer Realverkehrstudie größere Probleme im Umgang mit Informationssystemen während der Fahrt sowohl auf Seiten der Fahrzeugführung als auch in der Systembedienung haben. Die Fahrer kompensierten ihre höhere Beanspruchung durch eine Verringerung der mittleren Geschwindigkeit und eine vorsichtiger Fahrweise. Mourant, Tsai, Al-Shihabi & Jaeger (2000) schildern eine Simulationsstudie, in der parallel zu einer Fahraufgabe eine Nebenaufgabe zu bearbeiten war. Neben einem generellen Alterseffekt, d.h. die älteren Fahrer (58 bis 76 Jahre) hatten im Vergleich zu den jüngeren Fahrern (23 bis 46 Jahre) stets schlechtere Leistungen, sind diese Einbußen abhängig von der Aufgabenschwierigkeit: Sowohl in der Fahrzeugführung als auch in der Leistung in der Nebenaufgabe schneiden ältere Probanden umso schlechter ab, je schwieriger die Nebenaufgabe ist (z.B. operationalisiert über die Darbietungszeit der Stimuli).

In einer Zusammenfassung eigener Studien zur Überprüfung des Zusammenhangs von Alter und geteilter Aufmerksamkeit beim Autofahren zeigt Green (2001), dass das Lebensalter der Fahrer von erheblicher Bedeutung für die Fahrsicherheit ist. In diesen Studien zum Einfluss des Alters (> 65 Jahre) wurde gezeigt:

- (1) Kartenlesen beim Befahren eines Simulatorparcours dauert bei älteren Fahrern 33 bis 100 % länger als bei jüngeren Fahrern. Dieser Alterseffekt wird größer mit zunehmender Aufgabenkomplexität. Ältere Fahrer machen außerdem mehr Fehler.
- (2) Kartenlesen im Realverkehr dauert bei älteren Fahrern 40 bis 70 % länger bei einer Verstärkung des Alterseffekts mit zunehmender Aufgabenkomplexität.
- (3) Für die Dateneingabe im stehenden Fahrzeug benötigen ältere Fahrer 80% länger als jüngere Probanden. Besondere Probleme bei der Dateneingabe treten bei der Betätigung der „Enter“- und „Shift“-Tasten auf.

Im Bereich der Auswirkungen des Mobiltelefonierens auf die Fahrzeugführung legen Nilsson & Alm (1991; Fahrsimulation mit Bewegungssystem) dar, dass es alterskorreliert zu Einbußen in der Spurhaltung kommt. Die mittlere Geschwindigkeit sowie das Reaktionsverhalten werden vom Mobiltelefon hingegen nicht in Abhängigkeit des Alters beeinflusst. Ähnlich berichten Hancock, Lesch & Simmons (2003) von alterskorrelierten Ablenkungseffekten beim Telefonieren. So ist bei älteren Fahrern die Reaktionszeit beim Bremsen und, um diese verlangsamte Reaktion zu kompensieren, die mittlere Verzögerung erhöht.

Es ist demzufolge mit alterskorrelierten Einbußen in Doppelaufgabensituationen zu rechnen, wie sie im Rahmen dieses Projekts untersucht werden. Es bleibt zu betonen, dass diese **Alterseffekte nicht durch das Lebensalter per se (d.h. durch das kalendarische Alter) verursacht sind, sondern vielmehr auf alterskorrelierte Prozesse (z.B. mangelnde Erfahrung im Umgang mit Computern oder Mobiltelefonen) zurückzuführen** sind. In Anlehnung an Befunde der grundlagenorientierten Psychologie ist zu erwarten, dass diese alterskorrelierten Einbußen durch ein Training der Personen zumindest verringert, wenn nicht sogar eliminiert werden können.

7.4.2 Methodisches Vorgehen

7.4.2.1 Beschreibung der Menüsysteme

In der vorliegenden Studie wurden zwei Menüsysteme eingesetzt: Ein aus Alltagsbegriffen bestehendes System sowie ein fahrkontextnahes System. Das sog. Alltags-System wurde unter „Single Task“-Bedingungen (d.h. an einem Bildschirmarbeitsplatz) bedient, das sog. Fahrerinformationssystem (FIS) zusätzlich unter „Dual Task“-Bedingungen (d.h. während der Fahrzeugführung).

Das sog. Alltags-System bestand aus begrifflichen Unterbegriffs-Oberbegriffs-Relationen, die durch die Allgemeinbildung der Probanden weitgehend selbsterklärend sind. Das Menüsystem umfasste auf der ersten Menüebene fünf Optionen (Haus, Tiere, Pflanzen, Deutschland, Kontinente), die wiederum auf zweiter Ebene in vier Optionen mündeten. Auf dritter Ebene befanden sich jeweils vier bis fünf Optionen bzw. auf vierter Ebene drei Optionen. Als Beispiel einer begrifflichen Hierarchie ist zu nennen: Deutschland – Bundesländer – Neue Bundesländer – Sachsen. Mittels eines Vorversuchs (N = 6 Probanden) wurde die begriffliche Eindeutigkeit des Menüsystems überprüft.

Das sog. Fahrerinformationssystem (FIS) war weitgehend identisch zu dem in der Studie „Menüstruktur“ verwendeten tiefen System (siehe Kap. 6.6). Dieses Menüsystem bestand aus vier Ebenen. Die erste Menüebene beinhaltete vier Menüoptionen, die zweite und dritte Ebene jeweils zwei Optionen und die vierte Ebene wiederum vier Optionen. Hieraus ergibt sich eine 4*2*2*4-Struktur des Menüsystems (Für eine ausführliche Beschreibung des Menüsystems siehe Kap. 6.6.2). Menüinhalte, die sich in diesem Versuch hinsichtlich ihrer begrifflichen Eindeutigkeit als problematisch erwiesen haben, wurden durch andere Inhalte ersetzt (z.B. „Telefon – Text-Mitteilungen – Verfassen – Automatische Worterkennung“ wurde ersetzt durch „Telefon – Text-Mitteilungen – Verfassen – Antwortmitteilung verfassen“).

Sowohl die Navigation innerhalb der Menüsysteme als auch die Auswahl einer Menüfunktion auf der vierten Menüebene erfolgte über einen Joystick. Nach dem erfolgreichen Ansteuern einer Menüfunktion wurde eine neue Aufgabe gegeben. Steuerte der Proband einen falschen Menüpunkt an, wurde ein sog. Falsch-Bildschirm eingeblendet, auf dem die anzusteuern Funktion noch einmal genannt wurde. Im Anschluss musste die richtige Menüfunktion ausgewählt werden.

7.4.2.2 Beschreibung der Fahraufgabe

Das FIS sollte parallel zu einer Fahraufgabe bearbeitet werden. Hierzu fuhren die Probanden einen Simulatorparcours im Fahrsimulator mit Bewegungssystem des Würzburger Instituts für Verkehrswissenschaften (WIVW). Dieser Fahrparcours bestand aus leicht zu befahrenden Landstraßen-Abschnitten, in denen verschiedene Verkehrssituationen realisiert wurden. Hierzu zählen beispielsweise Streckenabschnitte mit freier Fahrt, Abschnitte mit Folgefahrt mit bzw. ohne Überholverbot, Baustellenabschnitte sowie Durchfahren bzw. Abbiegen in T-Kreuzungen. Als Richtgeschwindigkeit für die Landstraßen-Abschnitte wurden 100 km/h vorgegeben. Zusätzlich traten sicherheitskritische Situationen auf, wie z.B. das Durchfahren einer engen Kurve, in der zum korrekten Durchfahren die Geschwindigkeit deutlich reduziert werden musste. In Abbildung 7-21 werden beispielhaft drei der realisierten Verkehrssituatio-

nen dargestellt. Schließlich wurden Ortsdurchfahrten mit einer mittleren Fahrgeschwindigkeit von 50 km/h eingeführt. Die genannten Streckenabschnitte wurden in verschiedenen Kombinationen miteinander verknüpft, so dass keine feste Abschnittsreihenfolge auftrat. Der Fahrparcours dauerte ca. 25 min.



Abbildung 7-21: Beispielhafte Verkehrssituationen des Landstraßen-Parcours des Fahrsimulators des Würzburger Instituts für Verkehrswissenschaften (WIVW). Links: Überholen, Mitte: Baustelle mit Spurverengung, Rechts: Scharfe Linkskurve.

Aufgabe der Probanden war es, die Fahraufgabe möglichst gut zu erledigen und das Menüsystem nur dann zu bedienen, wenn entsprechende kognitive Kapazitäten frei wären. Das Menüsystem wurde auf einem Display dargeboten, das in der oberen Mittelkonsole montiert war. Der Joystick befand sich in der Mittelkonsole auf Höhe der Gangschaltung, die im Simulatorfahrzeug ausgebaut war.

Dieser Versuch wurde im Fahrsimulator mit Bewegungssystem des Würzburger Instituts für Verkehrswissenschaften (WIVW) durchgeführt (siehe Abbildung 7-22). Dieser Simulator wird durch PC-Workstations betrieben, was eine Neuerung gegenüber bisher eingesetzten Bewegungssimulatoren darstellt. Hierzu wurde eine Verwaltungsinstanz entwickelt, die in der Lage ist, die unterschiedlichen Softwarekomponenten auf viele verschiedene Computer zu verteilen und diese in Echtzeit zu koordinieren. Zudem wurde ein Modulkonzept entwickelt, in dem Fahraufgaben in beliebigen Situationen mit geringem Aufwand als abgeschlossene Module programmiert sind, die beliebig kombiniert werden können. Vor einer Untersuchung wird der Ablauf der Fahrt als Modul-Sequenz definiert, die auch bedingte Verknüpfungen erlaubt. Dies bedeutet, dass der tatsächliche Ablauf während der Fahrt an unterschiedliche Bedingungen (z.B. die Leistung des Fahrers (Fahrfehler) oder seinen physiologischen Zustand (Puls)) angepasst werden kann.

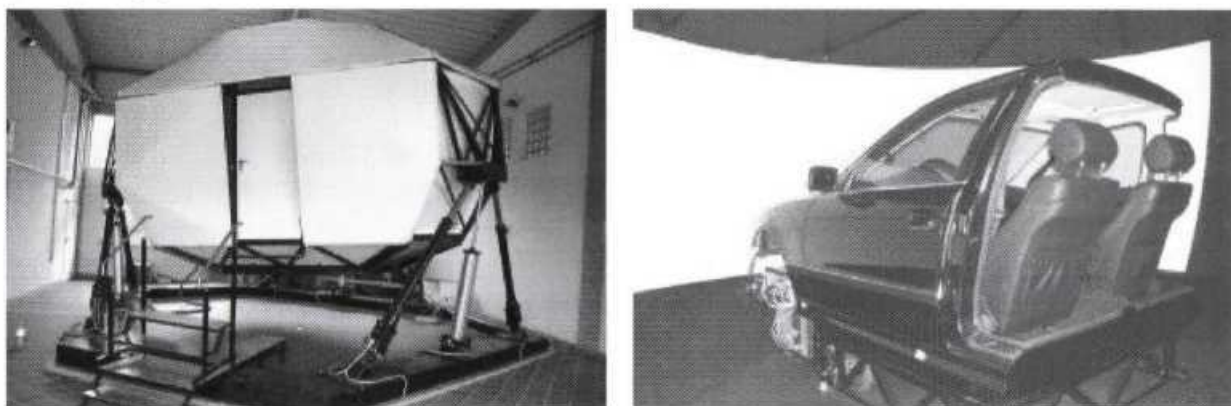


Abbildung 7-22: Fahrsimulation mit Bewegungssystem des Würzburger Instituts für Verkehrswissenschaften (WIVW). Links: Außenansicht, Rechts: Innenansicht.

Das Bewegungssystem des Fahrsimulators hat sechs Freiheitsgrade und kann lineare Beschleunigungen bis 5 m/s^2 darstellen bzw. rotatorische Beschleunigungen bis 100 Grad/s^2 . Es besteht aus sechs elektropneumatischen Aktuatoren (Hub: +/- 60 cm; Neigung: +/- 10 Grad). Die Fahrzeugkonsole ist voll instrumentiert und entspricht der des seriengefertigten Fahrzeugs mit Automatikgetriebe. Für die realistische Darstellung des Lenkmoments sorgt ein auf der Basis eines Lenkmodells gesteuerter Servomotor. Die Projektion erfolgt über drei Röhrenprojektoren (CRT – Cathode Ray Tube), die in der Kuppel angebracht sind. Über die drei Kanäle wird ein Bildausschnitt von 180° dargeboten. Als Außen- und Innenspiegel fungieren LCD-Displays. Insgesamt besteht das System aus neun Rechnern, die unter dem Microsoft Betriebssystem Windows 98 bzw. Windows NT laufen. Der Datenaustausch zwischen den Rechnern erfolgt über ein 100 Mbit Ethernet. Das System wird gesteuert von einem Bedienplatz, von dem aus der Fahrer über eine Videoanlage beobachtet werden kann. Der Fahrer steht über eine Gegensprechanlage mit dem Versuchsleiter in Kontakt. Die Datenaufzeichnung kann durch den Versuchsleiter überwacht werden.

7.4.2.3 Versuchsdurchführung

Der Versuch fand an zwei Terminen statt. Während einer ersten Sitzung bedienten die Probanden das sog. Alltags-System während drei Aufgabenblöcken. Jeder Aufgabenblock bestand aus 51 Aufgaben. Der Umgang mit diesem Menüsystem erfolgte an einem Bildschirmarbeitsplatz, d.h. unter „Single Task“-Bedingungen. Aufgabe der Probanden war es, möglichst schnell und präzise die gestellten Aufgaben zu bearbeiten.

Einige Tage später sollte das FIS sowohl unter „Single Task“- als auch unter „Dual Task“-Bedingungen bedient werden. Zunächst wurden die Probanden gebeten, den Fahrparcours ohne Menübedienung zu durchfahren (sog. Kontrollfahrt). Anschließend wurde dieser Fahrparcours erneut durchfahren (sog. Messfahrt 1). Diesmal sollten zusätzlich die gestellten Aufgaben mittels des Menüsystems bearbeitet werden. Die Probanden sollten die Fahraufgabe möglichst präzise erledigen und nur dann das Menüsystem bedienen, wenn kognitive Kapazitäten zur Verfügung ständen. Somit war es möglich, dass jeder Proband eine unterschiedliche Anzahl an Aufgaben im Menüsystem bearbeitet hatte. Um Reihenfolgeeffekte zu kontrollieren, wurde die Reihenfolge der einzelnen Streckenabschnitte des Prüfparcours variiert.

Danach wurden die Probanden gebeten, das Menüsystem im stehenden Fahrzeug (d.h. unter „Single Task“-Bedingung) zu bedienen. Dies wird im Folgenden als „Testphase 1“ bezeichnet. Hierzu wurden 21 Aufgaben vorgegeben, die alle Probanden bearbeiten sollten. Die Probanden sollten möglichst schnell und präzise das Menüsystem bedienen.

Anschließend folgte wiederum eine Simulatorfahrt, während der die Probanden (sofern kognitive Kapazitäten zur Verfügung standen) mit dem Menüsystem umgehen konnten (sog. Messfahrt 2). Hierdurch variierte interindividuell die Anzahl der tatsächlich bearbeiteten Aufgaben. Hauptziel dieser Fahrt sollte erneut ein präzises Erledigen der Fahraufgabe sein. Danach sollte das Menüsystem wieder im stehenden Fahrzeug bedient werden (Testphase 2). Es waren 21 Aufgaben möglichst schnell und präzise zu bearbeiten. Zum Abschluss des Versuchs fand eine Nachbefragung der Probanden statt.

Nach jedem Versuchsabschnitt (sowohl in Sitzung 1 als auch in Sitzung 2) fand eine kurze Befragung der Probanden bezüglich der Anstrengung, Beanspruchung, Aufmerksamkeit, Leistungsgüte etc. statt. Die Urteilsabgabe erfolgte mittels der 15stufigen Kategorienuntertei-

lungsskala (Heller, 1985; siehe Kap. 5.1.2). Sitzung 1 dauerte 45 bis 60 min, Sitzung 2 zwischen 120 und 150 min. Tabelle 7-2 veranschaulicht den Versuchsablauf schematisch.

Tabelle 7-2: Schematischer Ablauf der Sitzungen.

Sitzung 1	Sitzung 2
Block 1	Kontrollfahrt
Block 2	Messfahrt I
Block 3	Testblock
	Messfahrt II
	Testblock

Zur Variation des Vorwissens nahm eine Hälfte der Probanden an beiden Sitzungen (Sitzung 1: „Alltags-System“ und Sitzung 2: „FIS“) teil, die andere Hälfte nur an der zweiten Sitzung („FIS“). Die Probanden dieser Versuchsgruppe bedienten somit ein Menüsystem über einen längeren Zeitraum hinweg erstmals während des Durchfahrens des Fahrparcours (d.h. unter „Dual Task“-Bedingungen). Es wurde angenommen, dass die Erfahrungen im Umgang mit einem Menüsystem in Sitzung 1 sich günstig auswirken auf die Fahrzeugführung und Menübedienung in Sitzung 2. Dabei wurde erwartet, dass sich dieses Vorwissen insbesondere auf die Bedienung des FIS während der Fahrzeugführung günstig auswirkt, wohingegen dies für die Bedienung des Menüsystems im stehenden Fahrzeug von geringerer Bedeutung ist. (Alle Probanden erhielten bei der erstmaligen Teilnahme an dieser Studie eine kurze Einführung in den Aufbau und die Bedienung von Menüsystemen, indem sie 12 Aufgaben in einem Beispielenü an einem Bildschirmarbeitsplatz bearbeiten sollten.)

Die untersuchte Stichprobe bestand aus zwei Altersgruppen: Zum einen Probanden unter 30 Jahren (7 weiblich, 5 männlich; Alter: $m = 24.1$ Jahre, $sd = 2.1$ Jahre), zum anderen Probanden über 55 Jahren (3 weiblich, 9 männlich; Alter: $m = 61.0$ Jahre, $sd = 3.9$ Jahre). Es wurde angenommen, dass ältere Probanden besonders zu Beginn des Umgangs mit einem Menüsystem stärkere Probleme bei der Menübedienung hätten, wobei entsprechende Unterschiede zu jüngeren Probanden mit zunehmender Übung abnehmen würden. Insbesondere bei älteren Probanden sollte sich zusätzlich das Vorwissen im Umgang mit Menüsystemen (hier: operationalisiert über die Bedienung des sog. Alltags-Systems in Sitzung 1) günstig auswirken. So sollte es möglich werden, die Gültigkeit der bisherigen anhand studentischer Stichproben gewonnenen Befunde für die typische Käufergruppe von Informationssystemen zu überprüfen.

An diesem Versuch nahmen $N = 24$ Probanden teil, je 12 jüngere Probanden (< 30 Jahre) bzw. 12 ältere Probanden (> 55 Jahre). Eine Hälfte dieser Probanden nahm an beiden Sitzungen teil, eine Hälfte nur an Sitzung 2. Es liegt demzufolge ein Mischversuchsplan mit den Faktoren „Übung“ (Anzahl der Messwiederholungen; within-Faktor), „Alter“ (jung vs. alt; between-Faktor), „Situation“ (Single Task vs. Dual Task; within-Faktor) und „Vorwissen der Probanden“ (Sitzung 1: ja vs. nein; between-Faktor) vor.

7.4.3 Ergebnisse

7.4.3.1 Kompetenzerwerb für Menüsysteme und Alter

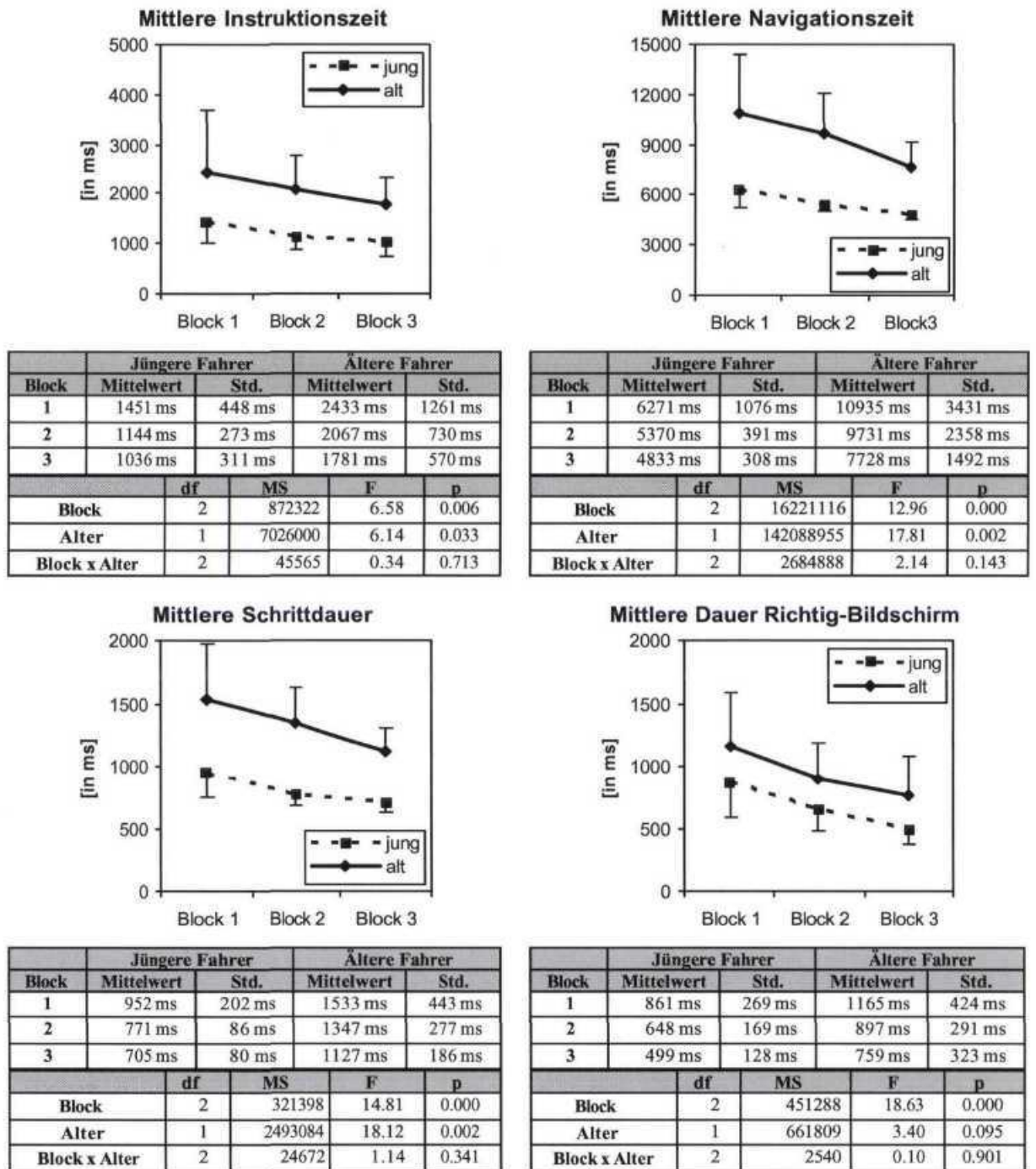
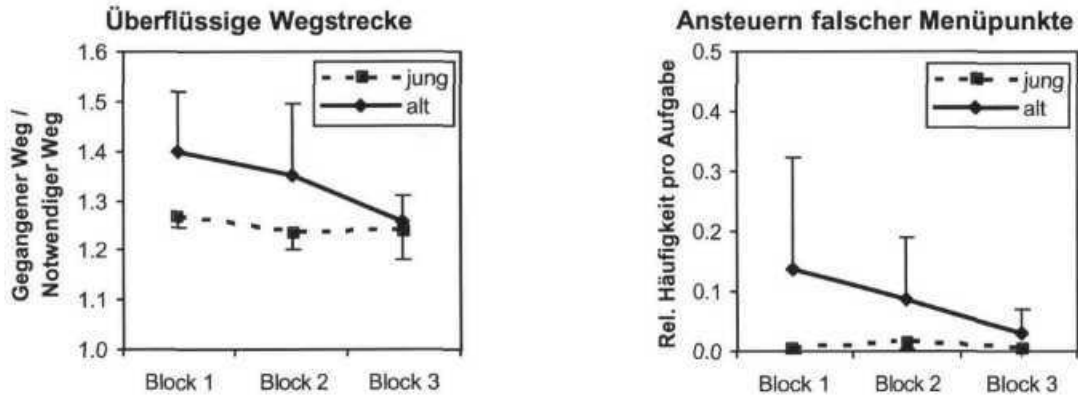


Abbildung 7-23: Mittlere Instruktionszeit (oben links), Mittlere Navigationszeit (oben rechts), Mittlere Schritt-dauer (unten links) und Mittlere Dauer Richtig-Bildschirme (unten rechts) für die drei Aufgabenblöcke im Alltags-System. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichungen für n = 12 Probanden (je n = 6 junge bzw. alte Probanden).

