

# Einfluss des Lernprozesses auf den Umgang mit menügesteuerten Fahrerinformationssystemen

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

Vorgelegt von  
Ingo Totzke  
aus Zons am Rhein

Würzburg  
2012

**Erstgutachter:** Prof. Dr. Hans-Peter Krüger (Universität Würzburg)

**Zweitgutachter:** Prof. Dr. Klaus Bengler (TU München)

31. Januar 2012

*für meine Eltern*

## DANKSAGUNG

**Wenn einer eine Reise tut,  
dann kann er was erzählen.  
Drum nähme ich den Stock und Hut  
und tät das Reisen wählen.**

Matthias Claudius (1740 - 1815)

Zuallererst möchte ich mich bei meinen ehemaligen Diplomanden, Praktikanten und studentischen Hilfskräften bedanken, ohne die diese Arbeit in dieser Form nicht entstanden wäre. In chronologischer Reihenfolge sind dies: Tobias Meilinger, Karin Heinrich, Nadja Schömig (geb. Rauch), Gerrit Schmidt und Michael Hofmann. Danke! Viele Diskussionen und gemeinsames Ausprobieren, vereintes Datenaufbereiten und –anschauen sowie erneute Diskussionen – dies alles fehlt mir sehr! Danke auch an Martin Grein, der die konzipierten Menüsysteme in SILAB einbaute und damit lauffähig machte, und an Sonja Hoffmann, die nicht nur bei der Probandenakquise, sondern auch bei der Streckenprogrammierung in der Fahrsimulation der WIVW GmbH hilfreich zur Seite stand. Erst durch die genannten Personen wurden die sechs Hauptstudien, fünf Explorationsstudien und weitere sechs Vorversuche zu dem, was sie geworden sind.

Vielen Dank auch an 251 namenlose Probanden, die sich teilweise mit Raumschiffen, sinnlosen Silben, Digitalsystemen und anderen Merkwürdigkeiten im Rahmen dieser Arbeit auseinander setzen mussten – und bis auf wenige Ausnahmen (Ich grüße den Probanden aus der Studie „System sinnloser Silben“, der uns schlichtweg nicht trauen wollte!) alles klaglos und teilweise sogar mit Freude mitgemacht haben. Danke!

Mein Dank geht auch an die Kollegen des Arbeitskreises AK2 „Mensch als Fahrzeugführer“ der Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. (FAT) und der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), in deren Auftrag Teile dieser Arbeit entstanden sind. Ohne die Geduld und Offenheit der AK2- und BASt-Kollegen hätte ich mit diesem Projekt sicherlich nicht so spannende Studien durchführen und interessante Ergebnisse erzielen können.

Bedanken möchte, muss und darf ich mich auch bei meinem Doktorvater Prof. Dr. Hans-Peter Krüger, der mir in meiner Zeit am Lehrstuhl für Psychologie stets Freiräume gewährte, wo sie sinnvoll waren, mir Grenzen aufzeigte, wo sie nötig waren und mir vertraut hat, wo es angebracht war. Die inhaltlichen und methodischen Diskussionen im Rahmen dieses Promotionsvorhabens haben stets zu dessen Verbesserung beigetragen. Vielen Dank!

Mein besonderer und herzlicher Dank geht an meine Eltern, die immer an mich geglaubt und mich unterstützt haben. Sie haben mir alle Freiheiten und Möglichkeiten gegeben, die ich mir wünschen konnte. Danke auch an unzählige Freundinnen und Freunde, die mich regelmäßig an dieses Vorhaben erinnerten, mich aufmunterten und teilweise sehr erfolgreich ablenkten (Keine Namen an dieser Stelle, wurde mir gesagt ;-)).

Diese Reise ist nun zu Ende - Vielen Dank!

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>16</b>
<b>1 EINLEITUNG .....</b>	<b>18</b>
1.1 Fahrerinformationssysteme	18
1.2 Menüsysteme	18
1.3 Problem der Ablenkung und Selbsterklärungsfähigkeit	20
1.4 Definition: Erlernbarkeit und Kompetenzerwerb	23
1.5 Aufgabenstellung der Arbeit	23
1.6 Einbettung dieser Arbeit und Veröffentlichungen	24
1.7 Überblick über die Arbeit	26
<b>2 THEORETISCHER HINTERGRUND .....</b>	<b>27</b>
2.1 Einleitung	27
2.2 Psychologische Aspekte von Menüsystemen	27
2.2.1 Einleitung	27
2.2.2 Menüauswahl und Menüsuche	27
2.2.3 Menschliche Fehler und Menüsysteme	30
2.2.4 Speed-Accuracy-Trade-Off und Menüsysteme	31
2.2.5 Potenzgesetz der Übung und Menüsysteme	32
2.2.6 Lernstadien beim Kompetenzerwerb für Menüsysteme	35
2.2.7 Mentale Repräsentationen von Menüsystemen	37
2.2.8 Begriffliche Aspekte der Menügestaltung	39
2.2.9 Räumliche Aspekte der Menügestaltung	43
2.2.10 Motorische Aspekte der Menügestaltung	46
2.2.11 Nutzermerkmale und Menüsysteme	49
2.2.12 Merkmale von gelernten Fähigkeiten	52
2.3 Kompetenzerwerb unter Dual-Task Bedingungen	53
2.3.1 Einleitung	53
2.3.2 Kompetenzerwerb für Menüsysteme und Interferenzen	53
2.3.3 Kognitive Mechanismen und übungsbedingte Interferenzen	54
2.3.4 Ressourcenmodelle und Kompetenzerwerb	56
2.3.5 Visuelle Aufmerksamkeit	58
2.3.6 Fahreralter und Dual-Task Bedingungen	60
2.4 Methoden zur Bestimmung des Kompetenzerwerbs	62

---

<b>3</b>	<b>FRAGESTELLUNGEN UND EMPIRISCHE STUDIEN.....</b>	<b>65</b>
3.1	Einleitung	65
3.2	Synopsis	65
3.2.1	Kompetenzerwerb für Menüsysteme unter Single-Task Bedingungen	65
3.2.2	Mentale Repräsentationen von Menüsystemen	66
3.2.3	Kompetenzerwerb für Menüsysteme unter Dual-Task Bedingungen	68
3.2.4	Methoden zur Bestimmung des Kompetenzerwerbs	68
3.3	Fragestellungen der empirischen Studien	69
3.4	Übersicht über empirische Studien	70
<b>4</b>	<b>STUDIE I: RAUMSCHIFF-SYSTEM I.....</b>	<b>73</b>
4.1	Zielsetzung der Studie	73
4.2	Methodisches Vorgehen	74
4.2.1	Menüsystem	74
4.2.2	Bedienaufgabe	75
4.2.3	Probandenbefragung	76
4.2.4	Erfassung des räumlichen Wissens	76
4.2.5	Erfassung des begrifflichen Wissens	77
4.2.6	Nutzermerkmale	78
4.2.7	Versuchsplan	78
4.2.8	Versuchsablauf	78
4.2.9	Stichprobe	79
4.3	Ergebnisse	79
4.3.1	Bedienleistung	79
4.3.2	Zusammenspiel von Bediengeschwindigkeit und -genauigkeit	82
4.3.3	Probandenurteile	83
4.3.4	Begriffliche Eindeutigkeit und Mittlere Schrittdauer	84
4.3.5	Inhaltsstruktur des Menüsystems und Mittlere Schrittdauer	85
4.3.6	Aufbau und Struktur des räumlichen Wissens	85
4.3.7	Räumliches Wissen und Bedienleistung	86
4.3.8	Auswirkung von Nutzermerkmalen	87
4.4	Zusammenfassung und Diskussion	89
<b>5</b>	<b>STUDIE II: „RAUMSCHIFF-SYSTEM II“.....</b>	<b>91</b>
5.1	Einleitung	91
5.2	Methodisches Vorgehen	91

---

5.2.1	Menüsystem	91
5.2.2	Bedienaufgabe	92
5.2.3	Erfassung des Vorwissens bzw. begrifflichen Wissens	92
5.2.4	Versuchsplan	93
5.2.5	Versuchsablauf	93
5.2.6	Stichprobe	94
5.3	Ergebnisse	94
5.3.1	Bedienleistung	94
5.3.2	Passung von Vor- und Systemwissen und Kartensortieraufgabe	96
5.3.3	Passung von Vor- und Systemwissen und Bedienleistung	98
5.4	Zusammenfassung und Diskussion	99
<b>6</b>	<b>STUDIE III: „SYSTEM SINNLOSER SILBEN“.....</b>	<b>101</b>
6.1	Einleitung	101
6.2	Methodisches Vorgehen	102
6.2.1	Menüsystem	102
6.2.2	Bedienaufgabe	102
6.2.3	Präsentationssystem	103
6.2.4	Erfassung des räumlichen Wissens	104
6.2.5	Erfassung des begrifflichen Wissens	104
6.2.6	Versuchsplan	105
6.2.7	Versuchsablauf	105
6.2.8	Stichprobe	106
6.3	Ergebnisse	106
6.3.1	Bedienleistung	106
6.3.2	Erlernen der begrifflichen Hierarchie	107
6.3.3	Aufbau einer räumlichen Repräsentation	108
6.3.4	Räumliches Wissen und Bedienleistung	110
6.4	Zusammenfassung und Diskussion	111
<b>7</b>	<b>STUDIE IV: „MENÜSTRUKTUR“.....</b>	<b>113</b>
7.1	Einleitung	113
7.2	Methodisches Vorgehen	114
7.2.1	Menüsystem	114
7.2.2	Bedienaufgabe	115
7.2.3	Trackingaufgabe	116
7.2.4	Erfassung des Blickverhaltens	117

7.2.5	Probandenbefragung	117
7.2.6	Erfassung des räumlichen und begrifflichen Wissens	118
7.2.7	Versuchsplan	118
7.2.8	Versuchsablauf	119
7.2.9	Stichprobe	119
7.3	Ergebnisse	119
7.3.1	Bedienleistung und Single-Task Bedingung	119
7.3.2	Bedienleistung und Dual-Task Bedingung	121
7.3.3	Leistung in Trackingaufgabe	123
7.3.4	Blickverhalten	123
7.3.5	Probandenurteile	124
7.3.6	Begriffliches Wissen und Dual-Task Bedingung	126
7.3.7	Räumliches Wissen und Dual-Task Bedingung	127
7.4	Zusammenfassung und Diskussion	128
<b>8</b>	<b>STUDIE V: „BEDIENMODELL“ .....</b>	<b>130</b>
8.1	Einleitung	130
8.2	Methodisches Vorgehen	130
8.2.1	Menüsystem	130
8.2.2	Bedienaufgabe	132
8.2.3	Trackingaufgabe	132
8.2.4	Erfassung des Blickverhaltens	133
8.2.5	Probandenbefragung	133
8.2.6	Versuchsplan	133
8.2.7	Versuchsablauf	134
8.2.8	Stichprobe	134
8.3	Ergebnisse	135
8.3.1	Bedienleistung und Single-Task Bedingung	135
8.3.2	Bedienleistung und Dual-Task Bedingung	137
8.3.3	Leistung in Trackingaufgabe	140
8.3.4	Blickverhalten	141
8.3.5	Probandenurteile	143
8.4	Zusammenfassung und Diskussion	146
<b>9</b>	<b>STUDIE VI: „ALTER UND VORWISSEN“ .....</b>	<b>148</b>
9.1	Einleitung	148
9.2	Methodisches Vorgehen	148

9.2.1	Menüsystem	148
9.2.2	Bedienaufgabe	149
9.2.3	Fahraufgabe	150
9.2.4	Probandenbefragung	151
9.2.5	Versuchsplan	151
9.2.6	Versuchsablauf	152
9.2.7	Stichprobe	153
9.3	Ergebnisse	153
9.3.1	Bedienleistung und Single-Task Bedingung	153
9.3.2	Bedienleistung und Dual-Task Bedingung	157
9.3.3	Fahrleistung	158
9.3.4	Probandenurteile	160
9.4	Zusammenfassung und Diskussion	161

## **10 EXPLORATIONSSTUDIEN:**

### **„ZEITLICHE STRUKTUR DER BEDIENHANDLUNG“ ..... 164**

10.1	Einleitung	164
10.2	Explorationsstudie I „Zeitliche Struktur der Bedienschritte“	164
10.2.1	Einleitung	164
10.2.2	Methodisches Vorgehen	165
10.2.3	Ergebnisse	165
10.2.4	Fazit	166
10.3	Explorationsstudie II „Motorischer Aufwand bei Bedienhandlungen“	166
10.3.1	Einleitung	166
10.3.2	Methodisches Vorgehen	166
10.3.3	Ergebnisse	167
10.3.4	Fazit	167
10.4	Explorationsstudie III „Lese- und Vorbereitungszeiten“	168
10.4.1	Einleitung	168
10.4.2	Methodisches Vorgehen	168
10.4.3	Ergebnisse	169
10.4.4	Fazit	170
10.5	Explorationsstudie IV „Kognitiver Aufwand und Instruktionszeit“	170
10.5.1	Einleitung	170
10.5.2	Methodisches Vorgehen	170
10.5.3	Ergebnisse	171
10.5.4	Fazit	172

---

10.6	Explorationsstudie V „Zeitliche Strukturen und Nutzeralter“	172
10.6.1	Einleitung	172
10.6.2	Methodisches Vorgehen	173
10.6.3	Ergebnisse	173
10.6.4	Fazit	175
10.7	Zusammenfassung und Diskussion	175
<b>11</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG UND DISKUSSION .....</b>	<b>177</b>
11.1	Einleitung	177
11.2	Aufgabenstellung der Arbeit	177
11.3	Übersicht über empirische Ergebnisse dieser Arbeit	179
11.4	Abbildung des Kompetenzerwerbs in menügesteuerten Informationssystemen	182
11.5	Analyse der Bedeutung mentaler Repräsentationen für den Kompetenzerwerb	184
11.6	Einfluss von Nutzermerkmalen auf den Kompetenzerwerb	187
11.7	Auswirkungen von Systemvariationen auf den Kompetenzerwerb	188
11.8	Abbildung des Kompetenzerwerbs für menügesteuerte Informationssysteme unter Dual-Task Bedingungen	190
11.9	Entwicklung und Bewertung von Methoden zur Bestimmung des Kompetenzerwerbs und seiner Wirkungen auf Fahrsicherheit	191
11.10	Lernaufwand und Lernziel für menügesteuerte Informationssysteme	193
11.11	Ausblick	194
<b>12</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>196</b>
	<b>EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG.....</b>	<b>219</b>

## ABBILDUNGEN

Abbildung 2-1: Die zur Lösung einer Rechenaufgabe erforderliche Zeit als Funktion der Anzahl schon durchgeführter Beweise (Neves & Anderson, 1981; entnommen aus Anderson, 2001, S. 286) .....	33
Abbildung 2-2: Übungskurven für den Empfang von Morsezeichen (sinnvolle Texte und zusammenhangslose Wörter).....	34
Abbildung 2-3: Verbesserung der Leistung in einem Textverarbeitungsprogramm (Singley & Anderson, 1989; entnommen aus Anderson, 1999, S. 307). .....	37
Abbildung 3-1: Schematische Darstellung des Kompetenzerwerbs für Informationssysteme als multikodierter Prozess.....	66
Abbildung 4-1: Screenshot des Menüsystems und Arbeitsplatz des Probanden .....	74
Abbildung 4-2: Erfassung der Probandenurteile über Kategorienunterteilungsskala .....	76
Abbildung 4-3: Erfassung des räumlichen Wissens mittels Visueller Analogskala (links) bzw. des begrifflichen Wissens mittels Einfacher Wahlreaktionsaufgabe (rechts). .....	77
Abbildung 4-4: Versuchsablauf.....	79
Abbildung 4-5: Mittlere Navigationszeit (links) und Mittlere Schrittdauer (rechts).....	80
Abbildung 4-6: Überflüssige Wegstrecke. ....	81
Abbildung 4-7: Standardisierte beta-Gewichte (inklusive t-Werte der Multiplen Regression) für den Einfluss der Mittleren Schrittdauer und Überflüssigen Wegstrecke auf die Mittlere Navigationszeit. ....	82
Abbildung 4-8: Standardisierte beta-Gewichte für Orientierungsfehler, Bedienfehler und Flüchtigkeitsfehler auf Überflüssige Wegstrecke (links) und Mittlere Schrittdauer (rechts).....	83
Abbildung 4-9: Beurteilung der subjektiven Systembeherrschung (links) und subjektiven Anstrengung (rechts).. ....	84
Abbildung 4-10: Einfluss der begrifflichen Eindeutigkeit („uneindeutig“ vs. „eindeutig“) auf die Mittlere Schrittdauer .....	85
Abbildung 4-11: Mittlere Schrittdauer in Abhängigkeit vom Erstauftreten einer Aufgabe.....	85
Abbildung 4-12: Leistungen in der Visuellen Analogskala zur Erfassung des räumlichen Wissens.....	86
Abbildung 4-13: Mittlere Navigationszeit (oben), Mittlere Schrittdauer (unten links) und Häufigkeit von Orientierungsfehlern (unten rechts).....	87
Abbildung 4-14: Einfluss kognitiver Leistungsgeschwindigkeit („gering“ vs. „hoch“; median-dichotomisiert) auf die Mittlere Navigationszeit.....	88
Abbildung 5-1: Schematischer Ablauf der Sitzungen .....	94
Abbildung 5-2: Mittlere Navigationszeit.....	95
Abbildung 5-3: Mittlere Schrittdauer (links) und Überflüssige Wegstrecke (rechts) .....	96
Abbildung 5-4: Beurteilung der Sicherheit der richtigen Zuordnung von Unterbegriffen aus Ebene 2 (links) bzw. Ebene 3 (rechts) zu Oberbegriffen aus Ebene 1 .....	97
Abbildung 5-5: Mittlere Navigationszeit (links) und Mittlere Überflüssige Wegstrecke (rechts) für Menüinhalte von Ebene 3, bei denen Vor- und Systemwissen übereinstimmen („Richtig“) bzw. nicht übereinstimmen („Falsch“) .....	98
Abbildung 6-1: Präsentation des Systems sinnloser Silben (Screenshot-Beispiele) .....	103
Abbildung 6-2: Schematischer Ablauf der Sitzungen .....	105
Abbildung 6-3: Mittlere Navigationszeit.....	106
Abbildung 6-4: Mittlere Schrittdauer (links) und Überflüssige Wegstrecke (rechts). ....	107

Abbildung 6-5: Sicherheitsurteil bezüglich der Entscheidung zugunsten der „Nachbarn“ (max. 3 Punkte) bzw. des „Vorgesetzten“ (max. 6 Punkte) im Dominanzpaarvergleich.....	108
Abbildung 6-6: Summe der absoluten Abweichungen der eingeschätzten (subjektiven) Position eines Menüinhalts von der objektiven Position auf der Visuellen Analogskala über die verschiedenen Durchgänge.....	109
Abbildung 6-7: Angegebene (subjektive) und objektive räumliche Positionen auf der Visuellen Analogskala [in Pixel] für die Inhalte des Systems sinnloser Silben für „guten Proband“ (links) bzw. „schlechten Proband“ (rechts).....	109
Abbildung 6-8: Mittlere Navigationszeiten (links) bzw. Überflüssige Wegstrecke (rechts) für den Probanden mit der besten Leistung in der Visuellen Analogskala („guter Pb“) bzw. schlechtesten Leistung in der Visuellen Analogskala („schlechter Pb“) im Vergleich zum Gruppenmittelwert.....	110
Abbildung 7-1: Auszug aus dem tiefen Menüsystem (4*2*2*2-Struktur) .....	114
Abbildung 7-2: Auszug aus dem breiten Menüsystem (8*8-Struktur) .....	115
Abbildung 7-3: Fahrsimulator (links) und Trackingaufgabe (Screenshot; rechts).....	116
Abbildung 7-4: Proband mit Magnetspulen zur Erfassung des Lidschlusses und des Blickverhaltens. ....	117
Abbildung 7-5: Mittlere Navigationszeit.....	120
Abbildung 7-6: Mittlere Schrittdauer (links) und Überflüssige Wegstrecke (rechts). ....	120
Abbildung 7-7: Mittlere Instruktionszeit pro Wort der Instruktion.....	121
Abbildung 7-8: Mittlere Navigationszeit (links) und Mittlere Schrittdauer (rechts).....	122
Abbildung 7-9: Mittlere Abweichungen von der Kreuzposition (links) bzw. Mittlere Anzahl der Spurverletzungen (rechts).....	122
Abbildung 7-10: Mittlere Anzahl Displayblicke .....	123
Abbildung 7-11: Mittlere Blickdauer (links) und Standardabweichung der Blickdauern (rechts) der Displayblicke.....	124
Abbildung 7-12: Subjektive Anstrengung (links) bzw. Subjektive Aufgabenbearbeitung (rechts) bei Bearbeitung der Aufgaben im Menüsystem unter Single-Task Bedingungen .....	125
Abbildung 7-13: Subjektive Anstrengung (links) bzw. Subjektive Aufgabenbearbeitung (rechts) bei Bearbeitung der Aufgaben im Menüsystem unter Dual-Task Bedingungen .....	125
Abbildung 7-14: Subjektive Anstrengung (links) bzw. Subjektive Aufgabenbearbeitung (rechts) in der Trackingaufgabe.....	126
Abbildung 7-15: Mittlere Reaktionszeit (links) und Mittlere Trefferquote (rechts) in der einfachen Wahlreaktionsaufgabe.....	126
Abbildung 7-16: 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).....	127
Abbildung 8-1: Schematische Darstellung des sog. Integrierten Bedienelements (links) bzw. des sog. Aufgelösten Bedienelements (rechts).....	131
Abbildung 8-2: Screenshot der Ebenendarstellung (links) bzw. der Menüdarstellung (rechts) .....	132
Abbildung 8-3: Mittlere Schrittdauer (links) und Überflüssige Wegstrecke (rechts) in Abhängigkeit des Bedienelements .....	135
Abbildung 8-4: Mittlere Schrittdauer (links) und Überflüssige Wegstrecke (rechts) in Abhängigkeit der Systemdarstellung.....	136

Abbildung 8-5: Mittlere Schrittdauer (links) und Überflüssige Wegstrecke (rechts) für die untersuchten Darstellungsformen („Ebene“ vs. „Menü“) und Bedienvarianten („Integriert“ vs. „Aufgelöst“).	136
Abbildung 8-6: Mittlere Navigationszeit ohne vs. mit gleichzeitiger Bearbeitung der Trackingaufgabe.	137
Abbildung 8-7: Mittlere Schrittdauer (links) und Überflüssige Wegstrecke (rechts) ohne vs. mit gleichzeitiger Bearbeitung der Trackingaufgabe.	138
Abbildung 8-8: Mittlere absolute Häufigkeit der Orientierungsfehler (links) und Wandfehler (rechts) ohne vs. mit gleichzeitiger Bearbeitung der Trackingaufgabe.	138
Abbildung 8-9: Mittlere Schrittdauer (links) und Überflüssige Wegstrecke (rechts) in Abhängigkeit der Bedienvariante.	139
Abbildung 8-10: Mittlere Schrittdauer (links) und Überflüssige Wegstrecke (rechts) in Abhängigkeit der Systemdarstellung.	139
Abbildung 8-11: Mittlere Schrittdauer (links) und Überflüssige Wegstrecke (rechts) in Abhängigkeit der Bedienvariante und Systemdarstellung.	140
Abbildung 8-12: Mittlere Abweichungen von Kreuzposition (links) bzw. Mittlere Anzahl der Spurverletzungen (rechts) in Abhängigkeit der Systemvariante.	141
Abbildung 8-13: Mittlere Abweichungen von Kreuzposition (links) bzw. Mittlere Anzahl der Spurverletzungen (rechts) in Abhängigkeit der Systemdarstellung.	141
Abbildung 8-14: Mittlere Blickanzahl (links) und Mittlere Blickdauer (rechts) in Abhängigkeit der Bedienvariante.	142
Abbildung 8-15: Mittlere Blickanzahl (links) und Mittlere Blickdauer (rechts) in Abhängigkeit der Systemdarstellung.	142
Abbildung 8-16: Mittlere subjektive Anstrengung (links) bzw. subjektive Aufgabengüte (rechts) bezüglich der Aufgabenbearbeitung im Menüsystem, dargestellt für die Bedingung ohne (Single-Task) vs. mit gleichzeitiger Bearbeitung der Trackingaufgabe (Dual-Task).	143
Abbildung 8-17: Beurteilte Güte der Bewegung zwischen den Menüebenen (links) und der Auswahl des Zielitems (rechts) für das „Integrierte“ bzw. das „Aufgelöste Bedienelement“ für Ebenen- bzw. Menüdarstellung unter Single-Task Bedingungen.	145
Abbildung 8-18: Beurteilte Güte der Bewegung zwischen den Menüebenen (links) und der Auswahl des Zielitems (rechts) für das „Integrierte“ bzw. das „Aufgelöste Bedienelement“ für Ebenen- bzw. Menüdarstellung unter Dual-Task Bedingungen.	146
Abbildung 9-1: Beispielhafte Verkehrssituationen des Landstraßen-Parcours des Fahrsimulators des Würzburger Instituts für Verkehrswissenschaften (WIVW GmbH). Links: Überholen, Mitte: Baustelle mit Spurverengung, Rechts: Scharfe Linkskurve.	150
Abbildung 9-2: Fahrsimulation mit Bewegungssystem des Würzburger Instituts für Verkehrswissenschaften (WIVW GmbH).	151
Abbildung 9-3: Schematischer Ablauf der Sitzungen.	152
Abbildung 9-4: Mittlere Navigationszeit (links) und Mittlere Schrittdauer (rechts) im Alltags-System.	154
Abbildung 9-5: Überflüssige Wegstrecke (links) und Häufigkeit der Falsch-Bildschirme (rechts) im Alltags-System.	154
Abbildung 9-6: Mittlere Navigationszeit (links) und Häufigkeit der Falsch-Bildschirme (rechts) für das Alltags-Menü (Sitzung 1) und das Fahrerinformationssystem (Sitzung 2, Single-Task Bedingung).	155
Abbildung 9-7: Mittlere Navigationszeit (links) und Häufigkeit der Falsch-Bildschirme (rechts).	156

Abbildung 9-8: Mittlere Navigationszeit (links) und Häufigkeit der Falsch-Bildschirme (rechts).....	157
Abbildung 9-9: Mittlere Navigationszeit (links) und Häufigkeit der Falsch-Bildschirme (rechts) für ältere bzw. jüngere Probanden mit bzw. ohne Vorwissen während den Messfahrten .....	158
Abbildung 9-10: Mittlere Geschwindigkeit (links) und mittlere Häufigkeit des Berührens der Fahrbahnmarkierung (rechts) der jüngeren bzw. älteren Probanden für den Streckenabschnitt „Landstraße - Freie Fahrt“ (Richtgeschwindigkeit 100 km/h) über die Kontrollfahrt ohne Menübedienung und zwei Messfahrten mit Menübedienung.....	159
Abbildung 9-11: Mittlere Häufigkeit des Berührens der Fahrbahnmarkierung mit Vorwissen („mit“) vs. ohne Vorwissen („ohne“) für den Streckenabschnitt „Landstraße – Freie Fahrt“ .....	159
Abbildung 9-12: 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 Fahrerinformationssystems (Sitzung 2, Single-Task Bedingung). .....	160
Abbildung 9-13: Beurteilung der Anstrengung (links) und Leistungsgüte (rechts) für die Fahraufgabe über die drei Fahrten in Sitzung 2 .....	161
Abbildung 10-1: Mittlere Schrittdauer für „Erste Blätterschritte“ und „Folge-Blätterschritte“ (links) sowie „Erste Wechselschritte“ und „Folge-Wechselschritte“ (rechts) .....	165
Abbildung 10-2: Motorische Bedienzeiten für Blätterschritte (links) bzw. Wechselschritte (rechts) in zwei Blöcken der Ansteuerungsaufgabe. ....	168
Abbildung 10-3: Mittlere Vorbereitungs- und Lesezeit pro Wort der Instruktion (Mittlere Instruktionszeiten aus Studie „Menüstruktur“). .....	169
Abbildung 10-4: Mittlere Instruktionszeit in Abhängigkeit der Ebene des Startitems (links) bzw. des Zielitems (rechts).....	172
Abbildung 10-5: Mittlere Vorbereitungs- und Lesezeit pro Wort der Instruktion (Mittlere Instruktionszeiten aus Studie „Alter und Vorwissen“). .....	174
Abbildung 10-6: Mittlere Schrittdauern für Folge-Blätterschritte (links) bzw. Wechselschritte nach rechts (rechts).....	174
Abbildung 11-1: Schematische Darstellung des Kompetenzerwerbs für Informationssysteme als multikodierter Prozess.....	184

## TABELLEN

Tabelle 3-1: Übersicht über Hauptstudien (in Klammern: Kapitelnummern der Studien). ....	70
Tabelle 3-2: Übersicht über Studien mit hypothetischen Informationssystemen.....	71
Tabelle 3-3: Übersicht über Studien mit fahrkontextnahen Informationssystemen.....	72
Tabelle 4-1: Schematische Darstellung des Versuchsplans der Studie „Raumschiff-System I“ (N = 28 Probanden). ....	78
Tabelle 4-2: Mittlere absolute Häufigkeit von Orientierungsfehlern Bedienfehlern und Flüchtigkeitsfehlern.....	81
Tabelle 4-3: Mittlere Korrelationen zwischen dem jeweils abgefragten Nutzermerkmal und verschiedenen Leistungsparametern der Menübedienung.....	88
Tabelle 5-1: Schematische Darstellung des Versuchsplans der Studie „Raumschiff-System II“ (N = 6 Probanden). ....	93
Tabelle 6-1: Übersicht über die im System sinnloser Silben enthaltenen Begriffe.....	102
Tabelle 6-2: Schematische Darstellung des Versuchsplans der Studie „System sinnloser Silben“ (N = 10 Probanden). ....	105
Tabelle 7-1: Schematische Darstellung des Versuchsplans der Studie „Menüstruktur“ (N = 24 Probanden).....	118
Tabelle 8-1: Schematische Darstellung des Versuchsplans der Studie „Bedienmodell“ (N = 48 Probanden).....	134
Tabelle 8-2: Mittlere subjektive Anstrengung (oben) bzw. subjektive Aufgabengüte (unten) bei Bewertung der Menüaufgabe in Single-Task Bedingung (links) bzw. Dual-Task Bedingung in Abhängigkeit der Bedienvariante („Integrierte Bedienung“ vs. „Aufgelöste Bedienung“) und Systemdarstellung („Ebenendarstellung“ vs. „Menüdarstellung“). Dargestellt sind Mittelwerte und Standardabweichung.....	144
Tabelle 8-3: Mittlere subjektive Anstrengung (links) bzw. subjektive Aufgabengüte (rechts) bei Bewertung der Trackingaufgabe in Abhängigkeit der Bedienvariante („Integrierte Bedienung“ vs. „Aufgelöste Bedienung“) und Systemdarstellung („Ebenendarstellung“ vs. „Menüdarstellung“).....	145
Tabelle 9-1: Schematische Darstellung des Versuchsplans der Studie „Alter und Vorwissen“ (N = 24 Probanden). ....	152
Tabelle 11-1: Übersicht über Hauptstudien (in Klammern: Kapitelnummern der Studien). .	178

## ZUSAMMENFASSUNG

Aufgabenstellung dieser Arbeit ist die Prozessdarstellung des Kompetenzerwerbs im Umgang mit menügesteuerten Informationssystemen (kurz: Menüsysteme) im Fahrzeug. Hierzu zählen die Darstellung des Lernverlaufs sowie der Bedeutung von förderlichen und hinderlichen Lernbedingungen. Als ein Schwerpunkt der Arbeit werden mentale Repräsentationen der Nutzer bezüglich des Menüsystems betrachtet. Zusätzlich wird die Kompatibilität des Kompetenzerwerbs für Menüsysteme mit der Fahrzeugführung geprüft. Aus diesen Analysen ergeben sich Methoden der Überprüfung des Lernaufwands, -verlaufs und -erfolgs, aus denen sich Empfehlungen zur optimalen Gestaltung des Lernprozesses bzw. zur Ausgestaltung von menügesteuerten Informationssystemen unter dem Aspekt der Erlernbarkeit ableiten lassen.

Zur empirischen Überprüfung dieser Aufgabenstellung werden prototypische Menüsysteme konstruiert. Anhand sog. Raumschiff-Systeme wird z.B. der Umgang des Nutzers mit einem begrifflich weitgehend eindeutigen Menüsystem eines Raumschiffs der Bedienung eines Menüsystems ohne bedeutungshaltige Informationen (sog. System sinnloser Silben) gegenübergestellt. Hierdurch ist es u.a. möglich, den Kompetenzerwerb für Menüsysteme darzustellen und mögliche Lernvorteile abzuschätzen, die sich aus begrifflichen Merkmalen des Menüsystems ergeben. Um die Auswirkungen des Kompetenzerwerbs für Menüsysteme auf die Fahr-sicherheit zu untersuchen, werden fahrkontextnahe Systeme konzipiert. Diese werden sowohl unter Single-Task Bedingungen (z.B. an einem Bildschirmarbeitsplatz, im stehenden Fahrzeug) als auch unter Dual-Task Bedingungen (z.B. während der Fahrt) bedient. Insbesondere zu Übungsbeginn werden Interferenzen zwischen Fahrzeugführung und Menübedienung erwartet. Es wird geprüft, ob die unter Single-Task Bedingungen erzielten Ergebnisse zum Kompetenzerwerb auf Dual-Task Bedingungen generalisierbar sind. Zielsetzung weiterer Explorationsstudien ist die Analyse der zeitlichen Struktur einer Bedienhandlung in einem Menüsystem in Abhängigkeit des Kompetenzerwerbs. Insgesamt werden sechs Hauptstudien und fünf Explorationsstudien in dieser Arbeit berichtet.

Es wird gezeigt, dass der Kompetenzerwerb für Menüsysteme dem sog. Potenzgesetz der Übung folgt: So findet sich zu Übungsbeginn ein starker Leistungsanstieg im Umgang mit einem Menüsystem unter Single-Task Bedingungen, in späteren Übungsphasen verringert sich dieser Leistungsanstieg. Zu Übungsbeginn treten v.a. Orientierungs- und Bedienfehler auf, in späteren Übungsphasen vermehrt Flüchtigkeitsfehler. Diese Fehler stellen voneinander unabhängige Fehlerklassen dar. Zu Lernbeginn ist v.a. die Bediengenauigkeit von Bedeutung, mit zunehmender Übung die Bediengeschwindigkeit. Insbesondere antizipative Aspekte der Handlungsvorbereitung und -initiiierung im Umgang mit Menüsystemen sind Lerneinflüssen zugänglich. Für exekutive Aspekte der Handlungsdurchführung und -kontrolle ist der Kompetenzerwerb von untergeordneter Bedeutung. Als Nutzermerkmale erweisen sich das bereichsspezifische Vorwissen, die kognitive Leistungsfähigkeit und das Nutzeralter als bedeutsam für den Kompetenzerwerb: Diese Merkmale werden mit zunehmender Übung weniger wichtig für interindividuelle Leistungsunterschiede. Das erzielte Leistungsniveau in der Menübedienung ist nach einer längeren Lernpause (von bis zu 12 Wochen) weitgehend stabil. Die realisierten Systemvariationen eines Menüsystems (Menüstruktur und Bedienmodell) wirken sich unabhängig vom Lernstatus auf das Bedienverhalten der Systemnutzer aus.

Auf Nutzerseite werden im Umgang mit einem Menüsystem mentale Repräsentationen konstruiert: Zu Lernbeginn wird insbesondere begriffliches Wissen (sog. Inhaltsstruktur und begriffliche Unterbegriffs-Overbegriffs-Relationen) angeeignet. Mit zunehmender Übung wird eine räumliche Repräsentation, in der die Positionen der einzelnen Menüinhalte abgebildet sind, aufgebaut. Eine motorische Repräsentation als Resultat einer Optimierung des Umgangs mit dem Bedienelement bis hin zu einer (Teil-)Automatisierung der motorischen Handlungssequenz wird erst nach umfangreicher Übung im Umgang mit einem Menüsystem erworben. Diese Repräsentationen beeinflussen wiederum die Bedienleistung: Hinsichtlich der begrifflichen Repräsentation ist z.B. das Erkennen der sog. Inhaltsstruktur für die starken Lernzuwächse zu Übungsbeginn verantwortlich. Die Kompatibilität von Vorwissen auf Nutzerseite und für die Bedienung notwendiges Systemwissen bestimmt den Lernaufwand und -verlauf. Die Veränderung räumlicher Positionen von Menüinhalten (unter Konstanthaltung der begrifflichen Unterbegriffs-Overbegriffs-Relationen) geht mit Einbußen in der Bedienleistung einher. Personen mit präzisiertem räumlichem Wissen können effizienter mit einem Menüsystem umgehen. Diese Befunde sprechen für die Bedeutung der räumlichen Repräsentation. Bedienfehler (als Hinweis für motorische Repräsentationen) treten v.a. zu Übungsbeginn auf. Mit zunehmender Übung wird der sensumotorische Umgang mit dem Bedienelement optimiert. Diese Befunde führen zusammenfassend zu folgenden Schlussfolgerungen:

- (1) Der Umgang mit Menüsystemen führt zu einer trialen Kodierung der für die Menübedienung notwendigen (begrifflichen, räumlichen und motorischen) Informationen.
- (2) Das Potenzgesetz der Übung beschreibt den Kompetenzerwerb für Menüsysteme lediglich summativ und resultiert aus der Kombination der einzelnen Lernfunktionen der zu kodierenden Lerninhalte.

Unter Dual-Task Bedingungen treten zu Übungsbeginn stärkere Interferenzen zwischen Fahrzeugführung und Menübedienung auf. Mit zunehmender Übung verringern sich diese Interferenzen v.a. auf Seiten der Menübedienung. Dies ist u.a. auf die Instruktion der Probanden zurückzuführen. Übungsbedingt schauen die Nutzer seltener bei vergleichbarer Blickdauer auf das Systemdisplay. Insbesondere ältere Nutzer haben Probleme mit einer Verschränkung von Fahrzeugführung und Menübedienung: Obwohl ältere Nutzer bereits geringere mittlere Geschwindigkeiten wählen und weniger Aufgaben im Menüsystem während der Fahrt bearbeiten als jüngere Nutzer, reichen diese Kompensationsbemühungen nicht aus, um die Spurhaltung aufrecht zu halten. Mit zunehmender Übung verringern sich diese Alterseffekte, werden aber nicht eliminiert. Wird ein Menüsystem parallel zur Fahrzeugführung bedient, werden zudem stärkere und präzisere begriffliche und räumliche Repräsentationen über das Menüsystem vom Nutzer konstruiert.