Im Umgang mit dem Alltags-System in Sitzung 1 unter „Single Task“-Bedingungen (d.h. an einem Bildschirmarbeitsplatz) kann gezeigt werden, dass die Bedienleistung der älteren Probanden im Vergleich zu den jüngeren Probanden deutlich geringer ist. Auf Seiten der Bediengeschwindigkeit ergibt sich für ältere Probanden beispielsweise eine höhere Mittlere Instruktionszeit sowie eine höhere Mittlere Navigationszeit, die teilweise aus einer höheren Mittleren Schrittdauer resultiert. Zusätzlich werden die sog. Richtig-Bildschirme nach Auswahl der richtigen Menüfunktion länger auf dem Bildschirm dargestellt. Während jüngere Probanden somit kontinuierlich mit hoher Geschwindigkeit die Aufgaben bearbeiten, benötigen die älteren Probanden länger zur Bearbeitung der Aufgaben und pausieren zwischen den einzelnen Aufgaben länger. Ältere Probanden scheinen somit einen größeren zeitlichen Aufwand für die Handlungsvorbereitung, -durchführung und -kontrolle zu benötigen. Abbildung 7-23 stellt die entsprechenden Ergebnisse grafisch dar.

Im Umgang mit dem Menüsystem machen ältere Probanden vor allem in Aufgabenblock 1 und 2 mehr Fehler als jüngere Probanden (Parameter „Überflüssige Wegstrecke“; siehe Abbildung 7-24 links). In Aufgabenblock 3 sind diese Unterschiede in der Bediengüte verschwunden. Dabei machen ältere Probanden tendenziell häufiger Fehler bei der Auswahl der Menüfunktion auf der untersten Menüebene, wie die relative Häufigkeit des Ansteuerns falscher Menüpunkte zeigt (siehe Abbildung 7-24 rechts). Die älteren Probanden erinnern scheinbar die gestellten Aufgaben nicht mehr so präzise wie jüngere Probanden, so dass bei der letztendlichen Auswahl einer Menüfunktion, die als Aufgabe seitens der Versuchsanordnung anzusteuern war, häufiger Fehler auftreten. Für die älteren Probanden ist demnach in der Bediengeschwindigkeit ein zum Teil erheblicher Niveauunterschied festzustellen, hinsichtlich der Bediengüte sind beide Versuchsgruppen demgegenüber insgesamt vergleichbar.



Block	Jüngere Fahrer		Ältere Fahrer	
	Mittelwert	Std.	Mittelwert	Std.
1	1.27	0.03	1.40	0.12
2	1.24	0.04	1.35	0.14
3	1.24	0.06	1.26	0.06
	df	MS	F	p
Block	2	0.02	5.48	0.013
Alter	1	0.07	5.03	0.049
Block x Alter	2	0.01	2.83	0.083

Block	Jüngere Fahrer		Ältere Fahrer	
	Mittelwert	Std.	Mittelwert	Std.
1	0.01	0.01	0.14	0.19
2	0.02	0.02	0.09	0.10
3	0.01	0.02	0.03	0.04
	df	MS	F	p
Block	2	0.01	2.65	0.096
Alter	1	0.05	2.83	0.123
Block x Alter	2	0.01	2.61	0.099

Abbildung 7-24: Überflüssige Wegstrecke (links) und relative Häufigkeit von Falsch-Bildschirmen (rechts) für die drei Aufgabenblöcke im Alltags-System. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichungen für n = 12 Probanden (je n = 6 junge bzw. alte Probanden) plus den Split-Plot Varianzanalysen mit den Faktoren „Block“ (Block 1 vs. Block 2 vs. Block 3) und „Alter“ (Jung vs. Alt).

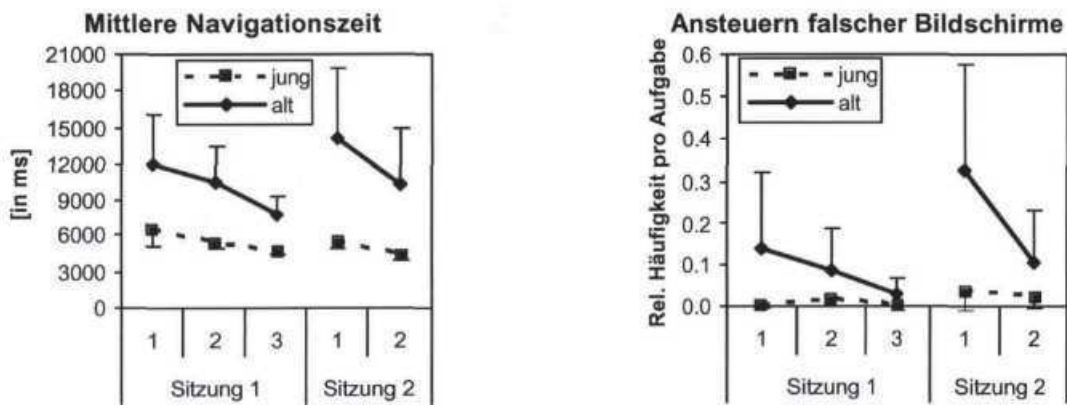
Zudem ergeben sich für die älteren Probanden sowohl in den Leistungsparametern der Bediengeschwindigkeit (siehe Abbildung 7-23) als auch der Bediengüte (siehe Abbildung 7-24) höhere interindividuelle Unterschiede, d.h. diese Probandengruppe unterscheidet sich zum Teil erheblich voneinander. Die untersuchte Stichprobe jüngerer Probanden ist demgegenüber deutlich homogener hinsichtlich ihres Leistungsniveaus im Umgang mit dem untersuchten Menüsystem.

Mit zunehmender Erfahrung im Umgang mit dem untersuchten Alltags-System verringern sich die geschilderten Alterseffekte. Während für die jüngeren Probanden im Umgang mit dem Alltags-System bereits deutliche Leistungszuwächse in der Bediengeschwindigkeit und -güte auftreten, zeigen die älteren Probanden stärkere Lernleistungen. So verringern die älteren Probanden beispielsweise die Leistungsunterschiede hinsichtlich der Mittleren Navigationszeit von ca. 3650 ms im Aufgabenblock 1 (ältere Probanden: $m = 10935$ ms, $sd = 3431$ ms; jüngere Probanden: $m = 6271$ ms, $sd = 1076$ ms) auf ca. 2904 ms in Block 3 (ältere Probanden: $m = 7728$ ms, $sd = 1492$ ms; jüngere Probanden: $m = 4833$ ms, $sd = 308$ ms). Wenn die älteren Probanden hinsichtlich der Bediengeschwindigkeit auch nicht das Leistungsniveau der jüngeren Probanden erreichen, verringern sie die altersbedingten Leistungsunterschiede doch erheblich. Zusätzlich gelingt es den älteren Probanden, in Aufgabenblock 3 das Niveau in der Bediengüte der jüngeren Probanden zu erreichen, nachdem sie in den Aufgabenblöcken 2 und 3 diesbezüglich signifikant schlechter waren.

7.4.3.2 Transferlernen und Alter

In einem weiteren Schritt soll untersucht werden, ob sich ebenfalls für das Umlernen auf das FIS o.g. Alterseffekte ergeben. Dafür werden zunächst die Bedienleistungen der Probanden im Alltags-System in Sitzung 1 verglichen mit den Leistungen im FIS in Sitzung 2, jeweils unter „Single Task“-Bedingungen (sog. Testblöcke). Hierfür werden die Ergebnisse von $n = 12$ Probanden berücksichtigt (je $n = 6$ junge bzw. alte Probanden). Vor den Testblöcken haben alle Probanden Erfahrungen mit dem FIS unter „Dual Task“-Bedingungen (während den Messfahrten) gemacht. Auf die Ergebnisse in diesen Messfahrten selbst wird in einem zweiten Auswertungsschritt eingegangen.

Beim Umlernen vom Alltags-System auf das FIS in Sitzung 2 treten für ältere Probanden stärkere Probleme auf als für jüngere Probanden. Während das Umlernen für diese Probandengruppe keinen zusätzlichen Lernaufwand darstellt, steigen die Mittlere Navigationszeit und die Überflüssige Wegstrecke für die älteren Probanden erneut an. Die älteren Probanden benötigen mehr Schritte zum Erreichen der gewünschten Menüfunktion (Parameter „Überflüssige Wegstrecke“) und es werden häufiger falsche Menüpunkte angesteuert. Die interindividuellen Unterschiede zwischen den Probanden steigen für die ältere Versuchsgruppe stärker an als für die jüngere Gruppe. Abbildung 7-25 veranschaulicht die Ergebnisse beispielhaft für die Mittlere Navigationszeit (links) und die relative Häufigkeit des Ansteuerns falscher Menüpunkte (rechts).



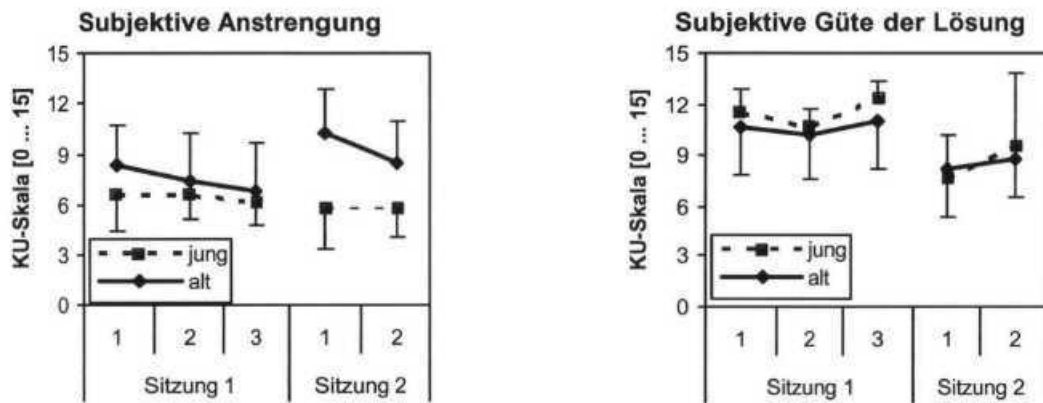
Block	Jüngere Fahrer		Ältere Fahrer	
	Mittelwert	Std.	Mittelwert	Std.
1-1	6555 ms	1515 ms	11965 ms	4185 ms
1-2	5398 ms	483 ms	10571 ms	2865 ms
1-3	4743 ms	249 ms	7755 ms	1596 ms
2-1	5562 ms	677 ms	14033 ms	5842 ms
2-2	4420 ms	443 ms	10295 ms	4643 ms
	df	MS	F	p
Block	4	24643749	7.30	0.000
Alter	1	468373067	15.56	0.003
Block x Alter	4	11419897	3.38	0.018

Block	Jüngere Fahrer		Ältere Fahrer	
	Mittelwert	Std.	Mittelwert	Std.
1-1	0.01	0.01	0.14	0.19
1-2	0.02	0.02	0.09	0.10
1-3	0.01	0.02	0.03	0.04
2-1	0.04	0.05	0.33	0.25
2-2	0.03	0.03	0.10	0.13
	df	MS	F	p
Block	4	0	7.32	0.000
Alter	1	0	5.46	0.042
Block x Alter	4	0	5.01	0.002

Abbildung 7-25: Mittlere Navigationszeit (links) und Relative Häufigkeit des Ansteuerns falscher Menüpunkte (rechts) für das Alltags-Menü (Sitzung 1) und das FIS (Sitzung 2, „Single Task“-Bedingung). Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung für n = 12 Probanden (je n = 6 junge bzw. alte Probanden) plus den Split-Plot Varianzanalysen mit den Faktoren „Block“ (Block 1 bis Block 5) und „Alter“ (Jung vs. Alt).

Auch auf Seiten der subjektiven Beanspruchung und Sicherheit im Umgang mit dem FIS erscheinen Altersunterschiede. Der Umgang mit diesem Menüsystem strengt die älteren Probanden insgesamt stärker an (siehe Abbildung 7-26 links), vor allem zu Beginn des Systemkontakts sowohl für das Alltags-System in Sitzung 1 als auch für das FIS in Sitzung 2. Ältere Probanden scheinen demzufolge mit neuen Situationen größere Probleme zu haben als jüngere Probanden und sie sind hinsichtlich ihrer Beanspruchung weniger flexibel im Umgang mit diesen Situationen. Nach ihrer Einschätzung bearbeiten sie die gestellten Aufgaben jedoch ähnlich gut wie die jüngeren Probanden (siehe Abbildung 7-26 rechts).

Eine Nachbefragung der untersuchten Stichprobe zeigt, dass die Probleme der älteren Probanden im Umgang mit dem FIS insbesondere aus dem Nicht-Verstehen der im Menüsystem auftretenden Inhalte resultierten. So wird z.B. „SMS“ als einer der nicht-verständlichen Menüinhalte genannt. Die für die älteren Probanden auftretenden Probleme im Umgang mit dem FIS sind somit u.a. Folge einer für ältere Probanden fehlenden Verständlichkeit einzelner Menüinhalte.



Block	Jüngere Fahrer		Ältere Fahrer	
	Mittelwert	Std.	Mittelwert	Std.
1-1	6.67	2.34	8.33	2.42
1-2	6.67	1.63	7.50	2.74
1-3	6.17	1.47	6.83	2.86
2-1	5.83	2.48	10.33	2.50
2-2	5.83	1.83	8.50	2.43
	df	MS	F	p
Block	4	4.0583	1.4704	0.229
Alter	1	64.0667	4.0738	0.071
Block x Alter	4	7.4417	2.6963	0.044

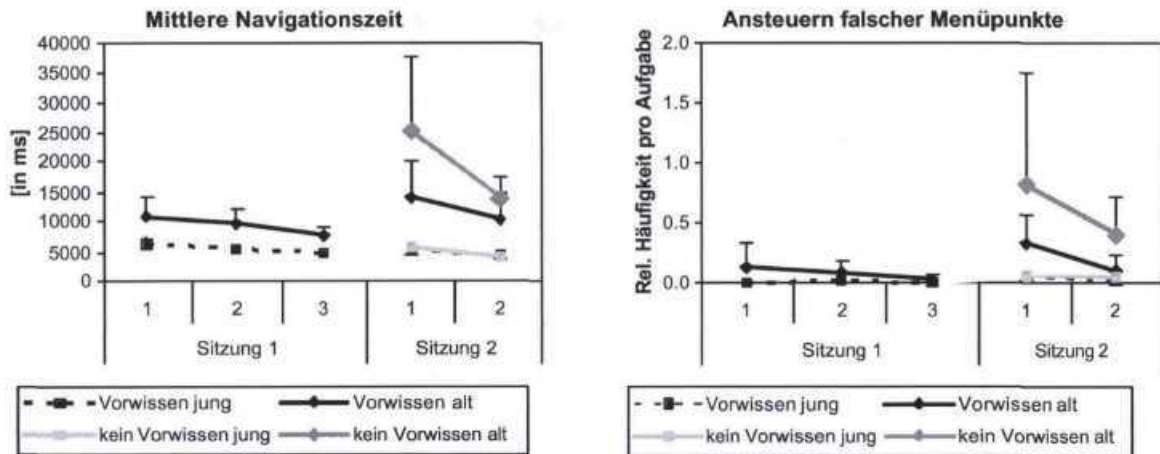
Block	Jüngere Fahrer		Ältere Fahrer	
	Mittelwert	Std.	Mittelwert	Std.
1-1	11.50	1.38	10.67	2.80
1-2	10.67	1.03	10.17	2.56
1-3	12.33	1.03	11.00	2.76
2-1	7.67	2.50	8.17	2.93
2-2	9.50	4.37	8.83	2.32
	df	MS	F	p
Block	4	41.39	7.86	0.000
Alter	1	0.42	0.03	0.859
Block x Alter	4	1.46	0.28	0.891

Abbildung 7-26: Beurteilung der Anstrengung (links) und Leistungsgüte (rechts) für die Bearbeitung der Aufgaben im Menüsystem über die drei Aufgabenblöcke des Alltags-Menüs (Sitzung 1) und die zwei Aufgabenblöcke des FIS (Sitzung 2, „Single Task“-Bedingung). Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung für n = 12 Probanden (je n = 6 junge bzw. alte Probanden) plus den Split-Plot Varianzanalysen mit den Faktoren „Block“ (Block 1 bis Block 5) und „Alter“ (Jung vs. Alt).

7.4.3.3 Vorwissen und Alter

Die im Umgang mit dem FIS auftretenden alterskorrelierten Leistungsunterschiede in der Menübedienung (Sitzung 2) werden moderiert durch die Erfahrung im Umgang mit dem Alltags-System in Sitzung 1. Ältere Probanden, die ausschließlich an Sitzung 2 teilnahmen und keine Erfahrung im Umgang mit dem Alltags-System hatten, haben in der ersten Testphase stärkere Probleme mit der Bedienung des FIS in Sitzung 2: Neben einer höheren Mittlere Navigationszeit treten eine höhere Mittlere Schrittdauer und Überflüssige Wegstrecke im ersten Testblock in Sitzung 2 auf. Zusätzlich werden häufiger falsche Menüpunkte angesteuert. Abbildung 7-27 zeigt die entsprechenden Ergebnisse für die Parameter „Mittlere Navigationszeit“ (links) und „Ansteuern falscher Menüpunkte“ (rechts). Obwohl alle Probanden zuvor über ca. 20 min die Möglichkeit hatten, das FIS während der Fahrt zu bedienen, sind in der ersten Testphase noch erhebliche Einflüsse des Vorwissens für ältere Fahrer nachweisbar.

Nachdem wiederum ca. 20 min der Landstraßen-Parcours in der Fahrsimulation durchfahren wurde, während der die Probanden ebenfalls das FIS bedienen konnten, folgte eine zweite Testphase. Zu diesem Zeitpunkt bestehen keine weiteren Einflüsse des Umgangs mit dem Alltags-System auf die Bedienleistung im Umgang mit dem FIS. Somit scheint die Vorerfahrung der älteren Probanden insbesondere zu Lernbeginn im Umgang mit einem Menüsystem von Bedeutung zu sein.



		Jüngere Fahrer		Ältere Fahrer	
Block	Mittelwert	Std.	Mittelwert	Std.	
Mit Vorwissen					
1-1	6271 ms	1076 ms	10935 ms	3431 ms	
1-2	5370 ms	391 ms	9731 ms	2358 ms	
1-3	4833 ms	308 ms	7728 ms	1492 ms	
2-1	5562 ms	677 ms	14033 ms	5842 ms	
2-2	4420 ms	443 ms	10295 ms	4643 ms	
Ohne Vorwissen					
2-1	5583 ms	1289 ms	25204 ms	12096 ms	
2-2	4121 ms	485 ms	13574 ms	3932 ms	
	df	MS	F	p	
Block	1	242258816	18.27	0.000	
Alter	1	1413899676	33.87	0.000	
Vorwissen	1	150638828	3.61	0.072	
Block x Alter	1	122189392	9.21	0.007	
Block x Vorwissen	1	50576682	3.81	0.065	
Alter x Vorwissen	1	162722748	3.90	0.062	
Block x Alter x Vorwissen	1	43003777	3.24	0.087	

		Jüngere Fahrer		Ältere Fahrer	
Block	Mittelwert	Std.	Mittelwert	Std.	
Mit Vorwissen					
1-1	0.01	0.01	0.14	0.19	
1-2	0.02	0.02	0.09	0.10	
1-3	0.01	0.02	0.03	0.04	
2-1	0.04	0.05	0.33	0.25	
2-2	0.03	0.03	0.10	0.13	
Ohne Vorwissen					
2-1	0.06	0.04	0.81	0.93	
2-2	0.04	0.05	0.39	0.33	
	df	MS	F	p	
Block	1	0.34	5.325	0.032	
Alter	1	1.62	8.167	0.010	
Vorwissen	1	0.50	2.505	0.129	
Block x Alter	1	0.03	0.444	0.513	
Block x Vorwissen	1	0.29	4.469	0.047	
Alter x Vorwissen	1	0.41	2.056	0.167	
Block x Alter x Vorwissen	1	0.03	0.429	0.520	

Abbildung 7-27: Mittlere Navigationszeit (links) und Relative Häufigkeit des Ansteuerns falscher Menüpunkte (rechts). Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichungen für die älteren Probanden („alt“) bzw. jüngeren Probanden („jung“) mit bzw. ohne Vorwissen für die Bedienung des Alltags-Systems (Sitzung 1) bzw. des FIS (Sitzung 2 unter „Single Task“-Bedingung) für n = 24 Probanden (je n = 12 junge bzw. alte Probanden)

Für die untersuchten jüngeren Probanden ergeben sich in keinem der genannten Parameter Einflüsse der Vorerfahrung. Für diese Probandengruppe scheint die Vorerfahrung in einem Menüsystem somit nicht bedeutsam für den Umgang mit dem FIS zu sein.

7.4.3.4 Kompetenzerwerb für Menüsysteme, Alter und Fahrsicherheit

Sowohl für die jüngeren als auch für die älteren Probanden ergeben sich während der Fahrzeugführung deutliche Einbußen in der Bedienleistung (geringere Bediengeschwindigkeit und geringere Bediengüte) des FIS. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass das Durchfahren des Simulatorparcours als Primäraufgabe instruiert wurde und nur dann das Menüsystem bedient werden sollte, sofern kognitive Kapazitäten frei wären.

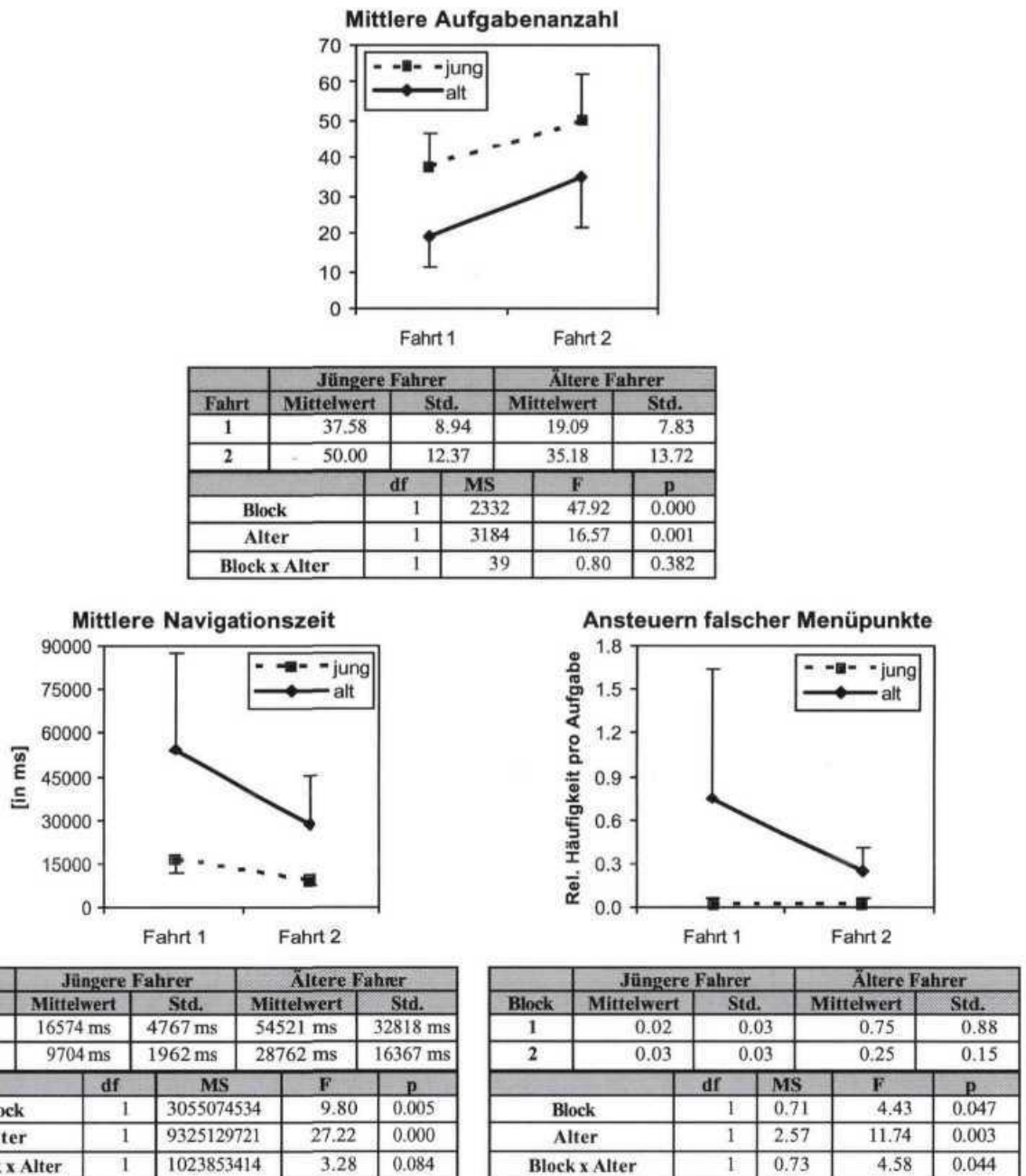


Abbildung 7-28: Mittlere Anzahl der bearbeiteten Aufgaben (oben), Mittlere Navigationszeit (unten links) und Relative Häufigkeit des Ansteuerns falscher Menüpunkte (unten rechts) für die beiden Fahrten. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung plus den Split-Plot Varianzanalysen mit den Faktoren „Block“ (Fahrt1 vs. Fahrt 2) und „Alter“ (Jung vs. Alt).

Auch unter einer solchen „Dual Task“-Bedingung (d.h. während der Fahrt) können o.g. Alters- und Lerneffekte gezeigt werden (siehe Abbildung 7-28). So ergeben sich zunächst erhebliche Lerneffekte im Umgang mit dem Menüsystem während der Simulatorfahrt: Mit zunehmender Erfahrung werden mehr Aufgaben bearbeitet (Parameter „Mittlere Anzahl Aufgaben“), das Menüsystem wird schneller bedient (Parameter „Mittlere Navigationszeit“) und es werden mehr Fehler bei der Auswahl der anzusteuernden Menüfunktion gemacht (Parameter „Ansteuern falscher Menüpunkte“).

Ältere Probanden bearbeiten dabei generell weniger Aufgaben während der Fahrt (siehe Abbildung 7-28 oben). Dies ist zum einen zurückzuführen auf höhere Mittlere Navigationsdauern (siehe Abbildung 7-28 unten links) und längere Pausen zwischen den Aufgaben, zum anderen auf eine höhere Überflüssige Wegstrecke (d.h. mehr Fehler) im Umgang mit dem Menüsystem. Bei der Aufgabenbearbeitung werden häufiger falsche Menüpunkte angesteuert (siehe Abbildung 7-28 unten rechts). Mit zunehmender Übung im Umgang mit dem Menüsystem verringern sich diese Alterseffekte. Wenn auch die älteren Probanden im Rahmen des untersuchten Zeitfensters das Leistungsniveau der jüngeren Probanden nicht erreichen, reduzieren sich die altersbedingten Leistungsunterschiede erheblich.

Neben diesen lern- und altersbedingten Unterschieden in der Bedienleistung im Umgang mit dem Menüsystem können auch in der Fahrzeugführung entsprechende Effekte abgebildet werden. Auch hier können wiederum Lerneffekte im Umgang mit dem Menüsystem abgegrenzt werden von Alterseffekten, die im Rahmen dieser „Dual Task“-Situation zum Tragen kommen. Beispielhaft soll im Folgenden auf die Ergebnisse des Streckenabschnitts „Landstraße - Freie Fahrt“ eingegangen werden. Für die weiteren Streckenabschnitte des Simulatorparcours (z.B. Landstraße - Folgefahrt (mit vs. ohne Überholverbot), Landstraße - enge Einzelkurve, Ortschaft - Durchfahrt) ergeben sich ähnliche Ergebnismuster, daher soll an dieser Stelle auf eine ausführliche Darstellung der entsprechenden Ergebnisse verzichtet werden.

Der Streckenabschnitt „Landstraße – Freie Fahrt“ erstreckt sich über 2.2 km, die Durchfahung dieses Abschnitts dauert bei einer Richtgeschwindigkeit von 100 km/h ca. 1.5 min. Dieser Abschnitt kommt im Laufe der beiden sog. Messfahrten (siehe Kap. 0) jeweils fünf Mal vor. Um den Einfluss der Menübedienung auf die Fahrzeugführung abschätzen zu können, wurde zu Beginn der zweiten Sitzung eine Kontrollfahrt ohne Menübedienung durchgeführt. In dieser Kontrollfahrt wurde der Streckenabschnitt „Landstraße – Freie Fahrt“ ebenfalls fünf Mal durchfahren. Abbildung 7-29 zeigt die Ergebnisse zur Mittleren Geschwindigkeit auf diesem Streckenabschnitt, Abbildung 7-30 zur Variation der Spurabweichung sowie Abbildung 7-31 zur Mittleren Häufigkeit des Verlassens des 80cm-Spurkanals.

Abbildung 7-29 veranschaulicht für die Mittlere Geschwindigkeit auf dem Streckenabschnitt „Landstraße – Freie Fahrt“, dass ein Alterseffekt zu beobachten ist. Sowohl in der Kontrollfahrt ohne Menübedienung als auch verstärkt in den Messfahrten mit Menübedienung fahren die älteren Probanden durchschnittlich langsamer als die jüngeren Probanden. So wählen die jüngeren Fahrer als Mittlere Geschwindigkeit auf diesem Streckenabschnitt in der Kontrollfahrt 100.3 km/h bzw. in den Fahrten mit Menübedienung 97.4 km/h (Messfahrt 1) bzw. 96.7 km/h (Messfahrt 2). Die älteren Probanden fahren demgegenüber durchschnittlich 94.3 km/h in der Kontrollfahrt sowie 83.7 bzw. 77.5 km/h in den beiden Messfahrten. Eine alterskorrelierte Verringerung der mittleren Geschwindigkeit findet somit insbesondere unter „Dual Task“-Bedingungen (d.h. bei gleichzeitiger Fahrzeugführung und Bedienung des Menüsystems) statt.

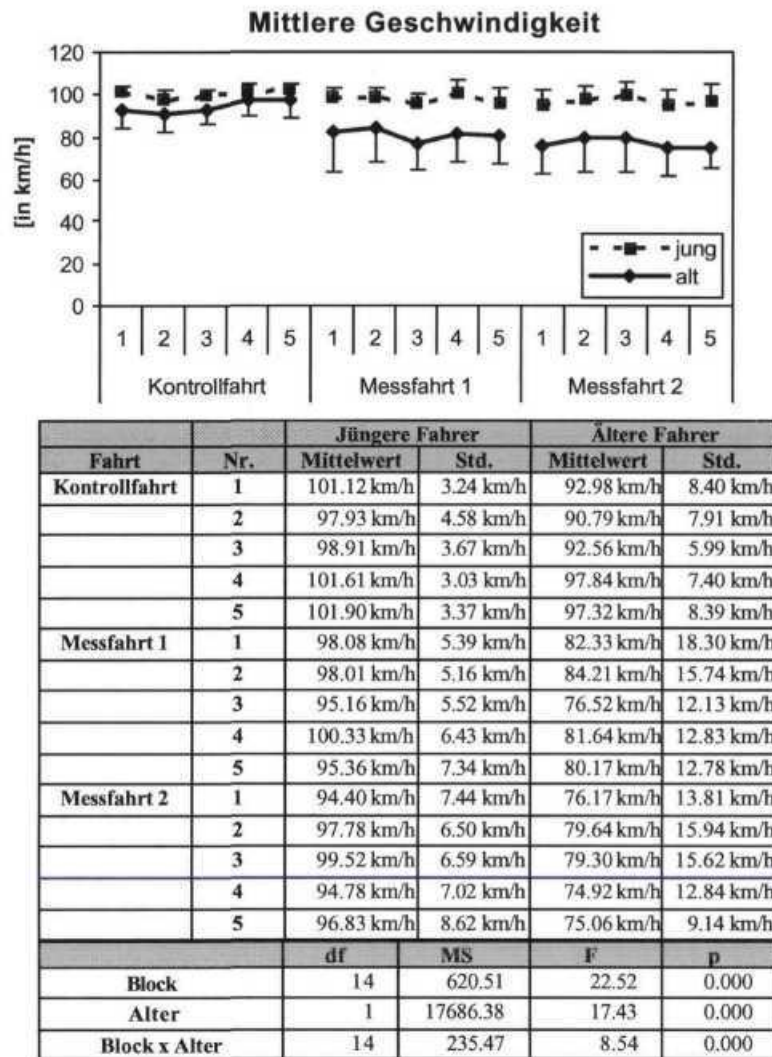
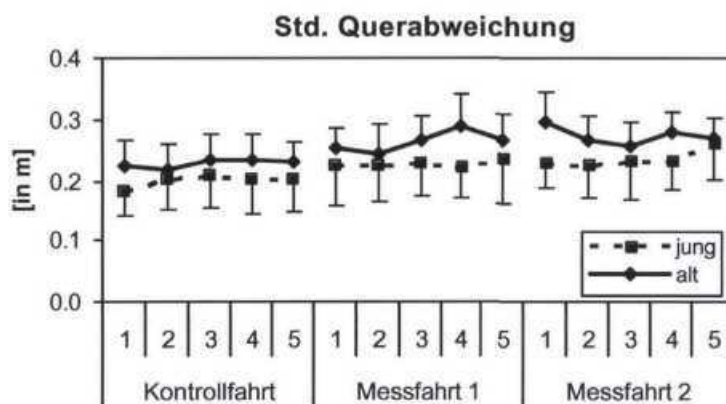


Abbildung 7-29: Mittlere Geschwindigkeit der jüngeren („jung“) bzw. älteren Probanden („alt“) für den Streckenabschnitt „Landstraße - Freie Fahrt“ (Richtgeschwindigkeit 100 km/h) über die Kontrollfahrt ohne Menübedienung und zwei Messfahrten mit Menübedienung. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichungen plus den Split-Plot Varianzanalysen mit den Faktoren „Block“ (Abschnitt 1 bis 15) und „Alter“ (Jung vs. Alt).

Diese Reduktion der Mittleren Geschwindigkeit in den Fahrten mit Menübedienung ist für die jüngeren Probanden somit weitgehend unabhängig vom Kompetenzerwerb für Menüsysteme und ist somit vor allem ein reiner Nebenaufgabeneffekt: Die jüngeren Probanden halten bei Fahrten mit Bedienung des Menüsystems eine weitgehend stabile Leistung in der Geschwindigkeitsregelung aufrecht. Der Kompetenzerwerb für Menüsysteme findet bei den jüngeren Probanden ausschließlich in Leistungsverbesserungen im Umgang mit dem Menüsystem statt (siehe Abbildung 7-28). Ähnlich kommt es bei den älteren Probanden zu einer Verringerung der Mittleren Geschwindigkeit unter „Dual Task“-Bedingungen, die deutlich stärker sind als die der jüngeren Probanden. Dieser Effekt tritt sowohl in Messfahrt 1 als auch verstärkt in Messfahrt 2 auf, in der eine höhere Aufgabenanzahl im Menüsystem bearbeitet wird. Die Geschwindigkeitsreduktion ist somit weniger als Konsequenz des Kompetenzerwerbs zu interpretieren: Wäre dies der Fall, dann müsste die Geschwindigkeitsreduktion vor allem zu B-

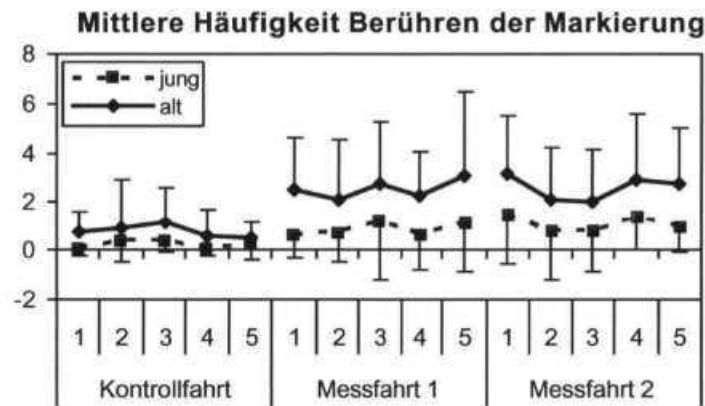
ginn der „Dual Task“-Situation auftreten. Der Kompetenzerwerb für Menüsysteme findet, wie bei den jüngeren Probanden, ausschließlich in Leistungsverbesserungen im Umgang mit dem Menüsystem statt (siehe Abbildung 7-28).



Fahrt	Nr.	Jüngere Fahrer		Ältere Fahrer	
		Mittelwert	Std.	Mittelwert	Std.
Kontrollfahrt	1	0.18 m	0.04 m	0.23 m	0.04 m
	2	0.20 m	0.05 m	0.22 m	0.04 m
	3	0.21 m	0.05 m	0.24 m	0.04 m
	4	0.20 m	0.05 m	0.23 m	0.04 m
	5	0.20 m	0.05 m	0.23 m	0.03 m
Messfahrt 1	1	0.23 m	0.07 m	0.25 m	0.03 m
	2	0.22 m	0.06 m	0.24 m	0.05 m
	3	0.23 m	0.05 m	0.27 m	0.04 m
	4	0.22 m	0.05 m	0.29 m	0.05 m
	5	0.23 m	0.07 m	0.27 m	0.04 m
Messfahrt 2	1	0.23 m	0.04 m	0.30 m	0.05 m
	2	0.23 m	0.05 m	0.27 m	0.04 m
	3	0.23 m	0.06 m	0.26 m	0.04 m
	4	0.23 m	0.05 m	0.28 m	0.03 m
	5	0.26 m	0.06 m	0.27 m	0.03 m
		df	MS	F	p
Block		14	0.01	8.56	0.000
Alter		1	0.11	5.53	0.000
Block x Alter		14	0.00	1.61	0.000

Abbildung 7-30: Mittlere Variation der Spurabweichung der jüngeren („jung“) bzw. älteren Probanden („alt“) für den Streckenabschnitt „Landstraße - Freie Fahrt“ (Richtgeschwindigkeit 100 km/h) über die Kontrollfahrt ohne Menübedienung und zwei Messfahrten mit Menübedienung. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichungen plus den Split-Plot Varianzanalysen mit den Faktoren „Block“ (Abschnitt 1 bis 15) und „Alter“ (Jung vs. Alt).

Für die Güte der Spurhaltung, erfasst über die Variation der Spurabweichung, ergibt sich ein ähnliches Ergebnismuster (siehe Abbildung 7-30): Ältere Probanden haben im untersuchten Streckenabschnitt bereits in der Kontrollfahrt ohne Menübedienung eine geringere Spuralte als jüngere Probanden (Standardabweichung der Querabweichung für ältere Probanden: $m = 23$ cm, für jüngere Probanden: $m = 20$ cm). Durch die Bedienung des Menüsystems verschlechtert sich bei beiden Probandengruppen die Variation der Spuralte um ca. 3 cm (Standardabweichung der Querabweichung für ältere Probanden: $m = 26$ cm in Messfahrt 1 bzw. 27 cm in Messfahrt 2, jüngere Probanden: $m = 23$ cm in Messfahrt 1 bzw. 24 cm in Messfahrt 2). Dieser Effekt ist unabhängig vom Kompetenzerwerb im Menüsystem.

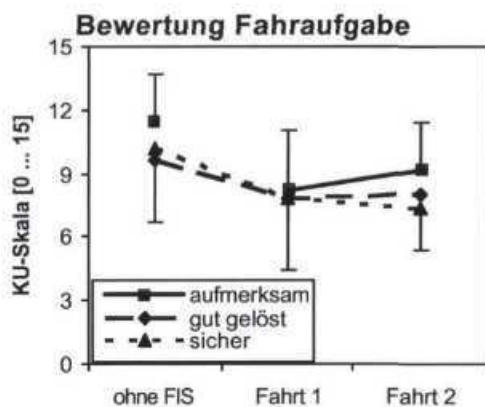


Fahrt	Nr.	Jüngere Fahrer		Ältere Fahrer	
		Mittelwert	Std.	Mittelwert	Std.
Kontrollfahrt	1	0.08	0.29	0.75	0.87
	2	0.42	0.90	0.92	2.02
	3	0.42	0.51	1.17	1.47
	4	0.08	0.29	0.58	1.16
	5	0.25	0.62	0.50	0.67
Messfahrt 1	1	0.67	0.98	2.50	2.11
	2	0.75	1.22	2.08	2.43
	3	1.25	2.45	2.75	2.53
	4	0.67	1.44	2.25	1.76
	5	1.17	2.04	3.08	3.37
Messfahrt 2	1	1.50	2.07	3.17	2.33
	2	0.83	2.04	2.08	2.15
	3	0.83	1.70	2.00	2.13
	4	1.42	1.38	2.92	2.68
	5	1.00	1.04	2.75	2.26
		df	MS	F	p
Block		14	11.40	6.14	0.000
Alter		1	132.01	5.80	0.025
Block x Alter		14	1.78	0.96	0.497

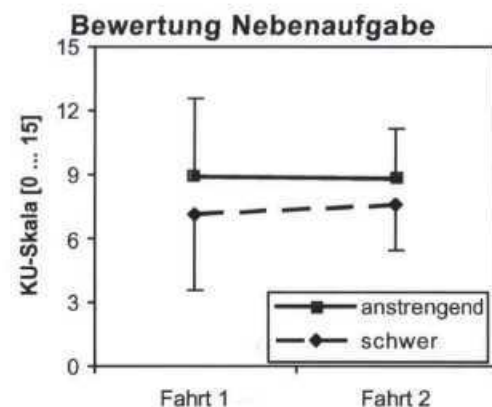
Abbildung 7-31: Mittlere Häufigkeit des Verlassens des 80cm-Spurkanals der jüngeren („jung“) bzw. älteren Probanden („alt“) für den Streckenabschnitt „Landstraße – Freie Fahrt“ (Richtgeschwindigkeit 100 km/h) über die Kontrollfahrt ohne Menübedienung und zwei Messfahrten mit Menübedienung. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichungen plus den Split-Plot Varianzanalysen mit den Faktoren „Block“ (Abschnitt 1 bis 15) und „Alter“ (Jung vs. Alt).

Ebenso treten alterskorrelierte Unterschiede in der Häufigkeit des Berührens der Fahrbahnmarkierung auf, erfasst über den Parameter „Mittlere Häufigkeit des Verlassens des 80cm-Spurkanals“ (siehe Abbildung 7-31). Während in der Kontrollfahrt ohne Menübedienung die jüngeren Probanden auf dem ausgewählten Streckenabschnitt durchschnittlich 0.3 mal den 80cm-Spurkanal verlassen und in den Messfahrten mit Menüsystem 0.9 mal in Messfahrt 1 bzw. 1.1 mal in Messfahrt 2, betragen die entsprechenden Häufigkeiten für die älteren Probanden 0.8 mal in der Kontrollfahrt bzw. 2.2 bzw. 2.7 mal in den Messfahrten. Auch hier sind diese Ergebnisse weitgehend unabhängig von der Erfahrung im Umgang mit dem Menüsystem. Die Einführung einer Nebenaufgabe (hier: Bedienung eines Menüsystems) beeinträchtigt demzufolge vor allem bei älteren Probanden die Fahrzeugführung.

Auch auf subjektiver Ebene kommt es durch die Bedienung des Menüsystems während der Messfahrten für die älteren Probanden zu negativen Effekten. So wird von dieser Versuchsgruppe angegeben, bezüglich der Fahraufgabe weniger aufmerksam gewesen zu sein, die Fahraufgabe weniger gut gelöst zu haben und dabei weniger sicher gewesen zu sein (siehe Abbildung 7-32 links). Diese negativen Effekte der Menübedienung sind besonders stark ausgeprägt in der ersten Messfahrt, d.h. zu Beginn einer gleichzeitigen Bedienung des Menüsystems während der Fahrzeugführung. Aber auch nach einer längeren Übungsphase im Umgang mit dem Menüsystem bleiben o.g. Effekte auf die Probandenurteile abgeschwächt erhalten. Unabhängig vom Kompetenzerwerb wird die Bedienung des Menüsystems während der Fahrt als mittel anstrengend und mittel schwer bezeichnet (siehe Abbildung 7-32 rechts).