Bei diesen Studien wird ein multimethodaler Messansatz verfolgt, in dem stets verschiedenartige Werkzeuge zur Bestimmung des Kompetenzerwerbs und seiner Wirkungen auf die Fahr-sicherheit eingesetzt werden. Es kann dabei zu einer Dissoziation der Ergebnisse in verschiedenen Messmethoden kommen. Unter Single-Task Bedingungen gewonnene Ergebnisse können zudem nicht ohne weiteres auf Dual-Task Bedingungen generalisiert werden.

Zusammenfassend werden in dieser Arbeit empirische Befunde und theoretischer Modelle aus Lern- und Gedächtnispsychologie einerseits bzw. empirische Ansätze der Verkehrs- und Ingenieurspsychologie andererseits bestätigt. Diese Arbeit erweitert diese Ansätze auf den Kompetenzerwerb für menügesteuerte Informationssysteme im Fahrzeug.

# 1 EINLEITUNG

## 1.1 Fahrerinformationssysteme

Das Führen eines Fahrzeugs wird zunehmend durch verschiedenartige technische Systeme beeinflusst, die den Fahrer bei dieser Aufgabe unterstützen bzw. teilweise sogar ersetzen. Solche Systeme werden zusammenfassend unter dem Begriff „**Fahrerassistenzsysteme**“ (Abkürzung: FAS; engl.: „Advanced Driver Assistance Systems“, ADAS) geführt. Hierunter werden Systeme verstanden, die den Fahrer bei der Handlungsausführung unterstützen. Die Erledigung der eigentlichen Handlung verbleibt in der Regel jedoch bei der Person.

Eine Untergruppe der Fahrerassistenzsysteme sind sog. **Fahrerinformationssysteme** (Abkürzung: FIS; engl.: „In-Vehicle Information Systems“, IVIS). Hierunter sind Systeme zu verstehen, die „Fahrer und Beifahrer mit relevanter Information versorgen“ (Reif, 2010, S. 107) und die nicht primär zur Erhöhung der aktiven und/oder passiven Sicherheit des Fahrers dienen, sondern

„mehrere Funktionen zur Information und zur Unterhaltung ... vereinen. Die meisten FIS beinhalten neben Audiokomponenten (Radio, CD) ein Navigationssystem. Oft ist auch ein Mobiltelefon integriert. Dieses kann um eine On-Line Funktionalität erweitert sein, z.B. um einen Internetzugang ... zu ermöglichen. Weitere mögliche Komponenten sind unter anderen Fernsehen, telematische Services (z.B. Wetter- oder Verkehrsinformationen), Adress- oder Fahrtenbücher und die Kontrolle über das Unterhaltungssystem für die Passagiere“ (Rößger, 2005, S. 149).

Reif (2010) unterscheidet ferner, dass zu FIS unmittelbar fahrrelevante Informationen (z.B. Informationen über Fahrgeschwindigkeiten, Navigationshinweise und ACC-Betriebsgrößen) sowie weniger für die Fahrzeugführung relevante Informationen (z.B. Kartendarstellungen von Navigationssystemen, Telefon, Klimaanlage oder Unterhaltung) gehören. Solche Informationen werden entweder vom Fahrer aktiv aufgerufen (z.B. Informationen über die Außentemperatur) oder von Systemseite initiiert dargeboten (z.B. Abstandsanzeige zum Vorderfahrzeug; Krems, Kopf & Zimmer, in Vorbereitung).

Die Grenze zwischen Fahrerassistenz- und Fahrerinformationssystemen kann demzufolge relativ fließend sein: So können informierende Systeme durchaus unmittelbar für die Fahrzeugführung relevante Informationen umfassen. Während bei rein informierenden Systemen die Verantwortung bei der Fahrzeugführung jedoch uneingeschränkt beim Fahrer liegt, ist dies bei stärker automatisierten Systemen nicht mehr der Fall (Krems et al., in Vorbereitung).

## 1.2 Menüsysteme

Für den Umgang mit Fahrerinformationssystemen sind teilweise komplexe Bedienstrukturen notwendig. Für eine optimale Interaktions- und Dialogform wird im Fahrzeugkontext vermehrt der Einsatz sog. hierarchischer Menüsysteme diskutiert (Kern & Schmidt, 2009), in denen sich die Systemnutzer mittels eines Bedienelements zur Auswahl von Alternativen bewegen. Daher werden diese Systeme nachfolgend verkürzt als „**Menüsysteme**“ bezeichnet. Hierdurch soll auch die Nähe zu nicht-fahrkontextbezogenen Forschungs- bzw. Anwendungsbereichen deutlich werden. Für ausführliche Darstellungen von Menüsystemen im Computer-

bereich siehe beispielsweise Eberleh (1989), Norman (1991), Shneiderman und Plaisant (2010) sowie Williges und Williges (1984).

Das Grundprinzip von Menüsystemen entspricht prinzipiell der alltäglichen Erfahrung in einem Restaurant (Norman & Chin, 1989; Shneiderman & Plaisant, 2010): So wird dem Gast zunächst mittels einer Menükarte unterbreitet, welche Getränke und Gerichte angeboten werden. Aus diesem Angebot kann der Gast auswählen, was er als Mahlzeit bestellen möchte. Ähnlich werden im Bereich der Mensch-Computer Interaktion Menüs eingeführt, um den Nutzer die Menge möglicher Alternativen anzuzeigen, aus denen er eine Alternative wählen kann. Durch die Menüauswahl kann z.B. der nächste Verarbeitungsschritt bzw. eine Folge von Verarbeitungsschritten des Computers bestimmt werden. „Menüs zeigen [also] Kommandos an, die der Benutzer eines herkömmlichen Kommandosystems ‚auswendig‘ wissen müsste“ (Dutke, 1994, S. 108).

Menüsysteme umfassen heterogene Formen und Applikationen: Obwohl das Konzept von Menü aufrechterhalten wurde, haben sich deren Erscheinungsbild und Fähigkeiten gegenüber den Anfängen der Mensch-Computer Interaktion, in denen insbesondere Kommandosprachen verwendet wurden, deutlich verändert (Norman, 1991). Weiterentwicklungen in der Bildschirmtechnologie, beim Arbeitsspeicher von Computern sowie ergonomische Weiterentwicklungen von Graphiken erlauben es, flexible und effiziente Menüs einzusetzen. Entsprechend umfassen Menüs in der Mensch-Computer Interaktion zurzeit sog. Menüfenster und Pop-Up bzw. Pull-Down Menüs sowie beinhalten graphische und ikonische Informationen. Zur Erleichterung des Umgangs mit Menü wird häufig die Verwendung von Metaphern diskutiert, die zu positiven Effekten in der Menüauswahl führen kann (Carroll & Thomas, 1982; Dutke, 1994). Unter einer Metapher versteht man in diesem Zusammenhang, Objekte und Operationen (Funktionen) mit Bezug auf einen Gegenstandsbereich darzustellen, über den der Benutzer ein gewisses Maß an Vorwissen mitbringt. Für die Vermittlung komplexer Zusammenhänge wird z.B. die sog. Büro-Metapher verwendet, bei der ein Computerbildschirm als Schreibtischoberfläche (engl.: „desktop“) und die Objekte als Büromaterialien (z.B. Ordner und Papierkorb) dargestellt werden. Nach Norman und Chin (1989) ist sogar ein Menüsystem an sich strenggenommen eine Metapher, um die Mensch-Technik Interaktion zu erleichtern.

Menüsysteme, wie sie bei Fahrerinformationssystemen zum Einsatz kommen, bestehen regelhaft aus sog. hierarchischen Baumstrukturen. Hierunter werden Menü verstanden, die eine größere Anzahl von Alternativen, die nicht simultan präsentiert werden können, umfassen. In diesen Baumstrukturen können auf wenigen Hierarchieebenen viele Menüinhalte dargestellt werden. Shneiderman und Plaisant (2010) veranschaulichen dies über die Beispielrechnung, dass in einem hierarchischen Menüsystem mit jeweils 30 Inhalten pro Menübereich und vier Menüebenen bis zu 810.000 Zielfunktionen auf unterster Menüebene angeboten werden können. Kritisch bezüglich solcher Baumstrukturen ist anzumerken, dass die begriffliche Organisation des Menü oft nicht den Erwartungen der Nutzer entspricht. Aus diesem Grund finden Nutzer nicht die gewünschte Alternative und sind sich nicht sicher, ob die richtige Alternative gewählt wurde. In diesen Fällen müssen Nutzer z.B. wieder auf der obersten Menüebene mit der Suche nach der richtigen Alternative anfangen (Norman, 1991).

Neben der strukturellen und begrifflichen Organisation von Menüsystemen ergibt sich die Frage nach deren optimalen Darstellungsform. So hat es sich als günstig erwiesen, hierarchische Menüsysteme vertikal anzuordnen und Unterbereiche des Menü durch lineare, eindimensionale Verzweigungen horizontal verfügbar zu machen (Norman, 1991). Hierbei ist eine

kulturelle Komponente zu beachten: Nach Shih und Goonetilleke (1998) profitieren chinesische Menübediener von einer horizontalen Auslegung der übergeordneten Menübereiche.

Zusätzlich ist zu fragen, ob stets das gesamte Menü sichtbar sein sollte, da hierdurch der Flächenaufbau des Bildschirms beeinflusst wird. Im Bereich der Mensch-Computer Interaktion führt beispielsweise die permanente Menüdarstellung dazu, dass ein erheblicher Flächenanteil für die Arbeit am Sachproblem verlorengelht (Streitz, 1990). Die Verwendung von Kontextinformationen (z.B. Informationen über die aktuelle Position im Auswahlprozess, Übersicht über vorherige Wahlen und welche weiteren Wahlen bis zum Erreichen der Endauswahl notwendig sind) ist positiv zu bewerten. Es sollen mindestens Informationen über die aktuelle Position im Sinne einer Übersicht über alle zu einem gegebenen Zeitpunkt verfügbaren Alternativen gegeben werden, aus denen der Nutzer eine Alternative auswählt. Werden solche Informationen nicht dargeboten, besteht für den Nutzer die Gefahr, den Überblick über seine aktuelle Position und damit einhergehend die Orientierung im Umgang mit dem Menüsystem zu verlieren (Norman, 1991).

### **1.3 Problem der Ablenkung und Selbsterklärungsfähigkeit**

In der Zwischenzeit liegen einige empirische Befunde vor, die sich mit der Bedienung von Fahrerinformationssystemen während der Fahrt beschäftigen (für einen Überblick siehe z.B. Basacik & Stevens, 2008; Bayle, Young & Regan, 2009; Young & Regan, 2009). Diese empirischen Ansätze gehen nach Rößger (2005) von folgenden Zielsetzungen des Umgangs mit Fahrerinformationssystemen aus: „Im Vordergrund steht hier eine zielstrebige und sichere Interaktion mit dem System. Kompetenzerwerb ist sicher wichtig... Eine adäquate Beanspruchung wird sicher angestrebt“ (S. 151). Schwerpunkte empirischer Studien sind somit Auswirkungen des Umgangs mit Fahrerinformationssystemen auf die Fahrsicherheit und die Bedienleistung (Stevens, Quimby, Board, Kersloot & Burns, 2002). Entsprechende Forschungsaktivitäten stecken nach Young und Regan (2009) aber noch in den Kinderschuhen.

Aus dem Umgang mit solchen Systemen parallel zur Fahrzeugführung können jedoch zum Teil erhebliche Ablenkungswirkungen für den Fahrer resultieren: Sofern Fahrer ihre kognitive und visuelle Aufmerksamkeit nicht-optimal zwischen der Fahraufgabe und der Bedienung des Fahrerinformationssystems aufteilen, kann zum einen die Fahrzeugführung beeinträchtigt werden (für eine Übersicht siehe z.B. Johansson et al., 2004; Ranney, 2008; Young, Regan & Hammer, 2003). Zudem wird gegebenenfalls in diesen Situationen aufgrund einer mentalen Überlastung der Fahrer die Güte der Situationsbewertung und -detektion durch die Fahrer beeinträchtigt (Engström, Johansson & Östlund, 2005; Horrey, Lesch & Garabet, 2008; Recarte & Nunes, 2003). Hierdurch können sicherheitskritische Situationen auftreten (z.B. Dingus & Klauer, 2008; Liang & Lee, 2010). Einzelne Studien legen nahe, dass insbesondere im Rahmen des Erstkontakts mit einem Fahrerinformationssystem zum Teil erhebliche Ablenkungswirkungen zu erwarten sind (Chisholm, Caird & Lockhard, 2008; Shinar, Tractinsky & Compton, 2005, zitiert nach Young, Regan & Lee, 2009).

Daher kommt der optimalen Gestaltung von Informationssystemen im Fahrzeug (insbesondere beim Erstkontakt) eine entscheidende Bedeutung zu. In aktuellen Guidelines und Standards zur Ausgestaltung von Fahrerinformationssystemen sind diesbezügliche Aussagen jedoch nur vereinzelt aufzufinden: „Weiche Spezifikationen [die den Umgang mit einem solchen System] sicher, leicht benutzbar oder nicht ablenkend“ (S. 458; Übers. v. Verf.) machen, sind nach Green (2009) deutlich unterrepräsentiert.

In der Norm EN ISO 15005 (2002) werden drei Hauptprinzipien für die Ausgestaltung von Mensch-Maschine Interaktionen im Fahrzeug genannt (für eine Übersicht über weitere diesbezügliche Standards und Guidelines siehe Green, 2009):

- (1) Eignung für den Gebrauch während der Fahrt (Kompatibilität mit Fahrzeugführung, Einfachheit, Timing/Prioritäten)
- (2) Eignung für Aufgabe selbst (Konsistenz, Kontrollierbarkeit/Steuerbarkeit)
- (3) Eignung für den Fahrer (Selbsterklärungsfähigkeit, Konformität mit Fehlererwartungen, Fehlertoleranz)

Das Prinzip der Selbsterklärungsfähigkeit gilt als erfolgreich umgesetzt, „wenn die wesentliche Bedeutung der Information unmissverständlich vermittelt wird und dem Fahrer ständig klar ist, was während eines Dialoges getan werden kann oder getan werden muss“ (EN ISO 15005, 2002, S. 16). So soll dem Fahrer stets deutlich gemacht werden, welche Eingaben notwendig sind, um das angestrebte Ziel zu erreichen (z.B. indem nur verfügbare Operationen dargestellt werden). Es sind ausschließlich Symbole, Signale, Kontrollleuchten, graphische Elemente und Terminologien (Termini, Abkürzungen usw.) zu verwenden, die für den Fahrer verständlich wird. Zusätzlich ist eine Konformität des Systems mit Fahrererwartungen anzustreben, d.h. Anzeigen und Bedienelement sollen inhaltlich und stilistisch so gestaltet sein, dass sie vom Fahrer verstanden werden und angemessene Reaktionen auslösen. Beispielhaft genannt werden Funktionstasten, die eine visuelle Entsprechung auf dem Display haben sollen (EN ISO 15005, 2002).

In der EN ISO 15005 (2002) wird das Prinzip der Selbsterklärungsfähigkeit insbesondere als Ergebnis früherer Lernprozesse betrachtet: Der Fahrer wird als Person gesehen, die bereits vielfältige Lernprozesse durchlaufen hat und daher – wenn die genannten Gestaltungsprinzipien bei der Systemausgestaltung berücksichtigt werden – mit minimalen Lernaufwand neuartige Fahrerinformationssysteme bedienen kann. Die Frage, welche Inhalte im Systemkontakt erworben werden müssen bzw. wie dieser Lernprozess optimiert werden kann (auch und insbesondere unter Berücksichtigung möglicher negativer Wirkungen auf die Fahrsicherheit), wird im Rahmen dieser ISO-Norm nicht angesprochen. Ebenso fehlen Hinweise zum Lernverlauf im Umgang mit einem FIS über viele Bediendurchgänge hinweg.

Die Norm EN ISO 17287 (2003) legt zusätzlich folgende Aspekte für die Entwicklung und Bewertung der Gebrauchstauglichkeit von Fahrerinformationssystemen fest:

- (1) Beeinträchtigung (der Fahraufgabe)
- (2) Steuerbarkeit
- (3) Effizienz
- (4) Bedienungsfreundlichkeit bei gleichzeitigem Erlernen des Systems

Der unter (4) genannte Aspekt wird in dieser Norm als wichtig erachtet, „da einige Funktionen eines [Fahrerinformationssystems] u.U. nicht häufig zum Einsatz kommen oder von Fahrern genutzt werden, die mit dem System nicht vertraut sind (EN ISO 17287, 2003, S. 4). Unter Erlernen wird hierbei der „Erwerb von Wissen und Fähigkeiten“ (EN ISO 17287, 2003, S. 6) verstanden. Explizite Ansätze, welche Inhalte erworben werden bzw. wie ein solcher Lernprozess aussehen soll, gibt diese ISO-Norm nicht.

Die Berücksichtigung des Lernprozesses im Umgang mit FIS kommt dabei möglicherweise eine erhebliche Bedeutung für die Bewertung der Mensch-Maschine Interaktion zu: Nielsen

(1993) bezeichnet die Erlernbarkeit als das fundamentalste Attribut der Mensch-Maschine Interaktion, das im Rahmen der Usability-Forschung zu berücksichtigen ist: „Schließlich müssen die meisten [technischen] Systeme leicht zu lernen sein und ... die erste Erfahrung der meisten Menschen mit einem neuen System ist die des Lernens“ (S. 25f.). In einer Befragung von Nielsen (1989) über die von Systemnutzern am stärksten gewünschten Charakteristika beziehen sich vier der sechs wichtigsten Attribute (aus einem Katalog von 21 Attributen) auf die Erlernbarkeit: Verständliche Fehlermeldungen, Bedienbarkeit auch ohne Lernerfahrung, Möglichkeit des Rückgängigmachens eines Befehls und Bestätigung von Befehlen bei riskanten bzw. systemkritischen Eingaben. In ähnlicher Weise betonen Tingvall, Eckstein und Hammer (2009), dass die Erlernbarkeit eines Fahrerinformationssystems von entscheidender Bedeutung für dessen Ausgestaltung ist. Harvey, Stanton, Pickering, McDonald und Zheng (2011) nennen übereinstimmend hierzu drei Usability-Kriterien für Fahrerinformationssysteme, die in diesem Zusammenhang zu beachten sind:

- (1) Die Erlernbarkeit des Umgang mit einem Fahrerinformationssystem,
- (2) die Effizienz des erstmaligen Gebrauchs eines Fahrerinformationssystems während der Fahrt und
- (3) die Effektivität des erstmaligen Gebrauchs eines Fahrerinformationssystems während der Fahrt.

Zurzeit fehlen standardisierte Methodeninventare zur Überprüfung des Erlernens von FIS (für eine vergleichende Übersicht über verschiedene diesbezügliche Evaluationsmethoden siehe Harvey et al., 2011). Die Durchführung von Prüflisten-Verfahren (engl.: „checklists“) zählen dabei zu den am häufigsten durchgeführten Methoden zur Evaluation von Mensch-Maschine-Schnittstellen. Als sog. meinungsbasierte Evaluationsmethoden werden Prüflisten-Verfahren hauptsächlich in der Spezifikations-, Design- und Redesign-Phase der Softwareentwicklung eingesetzt (für einen Überblick über gängige Evaluationsmethoden siehe Gediga & Hamburg, 2002). Zum Einsatz kommen im Kraftfahrzeugbereich z.B. folgende Prüflisten-Verfahren:

- Softwaretool „CarE“ (Dubrowsky, Hüttner, Warning, Wandke & Küting, 2001)
- Evaluationssystem „NICE“ (Färber & Müller, 2000)
- Bewertungswerkzeug „CarUSE-MI“ (Vöhringer-Kuhnt, 2011)
- Bewertungssystem „BASE“ (Holte, 2000)
- „MMI-Prüfliste“ (Nirschl & Blum, 2000)
- Prüflisten-Verfahren „ISONORM 9241/10“ (Prümper & Anft, 1993)
- „Code of Practice zur Entwicklung und Validierung von Fahrerassistenzsystemen“ (RESPONSE 3, 2007)
- Sicherheits-Checklisten (Brookhuis, van Winsum, Heijer & Duynstee, 1999; Stevens, Board, Allen & Quimby, 1999),

Der Schwerpunkt dieser Prüflisten-Verfahren liegt regelhaft nicht auf lernrelevanten Aspekten der Mensch-Maschine Interaktion im Fahrzeug. Abgefragt werden lediglich Begriffe wie „Erlernbarkeit“ (Dubrowsky et al., 2001), „Selbsterklärungsfähigkeit“ (Färber & Müller, 2000) und „Lernförderlichkeit“ (Prümper & Anft, 1993) sowie Konzepte wie „Systemverständnis“ oder „Systemvertrauen“, wobei stets das Ergebnis des Lernens gemeint ist. Eine Berücksichtigung des Lernprozesses fehlt vollständig.

## 1.4 Definition: Erlernbarkeit und Kompetenzerwerb

Für eine Betrachtung des Lernprozesses im Umgang mit Fahrerinformationssystemen sind Begriffe voneinander abzugrenzen, die im vorliegenden Kontext von Bedeutung sind: „Lernen“, „Erlernbarkeit“, „Kompetenz“ und „Kompetenzerwerb“.

Es existieren zunächst verschiedenartige Definitionen 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 Veränderungen wie z.B. Reifung, Intoxikationen oder Ermüdung nicht unter den Lernbegriff fallen (Schermer, 1998).

Unter der „**Erlernbarkeit**“ eines technischen Systems wird typischerweise der benötigte Aufwand zur Beherrschung dieses Systems bezeichnet. Die Erlernbarkeit wird zumeist definiert über die von einer Person benötigte Zeit, um ein Leistungskriterium im Umgang mit einem System zu erreichen. Zusätzlich kann unter diesem Begriff die Menge an Informationen, die eine Person nach einer definierten Zeitperiode im Umgang mit einem System erworben hat, verstanden werden (Shneiderman, 1988).

Der Begriff „**Kompetenzerwerb**“ beschreibt demgegenüber den Prozess zweckgerichteten Lernens (Anderson, 2001) und unterstützt als solchen zielorientiertes Verhalten. Kompetenzerwerb fokussiert demnach stärker auf prozedurale Anteile des Lernprozesses (d.h. Wissen darüber, wie verschiedene kognitive Operationen durchgeführt und ausgeführt werden). Schneider (2008) nennt als Beispiel für den Kompetenzerwerb den Übergang vom Fahranfänger zum geübten Fahrer:

„Müssen in der Anfangsphase noch alle relevanten Aufgabenschritte (z.B. Treten der Kupplung, Einlegen des Ganges, Gas geben) sehr bewusst und kontrolliert durchgeführt werden, so werden diese Prozesse mit zunehmender Übung automatisiert und unbewusst verfügbar, sodass immer mehr Aufmerksamkeit auf die Geschehnisse im Verkehr verwendet werden kann“ (S. 139).

Der Begriff „**Kompetenz**“ geht schließlich über die Definition des Lernens hinaus: Während unter „Lernen“ allgemeine, zeitlich überdauernde Verhaltensänderungen verstanden werden, wird unter „Kompetenz“ die Ursache eines Leistungszugewinns betrachtet. Ebenso kann unter „Kompetenz“ das Ergebnis eines hohen bereichsspezifischen Wissens und Könnens im Sinne von Ergebnissen eines Lernprozesses verstanden werden, so dass „Kompetenz“ als Synonym für eine Verfügbarkeit über Fertigkeiten zu sehen ist (für eine ausführliche Definition des Begriffs „Kompetenz“ siehe Annett, 1991; Max, 1999).

Im Rahmen dieser Arbeit soll verstärkt der Begriff „Kompetenzerwerb“ anstelle der Begriffe „Lernen“ bzw. „Erlernbarkeit“ verwendet werden.

## 1.5 Aufgabenstellung der Arbeit

Vor diesem Hintergrund resultiert als Aufgabenstellung dieser Arbeit zunächst die Prozessdarstellung des Kompetenzerwerbs im Umgang mit menügesteuerten Informationssystemen im Fahrzeug. Hierzu zählen die Darstellung des Lernverlaufs sowie der Bedeutung von förderlichen und hinderlichen Lernbedingungen. Als ein Schwerpunkt der Arbeit werden menta-

le Repräsentationen der Nutzer bezüglich des Menüsystems betrachtet. Zusätzlich soll die Kompatibilität des Kompetenzerwerbs im Umgang mit einem Menüsystem mit der Fahrzeugführung als Primäraufgabe thematisiert werden. Aus diesen Analysen, die an experimentellen Menüsystemen durchgeführt werden, ergeben sich schließlich Methoden der Überprüfung des Lernaufwands, -verlaufs und Lernerfolgs, aus denen sich wiederum Empfehlungen zur optimalen Gestaltung des Lernprozesses bzw. zur Ausgestaltung von Informationssystemen unter dem Aspekt der Erlernbarkeit ableiten lassen.

Hieraus resultieren als **inhaltliche und methodische Schwerpunkte** dieser Arbeit:

- (1) Abbildung des Kompetenzerwerbs in menügesteuerten Informationssystemen
- (2) Analyse der Bedeutung mentaler Repräsentationen für den Kompetenzerwerb
- (3) Einfluss von Nutzermerkmalen auf den Kompetenzerwerb
- (4) Auswirkungen ausgewählter Systemvariationen auf den Kompetenzerwerb
- (5) Abbildung des Kompetenzerwerbs für menügesteuerte Informationssysteme unter Dual-Task Bedingungen und der Auswirkungen auf Fahrsicherheit
- (6) Entwicklung und Bewertung von Methoden zur Bestimmung des Kompetenzerwerbs und seiner Wirkungen auf Fahrsicherheit

Im Zentrum des Interesses steht die Frage, auf welche Art und Weise Nutzer, die bislang noch keine Erfahrung mit einem Menüsystem haben, Kompetenzen für den Umgang mit einem solchen System erwerben. Ebenso ist es von Bedeutung, welche Anforderungen an den Nutzer gestellt werden, wenn er bereits Erfahrungen mit einem menügesteuerten Informationssystem hat und nun den Umgang mit einem neuen System erlernen muss.

## 1.6 Einbettung dieser Arbeit und Veröffentlichungen

Diese Arbeit entstand zum Teil im Rahmen des Projekts „Kompetenzerwerb für Informationssysteme“, das am Interdisziplinären Zentrum für Verkehrswissenschaften (IZVW) an der Universität Würzburg im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) und Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. (FAT) durchgeführt wurde. Diese Forschungsarbeiten wurden zusammenfassend in folgendem Abschlussbericht veröffentlicht:

- Totzke, I., Hofmann, M., Meilinger, T., Rauch, N., Schmidt, G. & Krüger, H.-P. (2004). *Kompetenzerwerb für Informationssysteme – Einfluss des Lernprozesses auf die Interaktion mit Fahrerinformationssystemen*, FAT-Schriftenreihe Band 184. Offenbach: Berthold Druck.

Zusätzlich resultierten mehrere Veröffentlichungen, die sich insbesondere auf die in dieser Arbeit dargestellten empirischen Studien beziehen. Im Einzelnen sind dies (in Klammern am Ende der genannten Veröffentlichung: Angabe der jeweils thematisierten empirischen Studie):

- Rauch, N., Totzke, I. & Krüger, H.-P. (2004). Kompetenzerwerb für Fahrerinformationssysteme: Bedeutung von Bedienkontext und Menüstruktur. In VDI Gesellschaft Fahrzeug- und Verkehrstechnik (Hrsg.), *Integrierte Sicherheit und Fahrerassistenzsysteme, VDI-Berichte 1864* (S. 303-322). Düsseldorf: VDI-Verlag. (Studie IV: Menüstruktur)
- Totzke, I., Hofmann, M. & Krüger, H.-P. (2004). Ältere Fahrer, Vorwissen und Kompetenzerwerb für Informationssysteme. In VDI Gesellschaft Fahrzeug- und Verkehrs-

- technik (Hrsg.), *Integrierte Sicherheit und Fahrerassistenzsysteme, VDI-Berichte 1864* (S. 279-301). Düsseldorf: VDI-Verlag.  
(Studie VI: Alter und Vorwissen)
- Totzke, I., Hofmann, M. & Krüger, H.-P. (2005a). Age, previous knowledge, and learnability of driver information systems. In G. Underwood (Ed.), *Traffic and Transport Psychology* (pp. 279-292). Nottingham: Elsevier.  
(Studie VI: Alter und Vorwissen)
  - Totzke, I., Hofmann, M. & Krüger, H.-P. (2005b). Alte Fahrer und Fahrerinformationssysteme: Ansätze zur Reduktion möglicher Alterseffekte. In Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.), *Fahrer im 21. Jahrhundert, VDI-Berichte 1919* (S. 129-150). Düsseldorf: VDI-Verlag.  
(Studie VI: Alter und Vorwissen)
  - 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.  
(Studie I: Raumschiff-System I)
  - 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.  
(Studie I: Raumschiff-System I)
  - Totzke, I., Meilinger, T. & Krüger, H.-P. (2005). Adaptivität und Adaptierbarkeit von menügesteuerten Informationssystemen – Kein Ansatz zur Lösung des Problems der Erlernbarkeit! In L. Urbas & C. Steffens (Hrsg.), *Zustandserkennung und Systemgestaltung. 6. Berliner Werkstatt für Mensch-Maschine-Systeme, ZMMS Spektrum, Band 19* (S. 35-40). Düsseldorf: VDI-Verlag.  
(Studie I: Raumschiff-System I, Studie II: Raumschiff-System II)
  - Totzke, I., Rauch, N. & Krüger, H.-P. (2004). Kompetenzerwerb und Struktur von Menüsystemen im Fahrzeug: "Breiter ist besser?". In C. Steffens, M. Thüning & L. Urbas (Hrsg.), *Entwerfen und Gestalten. 5. Berliner Werkstatt für Mensch-Maschine-Systeme, ZMMS Spektrum, Band 18* (S. 226-249). Düsseldorf: VDI-Verlag.  
(Studie IV: Menüstruktur)
  - 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.  
(Studie II: Raumschiff-System II, Studie V: Bedienmodell)

Der Autor dieser Arbeit war hauptverantwortlich für die Leitung und Bearbeitung des Forschungsprojekts (unter Supervision von Prof. Dr. Hans-Peter Krüger) tätig. Die Projektbearbeitung erfolgte in Zusammenarbeit mit studentischen Hilfskräften, Praktikanten und Diplomanden. Aus diesem Grund wurden die entsprechenden Personen bei Veröffentlichungen stets als Co-Autoren geführt.

## 1.7 Überblick über die Arbeit

Diese Arbeit zum „Einfluss des Lernprozesses auf den Umgang mit menügesteuerten Fahrerinformationssystemen“ gliedert sich in vier Hauptteile:

- In Kap. 2 wird zunächst der theoretischen Hintergrund des Kompetenzerwerbs für Menüsysteme unter Single-Task Bedingungen (d.h. Umgang mit einem Menüsystem an einem Bildschirmarbeitsplatz) und Dual-Task Bedingungen (d.h. Umgang mit einem Menüsystem parallel zu einer Primäraufgabe, z.B. Fahrzeugführung) dargestellt. Die Ausführungen zum theoretischen Hintergrund werden stets geschlossen mit dem expliziten Hinweis, was die jeweiligen Darstellungen für den Kompetenzerwerb für Menüsysteme bedeuten. Es folgen Ausführungen zu Methoden zur Bestimmung des Kompetenzerwerbs im Umgang mit Menüsystemen.
- In Kap. 3 werden die entsprechenden zentralen Argumente zusammengefasst sowie ausgehend hiervon die zentralen Fragestellungen der vorliegenden Arbeit definiert und eine Übersicht über den empirischen Ansatz dieser Arbeit gegeben.
- In Kap. 4 bis 10 werden die einzelnen empirischen Studien vorgestellt, die zur gezielten Überprüfung der unter Kap. 3 genannten Fragestellungen dienen. Es werden sechs Hauptstudien (siehe Kap. 4 bis 9) plus fünf sog. Explorationsstudien (siehe Kap. 10) berichtet.
- In Kap. 11 werden die empirischen Befunde zusammengefasst und im Gesamtzusammenhang diskutiert.

## **2 THEORETISCHER HINTERGRUND**

### **2.1 Einleitung**

Wie bereits in Kap. 1.2 dargestellt, wird für den Umgang mit Fahrerinformationssystemen insbesondere auf Menüsysteme zurückgegriffen (Kern & Schmidt, 2009). Daher werden nachfolgend psychologische Aspekte von Menüsystemen dargestellt, die für den Kompetenzerwerb im Umgang mit solchen Systemen relevant sind (siehe Kap. 2.2). Die entsprechenden Ausführungen beziehen sich ausschließlich auf den Umgang mit Menüsystemen unter Single-Task Bedingungen (d.h. an einem Bildschirmarbeitsplatz). In einem weiteren Kapitel wird der Kompetenzerwerb für Menüsysteme unter Dual-Task Bedingungen (d.h. parallel zu einer Primäraufgabe, hier: Fahrzeugführung) thematisiert (siehe Kap. 2.3). In den Teilkapiteln wird versucht, spezifische Befunde und Modelle zu Menüsystemen in einen allgemeineren psychologischen Kontext zu stellen. Die Ausführungen jedes Teilkapitels münden jeweils in den expliziten Hinweis, was die jeweiligen Darstellungen für den Kompetenzerwerb für Menüsysteme bedeuten. Unter Kap. 2.4 werden schließlich Methoden zur Bestimmung des Kompetenzerwerbs im Umgang mit Menüsystemen diskutiert. Eine zusammenfassende Betrachtung des theoretischen Hintergrunds folgt in Kap. 3.2.

### **2.2 Psychologische Aspekte von Menüsystemen**

#### **2.2.1 Einleitung**

Bezüglich psychologischer Aspekte von Menüsystemen liegen in der Zwischenzeit verschiedenartige empirische Forschungsarbeiten vor (für eine Übersicht siehe insbesondere Norman, 1991; Norman, 2008 sowie Shneiderman & Plaisant, 2010), bezüglich des Kompetenzerwerbs in solchen System ist jedoch keine umfangreiche systematische Forschungsaktivität festzustellen. So thematisieren zwar einige empirische Studien diese Fragestellung, diese Studien befassen sich jedoch regelhaft mit dem Erlernen von Bediensprachen, Computersoftware, Textverarbeitungssystemen, Hypertexten oder Mobiltelefonen (z.B. Altmann, 1987; Kühn & Schmalhofer, 1987; Li & Chang, 2011; Mitta & Packebusch, 1995; Naumann, Waniek & Krems, 2001; Nielsen, Freyr & Nymand, 1991; Oulasvirta, Wahlström & Ericsson, 2011). Eine systematische Betrachtung von Menüsystemen, die sowohl den Verlauf des Kompetenzerwerbs von Menüsystemen als auch dessen Bedingungen und Konsequenzen darstellt (z.B. Bedeutung von mentalen Repräsentationen) sowie verschiedenartige methodische Ansätze umfasst (z.B. Durchführung von objektiven und subjektiven Verfahren) steht noch aus.

Im Folgenden soll der aktuelle Stand der Forschung zu psychologischen Aspekten von Menüsystemen dargestellt werden. Schwerpunkt dieser Erläuterungen ist der Kompetenzerwerb in solchen Systemen unter Single-Task Bedingungen (z.B. an einem Bildschirmarbeitsplatz).

#### **2.2.2 Menüauswahl und Menüsuche**

Im Umgang mit einem Menüsystem stellen sich für die Systemnutzer verschiedenartige Anforderungen, so dass sie „im Menüsystem verloren gehen, ohne zu wissen, wo sie sind, wohin sie als nächstes gehen sollen und wie sie zu früheren Navigationsrouten oder bekannten Tei-

len des Menüsystem zurückgelangen können“ (Arning & Ziefle, 2009, S. 252, Übers. v. Verf.). Zu den häufigsten Problemen im Umgang mit Menüsystemen zählen daher die mögliche Desorientierung der Systemnutzer sowie die Befolgung eines nicht-optimalen oder sogar inkorrekten Navigationspfads (Conklin, 1987).

Norman (1991) postuliert in einem Modell zur Mensch-Computer Interaktion, dass bei der Menüauswahl und –suche zwei Gruppen von Anforderungen zu unterscheiden sind:

(1) **Wiedererkennungsleistungen bei der Menüauswahl**

(2) **Such- und Problemlösestrategien bei der Menüsuche**

Ein Menüsystem liefert einer Person zunächst ein explizites Angebot an Alternativen, aus denen eine auszuwählen ist. Diese Person muss dementsprechend die Alternativen nicht selbst generieren bzw. Befehle eingeben, sondern kann aus der vorliegenden Liste eine Alternative auswählen. Hieraus resultieren Anforderungen an die **Wiedererkennungsleistung**, nicht jedoch an die Reproduktionsleistung einer Person (Eberleh, 1989). Zusätzlich wird die Person durch die Vorgabe der jeweils möglichen Handlungsalternativen und der aufgabenbezogenen Strukturierung der Menüfolge in ihrem Planungs- und Entscheidungsverhalten unterstützt (Eberleh, 1989). Die Menüauswahl ist daher (im direkten Vergleich zu Kommandosprachen) insbesondere für unerfahrene bzw. gelegentliche Systemnutzer von Vorteil (Streitz, 1990). Falls ein Menü optimal gestaltet ist, resultiert hieraus eine geringere Belastung für den Nutzer und die Auswahl aus verschiedenen Alternativen kann sehr effizient erfolgen.

Ist bei der Menüauswahl die Zielalternative im Menü bekannt (z.B. „Gewählte Nummern“ im Menü „Anruflisten“ eines Mobiltelefons), wird zunächst ein visueller Suchprozess innerhalb des Menüs gestartet. Für jede Alternative wird entschieden, ob sie mit dem Ziel übereinstimmt oder nicht. Wird diese Entscheidung bejaht, so erfolgt die Auswahl der entsprechenden Alternative, ansonsten wird der Suchprozess weiterverfolgt. Ist die Zielalternative hingegen nur teilweise spezifiziert (z.B. Suche nach der aktuellen Bevölkerungszahl eines Staates in einem Menüsystem, das als Alternativen „Geschichte“, „Politik“ und „Fakten“ beinhaltet), wird ein zusätzlicher Evaluationsprozess aktiviert. Der Nutzer liest jede Menüalternative, versteht seine Bedeutung und generiert eine Bewertung, inwiefern die jeweilige Alternative mit dem Ziel übereinstimmt. Erzielt keine der dargestellten Alternativen eine hinreichende Übereinstimmungswahrscheinlichkeit mit der angestrebten Zielalternative, müssen andersartige Such- und Problemlösestrategien bei der Menüsuche initiiert werden (Norman, 1991).