	Mittelwert	Std.
Wie aufmerksam?		
Ohne FIS	11.42	2.31
Fahrt 1	8.25	2.80
Fahrt 2	9.17	2.25
ANOVA	$F_{(2, 22)} = 6.36, p = .001$	
Wie gut Aufgabe gelöst?		
Ohne FIS	9.67	2.93
Fahrt 1	7.83	3.46
Fahrt 2	8.08	2.71
ANOVA	$F_{(2, 22)} = 2.17, p = .014$	
Wie sicher Aufgabe gelöst?		
Ohne FIS	10.25	2.53
Fahrt 1	7.92	3.00
Fahrt 2	7.42	2.71
ANOVA	$F_{(2, 22)} = 6.36, p = .002$	



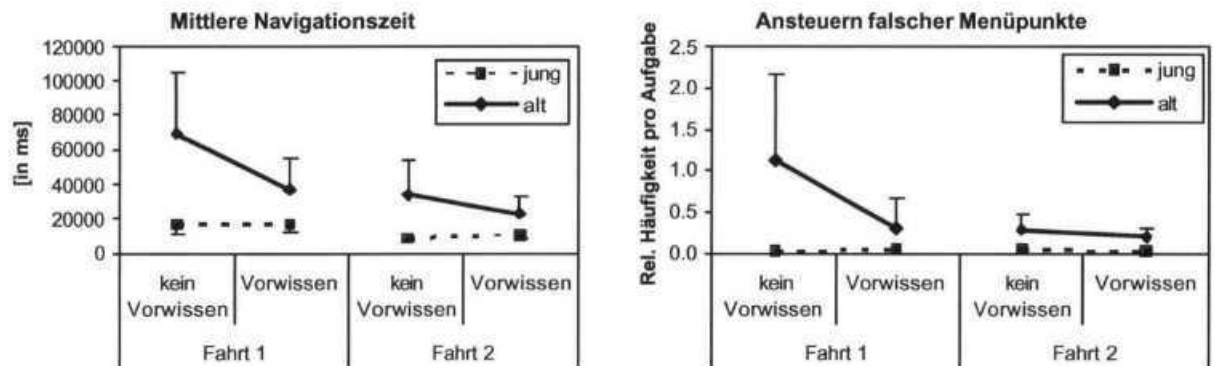
	Mittelwert	Std.
Wie anstrengend?		
Fahrt 1	8.91	3.70
Fahrt 2	8.82	2.36
t-Test	$t_{(22)} = .80, p = .431$	
Wie schwer?		
Fahrt 1	7.18	3.68
Fahrt 2	7.64	2.25
t-Test	$t_{(22)} = .79, p = .438$	

Abbildung 7-32: Probandenurteile der älteren Probandengruppe über die Fahraufgabe (links) bzw. die Bearbeitung der Nebenaufgabe (rechts) für die Kontrollfahrt („ohne FIS“) und die beiden Messfahrten („Fahrt 1“ und „Fahrt 2“). Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung inklusive einfaktorieller Varianzanalyse mit dem dreifach abgestuften Faktor Messwiederholung (links) bzw. t-Tests für abhängige Stichproben (rechts).

Insbesondere ältere Probanden haben somit Probleme mit einer Verschränkung von Fahrzeugführung und Menübedienung. Obwohl ältere Probanden bereits geringere mittlere Geschwindigkeiten in den Messfahrten mit Menüsystem wählen und weniger Aufgaben im Menüsystem während der Messfahrt bearbeiten als jüngere Probanden, reichen diese Kompensationsbemühungen offensichtlich nicht aus, um ein Verlassen des 80cm-Spurkanals zu verhindern.

7.4.3.5 Vorwissen, Alter und Fahrsicherheit

Wie bereits unter Kap. 7.4.3.3 dargestellt wurde, ergibt sich für die älteren Probanden, wenn sie mit dem FIS unter „Single Task“-Bedingungen umgehen, ein deutlicher Effekt des Vorwissens: Hatten die Probanden bereits Erfahrung im Umgang mit dem Alltags-System in Sitzung 1, so kommt es zu einer Erhöhung von Bediengeschwindigkeit und Bediengüte. Dieser Vorwissenseffekt tritt insbesondere zu Beginn des Kontakts mit dem FIS auf und verringert sich mit zunehmender Systemerfahrung. Für die untersuchten jüngeren Probanden ergeben sich in keinem der genannten Parameter Einflüsse der Vorerfahrung.



		Jüngere Fahrer		Ältere Fahrer	
		Mittelwert	Std.	Mittelwert	Std.
Kein Vorwissen	1	16663 ms	6193 ms	69497 ms	36086 ms
	2	8723 ms	1633 ms	33237 ms	20317 ms
Vorwissen	1	16485 ms	3409 ms	36551 ms	18020 ms
	2	10685 ms	1868 ms	23393 ms	9360 ms
		df	MS	F	p
Block		1	2849207784	9.31	0.007
Alter		1	8662002527	35.07	0.000
Vorwissen		1	1200962056	4.86	0.040
Block x Alter		1	909226643	2.97	0.101
Block x Vorwissen		1	455133801	1.49	0.237
Alter x Vorwissen		1	1419178835	5.75	0.027
Block x Alter x Vorwissen		1	313853644	1.03	0.324

		Jüngere Fahrer		Ältere Fahrer		
		Block	Mittelwert	Std.	Mittelwert	Std.
Kein Vorwissen	1		0.01	0.02	1.12	1.04
	2		0.04	0.03	0.29	0.18
Vorwissen	1		0.03	0.05	0.30	0.35
	2		0.02	0.02	0.20	0.11
		df	MS	F	p	
Block		1	0.62	4.45	0.048	
Alter		1	2.34	12.91	0.002	
Vorwissen		1	0.59	3.28	0.086	
Block x Alter		1	0.64	4.61	0.045	
Block x Vorwissen		1	0.34	2.43	0.135	
Alter x Vorwissen		1	0.61	3.34	0.083	
Block x Alter x Vorwissen		1	0.41	2.97	0.101	

Abbildung 7-33: Mittlere Navigationszeit (links) und Relative Häufigkeit des Ansteuerns falscher Menüpunkte (rechts) für ältere bzw. jüngere Probanden mit bzw. ohne Vorwissen während den Messfahrten. Dargestellt sind die Mittelwerte mit Standardabweichungen plus den Split-Plot Varianzanalysen mit den Faktoren „Block“ (Fahrt 1 vs. Fahrt 2), „Alter“ (Jung vs. Alt) und „Vorwissen“ (ja vs. nein).

Berücksichtigt man schließlich das durch die Teilnahme an Sitzung 1 gewonnene Vorwissen im Umgang mit dem FIS unter „Dual Task“-Bedingungen (d.h. während der Simulatorfahrt), so wird deutlich, dass der Probandengruppe der älteren Fahrer mit entsprechendem Vorwissen die Verschränkung von Fahrzeugführung und Bedienung des Menüsystems in den Messfahrten besser gelingt als den älteren Probanden ohne entsprechendes Vorwissen. Auf Seiten der Güte der Menübedienung wirkt sich insbesondere in der ersten Messfahrt mit Menübedienung das Vorwissen günstig aus. Für ältere Probanden ohne Vorwissen ergeben sich höhere Mittlere Navigationszeiten und es werden häufiger Auswahlfehler bei den gestellten Aufgaben gemacht. Abbildung 7-33 zeigt dieses Ergebnis. Für jüngere Probanden tritt ein solcher Effekt

des Vorwissens nicht auf. So sind die Mittlere Navigationszeit und die Mittlere Häufigkeit des Ansteuerns falscher Menüpunkte für jüngere Probanden unabhängig vom Vorwissen (operationalisiert über den Umgang mit dem Menüsystem in Sitzung 1). Abbildung 7-34 zeigt beispielhaft für die Mittlere Häufigkeit des Berührens der Fahrbahnmarkierung, dass auf Seiten der Fahrzeugführung das Vorwissen der älteren Fahrer keinen systematischen Einfluss hat.

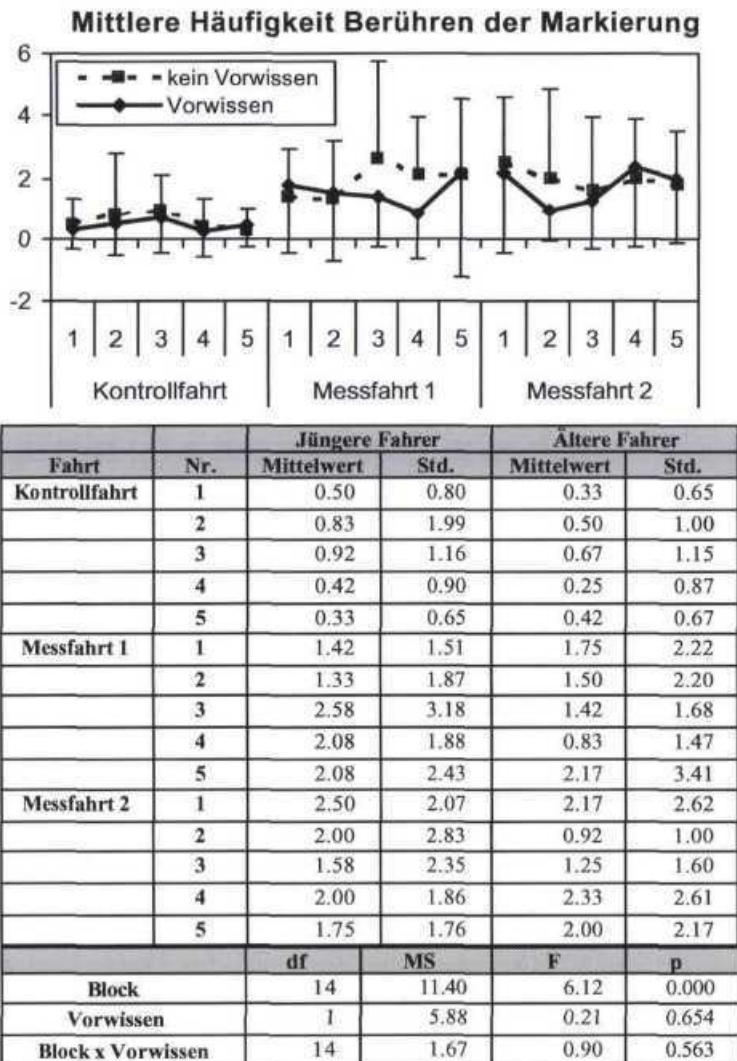


Abbildung 7-34: Mittlere Häufigkeit des Verlassens des 80cm-Spurkanals der älteren Probanden mit Vorwissen („mit“) vs. ohne Vorwissen („ohne“) für den Streckenabschnitt „Landstraße – Freie Fahrt“ (Richtgeschwindigkeit 100 km/h) über die Kontrollfahrt ohne Menübedienung und die beiden Messfahrten mit Menübedienung. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichungen plus den Split-Plot Varianzanalysen mit den Faktoren „Block“ (Abschnitt 1 bis Abschnitt 15) und „Vorwissen“ (ja vs. nein).

7.4.4 Zusammenfassung

In dieser Studie konnte gezeigt werden, dass das Alter einen nicht unerheblichen Einfluss auf den Kompetenzerwerb für Menüsysteme sowohl unter „Single Task“-Bedingungen (d.h. an einem Bildschirmarbeitsplatz) als auch unter „Dual Task“-Bedingungen (d.h. während der

Fahrt) hat: bei älteren Systemnutzern (Alter: > 55 Jahre) ist die Bediengeschwindigkeit deutlich gegenüber der jüngeren Nutzergruppe (Alter: 18 – 30 Jahre) verringert. Mit hinreichender Übung verschwinden die Alterseffekte hinsichtlich der Bediengüte. Ältere Nutzer machen insbesondere zu Beginn des Systemkontakts bei der Auswahl einer Menüfunktion mehr Fehler. Dies ist vor allem auf die gewählte Versuchsanordnung zurückzuführen, in der den Probanden Aufgaben gestellt wurden, die im Umgang mit dem Menüsystem zu erledigen waren. Daher ist dieser Auswahlfehler gegebenenfalls auf die Art der Versuchsanordnung zurückzuführen. Bedeutsam ist demgegenüber die höhere interindividuelle Varianz bei den älteren Systemnutzern, d.h. es gibt für die ältere Versuchsgruppe stärkere Unterschiede zwischen den Personen als für die jüngere Versuchsgruppe.

Insbesondere ältere Nutzer haben Probleme mit einer Verschränkung von Fahrzeugführung und Menübedienung. Obwohl ältere Probanden unter „Dual Task“-Bedingungen (d.h. bei Menübedienung während der Fahrt) bereits geringere mittlere Fahrgeschwindigkeiten und weniger Aufgaben im Menüsystem während der Fahrt bearbeiten, reichen diese Kompensationsbemühungen nicht aus, um ein Verlassen des 80cm-Spurkanals zu verhindern.

Die Alterseffekte nehmen mit zunehmender Übung in der Menübedienung ab, die älteren Nutzer erreichen im untersuchten Zeitfenster hinsichtlich der Bediengeschwindigkeit dennoch nicht das Leistungsniveau der jüngeren Probanden. Es bleibt somit festzuhalten, dass auch ältere Systemnutzer den Umgang mit Menüsystemen erlernen können. Es stellt sich aber das Problem des erhöhten Lernaufwands zu Beginn des Systemkontakts und des auch nach einer längeren Lernphase geringeren Leistungsniveaus im Umgang mit dem Menüsystem bzw. in der Verschränkung der Menübedienung mit der Fahrzeugführung.

Als günstig für eine Abschwächung der Alterseffekte auf die Menübedienung bzw. auf die Verschränkung von Fahraufgabe und Menübedienung erweist sich das Vorwissen der Systemnutzer. Haben ältere Nutzer bereits Vorerfahrung im Umgang mit Menüsystemen, so schwächen sich o.g. Alterseffekte deutlich ab. Sowohl unter „Single Task“- als auch „Dual Task“-Bedingungen wirkt sich insbesondere für ältere Systemnutzer Vorwissen günstig aus. Hieraus ergibt sich die Empfehlung, insbesondere für ältere Systemnutzer Instruktionsmethoden (inklusive des aktiven Einübens der Menübedienung) anzubieten bzw. auf das Vorwissen von Nutzern aus der Bedienung von Mobiltelefonen oder Computern aufzubauen.

Für die vorliegende Studie ist abschließend auf zwei methodische Probleme hinzuweisen. Zunächst ist festzustellen, dass im Umgang mit dem FIS während der Messfahrten interindividuell unterschiedlich viele Aufgaben bearbeitet werden. So bearbeiten die jüngeren Probanden deutlich mehr Aufgaben während der Fahrzeugführung als die älteren Fahrer. Hierdurch ist (streng genommen) die Bewertung des Alterseffekts in den Versuchsabschnitten der zweiten Sitzung nur eingeschränkt möglich. Es ist davon auszugehen, dass aufgrund der geringeren Anzahl bearbeiteter Aufgaben der älteren Probanden und der daraus resultierenden geringeren Erfahrung im Umgang mit dem Menüsystem die Alterseffekte gegebenenfalls überschätzt werden. In ihrer Richtung bleiben die Befundmuster hingegen erhalten.

Zudem ergibt sich das Problem, dass das Vorwissen der Probanden im Umgang mit Menüsystemen stark alterskorreliert ist. Dies bedeutet, dass jüngere Probanden deutlich mehr Erfahrung im Umgang mit Mobiltelefonen und Computern haben als ältere Probanden. Daher sind die beschriebenen Alterseffekte nicht ausschließlich auf das kalendarische oder psychische Alter der untersuchten älteren Probanden zurückzuführen, sondern (zumindest teilweise) auf

die alterskorrelierte Erfahrung im Umgang mit Menüsystemen. Aber auch unter einer Kontrolle dieses methodischen Problems ist nicht zu erwarten, dass ältere Systemnutzer ähnliche Bedienleistungen zeigen wie jüngere Systemnutzer (siehe Kap. 7.4.3.3 zum Einfluss des Vorwissens auf die Menübedienung).

7.5 Zusammenfassung und Diskussion

Zusammenfassend ergeben sich aus den dargestellten Untersuchungen zu den Auswirkungen des Kompetenzerwerbs für menügesteuerte Informationssysteme auf die Fahrsicherheit sieben Hauptaussagen:

- (1) Insbesondere zu Lernbeginn kommt es zu Interferenzen zwischen Fahrzeugführung und Bedienung des Informationssystems. Mit zunehmender Erfahrung in der Menübedienung und Verschränkung der beiden Aufgaben verringern sich diese gegenseitigen Leistungseinbußen. Übungsbedingte Leistungssteigerungen finden dabei vor allem auf Seiten der Menübedienung statt.
- (2) Mit zunehmendem Alter kommt es zu Leistungseinbußen in der Bediengeschwindigkeit eines Informationssystems, wohingegen die Bediengüte trainiert werden kann. Diese Unterschiede gegenüber jüngeren Systemnutzern wirken sich zu Beginn des Systemkontakts in einem höheren Lernaufwand aus und nehmen übungsbedingt ab. Auch nach längerem Systemkontakt bleiben Leistungsunterschiede erhalten.
- (3) Das Vorwissen der Systemnutzer wirkt sich günstig auf die Bedienung des Informationssystems aus. Insbesondere bei älteren Nutzern können durch das Vorwissen altersbedingte Leistungsunterschiede abgeschwächt werden.
- (4) Für Informationssysteme im Fahrzeug ist auf tiefe Menüstrukturen zurückzugreifen. Von tiefen Menüsystemen geht eine geringere visuelle Beanspruchung der Fahrzeugführer aus, so dass diese Systeme besser mit der Fahraufgabe verschränkt werden können. Tiefe Menüstrukturen sind unabhängig vom Lernstatus von Vorteil.
- (5) Für die Bedienung von Informationssystemen im Fahrzeug ist möglichst nur die aktuelle Menüebene darzustellen, auf weitere Informationen des Menüsystems (z.B. zu übergeordneten Menüebenen) sollte verzichtet werden. Die hieraus resultierende geringere visuelle Beanspruchung der Fahrer führt vor allem zu Lernbeginn zu geringeren Interferenzen zwischen Fahrzeugführung und Menübedienung.
- (6) Für die Ausgestaltung des Bedienelements ist auf eine Bedienvariante zurückzugreifen, die die Bedienhandlungen „Blättern innerhalb einer Menüebene“ und „Wechseln zwischen den Ebenen“ separat abbildet. Ein solches Bedienelement ist unabhängig von der Erfahrung in der Menübedienung als günstig zu bewerten.
- (7) Zur Abschätzung der Auswirkungen des Kompetenzerwerbs für Informationssysteme auf die Fahrsicherheit müssen Forschungsumgebungen geschaffen werden, die den Rahmenbedingungen (d.h. „Dual Task“-Situation) des Fahrzeugs entsprechen.

Besonders hervorzuheben bleibt das Ergebnis, dass sich die Befundmuster zum Kompetenzerwerb für Informationssysteme unter „Single Task“-Bedingungen (d.h. an einem Bildschirmarbeitsplatz) in Situationen, die der realen Situation der Menübedienung während der Autofahrt ähnlich sind (sog. „Dual Task“-Situation), teilweise umdrehen. Es konnte beispielsweise

in der Studie „Menüstruktur“ gezeigt werden, dass für die Bedienung von Informationssystemen im stehenden Fahrzeug breite Menüstrukturen zu empfehlen sind, wohingegen während der Fahrt tiefe Menüstrukturen sich als günstig erwiesen. Ähnlich wurde in der Studie „Bedienmodell“ dargelegt, dass während der Fahrt eine Ebenendarstellung (d.h. Darstellung der aktuellen Menüebene, auf der sich der Nutzer gerade befindet) gegenüber einer Darbietungsvariante überlegen ist, in der simultan möglichst viele Informationen (z.B. zu übergeordneten Menüebenen) dargestellt werden. Während der Fahrt ist folglich eine Ebenendarstellung zu empfehlen. Im stehenden Fahrzeug ist die Art der Systemdarstellung demgegenüber von untergeordneter Bedeutung.

In „Dual Task“-Situationen, in denen eine visuell beanspruchende Primäraufgabe (hier: Fahrzeugführung) vorliegt, ist es somit günstig, wenn die vom Menüsystem ausgehende visuelle Beanspruchung möglichst gering ist. Diese Befunde stehen im Einklang mit bestehenden Modellen zur Vorhersage von Interferenzen in „Dual Task“-Situationen (z.B. Broadbent, 1958; Kahneman, 1973; Moray, 1967; Wickens, 1980, 1984). Mit zunehmender Übung im Umgang mit dem Informationssystem und einer Optimierung der Steuerung von Aufmerksamkeits- oder anderer zentraler Ressourcen bei der Aufgabenbearbeitung (Guski & Bosshardt, 2001) kommt es schließlich zu einer Minimierung der Interferenzen.

Hieraus ergeben sich Empfehlungen für die Konstruktion von Menüsystemen: Ein unter „Single Task“-Bedingungen zu bedienendes Menüsystem sollte mit minimalem antizipativen Handlungsaufwand benutzt werden können. Als diesbezüglich günstig zu nennen sind z.B. breite Menüstrukturen oder die Darstellung möglichst vieler Informationen über das Menüsystem (z.B. in Form der sog. Menüdarstellung). Unter „Dual Task“-Bedingungen sind hingegen Menüstrukturen zu empfehlen, die optimal mit der jeweiligen Primäraufgabe zu verschränken sind. Für den Fahrkontext bedeutet dies, Menüvarianten zu wählen, von denen eine minimale visuelle Beanspruchung ausgeht. Wie die vorliegenden Studien zeigen, sind hier insbesondere tiefe Menüstrukturen und Ebenendarstellungen (d.h. Darbietung von Informationen der aktuellen Menüebene) als günstig zu beurteilen.

Zusätzlich ist zu fordern, dass ein „usability testing“ im Rahmen der Systemkonstruktion möglichst nah an der realen Benutzungssituation durchzuführen ist. Menüsysteme, die z.B. während der Fahrt bedienbar sein sollen, sind demzufolge in fahrkontextnahen Szenarien zu überprüfen. Klassische „Usability Labs“ im Sinne einer „Single Task“-Laborumgebung werden dem realen Kompetenzerwerb in einer „Dual Task“-Situation nicht gerecht.

8 KOMPETENZERWERB UND WERKZEUGE

8.1 Einleitung

Eine Zielstellung dieses Projekts ist die Entwicklung von Methoden (sog. Werkzeugen) zur Analyse des notwendigen Lernaufwands sowie zur Feststellung des aktuellen Lernzustands in menügesteuerten Informationssystemen. Diese Werkzeuge sollten entwickelt, gesammelt, im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen empirisch geprüft und schließlich hinsichtlich ihrer Brauchbarkeit zur Vorhersage und Abbildung des Kompetenzerwerbs in einem Informationssystem bewertet werden. Hieraus sollte eine Sammlung von zu empfehlenden Werkzeugen resultieren (sog. Tool-Set; für eine ausführliche Darstellung siehe Zwischenbericht, Totzke & Krüger, 2003). An dieser Stelle soll in einer kurzen Übersicht auf die Grundgedanken des Tool-Sets (siehe Kap. 8.2) und grundsätzliche Probleme in der Verwendung dieser Werkzeuge eingegangen werden (siehe Kap. 8.3).

8.2 Sammlung von Methoden: Tool-Set

Grundgedanke des sog. Tool-Sets war die Sammlung und Bewertung verschiedener Verfahren zur Vorhersage und Abbildung des Kompetenzerwerbs für Informationssysteme. Diese Verfahren sollen bereits während der Systemgestaltung Aussagen ermöglichen, inwiefern

- Eigenschaften des Menüsystems mit einem günstigen bzw. ungünstigen Lernaufwand und Lernerfolg einhergehen und
- Nutzermerkmale den Lernaufwand und Lernerfolg in einem Menüsystem beeinflussen.