Bei der Menüauswahl werden im Modell von Norman (1991) vier Stufen eines Informationsverarbeitungsprozesses angenommen, die bei der Auswahl einer Alternative in einem gegebenen Menü aktiv sind. Jede dieser Stufen kann anhand vorliegender Formeln hinsichtlich ihrer durchschnittlichen Dauer charakterisiert werden. Diese Stufen sind im Einzelnen:

(1) **Informationssuche**

Unter der Annahme, dass der Such- und Leseprozess von Alternativen im Menü ausschließlich über Lesemechanismen erfolgt (d.h. keine graphischen Charakteristika wie Icons oder farbliche Hilfen unterstützen den Suchprozess), nehmen Lee und MacGregor (1985) ein lineares Modell für Suchzeiten bei der Menüauswahl an: Die Suchzeiten sind die Folge der Anzahl von gelesenen Alternativen.

(2) **Urteils- und Entscheidungsprozess**

Der Auswahlprozess für eine Alternative im Menü kann entweder simultan zum Suchprozess (z.B. wenn jede einzelne Alternative hinsichtlich ihrer Übereinstimmungswahrscheinlichkeit mit der Zielalternative bewertet wird) oder nach Abschluss des

Suchprozesses auftreten. Die Dauer dieses Auswahlprozesses wird nach Landauer und Nachbar (1985) über ein sog. log-Modell vorhergesagt. Nutzer können demnach relativ schnell über eine größere Alternativenzahl entscheiden, da nicht die Gesamtzahl von Alternativen für die Entscheidungszeit von Bedeutung ist, sondern der Informationsgehalt in den vorgegebenen Alternativen.

(3) **Reaktionsinitiierung und -durchführung**

Für eine Menüauswahl muss der Nutzer in der Folge die adäquate Reaktion initiieren und durchführen. Es ist dabei zu unterscheiden, ob der Nutzer hierfür einen Code eingeben muss (z.B. „Taste F1 für Hilfe“) oder direkt auf die jeweilige Alternative zugreifen kann (z.B. über eine Computermaus). Als Durchführungszeit für diskrete Bedienelemente (z.B. Tasten) wird eine lineare Funktion des Abstandes zwischen der aktuellen und der anzustrebenden Position angenommen, für kontinuierliche Bedienelemente (z.B. Computermaus) eine logarithmische Funktion.

(4) **Bewertung und Fehlerentdeckung**

Nach der Reaktionsdurchführung wird dem Nutzer in der Regel die Menüauswahl rückgemeldet. Dies können z.B. Informationen über die Position der anzustrebenden Alternative, die aktuelle Position im Menü, mögliche Handlungen des Nutzers oder (in hierarchischen Menüs) untergeordnete Menüebenen sein. Speziell in hierarchischen Menüs erhält der Nutzer jedoch keine eindeutige Rückmeldung, ob er in einer übergeordneten Menüebene die richtige Alternative ausgewählt hat. Dementsprechend dienen erst die Informationen im nächsten Menü zur Verifizierung des eigenen Verhaltens.

Sprechen die unter (4) gewonnenen Informationen für eine richtige Menüauswahl, so wird die Suche nach der angestrebten Alternative fortgesetzt. Deuten die Informationen hingegen auf einen Fehler bei der vorherigen Auswahl, kehrt der Nutzer auf eine übergeordnete Menüebene um. Hier kommen **Such- und Problemlösestrategien** bei der Menüsuche ins Spiel.

Die Menüauswahl und –suche wird dabei in erheblichem Maße durch die Menüstruktur beeinflusst. Als diesbezüglich 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 (höhere Anzahl an Menüoptionen pro Menüebene) werden dabei zusammenfassend als günstiger bewertet als tiefe Menüs (höhere Anzahl der Menüebenen bis zum Erreichen der Zielfunktion): 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). Bei tiefen Menüs nehmen zwar pro Menüebene die Such- und Reaktionszeiten ab, über alle Ebenen hinweg führt dies aber zu ähnlichen Bearbeitungsdauern wie für vergleichbare breite Menüs (Larson & Czerwinski, 1998; Miller, 1981; Snowberry et al., 1983; Zaphiris, 2000) und es können stärkere Orientierungsprobleme auftreten (Kiger, 1984; Landauer & Nachbar, 1985; Paap & Cooke, 1997). So wissen Nutzer beispielsweise mit zunehmender Menütiefe nicht mehr, wo im Menü sie sich gerade befinden (Landauer & Nachbar, 1985; Paap & Cooke, 1997; Parush & Yuviler-Gavish, 2004).

Norman (1991) bezieht sich in o.g. Darstellungen zum Umgang mit Menüsystemen ausschließlich auf den unmittelbaren Handlungsteil der Menüauswahl und Menüsuche. Dies soll in Anlehnung an Volpert (1994) nachfolgend als exekutive Phase der Menübedienung be-

zeichnet werden. Zudem ergibt sich nach Volpert (1994) die Annahme, dass zur Aneinanderreihung von Handlungen übergeordnete Pläne entworfen werden, die wiederum von übergeordneten Plänen abhängig sind. Erst wenn diese Handlungsplanung abgeschlossen ist, erfolgt die Handlungsausführung. Das Handeln ist somit ein sequenzieller Prozess, zu dessen Beginn eine antizipative Phase der Handlungsvorbereitung und -initiierung zu finden ist. Norman (1991) macht hierzu keine Aussage. Im Umgang mit einem Menüsystem sind damit zwei grundlegende Aspekte der Verhaltenssteuerung von Bedeutung:

- (1) **Antizipative Aspekte der Handlungsvorbereitung und -initiierung**
- (2) **Exekutive Aspekte der Handlungsdurchführung und -kontrolle**

Dies bedeutet für eine Analyse des Kompetenzerwerbs für Menüsysteme, dass Bedienhandlungen in einem solchen System aus verschiedenen Teilhandlungen bestehen, die Lernprozessen gegebenenfalls in unterschiedlichem Maße zugänglich sind. Die diesen Handlungen zugrundeliegenden kognitiven Prozesse verlaufen in Teilen sukzessiv, so dass sich die Dauer der Einzelprozesse additiv auf globale Parameter der Bedienleistung auswirkt. Teilweise erfolgen diese kognitiven Prozesse jedoch parallel, so dass eine einfache Addition der Dauern der Einzelprozesse zu einer Überschätzung der Bediendauern führen würde.

### 2.2.3 Menschliche Fehler und Menüsysteme

Bei einer umfassenden Betrachtung des Umgangs mit Menüsystemen sind neben Geschwindigkeitskomponenten bei der Menüauswahl und -suche (siehe Kap. 2.2.2) auch Häufigkeiten und Bedingungen für Fehler im Umgang mit einem Menüsystem zu berücksichtigen. Ausgehend von theoretischen Annahmen wird nachfolgend davon ausgegangen, dass Erfahrung im Umgang mit Menüsystemen nicht zu einer generellen Abnahme bzw. Eliminierung von Fehlern führt, sondern vielmehr eine Veränderung der Fehlertypen bedingt.

Die Modelle von Norman (1981, 1986a) und Reason (1979, 1986) implizieren z.B., dass **Planungsfehler (engl.: „mistakes“)** insbesondere zu Beginn des Kompetenzerwerbs zu finden sind. Unter Planungsfehlern werden Situationen verstanden, „bei denen die Handlungen ganz nach Plan auflaufen können, aber bei denen der Plan nicht hinreicht, um das gewünschte Resultat zu erzielen“ (Reason, 1994, S. 81). **Ausführungsfehler (auch: „Schnitzer“ oder „Patzer“; engl.: „slips“)** treten schließlich gehäuft in späteren Stufen des Kompetenzerwerbs auf. Zu Ausführungsfehlern zählen Situationen, „bei denen die Handlungen infolge von nicht erfolgreicher Ausführung und/oder Speicherung von der aktuellen Absicht abweichen“ (Reason, 1994, S. 81). Planungsfehler ergeben sich im Vergleich zu Ausführungsfehlern vor allem bei kognitiven Prozessen höherer Ordnung.

Rasmussen (1982), Reason (1979, 1986) und Zimolong (1990) postulieren ähnlich den Zusammenhang zwischen Fehlerarten und der Ebene der Handlungssteuerung. Zu Beginn des Kompetenzerwerbs sind kognitive Prozesse auf der Wissensebene aktiv, so dass die meisten **Fehlerformen die Folge einer begrenzten Rationalität** der handelnden Person sind (z.B. Selektivität in Daten und Fakten, Begrenzung des Arbeitsgedächtnisses, falsches bzw. unvollständiges Wissen). Diese begrenzte Rationalität führt z.B. zu Teillösungen auf Kosten der Optimierung von Gesamtlösungen. Mit zunehmender Übung finden kognitive Prozesse schließlich auf der Regelebene statt, woraus **Verwechslungs- und Beschreibungsfehler** resultieren. Diese sind das Ergebnis einer falschen Klassifikation einer Situation aufgrund ähnlicher Merkmale oder dem gemeinsamen Auftreten von Bedingungen. Schließlich treten nach

langer Übung **nicht-intendierte Handlungsfehler** auf, die auf der Gewohnheits- oder Fertigkeitsebene zu finden sind. Durch die Aktivierung eines falschen Programms, meist aufgrund von zu geringer Aufmerksamkeit, kommt es zu Problemen bei der Zielerreichung. Hierzu zählen z.B. die von Norman (1981, 1986a) und Reason (1979, 1986) eingeführten „Patzter“.

Diesbezüglich unterstützende Befunde liefert Dutke (1988), der eine übungsbedingte Verschiebung der relativen Häufigkeiten der Fehlerarten im Umgang mit einem Textverarbeitungssystem berichtet. Er zeigt, dass Systemnovizen insbesondere Verwechslungs- und Ausführungsfehler begehen und einzelne Operationen auslassen. Bei wachsender Systemerfahrung nehmen diese Fehlertypen ab und es kommt zu einer größeren Anzahl von Flüchtigkeitsfehlern. Ein Zuwachs an Systemerfahrung geht demzufolge nicht mit einer absoluten Fehlerfreiheit einher, nur die Anzahl korrigierbarer und korrigierter Fehler nimmt zu. Ähnlich zeigen Prümper, Zapf, Brodbeck und Frese (1992), dass Experten in einem Computerprogramm nicht generell weniger Fehler machen als Novizen: Bei schwierigen Aufgaben kommen sowohl Experten als auch Novizen an ihre Leistungsgrenzen und machen Fehler auf Wissens-ebene. Zusätzlich begehen Experten jedoch in nicht unerheblichem Maße Flüchtigkeitsfehler auf der niedrigen Fertigkeitsebene, Novizen hingegen Fehler auf der mittleren Regelebene.

**Dies bedeutet für eine Analyse des Kompetenzerwerbs für Menüsysteme**, dass über die Art und Häufigkeit von Fehlern im Umgang mit einem Menüsystem Hinweise auf die zugrundeliegenden kognitiven Prozesse gegeben werden. Diese kognitiven Prozesse wiederum sind typischerweise abhängig vom Lernstatus.

#### 2.2.4 Speed-Accuracy-Trade-Off und Menüsysteme

Die Leistung einer Person im Umgang mit einem Menüsystem sollte schließlich nicht entweder über die Bediengeschwindigkeit oder über die Bediengenauigkeit beschrieben werden. Vielmehr sind wechselseitige Abhängigkeiten der entsprechenden Leistungsparameter zu berücksichtigen, die die Gesamtleistung im Umgang mit einem Menüsystem ausmachen.

Fitts (1954, 1966; Fitts & Seeger, 1954) zeigt beispielsweise, dass die Dauer einer Zielbewegung von Zieldistanz und -breite abhängt: 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-Off** (kurz: SATO, dt.: „Relation von Geschwindigkeit und Genauigkeit“, Luczak, 1998). Individuen sind dabei durchaus in der Lage, den optimalen Punkt der Genauigkeits-Geschwindigkeits-Verteilung, also den Punkt der maximalen Leistung, selbst einzustellen (z.B. Fitts, 1966; Rabitt, 1989; Seibel, 1972).

Die Bedeutung des Speed-Accuracy-Trade-Off in Abhängigkeit des Lernstatus bezüglich einer zu erbringenden Aufgabe ist noch nicht eindeutig geklärt. Insbesondere Ackerman (1988, 1989, 1992) formuliert in seinem integrativen Modell kognitiver Fertigkeiten, dass in frühen Lernstadien die Leistung einer Person eher von der Genauigkeitskomponente („Accuracy“), in späteren Lernstadien hingegen verstärkt von der Geschwindigkeitskomponente („Speed“)

bedingt ist. Eine umfassende Überprüfung dieser Annahme für den Kompetenzerwerb für Menüsysteme steht noch aus.

Im Bereich der Ausgestaltung von Menüsystemen berücksichtigt das sog. **Usability Trade-Off** (Nielsen, 1993) diesen Aspekt: Demnach sind technische Systeme derart zu gestalten, dass sie einerseits für Novizen leicht lernbar sind und andererseits Experten hocheffizient mit ihnen umgehen können. Um solche anfänglichen Lernzuwächse von Novizen zu ermöglichen, soll möglichst stark auf das Vorwissen der Nutzer eingegangen werden, so dass mit einem geringeren Lernaufwand das Menü korrekt und präzise bedient werden kann (z.B. Carroll & Thomas, 1982; Polson, Muncher & Engelbeck, 1986; Telles, 1990). Ergebnisse von Hochhäuser und Shneiderman (2000) legen nahe, dass Novizen stärker von sog. sequenziellen Menüs, in denen Entscheidungen im Umgang mit einem Menüsystem in einer vordefinierten Reihenfolge nacheinander gefällt werden müssen, profitieren. Für Experten sind Menüs demgegenüber so anzulegen, dass sie ihr Leistungsmaximum durch eine optimale Systemgestaltung erreichen. Unter der Annahme, dass mit zunehmender Übung im Umgang mit einem Menü besonders die Geschwindigkeitsanteile von Bedeutung sind, sind z.B. die Anzahl notwendiger Entscheidungen und durch technische Ausstattungen bedingte Reaktionszeiten des Menüs zu reduzieren (Norman, 1991). Simultane Menüs, bei denen Inhalte verschiedener Menübereiche und -hierarchien gleichzeitig dargeboten werden, würden nach Hochheiser und Shneiderman (2000) z.B. diesen Anforderungen genügen.

Zusätzlich kommt der Instruktion der Probanden in Versuchen zur Leistungserhebung eine zentrale Bedeutung zu: Werden Probanden instruiert, keine Fehler zu machen, so resultiert nach dem Speed-Accuracy-Trade-Off, dass die Probanden die gestellte Aufgabe nur mit einer geringen Geschwindigkeit erledigen können (z.B. Pachella, 1974; Wickelgren, 1977). Aus diesem Grund nimmt die Instruktion von Probanden eine diesbezüglich zentrale Rolle ein.

**Dies bedeutet für eine Analyse des Kompetenzerwerbs für Menüsysteme**, dass zur umfassenden Beschreibung von Bedienleistungen sowohl deren Geschwindigkeit als auch Genauigkeit berücksichtigt werden müssen. Es ist zu prüfen, ob in Abhängigkeit vom Lernstatus die Bedeutung der Bediengeschwindigkeit bzw. -genauigkeit für die Gesamtleistung im Umgang mit dem Menüsystem variiert. Die konkrete Ausgestaltung der Instruktion kann dabei das Bedienverhalten der Systemnutzer beeinflussen.

### 2.2.5 Potenzgesetz der Übung und Menüsysteme

In der Zwischenzeit liegen einige Studien zum Einfluss des Kompetenzerwerbs auf den Umgang mit Menüsystemen vor (z.B. Dillon, 1987; Dutke, 1988; Fenton, 1987; Jahn, Oehme, Rösler & Krems, 2004; Jenkins, Corritore & Wiedenbeck, 2003; Mack, Lewis & Carroll, 1983; McDonald, Stone & Liebolt, 1983; Manes & Green, 1997; Miller, 1981; Parkinson, Sisson & Snowberry, 1985; Snowberry, Parkinson & Sisson, 1983; Vandierendonck, van Hoe & de Soete, 1988; Ziefle, 2002, 2010). So berichten Parkinson et al. (1985) beispielsweise, dass die Dauer zum Auffinden einer Alternative in einem einfachen Menü übungsbedingt deutlich abnimmt. Die stärksten übungsbedingten Leistungszuwächse sind innerhalb der ersten Versuchsdurchgänge festzustellen. Diese Leistungszuwächse sind unabhängig von der Art der Menüorganisation (kategoriale vs. alphabetische Organisation der Alternativen). Übereinstimmend wird gezeigt, dass in tiefen Menüs (d.h. Menüsysteme mit vielen Menüebenen bis zum Erreichen der Zielfunktion) stärkere übungsbedingte Leistungszuwächse auftreten als in breiten Menüs (d.h. Menüsysteme mit vielen Menüoptionen pro Ebene; Fenton, 1987; Miller,

1981; Seppälä & Salvendy, 1985; Snowberry et al., 1983). Norman (1991) formuliert zusammenfassend, dass sich in hierarchischen Menüs stärkere Lerneffekte ergeben als in einfachen Menüs. Diese Annahme wird dadurch begründet, dass mit zunehmendem Umgang mit dem Menü die Hierarchien, die zunächst einen erhöhten Lernaufwand darstellen, gelernt werden.

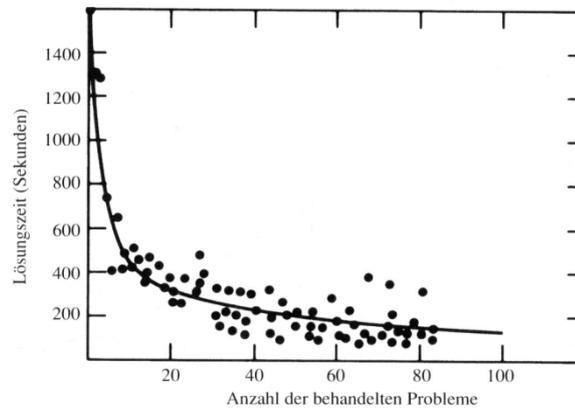


Abbildung 2-1: Die zur Lösung einer Rechenaufgabe erforderliche Zeit als Funktion der Anzahl schon durchgeführter Beweise (Neves & Anderson, 1981; entnommen aus Anderson, 2001, S. 286).

In Anlehnung an das sog. **Potenzgesetz der Übung** (Newell & Rosenbloom, 1981) soll der Lernprozess im Umgang mit einem Menüsystem als kontinuierlicher Prozess verstanden werden. Es wurde vielfach empirisch gezeigt, dass das Erlernen verschiedener Fähigkeiten und Fertigkeiten einer Potenzfunktion folgt (Anderson, 2010). Neves und Anderson (1981) weisen beispielsweise Übungseffekte in der Beurteilung mathematischer Beweisführungen nach. Wie Abbildung 2-1 zeigt, findet sich zu Beginn der Übung ein starker Leistungsanstieg: Die Lösungszeit der beurteilten Aufgabe nimmt deutlich ab. In späteren Abschnitten der Übung verringert sich dieser Leistungsanstieg. Die Lösungszeit des jeweiligen behandelten Problems sinkt mit zunehmender Wiederholung immer weniger ab, bis dass der absolute Gewinn im Verlauf der Übung so gering wird, dass eine Grenze der erreichbaren Leistung erreicht wird. Diese Grenze ist z.B. durch die technische Ausrüstung, die Leistungsfähigkeit der beteiligten Muskelgruppen, das Lebensalter oder ähnliche Faktoren bestimmt.

Für die Bearbeitungs- oder Lösungszeit  $T$  einer Aufgabe gilt somit eine einfache Potenzfunktion mit den Parametern  $B$  für die Dauer des ersten Bearbeitungs- oder Lösungsversuchs,  $N$  für die Zahl der Wiederholungen und  $\alpha$  für die Steigung der Funktion (Newell & Rosenbloom, 1981; siehe Formel 2-1).

$$T = BN^{-\alpha} \quad (\text{Formel 2-1})$$

Newell und Rosenbloom (1981) haben folgende einfache Formulierung dieser Potenzfunktion vorgeschlagen (siehe Formel 2-2):

$$\log(T) = \log(B) - \alpha \log(N) \quad (\text{Formel 2-2})$$

Diese Potenzfunktion wird als sog. Potenzgesetz der Übung bezeichnet. So betonte 1982 Anderson, dass „ein Aspekt des Fähigkeitserwerbs ... in seiner Allgegenwärtigkeit... das log-lineare oder Potenzgesetz der Übung“ ist (S. 297, Übers. v. Verf.). Ähnlich hebt Logan (1992) hervor, dass „das Potenzgesetz allgegenwärtig ist. Es tritt praktisch in jeder geschwindigkeitsgesteuerten Aufgabe auf“ (S. 883, Übers. v. Verf.).

Aus dem Potenzgesetz der Übung ergeben sich weitere Annahmen zur Lernleistung (Anderson, 2001):

- Die Ausführung einer Tätigkeit verschlechtert sich auch nach langen Lernpausen nur geringfügig.
- Mit zunehmender Übung werden Tätigkeiten nicht nur besser ausgeführt, sondern zu meist auch gleichförmiger. Die Variabilität der Leistung nimmt ab.

So zeigt Ackerman (1987, 1989), dass bei Aufgaben eines angemessenen Schwierigkeitsniveaus übungsbedingt eine bedeutsame Abnahme von Reaktionszeiten verbunden mit einer Reduktion der Varianz zwischen den Personen zu erwarten ist. Dieser Zusammenhang ist jedoch ausschließlich bei Aufgaben zu beobachten, bei denen eine vollständige Sicherheit der Lösung garantiert ist (sog. konsistente Aufgaben). Bei sog. inkonsistenten Aufgaben (d.h. wenn teilweise zutreffende, teilweise unzutreffende Rückmeldungen für die Richtigkeit einer Antwort gegeben werden) sind zu Beginn eines Trainings ebenfalls Leistungsverbesserungen zu erwarten. Die interindividuelle Varianz geht mit zunehmender Übung jedoch nicht zurück.

Trotz des weiten Gültigkeitsbereiches des Potenzgesetzes der Übung finden sich Abweichungen von der formulierten Funktion (siehe Formel 2-1 und Formel 2-2). Die wohl bekannteste Abweichung ist das sog. **Lernplateau**, eine Periode der Stagnation, der ein weiterer Leistungsaufschwung folgt. Abbildung 2-2 zeigt ein diesbezüglich einschlägiges Ergebnis von Keller (1958), der die Übungskurve des Probanden J.S. für den Empfang von Morsezeichen zum Ende des 19. Jahrhunderts untersuchte. Ein solches Plateau in der Lernleistung findet sich nur beim Empfang von sinnvollem Text und stellt eine Leistungsgrenze für das Empfangen einzelner Wörter dar. Bildet durch die zunehmende Übung beim Morsen nicht mehr ein einzelnes Wort eine ‚Wahrnehmungseinheit‘, sondern eine Gruppe zusammenhängender Wörter, dann kommt es zu einem erneuten Leistungsschub. Dementsprechend zeigt sich kein solches Lernplateau im Morsen von zusammenhangslosen Wörtern, bei der keine Erweiterung der ‚Wahrnehmungseinheit‘ möglich ist. Die Übungskurven des Probanden A.S., der das Morsen in den 1950er Jahren erlernte, zeigen, dass ein Lernplateau keine notwendige Erscheinung beim Erlernen des Morsens ist: Unter den verbesserten Lernbedingungen wird ein solches Plateau weder für sinnvolle Texte noch für zusammenhanglose Wörter sichtbar. Dieses ist offenbar auf die geringe Optimierung der Lernbedingungen in früheren Zeiten zurückzuführen ist. Weitere Hinweise für Lernplateaus liefert in einer Übersicht z.B. Correll (1978).

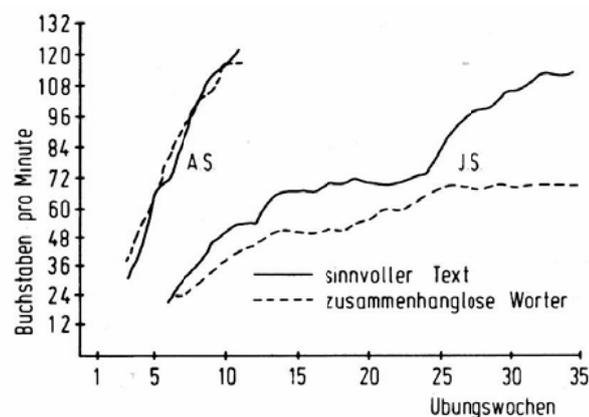


Abbildung 2-2: Übungskurven für den Empfang von Morsezeichen (sinnvolle Texte und zusammenhangslose Wörter). Die rechten Kurven stammen vom Probanden J.S., die linken Kurven vom Probanden A.S. (Keller, 1958; entnommen aus Schmidtke, 1993, S. 84).

Zudem finden sich nach Stumpf (2000) **qualitative Veränderungen im Übungsverlauf**, die nur schwer mit dem Potenzgesetz der Übung beschreibbar sind. Fassnacht (1971) berichtet, dass Personen eine 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. Unterstützend argumentieren Cieutat, Stockwell und Noble (1958), 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. Der Bedeutungsgehalt des Materials hat somit einen Einfluss auf die Lernkurve.

Solche Befunde weisen darauf hin, dass das Potenzgesetz der Übung nur bei homogenem Lernmaterial gilt. Für heterogene Lerninhalte, bei denen Qualitätssprünge im Übungsverlauf zu erwarten sind, scheint dieses Potenzgesetz nicht zu gelten bzw. bezieht sich auf nur einzelne kognitive Teilprozesse im Umgang mit dem Lerninhalt. Das Potenzgesetz der Übung wäre somit nicht „allgegenwärtig“ gültig wie von Anderson (1982, S. 297, Übers. v. Verf.) oder Logan (1992, S. 883, Übers. v. Verf.) formuliert. Daher ist das Potenzgesetz nicht uneingeschränkt auf die Gesamtleistung in einer Aufgabe zu beziehen, sondern sollte auf einzelne Strategien oder Niveaus der jeweiligen Fertigkeit abzielen (Stumpf, 2000).

Als Hauptkritikpunkt des Potenzgesetzes wird angeführt, dass für dessen Bestätigung vor allem **Durchschnittswerte** (engl.: „averaged data“, Heathcote, Brown & Mewhort, 2000) herangezogen werden, wohingegen **individuelle Lernkurven** weitgehend außen vor bleiben. Newell und Rosenbloom (1981) betrachten in ihrem Artikel, der zur Formulierung des Potenzgesetzes einen erheblichen Beitrag liefert, fast ausschließlich Durchschnittswerte über Probanden, Versuchsbedingungen oder Übungsdurchgänge hinweg. Wie neuere Studien zeigen, ist bei einer Berücksichtigung individueller Lernkurven jedoch eine Exponentialfunktion des Lernverlaufs anzunehmen (Heathcote et al., 2000; Josephs, Silvera & Giesler, 1996; Rosenbloom & Newell, 1987). Weitere Arbeiten belegen, dass die Verwendung von Durchschnittswerten zu einer systematischen Verzerrung zugunsten der Potenzfunktion im Vergleich zu einer Exponentialfunktion der Übung führen (Anderson & Tweney, 1997; Fassnacht, 1971; Myung, Kim & Pitt, 2000). Daher ist das Potenzgesetz der Übung gegebenenfalls lediglich als statistisches Artefakt zu betrachten (Anderson & Tweney, 1997).

**Dies bedeutet für eine Analyse des Kompetenzerwerbs für Menüsysteme**, dass als Ausgangspunkt zur Beschreibung des Kompetenzerwerbs das sog. Potenzgesetz der Übung herangezogen werden soll. Nach diesem Gesetz sollten Lernzuwächse zu Übungsbeginn sehr stark ausfallen und mit zunehmender Übung abnehmen. Da im Umgang mit einem Menüsystem unterschiedliche kognitive Anforderungen an den Nutzer gestellt werden, wird davon ausgegangen, dass über das Potenzgesetz die entsprechenden kognitiven Prozesse nicht im Einzelnen abgebildet werden können, sondern hierüber der Lernverlauf lediglich summativ charakterisiert wird. Daher ist es notwendig, Lernfunktionen verschiedener Leistungsparameter unter variierenden Bedingungen im Umgang mit einem Menüsystem zu betrachten.

### 2.2.6 Lernstadien beim Kompetenzerwerb für Menüsysteme

Nach Norman (1991) sind folgende Lernstadien im Umgang mit einem Menüsystem charakteristisch:

- (1) Anfängliche Leistungszuwächse sind vor allem auf eine aktive Auseinandersetzung des Nutzers mit Anforderungen seitens des Menüs zurückzuführen. Hierzu zählen u.a. die Gewöhnung an die Menüdarstellung auf einem Display, die Nutzung des Bedienelements, das Verstehen der verwendeten sprachlichen Begriffe und das Erkennen des Prinzips der Menüauswahl.
- (2) Mit zunehmender Übung ist die sprachliche Organisation und Gruppierung der Alternativen zu Kategorien innerhalb des Menüs von Bedeutung. Schließlich werden im Umgang mit einem Menü räumliche Positionen der Alternativen im Menü gelernt. Diese Lernprozesse führen zu geringeren Leistungszuwächsen als in der Anfangsphase der Übung.
- (3) Umfangreiche Übung im Umgang mit dem Menüsystem führt letztendlich zum Erwerb motorischer Sequenzen, die die Übertragung der motorischen Anforderungen an die motorische Reaktion (teil-)automatisieren.

Diese Lernstadien stehen im Einklang zu sog. **Phasenmodellen des Kompetenzerwerbs**, die die Herausbildung von Fertigkeiten in verschiedenartigen Lernkontexten beschreiben (Anderson, 1982; Fitts, 1964; Fitts & Posner, 1967). In diesen Phasenmodellen werden typischerweise drei Phasen unterschieden:

- (1) Der Erwerb neuer Fähigkeiten beginnt mit der **kognitiven Phase**: Einzelne Komponenten einer Handlungen werden bewusst ausgeführt, oft begleitet von (stillen) verbalen Selbstinstruktionen, was als nächstes zu tun ist. Im Vordergrund stehen die gedankliche Bewältigung der Aufgabe und der Erwerb des erforderlichen Wissens. Es erfolgt eine weitgehend deklarative Enkodierung der Fertigkeit, d.h. einzelne Sachverhalte der Fertigkeit werden gewusst.
- (2) In der nachfolgenden **assoziativen Phase** verschwinden grobe Fehler und die Handlungsausführung wird glatter. Die einzelnen Komponenten fügen sich zu einer selbstständig ablaufenden Folge, die nicht mehr durch Perioden des Nachdenkens unterbrochen wird. In dieser Phase werden vormals deklarative Repräsentationen gehäuft ersetzt durch prozedurale Repräsentationen, d.h. notwendige Prozeduren einer Fertigkeit werden gewusst.
- (3) Schließlich folgt die **autonome Phase**: Die Handlungsausführung wird vom mentalen Geschehen gewissermaßen abgekoppelt, so dass andere Handlungen gleichzeitig ausgeführt werden können. Die gelernten Prozeduren werden schneller und angemessener angewandt, wodurch es bei der Ausführung zu einem Anstieg von Geschwindigkeit und Genauigkeit kommt. Eine gezielte Beachtung einzelner Handlungskomponenten kann den Handlungsfluss 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 für Leistungszuwächse weitgehend irrelevant. Ähnlich hebt Fleishman (1966) in einer Übersicht über eigene Studien hervor, dass mit zunehmender Übung die relative Bedeutung kognitiver Aspekte einer Handlung abnimmt, wodurch motorische Anteile im Vergleich hierzu wichtiger für die Gesamtleistung werden. Anderson (2001) formuliert dementspre-

chend: „Unter der Voraussetzung, dass genug Übung erfolgt, geht die für die kognitive Komponente einer Fertigkeit benötigte Zeit gegen Null“ (S. 284).

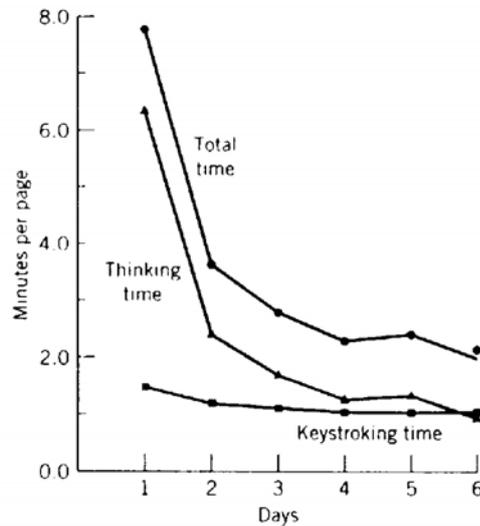


Abbildung 2-3: Verbesserung der Leistung in einem Textverarbeitungsprogramm (Singley & Anderson, 1989; entnommen aus Anderson, 1999, S. 307).

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). Entsprechend bezeichnet Van Lehn (1996) dieses Modell als Idealisierung, deren Phasen lediglich verschiedenartige empirische Phänomene charakterisieren. So ist es möglich, dass sich eine Person hinsichtlich einer Teilkomponente einer Fertigkeit in einer dieser Phasen befindet, in einer anderen Teilkomponente dieser Fertigkeit hingegen in einer anderen Phase.

**Dies bedeutet für eine Analyse des Kompetenzerwerbs für Menüsysteme**, dass die zu Lernbeginn starken Leistungszuwächse v.a. durch übungsbedingte Veränderungen hinsichtlich kognitiver Anteile im Umgang mit dem Menüsystem bedingt sind. Mit zunehmender Übung nimmt die Bedeutung kognitiver Anteile an der Bedienleistung ab. Für die damit einhergehenden Lernstadien wird angenommen, dass jeweils typische Lerninhalte (z.B. Verstehen der sprachlichen Begriffe, Erlernen von räumlichen Positionen, Erwerb motorischer Sequenzen) von den Nutzern erworben werden. Dies spricht gegen die durchgängige Gültigkeit des Potenzgesetzes der Übung (siehe Kap. 2.2.5): Die entsprechende Potenzfunktion könnte aus der Kombination der Einzelfunktionen für die genannten Lerninhalte resultieren.

### 2.2.7 Mentale Repräsentationen von Menüsystemen

Auch wenn Norman (1991) in seinen Ausführungen zu Lernstadien beim Kompetenzerwerb für Menüsysteme nicht explizit auf mentale Repräsentationen eingeht (siehe Kap. 2.2.6), so können seine Annahmen durchaus in Einklang gebracht werden mit empirischen Befunden und theoretischen Modellen, die in anderen Forschungskontexten zum Kompetenzerwerb und der Bedeutung mentaler Repräsentationen gewonnen wurden. Solche **mentalen (auch: kognitiven) Repräsentationen** sind Wissensstrukturen, die eine adäquate Abbildung der Realität darstellen und die Konsequenzen von Handlungen antizipieren lassen. 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. Eine Repräsentation beinhaltet zum einen Informationen über objektive Gegebenheiten und Beziehungen zwischen diesen Gegebenheiten, zum anderen eine Vorschrift, wie diese objektiven Gegebenheiten in der Repräsentation spezifiziert sind. Dabei müssen die repräsentierten Eigenschaften einer Gegebenheit nicht der objektiv gegebenen Realität vollständig repräsentieren. Die repräsentierten Eigenschaften müssen denen der Originalinformation lediglich funktional analog sein (Schnotz, 1994).

Paivio (1971, 1986) nimmt in seiner **Dualen Kodierungstheorie** eine getrennte, duale Repräsentation von verbalen und visuellen Merkmalen von Informationen an. Diese Theorie geht davon aus, dass Stimuli sowohl verbal als auch visuell verarbeitet werden können, woraus getrennte **verbale und nicht-verbale oder visuelle Repräsentationen** resultieren. Ebenso kann es möglich sein, dass nur eine dieser Verarbeitungsarten realisiert wird. Welche Art der Enkodierung des Stimulus realisiert wird, hängt von den Merkmalen der Information und den Anforderungen seitens den Aufgaben ab. Paivio unterscheidet zwischen konkreten Inhalten (z.B. Pferd, Schiff, Apfel) und abstrakten Inhalten (z.B. Gerechtigkeit). Er nimmt an, dass mit zunehmendem Konkretheitsgrad der zu verarbeitenden Informationen die Wahrscheinlichkeit deren dualer Verarbeitung (d.h. verbal und visuell) zunimmt. Abstrakte Inhalte werden hingegen weitgehend verbal enkodiert. Engelkamp (1990) ergänzt in einer Übersicht zahlreicher Befunde, dass Bilder stets visuell enkodiert werden. Wörter werden hingegen nur dann verstärkt visuell enkodiert, wenn sie konkret sind und eine spezifische Aufgabenstellung dies erfordert. Unter Umständen hängen daher verbale und nicht-verbale Repräsentationen von Objekten stärker miteinander zusammen.

In der Zwischenzeit wird angenommen, dass nicht zwingend visuelle Anteile (z.B. Anteile der visuellen Wahrnehmungsapparates) für nicht-verbale Verarbeitungs- und Enkodierstrategien inklusive dem Aufbau einer entsprechenden Repräsentation verantwortlich sind. Vielmehr kann auch die Verarbeitung räumlicher Informationen zum Aufbau nicht-verbaler Repräsentationen beitragen. Eine solche Unterscheidung von visuellen und räumlichen Anteilen an kognitiven Verarbeitungs- und Enkodierprozessen wird durch experimentelle und neuropsychologische Studien unterstützt (Anderson, 2010; Knauff, 2009; Knauff & Strube, 2002; Logie, 1995; Rösler & Heil, 2003). Knauff und Strube (2002) verstehen unter **visuellen Repräsentationen** Vorstellungen von Eigenschaften, die einer tatsächlichen visuellen Wahrnehmung strukturell ähnlich sind. Dementsprechend existieren bestimmte Aspekte der visuellen Wahrnehmung (z.B. Formen, Farben), die spezifisch für die visuelle Modalität sind und keinen Bezug zu einer räumlichen Information aufweisen (Anderson, 2010). **Räumliche Repräsentationen** enthalten nach Knauff und Strube (2002) demgegenüber räumliche Informationen, die nur visuelle Eigenschaften enthalten, sofern diese für eine Aufgabenlösung notwendig ist. Entsprechend interferiert anschauliches Denken stark mit Aufgaben, die auf räumliches Arbeitsgedächtnis zurückgreifen, nicht jedoch mit rein visuellen Aufgaben. Ähnlich belegen Knauff, Jola und Strube (2001) die weitgehende Unabhängigkeit des räumlichen Denkens von visuellen Repräsentationen und visuellen kognitiven Prozessen. Anderson (2010) hebt hervor, dass für den Aufbau räumlicher Repräsentationen Informationen jedes Sinneskanals geeignet sind (d.h. sowohl Sehen als auch Hören oder Fühlen). Im Folgenden soll die Abgrenzung von visuellen und räumlichen Anteilen bei der Informationsverarbeitung aufgenommen und insbesondere von räumlichen Repräsentationen gesprochen werden.

Bruner (1971) und Engelkamp (1990, 1997) erweitern diese Betrachtungsweise durch ein zusätzliches motorisches Repräsentationssystem. **Motorische Repräsentationen** sind Konsequenz motorischer Kodierungen, die zum Erwerb motorischer Fertigkeiten führen (z.B.

Handhabung eines Stiftes beim Schreiben, Lenken eines Fahrrads). Fertigkeiten werden demnach als kontingente Verhaltensweisen begriffen, die auf relativ stereotype motorische Anforderungen hin entwickelt werden. Diese Anforderungen müssen eine gewisse Regelmäßigkeit aufweisen, d.h. sie müssen dann ausgeführt werden, wenn bestimmte Bedingungen gegeben sind („Wenn-dann-Struktur“). Diese Fertigkeiten stehen als (teil-)automatisierte Handlungskomponenten im Sinne von Handlungsschemata bereit (Seel, 2000). Motorische Repräsentationen in diesem Sinne werden als sog. prozedurales Wissen bezeichnet (Anderson, 2010). Dieses Wissen umfasst im Gedächtnis verfügbare Operationen, die eine Person in die Lage versetzen, komplexe kognitive und/oder motorische Handlungen durchzuführen, ohne dabei die einzelnen Komponenten der Prozesse oder Handlungen bewusst kontrollieren zu müssen.

**Dies bedeutet für eine Analyse des Kompetenzerwerbs für Menüsysteme**, dass für den Umgang mit Menüsystemen eine triale Kodierung von Informationen angenommen wird: Es kommt zur Bildung begrifflicher, räumlicher und motorischer Repräsentationen durch den Umgang mit dem Menüsystem. Diese Repräsentationen werden typischerweise im Zusammenhang mit bestimmten Lernstadien erworben (siehe Kap. 2.2.6).

In den nachfolgenden Kapiteln sollen die entsprechenden Aspekte der Menügestaltung, die einen Einfluss auf die jeweilige Repräsentation haben, ausführlicher diskutiert werden.

### 2.2.8 Begriffliche Aspekte der Menügestaltung

Empirische Befunde zu Auswirkungen der Menüstruktur auf die Bedienleistung im Umgang mit einem Menüsystem sowie auf das Systemverständnis und -wissen der Nutzer legen nahe, dass begriffliche Aspekte eines Menüs für Lernaufwand und Lernerfolg mitentscheidend sind (für eine Übersicht siehe Jacko, Salvendy & Koubek, 1995; Norman, 1991). Vor allem in tiefen Menüs (höhere Anzahl der Menüebenen bis zum Erreichen der Zielfunktion) führen begrifflich nicht-eindeutige Systemfunktionen zu Einbußen in der Bedienleistung (Miller & Remington, 2000). Aus diesen und weiteren Gründen werden daher breite Menüstrukturen (höhere Anzahl an Menüoptionen pro Menüebene) zusammenfassend als günstiger bewertet (siehe Kap. 2.2.2). Als Erklärung für den Vorteil breiter Menüsysteme wird häufig angeführt, dass das Vergessen von einzelnen Menüinhalten in tiefen Menüs eine bedeutendere Rolle spielt. Snowberry et al. (1983) unterscheiden drei Arten des Vergessens:

- (1) Vergessen der gesuchten Menüoption,
- (2) Vergessen des Weges zur gesuchten Option und
- (3) schwächere Assoziation zwischen Oberbegriffen auf der obersten Menüebene und der gesuchten Option auf der untersten Ebene.

In einem breiten Menü weisen demnach Oberbegriffe auf oberster Ebene stärker auf die zu suchende Option in einer untergeordneten Menüebene hin.

Eine alternative Erklärung für den Vorteil breiter Menüs greift auf die sog. Information Foraging Theorie von Pirolli und Card (1995) zurück. Diese Theorie geht vom Informationsgehalt einer Oberkategorie im Hinblick auf die zu suchende Menüfunktion aus: Je mehr Hinweise die Oberbegriffe auf der obersten Menüebene auf den zu suchenden Zielbegriff bieten, desto schneller kann dieser Zielbegriff gefunden werden. Dieser sog. Information Scent ist durch die größere Anzahl an Optionen und somit eine differenzierte Kategorienbezeichnung auf der obersten Ebene in breiten Menüs höher als in tiefen Menüs. Verschiedene empirische

Studien unterstützen diese Modellvorstellung (z.B. Bernard, 2002; Larson & Czerwinski, 1998; Norman & Chin, 1988). Der begrifflichen Durchstrukturierung von Menüsystemen kommt somit eine nicht-unerhebliche Bedeutung für den Kompetenzerwerb zu.

Nach Hoffmann (1983) ist eine solche „begriffliche Durchgliederung der Umwelt ... eine der grundlegenden kognitiven Leistungen des Menschen“ (S. 53). Hierdurch wird die Menge der aufzunehmenden und zu verarbeitenden Informationen reduziert sowie die Unsicherheit im Informationsaustausch verringert, als dass auch auf bisher unbekannte Objekte angemessen reagiert werden kann. Die „begriffliche Durchgliederung“ (Hoffmann, 1983, S. 53) führt u.a. zur Bildung von verbalen Wissensstrukturen und umfasst zwei Anforderungen an den kognitiven Apparat:

- (1) Bildung von Gruppen ähnlicher Objekte (sog. Begriffe)
- (2) Verknüpfung dieser Begriffe zu einer Wissensstruktur

Zunächst sind einzelne Objekte und Erscheinungen nach ihren Merkmalen zusammenzufassen in Form sog. Begriffe. Resultat einer solchen Begriffsbildung ist z.B. das Wissen, dass der Begriff „Baum“ verschiedene Baumtypen umfasst (z.B. Eiche, Kastanie, Birke, Tanne). In einem weiteren Schritt werden Beziehungen zwischen den einzelnen Begriffen definiert. Allgemein wird eine hierarchische Organisation von Begriffen angenommen, in der z.B. zwischen „Baum“ und „Eiche“ eine Unterbegriffs-Overbegriffs-Relation besteht oder „Eiche“ und „Birke“ nebengeordnete Begriffe sind. Somit entsteht eine **begriffliche Repräsentation**.

Eine adäquate begriffliche Wissensstruktur ist das Resultat von Lernprozessen: Übung führt nicht nur zu einer höheren Übereinstimmung zwischen objektiv vorliegenden Beziehungen zwischen Informationen und den daraus resultierenden begrifflichen Wissensstrukturen. Eine höhere Übereinstimmung zwischen objektiven und subjektiven Begebenheiten führt darüber hinaus zu höheren Lernerfolgen im Sinne von Stabilität und möglichen Wissenstransfers (Day, Arthur & Gettman, 2001). Weitere Befunde weisen darauf hin, dass mit zunehmender Kompetenz komplexere Repräsentationen mit einer größeren Anzahl an Hierarchieebenen konstruiert werden, wohingegen in früheren Lernstadien vergleichsweise flache Hierarchiestrukturen vorliegen (Krems, 1994).

Auch im Konstruktionsprozess von Menüsystemen ergibt sich relativ frühzeitig das Problem deren sprachlicher Ausgestaltung: So ist zu definieren,

- (1) welche sprachlichen Formulierungen in einem Menü verwendet und
- (2) wie die Alternativen im Menü sprachlich strukturiert werden.

Lee, Whalen, McEwen und Latremouille (1984) belegen z.B. in einer Studie zu einem Videotext-Menüsystem, dass beide o.g. Aspekte bei der Menübedienung von Bedeutung sind: So treten 80% der Auswahlfehler auf 6 von 79 verschiedenen Videotextseiten auf. Diese Auswahlfehler können darauf zurückgeführt werden, dass die einzelnen Menüinhalte nicht-adäquat benannt sind (sog. Terminologiefehler) und die einzelnen Unterbegriffe nicht-adäquat zu Oberbegriffen gruppiert sind (sog. Klassifikationsfehler).

Zunächst ist die **sprachliche Formulierung einer Alternative im Menü** von Bedeutung. Am häufigsten finden sich umgangssprachliche Bezeichnungen der Alternativen im Menü, die

gegebenenfalls durch Auswahlkürzel ergänzt werden. Optimale sprachliche Formulierungen können zu einer geringen Belastung für den Nutzer führen und die Auswahl aus verschiedenen Alternativen kann sehr effizient erfolgen (Streitz, 1990). Voraussetzung hierfür ist, dass die Bedeutung der in der Liste aufgeführten Alternativen für den Nutzer verständlich ist. Dies ist z.B. bei elementaren Funktionen des Computers (z.B. „Drucken“, „Beenden“, „Sichern“) gegeben, für die adäquate Wissensstrukturen beim Nutzer vorliegen. In diesem Fall kann der Nutzer auf sein Vorwissen zurückgreifen und mit einem geringeren Lernaufwand das Computermenü bedienen (z.B. Carroll & Thomas, 1982; Kreigh, 1988; Polson et al., 1986; Telles, 1990). Das Vorwissen auf Nutzerseite und das notwendige Systemwissen sind somit relativ ähnlich bzw. stimmen überein und sind zueinander kompatibel. Es findet ein sog. positiver Transfer von Wissen statt (Wickens & Hollands, 2000). Doch selbst eindeutige Menüinhalte, die häufig im Umgang mit dem Menüsystem angesteuert werden, werden nicht zwingend zu späteren Zeitpunkten von den Systemnutzern wiedererkannt (Mayes, Draper, McGregor & Oatley, 1988; Payne, 1991): Die Inhalte eines Menüsystems werden tatsächlich nur für die konkrete Bediensituation gelernt. Dennoch ist der Austausch von Menüinhalten durch Synonyme im Laufe der Menübedienung kritisch zu bewerten, da dies mit höheren Bearbeitungsdauern einhergeht (Foltz, Davies, Polson & Kieras, 1988).

Zahlreiche Funktionen in Menüsystemen sind jedoch für den ungeübten bzw. gelegentlichen Nutzer nicht eindeutig zu verstehen, so dass neben dem reinen Wiedererkennen einer Alternative zusätzlich Abrufprozesse einer Person eine Rolle spielen, speziell der Abruf der Bedeutung der im Menü verwendeten Bezeichnungen (siehe Kap. 2.2.2). In diesem Fall sind vorliegende Wissensstrukturen für die Bedienung eines zu lernenden Menüsystems nicht-adäquat bzw. inkompatibel, woraus ein höherer Lernaufwand resultieren kann. Probleme ergeben sich beispielsweise, wenn bei verschiedenen Menüsystemen ähnliche Funktionen unterschiedlich benannt sind bzw. unterschiedliche Funktionen ähnlich benannt sind (Norman, 1986b). Es kommt in diesem Fall aufgrund von Inkompatibilitäten von Nutzer- und Systemwissen zu Interferenzen (Kreigh, 1988). Es ist mit einem sog. negativen Wissenstransfer (Wickens & Hollands, 2000) zu rechnen: Das Vorliegen von inkompatiblen Wissensstrukturen erschwert das Erlernen eines Menüsystems und geht mit einem höheren Lernaufwand, möglicherweise sogar einem geringeren Lernerfolg einher (z.B. Bloom, 1987; Kay, 2007). Regelmäßig tritt ein negativer Transfer in den frühen Lernphasen auf. In späteren Lernphasen werden die aus dem negativen Transfer resultierenden Effekte von den Nutzern kompensiert (Perkins & Salomon, 1992). Auch wenn manche Begriffe möglicherweise „schwer zu lernen“ [sind], wenn sie erst einmal gelernt sind, funktionieren diese Begriffe so effektiv“ wie kompatible Begriffe (Bloom, 1987, S. 168, Übers. v. Verf.).

Besonders kritisch ist in diesem Zusammenhang die Verwendung von Abkürzungen zu diskutieren. Beispielsweise belegen Grudin und Barnard (1984) für den Bereich der Kommandosprachen, dass spezifische Kommandonamen (z.B. „insert“, „delete“, „append“) hinsichtlich des Erlernens und Verwendens deutlich besser abschneiden als Kommandos mit aus Konsonanten bestehenden Abkürzungen ohne Bezug zur nachfolgenden Aktion. Ähnlich heben Robertson, McCracken und Newell (1981) hervor, dass Nutzer die Orientierung in Menüs mit hierarchischer Baumstruktur mit höherer Wahrscheinlichkeit verlieren, wenn die Kategorienbezeichnungen innerhalb hierarchischer Menüs nicht sinnvoll sind. Mack et al. (1983) berichten, dass insbesondere zu Beginn des Umgangs mit Textverarbeitungsprogrammen erhebliche Anforderungen seitens sprachlicher Systemmerkmale resultieren. McDonald et al. (1983) zeigen darüber hinaus für ein einfaches Menü, dass explizit formulierte Alternativen schneller gefunden werden als Alternativen, die ausschließlich über eine kurze Definition charakteri-

siert werden. Diese Unterschiede in den Reaktionszeiten verschwinden zwar im Laufe des Lernprozesses. Nichtsdestotrotz wird ein höherer Lernaufwand für sprachlich nicht-optimale Formulierungen in einem Menüsystem deutlich.

Die verwendeten Begriffe sind daher so zu wählen, dass der Aufbau von Unterbegriffs-Oberbegriffs-Relationen innerhalb des Menüsystems erleichtert wird (Gardiner, 1987; Norman, 1983). Die Begriffe sollen für jeden verständlich, klar und eindeutig sein (Burmester, 1997). Die Eindeutigkeit der Alternativen wird u.a. dadurch bestimmt, dass Formulierungen sich wechselseitig ausschließen sowie umfassend sind (Norman, 1991). Nach Schwartz und Norman (1986) sind eher die Unterschiede zwischen den einzelnen Begriffen eines Menübereichs als deren Gemeinsamkeiten herauszuarbeiten. Shneiderman und Plaisant (2010) fordern die Verwendung einer bekannten und konsistenten Terminologie, in der die einzelnen Begriffe in ihrer Benennung klar voneinander abgesetzt sind, da mit der begrifflichen Ähnlichkeit von Menüinhalten die Fehlerwahrscheinlichkeit und Bearbeitungsdauer proportional ansteigen (z.B. Kinney, Marsetta & Showman, 1966). Ähnlichkeit zwischen den Begriffen hemmt die Lernleistung (Hall, 1982). Obwohl bereits zahlreiche Guidelines zur Formulierung von Begriffen in Menüs vorliegen, fehlt eine umfassende empirische Evaluation der beschriebenen Empfehlungen (Kay, 2007; Norman, 1991).

Zusätzlich ist die **Organisation von Alternativen im Menü** zu berücksichtigen. Nach MacGregor (1999) ermöglicht erst die sprachliche Organisation in Menüs eine kohärente begriffliche Repräsentation des Lerngegenstands. Eine adäquate Organisation von Begriffen kann demnach zu einem tiefergehenden Verständnis für Menüsysteme beitragen. Norman (1991) gibt drei Hauptziele der Organisation von Menüs an:

- (1) Erleichterung der Suche nach Items in einer Liste
- (2) Zusatzinformationen über Struktur und Zusammenhänge zwischen den Items
- (3) Übereinstimmung mit kognitiven Strukturen der Nutzer

Nach Shneiderman und Plaisant (2010) ergeben sich als Organisationskriterien für Menüinhalte typischerweise Zeitpunkte (z.B. chronologische Sortierung), numerische Ordnungen (z.B. auf- oder absteigende Sortierung) oder physikalische Eigenschaften (z.B. auf- oder absteigende Länge, Größe, Temperatur, Gewicht). Sofern keine derart natürliche Organisation von Alternativen vorliegt, schlagen die Autoren als Klassifikationsmöglichkeiten vor: Alphabetische Organisation der Alternativen, Gruppierung zusammenhängender Alternativen sowie häufig benutzte bzw. bedeutsame Alternativen zu Beginn der Kategorie.

Card (1982) berichtet von einer Überlegenheit bei Suchleistungen in Menülischen mit 18 alphabetisch oder funktional organisierten Alternativen gegenüber einer zufälligen Reihung der Alternativen. Diesbezüglich unterstützende Befunde liefern Vandierendonck et al. (1988). Ähnlich zeigen McDonald et al. (1983) eine erhebliche Verringerung der Suchzeiten in einem kategorisch organisierten Menü (bestehend aus 64 Items) gegenüber einem zufällig organisierten Menü. Hollands und Merikle (1987) belegen in vergleichbarer Weise die Überlegenheit kategorial oder alphabetisch organisierter Menüstrukturen gegenüber Zufallsstrukturen hinsichtlich der Bedienleistung und Reaktionsgeschwindigkeit. Tombaugh und McEwen (1982) demonstrieren, dass alphabetische und funktionale Gruppierungen zwar ähnlich gut bei Suchleistungen in einem Menü abschneiden. Es wird von den Probanden jedoch die Variante bevorzugt, bei der weniger Schritte innerhalb des Menüs zum Erfüllen der Suchaufgabe notwendig sind. Wie Perlman (1984) nachweist, wird eine optimale Organisation von Alternativen

ven umso wichtiger, je länger die Liste der Alternativen in einem Menüsystem ist. In o.g. Studie von Card (1982) ergeben sich nach einer längeren Übungsphase schließlich keine Unterschiede mehr in den Suchleistungen in Abhängigkeit der Organisation der Alternativen.

Zusätzlich ist die Kategorienbildung (d.h. die Gruppierung von Alternativen in einem gemeinsamen Bereich) in Menüsystemen zu diskutieren. Es ist dabei die begriffliche Eindeutigkeit der Inhalte innerhalb einer Kategorie zu fordern. In Anlehnung an Norman (1991) sollten die semantische Redundanz und Interkorrelationen innerhalb der Alternativen einer Kategorie maximiert und zwischen Alternativen verschiedener Kategorien minimiert werden. In einem Menü verwendete Begriffe sollten somit einerseits möglichst umfassend die dahinter liegende Funktion beschreiben, andererseits sich aber möglichst stark von den für andere Funktionen benutzten Begriffen abgrenzen.

Norman (1991) nimmt ferner an, dass sich in hierarchischen Menüs stärkere Lerneffekte ergeben als in einfachen Menüs. Diese Annahme wird dadurch begründet, dass mit zunehmendem Umgang mit dem Menü die Hierarchien, die zunächst einen erhöhten Lernaufwand darstellen, gelernt werden. Unterstützung findet diese Annahme durch eine Studie von Seppälä und Salvendy (1985), in der Probanden in einem hierarchischen Menü Aufgaben bearbeiten. Diese Aufgaben unterscheiden sich hinsichtlich der Länge des im Menüsystem zurückzulegenden Weges bzw. der Anzahl der zu überschreitenden Ebenen im Menü. Erwartungsgemäß benötigen die Probanden zum Erreichen einer vom Ausgangspunkt weit entfernten Alternative im Menü länger als zum Erreichen einer nahen Alternativen. Interessanterweise nehmen die Bearbeitungszeiten übungsbedingt umso stärker ab, je mehr Ebenen im hierarchischen Menü zu überschreiten sind. Der kognitive Aufwand zur Verarbeitung von Hierarchien in einem Menü nimmt demnach mit zunehmender Übung ab.

Eine Verschiebung von Begriffen auf eine höhere Ebene eines Menüsystems, wodurch der Weg zum Erreichen der entsprechenden Menüoption in einem hierarchischen Menüsystem verkürzt wird, trägt zu keinem erneuten Lernaufwand bei. Wird die Option hingegen auf eine untergeordnete Menüebene verschoben, muss der neue Weg erlernt werden (Foltz et al., 1988). Eine begriffliche Umstrukturierung von Menühierarchien kann sich demzufolge bei einer ursprünglich diesbezüglich nicht-optimalen Ausgestaltung günstig auswirken.

**Dies bedeutet für eine Analyse des Kompetenzerwerbs für Menüsysteme**, dass die sprachliche Formulierung von Menüinhalten sowie deren begriffliche Struktur (d.h. Reihenfolge und Gruppierung von Alternativen) mitentscheidend für den Lernerfolg im Umgang mit einem Menüsystem sind. Durch die Bedienung eines Menüsystems wird eine begriffliche Repräsentation aufgebaut, in der das entsprechende Wissen in einer hierarchischen Struktur abgebildet wird.

## 2.2.9 Räumliche Aspekte der Menügestaltung

Zusätzlich sind räumliche Informationen über Positionen von Alternativen im Menü für den Nutzer bei der Menüauswahl und –suche von Bedeutung. So ist die entscheidende Frage für den Umgang mit einem Menü nicht nur: „Was ist das Gesuchte?“, sondern auch: „Wo befindet sich das Gesuchte?“ (Dutke, 1994, S. 115). Der Systemnutzer muss sich demnach verschiedene Fragen stellen, die sich auf dessen räumliche Orientierung beziehen: „Wo bin ich? Was kann ich hier tun? Wie bin ich hier hingekommen? Wo kann ich noch hingehen und wie komme ich dort hin?“ (Nievergelt, 1982; zitiert nach Dutke, 1994; S. 112, Übers. v. Verf.).

Dies impliziert eine Strategie auf Seiten des Nutzers bei der Menüauswahl, die nicht zwangsläufig voraussetzt, dass der Nutzer beschreiben kann, was er sucht, sondern nur wo er sucht. Entsprechend formulieren MacGregor, Lee und Lam (1986), dass erfahrene Nutzer von Menüs mit einer eingeschränkten Menge an Alternativen (30 bis 100 Items) die Positionen der Menüinhalte kennen.

Der **Aufbau einer räumlichen Repräsentation** geschieht dabei weitgehend, nicht aber vollständig automatisch (d.h. ohne dass dies beabsichtigt werden muss). So werden räumliche Informationen besser behalten, sofern die Aufmerksamkeit auf Ortsinformationen gelegt wird (z.B. Mandler, Seegmiller & Day, 1977; Park & Mason, 1982). Naveh-Benjamin (1987, 1988) zeigt auf, dass das Behalten von Ortsinformationen abhängig ist von der Intention, diese Informationen zu erinnern, von der Beanspruchung durch eine Nebenaufgabe, von der Übung sowie von der Intelligenz und vom Alter einer Person. Räumliche Wissensstrukturen können aber auch ohne explizite Aufforderung generiert werden und ohne dass der Lerngegenstand in seiner Gesamtheit gesehen werden muss: Engelkamp (1990) hebt hervor, dass eine solche automatische Enkodierung der Ortsinformation aktiviert wird, „wenn sie Teil der Reizkonfiguration ist, die im Rahmen der Zielsetzung der Versuchspersonen verarbeitet wird. Das heißt z.B. wenn die Versuchsperson wahrnehmen will, welche Objekte in einer Matrix angeordnet sind, dann nimmt sie zwangsläufig auch deren Zueinander wahr“ (S. 213f.).

Befunde bezüglich sog. kognitiver Landkarten (engl.: „cognitive map“) legen nahe, dass räumliche Strukturen der Umwelt insofern logisch erfasst werden, als dass einzelne zurückgelegte Routen in ein Gesamtbild möglicher Routen abgelegt werden. Erfahrungsbedingt entwickelt sich aus einzelnen Wegeplänen eine mentale Übersichts- oder Landkarte der Umgebung, die das Verhalten innerhalb dieser Umgebung steuern kann (sog. Übersichtskarte, Übers. v. Verf., engl.: „survey map“; Anderson, 2010). Davon abzugrenzen sind sog. Routenkarten (Übers. v. Verf., engl.: „route maps“), in denen im Sinne einer Handlungsanweisung spezifische Routen enthalten sind, ohne diese in Beziehung zueinander zu setzen (Anderson, 2010). Nachfolgend soll ausschließlich auf die o.g. Übersichtskarten eingegangen werden.

Informationen in räumlichen Repräsentationen sind in Form von Gruppen organisiert (sog. Chunks). McNamara, Hardy und Hirtle (1989) demonstrieren, dass sich beim Erinnern an in einem Raum sich befindende Gegenstände diese in Gruppen zusammengefasst werden. Diese Gruppen entsprechen nicht den räumlichen Distanzen: Der Raum wird vielmehr in Teilräume zerlegt, die als Einheiten in der räumlichen Repräsentation existieren. Ähnlich zeigen Rinck und Mitarbeiter (Rinck & Bower, 1995; Rinck, Hähnel, Bower & Glowalla, 1996), dass nicht die räumliche Distanz zwischen den Objekten die Erinnerungsleistung bestimmt, welche Objekte sich in einem von mehreren Räumen befanden, sondern die Anzahl der Durchgangsräume. Solche Teilräume oder Raumeinheiten sind nach Stevens und Coupe (1978) hierarchisch repräsentiert. Es ist anzunehmen, dass beispielsweise Städte, die euklidisch gleich weit voneinander entfernt sind, aber unterschiedlichen Einheiten in der Hierarchie angehören (z.B. je eine Stadt aus Bayern bzw. Hessen), als weiter voneinander entfernt werden als zwei Städte aus einer Einheit (z.B. beide aus Bayern; z.B. Hirtle & Jonides, 1985; Maki, 1981; McNamara et al., 1984; Richman, Mitchel & Reznick, 1979; Wilton, 1979).

Einige Studien belegen den Vorteil von graphischen Visualisierungshilfen für den Aufbau räumlicher Repräsentationen von hierarchischen Menüsystemen (Norman, 1991; Streit, 1990). In Analogie zum Erwerb echten räumlichen Wissens können hierbei Karten oder Pläne des Menüs dargestellt werden, wodurch der Benutzer eine Art Landkarte des Menüs erhält. Widdel und Kaster (1985) belegen z.B. erhebliche Vorteile für die permanente bildliche Prä-

sensation von hierarchischen Dialogstrukturen für die Bearbeitungszeiten. Diaz, Gomez und Correia (1999) dokumentieren andererseits, dass umfangreiche Gesamtkarten eines Menüsystems nicht zu Übungsbeginn vorgegeben werden sollten: Aufgrund der hohen mentalen Beanspruchung zu Beginn der Menübedienung werden Systemnovizen durch die Nutzung entsprechender Visualisierungshilfen bei der Menübedienung überlastet. Dutke (1990) wiederum berichtet von Defiziten hinsichtlich der räumlichen Repräsentation von Menüinhalten eines Textverarbeitungsprogramms, sofern während der Systembedienung eine Überblickshilfe über das Menüsystem gegeben wurde. Er schlussfolgert daher, dass das räumliche Wissen demnach stärker von den tatsächlichen Handlungserfahrungen abhängig ist als von der Wahrnehmung der Überblicksinformation.

In der Zwischenzeit liegen einige Studien vor, die die **Bedeutung räumlicher Wissensstrukturen** für den Umgang mit einem Menüsystem hervorheben. So schneiden beispielsweise adaptive Menüsysteme, in denen automatisch die Reihenfolge der Alternativen in Abhängigkeit der Benutzungshäufigkeit variiert wird, schlecht ab. Mitchell und Shneiderman (1989) stellen in ihrer Studie häufig angesteuerte Alternativen jeweils an den Beginn dieses Menüs, wodurch sowohl Einbußen hinsichtlich der Bedienleistung im Menüsystem als auch bezüglich der wahrgenommenen Unsicherheit der Probanden bedingt werden. Vandierendonck et al. (1988) berichten von längeren Suchzeiten in einem Menüsystem, wenn in regelmäßigen Abständen (jeweils zu Beginn eines neuen Aufgabenblocks) die Reihenfolge von Menüinhalten umgestellt wird. Ähnlich spricht Somberg (1987) von längeren Reaktionszeiten, sofern die räumlichen Positionen von Alternativen in einem Menü nicht konstant sind. Entsprechende Leistungseinbußen werden umso bedeutsamer, je mehr Übungsdurchgänge zuvor bei der Menüauswahl durchgeführt werden. Negative Effekte einer automatischen häufigen Positionsänderung schildern in ähnlicher Weise Lee und Yun (2004) sowie Park, Han, Park und Cho (2007). Erhalten hingegen die Nutzer selbst die Möglichkeit, die Position von Menüalternativen zu verändern (im Sinne sog. adaptierbarer Menüsysteme), können durchaus positive Effekte auf die Reaktionszeiten und Fehlerzahl im Umgang mit einem Menüsystem resultieren (Park & Han, 2011).

Gleichermaßen ist auf eine konsistente Gestaltung der Menübereiche über verschiedene Menüs hinweg zu achten. Teitelbaum und Granda (1983) zeigen, dass sich die Orientierungszeiten der Benutzer in Menüs verdoppeln, wenn die Positionen von Überschriften und Eingabeaufforderungen über verschiedene Menüseiten variiert wurden. Green und Barnard (1990) berichten schließlich, dass Icons in einem Menü schneller gefunden werden, wenn ihre Position auf dem Bildschirm in verschiedenen Menübereichen konstant bleibt. Demzufolge ist bei der Darstellung von Menüs auf dem Bildschirm auf eine Standardisierung des Layouts zu achten, wie z.B. einer konsistenten Gestaltung über verschiedenen Menüs hinweg. Hierdurch wird es dem Nutzer ermöglicht, die im Umgang mit dem Menü erworbenen räumlichen Informationen zu nutzen (Norman, 1991).

Weitere unterstützende Befunde hinsichtlich der Bedeutung räumlicher Aspekte für die Menübedienung liefern Befunde zum **Einfluss der räumlichen Fähigkeit** (engl.: „spatial ability“; Thurstone, 1938). So wird berichtet, dass räumliche Fähigkeiten positiv mit Navigationsleistungen in Menüsystemen korrelieren (z.B. Allen, 1992; Benyon, Crerar & Wilkinson, 2001; Benyon & Murray, 1993; Chen & Rada, 1996; Egan & Gomez, 1985; Höök, Sjölander & Dahlbäck, 1996; Vicente & Williges, 1988; für eine Übersicht siehe Westermann, 1993). In einer Studie von Vicente, Hayes und Williges (1987) benötigen Personen mit geringen räum-

lichen Fähigkeiten ungefähr doppelt so lange bei der Suche eines Targets in einem hierarchischen Menüsystem wie Personen mit hohen räumlichen Fähigkeiten. Ferner wird in dieser Studie gezeigt, dass die räumliche Fähigkeit einen stärkeren Vorhersagewert für die benötigte Suchzeit darstellt als Leistungen in einem sprachlichen Leistungstest. Nach Downing, Moore und Brown (2005) ist die Bedeutung räumlicher Fähigkeiten bei Novizen in einer Suchaufgabe in Literaturdatenbanken größer als bei Experten. Es ist daher zu erwarten, dass räumliche Fähigkeiten sich besonders günstig in frühen Lernstadien auswirken. Zudem hat das Alter einer Person einen moderierenden Einfluss auf die räumliche Fähigkeit: Ältere Systemnutzer haben z.B. ein geringeres räumliches Vorstellungsvermögen (siehe Kap. 2.2.11), weswegen ältere Nutzer häufiger desorientiert über die eigene Position innerhalb des Menüs und ihre räumlichen Wissensstrukturen bezüglich hierarchischer Menüsysteme weniger präzise sind.

Zusätzlich belegen MacLeod, Hunt und Matthews (1978), dass einige Personen selbst bei sprachlichem Material dazu neigen, die Informationen räumlich zu repräsentieren (sog. Visualisierer), wohingegen andere Personen diese Informationen sprachlich in Form propositionaler Wissensstrukturen speichern (sog. Verbalisierer). Westerman (1995) demonstriert den Vorteil dieser sog. Visualisierer im Umgang mit einem Menüsystem zu Beginn des Kompetenzerwerbs. Mit zunehmender Übung verschwinden diese Unterschiede. Werden für die Menübedienung hilfreiche sprachliche Informationen teilweise aus dem System eliminiert, so führt dies insbesondere bei den sog. Verbalisierern zu Leistungseinbußen.

**Dies bedeutet für eine Analyse des Kompetenzerwerbs für Menüsysteme**, dass Informationen über Positionen von Alternativen im Menü, die für den Nutzer bei der Menüauswahl und –suche bedeutsam sind, in Form hierarchischer Strukturen repräsentiert werden und die räumliche Fähigkeiten einer Person die Bedienleistung im Umgang mit einem Menüsystem mitbestimmen. Aus diesem Grund ist eine räumlich konsistente Menüstruktur zu verwenden bzw. eine diesbezügliche Adaptivität geht mit Leistungseinbußen einher.

### 2.2.10 Motorische Aspekte der Menügestaltung

Die Menüauswahl erfolgt schließlich über die Benutzung eines Bedienelements, einer Komponente der Mensch-Maschine Interaktion, „mit denen der Mensch steuern oder verstehend auf ein System einwirken und aus deren Stellung er auch häufig Rückschlüsse auf den aktuellen Betriebszustand ziehen kann“ (Rühmann & Schmidtke, 1990, S. 205). Im Bereich der Mensch-Computer Interaktion werden vor allem Teile einer Standardtastatur (z.B. Pfeiltasten), spezielle Funktionstasten (z.B. Tasten F1 bis F12) oder sog. Virtuelle Keypads (z.B. Touchscreens, Computermäuse) eingesetzt (Norman, 1991).

Sofern Tasten bei der Menübedienung verwendet werden, wird zur Menüauswahl eine Reihe von Tastendrücken benötigt, um z.B. einen Cursor, der die aktuelle Position im Menü veranschaulicht, zur gewünschten Alternative im Menü zu lenken. Aufgabe des Nutzers ist es im Umgang mit solchen Bedienelementen,

- (1) die aktuelle Position des Cursors auf dem Bildschirm zu finden,
- (2) die gewünschte Alternative zu bestimmen,
- (3) Tasten solange bzw. so häufig zu betätigen, bis dass die gewünschte Alternative erreicht wurde, und
- (4) eine Auswahl Taste zu drücken.

Diese Form der Systembedienung ist u.U. relativ zeitintensiv (siehe Kap. 2.2.2). Für Touchscreens und Computermäuse ergibt sich der Vorteil, dass sich eine kontinuierliche Bewegung des Nutzers in der Auswahl der Menüalternativen widerspiegelt.

Dementsprechend spielt die visuelle Rückmeldung über das Nutzerverhalten (z.B. ein Cursor veranschaulicht die Bewegungen der Maus auf dem Bildschirm) eine zentrale Rolle. Hierfür ist eine funktionsfähige Auge-Hand Koordination notwendig: Der Nutzer muss das Bedienelement ergreifen, die aktuelle Position des Cursors auf dem Bildschirm finden, das Bedienelement von Punkt A nach Punkt B bewegen, überprüfen, ob sich der Cursor auf der richtigen Position befindet und dann die Auswahl betätigen (Norman, 1991).

Aus psychologischer Sicht ist die Ausgestaltung eines solchen sog. Bedienmodells insbesondere hinsichtlich zweier Fragestellungen interessant:

- (1) Kurzfristige Auswirkungen der Kompatibilität von Nutzerverhalten und Reaktion im Menüsystem
- (2) Langfristige Wirkungen der Kompatibilität auf motorische sowie visuelle bzw. räumliche Repräsentationen

Zunächst stellt sich bei der Ausgestaltung eines Bedienelements das Problem der Kompatibilität des Nutzerverhaltens mit der darauf folgenden Reaktion im Menü. Eine kompatible Gestaltung des Bedienelements liegt vor, wenn die Bewegungsrichtung des Bedienelements mit den Erwartungen des Bedieners hinsichtlich des dadurch bewirkten Effektes sinnföellig übereinstimmt: Der Abwärtsbewegung eines Bedienelements entspricht die Abwärtsbewegung im System (Rühmann & Schmidtke, 1990). In diesem Fall spricht man von einer sog. **Funktionskompatibilität oder Bewegungs-Beziehungs-Kompatibilität**. Ist eine solche Funktionskompatibilität aufgrund einer nicht-optimalen Auslegung des Bedienelements verletzt (z.B. situationsabhängige Funktionalitäten, zu lange Totzeiten; für eine Übersicht siehe z.B. Nielsen, 1993), kann es zu einer generell höheren Fehlerzahl im Umgang mit dem Bedienelement und einer geringen Akzeptanz des Menüsystems kommen. Es wird erwartet, dass eine fehlende Funktionskompatibilität insbesondere zu Lernbeginn mit Leistungseinbußen einhergeht (Kerres, 1989; Spragg, Finck & Smith, 1959; Ziebler, 1993).

Als weitere Anforderung an die kompatible Ausgestaltung von Bedienelement und Reaktion ist zu beachten, dass bei den meisten Bedienelementen die Abgabe einer manuellen Reaktion in der Regel nicht in räumlicher Nähe zur Auswahl einer Menüalternative stattfindet (z.B. Chapanis & Lindenbaum, 1959). Die Nutzer müssen somit den Zusammenhang zwischen dem manuellen Verhalten an einem Ort und der Reaktion an einem anderen Ort realisieren. Dieser Zusammenhang ist erfüllt, sofern die relativen Positionen des Stimulus und der Reaktion zueinander passen (Norman, 1991). In diesem Fall spricht man von einer **Positions- oder räumlichen Kompatibilität von Stimulus und Reaktion**. Eine Verletzung dieses Kompatibilitätsprinzips geht regelhaft mit einer geringeren Reaktionsgeschwindigkeit und -genauigkeit einher (für eine Übersicht siehe Proctor & Vu, 2006). Werden Alternativen beispielsweise sortiert von oben nach unten dargeboten, sollten die Reaktionen ebenfalls von oben nach unten durchführbar sein. Dies ist z.B. über Funktionstasten auf einer Computertastatur nicht möglich, die von links nach rechts angeordnet sind. Die Verwendung eines Bedienelements ist daher u.a. in Abhängigkeit der Darstellung eines Menüsystems zu betrachten. Da Kompatibilitätseffekte auf stabilen Erwartungen und Stereotypen von Systemnutzern beruhen (Proc-

tor & Vu, 2006), können diesbezüglich nicht-optimale Ausgestaltungen insbesondere zu Lernbeginn kritisch sein.