Es wurden Verfahren herangezogen, die einerseits den durch die Systemeigenschaften bedingten Lernaufwand und Lernerfolg, andererseits lernrelevante Nutzermerkmale erfassen.

Basierend auf dem Rahmenkonzept dieses Projekts wird angenommen, dass im Umgang mit Informationssystemen sowohl begriffliche, räumliche als auch motorische Repräsentationen aufgebaut werden und somit eine Mehrfachkodierung des Lerninhalts stattfindet (siehe Kap. 4.1.2). Daraus ist abzuleiten, dass sich der Lernaufwand und Lernerfolg eines Systems über jeden der genannten Aspekte mitbestimmt: Sowohl die semantische Struktur des Systems als auch dessen räumliche und motorische Aspekte beeinflussen den Lernaufwand und sind für mögliche Lernprobleme mitverantwortlich. Zusätzlich ergibt sich, dass die Förderung einer Mehrfachkodierung durch das System mit einer höheren Lernleistung einhergeht.

Daher wurden in diesem Projekt für die genannten Repräsentationsformen empirische Verfahren konzipiert und eingesetzt, um den Kompetenzerwerb vorherzusagen bzw. zu bestimmen. Tabelle 8-1 gibt einen Überblick über die in diesem Zusammenhang verwendeten Verfahren.

Tabelle 8-1: Übersicht über Verfahren zur Erfassung des durch Systemmerkmale bedingten Lernaufwands (links: Untersuchte Repräsentationsform, Mitte: Verfahren) und Studien, in denen Verfahren zum Einsatz kamen (rechts).

Repräsentationsform	Verfahren	Studie
Begriffliche Repräsentation	Manuelle Wahlreaktionsaufgabe	Raumschiff-System I
	Dominanz-Paarvergleich	System sinnloser Silben
	Kartensortieren	Raumschiff-System II
Räumliche Repräsentation	Visuelle Analogskala	Raumschiff-System I Menüstruktur
	Visuelles Analogfeld	Bedienmodell
Motorische Repräsentation	Bedienfehler	Raumschiff-System I Bedienmodell

Zusätzlich wurde im Rahmenkonzept formuliert, dass auch Nutzermerkmale für den Kompetenzerwerb für Informationssysteme von Bedeutung sind (siehe Kap. 4.1.3). Als Ergebnis einer Literaturanalyse ergeben sich zusammenfassend folgende diagnostische Kriterien, die als Prädiktoren für die Lern- und Gedächtnisleistung herangezogen werden können:

- **Personenmerkmale („Traits“):** Kognitive Leistungsfähigkeit, Kognitive Stile, Lernfähigkeit, Motivation
- **Situationsmerkmale („States“):** Stimmung
- **Lernbereichsspezifisches Vorwissen**

Es wurden diagnostische Verfahren zu o.g. Bereichen der Personen- und Situationsmerkmale eingesetzt (für eine Übersicht siehe Tabelle 8-2). Zusätzlich wurden den Probanden Fragen zum lernbereichsspezifischen Vorwissen gestellt. Da diese Befragung jeweils in Abhängigkeit des im Versuch angesprochenen Themenbereichs konstruiert wurde, wird auf eine Darstellung an dieser Stelle verzichtet.

Bei einem Einsatz dieser Werkzeuge konnte beispielsweise in der Studie „Raumschiff-System I“ gezeigt werden, dass der notwendige Lernaufwand bei begrifflich eindeutigen bzw. nicht-eindeutigen Menüinhalten bereits durch Verfahren (wie z.B. eine einfache Wahlreaktionsaufgabe) vorhergesagt werden kann, wenn kein Kontakt mit dem zu bedienenden Informationssystem stattfand (siehe Kap. 6.2.2.2). In der Studie „Raumschiff-System II“ wurde mittels der Abfrage des Vorwissens durch ein Kartensortierverfahren belegt, dass bei einer Passung von Vorwissen und Systemwissen der Lernaufwand minimal ist. Bei einer nicht-optimalen Passung von Vorwissen und Systemwissen werden zwar adäquate Wissensstrukturen aufgebaut. Diese zerfallen jedoch bei einer längeren Bedienpause wieder, so dass sie dann erneut aufgebaut werden müssen (siehe Kap. 6.4.2.2).

Tabelle 8-2: Übersicht über Verfahren zur Erfassung des durch Nutzermerkmale bedingten Lernaufwands (links: Untersuchtes Diagnostisches Kriterium, rechts: Verfahren (in Klammern: Art der Verfahrensform)).

Diagnostisches Kriterium		Verfahren
Kognitive Leistungsfähigkeit	Kogn. Leistungsgeschwindigkeit	Zahlen-Verbindungs-Test (Oswald & Roth, 1997; Test)
	Verbale Fähigkeiten	Gemeinsamkeiten (Untertest IST2000R; Amthauer, Brocke, Liepmann & Beauducel, 2001; Test)
Kognitiver Stil		Kontrollüberzeugungen im Umgang mit Technik (Beier, 1999; Fragebogen)
Lernfähigkeit	Räumliches Lernen	Stadtplan (Subtest Lern- und Gedächtnistest LGT-3; Bäumler, 1974; Test)
	Sprachliches Lernen	Türkisch (Subtest Lern- und Gedächtnistest LGT-3; Bäumler, 1974; Test)
		Verbale Merkfähigkeit (Grundmodul Merkaufgaben IST2000R; Amthauer et al. 2001; Test)
Lernprofil	Multidimensionales Lernprofil (Paulus, 1999; Fragebogen)	
Motivation		Einstellung gegenüber Computern (dt. Kurzversion, basierend auf Nickell & Pinto, 1986; Fragebogen)
		Computer-Angst (dt. Kurzversion, basierend auf Heinssen et al., 1987; Miller & Rainer, 1995; Fragebogen)
		Computer-Selbstwirksamkeit (dt. Kurzversion, basierend auf Murphy, Coover & Owen, 1989; Fragebogen)
Stimmung		Zustand (Semantisches Differenzial, Fragebogen)
		Zustand (Kurzbefragung, mündliche Befragung)

8.3 Problemkreise in der Verwendung von Werkzeugen

Beim Einsatz der beschriebenen Werkzeuge ergaben sich einige Probleme, die anhand dreier Problemkreise im Folgenden kurz angesprochen werden sollen. Als zentrale Problemkreise sind zu nennen:

- (1) Subjektive Verfahren vs. Menübedienung
- (2) Objektive Verfahren vs. Menübedienung
- (3) „Single-Task“-Bedingung vs. „Dual Task“-Bedingung

8.3.1 Subjektive Daten vs. Menübedienung

In jeder empirischen Studie erfolgte parallel zur Erhebung der Bedienleistungen und zum Einsatz verschiedener Werkzeuge des sog. Tool-Sets zur Vorhersage bzw. Abbildung des Kompetenzerwerbs eine Befragung der Probanden. In diesen Befragungen sollte von den Probanden u.a. die subjektive Anstrengung, Schwierigkeit, Beanspruchung sowie Leistungsgüte angegeben werden. Zusammenfassend zeigte sich, dass die mittels objektiver Maße festgehaltenen Leistungszuwächse im Umgang mit dem jeweiligen Menüsystem auf subjektiver Ebene nicht mit spezifischen Veränderungen einhergehen. In der Studie „Raumschiff-System I“ traten beispielsweise erhebliche Leistungsverbesserungen im Umgang mit dem Menüsystem auf (z.B. Abnahme der Mittleren Navigationszeit um ca. 53%), in der Beurteilung der Bedienleistung seitens der Probanden wird diese objektive Leistungssteigerung jedoch kaum realisiert und abgebildet (für eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse siehe Kap. 5.2).

Dies ist u.a. auf die Unterschiede in der Datenebene der angesprochenen Verfahren zurückzuführen. Während in den objektiven Maßen zur Beschreibung der Bedienleistung bzw. des aktuellen Lernstatus spezifische Informationen erhoben werden, gehen in die Beurteilung der Leistung, Beanspruchung, Schwierigkeit einer Aufgabe seitens der Probanden vielmehr globale Bewertungskriterien ein. Sollen dennoch subjektive Verfahren zur Vorhersage bzw. Abbildung des Kompetenzerwerbs in Informationssystemen herangezogen werden, so ist daher auf Befragungsvarianten zurückzugreifen, die ähnlich spezifisch sind wie die Erfassung des Lernstatus durch objektive Verfahren.

8.3.2 Werkzeug vs. Menübedienung

Ähnlich ergeben sich zum Teil nur geringe Übereinstimmungen in der Vorhersage bzw. Abbildung des Kompetenzerwerbs für Informationssysteme zwischen den eingesetzten objektiven Verfahren (sog. Werkzeuge) und der tatsächlichen Bedienleistung im Umgang mit dem System. Für eine Übersicht über verschiedene Werkzeuge siehe Tabelle 8-2.

Zu diesen Werkzeugen gehören beispielsweise Kartensortierverfahren, die u.a. in der Studie „Raumschiff-System II“ eingesetzt wurden. In dieser Studie wurde gezeigt, dass die Aussagen zum Lernaufwand in Abhängigkeit des Vorwissens von Systemnutzern sowohl für das Kartensortierverfahren als auch für die Bedienung des Menüsystems gelten. Der Vergessenseffekt über eine längere Lernpause ergibt sich demgegenüber nur für das Kartensortierverfahren (siehe Kap. 6.4.2.2). Dieses Verfahren wird u.a. zur Umsetzung der Grundsätze zur HMI-Gestaltung seitens der ISO-Norm DIN EN ISO 13407 (1999) empfohlen. Dennoch ist dieses Verfahren nur bedingt zur Vorhersage des Kompetenzerwerbs für Menüsysteme geeignet. Dies ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass Kartensortierverfahren und Menübedienung unterschiedliche Anforderungen an die Person stellen. So liegen im Rahmen der Menübedienung stets Informationen über die begriffliche Struktur vor, da im Menüsystem die aktuelle und (falls vorhanden) alle übergeordneten Menüebenen dargestellt werden. Während des

Kartensortierens liegen hingegen nur die Menübereiche der ersten Menüebene den Probanden vor (z.B. ausgebreitet auf einem Tisch). Somit sind seitens der Versuchsanordnung beim Kartensortieren weniger Informationen über die begriffliche Struktur des Menüsystems verfügbar als bei der Menübedienung.

8.3.3 „Single Task“-Bedingung vs. „Dual Task“-Bedingung

Basierend auf den vorliegenden Ergebnissen ist ferner zu empfehlen, dass zur Abschätzung der Auswirkungen des Kompetenzerwerbs für Informationssysteme auf die Fahrsicherheit Forschungsumgebungen geschaffen werden müssen, die den Rahmenbedingungen des Fahrzeugs entsprechen. In den Studien „Bedienmodell“ (siehe Kap. 6.5 und 7.3) und „Menüstruktur“ (siehe Kap. 6.6 und 7.2) wurde gezeigt, dass unter „Single Task“-Bedingungen (d.h. Bedienung des Menüsystems an einem Bildschirmarbeitsplatz) gewonnene Ergebnisse nicht ohne weiteres auf „Dual Task“-Situationen (d.h. Bedienung des Menüsystems bei gleichzeitiger Bearbeitung einer Trackingaufgabe) übertragbar sind. Teilweise drehen sich die berichteten Ergebnismuster sogar um.

In der Studie „Menüstruktur“ ergab sich z.B., dass unter „Single Task“-Bedingungen das breite Menü (bei einer ähnlichen Bediengüte) schneller bedient wird als das tiefe Menü. In einer „Dual Task“-Situation schneidet demgegenüber das tiefe Menü hinsichtlich Bediengeschwindigkeit und visueller Beanspruchung besser ab. Aus der größeren Informationsmenge, die im breiten Menü simultan auf dem Bildschirm dargeboten wird, resultiert eine höhere Beanspruchung des Systemnutzers, so dass im Umgang mit breiten Menüs unter „Dual Task“-Bedingungen stärkere Interferenzen zwischen Fahrzeugführung und Systembedienung auftreten.

Ähnlich wurde in der Studie „Bedienmodell“ dargelegt, dass die Menge der dargestellten Informationen in einer „Single Task“-Situation weitgehend unerheblich für den Kompetenzerwerb ist. So schneiden Menüdarstellungen (d.h. die simultane Darstellung möglichst vieler Menüebenen) hinsichtlich Bediengeschwindigkeit und -güte ähnlich ab wie Ebenendarstellungen, in der nur die aktuelle Menüebene dargestellt wird. Während der Fahrt („Dual Task“-Situation) ist demgegenüber gerade die letztgenannte Darstellungsvariante zu empfehlen. Die bessere Verschränkbarkeit von Menübedienung und simultaner Bearbeitung einer Trackingaufgabe scheint hierfür verantwortlich zu sein.

Daher ist zu fordern, dass ein „usability testing“ im Rahmen der Systemkonstruktion möglichst nah an der realen Benutzungssituation durchzuführen ist. Menüsysteme, die z.B. während der Fahrt bedienbar sein sollen, sind in fahrkontextnahen Szenarien zu überprüfen. Klassische „Usability Labs“ im Sinne einer „Single Task“-Laborumgebung werden dem realen Kompetenzerwerb in einer „Dual Task“-Situation oft nicht gerecht.

9 ZUSAMMENFASSUNG UND DISKUSSION

9.1 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Aufgabenstellung dieses Projekts (durchgeführt im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen und Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V.) war eine Prozessdarstellung des Lernverlaufs im Hinblick auf die Interaktion mit menügesteuerten Informationssystemen im Fahrzeug und seiner Bedingungen. Hierzu zählen die Darstellung des Verlaufs des Fertigkeitserwerbs, der Bedeutung von förderlichen und hinderlichen Bedingungen des Erwerbs sowie die Kompatibilität des Fertigkeitserwerbs mit der Fahraufgabe. Aus diesen Analysen, die an experimentellen menügesteuerten Informationssystemen durchgeführt wurden, ergeben sich Methoden der Überprüfung des Lernaufwands und Lernerfolgs, aus denen sich wiederum Empfehlungen zur optimalen Instruktion und Gestaltung des Lernprozesses ableiten lassen.

Hieraus resultierten zwei Zielrichtungen des Projekts:

- (1) Optimierung der Systemgestaltung unter dem Gesichtspunkt der Erlernbarkeit in Abhängigkeit von Nutzermerkmalen
- (2) Identifikation von Sicherheitsrisiken beim Lernprozess in Abhängigkeit von Systemeigenschaften und Nutzermerkmalen

Dieses Projekt thematisiert somit die Möglichkeit, bereits während der Systemgestaltung den Kompetenzerwerb für ein Informationssystem zu berücksichtigen und Kriterien zu entwickeln, die den Lernaufwand des Benutzers vorhersagen. Wesentliches Ziel ist also die Vorverlagerung der Lernproblematik in den Entwicklungsprozess.

9.2 Abbildung des Kompetenzerwerbs

Zusammenfassend ergibt sich zum Kompetenzerwerb für menügesteuerte Informationssysteme, dass Bediengeschwindigkeit und -qualität dem Potenzgesetz der Übung folgen: Während zu Beginn des Systemkontakts deutliche Leistungszuwächse hinsichtlich Bediengeschwindigkeit und -güte nachzuweisen sind, werden diese mit zunehmender Übung geringer. Diese starken Leistungszuwächse zu Lernbeginn sind insbesondere auf eine Abnahme der relativen Häufigkeit von Orientierungs- und Bedienfehlern zurückzuführen. Die relative Häufigkeit von Flüchtigkeitsfehlern steigt dagegen übungsbedingt an. Mit zunehmender Übung beeinflusst die Bediengeschwindigkeit in einem stärkeren Maße die Bedienleistung. Wird nach einer längeren Pause (z.B. eine Woche) das Menüsystem erneut bedient, so bleibt die Bediengeschwindigkeit weitgehend erhalten. Es treten vermehrt Orientierungsfehler auf, was als Vergessen einzelner Unterbegriffs-Oberbegriffs-Relationen interpretiert werden kann. Bedienfehler treten nur zu Beginn des Systemkontakts auf. Wurde der Umgang mit dem Bedienelement einmal verstanden, so wird die Art der Bedienung auch nach einer längeren Lernpause noch erinnert.

Beim Umgang mit Menüsystemen sind zwei sequenziell ablaufende Prozesse der Verhaltenssteuerung wirksam: Antizipative Aspekte der Handlungsvorbereitung und -initiierung sowie exekutive Aspekte der Handlungsdurchführung und -kontrolle. Zu Beginn einer Bedienhandlung orientieren sich die Nutzer, an welcher Stelle im Menü sie sich befinden, welche Informationen seitens des Systems gegeben werden und welche Bedienhandlungen notwendig sind, um eine Menüfunktion zu erreichen. Nach einer solchen Phase der Handlungsvorbereitung und -initiierung kommt es im Rahmen der Handlungsdurchführung und -kontrolle beim „Blättern innerhalb einer Menüebene“ zu einem schnellen Ansteuern der gewünschten Menüfunktion bzw. beim „Wechseln zwischen den Ebenen“ zu einem raschen Ansteuern der gewünschten Menüebene. Der Kompetenzerwerb für Menüsysteme wirkt sich insbesondere auf die antizipativen Aspekte der Handlungsvorbereitung und -initiierung aus, exekutive Aspekte der Handlungsdurchführung und -kontrolle bleiben vom Kompetenzerwerb weitgehend unbeeinflusst.

Unter Berücksichtigung vorliegender Befunde der Lern- und Gedächtnispsychologie kann der Versuch einer Abbildung des Kompetenzerwerbs für Menüsysteme als gelungen bewertet werden. Die in der Literatur berichteten Ergebnisse zum Erwerb von Fertigkeiten können auf den Bereich von menügesteuerten Informationssystemen erweitert werden. Zusätzlich gelang es durch diese empirischen Studien, eine Klassifikation von Fehlern im Umgang mit Menüsystemen zu erstellen.

9.3 Kompetenzerwerb als multikodierter Prozess

Beim Umgang mit einem menügesteuerten Informationssystem werden begriffliche, räumliche und motorische Wissensstrukturen bzw. Repräsentationen aufgebaut. Hinsichtlich des begrifflichen Wissens sind zwei Aspekte, die für den Kompetenzerwerb von Bedeutung sind, zu unterscheiden:

- (1) Erkennen der Inhaltsstruktur
- (2) Erlernen der Unterbegriffs-Overbegriffs-Relationen

Für eine erfolgreiche Systembedienung muss der Nutzer zunächst realisieren, welche Inhalte das Menüsystem umfasst (z.B. Kommunikation, Bordcomputer, Klimaanlage). Die Lerneffizienz ist dadurch zu Beginn des Lernprozesses relativ hoch und nimmt dann mit zunehmender Übung ab. Hieraus ergibt sich für die Konstruktion von Menüsystemen die Forderung, auf die begriffliche Auswahl von Menüfunktionen ein besonderes Augenmerk zu richten. Erst danach werden vom Nutzer spezifische hierarchische begriffliche Zuordnungen von Unterbegriffen zu Begriffen in übergeordneten Menüebenen erlernt (sog. Überbegriffs-Unterbegriffs-Relationen; z.B. „Kommunikation – Anrufen – Adressbuch“). Dies geschieht zunächst über das Erlernen der „Nachbarn“, d.h. Inhalte desselben Menübereichs auf einer Ebene. Mit Zeitversatz gelingt auch das Erlernen der „Vorgesetzten“ (d.h. übergeordnete Inhalte auf höheren Menüebenen eines Menübereichs). Besteht beim Systemnutzer bereits adäquates Vorwissen, so ergibt sich kein Lernaufwand für das Erlernen der begrifflichen Hierarchien. Kein Vorwissen bzw. ein nicht-adäquates Vorwissen führt hingegen zu einem erhöhten Lernaufwand und nach längeren Lernpausen zu einer höheren Wahrscheinlichkeit des Vergessens dieser Wissensstrukturen.

Zusätzlich erwerben Nutzer im Umgang mit einem Menüsystem eine räumliche Repräsentation des Systems. In dieser Repräsentation ergibt sich eine Gruppierung der Systeminhalte („Cluster“), die an den Menübereichen der ersten Ebene orientiert ist. Die räumliche Repräsentation ist über eine Lernpause von einer Woche weitgehend stabil. Veränderungen der räumlichen Positionen der Menüfunktionen (z.B. bei sog. adaptiven Menüsystemen, bei denen die Position von Menüfunktionen in Abhängigkeit der Häufigkeit ihres Ansteuerns variiert wird) gehen mit Einbußen in der Navigationsleistung einher. Dieser Befund unterstützt die Bedeutung der räumlichen Repräsentation für die Navigation in Menüsystemen.

Schließlich werden motorische Informationen im Umgang mit dem System erworben, die in Form motorischer Repräsentationen gespeichert werden. Von Bedeutung sind:

- (1) Erlernen der unmittelbaren Konsequenzen der eigenen Handlungen
- (2) Sensumotorische Optimierung des Umgangs mit dem Bedienelement bis hin zu einer (Teil-) Automatisierung der motorischen Handlungssequenz

Zu Beginn des Systemkontakts muss der Nutzer zunächst erkennen, dass die Betätigung des Bedienelements mit einer spezifischen Systemreaktion einhergeht (z.B. „Bedienelement nach oben drücken“ bedeutet, in der dargestellten Menüliste nach oben in Richtung Listenanfang zu gehen). Für die Ausgestaltung des Bedienelements wurde gezeigt, dass eine Bedienvariante zu wählen ist, die die Bedienhandlungen „Blättern innerhalb einer Ebene“ und „Wechseln zwischen den Ebenen“ separat abbildet. Schließlich wird der sensumotorische Umgang mit dem Bedienelement optimiert bis hin zu einer (Teil-)Automatisierung der motorischen Handlungssequenz (z.B. „Um zum Telefon zu gelangen, muss ich 3 mal runter und 2 mal rechts gehen“).

Der Kompetenzerwerb für Menüsysteme ist folglich als multikodierter Prozess zu bezeichnen, in dem begriffliche, räumliche und motorische Wissensstrukturen aufgebaut werden. Die Unterstützung dieser Repräsentationen führt zu einem schnellen und erfolgreichen Erlernen von Menüsystemen, wohingegen die Störung der Repräsentationen den Kompetenzerwerb negativ beeinflusst.

9.4 Bedeutung von Systemmerkmalen

Auf Seite der Systemmerkmale wurden drei zentrale Gestaltungsmerkmale hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf den Kompetenzerwerb für menügesteuerte Informationssysteme untersucht: Menüstruktur, Ausgestaltung des Bedienelements und Systemdarstellung.

In Übereinstimmung mit vorliegenden Befunden werden breite Menüstrukturen als günstiger für die Bedienleistung (höhere Bediengeschwindigkeit bei einer ähnlichen Bediengüte) bewertet als tiefe Menüstrukturen. Dieser Befund gilt weitgehend unabhängig vom Kompetenzerwerb. Eine mikroanalytische Betrachtung der einzelnen Bedienhandlungen zeigte, dass die Systemnutzer mit breiten und tiefen Menüs weitgehend ähnlich umgehen. Die globalen Unterschiede in der Bedienleistung resultieren somit aus der Tatsache, dass sich strukturbedingt ähnliche Bedienhandlungen unterschiedlich auf die globale Bedienleistung auswirken. Diese Ergebnisse gelten vor allem unter „Single Task“-Bedingungen, also unter alleiniger Bedienung des Menüsystems.