Zur konkreten Ausgestaltung des Bedienmodells beinhalten Gestaltungsvorschriften widersprüchliche Empfehlungen: Einerseits wird eine möglichst einfache Struktur der Bedienung gefordert, wie z.B. ein Bedienelement, welches möglichst alle Funktionen integriert und kompakt darstellen kann (Shneiderman, 1998). 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; Rühmann & Schmidtke, 1990) oder in ihrer zeitlichen Struktur zu trennen (Müller & Funke, 1995; Müller, Funke & Buchner, 1994). Engelkamp (1990) unterstreicht diese 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), dass die Interferenz zwischen zwei Handlungen mit größerer Ähnlichkeit zunimmt.

Zahlreiche Studien belegen, dass durch die gehäufte Nutzung eines Bedienelements schließlich eine **motorische Repräsentation** entsteht. Hierbei wird zunächst eine explizite Handlungsanweisung in Form sog. deklarativen Wissens gespeichert. Unter dem sog. deklarativen Wissen wird das Faktenwissen verstanden, das eine Person im semantischen Gedächtnis gespeichert hat und daraus wieder abrufen kann (Anderson, 2010). Dies bedeutet, dass eine unübte auszuführende Handlung zunächst hinsichtlich des ‚Wie‘ abgespeichert und die Ausführung der Handlung bewusst gesteuert und kontrolliert wird. Erst nach zahlreichen Wiederholungen und Übungen wird eine Handlung zunehmend automatisiert und die bewusste Steuerung und Kontrolle überflüssig. Schließlich sind solche automatisierten motorischen Wissensstrukturen leichter im Gedächtnis aktivierbar als das deklarative Wissen (Seel, 2000). Im Vergleich zu begrifflichen Repräsentationen sind motorische Repräsentationen zeitlich äußerst stabil, wobei motorische Repräsentationen für kontinuierliche Tätigkeiten (z.B. Schreiben, Trackingaufgaben) stabiler sind als für diskrete Tätigkeiten (z.B. Wahlreaktionsaufgaben; Schmidt, 1988). Dennoch sind die in motorischen Repräsentationen enthaltenen Informationen derart spezifisch, dass sie zumeist nur für eine spezifische Aufgabenstellung nutzbar und nicht ohne weiteres auf verschiedene Aufgabenbereiche generalisierbar sind.

Dabei sind **Zusammenhänge zwischen motorischen und visuellen bzw. räumlichen Repräsentationen** zu berücksichtigen. Hart und Moore (1973) demonstrieren z.B. stärker differenzierte kognitive Karten (siehe Kap. 2.2.9) durch aktive Bewegungen aufgrund einer tieferen Verarbeitung von Umweltinformationen. Stimmen jedoch die durchgeführten motorischen Bewegungen nicht mit Anforderungen seitens einer zu bearbeitenden visuellen Aufgabe überein, so treten in einer Studie von Smyth, Pearson und Pendleton (1988) geringere Erinnerungsleistungen hinsichtlich der visuellen Aufgabe auf. Motorische und visuelle bzw. räumliche Repräsentationen sind demnach nicht als streng distinkte Repräsentationen zu betrachten. Neuroanatomische Befunde unterstützen eine solche Annahme, da ähnliche zentralnervöse Strukturen von diesen Repräsentationen (z.B. Hippocampus und Parietallappen) in Anspruch genommen werden (Logie, 1995). Nichtsdestotrotz sind motorische und räumliche Repräsentationen als getrennte Wissensstrukturen zu diskutieren, als dass sie selektiv störfähig sind (Zimmer & Engelkamp, 1981; Zimmer, Engelkamp & Sieloff, 1984). Die Ausgestaltung des Bedienmodells kann somit langfristig einen indirekten Einfluss auf den Aufbau und die Struk-

tur räumlicher Repräsentationen (siehe Kap. 2.2.9) nehmen: Durch die Forderung einer Bewegungs-Beziehungs-Kompatibilität und einer räumlichen Kompatibilität von Stimulus und Reaktion wird unmittelbar ersichtlich, dass die Betätigung des Bedienelements eine räumliche Bedeutung für den Systemnutzer haben kann.

**Dies bedeutet für eine Analyse des Kompetenzerwerbs für Menüsysteme**, dass die Ausgestaltung des Bedienmodells zum einen kurzfristige Auswirkungen der Kompatibilität von Nutzerverhalten und Reaktion im Menü berücksichtigen muss, als dass insbesondere zu Lernbeginn bei einer diesbezüglich nicht-optimalen Realisierung Fehler im Umgang mit dem Bedienelement zu erwarten sind. Zum anderen sind langfristige Wirkungen einer solchen Kompatibilität auf räumliche und motorische Repräsentationen zu beachten.

### 2.2.11 Nutzermerkmale und Menüsysteme

Beim Kompetenzerwerb für Menüsysteme sind darüber hinaus nutzerseitige Merkmale zu berücksichtigen, die den Lernprozess beeinflussen können. Ausgehend von Befunden aus der Lern- und Gedächtnispsychologie (für einen Überblick siehe z.B. Hasselhorn, 1995; Stumpf, 2000) sollen an dieser Stelle folgende Nutzermerkmale berücksichtigt werden:

- **Kognitive Leistungsfähigkeit**

Es wird angenommen, dass die kognitive Leistungsfähigkeit einer Person positiv mit Metakognitionen sowie Lern- und Gedächtnisstrategien und schließlich mit einem größeren funktionalen Arbeitsgedächtnis korreliert. Metakognitionen bestehen aus Wissen über lern- und behaltensrelevante kognitive Phänomene sowie Wissen über Planung, Überwachung und Regulation des Lernprozesses. Lern- und Gedächtnisstrategien umfassen z.B. Enkodierstrategien zur Abspeicherung neuer Informationen, Abrufstrategien sowie Organisations- und Elaborationsstrategien zur Bildung von Assoziationen zwischen verschiedenen Informationen. Auswirkungen der kognitiven Leistungsfähigkeit auf die Lern- und Gedächtnisleistung sind insbesondere zu Lernbeginn zu erwarten. Mit zunehmender Übung lässt dieser Einfluss nach.

- **Kognitiver Stil**

Sowohl der sprachlichen als auch der räumlichen Fähigkeit einer Person wird eine erhebliche Bedeutung für Lern- und Gedächtnisleistungen (z.B. im Bereich der Computerbedienung; Egan & Gomez, 1985) zugesprochen. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, ob Personen eher zu den sog. Visualisierern (sprachliche Materialien werden räumlich repräsentiert) oder sog. Verbalisierern (räumliche Materialien werden sprachlich repräsentiert) zählen (siehe Kap. 2.2.9).

- **Bereichsbezogenes Vorwissen**

Bereichsspezifisches 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 bereichsspezifisches Vorwissen zunehmend metakognitive Strategien genutzt werden und das Ausmaß von Lern- und Gedächtnisstrategien wird positiv beeinflusst.

Im Bereich der Mensch-Computer Interaktion wird von den genannten Personenmerkmalen insbesondere das **bereichsbezogene Vorwissen** als eine entscheidende Größe für Lernauf-

wand und Lernerfolg diskutiert. So berichtet z.B. Telles (1990), dass bereits gelernte Fertigkeiten im Umgang mit einem Textverarbeitungsprogramm durchaus problemlos auf neue Versionen dieses Programms übertragen werden können. Sofern die neue Version weitgehend konsistent zur älteren Version ist, sollten die Nutzer mit geringerem Lernaufwand das Vorwissen anwenden können (Polson et al., 1986). Jenkins et al. (2003) ergänzen, dass sowohl bereichsspezifisches Vorwissen als auch strukturbezogenes Vorwissen (hier: über Aufbau und Bedienung von Hypertextumgebungen) die Internetsuche erheblich erleichtern. Dray, Ogden und Vestewig (1981) kommen zu einem ähnlichen Schluss bezüglich möglicher Transfereffekte von strukturbezogenem Vorwissen: So können erworbene Kenntnisse im Umgang mit einem Menüsystem ohne weiteres von einem Menü, in dem sowohl die aktuellen als auch die untergeordneten Menüebenen simultan dargeboten werden, auf ein Menüsystem übertragen werden, bei dem lediglich die aktuelle Menüebene präsentiert wird (und umgekehrt). Li und Chang (2011) fassen basierend auf einem Literaturreview und eigenen Studien zum Transferlernen bei Computersoftware zusammen, dass folgende Vorwissensaspekte für Transfereffekte bedeutsam sind:

- (1) Funktionsähnlichkeit (engl.: „function similarity“; z.B. notwendige Handlungen zum Erreichen eines Ziels),
- (2) Schnittstellenähnlichkeit (engl.: „interface similarity“; z.B. Darstellung und Struktur der Softwareinhalte) und
- (3) Syntaxähnlichkeit (engl.: „syntax similarity“; z.B. verwendete Begrifflichkeiten).

Diese Aspekte sind nach Li und Chang (2011) gleichermaßen für Lerntransfers bei Computersoftware verantwortlich.

Die Berücksichtigung des Vorwissens bei der Ausgestaltung der Mensch-Computer bzw. Mensch-Maschine Interaktion spielt nach Hammond (1987) eine entscheidende Rolle: So werden Novizen, die keine Erfahrungen mit einem Menüsystem haben, schnell Freude an der Menübedienung verlieren, sofern sie nicht hinreichende positive Rückmeldung bezüglich ihrer Leistungszuwächse erhalten. Um solche anfänglichen Lernzuwächse zu ermöglichen, ist daher auf das Vorwissen der Nutzer einzugehen (siehe Usability Trade-Off, Kap. 2.2.4). Zudem kann hier bei einer Kompatibilität von Vorwissen und für die Menübedienung notwendigem Systemwissen mit einem geringeren Lernaufwand ein Menüsystem erfolgreich bedient werden (sog. positiver Transfer; siehe Kap. 2.2.8). Ist dies nicht der Fall, kann ein höherer Lernaufwand oder sogar ein geringerer Lernerfolg resultieren (sog. negativer Transfer).

Im Bereich der Mensch-Computer Interaktion werden darüber hinaus insbesondere **Leistungsdefizite von älteren Nutzern** diskutiert, die häufig auf eine nachlassende Geschwindigkeit in der Informationsverarbeitung (sog. General Slowing Hypothesis; Salthouse, 1996) zurückgeführt werden. Jastrzemski und Charness (2007; zitiert nach Charness, 2008) berichten von einer altersbedingten Verlangsamung um das 1.7fache für kognitive Prozesse, um das 1.8fache für perzeptive Prozesse sowie um das 2.1fache für motorische Prozesse. Zudem wird berichtet, dass stärkere Alterseffekte mit zunehmender Aufgabenkomplexität auftreten (z.B. McDowd & Craik, 1988). Mit hinreichender Übung können diese Defizite jedoch weitgehend kompensiert werden (z.B. Kramer, Larish & Strayer, 1995; Panek, Berrett, Sterns & Alexander, 1977; Tsang & Shaner, 1998). Übereinstimmend hierzu wird angenommen, dass Alterseffekte verstärkt bei kontrollierten Prozessen (d.h. Aufgaben, deren Ausführung z.B. über eine zentrale Exekutive gesteuert wird; Baddeley, 1986) aufzufinden sind. Automatisierte Prozesse

sind demgegenüber vom Lebensalter in geringerem Maße betroffen (z.B. Jennings & Jacoby, 1997). Laurig (1992) formuliert wiederum, dass im höheren Alter speziell Tätigkeiten langsamer ausgeführt werden, die vorwiegend das Umsetzen von Informationen in Form schneller Verhaltensweisen verlangen (z.B. Reagieren und Handeln, Kombination und Erzeugung von Informationen). Wenn es hingegen nicht auf die Geschwindigkeit bei der Aufgabenbearbeitung ankommt, sind keine altersbedingten Leistungsunterschiede aufzufinden.

Dementsprechend wird regelhaft erwartet, dass es im höheren Alter auch zu einer Verlangsamung des Lern- und Gedächtnisprozesses kommt. Doch bis ins achte Lebensjahrzehnt können kognitive Kompetenzen durch entsprechende Interventionsprogramme positiv beeinflusst werden, so dass auch Lern- und Gedächtnisleistungen weiterhin adäquat erbracht werden können. Diese Leistungen sind somit bis ins hohe Alter weniger stark vom Lebensalter als vielmehr vom Trainingsstatus abhängig (Hasselhorn, 1995). Das Lebensalter ist daher nicht als ursächlicher Faktor für Lern- und Gedächtnisleistungen heranzuziehen.

Nichtsdestotrotz liegen alterskorrelierte (d.h. mit dem Lebensalter einhergehende) Befunde für den Kompetenzerwerb im Umgang mit Menüsystemen vor. Mead, Spaulding, Sit, Meyer und Walker (1997) berichten z.B., dass bei kurzen Navigationswegen im Hypertext keine alterskorrelierten Unterschiede auftreten. Bei längeren Navigationswegen haben ältere Nutzer demgegenüber größere Probleme beim Auffinden einer gewünschten Funktion. Ältere Nutzer gehen zudem häufiger zur obersten Ebene des Hypertexts zurück, um von dort aus eine neue Funktionssuche zu starten. Die Autoren erwähnen zudem deutliche Trainingseffekte für die älteren Nutzer. In ähnlicher Weise schildern Mayhorn, Lanzolla, Wogalter und Watson (2005) sowie Sterns (2005) stärkere Trainingseffekten für ältere Nutzer im Umgang mit PDAs (Person Digital Assistants) im Vergleich zu jüngeren Nutzern aufgrund eines unterschiedlichen Leistungsniveaus zu Trainingsbeginn.

Als problematisch bei dieser und ähnlichen Studien zu den Auswirkungen des Alters auf den Umgang mit menügesteuerten Systemen ergibt sich die Konfundierung des Lebensalters mit weiteren lernrelevanten Eigenschaften (z.B. **Erfahrung im Umgang mit Menüsystemen**; Kang & Yoon, 2008; Kurniawan & Zaphiris, 2003; Kurniawan, Zaphiris & Ellis, 2004; Sjölander, Höök, Nilsson & Andersson, 2005). Ältere Nutzer tendieren zudem zu einem geringeren **räumlichen Vorstellungsvermögen**, was mit Defiziten im Aufbau einer räumlichen Wissensstruktur hinsichtlich des Menüsystems und in der Orientierung bezüglich der eigenen Position innerhalb der hierarchischen Menüstruktur einhergeht (z.B. Arning & Ziefle, 2009; Sein, Olfman, Bostrom & Davis, 1993; siehe Kap. 2.2.9). Dies wirkt sich wiederum auf den Umgang mit Menüsystemen aus, so dass ältere Nutzer länger bis zur Zielerreichung in einem Menüsystem benötigen als jüngere Nutzer (Arning & Ziefle, 2009; Bay & Ziefle, 2003; Vicente et al., 1987; Zaphiris, Kurniawan & Ellis, 2004; Ziefle & Bay, 2004, 2006). Zaphiris (2001) zeigt schließlich, dass ältere Systemnutzer stärkere Probleme im Umgang mit tiefen Menüsystemen haben, in denen die Menüstruktur für den Nutzer oft nicht transparent ist. Auch die **sprachliche Merkfähigkeit** ist bei älteren Nutzern gegenüber jüngeren Nutzern verringert (z.B. Craik & Salthouse, 1992; Hasher & Zacks, 1988), wodurch die Bedienleistung im Umgang mit aus begrifflichen Hierarchien bestehenden Menüsystemen limitiert ist (Bay & Ziefle, 2003; Larson & Czerwinski, 1998; Ziefle & Bay, 2006). Für die zu erbringende Leistung der Systemnutzer ist es dabei entscheidend, sich die einzelnen im Menüsystem enthaltenen Begriffe zu merken und in einer begrifflichen Struktur abzubilden.

Weiterhin ist zu beachten, dass ältere Systemnutzer oft Schwierigkeiten mit dem scharfen Sehen auf kurze Distanzen haben (Weale, 2003). Daher existieren spezielle Empfehlungen für

die altersgerechte Ausgestaltung von Menüsystemen (für eine Übersicht bezüglich interaktiver Benutzerschnittstellen siehe z.B. Burmester, 2001; Czaja & Lee, 2007; für eine Übersicht bezüglich Fahrerinformationssystemen siehe z.B. Caird, Chugh, Wilcox & Dewar, 1998; Färber, 2000; Gardener-Bonneau & Gosbee, 1997; Green, 2001). Diese formulieren beispielsweise, dass Kontrast und Größe der Anzeigen auf die Bedürfnisse älterer Systemnutzer abgestimmt sein sollten (z.B. durch den Einsatz großer Schriften und kontrastreicher Farben, durch einen Verzicht auf Displays mit glänzender Oberfläche zur Vermeidung von Blendungseffekten) oder dass der Selbstbeschreibungsfähigkeit dieser Systeme eine besonders große Beachtung geschenkt werden sollte.

**Geschlechtsunterschiede** im Bereich des Lernens und Gedächtnisses sind regelhaft sehr gering und nicht konsistent (Benyon et al, 2001). Frauen sind insbesondere bei Lern- und Gedächtnisleistungen bezüglich verbaler Fertigkeiten überlegen (Hasselhorn, 1995). Dahingegen ist die Orientierung mit 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 (Lawton, 1994; Saucier et al., 2002). Torkzadeh und Koufteros (1994) heben hervor, dass Geschlechtsunterschiede in der Mensch-Computer Interaktion insbesondere vor bzw. zu Beginn des Umgangs mit Computern auftreten. Die berichteten Alters- und Geschlechtsunterschiede resultieren aus Unterschieden hinsichtlich der **Einstellung gegenüber Computern** (z.B. Murphy, Coover & Owen, 1989; Nickell & Pinto, 1986) bzw. aus einer **Angst gegenüber Computern** (z.B. Marcoulides, 1988). Umfangreiche Trainings mit Computern führen zu einer Eliminierung möglicher Geschlechtsunterschiede (auch Rodger & Pendharkar, 2004).

**Dies bedeutet für eine Analyse des Kompetenzerwerbs für Menüsysteme**, dass als nutzerseitige Merkmale insbesondere die kognitive Leistungsfähigkeit, der kognitive Stil und das bereichsspezifische Vorwissen zu beachten sind. Für möglicherweise aufzufindende Alters- und Geschlechtseffekte ist zu prüfen, inwiefern für diese eine Konfundierung mit anderen Variablen (z.B. Vorwissen, Einstellungen) verantwortlich ist.

### 2.2.12 Merkmale von gelernten Fähigkeiten

Diese Ausführungen zu Kennzeichen des Kompetenzerwerbs führen zu der Frage, wie das Ergebnis des Kompetenzerwerbs für Menüsysteme aussähe. Übereinstimmend findet man laut Dörner und 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.

Die unter (1) bis (3) genannten Merkmale für erworbene Fähigkeiten werden als diesbezügliche Kriterien allgemein hin akzeptiert. Es ist anzunehmen, dass diese auch für den Kompetenzerwerb für Menüsystem als Lernziele formuliert werden können.

Das unter (4) genannte Merkmal für erworbene Fähigkeiten ist demgegenüber zu hinterfragen: Unter der Annahme, dass erworbene Fähigkeiten rasch und ohne Anstrengung ausgeführt würden, müsste die Nutzung von Expertise (z.B. bei Schach- oder Klavierspielern) ohne Kräfteverbrauch erfolgen. Dies ist jedoch z.B. bei professionellen Musikern, die unter hoher Anstrengung selbst gutgeübte Musikstücke regelmäßig wiederholen müssen, nicht ohne weiteres anzunehmen (Lehmann & Gruber, 2006). Daher ist als Lernziel für den Kompetenzerwerb für Menüsysteme eher eine Menübedienung mit hoher Geschwindigkeit und adäquater Anstrengung auf Nutzerseite zu formulieren.

## **2.3 Kompetenzerwerb unter Dual-Task Bedingungen**

### **2.3.1 Einleitung**

Während unter Kap. 2.2 bislang ausschließlich der Kompetenzerwerb für Menüsysteme unter Single-Task Bedingungen (z.B. an einem Bildschirmarbeitsplatz) betrachtet wurde, soll nachfolgend auf den Kompetenzerwerb unter Dual-Task Bedingungen eingegangen werden. Hierzu zählen Situationen, in denen ein Menüsystem parallel zu einer Primäraufgabe (z.B. Fahrzeugführung) zu erlernen ist. In diesem Kapitel sollen diesbezüglich relevante empirische Befunde dargestellt und im Zusammenhang mit bestehenden Modellvorstellungen der Dual-Task Forschung diskutiert werden.

### **2.3.2 Kompetenzerwerb für Menüsysteme und Interferenzen**

Zahlreiche Studien belegen, dass mit zunehmender Übung zwei Tätigkeiten besser parallel erledigt werden können, so dass die wechselseitige Beeinträchtigung der Tätigkeiten, sog. Interferenz, abnimmt (z.B. Brown & Poulton, 1961; Downey & Anderson, 1915; Solomons & Stein, 1896; Spelke, Hirst & Neisser, 1976). Es ist dabei nicht zu erwarten, dass mit zunehmender Übung solche Interferenzen in simultan zu bearbeitenden Aufgaben in gleichem Maße abnehmen: So kann durchaus die eine Aufgabe weiterhin stark beeinträchtigt sein, wohingegen die andere Aufgabe keine weiteren Leistungseinbußen aufweist. Es ergibt sich somit nicht nur eine übungsbedingte Abnahme der Interferenzen, sondern es verändert sich auch das Muster der Interferenzen (Schmidtke, 1993).

Interferenzmuster bei Doppelaufgaben sind für die jeweils miteinander zu verschränkenden Einzelaufgaben spezifisch und nicht ohne weiteres auf andere Einzelaufgabenkombinationen generalisierbar (Wickens & McCarley, 2008). Es ergibt sich also die Notwendigkeit, die zu verschränkenden Aufgaben im Sinne einer Aufgabenanalyse sehr präzise und umfassend zu beschreiben, um die Aufgaben anschließend hinsichtlich ihres übungsabhängigen Interferenzmusters zu untersuchen. Studien aus anderen Doppelaufgaben und Lernkontexten sind demnach nicht ohne weiteres auf die vorliegende Fragestellung generalisierbar.

Bezüglich des Kompetenzerwerbs für Menüsysteme unter Dual-Task Bedingungen sind bislang nur wenige Studien auffindbar, so dass diesbezüglich noch erheblicher Forschungsbedarf besteht (Young & Regan, 2009). Dingus, Hulse, Mollenhauer, Fleischman, McGehee und Manakkal (1997) berichten, dass Probanden nach sechswöchiger Erfahrung mit einem Navigationssystem seltener und kürzer auf das Display des Systems schauen und daher das System ökonomischer und sicherer bedienen. In der Studie von Manes und Green (1997) führt Übung im Umgang mit einem Menüsystem während des Durchfahrens eines Simulatorparcours zu

positiven Veränderungen in der Menübedienung (höhere Bediengeschwindigkeit und -genauigkeit) und Fahrzeugführung (selteneres Verlassen der Fahrspur). Shinar et al. (2005) zeigen, dass nach Übung der negative Einfluss der Bedienung eines Mobiltelefons auf die Fahrzeugführung verschwindet. In einer Fahrsimulatorstudie von Chisholm et al. (2008) wiederum wird deutlich, dass sich Übung im Umgang mit einem MP3-Player vor allem positiv auf die Fahrzeugführung auswirkt, obwohl diese auch nach längerer Übung beeinträchtigt bleibt. Horna, Oel, Spies und Bubb (2009) geben schließlich an, dass es übungsbedingt zwar zu geringeren Interferenzen zwischen Menübedienung und Fahrzeugführung kommt. Sofern sich jedoch Probleme im Umgang mit einem Menüsystem ergeben, wirkt sich dies unmittelbar negativ auf die Fahrzeugführung aus. Jahn et al. (2004) unterstützen diese Befunde, als dass die aus der Bedienung eines Navigationssystems resultierenden Interferenzen zwischen Fahrzeugführung und Bedienung des Navigationssystems insbesondere zu Beginn des Kompetenzerwerbs zu finden sind. Zusätzlich berichten sie, dass jüngere Fahrer das Navigationssystem während der Fahrt schneller bedienen als ältere Fahrer und dass auch nach mehreren Monaten ohne Systemkontakt die Bedienleistung weitgehend stabil bleibt. Die Autoren finden keinen Transfer beim Umlernen zwischen verschiedenen Navigationssystemen.

**Dies bedeutet für eine Analyse des Kompetenzerwerbs für Menüsysteme unter Dual-Task Bedingungen**, dass Interferenzen insbesondere zu Übungsbeginn zu erwarten sind. Diese nehmen mit zunehmender Übung im Umgang mit einer Menüaufgabe parallel zu einer Primäraufgabe ab. Es liegen keine Befunde vor, die Aussagen bezüglich der unter Kap. 2.2 genannten Merkmale des Kompetenzerwerbs für den Umgang mit Menüsystemen auch unter Dual-Task Bedingungen erlauben. Beispielhaft sei an dieser Stelle genannt eine Analyse des Aufbaus und der Struktur mentaler Repräsentationen des Menüsystems, der Konsequenzen von Systemvariationen des Menüsystems auf den Kompetenzerwerb sowie der Auswirkungen von Nutzermerkmalen auf den Kompetenzerwerb für Menüsysteme.

### 2.3.3 Kognitive Mechanismen und übungsbedingte Interferenzen

Zusammenfassend werden zwei Gruppen von kognitiven Mechanismen diskutiert, aufgrund derer es übungsbedingt zu verbesserten Leistungen und verringerten Interferenzen bei der simultanen Bearbeitung zweier Aufgaben kommt. Diese sind nach Wickens und McCarley (2008):

(1) **Verbesserung der Leistung in jeder Einzelaufgabe**

Es werden Fähigkeiten zur Bearbeitung jeder einzelnen Aufgabe entwickelt, was zu einer geringeren Beanspruchung der ausführenden Person führt. Somit verringern sich auch die benötigten mentalen Ressourcen für die Kombination der beiden Aufgaben, die Effizienz in der Dual-Task Bedingung steigt an. Diese Effizienz kann durch intensive Übung jeder Einzelaufgabe für sich erreicht werden.

(2) **Entwicklung einer Fertigkeit zur effizienten Zeit- bzw. Aufmerksamkeitsaufteilung zwischen den Aufgaben**

Unabhängig davon 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. Ein solches sog. Time-Sharing kann ausschließlich durch die Übung der beiden Aufgaben unter Dual-Task Bedingungen erreicht werden.

Übereinstimmend sprechen Brown und Carr (1989) von zwei Mechanismenklassen, die bei übungsbedingten Abnahmen der Interferenzen in Dual-Task Situationen zu beobachten sind:

- (1) **Automatisierung innerhalb einer Aufgabe** (engl.: „intratask automaticity“)
- (2) **Strategien zur Aufgabenkombination** (engl.: „task combination strategies“)

In Kap. 2.2 wurden bereits Hinweise gegeben, warum und in welcher Art und Weise es zu den jeweils unter (1) genannten übungsbedingten Leistungssteigerungen im Umgang mit einem Menüsystem unter Single-Task Bedingungen (d.h. alleinige Bedienung des Menüsystems) kommt. Besonders hervorzuheben ist an dieser Stelle Kap. 2.2.6, in dem auf Lernstadien beim Kompetenzerwerb für Menüsysteme eingegangen wird.

Weiterhin verantwortlich für die übungsbedingte Abnahme von Interferenzen in Dual-Task Situationen ist die oben jeweils unter (2) erwähnte Entwicklung von effizienten „**Time Sharing**“-Strategien (Wickens & McCarley, 2008) oder „**Task Combination**“-Strategien“ (Brown & Carr, 1989). Einen Beleg für solche Strategien erbringen Damos und Wickens (1980): In ihrer Studie führt eine Kontrollgruppe in einer Übungsphase zwei Aufgaben stets unter Single-Task Bedingungen aus, während eine Experimentalgruppe zwei Aufgaben unter Dual-Task Bedingungen bearbeitet. In einer anschließenden Testphase, die aus der parallelen Erledigung beider Aufgaben besteht, zeigt die Kontrollgruppe schlechtere Leistungen als die Experimentalgruppe, in der die Probanden vermehrt parallele Verarbeitungsstrategien aufweisen. Gopher und Brickner (1980) belegen schließlich, dass eine Priorisierung von parallel zu bearbeitenden Aufgaben zu höheren Time-Sharing Leistungen führt als deren gleichberechtigte Bearbeitung. (Für eine Übersicht über weitere Befunde bzw. Erkläransätze siehe Wickens & McCarley, 2008.)

Nach Detweiler und Schneider (1991) besteht eine optimale Time-Sharing Strategie aus:

- **Fähigkeit zum Aufgabenwechsel** (engl.: „task alternation“)
- **Fähigkeit zur Aufgabenintegration** (engl.: „task integration“)

Es wird einerseits gelernt, zwischen Aufgaben effizient hin und her zu wechseln („Aufgabenwechsel“), andererseits entsteht mit zunehmender Übung aus Einzelaufgaben eine einzelne übergeordnete Aufgabe („Aufgabenintegration“). Die Fähigkeit zur Aufgabenintegration ist dabei als effektiver zu bewerten als die Fähigkeit zum Aufgabenwechsel.

Übungsbedingt kommt es zu einer Veränderung der Strategien im Umgang mit den parallel zu bearbeitenden Aufgaben, so dass eine effektivere Aufteilung der begrenzten Ressourcen auf die Aufgaben stattfindet (Detweiler & Schneider, 1991): Beispielsweise entwickelt sich die Fähigkeit, abzuschätzen, welche Konsequenz die kurzfristige Vernachlässigung der einen Aufgabe zugunsten einer gerade schwierigeren Aufgabe hat, und dementsprechend die Ressourcen auf die entsprechenden Aufgaben aufzuteilen. Zusätzlich werden nicht-optimale Time-Sharing Strategien, die unnötig hohe Grade an Beanspruchung benötigen, zugunsten optimaler Strategien aufgegeben. Weiter lernt man, nicht-konkurrierende Strukturen und Prozesse bei der Aufgabenbearbeitung zu nutzen und Ressourcen zu sparen. Mit zunehmender Übung müssen seltener Aufmerksamkeitswechsel von der einen zur anderen Aufgabe durchgeführt werden, das Timing zwischen den Aufgaben wird besser und es können mit mehr Übung sinnvolle Chunks an Informationen gebildet werden.

Bei der Entwicklung von Time-Sharing Strategien ergeben sich teilweise deutliche interindividuelle Unterschiede. So berichten Schumacher et al. (2001), dass es einigen Probanden bei der parallelen Bearbeitung einer akustisch-sprachlichen und einer visuell-manuellen Aufgabe

gelingt, nahezu perfekt beide Aufgaben simultan zu bearbeiten, so dass keine wechselseitigen Leistungseinbußen mehr auftreten. Anderen Probanden gelingt eine solche Optimierung der Time-Sharing Strategie hingegen nicht, so dass weiterhin Interferenzen zwischen den untersuchten Aufgaben zu finden sind. Nach Wickens und McCarley (2008) fußen solche optimalen Time-Sharing Strategien u.a. auf Motivationseffekten, auf der Leistungsfähigkeit der zentralen Exekutive sowie auf der Kapazität des Arbeitsgedächtnisses einer Person. Die Annahme einer dispositionellen Fähigkeit zum Time-Sharing ist aber abzulehnen.

Das Time-Sharing zwischen Fahrzeugführung und simultaner Bedienung eines Menüsystems kann auch über **Merkmale des Menüsystems** beeinflusst werden. Kujala (2009) zeigt beispielsweise in einer Fahrstudie, dass in listenbasierten Menüs ein besseres Time-Sharing zwischen Fahrzeugführung und Menübedienung möglich ist als bei sog. gitterbasierten Menüs, in denen die Menüinhalte auf einer Oberfläche mit Icons verteilt sind (wie z.B. bei Smartphones). Beide Menüvarianten schneiden hinsichtlich der Fahrsicherheit (Verlassen der Fahrbahn), der Leistung in der Menübedienung sowie der mittleren Anzahl und mittleren Dauer der Blicke auf das Menüdisplay vergleichbar ab. Die Ergebnisse legen allerdings nahe, dass je weniger Informationen simultan auf dem Display dargeboten werden, desto besser ist das Time-Sharing in dieser Dual-Task Bedingung. Ähnlich schlussfolgern Manes und Green (1997) in einer Fahrstudie, dass breite Menüs aufgrund ihrer größeren simultan dargebotenen Informationsmenge mit einem schlechten Time-Sharing einhergehen: Breite Menüs haben eine höhere visuelle Belastung des Nutzers zur Folge und führen häufiger zu sicherheitskritischen Fahrsituationen (Verlassen der Fahrbahn). Hinsichtlich der Bedienleistung während der Fahrzeugführung ergeben sich keine Unterschiede zwischen breiten und tiefen Menüs. Dementsprechend resultieren unter Dual-Task Bedingungen stärkere Interferenzen zwischen Fahrzeugführung und Menübedienung für breite Menüs. Übereinstimmend berichtet Körner (2006), dass sich die Listenlänge von Informationen einer Nebenaufgabe auf die Spurhaltung in einem Fahrstudienversuch auswirkt: Bei übermäßig langen Listen, in denen eine Zielfunktion in einem vorgegebenen Zeitfenster parallel zur Fahrzeugführung nicht erfolgreich gesucht werden kann, verschlechtert sich die Spurhaltung insbesondere zum Ende der Suchphase. Bei kürzeren Listen, in denen eine solche Zielsuche im gegebenen Zeitfenster erfolgreich abgeschlossen werden kann, ist die Spurhaltung während der gesamten Suchphase in vergleichbarem Maße beeinträchtigt.

**Dies bedeutet für eine Analyse des Kompetenzerwerbs für Menüsysteme unter Dual-Task Bedingungen**, dass bereits Lernerfahrungen im Umgang mit Menüsystemen unter Single-Task Bedingungen den Kompetenzerwerb unter Dual-Task Bedingungen (auf Seiten der Systembedienung und der Fahrzeugführung) beeinflussen und somit zu einer Verringerung der Interferenzen beitragen können. Zudem sind Fertigkeiten zum effizienten Aufgabenwechsel zu beachten, die gegebenenfalls über Merkmale des Menüsystems unterstützt werden können. Auch hierdurch können Interferenzen in Dual-Task Bedingungen reduziert werden.

#### 2.3.4 Ressourcenmodelle und Kompetenzerwerb

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, 1976, 1980, 1984; Wickens & Hollands, 2000). Übereinstimmend nehmen diese Modelle an, dass einer Person nur begrenzte Möglichkeiten zur Informationsverarbeitung zur Verfügung stehen. Werden diese vorhande-

nen Möglichkeiten überschritten, so hat dies eine Abnahme der Gesamtleistung der handelnden Person zur Folge. Diese Modelle machen ferner Aussagen, wie sich Übung in einer Aufgabe oder beiden Aufgaben auf die Interferenzmuster zwischen diesen Aufgaben auswirkt.

Frühe theoretische Ansätze zur Erklärung von Interferenzen zwischen zwei oder mehreren parallel auszuführenden Aufgaben gehen von der Annahme aus, es gäbe eine allgemeine, unspezifische Verarbeitungskapazität oder -ressource, die begrenzt ist (z.B. Broadbent, 1958; Deutsch & Deutsch, 1963; Keele, 1973; Norman, 1969; Treisman, 1969; Welford, 1952). Kahneman (1973) bezieht sich in seinem **Single-Ressourcen Modell**, einer Weiterentwicklung der Kapazitätsmodelle, auf eine variable verfügbare, unspezifische Verarbeitungsressource. Diese Verarbeitungsressource wird über eine zentrale Exekutive einer Aufgabe zugewiesen. Ausgehend von diesem Modell ist zu erwarten, dass Übung in einer Aufgabe ohne weiteres zu einem Anstieg der Gesamtleistung in zwei parallel zu bearbeitenden Aufgaben führen kann: Eine geübte Aufgabe wird mit geringerer Ressource perfekt gelöst, so dass die maximale Leistung in einer geübten Aufgabe schnell erreicht wird. Die verfügbare restliche Ressource kann schließlich der anderen Aufgabe zugewiesen werden, wodurch die zu erbringende Gesamtleistung ansteigen kann.

Da zahlreiche empirische Befunde mit diesen Kapazitäts- oder einfachen Ressourcenmodellen nicht vereinbar sind, wird mittlerweile angenommen, dass es verschiedene, spezifische kognitive Ressourcen geben müsse (u.a. Allport, Antonis & Reynolds, 1972; Gopher, Brickner & Navon, 1982; Hirst & Kalmar, 1987; Kantowitz & Knight, 1976; McLeod, 1977; Navon & Gopher, 1979; Wickens, 1976, 1980, 1984; Wickens & Hollands, 2000). Danach wären Interferenzen zwischen Aufgaben umso stärker, je mehr gleichartige, spezifische Ressourcen von zwei Aufgaben geteilt werden müssen. Als diesbezüglich berühmtester Vertreter ist das **Modell multipler Ressourcen** zu nennen, das erstmals 1976 von Wickens vorgestellt bzw. 2000 von Wickens und Hollands erweitert wurde. Dieses Modell postuliert vier kategoriale Dimensionen spezifischer Ressourcen:

- Verarbeitungsstadien (engl.: „stages“): Wahrnehmungs- und zentrale Prozesse vs. Auswahl und Ausführung von Reaktionen
- Wahrnehmungsmodalität (engl.: „modality“): auditorisch vs. visuell
- Verarbeitungscode (engl.: „code“): räumlich vs. verbal
- Visuelle Verarbeitung (engl.: „channel“): foveal vs. peripher

Je deutlicher sich zwei Aufgaben auf diesen Dimensionen spezifischer Ressourcen unterscheiden, desto besser können sie gleichzeitig ausgeführt werden und desto weniger interferieren sie miteinander. Wird z.B. in einer Aufgabe bereits die Reaktion auf die Information vorbereitet und ausgeführt, so sollte dies nicht die Leistung in einer zweiten Aufgabe beeinträchtigen, deren Information gerade enkodiert und zentral verarbeitet wird (Dimension ‚Verarbeitungsstadien‘). Besitzen Informationen aus unterschiedlichen Quellen hingegen die gleiche Modalität (Dimension ‚Wahrnehmungsmodalität‘; z.B. visuelle Haupt- und visuelle Nebenaufgabe), so beanspruchen sie dieselbe Ressource, und es kann zu Interferenzen bei der Verarbeitung der Informationen kommen. Parkes und Coleman (1990) berichten beispielsweise, dass beim Autofahren visuelle Navigationshinweise die Fahrzeugführung stärker beeinträchtigen als akustische Navigationshinweise.