Für die Ausgestaltung des Bedienelements wurde gezeigt, dass eine Bedienvariante zu wählen ist, die die Bedienhandlungen „Blättern innerhalb einer Menüebene“ und „Wechseln zwischen den Ebenen“ separat abbildet. Ein solches Bedienelement ist unabhängig von der Erfahrung im Umgang mit einem Menüsystem als günstig zu bewerten. Die Art der Systemdarstellung (z.B. Darstellung der aktuellen Menüebene und der hierarchisch übergeordneten Ebenen vs. Darstellung ausschließlich der aktuellen Menüebene) ist unter „Single Task“-Bedingungen weitgehend irrelevant.

9.5 Kompetenzerwerb und Fahrsicherheit

Ebenso wurden die Auswirkungen des Kompetenzerwerbs für menügesteuerte Informationssysteme auf die Fahrsicherheit überprüft. Hierzu wurde auf sog. Doppelaufgaben-Paradigmen in der Fahrsimulation mit Bewegungssystem des Würzburger Instituts für Verkehrswissenschaften (WIVW) zurückgegriffen. Zusammenfassend bleibt als Ergebnis dieser Studien festzuhalten:

- (1) Insbesondere zu Lernbeginn kommt es zu Interferenzen zwischen Fahrzeugführung und Bedienung des Menüsystems. Mit zunehmender Erfahrung in der Menübedienung und Verschränkung der beiden Aufgaben verringern sich die gegenseitigen Leistungseinbußen.
- (2) Für Informationssysteme im Fahrzeug ist auf tiefe Menüstrukturen zurückzugreifen, da von diesen eine geringere visuelle Beanspruchung ausgeht. Hierdurch sind diese Systeme besser mit der Fahraufgabe verschränkbar. Insbesondere zu Lernbeginn sind tiefe Menüsysteme vorteilhaft. Auf Seiten der Fahrzeugführung sind für tiefe Menüs geringere Einbußen in der Spurhaltung und geringere Zunahmen in der Häufigkeit sicherheitskritischer Ereignisse zu erwarten, auf Seiten der Menübedienung werden tiefe Menüs mit einer ähnlichen Geschwindigkeit und Güte bedient wie breite Menüs.
- (3) Es ist möglichst nur die aktuelle Menüebene darzustellen, auf weitere Informationen des Menüsystems (z.B. über übergeordnete Menüebenen) sollte verzichtet werden. Die hieraus resultierende geringere visuelle Beanspruchung der Fahrer führt zu Lernbeginn zu geringeren Interferenzen zwischen Fahrzeugführung und Menübedienung.
- (4) Für die Ausgestaltung des Bedienelements ist im Fahrkontext auf eine Bedienvariante zurückzugreifen, die die Bedienhandlungen „Blättern innerhalb einer Ebene“ und „Wechseln zwischen den Ebenen“ separat abbildet. Ein solches Bedienelement ist unabhängig von der Erfahrung in der Menübedienung als günstig zu bewerten.

Unter dem Aspekt der Fahrsicherheit ist es somit günstig, wenn die vom Menüsystem ausgehende visuelle Beanspruchung möglichst gering ist. Diese Befunde stehen im Einklang mit bestehenden Modellen zur Vorhersage von Interferenzen in „Dual Task“-Situationen. Mit zunehmender Übung im Umgang mit einem Informationssystem und einer Optimierung der Steuerung von Aufmerksamkeits- oder anderen zentralen Ressourcen bei der Aufgabenbearbeitung kommt es zu einer Minimierung der Interferenzen zwischen Fahrzeugführung und Menübedienung.

9.6 Bedeutung von Nutzermerkmalen

Sowohl in Versuchen unter „Single Task“-Bedingung (d.h. Bearbeitung des Menüsystems an einem Bildschirmarbeitsplatz) als auch unter „Dual Task“-Bedingung (d.h. Bearbeitung des Menüsystems parallel zu einer Tracking- oder Fahraufgabe) wurde gezeigt, dass mit zunehmender Systemerfahrung interindividuelle Leistungsunterschiede in der Bediengeschwindigkeit und -güte abnehmen. Dementsprechend wirken sich aus Personenmerkmalen resultierende Unterschiede in der Systembedienung vor allem bei Lernbeginn aus. Als relevante Personenmerkmale sind zu nennen: Alter, lernbereichsspezifisches Vorwissen und kognitive Leistungsgeschwindigkeit.

Besonders das Alter der Systemnutzer wirkt sich erheblich auf den Kompetenzerwerb für Informationssysteme und die Fahrsicherheit aus. So bestehen deutliche Alterseffekte in der Bediengeschwindigkeit, die mit zunehmender Übung zwar geringer werden, das Leistungsniveau der Jüngeren wird jedoch nicht erreicht. Auf Seiten der Bediengüte verschwinden die Alterseffekte mit hinreichender Übung. Ältere Nutzer unterscheiden sich zusätzlich interindividuell stärker in der Bedienleistung. Insbesondere ältere Nutzer haben Probleme mit einer Verschränkung von Fahrzeugführung und Menübedienung: Obwohl ältere Nutzer bereits geringere mittlere Geschwindigkeiten bei Fahrten mit Menüsystem wählen und weniger Aufgaben im Menüsystem während der Fahrt bearbeiten als jüngere Nutzer, reichen diese Kompensationsbemühungen nicht aus, um die Spurhaltung aufrecht zu halten. So kommt es bei älteren Fahrern vermehrt zu sicherheitskritischen Ereignissen. Es bleibt somit festzuhalten, dass auch ältere Nutzer den Umgang mit Menüsystemen erlernen können. Für diese Nutzergruppe stellt sich jedoch das Problem des höheren Lernaufwands und des auch nach einer längeren Lernphase geringeren Leistungsniveaus im Umgang mit dem Menüsystem bzw. in der Verschränkung von Fahrzeugführung und Menübedienung.

Als günstig für eine Abschwächung dieser Alterseffekte erweist sich das lernbereichsspezifische Vorwissen der Systemnutzer. Haben ältere Nutzer bereits Vorerfahrungen im Umgang mit Menüsystemen (z.B. aufgrund eigener Erfahrungen mit Computern oder Mobiltelefonen), so schwächen sich o.g. Alterseffekte deutlich ab. Hieraus ergibt sich die Empfehlung, insbesondere für ältere Systemnutzer sog. Instruktionsmethoden (d.h. Verfahren, mittels derer Informationen über das Menüsystem gegeben und/oder die Menübedienung aktiv eingeübt werden können) anzubieten bzw. auf das Vorwissen von Nutzern aus der Bedienung von Mobiltelefonen oder Computern aufzubauen.

9.7 Methoden zur Überprüfung des Lernaufwands und Lernerfolgs

Zusätzlich erfolgte eine Sammlung und Bewertung verschiedener Verfahren zur Überprüfung des Lernaufwands und Lernerfolgs für menügesteuerte Informationssysteme. Diese Verfahren sollen es ermöglichen, bereits während der Systemgestaltung Aussagen zu machen, inwiefern

- Eigenschaften des Menüsystems mit einem günstigen bzw. ungünstigen Lernaufwand bzw. Lernerfolg einhergehen und
- Nutzermerkmale den Lernaufwand und Lernerfolg in einem Menüsystem beeinflussen.

Diese Verfahren wurden zusammenfassend in einem sog. Tool-Set dargestellt. Beim Einsatz der beschriebenen Werkzeuge ergaben sich als zentrale Problembereiche:

- (1) Mittels objektiver Maße festgehaltene Leistungszuwächse in der Menübedienung gehen auf subjektiver Ebene nicht gleichermaßen mit Veränderungen einher.
- (2) Ähnlich ergeben sich zum Teil nur geringe Übereinstimmungen in der Vorhersage bzw. Abbildung des Kompetenzerwerbs für Informationssysteme zwischen den eingesetzten objektiven Verfahren (sog. Werkzeuge) und der tatsächlichen Bedienleistung im Umgang mit dem System.
- (3) Bei einem Vergleich der Ergebnisse von Versuchsreihen unter „Single Task“- und „Dual Task“-Bedingungen wurde gezeigt, dass sich die Befundmuster teilweise umdrehen.

9.8 Lernaufwand und Lernziel im Umgang mit menügesteuerten Informationssystemen

Aus diesen empirischen Ergebnissen lässt sich als Lernziel für den Umgang mit menügesteuerten Informationssystemen zusammenfassend ableiten, dass ein Nutzer

- mit maximaler Geschwindigkeit
- ohne bedeutsame Fehler und
- mit minimaler Aufmerksamkeit

den gewünschten Effekt im System hervorrufen kann. Als Empfehlungen für die Konstruktion von menügesteuerten Informationssystemen im Fahrzeug ergibt sich hieraus:

- Unter „Single Task“-Bedingungen sind Menüsysteme zu empfehlen, die mit minimalem antizipativem Aufwand zur Verhaltenssteuerung bedient werden können (z.B. breite Menüstrukturen, Darstellung möglichst vieler Informationen über das Menüsystem).
- Unter „Dual Task“-Bedingungen sind Menüsysteme zu empfehlen, die optimal mit der jeweiligen Primäraufgabe zu verschränken sind. Für den Fahrkontext bedeutet dies, Menüvarianten zu wählen, von denen eine minimale visuelle Beanspruchung ausgeht (z.B. tiefe Menüstrukturen, Darstellungen möglichst weniger Informationen über das Menüsystem).

Als Entscheidungskriterium für Lernaufwand und Lernerfolg eines menügesteuerten Informationssystems ergibt sich hieraus in Abhängigkeit der Bediensituation:

- Als Entscheidungskriterium für Lernaufwand und Lernerfolg in „Single Task“-Situationen dient der Aufwand an Handlungsvorbereitung und -initiierung.
- Als Entscheidungskriterium für Lernaufwand und Lernerfolg in „Dual Task“-Situationen dient ein minimaler integrativer Aufwand der Verhaltenssteuerung, d.h. die optimale Verschränkung von Fahrzeugführung und paralleler Bedienung des Informationssystems.

10 GESTALTUNGSHINWEISE FÜR GESTALTUNG VON INFORMATIONSSYSTEMEN IM FAHRZEUG

Abschließend sollen Empfehlungen zur Gestaltung von Informationssystemen im Fahrzeug unter dem Aspekt der Erlernbarkeit bzw. des Kompetenzerwerbs formuliert werden. Diese Empfehlungen können in vier Problembereiche eingeteilt werden:

- (1) Problembereich „Verhalten des Systemnutzers“
- (2) Problembereich „Repräsentationen des Systemnutzers“
- (3) Problembereich „Prozess der Systemkonstruktion“
- (4) Problembereich „Prozess der Systemevaluation“

Diese Empfehlungen resultieren aus den empirischen Ergebnissen im Rahmen dieses Forschungsprojekts, das im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) und Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. (FAT) durchgeführt wurde. Dementsprechend wird angegeben, auf welche Kapitel dieses Berichts sich die jeweilige Empfehlung bezieht.

10.1 Problembereich „Verhalten des Systemnutzers“

Soll die Ausgestaltung von Informationssystemen unter Berücksichtigung des Verhaltens der Systemnutzer erfolgen, so ist zu fordern, dass dem natürlichen, im Alltag auftretenden Bedienverhalten der Nutzer Rechnung getragen wird. Dabei ist zu unterscheiden zwischen Empfehlungen, die generell (d.h. unabhängig vom Kompetenzerwerb) aus dem Nutzerverhalten resultieren, und Empfehlungen, die ausschließlich aus dieser Erlernbarkeitsfragestellung resultieren. Tabelle 10-1 liefert eine Übersicht über die sich ergebenden Empfehlungen.

Tabelle 10-1: Empfehlungen zur Systemgestaltung unter Berücksichtigung des Verhaltens des Systemnutzers.

Empfehlung	Quelle
Zulassen langer Bedienzeiten (insb. zu Beginn des Systemkontakts)	Kap. 5.2.1
Zulassen von Fehlern mit der Möglichkeit des schnellen Rückgängigmachens, nur kritische Inhalte schützen	Kap. 5.2.2
Kein automatisches Zurückstellen des Cursors auf Default-Positionen	
Aufwändiges Lernen nur für nicht-sicherheitskritische und selten ansteuerbare Funktionen akzeptierbar	

10.2 Problembereich „Repräsentationen des Systemnutzers“

Es wurde gezeigt, dass der Kompetenzerwerb für Informationssysteme als multikodierter Prozess abläuft. Hierunter werden der Aufbau und die Bedeutung von begrifflichen, räumlichen und motorischen Wissensstrukturen im Rahmen des Kompetenzerwerbs verstanden. Die Un-

terstützung dieser Repräsentationen führt zu einem schnellen und erfolgreichen Erlernen von Menüsystemen, wohingegen die Störung der Repräsentationen den Kompetenzerwerb beeinträchtigen wird. Tabelle 10-2 fasst die Empfehlungen zur Gestaltung von Informationssystemen unter Berücksichtigung der Repräsentationen des Systemnutzers zusammen.

Tabelle 10-2: Empfehlungen zur Systemgestaltung unter Berücksichtigung der Repräsentationen des Systemnutzers.

Empfehlung	Quelle
Bedeutungsfeld <ul style="list-style-type: none"> • Möglichst viele Informationen über Bedeutungsfeld des Menüsystems verfügbar machen (z.B. Überblick über Menüsystem mittels Instruktionmethoden, Darstellung des Gesamtsystems via simultane Menüs) • Breite Strukturen überlegen • Optimale Menüorganisation 	<p>6.5.2.3</p> <p>Kap. 6.6.3, 6.3.2.1</p>
Hierarchische Begriffsstruktur <ul style="list-style-type: none"> • Begriffliche Eindeutigkeit • Einfache, verständliche Begriffe • Passung von Vor- und Systemwissen • Orientierung an Nutzerwissen • „Nachbarn“ (Begriffe auf gleicher Menüebene im selben Menübereich) sind wichtig zur Extraktion der Bedeutung neuer Menüinhalte • Oberste und unterste Menüebene entscheidend 	<p>Kap. 6.2.2.2</p> <p>Kap. 6.4.2.2</p> <p>Kap. 6.4.2.2</p> <p>Kap. 6.4.2.2, 7.4.3.1</p> <p>Kap. 6.3.2.2</p> <p>Kap. 6.6.1</p>
Räumliche Repräsentation <ul style="list-style-type: none"> • Ausnutzung von räumlichem Wissen über erste Ebene (und evtl. zweite Ebene) • Konstanthaltung der Positionen (keine Adaptivität) • Ausgrauung bei nicht-aktivierbaren Funktionen • Identische Funktionen an identischen Stellen (z.B. Zurück, Abbrechen, Bestätigen) 	<p>Kap. 6.2.2.3</p> <p>Kap. 6.2.2.4</p> <p>Kap. 6.2.2.4</p> <p>Kap. 6.2.2.4</p> <p>Kap. 6.2.2.4</p>
Motorische Repräsentation <ul style="list-style-type: none"> • Kongruenz Bedienelement mit Systemdarstellung • Unterstützung verschiedener Anteile der Bedienhandlung (Blättern vs. Wechseln) • Erlernen von Bedienregeln ermöglichen: Situationsabhängigkeit der Bedienung vermeiden, Konsistente Bedeutung derselben Bedienhandlung, Erwartungskompatibilität • Anpassung psychomotorischer Muster ermöglichen: Stetigkeit, Linearität, Vorhersehbarkeit, Geringe Totzeiten des Systems, Unterbrechbarkeit 	<p>Kap. 6.5.2.3, 7.3.2.4</p> <p>Kap. 6.5.2.1, 7.3.2.2</p>

10.3 Problembereich „Prozess der Systemkonstruktion“

Schließlich ergeben sich Empfehlungen zum Konstruktionsprozess von Informationssystemen auf Seiten des Systemherstellers. Für die Phase der Systemkonstruktion ist ein mindestens zweistufiges Verfahren zu empfehlen:

- (1) Phase der Identifikation, Sammlung und Auswahl zu integrierender Menüfunktionen
- (2) Empirische Pilotphase zur Überprüfung mit Rekonfiguration des Informationssystems

Während die erste Phase der Identifikation, Sammlung und Auswahl möglicher Menüinhalte insbesondere die sprachlichen Aspekte von menügesteuerten Informationssystemen thematisiert, können im Rahmen der empirischen Pilotphase weitere Aspekte des Informationssystems (z.B. räumliche Positionen, Bedienmodell im Zusammenspiel mit der Systemdarstellung) überprüft werden. In beiden Phasen der Systemkonstruktion ist eine möglichst starke Orientierung an Merkmalen der Zielgruppe des Informationssystems zu empfehlen. Dies umfasst insbesondere die Einbindung von älteren Fahrern bei der Systemkonstruktion.

10.3.1 Identifikation, Sammlung und Auswahl zu integrierender Menüfunktionen

In einer ersten Phase der Systemkonstruktion ist zunächst ein Katalog möglicher Menüinhalte und -funktionen zu erstellen, die in ein zu konstruierendes menügesteuertes Informationssystem integriert werden können. Dieser Katalog ist anschließend unter Einbezug von potenziellen Systemnutzern zu reduzieren. Als mögliche Verfahren sind z.B. Kartensortierverfahren (siehe Kap. 6.4.1.3) zu empfehlen, anhand derer sog. latente Strukturen in unsortierten sprachlichen Listen aufgefunden werden können. Ergebnis von Kartensortierverfahren ist u.a. ein Verständnis für die Kategorisierung und Informationssuche der potenziellen Systemnutzer. Als minimale Stichprobengröße sind $N = 6$ Probanden zu empfehlen, die laut Literatur pro Kartensortierdurchgang nicht mehr als 50 Menüfunktionen sortieren sollen. Es wird empfohlen, neben der Sortierung der Menüfunktionen durch die Probanden zusätzlich deren subjektive Sicherheit bei der Sortierung des entsprechenden Inhalts zu erfassen.

Als Ergebnis dieses oder ähnlicher Verfahren kann der Umfang potenzieller Menüinhalte reduziert werden. Die hieraus resultierende Sammlung von Menüinhalten sollte wiederum hinsichtlich ihrer optimalen begrifflichen Struktur empirisch überprüft und erneut bezüglich ihres Funktionsumfangs reduziert bzw. optimiert werden. Dieses Vorgehen ist so lange zu wiederholen, bis eine optimale begriffliche Struktur des Informationssystems realisierbar scheint.

10.3.2 Empirische Pilotphase und Rekonfiguration des Informationssystems

Auf Basis dieser Ergebnisse sollte anschließend ein vorläufiges Informationssystem gestaltet werden, das mit kleinen Stichprobengrößen (z.B. $N = 6$ Probanden pro Versuchsdurchlauf) im direkten Systemkontakt empirisch überprüft wird. Es wird empfohlen, mittels der Vorgabe von zu bearbeitenden Aufgaben die Menübedienung zu standardisieren. Als globale Leistungsmaße sind Bediendauer (z.B. Mittlere Navigationszeit) und Bediengüte (z.B. Überflüssige Wegstrecke; für eine Beschreibung der Parameter siehe Kap. 5.1.1) zu erfassen. Anhand

der Bedienleistung für jede gestellte Aufgabe und der daraus resultierenden Verteilungsscharakteristik der Ergebnisse (inkl. Ausreißer) kann die Güte der Systemvariante bewertet werden. Im Anschluss ist das Menüsystem zu rekonfigurieren und erneut empirisch zu überprüfen. Zusätzlich sind umfangreichere Nachbefragungen in Form von (halb-)strukturierten Interviews zu empfehlen.

Für eine erste Abschätzung des Auftretens möglicher Probleme im Umgang mit dem Menüsystem sollte ein Systemkontakt von ca. 15 min ausreichen. Hierdurch wird es möglich, den Lernaufwand eines Informationssystems abzuschätzen. Wie eigene Erfahrungen zeigen, tauchen mögliche Probleme vor allem zu Beginn des Systemkontakts auf. Mit hinreichender Systemerfahrung (d.h. einem intensiven Umgang mit einem Informationssystem) lernen die Nutzer auch die Eigenarten solcher Probleme, so dass diese verschwinden. Da in der alltäglichen Systembedienung demgegenüber kein derartig intensiver Systemkontakt erfolgt, werden für die alltäglichen Systemnutzer weiterhin die zu Kontaktbeginn auftretenden Probleme bedeutsam sein. Soll das Informationssystem vor allem für häufige Systemnutzer optimiert werden, so ist ein dementsprechend länger dauernder Systemkontakt zu realisieren.

10.4 Problembereich „Prozess der Systemevaluation“

Nach erfolgter Konstruktion des menügesteuerten Informationssystems ist eine Phase der systematischen Evaluation des entsprechenden Systems zu fordern. Hierbei sollten umfangreichere empirische Studien erfolgen. Es ergeben sich folgende Empfehlungen:

- Einbezug größerer Stichprobenumfänge
(Empfehlung: > 15 Probanden pro Systemvariante, eventuell unter Berücksichtigung von Nutzermerkmalen)
- Umfangreiche Erfassung des Bedienerverhaltens
(Empfehlung: Bediengeschwindigkeit, Bediengüte, Befragung, Beobachtung, evtl. psychophysiologische Verfahren)
- Verlängerung der Bedienphasen
(Empfehlung: 3 * 15 min mit standardisierten Aufgaben, die zu bearbeiten sind)
- Einsatz verschiedener Werkzeuge, die im Rahmen dieses Forschungsvorhabens definiert wurden
(Empfehlung: Werkzeuge zur Abbildung von Systemeigenschaften bzw. zur Erfassung von Nutzermerkmalen, siehe Kap. 8.2)
- Berücksichtigung von relevanten Nutzermerkmalen
(Empfehlung: Alter, Vorwissen und kognitive Geschwindigkeit der Zielgruppe)

Eine systematische Evaluation des Informationssystems sollte dabei möglichst nah an der realen Benutzungssituation durchgeführt werden. Informationssysteme, die z.B. während der Fahrt bedienbar sein sollen, sind demzufolge in fahrkontextnahen Szenarien zu überprüfen. Informationssysteme, die adaptiv an die jeweilige Situation angepasst werden sollen (z.B. unterschiedliche Darstellungsformen im stehenden Fahrzeug vs. während der Fahrt), sind demzufolge unter beiden Situationsbedingungen empirisch zu überprüfen.

Wie vorliegende Studien (siehe Kap. 7.2 und 7.3) zeigen, wird zur Realisierung einer „Dual Task“-Situation für die Überprüfung von Informationssystemen im Fahrzeug nicht zwingend eine Fahrsimulation benötigt. So reicht als erste Annäherung eine Primäraufgabe, die an die Probanden ähnliche Anforderungen stellt wie die Fahrzeugführung. Eine solche Aufgabe sollte visuelle Informationen vermitteln, die seitens des Probanden verarbeitet werden müssen und auf die kontinuierlich, motorisch reagiert werden muss. Als eine Möglichkeit der Realisierung einer „Dual Task“-Situation wird die Einführung einer Trackingaufgabe (siehe Kap.7.2.1.1) vorgeschlagen.