Gemäß dem Modell multipler Ressourcen ist zu erwarten, dass Übung in einer Aufgabe mit einem geringeren kognitiven Ressourcenverbrauch für deren Verarbeitung einhergeht, d.h.

insbesondere die Anforderungen an die einzelnen Verarbeitungsstadien (Wahrnehmungs- und zentrale Prozesse vs. Auswahl und Ausführung von Reaktionen) nehmen ab. Wird eine geübte Aufgabe z.B. gerade enkodiert und zentral verarbeitet, kann mit einem geringeren Zeitabstand eine weitere Aufgabe dieselben Ressourcen beanspruchen, ohne dass es zu Interferenzen kommt. Für eine ungeübte Aufgabe wäre dementsprechend eine längere Verarbeitungszeit zu kalkulieren, sofern Interferenzen vermieden werden sollen (Wickens & McCarley, 2008).

Weiter formulieren Lintern und Wickens (1991), dass der Lernprozess selbst eine Tätigkeit darstellt, die Anforderungen an die Dimension ‚Verarbeitungsstadien‘ stellt, so dass auch der Lernprozess selbst um verfügbare Ressourcen mit anderen Tätigkeiten konkurriert. Zu Beginn des Erlernens komplexer Aufgaben richtet eine Person daher nicht ihre gesamten verfügbaren Ressourcen auf die Bewältigung dieser Aufgabe mit dem Ziel der Leistungsmaximierung, sondern widmet einen Teil der Ressourcen dem Lernprozess selbst. Fisk und Schneider (1984) unterstützen diese Annahme empirisch.

In Anlehnung an das Phasenmodell des Kompetenzerwerbs (Anderson, 1982; Fitts, 1964; Fitts & Posner, 1967; siehe Kap. 2.2.6) postulieren Lintern und Wickens (1991), dass in der kognitiven Phase zu Lernbeginn insbesondere Anforderungen an verbale Ressourcen zu Leistungseinbußen führen: Einzelne Komponenten einer oder mehrerer Handlungen werden bewusst ausgeführt, so dass sie oft von (stillen) verbalen Selbstinstruktionen begleitet sind, was als nächstes zu tun ist. Speziell Aufgaben in Dual-Task Situationen, die verbale Ressourcen beanspruchen, führen daher in der kognitiven Phase zu erheblichen Interferenzen (Nissen & Bullemer, 1987; Noble, Trumbo & Fowler, 1967), wohingegen Aufgaben, die auf nicht-verbale Ressourcen zurückgreifen, nicht interferieren (Briggs, Fitts & Bahrick, 1957; Eysenck & Thompson, 1966).

**Dies bedeutet für eine Analyse des Kompetenzerwerbs für Menüsysteme unter Dual-Task Bedingungen**, dass mit zunehmender Übung die Anforderungen seitens der Menüaufgabe z.B. während der Fahrzeugführung an die kognitiven Ressourcen abnehmen und die Verschränkung von beiden Aufgaben besser gelingt. Es ist zu erwarten, dass insbesondere zu Beginn des Lernprozesses Teile der kognitiven Ressourcen auf den Lernprozess selbst (und nicht auf Menübedienung und Fahrzeugführung) verwandt werden.

### 2.3.5 Visuelle Aufmerksamkeit

In Dual-Task-Situationen muss die Aufmerksamkeit der handelnden Person typischerweise auf die miteinander zu verschränkenden Aufgaben verteilt werden. Dies geschieht für die visuelle Aufmerksamkeit unter der Annahme eines einzelnen visuellen Kanals mit begrenzten Ressourcen, wie im Modell des „Single-Limited-Capacity-Channel“ (Moray, 1967) formuliert, sequenziell, da stets nur ein begrenzter Bereich der Umgebung mit den Augen fixieren werden kann. Es müssen somit Blickabwendungen von der einen Aufgabe zu einer anderen Aufgabe stattfinden. Im günstigsten Fall ergeben sich übungsbedingt systematische Blickmuster (Wierwille, 1993). Für den Kompetenzerwerb für Menüsysteme unter Dual-Task Bedingungen ergibt sich daher die Frage, wie sich das Blickverhalten im Umgang mit der Menüaufgabe (speziell: Blickzuwendungen zum Systemdisplay, sog. Displayblicke) über den Lernverlauf hinweg verhält.

Die Dauer der jeweiligen Blickabwendungen von der Fahrbahn hängt im Fahrzeugkontext von einem vom Fahrer empfundenen Unsicherheitsgefühl ab. Dieses Gefühl entsteht, wenn

längere Zeit keine Blicke auf die Fahrbahn erfolgen, um die aktuelle Position des Fahrzeugs auf der Fahrbahn zu kontrollieren. Es wird übereinstimmend angenommen, dass ein solches Unsicherheitsgefühl relativ konstant ab einer Zeitdauer von 1.6 sek entsteht (Rockwell, 1988; Senders, Kristofferson, Levison, Dietrich & Ward, 1967; Wierwille, Antin, Dingus & Hulse, 1988). Längere Blickabwendungen werden nicht akzeptiert, so dass der Fahrer sich gezwungen sieht, wieder zurück auf die Fahrbahn zu schauen.

Nach Rockwell (1988) kann man sich die Aufteilung der visuellen Aufmerksamkeit im Umgang mit einem Display innerhalb des Fahrzeugs bei der Fahrzeugführung wie folgt vorstellen: Der Fahrer wirft seinen Blick auf das Display, auf dem das Menüsystem dargeboten wird. Erfasst er alle zu einem Zeitpunkt dargebotenen Informationen in weniger als einer Sekunde, kehrt der Blick auf die Fahrbahn zurück. Schafft er dies nicht innerhalb dieses Zeitfensters, verlängert er den Blick, wendet aber aufgrund des o.g. Unsicherheitsgefühls spätestens nach 1.5 sek seinen Blick zurück auf die Fahrbahn. Dabei muss der Fahrer evtl. in Kauf nehmen, dass die Aufgabenbearbeitung im Umgang mit dem Menüsystem noch nicht beendet ist. Es folgt also ein weiterer Blick auf das Display von ca. 1.5 sek Dauer. Dies wird solange wiederholt, bis die Information komplett erfasst bzw. die Aufgabenbearbeitung abgeschlossen ist. Da Menüsysteme zu Übungsbeginn für den Nutzer unbekannt sind, ist insbesondere in frühen Lernstadien eine erhöhte visuelle Belastung durch die Bedienung des Menüsystems zu erwarten.

Die Häufigkeit und Dauer der einzelnen Blickabwendungen sowie die summierte Dauer der Blickabwendungen von der Fahrbahn sind also von den Anforderungen der Nebenaufgabe (hier: Bedienung eines Menüsystems) an die visuelle Aufmerksamkeit des Fahrers abhängig (z.B. Hoffman, Lee, McGehee, Macias & Gellatly, 2005; Horrey, Wickens & Consalus, 2005; Victor, Harbluk & Engström, 2005; Wierwille et al., 1988; Wierwille & Tijerina, 1998; für eine Übersicht siehe Lansdown, 2001). Für die vorliegende Fragestellung wäre dies z.B. die Zahl der auszuwählenden Alternativen auf einer Menüebene (Körner, 2006; Kujala, 2009; Manes & Green, 1997; siehe Kap. 2.3.3) oder die Position der aufzusuchenden Menüfunktion in den jeweiligen Menülisen (Körner, 2006).

Einen alternativen Ansatz zur Beschreibung der Aufteilung der visuellen Aufmerksamkeit zwischen zwei Aufgaben liefern Wickens und McCarley (2008) über das sog. SEEV-Modell: Nach diesem Modell wird die visuelle Aufmerksamkeit einer Person sowohl durch Bottom-Up Prozesse (S = „salience“, dt.: „Augenfälligkeit“; E = „effort“, dt.: „Anstrengung“) als auch durch Top-Down Prozesse (E = „expectancy“, dt.: „Erwartung“; V = „value“, dt.: „Wert“, alle Übers. v. Verf.) gesteuert. Während die erstgenannten Komponenten dieses Modells durch Umweltreize gesteuert werden, sind die letztgenannten Komponenten durch nutzerseitige Eigenschaften bedingt, konkret: das mentale Modell einer Person über die jeweilige Situation. Im Fahrzeugkontext würde demnach die Zuwendung der visuellen Aufmerksamkeit zu einer Sekundäraufgabe (hier: Bedienung eines Menüsystems) insbesondere unter folgenden Bedingungen geschehen: (1) Die Zuwendung zur Sekundäraufgabe muss in einer gegebenen Situation mit geringer Anstrengung möglich sein („effort“), (2) die handelnde Person kann die aktuelle Fahrsituation korrekt erkennen und folgende Situationen vorhersehen („expectancy“) sowie (3) durch die erfolgreiche Bearbeitung der Sekundäraufgabe werden keine sicherheitskritischen Situationen antizipiert („value“). Das SEEV-Modell macht somit Aussagen, ob und wann die visuelle Aufmerksamkeit einer Aufgabe gewidmet wird. Implikationen zur Dauer der einzelnen Blicke hat dieses Modell nicht.

**Dies bedeutet für eine Analyse des Kompetenzerwerbs für Menüsysteme unter Dual-Task Bedingungen**, dass Merkmale des Menüsystems einen erheblichen Einfluss auf die visuelle Aufmerksamkeit der handelnden Person haben können. Es ist zu erwarten, dass insbesondere zu Beginn des Lernprozesses häufige und längere Displayblicke zur Bearbeitung der Menüaufgabe parallel zu einer Primäraufgabe notwendig sind.

### 2.3.6 Fahreralter und Dual-Task Bedingungen

Abschließend soll die Bedeutung des Fahreralters als nutzerseitiges Merkmal für den Kompetenzerwerb für Menüsysteme unter Dual-Task Bedingungen diskutiert werden. Wie bereits in Kap. 2.2.11 dargestellt, liegen bereits zahlreiche Befunde zu Alterseffekten unter Single-Task Bedingungen (d.h. bei Bearbeitung einer einzigen Aufgabe) vor. Einzelne Studien betrachten sogar den Kompetenzerwerb für Menüsysteme unter Single-Task Bedingungen in Abhängigkeit des Nutzeralters (z.B. Mayhorn et al., 2005; Mead et al., 1997, Sterns, 2005).

Auch für Lern- und Gedächtnisleistungen unter Dual-Task Bedingungen sind Alterseffekte zu finden, wobei stärkere Interferenzen für die zu verschränkenden Aufgaben für Ältere im Vergleich zu Jüngeren resultieren (z.B. Crossley & Hiscock, 1992; Salthouse, Rogan & Prill, 1984; Tsang & Shaner, 1998). De Ribaupierre und Ludwig (2003) zeigen in einem Vergleich von neun verschiedenen Aufgaben unter Single-Task und Dual-Task Bedingungen, dass nur in vier Aufgaben Alterseffekte in Dual-Task Bedingungen auftreten. Die ermittelten Alterseffekte sind weder abhängig von der Aufgabenkomplexität noch von der strukturellen Ähnlichkeit, aus denen spezifische Anforderungen an die kognitiven Ressourcen einer Person resultieren (siehe Modell multipler Ressourcen, Kap. 2.3.4). Alterseffekte in Doppelaufgabensituationen werden vielmehr auf altersbedingte Leistungsunterschiede in der Reaktionsauswahl (Allen, Smith, Vires-Collins & Sperry, 1998) bzw. der Reaktionsgenerierung (Hartley, 2001; Hartley & Little, 1999) zurückgeführt. Eine diesbezüglich endgültige Entscheidung steht noch aus. Es gilt lediglich als gesichert, dass nicht die Enkodierphase für diesbezügliche Alterseffekte verantwortlich sind (Diggles-Buckles & Vercruyssen, 1997). Die Fähigkeit zur geteilten Aufmerksamkeit bleibt auch im höheren Alter weitgehend erhalten (Glass, Schumacher, Zurbriggen, Gmeindl, Kieras & Meyer, 2000; Wickens, Braune & Stokes, 1987).

Altersbedingte Leistungseinbußen sind durch hinreichende Übung der Einzelaufgaben kompensierbar (z.B. Kramer et al., 1995; Panek et al., 1977; Tsang & Shaner, 1998), sofern die miteinander zu kombinierenden Aufgaben nicht zu komplex sind (Fisk & Rogers, 1991). Zudem sind Trainings, die den Wechsel zwischen zwei parallel zu bearbeitenden Aufgaben üben, positiv zu bewerten (Kramer et al., 1995). Mehrere Studien belegen, dass 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; Somberg & Salthouse, 1982). Diese Befunde unterstützen die unter Kap. 2.3.3 erwähnten Annahmen zu kognitiven Mechanismen und übungsbedingten Interferenzen.

Auch im Bereich des Autofahrens wird die Bedeutung des Alters diskutiert (für eine Übersicht siehe z.B. Kaiser & Oswald, 2000; Koppel, Charlton & Fildes, 2009; Tränkle, 1994). Schlag (1990) fasst zusammen, dass sich das Fahrverhalten älterer Fahrer im Vergleich zu jüngeren Fahrern insbesondere durch drei Faktoren unterscheidet: (1) Geschwindigkeitsverhalten (geringere mittlere Geschwindigkeit, geringere Beschleunigungen, Akzeptanz größerer Zeitlücken), (2) Reaktionsverhalten (schlechtere bzw. fehlende Reaktionen) und (3) Fahrver-

halten in Kurven (ähnliche mittlere Geschwindigkeit, aber größere Abstände zu vorausfahrenden Fahrzeugen). Lerner (2005) ergänzt, dass ältere Fahrer zudem nicht in demselben Maße bereit sind, sich nicht-fahrtbezogenen Aktivitäten während der Fahrzeugführung zuzuwenden wie jüngere bzw. mittelalte Fahrer. Für mögliche Alterseffekte werden insbesondere physiologische und psychische Faktoren der alternden Person sowie mögliche alterskorrelierte Erkrankungen betrachtet (Kaiser & Oswald, 2000).

Besonders der Aspekt der alterskorrelierten Leistungseinbußen in Situationen mit Anforderungen an die geteilte Aufmerksamkeit einer Person ist an dieser Stelle von Interesse (z.B. Anderson, 2004; Birren & Fisher, 1995; Brouwer, Waterink, van Wolffelaar & Rothengatter, 1991; Ponds, Brouwer & van Wolffelaar, 1988; für eine Übersicht siehe z.B. Davidse, 2005; Gelau, Metker & Tränkle, 1994; Koppel et al., 2009). In einer Zusammenfassung eigener Studien beschreibt Green (2001) beispielsweise, dass das Kartenlesen während der Fahrzeugführung bei älteren Fahrern um bis zu 70% (Realverkehr) bzw. 100% (Fahrsimulation) länger dauert als bei jüngeren Fahrern. Dieser Alterseffekt wird größer mit zunehmender Aufgabenkomplexität. Green (2001) macht keine Aussagen zu möglichen Auswirkungen der Dual-Task Situation auf die Fahrzeugführung.

Dingus et al. (1997) geben an, dass ältere Fahrer größere Probleme beim Umgang mit Informationssystemen während der Fahrt sowohl auf Seiten der Fahrzeugführung als auch in der Systembedienung haben. Die Fahrer kompensieren ihre höhere Beanspruchung durch eine geringere mittlere Geschwindigkeit und eine vorsichtigeren Fahrweise. Tsimhoni, Yoo und Green (1997) zeigen, dass die aus der Doppelaufgabensituation resultierenden Anforderungen jedoch nicht hinreichend kompensiert werden: Ältere Fahrer benötigen nicht nur mehr visuelle Aufmerksamkeit für das Durchfahren eines kurvigen Parcours und brauchen länger zur Bearbeitung einer Nebenaufgabe. Zusätzlich ist die Spurhaltung verschlechtert und es kommt häufiger zu sicherheitskritischen Situationen (erfasst über die Häufigkeit des Verlassens des Spurkanals). Manes und Green (1997) bestätigen diesen Befund. Mourant, Tsai, Al-Shihabi und Jaeger (2000) demonstrieren, dass altersbedingte Leistungseinbußen in Dual-Task Situationen abhängig von der Aufgabenschwierigkeit sind: Sowohl in der Fahrleistung als auch in der Leistung in der Nebenaufgabe schneiden ältere Fahrer umso schlechter ab, je schwieriger die Nebenaufgabe ist. Horberry, Anderson, Regan, Triggs und Brown (2006), Merat, Antilla und Luoma (2005) sowie Schieber, Holtz, Schlorholtz und McCall (2008) unterstützen dies.

Es bleibt zu betonen, dass diese Alterseffekte nicht durch das Lebensalter per se (d.h. durch das kalendarische Alter) verursacht sind (Koppel et al., 2009), sondern vielmehr auf alterskorrelierte Prozesse zurückzuführen sind, wie z.B. die mangelnde Erfahrung im Umgang mit Computern oder Mobiltelefonen (siehe Kap. 2.2.11). Hakamies-Blomqvist, Mynttinen, Backmann und Mikkonen (1999) steuern eine Erklärung für altersbedingte Leistungseinbußen in Dual-Task Bedingungen im Fahrzeugkontext bei: In ihrer Studie benutzen ältere Fahrer in komplexen Fahrsituationen durchschnittlich drei Bedienelemente (z.B. Pedal, Gangschaltung), während jüngere Fahrer vier oder mehr Bedienelemente verwenden. Diese Bedienelemente werden von den älteren Fahrern eher seriell benutzt, während die jüngeren Fahrer diese eher parallel anwenden. Diese eher serielle Verwendung von Bedienelementen kann durch den höheren Zeitaufwand, der für die Bedienung selbst notwendig ist, die Leistungseinbußen in komplexen Situationen erklären. Eine geringere Geschwindigkeit reicht für eine Kompensation nicht aus. Bélanger, Gagnon und Yamin (2010) unterstützen diese Annahme.

Bislang existieren keine Studien, die sich konkret mit Alterseffekten beim Kompetenzerwerb für Sekundäraufgaben (wie z.B. der Bedienung eines Menüsystems) bei der Fahrzeugführung

beschäftigen. In Anlehnung an Befunde für Single-Task Bedingungen (siehe Kap. 2.2.11) soll nachfolgend angenommen werden, dass diese alterskorrelierten Leistungsdefizite in einer Dual-Task Situation durch Übung verringert, wenn nicht sogar eliminiert werden können.

**Dies bedeutet für eine Analyse des Kompetenzerwerbs für Menüsysteme unter Dual-Task Bedingungen**, dass sich insbesondere das Fahreralter als nutzerseitiges Merkmal auf den Kompetenzerwerb auswirkt: Es wird erwartet, dass sich zu Lernbeginn stärkere Leistungsdefizite für ältere Fahrer im Vergleich zu jüngeren Fahrern sowohl in der Menübedienung als auch in der Fahrzeugführung ergeben. Diese altersbedingten Leistungseinbußen nehmen mit zunehmender Übung ab.

## 2.4 Methoden zur Bestimmung des Kompetenzerwerbs

Zwar liegen in der Zwischenzeit verschiedenartige Studien vor, die den Kompetenzerwerb für Menüsysteme unter Single-Task Bedingungen (d.h. an einem Bildschirmarbeitsplatz; siehe Kap. 2.2.5) bzw. unter Dual-Task Bedingungen (d.h. parallel zu einer Primäraufgabe wie der Fahrzeugführung; siehe Kap. 2.3.2) betrachten. Studien dieser Art greifen jedoch regelhaft auf Ergebnisparameter zurück. Hierzu zählen u.a. Bearbeitungsdauern und Fehlerhäufigkeiten sowie -typen am Ende einer Übungsphase oder die Anzahl von Lerndurchgängen bis zum Erreichen eines Lernkriteriums. Für die Mehrheit der Studien zum Kompetenzerwerb für Menüsysteme werden jedoch keine Prozessparameter (z.B. Lernfunktionen) berichtet. Für eine systematische empirische Abbildung des Kompetenzerwerbs für Menüsysteme ist jedoch die Verwendung von Lernfunktionen über mehrere Lerndurchgänge hinweg entscheidend.

Zudem fokussieren solche Studien regelhaft auf die Betrachtung einzelner, ausgewählter Parameter (z.B. ausschließlich Parameter zur Beschreibung der Bediengeschwindigkeit oder -genauigkeit im Umgang mit einem Menüsystem). In der Regel wird eine empirische Untersuchung aber nicht mit einem dieser Parametersätze auskommen. Positiv hervorzuheben ist an dieser Stelle die Studie von Jahn et al. (2004), die zwar verschiedenartige Datenquellen berücksichtigt (z.B. Bedienleistung im Navigationssystem, Blickverhalten, verbal abgefragte Beanspruchung). Es werden jedoch weitgehend globale Bearbeitungszeiten für die Bedienung des Navigationssystems berichtet, nur vereinzelt wird auf Fehler im Umgang mit den Navigationssystemen eingegangen. Parameter zur Beschreibung der Fahrleistung fehlen.

Wie die Darstellungen zum Kompetenzerwerb unter Single-Task Bedingungen (siehe Kap. 2.2) bzw. Dual-Task Bedingungen (siehe Kap. 2.3) gezeigt haben, sind **multimethodale Messansätze** für eine umfassende Darstellung des Kompetenzerwerbs für Menüsysteme jedoch dringend zu fordern. Aus diesem Grund sind verschiedenartige Messmethoden heranzuziehen. Empirische Ansätze, die einen solchen multimethodalen Messansatz zur Abbildung des Kompetenzerwerbs für Menüsysteme und seiner Bedingungen umsetzen (z.B. unter Einbezug von prozessorientierten Leistungsmessungen, Blickverhalten, subjektiver Beanspruchung, psychophysiologische Verfahren), stehen noch aus.

Die Leistung einer Person im Umgang mit Menüsystemen kann nach Norman (1991) zunächst anhand folgender Parameter für die Bediengeschwindigkeit (engl.: „speed“) und Bediengenauigkeit (engl.: „accuracy“) dargestellt werden:

- Parameter der Bediengeschwindigkeit:
  - (a) Lesezeit zur visuellen Verarbeitung der Informationen

- (b) Entscheidungszeit („Welche Alternative soll gewählt werden?“)
- (c) Durchführungszeit zur Bewegung von der aktuellen zur angestrebten Alternative
- (d) Gesamte Bearbeitungszeit als Summe der unter (a) bis (c) genannten Zeiten
- Parameter der Bediengenauigkeit:
  - (a) Wahrscheinlichkeit einer korrekten Entscheidung bei Menüauswahl
  - (b) Wahrscheinlichkeit des Auffindens der angestrebten Alternative bei Menüsuche
  - (c) Wahrscheinlichkeit des korrekten Beendens der Menüsuche

Wie in Kap. 2.2 dargestellt, sind zur Beschreibung des Kompetenzerwerbs in Menüsystemen jedoch weitere Parameter zu berücksichtigen. Diese sind für Single-Task Bedingungen:

- Fehlerentwicklung:
  - (a) Art des Fehlers
  - (b) Häufigkeit des Fehlers
- Probandenurteile:
  - (a) Beanspruchung des Nutzers
  - (b) Beurteilung des Lernstatus
  - (c) Beurteilung des Umgangs mit Menüsystem

Stevens et al. (2002) schlagen einschlägige Parameter zur Bewertung der Fahrsicherheit und Bedienleistung im Umgang mit Fahrerinformationssystemen vor. Soll ein Menüsystem unter solchen Dual-Task Bedingungen erlernt werden (siehe Kap. 2.3), ergeben sich als weitere Parameter zur Beschreibung des Kompetenzerwerbs:

- Leistung in Primäraufgabe
  - (a) Parameter der Längsregulation (z.B. Geschwindigkeits- und Abstandsverhalten)
  - (b) Parameter der Querregulation (z.B. Spurhaltung)
  - (c) Parameter der Fahrsicherheit (z.B. Anzahl Verlassen der Fahrbahn)
- Blickverhalten
  - (a) Mittlere Anzahl Displayblicke
  - (b) Mittlere Dauer und mittlere Variation der Displayblicke

Für eine umfassende Darstellung und Bewertung verschiedener Messansätze im Bereich der Beanspruchungsmessung sei auf einen Übersichtsartikel von O'Donnell und Eggemeier (1986) hingewiesen, die Leistungen in Primär- und Sekundäraufgaben, psychophysiologische Messansätze und subjektive Messungen hinsichtlich sog. Haupt- und Nebengütekriterien von Messungen vergleichen.

Zudem sind Werkzeuge zu erstellen, die den Aufbau und die Struktur der mentalen Repräsentationen bezüglich des Menüsystems erfassen. Für eine Erfassung des begrifflichen Wissens sind z.B. Verfahren zu diskutieren, wie Wahlreaktionsaufgaben, Kartensortierverfahren oder Dominanzpaarvergleiche. Für die Erfassung des räumlichen Wissens der Nutzer über das Menüsystem sind – da bislang keine diesbezüglich einschlägigen Messmethoden vorliegen – ge-

gebenenfalls neue Methoden zu entwickeln, über die das räumliche Wissen der Systemnutzer abgefragt werden kann. Zum Beispiel ist der Einsatz von sog. visuellen Analogskalen, auf denen die Position einzelner Menüinhalte angegeben werden soll, zu prüfen.

**Dies bedeutet für eine Analyse des Kompetenzerwerbs für Menüsysteme**, dass für eine umfassende Darstellung des Kompetenzerwerbs für Menüsysteme sowie diesbezüglicher Auswirkungen möglicher Variationen des Menüsystems ein multimethodaler Messansatz heranzuziehen ist. Für die Darstellung des Kompetenzerwerbs im Umgang mit einem Menüsystem sind schließlich Lernfunktionen zu wählen, die sowohl Lernaufwand als auch Lernverlauf des Kompetenzerwerbs sowie das Lernergebnis nach mehreren Lerndurchgängen darstellen. Für die Darstellung des Kompetenzerwerbs unter Dual-Task Bedingungen sind sowohl die Auswirkungen des Kompetenzerwerbs auf die Bedienleistung im Menüsystem einerseits als auch auf die Leistung in der Primäraufgabe (z.B. Fahrzeugführung) andererseits zu prüfen.

## **3 FRAGESTELLUNGEN UND EMPIRISCHE STUDIEN**

### **3.1 Einleitung**

In Kap. 2 wurde der theoretische Hintergrund für die Untersuchung des Kompetenzerwerbs für menügesteuerte Informationssysteme dargestellt. Es wurde auf psychologische Aspekte von Menüsystemen eingegangen, die für die vorliegende Forschungsfrage von Bedeutung sind. Diese Darstellungen bezogen sich ausschließlich auf Kennzeichen des Kompetenzerwerbs unter Single-Task Bedingungen (d.h. Umgang mit einem Menüsystem an einem Bildschirmarbeitsplatz; siehe Kap. 2.2). Weiterhin wurde betrachtet, welche Besonderheiten sich aus dem Kompetenzerwerb für Menüsysteme unter Dual-Task Bedingungen (d.h. bei paralleler Bearbeitung einer Primäraufgabe, wie z.B. der Fahrzeugführung) ergeben (siehe Kap. 2.3). Abschließend wurden einige methodische Aspekte im Zusammenhang der empirischen Überprüfung des Kompetenzerwerbs für Menüsysteme charakterisiert (siehe Kap. 2.4).

Im Folgenden sollen diese Ausführungen zusammengeführt und auf den vorliegenden Forschungskontext angewendet werden (siehe Kap. 3.2). Für ein vertiefendes Studium der in den Aussagen enthaltenen theoretischen und empirischen Hintergründe sind in Klammern die jeweiligen Kapitelnummern angegeben. Ausgehend von diesen Darstellungen werden in Kap. 3.3 die zentralen Fragestellungen dieser Arbeit in Postulatform beschrieben. Die dermaßen abgeleiteten Postulate sollen inhaltliche Grundlage für die nachfolgenden empirischen Studien sein (Hauptstudien: siehe Kap. 4 bis 9, Explorationsstudien: siehe Kap. 10).

### **3.2 Synopsis**

#### **3.2.1 Kompetenzerwerb für Menüsysteme unter Single-Task Bedingungen**

Ausgangspunkt zur Beschreibung des Kompetenzerwerbs in einem Menüsystem ist das sog. Potenzgesetz der Übung: Nach diesem Gesetz fallen Lernzuwächse zu Übungsbeginn sehr stark aus und nehmen mit zunehmender Übung ab (siehe Kap. 2.2.5). Die zu Lernbeginn starken Leistungszuwächse sind v.a. darauf zurückzuführen, dass mit zunehmender Übung die Bedeutung kognitiver Anteile an der Bedienleistung abnimmt (siehe Kap. 2.2.6). Es sind im Umgang mit einem Menüsystem somit antizipative Aspekte der Handlungsvorbereitung und -initiierung von exekutiven Aspekten der Handlungsdurchführung und -kontrolle abzugrenzen. Diese Aspekte beeinflussen die Menübedienung in Abhängigkeit des Lernstatus. Die den Bedienhandlungen zugrundeliegenden kognitiven Prozesse verlaufen in weiten Teilen sukzessiv, so dass sich die Dauern der Einzelprozesse (vereinfacht gesehen) additiv auf globale Parameter der Bedienleistung auswirken (siehe Kap. 2.2.2).

Die Analyse der Art und Häufigkeit von Fehlern im Umgang mit einem Menüsystem gibt Hinweise auf die zugrundeliegenden kognitiven Prozesse bei der Menübedienung (z.B. Planungsfehler zu Übungsbeginn, Ausführungsfehler nach hinreichender Übung; siehe Kap. 2.2.3). Das Üben der Menübedienung führt demnach nicht zu einer generellen Abnahme der Fehlerhäufigkeit, so dass durch hinreichende Übung eine fehlerfreie Menübedienung bedingt würde. Es wird erwartet, dass in Abhängigkeit vom Lernstatus die Bedeutung der Bediengeschwindigkeit bzw. -genauigkeit für die Gesamtleistung im Umgang mit dem Menüsystem variiert: Während in frühen Lernstadien die Menübedienung insbesondere durch die Bedien-

genauigkeit bestimmt wird, ist hierfür in späteren Lernstadien die Bediengeschwindigkeit verstärkt von Bedeutung (siehe Kap. 2.2.4).

Für die verschiedenen Lernstadien im Umgang mit einem Menüsystem wird angenommen, dass jeweils typische Lerninhalte (z.B. Verstehen der sprachlichen Begriffe, Erlernen von räumlichen Positionen, Erwerb motorischer Sequenzen) von den Nutzern erworben werden (siehe Kap. 2.2.6). Hieraus resultieren zwei grundlegende Annahmen

- (1) Das Potenzgesetz der Übung charakterisiert den Kompetenzerwerb für Menüsysteme lediglich summativ (siehe Kap. 2.2.5): Die entsprechende Potenzfunktion könnte aus der Kombination der Einzelfunktionen für die genannten Lerninhalte resultieren. Dies spräche gegen die durchgängige Gültigkeit des Potenzgesetzes.
- (2) Die nicht-optimale Ausgestaltung von Menüsystemen bzw. deren Bedienung geht v.a. zu Lernbeginn mit einem erhöhten Lernaufwand einher (siehe Kap. 2.2.8 und 2.2.10).

Der Kompetenzerwerb für Menüsysteme wird schließlich durch nutzerseitige Merkmale beeinflusst: Insbesondere die kognitive Leistungsfähigkeit, der kognitive Stil und das bereichsspezifische Vorwissen sind hier von Bedeutung. Nutzermerkmale wirken sich dabei vor allem zu Beginn des Systemkontakts auf die Bedienleistung aus. Es ist zu beachten, dass möglicherweise aufzufindende Alters- und Geschlechtseffekte durch eine Konfundierung mit anderen Variablen (z.B. Vorwissen, Einstellungen) bedingt sein können (siehe Kap. 2.2.11).

### 3.2.2 Mentale Repräsentationen von Menüsystemen

Die unter 3.2.1 formulierten Aussagen implizieren, dass für den Umgang mit Menüsystemen eine triale Kodierung von Informationen angenommen wird: Es kommt durch den Umgang mit dem Menüsystem zur Bildung begrifflicher, räumlicher und motorischer Repräsentationen (siehe Kap. 2.2.7). Daher kann der Kompetenzerwerb als multikodierter Prozess verstanden werden. Abbildung 3-1 veranschaulicht dies schematisch.

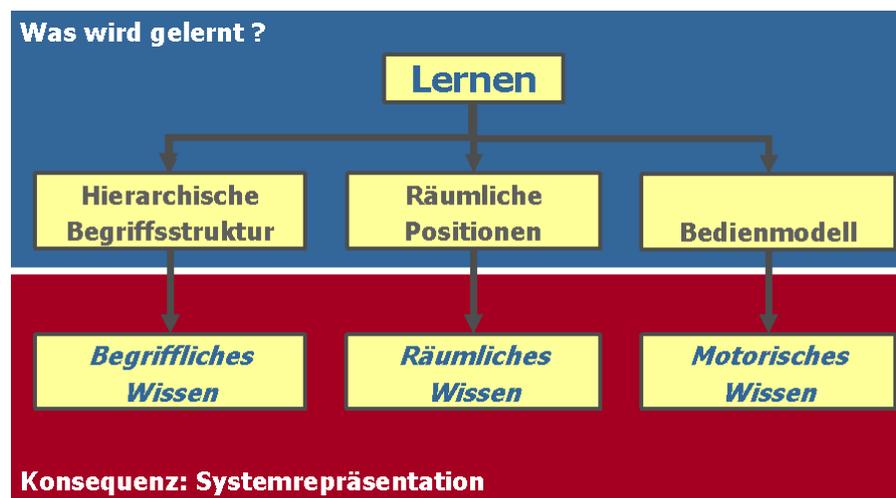


Abbildung 3-1: Schematische Darstellung des Kompetenzerwerbs für Informationssysteme als multikodierter Prozess. Für eine Beschreibung siehe Text.

Diese mentalen Repräsentationen beeinflussen wiederum auch die Menübedienung. Daraus ist abzuleiten, dass sich sowohl Lernaufwand als auch Lernerfolg im Umgang mit einem Menüsystem über jeden der genannten Aspekte ergeben: Sowohl die begriffliche Struktur eines Menüsystems als auch dessen räumliche und motorische Aspekte beeinflussen den Kompe-

tenzerwerb und sind für mögliche Probleme im Umgang mit einem Menüsystem mitverantwortlich (siehe Kap. 2.2.8 bis 2.2.10). Zusätzlich geht die Förderung einer Mehrfachkodierung des Systems mit einer höheren Lernleistung einher.

Die mentalen Repräsentationen werden bevorzugt in bestimmten Lernstadien erworben (siehe Kap. 2.2.6):

- (1) Inhalte der begrifflichen Repräsentation werden insbesondere zu Übungsbeginn vom Nutzer erkannt und angeeignet.
- (2) Eine räumliche Repräsentation wird erst mit zunehmender Übung im Umgang mit einem Menüsystem konstruiert.
- (3) Eine motorische Repräsentation wird schließlich erst nach umfangreicher Übung im Umgang mit einem Menüsystem erworben.

Zunächst sind die sprachliche Formulierung von Menüinhalten sowie deren sprachliche Struktur (d.h. Reihenfolge und Gruppierung von Alternativen) für den Lernerfolg im Umgang mit einem Menüsystem entscheidend. Durch die Bedienung eines Menüsystems wird eine begriffliche Repräsentation aufgebaut, in der das entsprechende sprachliche Wissen in einer hierarchischen Struktur abgebildet wird (siehe Kap. 2.2.8). Im Umgang mit einem Menüsystem werden an den Systemnutzer zwei Anforderungen gestellt: (1) **Erkennen der Inhaltsstruktur** und (2) **Erlernen der Unterbegriffs-Overbegriffs-Relationen**. Demnach ist zum einen darauf zu achten, dass der Nutzer realisieren kann, welche Inhalte das Menüsystem umfasst (z.B. „Kommunikation“, „Bordcomputer“, „Klimaanlage“; siehe unter (1)). Zum anderen werden vom Nutzer spezifische hierarchische begriffliche Zuordnungen von Unterbegriffen zu Begriffen in übergeordneten Menüebenen erlernt (z.B. „Kommunikation“ – „Anrufen“ – „Adressbuch“; siehe unter (2)). Erst durch das Zusammenspiel dieser beiden Prozesse wird eine adäquate begriffliche Repräsentation eines Menüsystems erworben.

Zusätzlich werden **Informationen über Positionen von Alternativen** im Menü in Form hierarchischer Strukturen repräsentiert (z.B. „Das Telefon ist im oberen Bereich des Informationssystems zu finden“; siehe Kap. 2.2.9). Diese räumlichen Informationen werden bei der Menübedienung genutzt und erleichtern mit zunehmender Erfahrung den Umgang mit dem Menüsystem. Aus diesem Grund ist eine räumlich konsistente Menüstruktur zu verwenden bzw. eine diesbezüglich adaptive Ausgestaltung von Menüsystemen geht mit Leistungseinbußen einher. Für den Aufbau einer räumlichen Repräsentation muss der Lerngegenstand nicht in seiner Gesamtheit gesehen werden (z.B. in Form von Entscheidungsbäumen oder Listen). Die räumlichen Fähigkeiten einer Person sind sowohl für den Aufbau einer räumlichen Repräsentation als auch für die Bedienleistung im Umgang mit einem Menüsystem entscheidend (siehe Kap. 2.2.9 und 2.2.11).

Ferner ist die Ausgestaltung des Bedienmodells und die Kompatibilität von Nutzerverhalten und Reaktion im Menü von Bedeutung (siehe Kap. 2.2.10). So müssen die Nutzer zunächst lernen, welche **unmittelbare Konsequenz die eigene Handlung im Menüsystem** hat (z.B. „Bedienelement nach oben drücken“ bedeutet, in der dargestellten Menüliste nach oben in Richtung Listenanfang zu gehen). Zudem sind langfristige Wirkungen einer solchen Kompatibilität auf räumliche und motorische Repräsentationen zu beachten, als dass eine **sensumotorische Optimierung des Umgangs mit dem Bedienelement 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“) erfolgt.

### 3.2.3 Kompetenzerwerb für Menüsysteme unter Dual-Task Bedingungen

Beim Kompetenzerwerb für Menüsysteme unter Dual-Task Bedingungen (d.h. bei simultaner Erledigung einer Primäraufgabe, wie z.B. der Fahrzeugführung) sind insbesondere zu Übungsbeginn Interferenzen zwischen den parallel zu bearbeitenden Aufgaben zu erwarten. Diese nehmen mit zunehmender Übung im Umgang mit einer Menüaufgabe parallel zu einer Primäraufgabe ab (siehe Kap. 2.3.2): Es werden übungsbedingt weniger Anforderungen seitens der Menüaufgabe in der Dual-Task Situation an die kognitiven Ressourcen (siehe Kap. 2.3.4) und visuelle Aufmerksamkeit einer Person (siehe Kap. 2.3.5) gestellt. Es wird erwartet, dass Vorerfahrungen im Umgang mit Menüsystemen unter Single-Task Bedingungen einen positiven Einfluss auf die Leistung unter Dual-Task Bedingungen (auf Seiten der Systembedienung und der Fahrzeugführung) haben und somit zu einer Verringerung der Interferenzen beitragen können (siehe Kap. 2.3.3). Gegebenenfalls werden im Rahmen des Kompetenzerwerbs unter Dual-Task Bedingungen sogar Fertigkeiten zum effizienten Aufgabenwechsel erworben, die über Merkmale des Menüsystems (z.B. Menüstruktur, Bedienmodell) unterstützt werden können (siehe Kap. 2.3.3). Es wird angenommen, dass das Fahreralter einen moderierenden Einfluss auf diese Prozesse hat: Insbesondere zu Übungsbeginn treten bei älteren Fahrern stärkere Interferenzen zwischen Menübedienung und Fahrzeugführung auf als bei jüngeren Fahrern (siehe Kap. 2.3.6).

Bislang fehlen empirische Befunde, inwiefern die unter Single-Task Bedingungen gezeigten Befunde zum Kompetenzerwerb im Umgang mit Menüsystemen auch unter Dual-Task Bedingungen gelten. Beispielhaft sei an dieser Stelle eine vergleichende Analyse des Aufbaus und der Struktur mentaler Repräsentationen des Menüsystems sowie eine Betrachtung der Konsequenzen von Systemvariationen des Menüsystems und von Nutzermerkmalen auf den Kompetenzerwerb genannt. Entsprechende Studien stehen noch aus.

### 3.2.4 Methoden zur Bestimmung des Kompetenzerwerbs

Für eine umfassende Darstellung des Kompetenzerwerbs für Menüsysteme und seiner Wirkungen auf die Fahrsicherheit ist ein multimethodales Vorgehen zu fordern (siehe Kap. 2.4): Neben Parametern zur Beschreibung der Bedienleistung im Umgang mit einem solchen Menüsystem (Bediengeschwindigkeit und -genauigkeit) sind Fehleranalysen (Art und Häufigkeit) sowie Probandenurteile zu erheben. Speziell in Dual-Task Bedingungen (hier: parallele Bedienung eines Menüsystems während der Fahrt) sind zusätzlich Parameter zur Beschreibung der Fahrzeugführung (Längs- und Querregulation sowie Fahrerreaktion) und des Blickverhaltens (z.B. Anzahl und Dauern von Displayblicken) aufzuzeichnen. Zudem sind Werkzeuge zu erstellen, die den Aufbau und die Struktur der mentalen Repräsentationen über ein Menüsystem erfassen (z.B. Wahlreaktionsaufgaben, Kartensortierverfahren und Dominanzpaarvergleiche für begriffliche Repräsentation; Visuelle Analogskala für räumliche Repräsentation). Über diese verschiedenartigen Messansätze soll sichergestellt werden, dass der Kompetenzerwerb für Menüsysteme adäquat und umfassend beschrieben wird sowie Auswirkungen möglicher Variationen des Menüsystems abgebildet werden. Hierdurch werden Aussagen möglich, inwiefern

- (1) Eigenschaften eines Menüsystems sich auf den Kompetenzerwerb auswirken und
- (2) Nutzermerkmale den Kompetenzerwerb in einem Menüsystem beeinflussen.

Zu diesem Zweck ist die Verwendung von Lernfunktionen zu fordern, die sowohl Lernaufwand als auch Lernverlauf des Kompetenzerwerbs sowie das Lernergebnis nach mehreren

Lerndurchgängen darstellen. Eine alleinige Darstellung von Ergebnisparametern (z.B. nach einer Übungsphase), wie es gehäuft in empirischen Studien umgesetzt wird, reicht an dieser Stelle nicht aus (siehe Kap. 2.4).

### **3.3 Fragestellungen der empirischen Studien**

Wie in Kap. 3.2 zusammenführend dargestellt wird, ergeben sich inhaltliche und methodische Schwerpunkte, die Grundlage für die nachfolgenden Studien zum Kompetenzerwerb für Menüsysteme sind (siehe Kap. 4 bis 10). Diese Fragestellungen lauten in Postulatform:

#### **Abbildung des Kompetenzerwerbs in menügesteuerten Informationssystemen**

- (1) Der Kompetenzerwerb für Menüsysteme folgt einem Potenzgesetz: Während zu Übungsbeginn mit einem starken Lerngewinn zu rechnen ist, wird dieser Lernzuwachs mit zunehmender Übung immer geringer.
- (2) Übung führt nicht zu einer generellen Abnahme der Häufigkeit von Fehlern im Umgang mit Informationssystemen. In Abhängigkeit des Lernstadiums sind unterschiedliche Fehlertypen zu erwarten.
- (3) Zu Beginn des Kompetenzerwerbs spielt die Bediengenaugkeit eine zentrale Rolle, mit zunehmender Übung die Bediengeschwindigkeit.
- (4) Zu Beginn des Kompetenzerwerbs sind kognitive Anteile bei der Menübedienung bedeutsam, mit zunehmender Übung exekutive Anteile der Bedienhandlung.

#### **Analyse der Bedeutung mentaler Repräsentationen für den Kompetenzerwerb**

- (5) Im Umgang mit einem Menüsystem werden begriffliche, räumliche und motorische Repräsentationen erworben.
- (6) Zu Beginn des Kompetenzerwerbs sind allgemeine Merkmale des Menüsystems bedeutsam (z.B. Art der Menüdarstellung, Gestaltung des Bedienelements, Verwendung sprachlicher Begriffe und Prinzip der Menüauswahl).
- (7) Mit zunehmender Übung sind die begriffliche Organisation und Gruppierung der Alternativen zu Kategorien innerhalb des Menüs sowie räumliche Positionen der Alternativen im Menü wichtig.
- (8) Umfangreiche Übung führt zum Erwerb (teil-)automatisierter motorischer Sequenzen.
- (9) Mentale Repräsentationen haben handlungssteuernde Funktion: Adäquate Repräsentationen führen zu höheren Leistungen bzw. inadäquate Repräsentationen zu geringeren Leistungen im Umgang mit Menüsystemen.

#### **Einfluss von Nutzermerkmalen auf den Kompetenzerwerb**

- (10) Nutzermerkmale (z.B. Vorwissen, kognitive Leistungsfähigkeit, kognitiver Stil und Nutzeralter) wirken sich vor allem zu Beginn des Systemkontakts aus. Mit zunehmender Übung werden Nutzermerkmale weniger bedeutsam.

#### **Auswirkungen ausgewählter Systemvariationen auf den Kompetenzerwerb**

- (11) Die Variation von Systemmerkmalen hat insbesondere in frühen Lernstadien einen Einfluss auf den Kompetenzerwerb.

**Abbildung des Kompetenzerwerbs für menügesteuerte Informationssysteme unter Dual-Task Bedingungen und der Auswirkungen auf Fahrsicherheit**

- (12) Die Fahrzeugführung und der parallele Umgang mit einem Menüsystem interferieren vor allem zu Beginn des Systemkontakts. Mit zunehmender Übung nehmen Interferenzen zwischen den Aufgaben ab.
- (13) Interferenzen können über eine verbesserte Leistung in jeder der Einzelaufgaben verringert werden (z.B. vorheriges Training im Umgang mit einem Menüsystem).
- (14) Eine effiziente Zeit- und Aufmerksamkeitsaufteilung zwischen Fahrzeugführung und Menübedienung kann u.a. über Merkmale des Informationssystems moderiert werden (z.B. Menüstruktur, Bedienmodell).

**Entwicklung und Bewertung von Methoden zur Bestimmung des Kompetenzerwerbs und seiner Wirkungen auf Fahrsicherheit**

- (15) Eine umfassende Vorhersage und Abbildung des Kompetenzerwerbs für menügesteuerte Informationssysteme ist nur über den Einsatz verschiedenartiger Messmethoden möglich.

**3.4 Übersicht über empirische Studien**

Zur empirischen Überprüfung der unter Kap. 3.3 gelisteten Fragestellungen werden in der vorliegenden Arbeit prototypische Menüsysteme – zum Teil hypothetische Systeme, zum Teil fahrkontextnahe Systeme – konstruiert. Insgesamt werden sechs Hauptstudien (siehe Kap. 4 bis 9) plus fünf sog. Explorationsstudien (siehe Kap. 10) durchgeführt. In drei dieser Hauptstudien werden hypothetische Menüsysteme eingesetzt, drei Hauptstudien greifen auf fahrkontextnahe Menüsysteme zurück. So wird es möglich, das Bedienverhalten der lernenden

*Tabelle 3-1: Übersicht über Hauptstudien (in Klammern: Kapitelnummern der Studien).*

Inhaltliche und methodische Schwerpunkte	Raumschiff-System I (4)	Raumschiff-System II (5)	System sinnloser Silben (6)	Menüstruktur (7)	Bedienmodell (8)	Alter und Vorwissen (9)	Explorationsstudien (10)
Abbildung des Kompetenzerwerbs in einem Menüsystem	X	X	X				X
Analyse der Bedeutung begrifflicher Repräsentationen für den Kompetenzerwerb	X	X	X	X			
Analyse der Bedeutung räumlicher Repräsentationen für den Kompetenzerwerb	X		X	X			
Analyse der Bedeutung motorischer Repräsentationen für den Kompetenzerwerb	X				X		
Einfluss von Nutzermerkmalen auf den Kompetenzerwerb	X					X	
Auswirkungen von Systemvariationen auf den Kompetenzerwerb				X	X		
Abbildung des Kompetenzerwerbs in einem Menüsystem unter Dual-Task Bedingungen				X	X	X	
Methoden zur Bestimmung des Kompetenzerwerbs und seiner Wirkungen auf Fahrsicherheit	X	X	X	X	X	X	X

Person (z.B. Bedienzeiten, Bedienfehler, Pausenzeiten) vollständig erfassen und bewerten zu können. Tabelle 3-1 gibt einen Überblick über die durchgeführten Studien mit einer Zuordnung, welche Schwerpunkte durch die jeweilige Studie adressiert werden.

Mittels hypothetischer Menüsysteme wird z.B. der Kompetenzerwerb in einem sich weitgehend selbsterklärenden System eines Raumschiffs untersucht. Vorteil eines solchen Raumschiff-Systems ist, dass lernrelevante Faktoren des Menüsystems unter Konstanthaltung weiterer Systemvariablen (z.B. Systembreite und -tiefe) experimentell variiert werden können. Als Rahmenszenario werden sog. Raumschiff-Missionen entwickelt, in denen der Proband als Raumschiff-Kapitän in einem Menüsystem navigieren soll. Es werden für ein solches Raumschiff-System zwei Hauptstudien unter Single-Task Bedingungen konzipiert. Als sog. Basissystem wird zusätzlich ein sog. System sinnloser Silben (d.h. ein Menüsystem ohne bedeutungshaltige Informationen) eingeführt, das unter Single-Task Bedingungen bedient wird. Hierdurch soll es u.a. möglich werden, Lernprozesse abschätzen zu können, die sich aus sprachlichen Merkmalen eines Informationssystems ergeben. Tabelle 3-2 listet in einer Übersicht die jeweiligen inhaltlichen Fragestellungen der empirischen Studien.

Tabelle 3-2: Übersicht über Studien mit hypothetischen Informationssystemen.

Studientitel	Inhaltliche Fragestellungen
„Raumschiff-System I“ (Kap. 4)	<p><b>Abbildung Kompetenzerwerb:</b> Definition von Parametern zur Bediengeschwindigkeit und -genauigkeit, Darstellung von Lernkurven, Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit und Genauigkeit in Abhängigkeit des Lernstatus, Fehlerentwicklung und Zusammenhang mit Lernstatus, Beurteilung des Lernstatus durch Probanden</p> <p><b>Begriffliche Repräsentation:</b> Inhaltsstruktur und Eindeutigkeit von Unterbegriffs-Oberbegriffs-Relationen</p> <p><b>Räumliche Repräsentation:</b> Aufbau und Bedeutung für Umgang mit Menüsystem</p> <p><b>Motorische Repräsentation:</b> Erlernen des Bedienmodells</p> <p><b>Bedeutung Nutzermerkmale:</b> kognitive Leistungsgeschwindigkeit, Motivation, bereichsspezifisches Vorwissen</p>
„Raumschiff-System II“ (Kap. 5)	<p><b>Abbildung Kompetenzerwerb:</b> Replikation Studie „Raumschiff-System I“, Stabilität des Lernens</p> <p><b>Begriffliche Repräsentation:</b> Einfluss einer Passung von Vor- und Systemwissen</p>
„System sinnloser Silben“ (Kap. 6)	<p><b>Abbildung Kompetenzerwerb:</b> Lernverlauf in sinnfreiem Menüsystem</p> <p><b>Begriffliche Repräsentation:</b> Erkennen der Inhaltsstruktur, Erlernen von begrifflichen Hierarchien</p> <p><b>Räumliche Repräsentation:</b> Aufbau, interindividuelle Unterschiede und Bedeutung für Umgang mit Menüsystem</p>

In drei weiteren Hauptstudien werden der Kompetenzerwerb in fahrkontextnahen Menüsystemen und die Auswirkungen des Kompetenzerwerbs auf die Fahrsicherheit untersucht. Hierzu werden marktübliche Fahrerinformationssysteme analysiert und prototypische, fahrkontextnahe Menüsysteme für Fahrzeuge abgeleitet. Es ergeben sich Menüsysteme, die sowohl unter Single-Task Bedingungen (z.B. an einem Bildschirmarbeitsplatz, im stehenden Fahrzeug) als auch unter Dual-Task Bedingungen (z.B. während einer Trackingaufgabe, während der Fahrt) empirisch überprüft werden. Zwei dieser Hauptstudien werden in einer Fahrsimulation ohne Bewegungssystem mit einer Trackingaufgabe als Primäraufgabe durchgeführt (Stu-

die „Menüstruktur“ und „Bedienmodell“). Die Studie „Alter und Vorwissen“ findet in der Fahrsimulation mit Bewegungssystem des Würzburger Instituts für Verkehrswissenschaften (WIVW GmbH), in der als Primäraufgabe ein Landstraßen-Parcours durchfahren werden soll, statt. Tabelle 3-3 gibt eine Übersicht über die inhaltlichen Fragestellungen der jeweiligen Studien.

*Tabelle 3-3: Übersicht über Studien mit fahrkontextnahen Informationssystemen.*

<i>Studientitel</i>	<i>Inhaltliche Fragestellungen</i>
„Menüstruktur“ (Kap. 7)	<b>Auswirkungen Systemvarianten:</b> Menüstruktur <b>Begriffliche Repräsentation:</b> Aufbau und Struktur <b>Räumliche Repräsentation:</b> Aufbau und Struktur Vergleich Single-Task – Dual-Task
„Bedienmodell“ (Kap. 8)	<b>Auswirkungen Systemvarianten:</b> Menübedienung und -darstellung <b>Motorische Repräsentation:</b> Bedeutung für Umgang mit Menüsystem Vergleich Single-Task – Dual-Task
„Alter und Vorwissen“ (Kap. 9)	<b>Bedeutung Nutzermerkmale:</b> Alter und bereichsspezifisches Vorwissen Vergleich Single-Task – Dual-Task

In Kap. 10 werden abschließend fünf sog. Explorationsstudien dargestellt, die sich durchwegs mit einer Analyse der zeitlichen Struktur von Bedienhandlungen in einem Menüsystem in Abhängigkeit des Kompetenzerwerbs beschäftigen. Die inhaltlichen Schwerpunkte der Explorationsstudien sind:

- Explorationsstudie I: „Zeitliche Struktur der Bedienschritte“
- Explorationsstudie II: „Motorischer Aufwand bei Bedienhandlungen“
- Explorationsstudie III: „Lese- und Vorbereitungszeiten“
- Explorationsstudie IV: „Kognitiver Aufwand und Instruktionszeit“
- Explorationsstudie V : „Zeitliche Strukturen und Nutzeralter“

Da diese Studien einen explorativen und somit stärker hypothesengenerierenden Charakter haben, sind die Explorationsstudien nicht so umfassend dargestellt wie die vorher genannten Hauptstudien in Kap. 4 bis 9.

## 4 STUDIE I: RAUMSCHIFF-SYSTEM I

### 4.1 Zielsetzung der Studie

In der Studie „Raumschiff-System I“ wird der Umgang mit einem hypothetischen Menüsystem unter Single-Task Bedingungen (d.h. an einem Bildschirmarbeitsplatz) untersucht. Diese Studie verfolgt drei inhaltliche Ziele:

- (1) Abbildung des Kompetenzerwerbs in einem Menüsystem
- (2) Abschätzung der Bedeutung begrifflicher, räumlicher und motorischer Repräsentationen für den Kompetenzerwerb
- (3) Einfluss von Nutzermerkmalen auf den Kompetenzerwerb

Voraussetzung für das unter (1) genannte Ziel ist die Definition von adäquaten Parametern, die den Kompetenzerwerb im Umgang mit einem Menüsystem abbilden (siehe Kap. 2.4):

- Auf Seiten der Bediengeschwindigkeit werden Parameter herangezogen, die die Zeitdauer des Umgangs mit dem Menüsystem und die benötigte Dauer, um das Bedienelement zu betätigen, darstellen.
- Auf Seiten der Bediengenauigkeit werden verschiedene Fehlertypen spezifiziert, die im Umgang mit einem Menüsystem möglich sind (z.B. Orientierungsfehler, Bedienfehler, Flüchtigkeitsfehler).

Erst die Auswahl und Erhebung verschiedenartiger Leistungsparameter ermöglicht eine angemessene Abbildung des Lernprozesses im Umgang mit einem Menüsystem. In diesem Zusammenhang sind Fragen bezüglich des Aussehens einer Lernkurve, Einflüsse von Nutzermerkmalen, Zusammenhänge zwischen Geschwindigkeit und Genauigkeit der Menübedienung sowie Häufigkeiten von Fehlertypen in Abhängigkeit des Lernstatus zu diskutieren. Ausgangspunkt der Arbeiten ist das sog. Potenzgesetz der Übung (siehe Kap. 2.2.5). Zusätzlich wird geprüft, wie sich Lernstatus und Lernfortschritte im Umgang mit dem Menüsystem auf das Erleben der Systemnutzer auswirken. Daher werden regelmäßig Befragungen der Nutzer durchgeführt.

Um die unter (2) genannte Bedeutung mentaler Repräsentationen für den Kompetenzerwerb abzuschätzen, werden für die Menübedienung relevante begriffliche, räumliche und motorische Repräsentationen berücksichtigt. Im ersten Schritt wird geprüft, inwiefern die sog. Inhaltsstruktur und begriffliche Eindeutigkeit von Unterbegriffs-Overbegriffs-Relationen für den Kompetenzerwerb von Bedeutung sind (begriffliche Repräsentation; siehe Kap. 2.2.8). Zudem wird betrachtet, ob bzw. wie vom Nutzer eine räumliche Repräsentation des Menüsystems konstruiert wird (siehe Kap. 2.2.9). Dass sich eine solche räumliche Repräsentation auch auf die Menübedienung auswirkt, soll aufgezeigt werden, indem in späteren Übungsstadien räumliche Positionen innerhalb des Menüsystems (unter Konstanthaltung begrifflicher Beziehungen der Menüalternativen) variiert werden. Schließlich werden Konsequenzen der Art des Bedienmodells auf den Kompetenzerwerb aufgezeigt (motorische Repräsentation; siehe Kap. 2.2.10).

Diese Fragen werden anhand eines weitgehend selbsterklärenden, begrifflich eindeutigen Menüsystems untersucht. Um lernrelevante Faktoren des Menüsystems unter Konstanthaltung

weiterer Systemvariablen (z.B. Systembreite und -tiefe) experimentell variieren und das Verhalten der lernenden Person vollständig erfassen zu können, wird ein hypothetisches Menüsystem gestaltet. Als Rahmenszenario werden sog. Raumschiff-Missionen entwickelt, in denen der Proband als Raumschiff-Kapitän in einem Menüsystem navigieren soll.

## 4.2 Methodisches Vorgehen

### 4.2.1 Menüsystem

Das Menüsystem bestand aus drei Menüebenen, die sich jeweils aus bis zu acht Menübereichen zusammensetzten. Auf der ersten Ebene befanden sich acht Menübereiche: (1) „Kommunikation“, (2) „bemannte Schiffe“, (3) „unbemannte Schiffe“, (4) „Energie“, (5) „Abwehrsystem“, (6) „Antrieb“, (7) „bewohnte Decks“ und (8) „unbewohnte Decks“. Jeder dieser Bereiche gliederte sich in Unterbereiche auf Ebene 2 und 3 auf. Unterbegriffe des Menübereichs „Kommunikation“ waren auf Ebene 2 z.B. „Videosignal“, „Akustisches Signal“ und „Schriftliches Signal“. Diese Unterbegriffe auf Ebene 2 gliederten sich wiederum jeweils in folgende Unterbegriffe auf Ebene 3 auf: „Direkter Kontakt“, „Botschaft senden“ und „Botschaft überprüfen“. Insgesamt enthielt das System 122 ansteuerbare Menüfunktionen auf Ebene 3. Die Navigation innerhalb des Systems erfolgte über einen Joystick, die Auswahl einer Menüfunktion auf der dritten Menüebene über eine Auswahl-Taste (siehe Abbildung 4-1). Das Menüsystem lief über einen PC, der das System berechnete und Informationen zur aktuellen Position im Menü sowie zur Art und Geschwindigkeit der Bedienhandlung mit einer Frequenz von 100 Hz aufzeichnete.



Abbildung 4-1: Screenshot des Menüsystems (links) und Arbeitsplatz des Probanden (rechts).

Vor Mission 6 (siehe Kap. 4.2.2) wurden die räumlichen Positionen der Systeminhalte unter Beibehaltung der Unterbegriffs-Oberbegriffs-Relationen innerhalb des jeweiligen Menübereichs variiert. Dies geschah entsprechend der Häufigkeit des bisherigen Ansteuerens der jeweiligen Menüfunktion (d.h. zuvor häufig angesteuerte Menüfunktionen wurden jeweils an den Anfang des jeweiligen Menübereichs gestellt, selten angesteuerte Menüfunktionen entsprechend ans Ende). Hierdurch sollte die Bedeutung der räumlichen Repräsentation für die Menübedienung untersucht werden: Würde eine solche 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 Bedienleistung ergeben.

Um die Eindeutigkeit der begrifflichen Hierarchien im untersuchten Menüsystem zu bestimmen, wurde eine Vorstudie mit  $N = 13$  Probanden (12 weiblich, 1 männlich, 20 bis 24 Jahre) durchgeführt. In einer einfachen Wahlreaktionsaufgabe (für das konkrete Vorgehen siehe Kap. 4.2.5) sollten die Probanden für Unterbegriffe der zweiten und dritten Menüebene möglichst schnell und präzise mögliche Oberbegriffe (d.h. Inhalte der ersten Menüebene) auswählen. Die Probanden der Vorstudie hatten keinen weiteren Kontakt mit dem untersuchten Menüsystem. Es wurde definiert, dass ein Begriff dann als hinsichtlich seiner begrifflichen Hierarchisierung „eindeutig“ bezeichnet wird, sofern mindestens 90% der Probanden der Vorstudie diesen Begriff dem korrekten Oberbegriff zuwiesen.

In diesem Sinne wurden 79% der Begriffe der zweiten und dritten Menüebene „eindeutig“ den entsprechenden Oberbegriffen zugeordnet. 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. Das untersuchte Menüsystem kann demzufolge als hinsichtlich der begrifflichen Hierarchien weitgehend eindeutig bezeichnet werden.

#### 4.2.2 Bedienungsaufgabe

Die Probanden sollten sich vorstellen, Kapitän eines Raumschiffs zu sein, der in sog. Missionen ein Menüsystem bedient. Ihre Aufgabe bestand darin, eine Menüfunktion (z.B. „Warpantrieb abbremsten“) möglichst schnell und präzise anzusteuern. Nach dem erfolgreichen Ansteuern der Menüfunktion wurde eine neue Aufgabe gegeben. Steuerte der Proband einen falschen Menüpunkt an, so wurde ein sog. Falsch-Bildschirm eingeblendet, auf dem die anzusteuernde Funktion erneut genannt wurde. Im Anschluss musste die richtige Menüfunktion ausgewählt werden. Hierzu musste der Proband den Falsch-Bildschirm mittels einer Joystick-Taste wegdrücken und sich dann unter Verwendung des Joysticks im Menüsystem bewegen. Vergaß der Proband, welche Menüfunktion er ansteuern sollte, konnte er über einen Hilfefknopf einen Bildschirm aufrufen, auf dem die anzusteuernde Menüfunktion genannt war.

Den Probanden wurden pro Mission zwischen 40 und 58 Menüaufgaben vorgegeben. Unterschiede zwischen den einzelnen Missionen hinsichtlich der Aufgabenanzahl resultierten aus der Variation, wann eine Aufgabe erstmals vorgegeben wurde. So wurden den Probanden 12 Aufgaben in jeder Mission vorgegeben (d.h. ab Mission 1), je 4 Aufgaben hingegen erst ab Mission 3 bzw. Mission 4. Hierdurch sollte überprüft werden, ob im Umgang mit dem Menüsystem ausschließlich die angesteuerten Menüfunktionen gelernt werden oder ob ein begriffliches Systemverständnis des Menüsystems erworben wird (sog. Inhaltsstruktur), so dass die erstmalige Ansteuerung von Menüfunktionen bei späteren Missionen erleichtert würde.

Zur Beschreibung der Gesamtbedienleistung wurde folgender Parameter abgeleitet:

- Mittlere Navigationszeit (mittlere Zeitdauer, in der sich die Probanden im Menüsystem befanden [in ms])

Die Bediengeschwindigkeit wurde über folgenden Parameter erfasst:

- Mittlere Schrittdauer (mittlere Zeitdauer zwischen zwei Bedienhandlungen innerhalb des Menüsystems [in ms])

Um die Bediengenauigkeit im Umgang mit dem Menüsystem zu bestimmen, wurden verschiedene Fehlerarten, die im Umgang mit einem Menüsystem auftreten können, definiert und über sog. Schrittcodes aufgezeichnet (z.B. Schrittcode 431 „Auf falschem Weg nach oben

oder unten weitergelaufen“). Anschließend wurden über 80 Fehlerarten aufgrund ihrer Verlaufskurven und theoretischer Zusammengehörigkeit zu Fehlertypen zusammengefasst. Nachfolgend werden folgende Parameter berichtet:

- Überflüssige Wegstrecke (Anzahl tatsächlich gegangener Schritte im Verhältnis zur Anzahl notwendiger Schritte. Eine „Überflüssige Wegstrecke“ in Höhe von 1.5 bedeutet beispielsweise, dass 50% der gegangenen Schritte zur Erledigung einer Aufgabe nicht notwendig gewesen wären [Quotient])
- Orientierungsfehler (mittlere Häufigkeit von Schrittcodes, bei denen die Probanden z.B. zu früh vom richtigen Weg abgogen und weiterliefen oder bei denen sie nach der Rückkehr zum Ausgangspunkt wieder falsch losliefen [Anzahl])
- Bedienfehler (mittlere Häufigkeit von Schrittcodes, bei denen die Probanden z.B. auf Ebene 1 oder 2 die Auswahl-Taste betätigten [Anzahl])
- Flüchtigkeitsfehler (mittlere Häufigkeit von Schrittcodes, bei denen die Probanden z.B. einzelne Schritte sofort wieder korrigierten [Anzahl])

### 4.2.3 Probandenbefragung

Nach jeder Mission wurden die Probanden u.a. hinsichtlich ihrer subjektiven Systembeherrschung („Wie gut beherrschst Du das System?“) und subjektiven Anstrengung bei der Aufgabenbearbeitung („Wie anstrengend war die Aufgabe?“) befragt. Zur Antwortabgabe wurde eine 16-stufige Kategorienunterteilungsskala vorgegeben (Heller, 1985). Diese Skala beruht auf einem zweistufigen Verfahren, bei dem in einem ersten Schritt eine von fünf verbalen Hauptkategorien gewählt wird (z.B. „sehr wenig“, „wenig“, „mittel“, „stark“, „sehr stark“), um anschließend innerhalb der gewählten Kategorie stärker zu differenzieren. Hierzu ist jede Kategorie nochmals dreifach unterteilt. Abbildung 4-2 veranschaulicht die verwendete Skala.

gar nicht	sehr wenig	wenig	mittel	viel	sehr viel
0	1 2 3	4 5 6	7 8 9	10 11 12	13 14 15

Abbildung 4-2: Erfassung der Probandenurteile über Kategorienunterteilungsskala.

Als Abhängige Variable der Probandenbefragung wurde somit erfasst:

- Probandenurteil [Skala 0 ... 15]

### 4.2.4 Erfassung des räumlichen Wissens

Die räumliche Repräsentation wurde über die in Abbildung 4-3 links dargestellte Visuelle Analogskala abgefragt. In dieser Aufgabe wurden die Probanden instruiert, sich das Menüsystem als einen Entscheidungsbaum vorzustellen, in dem alle Menüpunkte enthalten sind. Anschließend wurden die Probanden gebeten, die sich daraus ergebende Liste der Menüpunkte der untersten Menüebene als senkrecht aufgebaute Liste vorzustellen und diese Liste auf einer senkrechten Visuellen Analogskala abzubilden. Die Probanden sollten somit ein zweidimensionales Menüsystem als Entscheidungsbaum in Form einer eindimensionalen Liste auf der Visuellen Analogskala abbilden. Die Probanden erhielten zu keinem Zeitpunkt des Versuchs eine reale eindimensionale Liste des Systems, in der die Menüfunktionen aufgelistet waren.

Aufgabe der Probanden war es, für ausgewählte Menüfunktionen der dritten Menüebene (32 Funktionen; z.B. „Mit der Raumfähre einen Stützpunkt errichten“; siehe Abbildung 4-3 links) anzugeben, wo sich dieser Menüpunkt auf der „virtuellen Liste“ befand. Hierzu sollte mittels einer Computermaus ein Punkt auf der Visuellen Analogskala markiert werden, woraufhin an dieser Stelle eine horizontale rote Linie erschien. Waren die Probanden mit ihrer Einschätzung der Listenposition der entsprechenden Menüfunktion zufrieden, so forderten sie mittels Betätigung des „Weiter“-Buttons (per Computermaus) die nächste Aufgabe an. Wollten die Probanden die markierte Listenposition korrigieren, so konnten sie entweder mit der Computermaus die rote Linie beliebig auf der Visuellen Analogskala verschieben oder mittels Betätigung des „Korrigieren“-Buttons die rote Linie löschen und einen freistehenden Punkt auf der Visuellen Analogskala neu markieren.

Die Visuelle Analogskala bestand aus einer ca. 15 cm langen senkrechten Linie, deren Endpunkte als kurze waagerechte Striche gekennzeichnet wurden. Die Darbietung der Visuellen Analogskala erfolgte auf einem Computerbildschirm. Es wurde die Entfernung der roten Linie zum oberen Ende der Skala aufgezeichnet [in Pixelanzahl]. Diese Pixelwerte wurden anschließend pro Proband in eine Rangreihe umgewandelt, die der Listenposition der Menüfunktion entsprach. Als Leistungsmaß zur Abfrage des räumlichen Wissens ergab sich somit:

- Beurteilte Listenposition der Menüfunktion innerhalb eines Menübereichs Ebene 1 [Rangreihe]

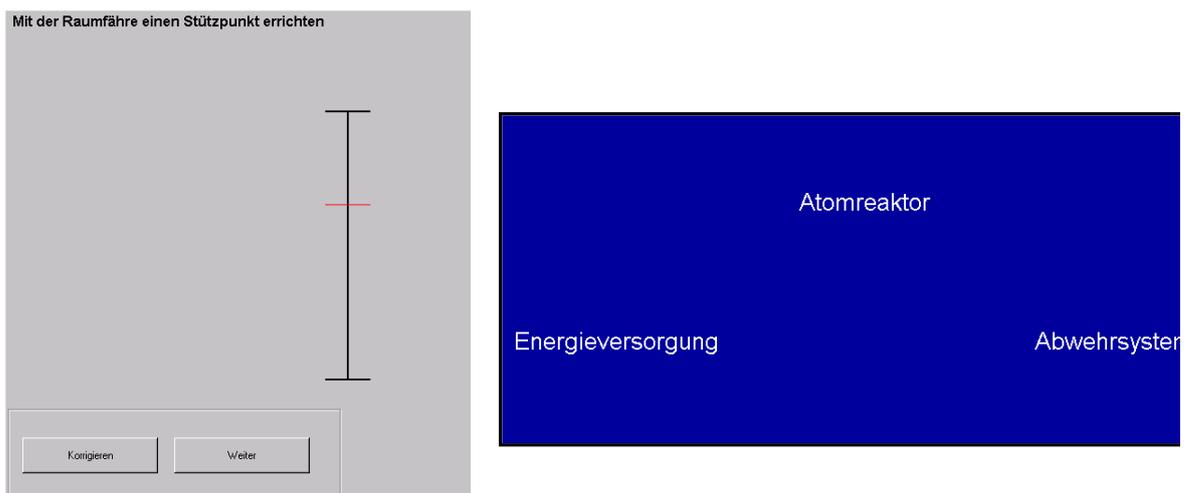


Abbildung 4-3: Erfassung des räumlichen Wissens mittels Visueller Analogskala (links) bzw. des begrifflichen Wissens mittels Einfacher Wahlreaktionsaufgabe (rechts).

#### 4.2.5 Erfassung des begrifflichen Wissens

Die Überprüfung der begrifflichen Repräsentation wurde über eine sog. einfache Wahlreaktionsaufgabe realisiert. Hierzu wurden sukzessive auf einem Computerbildschirm Zielbegriffe aus dem Menüsystem eingeblendet, die einem von zwei Oberbegriffen zugewiesen werden mussten (d.h. Begriffen, die gegenüber dem Zielbegriff auf einer übergeordneten Menüebene zu finden waren). Abbildung 4-3 rechts veranschaulicht dies an einem Beispiel, in dem für den Zielbegriff „Atomreaktor“ von den Probanden entschieden werden musste, ob dieser zum Oberbegriff „Energieversorgung“ oder „Abwehrsyste“ gehört. Die Zielbegriffe wurden zu den Oberbegriffen zugewiesen, indem per horizontaler Joystickbewegung die Entscheidung zugunsten eines der beiden Oberbegriffe abgegeben wurde. Aufgabe der Probanden war es,

möglichst schnell und fehlerfrei zu reagieren. Es wurde folgender Parameter zur Erfassung des begrifflichen Wissens in die Auswertung einbezogen:

- Mittlere Trefferquote [Prozentuale Häufigkeit richtiger Entscheidungen]

#### 4.2.6 Nutzermerkmale

Zusätzlich bearbeiteten die Probanden nach Beendigung der Versuchsreihe eine psychodiagnostische Testbatterie, in der die kognitive Leistungsgeschwindigkeit, das bereichsspezifische Vorwissen sowie die Einstellung gegenüber bzw. das Interesse an technischen Geräten erfasst wurde. Es wurden folgende Verfahren durchgeführt und die folgenden Parameter abgeleitet:

- Kognitive Leistungsgeschwindigkeit:  
Zahlen-Verbindungs-Test (ZVT; Oswald & Roth, 1997), Parameter: Anzahl miteinander verbundener Zahlen
- Bereichsspezifisches Vorwissen:  
Selbstentwickelter Fragebogen zur Erfahrung mit und zum Wissen über Mobiltelefonie, Computer, Videospiele, technische Geräte etc. mit 6-stufiger Antwortskala (Beispiel: „Wie oft benutzt Du einen Computer“, Antwortskala: „gar nicht“ (= 0) bis „täglich“ (= 5)), Parameter: Summenscore
- Einstellung gegenüber und Interesse an technischen Geräten:  
Selbstentwickelter Fragebogen zu Einstellungen gegenüber und Interesse an Mobiltelefonie, Computer, Internet, technischen Geräten, technischen Fortschritt etc. mit 6-stufiger Antwortskala (Beispiel: „Ein Leben ohne Computer kann ich mir nicht vorstellen“, Antwortskala: „lehne ab“ (= 0) bis „stimme zu“ (= 5)), Parameter: Summenscore

#### 4.2.7 Versuchsplan

In dieser Studie liegt ein einfaktorieller Versuchsplan mit Messwiederholung (Faktor „Mission“) vor. Tabelle 4-1 veranschaulicht diesen Versuchsplan schematisch.

Tabelle 4-1: Schematische Darstellung des Versuchsplans der Studie „Raumschiff-System I“ (N = 28 Probanden, „W“ = Messwiederholung).

W					
Pb-Nr.	Mission				
	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
...					
28					

#### 4.2.8 Versuchsablauf

Dieser Versuch fand an zwei Terminen im Abstand von acht Tagen statt. Abbildung 4-4 veranschaulicht den Ablauf der zwei Hauptsitzungen.



Abbildung 4-4: Versuchsablauf („Begriff. Wissen“ Begriffliches Wissen, „Räuml. Wissen“ Räumliches Wissen, „Mission umsort. System“ Mission mit umsortiertem System).

Während jeder Sitzung wurden je drei Blöcke der Navigationsaufgabe (sog. Missionen) vorgegeben. Während in den Missionen 1 bis 5 ein identisches Menüsystem verwendet wurde, wurden vor der letzten Mission in Sitzung 2 (Mission 6) die räumlichen Positionen der Menüinhalte umsortiert. Nach jeder Mission erfolgte eine kurze Befragung der Probanden, indem sie z.B. um Urteile bezüglich der subjektiven Systembeherrschung und subjektiven Anstrengung gebeten wurden. Nach Mission 3 (Ende Sitzung 1), vor Mission 4 (Beginn Sitzung 2), nach Mission 5 (vor Umgestaltung des Menüsystems) und nach Mission 6 (Ende Sitzung 2) wurde das räumliche Wissen über eine Visuelle Analogskala sowie das begriffliche Wissen über eine einfache Wahlreaktionsaufgabe abgefragt. Beide Sitzungen dauerten jeweils ca. 90 min.