Wie in Kap. 8 diskutiert, ergeben sich für die Methoden zur Vorhersage bzw. Abbildung des Kompetenzerwerbs für Informationssysteme einige Probleme. Neben dem bereits genannten Problem der Versuchssituation (d.h. „Single Task“-Situation vs. „Dual Task“-Situation) ergibt sich insbesondere das Problem eines geringen Vorhersagewertes der einzelnen Erfassungsmethoden für die Bedienleistung. Globale Probandenurteile in einer Nachbefragung sind beispielsweise eher unspezifisch, so dass einzelne problematische Aspekte des Informationssystems nicht zu erkennen sind. Ebenso decken einige im Rahmen des sog. Tool-Sets vorgeschlagene Werkzeuge die im Umgang mit einem Informationssystem auftretenden Probleme in der Systembedienung nicht vollständig auf. Daher ist zu fordern, möglichst bedienähnliche Verfahren zu verwenden (z.B. zur Abbildung der begrifflichen Repräsentation der Nutzer mittels Wahlreaktionsverfahren mit einer simultanen Darbietung aller Menüoptionen der obersten Menüebene). Mittels einer Integration verschiedener Datenebenen wird es schließlich möglich sein, die Nachteile der einzelnen Methoden zu kontrollieren und das vorliegende menügesteuerte Informationssystem umfassend zu bewerten.

11 LITERATURVERZEICHNIS

- Altmann, A. (1987). Direkte Manipulation: Empirische Befunde zum Einfluss der Benutzeroberfläche auf die Erlernbarkeit von Textsystemen. *Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie*, 31, 108-114.
- Amthauer, R., Brocke, B., Liepmann, D. & Beauducel, A. (2001). *Intelligenz-Struktur-Test 2000R (I-S-T 2000R)*. Göttingen: Hogrefe-Verlag.
- Anderson, J.R. (1982). Acquisition of Cognitive Skill, *Psychological Review*, 89, 369-406.
- Anderson, J.R. (1983). *The Architecture of Cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Anderson, J.R. (1999). *Learning and Memory – An Integrated Approach* (2nd ed.). New York: Wiley.
- Anderson, J.R. (2001). *Kognitive Psychologie* (3. Auflage). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Annett, J. (1991). Skill Acquisition. In J.E. Morrison (Ed.), *Training for Performance – Principles of Applied Human Learning* (S. 13-51). Chichester: John Wiley & Sons.
- Atkinson, R.C. & Shiffrin, R.M. (1968). Human Memory: A Proposed System and its Control Processes. In K.W. Spence & J.T. Spence (eds.), *The Psychology of Learning and Motivation, Advances in Research and Theory, Vol. 2* (S. 89-195). New York, NY: Academic Press.
- Baddeley, A. (1986). *Working Memory*. Oxford: Oxford University Press.
- Bäumler, G. (1974). *Lern- und Gedächtnistest (LGT-3)*. Göttingen: Hogrefe-Verlag.
- Bednorz, P. & Schuster, M. (2002). *Einführung in die Lernpsychologie* (3. Aufl.). München: Ernst Reinhardt-Verlag.
- Beier, G. (1999). Kontrollüberzeugungen im Umgang mit Technik. *Report Psychologie*, 9, 684-693.
- Belleville, S., Rouleau, N. & Caza, N. (1998). Effect of Normal Aging on the Manipulation of Information in Working Memory. *Memory & Cognition*, 26, 572-583.
- Benyon, D., Crerar, A. & Wilkinson, S. (2001). Individual Differences and Inclusive Design. In C. Stephanidis (Ed.), *User Interfaces for All – Concepts, Methods, and Tools* (S. 21-46). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Bernard, M.L. (2002). Examining the Effects of Hypertext Shape on User Performance. Usability News, 04.02.2002 [Web Dokument]. Available: <http://psychology.wichita.edu/surl/usabilitynews/42/hypertext.htm> (03.10.02).
- Brähler, E., Holling, H., Leutner, D. & Petermann, F. (2002). *Brickenkamp Handbuch psychologischer und pädagogischer Tests, Band 1 und 2* (3., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage). Göttingen: Hogrefe-Verlag.
- Broadbent, D.E. (1958). *Perception and Communication*. London: Pergamon Press.

- Bruner, J.S., Olver, R.R. & Greenfield, P.M. (1971). *Studien zur kognitiven Entwicklung*. Stuttgart: Klett.
- Burmester, M. (1997). *Guidelines and Rules for Design of User Interfaces for Electronic Home Devices*. ESPRIT-Project 6984. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.
- Byblow, W.D. (1990). Effects of Redundancy in the Comparison of Speech and Pictorial Display in the Cockpit Environment. *Applied Ergonomics*, 21 (2), 121-128.
- Chalmers, P.A. (2003). The Role of Cognitive Theory in Human-Computer Interface. *Computers in Human Behavior*, 19, 593-607.
- Chapanis, A. & Lindenbaum, L. (1959). A Reaction Time Study of four Control-Display Linkages. *Human Factors*, 1 (4), 1-7.
- Cieutat, V.J., Stockwell, F.E., & Noble, C.E. (1958). The Interaction of Ability and Amount of Practice with Stimulus and Response Meaningfulness (m, m ϵ) in Paired-Associate Learning. *Journal of Experimental Psychology*, 56, 193-202.
- Correll, W. (1978). *Lernpsychologie – Grundfragen und pädagogische Konsequenzen* (16. Auflage). Donauwörth: Verlag Ludwig Auer.
- Crossley, M. & Hiscock, M. (1992). Age-Related Differences in Concurrent-Task Performance of Normal Adults: Evidence for a Decline in Processing Resources. *Psychology and Aging*, 7 (4), 499-506.
- De Ribaupierre, A. & Ludwig, C. (2003). Age Differences and Divided Attention: Is there a General Deficit? *Experimental Aging Research*, 29, 79-105.
- Department of Defense United States of America (1989). *Military Standard: Human Engineering Design Criteria for Military Systems, Equipment and Facilities*. MIL-STD 1472D.
- DIN EN ISO 13407 (1999). *Benutzerorientierte Gestaltung interaktiver Systeme*. Berlin: Beuth-Verlag.
- Dingus, T.A., Hulse, M.C., Mollenhauer, M.A., Fleischman, R.N., McGehee, D.V. & Manakkal, N. (1997). Effects of Age, System Experience, and Navigation Technique on Driving with an Advanced Traveler Information System. *Human Factors*, 39 (2), 177-199.
- Dörner, D. & van der Meer, E. (1995). *Das Gedächtnis, Probleme - Trends - Perspektiven* (Hrsg.). Göttingen: Hogrefe-Verlag.
- Dorsch, F., Häcker, H. & Stapf, H.-H. (1994). *Psychologisches Wörterbuch* (12., vollständig revidierte und überarbeitete Ausgabe). Göttingen: Verlag H. Huber.
- Downey, E. & Anderson, J.E. (1915). Automatic Writing. *The American Journal of Experimental Psychology*, 26, 161-195.
- Dutke, S. (1988). Lernvorgänge bei der Bedienung eines Textkommunikationssystems. *Europäische Hochschulschriften, Band 246*. Frankfurt/Main: Peter Lang.
- Ebbinghaus, H. (1983). Urmanuskript „Ueber das Gedächtnis“ 1880. *Passauer Schriften zur Psychologiegeschichte, 1*. Passau: Passavia Universitätsverlag.
- Edelmann, W. (1994). *Lernpsychologie* (4., überarbeitete Auflage). Weinheim: Beltz, Psychologie-Verlags-Union.

- EN ISO 9241-10 (1996). *Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten. Teil 10: Grundsätze der Dialoggestaltung*. Berlin: Beuth.
- Engelkamp, J. (1990). *Das menschliche Gedächtnis: Das Erinnern von Sprache Bildern und Handlungen*. Göttingen: Hogrefe-Verlag.
- Engelkamp, J. (1997). *Das Erinnern eigener Handlungen*. Göttingen: Hogrefe-Verlag.
- Färber, B. & Müller, M. (2000). Evaluation von Bedienkonzepten mit dem System NICE. In Bundesanstalt für Straßenwesen (Hrsg.), *Informations- und Assistenzsysteme im Auto benutzergerecht gestalten. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Mensch und Sicherheit, Heft M 116* (S. 50-55). Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
- Fassnacht, G. (1971). *Empirische Untersuchung zur Lernkurve*. Unveröffentlichte Dissertation. Bern: Philosophisch-Historische Fakultät der Universität Bern.
- Fenton, D.M. (1987). Computer Menu Design: An Investigation of the Interface Between User Characteristics and Menu Structure. *Australian-Psychologist*, 22 (2), 233-243.
- Fitts, P.M. (1954). The Information Capacity of the Human Motor System in Controlling the Amplitude of Movement. *Journal of Experimental Psychology*, 47, 381-391.
- Fitts, P.M. (1964). Perceptual-Motor Skill Learning. In A.W. Melton (Ed.), *Categories of Human Learning*. New York: Academic Press.
- Fitts, P.M. (1966). Cognitive Aspects of Information Processing III: Set for Speed versus Accuracy. *Journal of Experimental Psychology*, 71, 849-857.
- Fitts P.M & Posner, M. (1967). *Human Performance*. Belmont, California: Brooks/Cole Publishing Company.
- Fitts, P.M. & Seeger, C.M. (1954). S-R Compatibility: Spatial Characteristics of Stimulus and Response Codes. *Journal of Experimental Psychology*, 46, 199-210.
- Galley, N. (1993). The Evaluation of the Electrooculogram as a Psychophysical Measuring Instrument in the Driver Study of Behaviour. *Ergonomics*, 36, 1063-1070
- Galley, N. (2001). Physiologische Grundlagen, Meßmethoden und Indikatorfunktion der okulomotorischen Aktivität. In F. Rösler (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie – Theorie und Forschung (C) – Biologische Psychologie (Serie I), Band 4*. Göttingen: Hogrefe-Verlag.
- Gardiner, M.M. (1987). *Applying Cognitive Psychology to User-Interface Design*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Gelau, C., Metker, T. & Tränkle, U. (1994). Untersuchungen zu Leistungsfähigkeit und Verkehrsverhalten älterer Autofahrer. In U. Tränkle (Hrsg.), *Autofahren im Alter* (S. 139-160). Köln: Verlag TÜV Rheinland.
- Green, P. (2001). Variations in Task Performance Between Younger and Older Drivers: UMTRI Research on Telematics. *Paper presented at the Association for the Advancement of Automotive Medicine Conference on Aging and Driving*, 19./20.02.2001, Southfield, Michigan.
- Guski, R. & Bosshardt, H.-G. (2001). Theorien und Befunde zur geteilten Aufmerksamkeit [Web-Dokument]. Available: <http://frog.eco.psy.ruhr-uni-bochum.de/download/AllgPsy1/Einfuhr10/Einfue10.pdf> (27.02.2003).

- Hall, J.F. (1982). *An Invitation to Learning and Memory*. Boston: Allyn & Bacon.
- Hancock, P.A., Lesch, M. & Simmons, L. (2003). The Distraction Effects of Phone Use during a Crucial Driving Maneuver. *Accident Analysis and Prevention*, 35, 501-514.
- Hasselhorn, M. (1995). Individuelle Differenzen im Bereich des Lernens und des Gedächtnisses. In M. Amelang (Hrsg.), *Verhaltens- und Leistungsunterschiede. Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich C Theorie und Forschung, Serie VIII Differentielle Psychologie und Persönlichkeitsforschung, Band 2* (S. 435-468). Göttingen: Hogrefe-Verlag.
- Heinssen, R.K., Glass, C.R. & Knight, L.A. (1987). Assessing Computer Anxiety: Development and Validation of the Computer Anxiety Rating Scale. *Computers in Human Behavior*, 3, 49-59.
- Heller, O. (1985). Hörfeldaudiometrie mit dem Verfahren der Kategorienunterteilung (KU). *Psychologische Beiträge*, 27, 478-493.
- Hergovich, A. & Hörndler, H. (1994). *Gestaltwahrnehmung*. Frankfurt: Swets Test Service.
- Holte, H. (2000). Systematik zur Bewertung der Auswirkungen von Sicherheitseinrichtungen im Kraftfahrzeug (BASE). In Bundesanstalt für Straßenwesen (Hrsg.), *Informations- und Assistenzsysteme im Auto benutzergerecht gestalten. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Mensch und Sicherheit, Heft M 116* (S. 56-62). Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
- Jacko, J.A., Salvendy, G. & Koubek, R.J. (1995). Modelling of Menu Design in Computerized Work. *Interacting with Computers*, 7 (3), 304-330.
- Jennings, J.M. & Jacoby, L.L. (1997). An Opposition Procedure for Detecting Age-Related Deficits in Recollection: Telling Effects of Repetition. *Psychology and Aging*, 12, 352-361.
- Johnson-Laird, P.N. (1983). *Mental Models*. Cambridge: Harvard University Press.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and Effort*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Kaiser H.J. & Oswald, W.D. (2000). Autofahren im Alter - eine Literaturanalyse. *Zeitschrift für Gerontopsychologie & -psychiatrie*, 13 (3/4), 131-170.
- Keller, F.S. (1958). The Phantom Plateau. *Journal of Experimental Analysis of Behavior*, 1, 1-13.
- Kelley, C.R. (1968). *Manual and Automatic Control*. New York: Wiley.
- Kerres, M. (1989). Zur Didaktik informationstechnischer Bildung: Eine handlungstheoretische Interpretation des Erlernens technischer Systeme und Konsequenzen für die Unterrichtspraxis. *Bildung und Erziehung*, 42 (4), 451-468.
- Kinney, G.C., Marsetta, M. & Showman, D.J. (1966). *Studies in Display Symbol Legibility, Part XXI. The Legibility of Alphanumeric Symbols for Digitized Television* (ESD-TR-66-177). Bedford, MA: The Mitre Corporation.
- Kirchner, W.K. (1958). Age Differences in Short-Term Retention of Rapidly Changing Information. *Journal of Experimental Psychology*, 4, 352-358.
- Klix, F. (1971). *Information und Verhalten*. Bern: Huber.
- Klix, F. (1980). *Cognition and Memory*. Amsterdam: North Holland.

- Knauff, M. & Strube, G. (2002). Anschauliches Denken und Arbeitsgedächtnis: Kognitive und kortikale Prozesse. *Psychologische Rundschau*, 53 (2), 49-60.
- Körner, Y. (2002). Autofahren im Alter [Web-Dokument]. Available: <http://www.psychologie.uni-wuerzburg.de/methoden> (25.11.2003).
- Kühn, O. & Schmalhofer, F. (1987). Erlernen der Computerbenutzung: durch gezielt sequenzierte Instruktion oder durch Explorieren. In W. Schönplflug & M. Wittstock (Hrsg.), *Software Ergonomie '87, Nützen Informationssysteme dem Benutzer?* (S. 387-397). Stuttgart: Teubner.
- Kvålseth, T.O. (1978). Human Performance Comparisons between Digital Pursuit and Compensatory Control. *Ergonomics*, 21 (6), 419-425.
- Kvålseth, T.O. (1979). Digital Man-Machine Control Systems: The Effect of Preview Lag. *Ergonomics*, 22 (1), 3-9.
- Larson, K. & Czerwinski, M. (1998). Web Page Design: Implications of Memory, Structure and Scent for Information Retrieval [Web-Dokument]. Available: <http://www.microsoft.com/usability/UEPostings/p25-larson.pdf> (03.10.2002).
- Lee, E. & MacGregor, J. (1985). Minimizing User Search Time in Menu Retrieval Systems. *Human Factors*, 27, 157-162.
- Lefrancois, G.R. (1994). *Psychologie des Lernens* (3., unveränderte Auflage). Berlin: Springer-Verlag.
- Luczak, H. (1998). *Arbeitswissenschaften*. Heidelberg: Springer-Verlag.
- McCormick, E.J. & Sanders, M.S. (1982). *Human Factors in Engineering and Design*. New York: McGraw-Hill.
- McDowd, J.M. & Craik, F.I.M. (1988). Effects of Aging and Task Difficulty on Divided Attention Performance. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 14, 267-280.
- Mead, S.E., Spaulding, V.A., Sit, R.A., Meyer, B. & Walker, N. (1997). Effects of Age and Training on World Wide Web Navigation Strategies. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society, 41st Annual Meeting*, S. 152-156.
- Mejdal, S., McCauley, M.E. & Beringer, D.B. (2001). *Human Factors Design Guidelines for Multifunction Displays* (Final Report). Washington: U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration.
- Miller, C.G. & Remington, R.W. (2002). A Computational Model of Web Navigation: Exploring Interactions between Hierarchical Depth and Link Ambiguity [Web-Dokument]. Available: <http://www.tri.sbc.com/hfweb/miller/hfweb.css> (03.10.2002).
- Miller, D.P. (1981). The Depth/Breadth Tradeoff in Hierarchical Computer Menus. *Proceedings of the Human Factors Society – 25th Annual Meeting* (S. 296-300). Santa Monica: Human Factors Society.
- Miller, G.A. (1969). A Psychological Method to Investigate Verbal Concepts. *Journal of Mathematical Psychology*, 6, 169-191.
- Miller, M.D. & Rainer, R.K. (1995). Assessing and Improving the Dimensionality of the Computer Anxiety Rating Scale. *Educational and Psychological Measurement*, 55 (4), 652-657.

- Mitchell, J. & Shneiderman, B. (1989). Dynamic versus Static Menus: An Exploratory Comparison. *ACM SIGCHI Bulletin*, 20 (4), 33-37.
- MIT Information Systems (2003). Card Sorting Exercise – Information for Volunteers [Web-Dokument]. Available: <http://web.mit.edu/is/usability/card-sort-instrucs.html> (26.02.2003).
- Mitta, D. & Packebusch, S.J. (1995). Improving Interface Quality: An Investigation of Human-Computer Interaction Task Learning. *Ergonomics*, 38 (7), 1307-1325.
- Moray, N. (1967). Where is Capacity Limited? A Survey and a Model. *Acta Psychologica*, 27, 84-92.
- Mourant, R.R., Tsai, F., Al-Shihabi, T. & Jaeger, B.K. (2000). Divided Attention Ability of Young and Older Drivers. *National Highway Traffic Safety Internet Forum*, 1-11.
- Müller, B. & Funke, J. (1995). Diskrete Dynamische Systeme: Kompositionen höherer Ordnung bei Bediensequenzen. *Zeitschrift für Psychologie*, 203 (2), 153-172.
- Müller, B., Funke, J. & Buchner, A. (1994). Diskrete Dynamische Systeme: Der Einfluss perzeptueller Strukturierung auf Komposition und Transfer von Wissen über Bediensequenzen. *Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie*, 41 (3), 443-472.
- Murphy, C.A., Coover, D. & Owen, S.V. (1989). Development and Validation of the Computer Self-Efficacy Scale. *Educational and Psychological Measurement*, 49, 893-899.
- Mutschler, H., Baum, W. & Waschulewski, H. (2000). *Report of Evaluation Results in German* (Forschungsbericht, SENECA D22-3.1).
- Naumann, A., Waniek, J. & Krems, J. (2001). Knowledge Acquisition, Navigation and Eye Movements from Text and Hypertext. In U.-D. Reips & M. Bosnjak (eds.), *Dimensions of Internet Science* (S. 293-304). Lengerich: Pabst Science Publishers.
- Neves, D.M. & Anderson, J.R. (1981). Knowledge Compilation: Mechanisms for the Automatization of Cognitive Skills. In J.R. Anderson (Ed.), *Cognitive Skills and their Acquisition*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Nickell, G.S. & Pinto, J.N. (1986). The Computer Attitude Scale. *Computers in Human Behavior*, 2, 301-306.
- Nielsen, J. (1989). Matters that Really Matter for Hypertext Usability. *Hypertext '89 Proceedings*, S. 239-248.
- Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*. Boston: Academic Press.
- Nielsen, J., Freyr, I. & Nymand, H.O. (1991). The Learnability of HyperCard as an Object-Oriented Programming System. *Behaviour and Information Technology*, 10 (2), 111-120.
- Nilsson, L. & Alm, H. (1991). Elderly People and Mobile Telephone Use – Effects on Driver Behaviour? *Proceedings of the Conference Strategic Highway Research Program and Traffic Safety on Two Continents*, S. 117-133.
- Nirschl, G. & Blum, E.J. (2000). MMI-Prüfliste – Verfahren und Werkzeug zur Bewertung von Mensch-Maschine-Systemen im Kraftfahrzeug. In Bundesanstalt für Straßenwesen (Hrsg.), *Informations- und Assistenzsysteme im Auto benutzergerecht gestalten. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Mensch und Sicherheit, Heft M 116* (S. 42-49). Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.

- Noble, C.E. (1952). An Analysis of Meaning. *Psychological Review*, 59, 421-430.
- Norman, D.A. (1981). Categorization of Action Slips. *Psychological Review*, 88 (1), 1-15.
- Norman, D.A. (1983). Some Observations on Mental Models. In D. Gentner & A.L. Stevens (eds.), *Mental Models* (pp. 7-14). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Norman, K.L. (1991). *The Psychology of Menu Selection: Designing Cognitive Control of the Human/Computer Interface*. Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation.
- Norman, K.L. & Chin, J. (1988). The Effect of Tree Structures on Search in a Hierarchical Menu Selection System. *Behaviour and Information Technology*, 7, 51-65.
- Nyberg, L., Nilsson, L.G. & Olofsson, U. (1997). Effects of Division on Attention during Encoding and Retrieval on Age Differences in Episodic Memory. *Experimental Aging Research*, 23, 137-143.
- O'Donnell, R.D. & Eggemeier, F.T. (1986). Workload assessment methodology. In K.R. Boff, L. Kaufman & J.P. Thomas (eds.), *Handbook of Human Performance, Vol. 2, Cognitive Processes and Performance* (S. 42/1-42/9). Chichester: Wiley.
- Oswald, W.D. & Roth, E. (1997). *Der Zahlen-Verbindungs-Test (ZVT, 2. überarbeitete und erweiterte Auflage)*. Göttingen: Hogrefe-Verlag.
- Paap, K. & Cooke, N. (1997). Design of Menus. In M. Helander, T. Landauer & P. Prabhu (eds.), *Handbook of Human-Computer Interaction* (S. 533-572). Amsterdam: Elsevier Science Publication.
- Paivio, A. (1971). *Imagery and Verbal Processes*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Paivio, A. (1986). *Mental Representations: A Dual Coding Approach*. New York: Oxford University Press.
- Panek, P.E., Berrett, G.V., Sterns, H.L. & Alexander, R.A. (1977). A Review of Age Changes in Perceptual Information Processing Ability with Regard to Driving. *Experimental Aging Research*, 3, 387-449.
- Paulus, C. (1999). Das multidimensionale Lernprofil. Zur Diagnostik von Lernfähigkeit. *Europäische Hochschulschriften, Reihe XI Pädagogik, Bd. 782*. Frankfurt: Peter Lang.
- Poulton, E.C. (1974). *Tracking Skill and Manual Control*. New York: Academic Press.
- Rabitt, P.M.A. (1981). Sequential Reactions. In D.H. Holding (Ed.), *Human Skills* (S. 153-175). New York: Wiley.
- Rasmussen, J. (1983). Skills, Rules, Knowledge: Signals Signs and Symbols and other Distinctions in Human Performance Models. *IEEE Transactions: Systems, Man & Cybernetics, SMC-13*, 257-267.
- Reason, J. (1994). *Menschliches Versagen: Psychologische Risikofaktoren und moderne Technologien*. Heidelberg: Spektrum.
- Robertson, G., McCracken, D. & Newell, A. (1981). The ZOG Approach to Man-Machine Communication. *International Journal of Man-Machine-Studies*, 14, 461-488.
- Ross, B.H. (1987). This is like that: The Use of Earlier Problems and the Separation of Similarity Effects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, 13 (4), 629-639.

- Rotter, J.B. (1955). The Role of the Psychological Situation in Determining the Direction of Human Behavior. *Nebraska Symposium on Motivation*, 3, 245-268.
- Rotter, J.B. (1966). Generalized Expectancies for Internal versus External Control of Reinforcement. *Psychological Monographs*, 80 (1, Whole No 609).
- Salthouse, T.A., Rogan, J.D. & Prill, K.A. (1984). Division of Attention: Age Differences on a Visually Presented Memory Task. *Memory & Cognition*, 12, 613-620.
- Schaumburg, H. (2002). Kognitions- und Lernpsychologie und HCI-Forschung [Web-Dokument]. Available: <http://www.cmr.fu-berlin.de/~heike/courses/hci/S4-2002.pdf> (08.08.2003).
- Schermer, F.F. (1998). Lernen und Gedächtnis (2. überarbeitete und erweiterte Auflage). *Grundriss der Psychologie, Band 10*. Stuttgart: Verlag W. Kohlhammer.
- Schlag, B. (1990). Empirische Untersuchungen zur Leistungsfähigkeit älterer Kraftfahrer. *Zeitschrift für Gerontologie*, 23, 300-306.
- Schmeck, R.R. (1988). Individual Differences and Learning Strategies. In C.E. Weinstein, E.T. Goetz & P.A. Alexander (eds.), *Learning and Study Strategies. Issues in Assessment, Instruction, and Evaluation* (S. 171-191). San Diego: Academic Press.
- Schmidtke, H. (1993). *Lehrbuch der Ergonomie* (3., neubearb. u. erw. Aufl.). München: Hanser.
- Schneider, W. & Fisk, A.D. (1982). Concurrent Automatic and Controlled Visual Search: Can Processing Occur without Cost? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, 8, 261-278.
- Schnotz, W. (1994). *Aufbau von Wissensstrukturen. Untersuchungen zur Kohärenzbildung beim Wissenserwerb mit Texten*. Weinheim: Beltz PsychologieVerlagsUnion.
- Seibel, R. (1972). Data Entry Devices and Procedures. In R.G. Kinkade & H.S. van Cott (eds.), *Human Engineering Guide to Equipment Design*. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.
- Shneiderman, B. (1998). *Designing the User Interface*. Reading, MA: Addison, Wesley and Longman.
- Singley, M. K. & Anderson, J. R. (1989). *Transfer of Cognitive Skill*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Smith, S.L. & Mosier, J.N. (1986). *Guidelines for Designing User Interface Software*. Bedford, MA: MITRE.
- Snowberry, K., Parkinson, R. & Sisson, N. (1983). Computer Display Menus. *Ergonomics*, 26, 699-712.
- Solomons, L. & Stein, G. (1896). Normal Motor Automatism. *Psychological Review*, 3, 492-512.
- Spelke, E., Hirst, W. & Neisser, U. (1976). Skills of Divided Attention. *Cognition*, 4, 215-230.
- Sperandio, J. C. & Dessaigne, M. F. (1988). Une comparaison expérimentale entre modes de présentation visuels ou auditifs de messages d'informations routières a des conducteurs automobiles. *Travail Humain*, 51, 257-269.

- Spragg, S.D.S., Finck, A. & Smith, S. (1959). Performance on a Two-Dimensional Following Tracking Task with Miniature Stick Control, as a Function of Control-Display Movement Relationship. *Journal of Psychology*, 48, 247-254.
- Stumpf, H. (2000). Training und Übung. In M. Amelang (Hrsg.), *Determinanten individueller Unterschiede. Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich C Theorie und Forschung, Serie VIII Differentielle Psychologie und Persönlichkeitsforschung, Band 4* (S. 487-538). Göttingen: Hogrefe-Verlag.
- Thurstone, L.L. (1938). *Primary and Mental Abilities*. Chicago: University of Chicago Press.
- Tränkle, U. (1994). *Autofahren im Alter*. Köln: Verlag TÜV Rheinland.
- Tsang, P.S. & Shaner, T.L. (1998). Age, Attention, Expertise, an Time-Sharing Performance. *Psychology and Aging*, 13, 323-347.
- Verwey, W.B. (1993). How can we Prevent Overload of the Driver? In A.M. Parkes & S. Franzén (eds.), *Driving Future Vehicles* (pp. 235-244). London: Taylor & Francis.
- Verwey, W.B. & Veltman, J.A. (1995). Measuring Workload Peaks while Driving. A Comparison of Nine Common Workload Assessment Techniques. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 2, 270-285.
- Vollrath, M. & Totzke, I. (2001). In-Vehicle Communication and Driving: An Attempt to Overcome their Interference [Web-Dokument]. Driver Distraction Internet Forum. Available: <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/departments/nrd-13/driverdistraction/papers.htm> (22.10.2001).
- Wickens, C.D. (1980). The Structure of Attentional Resources. In R. Nickerson (Ed.), *Attention and Performance, Vol. VIII* (S. 239-257): Englewood Cliffs, NJ: Erlbaum.
- Wickens, C.D. (1984). Processing Resources in Attention. In R. Parasuraman (Ed.), *Varieties of Attention* (S. 63-102). London: Academic Press.
- Wickens, C.D. (1992). Attention, Time-Sharing and Workload. In C.D. Wickens (Ed.), *Engineering Psychology and Human Performance*. New York: HarperCollins Publishers.
- Wippich, W. (1984). *Lehrbuch der angewandten Gedächtnispsychologie* (Band 1). Stuttgart: Verlag W. Kohlhammer.
- Witkin, H.A., Dyk, R.B., Faterson, H.F., Goodenough, D.R. & Karp, S.A. (1972). *Psychological Differentiation* (2nd ed.). Potomac: Erlbaum.
- Witkin, H.A., Lewis, H.B., Hertzman, M., Machover, K., Meissner, P.B. & Wapner, S. (1954). *Personality through Perception*. Westport: Greenwood Press.
- Zaphiris, P. (2000). Depth vs. Breadth in the Arrangement of Web Links. *Proceedings of the 44th Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society HFES 2000* (S. 139-144), San Diego, CA.
- Zaphiris, P., Shneiderman, B. & Norman, K.L. (2002). Expandable Indexes versus Sequential Menus for Searching Hierarchies on the World Wide Web. *Behaviour and Information Technology*, 21 (3), 185-201.
- Zießler, M. (1993). Die Struktur von Bewegungssequenzen: Interaktionen zwischen Wahrnehmung und motorischer Steuerung. *Zeitschrift für Psychologie*, 201 (1), 109-129.

12 ANHANG

12.1 Unveröffentlichte Projektberichte

12.1.1 Zwischenberichte

Totzke, I., Dabelstein, P. & Krüger, H.-P. (2002). Kompetenzerwerb für Informationssysteme – Expertengespräche Autohäuser Unterfranken. Unveröffentlichter Bericht für das FAT-/BASSt-Projekt „Kompetenzerwerb für Informationssysteme“. Würzburg: Interdisziplinäres Zentrum für Verkehrswissenschaften (IZVW).

Totzke, I. & Krüger, H.-P. (2003). Werkzeuge zur Vorhersage des Kompetenzerwerbs. Unveröffentlichter Bericht für das FAT-/BASSt-Projekt „Kompetenzerwerb für Informationssysteme“. Würzburg: Interdisziplinäres Zentrum für Verkehrswissenschaften.

12.1.2 Halbjahresberichte

Totzke, I. (2002). Halbjahresbericht „Kompetenzerwerb für Informationssysteme“ (März 02). Unveröffentlichter Bericht für das FAT-/ BASSt-Projekt „Kompetenzerwerb für Informationssysteme“. Würzburg: Interdisziplinäres Zentrum für Verkehrswissenschaften.

Totzke, I. (2002). Halbjahresbericht „Kompetenzerwerb für Informationssysteme“ (Sept. 02). Unveröffentlichter Bericht für das FAT-/ BASSt-Projekt „Kompetenzerwerb für Informationssysteme“. Würzburg: Interdisziplinäres Zentrum für Verkehrswissenschaften.

Totzke, I. (2003). Halbjahresbericht „Kompetenzerwerb für Informationssysteme“ (März 03). Unveröffentlichter Bericht für das FAT-/ BASSt-Projekt „Kompetenzerwerb für Informationssysteme“. Würzburg: Interdisziplinäres Zentrum für Verkehrswissenschaften.

Totzke, I. (2003). Halbjahresbericht „Kompetenzerwerb für Informationssysteme“ (Sept. 03). Unveröffentlichter Bericht für das FAT-/ BASSt-Projekt „Kompetenzerwerb für Informationssysteme“. Würzburg: Interdisziplinäres Zentrum für Verkehrswissenschaften.

12.2 Veröffentlichungen

12.2.1 Teilnahme an Konferenzen

Meilinger, T., Totzke, I. & Krüger, H.-P. (2002). Kompetenzerwerb von Informationssystemen: Fehleranalysen und Leistungsvorhersage [Abstract]. *Beitrag auf Tagung experimentell arbeitender Psychologen (TeaP) in Chemnitz, 25.-27.03.02* (S. 167). Regensburg: Roderer Verlag.

Krüger, H.-P., Totzke, I., Meilinger, T. & Rauch, N. (2002). Die Bedeutung der visuell-räumlichen Repräsentation für das Erlernen von Informationssystemen [Abstract]. *Bei-*

- trag auf Tagung experimentell arbeitender Psychologen (TeaP) in Chemnitz, 25.-27.03.02* (S. 31). Regensburg: Roderer Verlag.
- Totzke, I. & Krüger, H.-P. (2002): Bedeutung der räumlichen Repräsentation für den Kompetenzerwerb in Informationssystemen [Abstract]. *Beitrag auf dem 43. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychologie(DGPs) in Berlin, 22.-26.09.02* (S. 137). Lengerich: Pabst Science Publishers.
- Totzke, I. & Krüger, H.-P. (2003). Zur Gestaltung von Fahrerinformationssystemen unter Gesichtspunkt der Erlernbarkeit. *Beitrag auf dem FAT/BASSt-Symposium „Informations- und Assistenzsysteme im Auto: Erlernbarkeit als Beitrag zur Fahrsicherheit“*. Bergisch Gladbach, 02.07.03.
- Rauch, N., Totzke, I. & Krüger, H.-P. (2004). Der Einfluss der Menüstruktur auf den Kompetenzerwerb bei Menüsystemen. *Beitrag auf Tagung experimentell arbeitender Psychologen (TeaP) in Giessen*.
- Schmidt, G., Totzke, I. & Krüger, H.-P. (2004). Menüsysteme in Single- und Dual-Task Umgebung: Der Einfluss der Situation auf den Umgang mit hierarchischen Menüsystemen. *Beitrag auf Tagung experimentell arbeitender Psychologen (TeaP) in Giessen*.
- Totzke, I., Heinrich, K. & Krüger, H.-P. (2004). Bedeutung von Werkzeugen in der Usability-Forschung am Beispiel der Auswirkung des Vorwissens auf den Kompetenzerwerb für Menüsysteme. *Beitrag auf Tagung experimentell arbeitender Psychologen (TeaP) in Giessen*.
- Totzke, I. & Krüger, H.-P. (2004). Einfluss von Nutzermerkmalen (z.B. Alter und Vorwissen) auf den Kompetenzerwerb für menügesteuerte Informationssysteme. *Beitrag auf dem 44. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychologie(DGPs) in Göttingen*.

12.2.2 Journals, Bücher, Berichte

- Totzke, I., Meilinger, T. & Krüger, H.-P. (2003). Erlernbarkeit von Menüsystemen im Fahrzeug - mehr als „nur“ eine Lernkurve. In Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.), *Der Fahrer im 21. Jahrhundert*, VDI-Berichte 1768 (S. 171-195). Düsseldorf: VDI-Verlag.
- Totzke, I. & Krüger, H.-P. (2003). Fahrerinformationssysteme unter dem Aspekt der Erlernbarkeit. In C. Stiller & M. Maurer (Hrsg.), *Workshop Fahrerassistenzsysteme FAS2003* (S. 20-23). Leinsweiler (Pfalz), 22.-24.09.03.
- Totzke, I., Rauch, N. & Krüger, H.-P. (im Druck). Kompetenzerwerb und Struktur von Menüsystemen im Fahrzeug: „Breiter ist besser?“. *Beitrag auf der 5. Berliner Werkstatt für Mensch-Maschine-Systeme*. Berlin, 08.-10.10.2003.
- Totzke, I., Schmidt, G. & Krüger, H.-P. (2003). Mentale Modelle von Menüsystemen – Bedeutung kognitiver Repräsentationen für den Kompetenzerwerb. In: M. Grandt (Hrsg.), *Entscheidungsunterstützung für die Fahrzeug- und Prozessführung*, DGLR-Bericht 2003-04 (S. 133-158). Bonn: Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt e.V.
- Totzke, I., Hofmann, M. & Krüger, H.-P. (2004). Age, previous knowledge and learnability of menu-driven driver information systems. *Beitrag auf 3^d Conference on Traffic and Transport Psychology in Nottingham*.

12.2.3 Geplante Veröffentlichungen

- Totzke, I., Meilinger, T. & Krüger, H.-P. (in preparation). *Learnability of menu-driven driver information systems as a multi-coded process.*
- Totzke, I., Rauch, N. & Krüger, H.-P. (in preparation). *Menu structure and learnability of menu-driven driver information systems in various settings.*
- Totzke, I., Schmidt, G. & Krüger, H.-P. (in preparation). *Operating model and learnability of menu-driven driver information systems in various settings.*
- Totzke, I., Hofmann, M. & Krüger, H.-P. (in preparation). *Age, previous knowledge and learnability of menu-driven driver information systems.*

13 Projektbegleitender Ausschuss FAT-AK 2 Der Mensch als Fahrzeugführer

DaimlerChrysler AG
Dr.-Ing. W. Reichelt
70546 Stuttgart

Robert Bosch GmbH
Dr.-Ing. W. König
70442 Stuttgart

Dr.Ing.h.c.F. Porsche AG
Dr. Lutz Krauß
71283 Weissach

Volkswagen AG
Dr.-Ing. K.W. Lehrach
38463 Wolfsburg

Siemens VDO AG
Dipl.-Psych. G. Meier-Ahrendt
64832 Babenhausen

Ford Forschungszentrum Aachen GmbH
Dr.med.Dipl.-Ing. Werner Koch
52072 Aachen

A. Opel AG
Dipl.-Ing. H. Berninger
65423 Rüsselsheim

Hella KG Hueck & Co.
Dr.-Ing. S. Wiesner
59552 Lippstadt

M A N Nutzfahrzeuge AG
Dipl.-Ing. E. Kneifel
80976 München

Siemens VDO AG
Ulrich Kraus
78052 Villingen-Schwenningen

B M W AG
Dr.-Ing. K. Bengler
80788 München

B M W AG
Dipl.-Ing. M. Schweigert
80788 München

Volkswagen AG
Michael Junge
38463 Wolfsburg

Ford Werke AG
Dr. S. Becker
50725 Köln

Flabeg GmbH & Co.KG
Dr. H. Wittkopf
93437 Furth im Wald

F A T
Dr. F. Preißer
60325 Frankfurt

Bisher in der FAT-Schriftenreihe erschienen (ab 1997)

130	Zur Verletzungsmechanik und Belastbarkeit der unteren Extremität, insbesondere des Fußes, 1996	26,-
131	Analyse Kfz-relevanter Immissionen in innerstädtischen Verkehrs- und Grünflächen, 1997	26,-
132	Batteriemanagementsysteme für Elektrostraßenfahrzeuge, 1997	31,-
133	Ozon und Großwetterlagen - Analyse der Abhängigkeit der bodennahen Ozonbelastung von meteorologischen Parametern im Großraum München, 1997	31,-
134	Meßverfahren für Kräfte und Momente an strich- und punktgeschweißten Überlappverbindungen, 1997	49,-
135	Mathematische Nachbildung des Menschen - RAMSIS 3D-Soft-Dummy, 1997	13,-
136	Anwendung brennbarer Kältemittel in Autoklimaanlagen, 1997	31,-
137	Entwicklung von Finite Element Seitencrash-Dummys: Ein Beitrag zur effizienten Insassensimulation, 1997	16,-
138	Ermittlung ertragbarer Beanspruchungen an Aluminium-Punktschweißverbindungen auf Basis der Schnittkräfte, 1997	(vergriffen)
139	Subjektive und objektive Beurteilung des Fahrverhaltens von Pkw	(vergriffen)
140	Finite-Element-Berechnung mit 3D-CAD-Systemen - eine vergleichende Untersuchung, 1997	13,-
141	Experimentelle Ermittlung des Wirkungsgrades von elektrischen Antrieben (ehemaliger verteilter Zwischenbericht Nr. 1), 1998	(vergriffen)
142	Untersuchungen zur Übertragbarkeit von Kennwerten einer punktgeschweißten Einelementprobe auf Mehrelementprüfkörper und Bauteile, 1998	41,-
143	Analyse des Fahrverhaltens von Rollenprüfstandsfahrern, 1998	18,-
144	Retarderbremsverhalten bei Gefällefahrten mit unterschiedlichem Gefälle, 1998	44,-
145	Test und Beurteilung existierender Bordladegeräte für Elektrostraßenfahrzeuge, 1999	21,-
146	Konzept für die numerische Auslegung durchsetzgefügter Blechbauteile, 1999 -	(vergriffen)
147	Biomechanische Bewertung der Euro-NCAP-Einstufungskriterien - Untersuchungen an Freiwilligen und Dummys, 1999	29,-
148	Stanznieten von Aluminium mit Stahl mittels Halbhohlniet, 1999	44,-
149	Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zum Recycling von Kunststoffkraftstoffbehältern, 1999	23,-
150	Charakterisierung von USSID und Euro-SID-1 zur Ermittlung von Daten für FEM Crash Simulationen, 2000	18,-
151	Blickfixationen und Blickbewegungen des Fahrzeugführers sowie Hauptsichtbereiche an der Windschutzscheibe, 2000	64,-
152	Informations- und Assistenzsysteme im Auto benutzergerecht gestalten (Referate des Symposiums vom 1.7.99), 2000	13,-
153	Experimentelle und rechnerische Bestimmung des Versagensverhaltens von punktgeschweißten Blechverbindungen, 2000	98,-
154	Verkehrsplannerische Eckwerte einer nachhaltigen regionalen Verkehrsstrategie, 2000	39,-
155	Heizleistung in Pkw mit verbrauchoptimierten Motoren, 2000	(vergriffen)
156	Lärm und kardiovaskuläres Risiko, 2000	18,-
157	Pkw-Reifen/Fahrbahngeräusche bei unterschiedlichen Fahrbedingungen, 2000	44,-
158	Einflußgrößen auf Reifen/Fahrbahn-Geräusche von Lkw bei unterschiedlichen Fahrbedingungen, 2000	49,-
159	Kölner Verfahren zur vergleichenden Erfassung der kognitiven Beanspruchung im Straßenverkehr, 2000	64,-
160	Eichung und Anwendungserprobung von K-VEBIS, 2000	59,-
161	Ergänzende Auswertungen zur subjektiven und objektiven Beurteilung des Fahrverhaltens von Pkw, 2000	46,-
162	Analyse des Unfallgeschehens 'Kleiner Nutzfahrzeuge', 2001	46,-
163	Die Bedeutung biogener Kohlenwasserstoffe für die Ozonbildung, 2001	39,-
164	Schwingfestigkeitsberechnung an Dreiblech-Punktschweißungen, 2001	28,-
165	Energiesparmaßnahmen am Elektroauto, 2001	49,-
166	Betriebsfestigkeit von umgeformten Karosseriestählen, 2001	64,-
167	Einfluss wasserabweisender Beschichtungen auf Windschutzscheiben im Hinblick auf Sicht und Fahrzeugsicherheit, 2001	45,-
168	Auslegung von Blechen mit Sicken (Sickenatlas), 2001	50,-
169	Bewertung und Vereinheitlichung von gefügten Dünoblechproben für Schwingversuche im Zeitfestigkeitsbereich, 2001	40,-
170	Bestimmung des max. Kraftschlusses an mit ABV ausgerüsteten Fahrzeugen und Fahrzeugzügen, 2001	35,-
171	Beurteilung des Einsatzes von teilstrukturierten Stahlfeinblechen im Kfz-Karosseriebau zur Gewichtsreduzierung, 2002	45,-
172	Erweiterte Knotenfunktionalität im parametrischen Entwurfswerkzeug SFE CONCEPT, 2002	(vergriffen)
173	Anwendungspotenziale und Prozessgrenzen für die umformtechnische Herstellung von steifigkeitsoptimierten Bauteilen aus Doppellagenblechen (Bonded Blanks), 2002	45,-
174	Verhaltensmodellierung von Steuergeräten für die EMV-Simulation im Automotive Bereich, 2002	45,-
175	Dehnungsgeregelte Versuche mit Proben aus den Magnesiumdruckgusslegierungen AZ91 HP und AM50 HP, 2003	15,-
176	Betriebsfestigkeit von Bauteilen aus Magnesium unter Berücksichtigung von erhöhter Temperatur und Korrosion, 2003	45,-
177	Fahrzeugklimatisierung und Verkehrssicherheit, 2003	45,-
178	Optimierte Verzahnungsgeometrien leistungsübertragender Zahnräder für die umformtechnische Herstellung, 2003	45,-
179	Ingenieurmäßige Berechnungsverfahren zur Lebensdauerabschätzung von geschweißten Dünoblechverbindungen - Teil I: Punktschweißverbindungen - Teil II: Laserstrahlschweißen, 2003	(vergriffen)
180	Aufbau eines Konzeptes zur Auslegung gefügter Stahlbauteile, 2003	30,-
181	Effizienzsteigerung durch professionelles/partnerschaftliches Verhalten im Straßenverkehr, 2004	47,-
182	Einflußgrößen auf den Elastizitätsmodul von Stählen für den Fahrzeugbau, 2004	25,-
183	VDA-Forschungstag 13. Juli 2004 - Innovationsmotor Automobilindustrie - Redebeiträge, 2004	kostenfrei
184	Kompetenzerwerb für Fahrer-Informationssysteme - Einfluß des Lernprozesses auf die Interaktion mit Fahrerassistenzsystemen, 2004	45,-

... (text continues) ...

... (text continues) ...

... (text continues) ...

... (text continues) ...

... (text continues) ...

... (text continues) ...

... (text continues) ...

... (text continues) ...

... (text continues) ...

... (text continues) ...

... (text continues) ...

... (text continues) ...

... (text continues) ...

... (text continues) ...

... (text continues) ...

... (text continues) ...

... (text continues) ...

... (text continues) ...

... (text continues) ...

... (text continues) ...

... (text continues) ...

... (text continues) ...