In einer zusätzlichen Sitzung (Dauer: ca. 30 min) einige Tage später bearbeiteten die Probanden eine psychodiagnostische Testbatterie, in der u.a. die kognitive Verarbeitungsgeschwindigkeit, das bereichsspezifische Vorwissen und das Technikinteresse erfasst wurden.

#### 4.2.9 Stichprobe

An diesem Versuch nahmen  $N = 28$  Probanden (11 weiblich, 17 männlich) im Alter von 20 bis 37 Jahren ( $m = 26$  Jahre,  $sd = 4$  Jahre) teil. Sie wurden über Aushänge am Psychologischen Institut III oder in der Mensa des Studentenwerks Würzburg angeworben. Es handelt sich dementsprechend um eine studentische Stichprobe.

Die Probanden erhielten für ihre Versuchsteilnahme eine Aufwandsentschädigung bzw. sog. Versuchspersonenstunden (sofern sie den Studiengang „Diplom-Psychologie“ belegten).

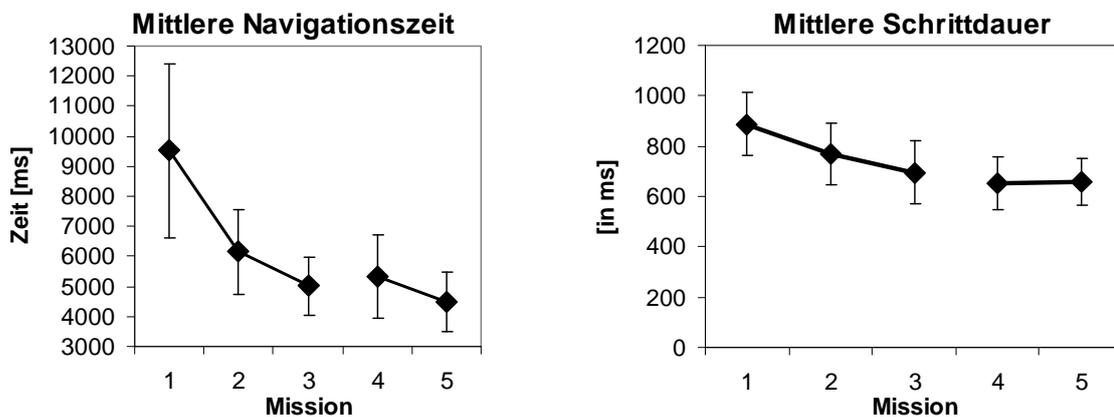
### 4.3 Ergebnisse

#### 4.3.1 Bedienleistung

Im Umgang mit einem Menüsystem benötigen die Probanden in Mission 1 durchschnittlich 9514 ms zur Navigation im Menüsystem, in Mission 5 hingegen nur noch 4485 ms (Parameter „Mittlere Navigationszeit“, siehe Abbildung 4-5 links). Dies entspricht einer Verringerung der Mittleren Navigationszeit um ca. 53%. Dabei verbessert sich die Gesamtbedienleistung zu Beginn des Systemkontakts sehr stark (von Mission 1 zu Mission 2 um 35%), mit zunehmender Übung wird dieser Leistungsgewinn immer geringer (z.B. von Mission 2 zu Mission 3 um

19% bzw. von Mission 4 zu Mission 5 um 16%). 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 (Erhöhung um 6% von Mission 3 zu Mission 4). Zusätzlich fällt auf, dass mit zunehmender Übung die Variabilität zwischen den Probanden abnimmt: Während in Mission 1 noch eine mittlere Standardabweichung der Mittleren Navigationszeit zwischen den Probanden in Höhe von 2905 ms besteht, reduziert sich diese Variation mit zunehmender Übung bis auf 967 ms in Mission 5.

Für die Mittlere Schrittdauer als Parameter der Bediengeschwindigkeit findet sich demgegenüber zwar in Sitzung 1 eine Verringerung der Mittleren Schrittdauer (z.B. von Mission 1 zu Mission 2 um 14%, von Mission 2 zu Mission 3 um 10%; siehe Abbildung 4-5 rechts). Die Mittlere Schrittdauer bleibt jedoch über die Pause zwischen Mission 3 und 4 hinweg nicht stabil (Verringerung um weitere 6%) und bleibt nachfolgend von Mission 5 zu Mission 6 konstant (Erhöhung um 1%). Zudem ist die Variabilität der Mittleren Schrittdauer zwischen den Probanden stark vom Sitzungstermin geprägt: So beträgt die mittlere Standardabweichung der Mittleren Schrittdauer in Mission 1 bis 3 (Sitzung 1) 125 ms, in Mission 4 und 5 (Sitzung 2) 100 ms. Eine Veränderung von Mission zu Mission ist hier nicht nachweisbar.



Mission	Mittelwert	Stabw.
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	$F_{(4, 100)} = 50.05, p < .000$	

Mission	Mittelwert	Stabw.
1	888 ms	127 ms
2	768 ms	124 ms
3	695 ms	124 ms
4	653 ms	104 ms
5	660 ms	95 ms
ANOVA	$F_{(4, 100)} = 193.84, p < .000$	

Abbildung 4-5: Mittlere Navigationszeit (links) und Mittlere Schrittdauer (rechts). Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung und Ergebnisse der einfaktoriellen ANOVA mit Faktor „Mission“.

Zu Beginn des Systemkontakts ist im Mittel 59% der im Menüsystem gegangenen Strecke überflüssig (Parameter „Überflüssige Wegstrecke“, Quotient in Mission 1: 1.59; siehe Abbildung 4-6). Mit zunehmender Systemerfahrung nimmt die Überflüssige Wegstrecke rapide ab (von Mission 1 zu Mission 2 um 14%, von Mission 2 zu Mission 3 um 11%). Nach einer Woche Pause erhöht sich die Überflüssige Wegstrecke in Mission 4 geringfügig um 6%, um in Mission 5 um weitere 5% zu sinken. Die Variabilität zwischen den Probanden verringert sich mit zunehmender Übung. Lediglich von Mission 3 zu Mission 4 (eine Woche Pause) erhöht sie sich geringfügig.

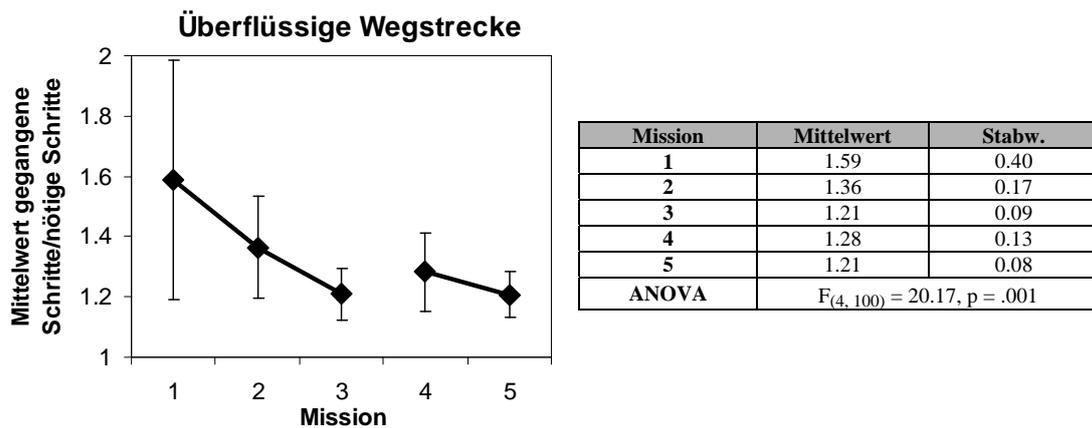


Abbildung 4-6: Überflüssige Wegstrecke. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung und Ergebnisse der einfaktoriellen ANOVA mit dem fünffach abgestuften Faktor „Mission“.

Die Überflüssige Wegstrecke subsummiert verschiedene Fehlerarten im Umgang mit dem Menüsystem, für deren Fehlertypen die Ergebnisse nachfolgend kurz geschildert werden sollen. In den Orientierungsfehlern (d.h. wenn ein Proband orientierungslos im System navigiert und vom idealen Weg zur anzusteuernenden Menüfunktion erheblich abweicht) kommt ein mangelndes oder nicht-umsetzbares Wissen über das System zum Ausdruck. Insbesondere in Mission 1 zählt der Großteil der aufgezeichneten Fehler im Umgang mit dem Menüsystem zu diesem Fehlertyp: Durchschnittlich 3.70 Orientierungsfehler werden pro Aufgabe begangen. Die Häufigkeit von Orientierungsfehlern reduziert sich in den nachfolgenden Missionen. Wie in Tabelle 4-2 ersichtlich, erfolgt die stärkste Abnahme deren Häufigkeit zu Beginn des Systemkontakts (von Mission 1 zu Mission 2), eine längere Übungspause führt zu deren erneuten Anstieg (von Mission 3 zu Mission 4).

Tabelle 4-2: Mittlere absolute Häufigkeit von Orientierungsfehlern, Bedienfehlern und Flüchtigkeitsfehlern. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung und Ergebnisse der einfaktoriellen ANOVA mit dem fünffach abgestuften Faktor „Mission“.

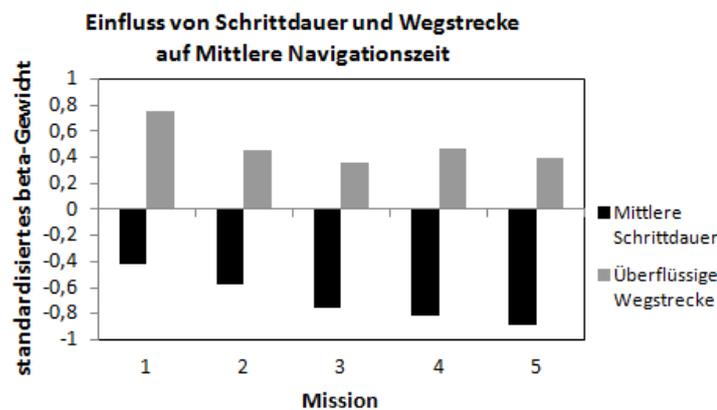
Mission	Orientierungsfehler		Bedienfehler		Flüchtigkeitsfehler	
	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
1	3.70	3.60	0.36	0.27	0.16	0.08
2	1.43	0.77	0.14	0.14	0.18	0.08
3	0.70	0.23	0.09	0.09	0.15	0.07
4	1.45	1.37	0.10	0.11	0.26	0.15
5	0.71	0.21	0.07	0.07	0.24	0.11
ANOVA	$F_{(4, 100)} = 21.16, p < .000$		$F_{(4, 100)} = 24.44, p < .000$		$F_{(4, 100)} = 5.33, p = .001$	

Einen ähnlichen Lernverlauf nehmen die Häufigkeiten von Bedienfehlern (siehe Tabelle 4-2). Wie erwartet, nimmt deren Häufigkeit mit zunehmender Systemerfahrung kontinuierlich ab, insbesondere von Mission 1 zu Mission 2. Nach einer Woche Lernpause bleibt die Anzahl von Bedienfehlern konstant (von Mission 3 zu Mission 4), von Mission 4 zu Mission 5 nimmt sie wiederum ab. Demgegenüber steigt die relative Häufigkeit von Flüchtigkeitsfehlern von Sitzung 1 zu Sitzung 2 an, innerhalb der jeweiligen Sitzung scheinen Flüchtigkeitsfehler gleichhäufig vorzukommen (siehe Tabelle 4-2). Dies bedeutet, dass mit zunehmender Systemerfahrung mehr schnelle und leicht korrigierbare Flüchtigkeitsfehler begangen werden als zu Übungsbeginn.

### 4.3.2 Zusammenspiel von Bediengeschwindigkeit und -genauigkeit

In einem weiteren Schritt ist zu prüfen, inwiefern die Geschwindigkeit und die Genauigkeit der Menübedienung vom Lernstatus abhängen. Hierbei wird auf regressionsanalytische Auswertungsansätze zurückgegriffen, in denen z.B. der Einfluss der Prädiktorvariablen „Mittlere Schrittdauer“ (Parameter der Bediengeschwindigkeit) und „Überflüssige Wegstrecke“ (Parameter der Bediengenauigkeit) auf die Kriteriumsvariable „Mittlere Navigationszeit“ (Parameter der Gesamtbedienleistung) abgebildet wird. Als zu interpretierender Kennwert der durchgeführten Multiplen Regression werden standardisierte beta-Koeffizienten herangezogen. Diese Koeffizienten basieren auf Residuumsvarianzen der beiden Prädiktorvariablen „Überflüssige Wegstrecke“ und „Mittlere Schrittdauer“. Standardisierte beta-Koeffizienten sind jeweils unabhängig von der anderen Prädiktorvariable, hängen jedoch mit der Kriteriumsvariablen „Mittlere Navigationszeit“ zusammen. Ein standardisiertes beta = 1 besagt, dass ein Unterschied in der Prädiktorvariablen in Höhe einer Standardabweichung mit Unterschieden in der Kriteriumsvariable in Höhe einer Standardabweichung einhergeht.

In Abbildung 4-7 wird deutlich, dass in Mission 1 die Mittlere Navigationszeit insbesondere durch die Überflüssige Wegstrecke beeinflusst wird. Die Mittlere Schrittdauer ist im direkten Vergleich weniger bedeutsam. Ab Mission 2 dreht sich das Bild: Mit zunehmender Übung im Umgang mit dem Menüsystem beeinflusst vor allem die Mittlere Schrittdauer die Mittlere Navigationszeit, wohingegen die Überflüssige Wegstrecke von untergeordneter Bedeutung ist.



Mission	Mittlere Schrittdauer			Überflüssige Wegstrecke		
	beta	t	p	beta	t	p
1	-0.421	-9.58	.000	0.754	1.16	.000
2	-0.570	-5.13	.000	0.452	4.04	.001
3	-0.755	-9.22	.000	0.364	4.44	.000
4	-0.809	-21.36	.000	0.468	13.37	.000
5	-0.884	-25.71	.000	0.398	11.57	.000

Abbildung 4-7: Standardisierte beta-Gewichte (inklusive t-Werte der Multiplen Regression) für den Einfluss der Mittleren Schrittdauer und Überflüssigen Wegstrecke auf die Mittlere Navigationszeit.

In ähnlicher Weise kann der Einfluss der o.g. Fehlertypen auf die Bedienleistung im Menüsystem geprüft werden. Hierzu werden als Prädiktorvariablen „Orientierungsfehler“, „Bedienfehler“ und „Flüchtigkeitsfehler“ berücksichtigt, als Kriteriumsvariablen zunächst die „Überflüssige Wegstrecke“ (siehe Abbildung 4-8 links) und weiterhin die „Mittlere Schrittdauer“ (siehe Abbildung 4-8 rechts). Es werden Multiple Regressionen durchgeführt und standardisierte beta-Koeffizienten interpretiert.

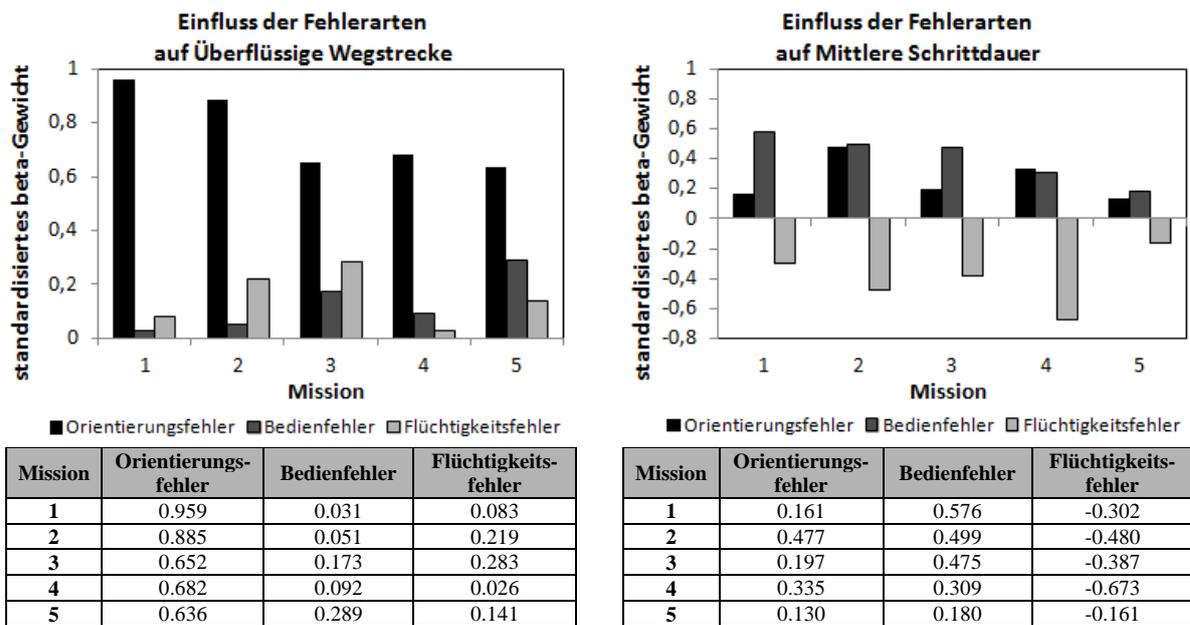


Abbildung 4-8: Standardisierte beta-Gewichte für Orientierungsfehler, Bedienfehler und Flüchtigkeitsfehler auf Überflüssige Wegstrecke (links) und Mittlere Schrittdauer (rechts).

Die Überflüssige Wegstrecke als Maß für die Bediengenauigkeit wird unabhängig von der Mission insbesondere von Orientierungsfehlern bestimmt: Je mehr Orientierungsfehler begangen werden, desto größer ist die Überflüssige Wegstrecke. Bedien- und Flüchtigkeitsfehler sind diesbezüglich generell von geringerer Bedeutung. Abbildung 4-8 links veranschaulicht dieses Ergebnis.

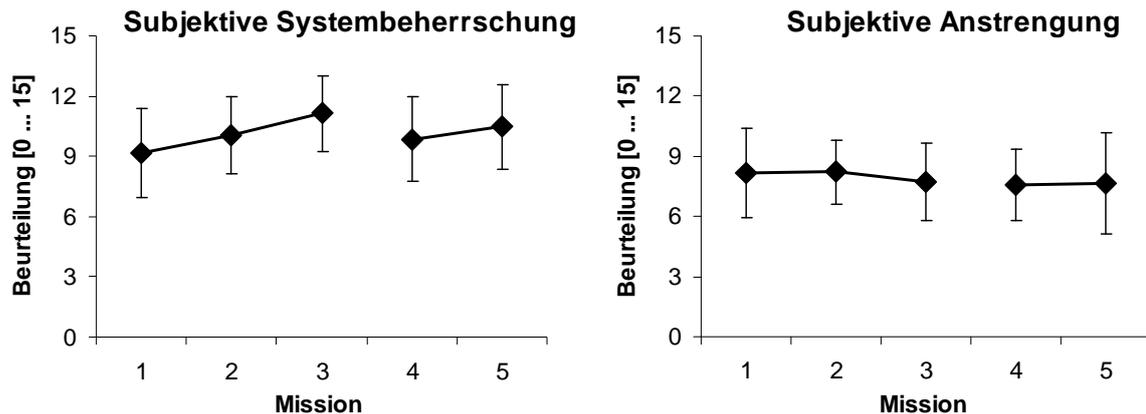
Auf Seiten der Bediengeschwindigkeit gehen Flüchtigkeitsfehler regelhaft mit geringeren Mittleren Schrittdauern einher, Orientierungs- und Bedienfehler hingegen mit höheren Mittleren Schrittdauern (siehe Abbildung 4-8 rechts). Weiterhin beeinflussen die Fehlertypen die Mittlere Schrittdauer in Abhängigkeit vom Lernstatus: In Mission 1 gehen insbesondere Bedienfehler mit einer höheren Mittleren Schrittdauer einher, Orientierungs- und Flüchtigkeitsfehler sind eher von untergeordneter Bedeutung. In Mission 2 haben alle genannten Fehlertypen einen vergleichbaren Einfluss auf die Mittlere Schrittdauer. In Mission 3 sind schließlich Bedien- und Flüchtigkeitsfehler stärker für die Mittleren Schrittdauern bedeutsam als Orientierungsfehler. In Mission 4 führt v.a. eine höhere Zahl an Flüchtigkeitsfehlern zu einer geringeren Mittleren Schrittdauer, der Einfluss der Orientierungs- und Bedienfehler ist zu vernachlässigen. In Mission 5 sind alle genannten Fehlertypen von eher geringer Bedeutung für die Mittlere Schrittdauer. Zusammenfassend ergibt sich somit, dass Bedienfehler die Mittlere Schrittdauer zu Übungsbeginn (Mission 1) am stärksten beeinflussen, wohingegen in späteren Übungsphasen (insbesondere Mission 4) Flüchtigkeitsfehler bedeutsam sind.

### 4.3.3 Probandenurteile

Die in Kap. 4.3.1 gezeigten objektiven Leistungsverbesserungen hinsichtlich der Bediengeschwindigkeit und Bediengenauigkeit wird von den Probanden auch in ihren Urteilen abgebildet. Bereits in Mission 1 wird eine mittlere bis starke subjektive Systembeherrschung angegeben (m = 9.20), in Mission 3 erreicht die mittlere subjektive Systembeherrschung nahezu das Urteil „sehr stark“ (m = 11.13). In Mission 4 (nach einer Woche Pause) sinkt die subjektivi-

ve Systembeherrschung geringfügig ab ( $m = 9.85$ ), um in Mission 5 wieder anzusteigen ( $m = 10.46$ ). Abbildung 4-9 links veranschaulicht dieses Ergebnis.

Die objektiven Leistungsverbesserungen in der Menübedienung erfolgen dabei auf einem gleichbleibenden subjektiven Anstrengungsniveau (siehe Abbildung 4-9 rechts): Über alle Missionen hinweg ist die mittlere subjektive Anstrengung mittelstark ( $m = 7.79$ ,  $m_{\min} = 7.65$  in Mission 3,  $m_{\max} = 8.15$  in Mission 2). Die zum Teil erheblichen Leistungsverbesserungen im Umgang mit dem Menüsystem gehen demzufolge nicht mit einer Verringerung der subjektiven Anstrengung der Probanden einher.



Mission	Mittelwert	Stabw.
1	9.20	2.20
2	10.04	1.91
3	11.13	1.91
4	9.85	2.09
5	10.46	2.09
ANOVA	$F_{(4, 100)} = 4.89, p = .001$	

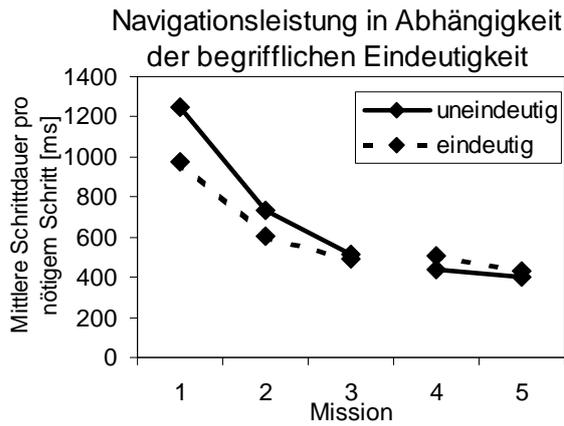
Mission	Mittelwert	Stabw.
1	7.85	2.71
2	8.15	2.15
3	7.65	2.38
4	7.62	1.86
5	7.69	2.57
ANOVA	$F_{(4, 100)} = 0.52, p = .719$	

Abbildung 4-9: Beurteilung der subjektiven Systembeherrschung (links) und subjektiven Anstrengung (rechts). Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung und Ergebnisse der einfaktoriellen ANOVA mit Faktor „Mission“.

#### 4.3.4 Begriffliche Eindeutigkeit und Mittlere Schrittdauer

Begriffe, die von Probanden in der Vorstudie ohne direkten Kontakt mit dem Menüsystem als „nicht-eindeutig“ hinsichtlich ihrer begrifflichen Hierarchisierung klassifiziert wurden (siehe Kap. 4.2.1), stellen auch für die Probanden mit Systemkontakt ein Problem dar: Am Ende der ersten Sitzung des Hauptversuchs werden 97.4% der als „eindeutig“ klassifizierten Unterbegriffe in der einfachen Wahlreaktionsaufgabe von mindestens 90% der Probanden der Hauptstudie dem richtigen Oberbegriff zugewiesen. Bei den in der Vorstudie als „nicht-eindeutig“ eingestuften Unterbegriffen ist dies nur zu 32.1% der Fall.

Die begriffliche Eindeutigkeit eines Unterbegriffs ist dabei insbesondere zu Lernbeginn von Bedeutung für die Bedienleistung (siehe Abbildung 4-10). So ist für Mission 1 eine geringere Mittlere Schrittdauer für in der Vorstudie als „eindeutig“ bezeichnete Menüfunktionen im Vergleich zu „nicht-eindeutigen“ Menüfunktionen festzuhalten. In nachfolgenden Missionen sind keine entsprechenden Unterschiede zu finden.

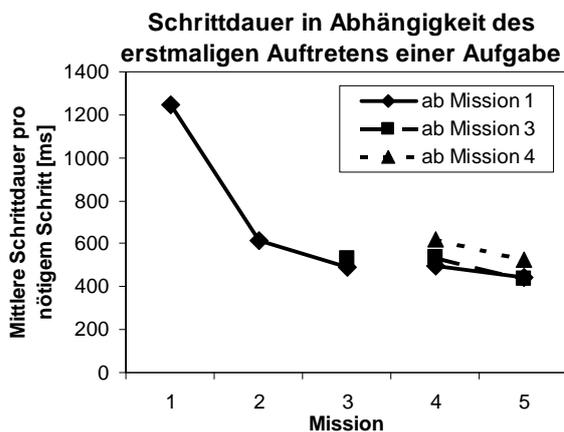


	uneindeutig	eindeutig
<b>Mission 1</b>	1244 ms	976 ms
<b>Mission 2</b>	732 ms	607 ms
<b>Mission 3</b>	518 ms	491 ms
<b>Mission 4</b>	438 ms	508 ms
<b>Mission 5</b>	402 ms	430 ms

Abbildung 4-10: Einfluss der begrifflichen Eindeutigkeit („uneindeutig“ vs. „eindeutig“) auf die Mittlere Schrittdauer.

### 4.3.5 Inhaltsstruktur des Menüsystems und Mittlere Schrittdauer

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. Wäre Ersteres der Fall, so müssten für später erstmalig auftretende Aufgaben ähnliche Lernkurven nachweisbar sein wie für Aufgaben, die ab Mission 1 vorkommen. Wäre Letzteres gültig, so sollten später hinzukommende Aufgaben auf dem erreichten Leistungsniveau in der Systembedienung aufsetzen und ohne erhebliche neue Lernaufwände bearbeitet werden können. Wie aus Abbildung 4-11 ersichtlich, ist letztgenannte Alternative zu befürworten: 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 Mission 1 vorkommt.



	Erstmaliges Auftreten in		
	Mission 1	Mission 3	Mission 4
<b>Mission 1</b>	1244 ms	---	---
<b>Mission 2</b>	615 ms	---	---
<b>Mission 3</b>	488 ms	529 ms	---
<b>Mission 4</b>	497 ms	539 ms	621 ms
<b>Mission 5</b>	441 ms	437 ms	527 ms

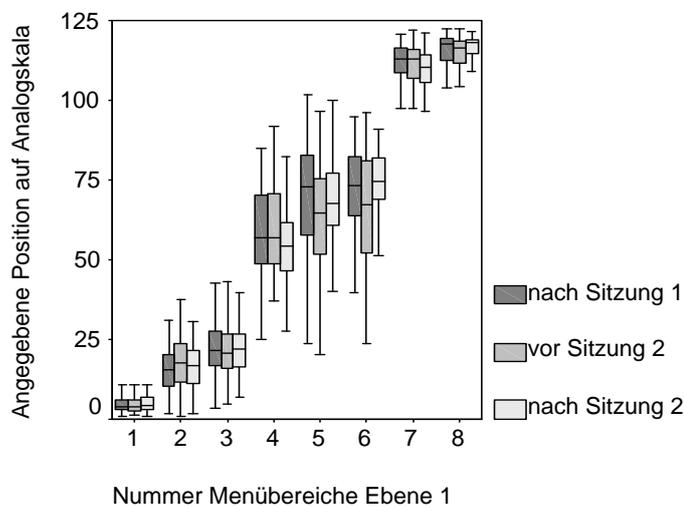
Abbildung 4-11: Mittlere Schrittdauer in Abhängigkeit vom Erstauftreten einer Aufgabe.

### 4.3.6 Aufbau und Struktur des räumlichen Wissens

Zusätzlich entsteht durch den Umgang mit dem System bei den Probanden (ohne eine explizite Aufforderung) eine räumliche Repräsentation. Wie Abbildung 4-12 zeigt, gelingt es den Probanden bereits am Ende der ersten Sitzung sehr gut, auf der visuellen Analogskala einer Menüfunktion der dritten Ebene ihre räumliche Position auf einer „virtuellen Liste“ zuzuwei-

sen. Diese Verortung der Menüinhalte ist über die Dauer von einer Woche hinweg stabil, wie die Wissensabfrage zu Beginn von Sitzung 2 zeigt. Im Laufe der zweiten Sitzung konsolidiert sich die räumliche Repräsentation weiter, wie die Standardabweichungen der vergebenen Listenpositionen für die Inhalte der einzelnen Menübereiche in der Visuellen Analogskala nach Mission 5 zeigen.

Die räumliche Repräsentation spiegelt dabei bei keinem der Messzeitpunkte die objektiven Listenpositionen der Menüinhalte perfekt wider. Die Probanden scheinen die Menüinhalte vielmehr thematisch zu gruppieren (sog. Cluster). Diese Gruppierung orientiert sich vor allem an den Oberbegriffen der ersten Menüebene. Abbildung 4-12 macht deutlich, dass es für das in dieser Studie verwendete Raumschiff-System drei größere Cluster zu geben scheint: Menübereiche 1 bis 3 („Kommunikation“, „bemannte Schiffe“, „unbemannte Schiffe“), Bereiche 4 bis 6 („Energie“, „Abwehrsystem“, „Antrieb“) sowie Bereiche 7 und 8 („bewohnte Decks“, „unbewohnte Decks“).



Menübereich	Nach Sitzung 1		Vor Sitzung 2		Nach Sitzung 2	
	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
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 4-12: Leistungen in der Visuellen Analogskala zur Erfassung des räumlichen Wissens. Angegeben sind Mittelwerte mit Standardabweichung der Menüfunktionen für die Menübereiche von Ebene 1 nach Sitzung 1, vor Sitzung 2 und nach Sitzung 2 (Mission 5).

### 4.3.7 Räumliches Wissen und Bedienleistung

Die Veränderung der räumlichen Positionen der Menüfunktionen (unter Beibehaltung der Unterbegriffs-Overbegriffs-Relationen) vor Mission 6 geht mit deutlichen Beeinträchtigungen in der Bedienleistung einher: Durch diese Umsortierung der Menüfunktionen erhöht sich die Mittlere Navigationszeit von Mission 5 (vor Umsortierung) zu Mission 6 (nach Umsortierung) um 30.8% (siehe Abbildung 4-13 oben). Wenn die Navigationsleistung auch nicht mehr auf das Ausgangsleistungsniveau von Mission 1 zurückfällt, so scheint die bloße Umstellung der Reihenfolge in einem Menü doch Leistungseinbußen nach sich zu ziehen.

Abbildung 4-13 unten zeigt, dass diese Einbußen zum einen durch eine Erhöhung der Mittleren Schrittdauern (um 4.7%), zum anderen durch Einbußen in der Bediengenaugigkeit zustande kommen. Als Beispiel für die Bediengenaugigkeit soll auf Orientierungsfehler eingegangen werden, deren Anzahl sich durch die Umsortierung vor Mission 6 um das 2.19fache erhöht. Durch die Veränderung der Positionen der Menüfunktionen kommt es insbesondere zu Suchbewegungen im Menüsystem. Demzufolge haben die räumlichen Positionen der Menüfunktionen eine erhebliche Bedeutung für die Systembedienung.

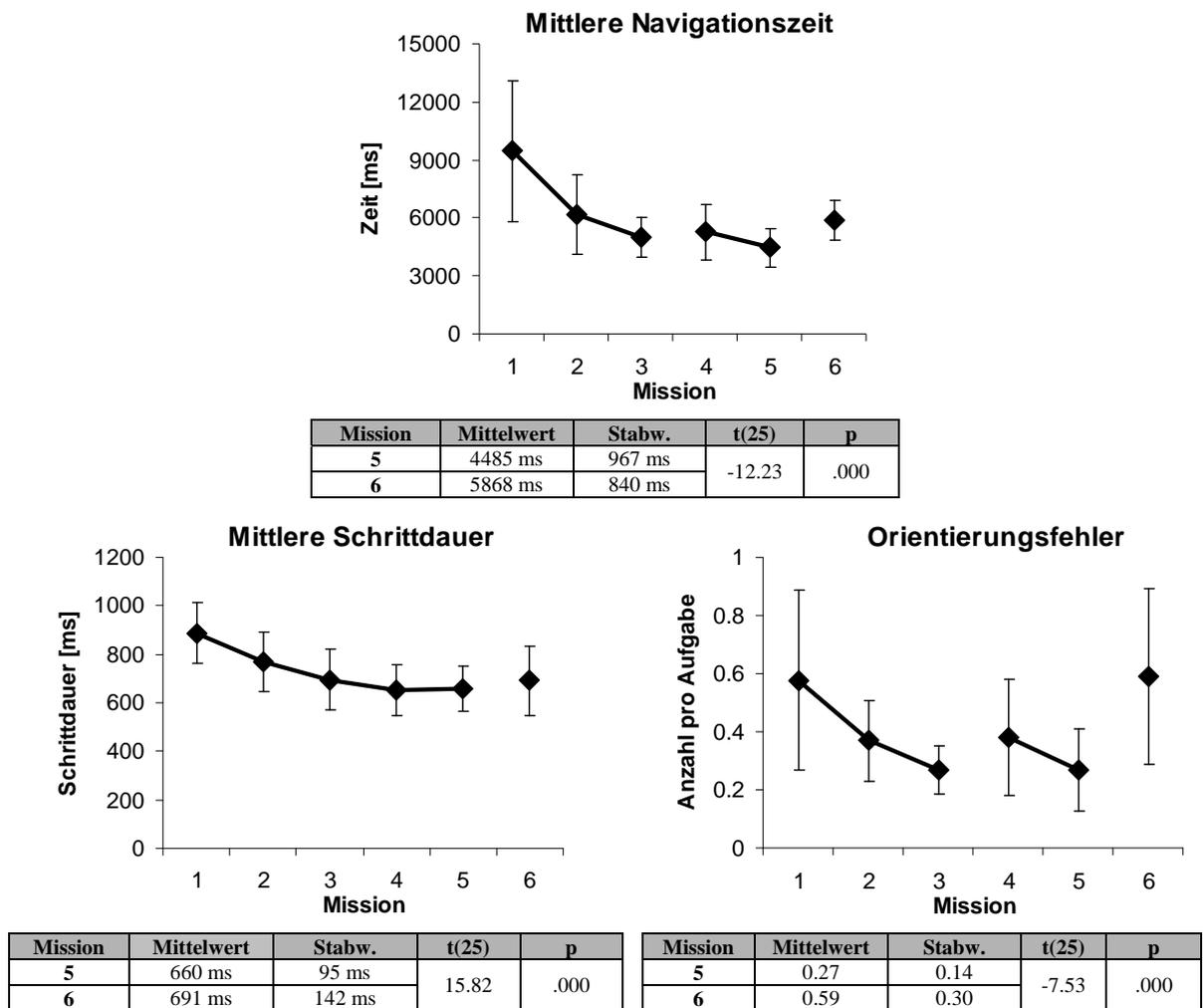


Abbildung 4-13: Mittlere Navigationszeit (oben), Mittlere Schrittdauer (unten links) und Häufigkeit von Orientierungsfehlern (unten rechts). Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung für Mission 5 und 6 sowie Ergebnisse des t-Tests für abhängige Stichproben.

### 4.3.8 Auswirkung von Nutzermerkmalen

Schließlich können Nutzermerkmale Einfluss auf den Umgang mit dem Menüsystem nehmen. Wie Tabelle 4-3 zeigt, hat die kognitive Leistungsgeschwindigkeit insbesondere einen Einfluss auf die Gesamtbedienleistung sowie Bediengeschwindigkeit im Umgang mit dem Menüsystem (über alle Missionen hinweg): Je schneller also Probanden im Alltag Informationen verarbeiten, desto geringer sind die Mittlere Navigationszeit und Mittlere Schrittdauer. Für die

Bediengenauigkeit (operationalisiert durch die Überflüssige Wegstrecke) spielt die kognitive Leistungsgeschwindigkeit hingegen eine untergeordnete Rolle.

Ähnlich hat das bereichsspezifische Vorwissen bezüglich technischer Systeme der Probanden einen günstigen Effekt auf die Bediengeschwindigkeit im Raumschiff-System (siehe Tabelle 4-3): Je mehr Erfahrungen mit technischen Geräte vorhanden sind, desto schneller wird das Menüsystem bedient (erfasst über die Mittlere Navigationszeit und Mittlere Schrittdauer). Zusätzlich erweist sich das technische Vorwissen als positiv für die Bediengenauigkeit (ermittelt über die Überflüssige Wegstrecke). Erfahrungen im Umgang mit Mobiltelefonen wirken sich in diesem Versuch nicht aus. Ähnlich sind die Einstellung der Probanden gegenüber und ihr Interesse an technischen Geräten für die Bedienleistung weitgehend irrelevant.

Tabelle 4-3: Mittlere Korrelationen zwischen dem jeweils abgefragten Nutzermerkmal und verschiedenen Leistungsparametern der Menübedienung. Signifikante Zusammenhänge sind entsprechend gekennzeichnet („\*“  $p < 0.05$ ;  $n = 26$  Probanden).

	Mittlere Navigationszeit	Mittlere Schrittdauer	Überflüssige Wegstrecke
<b>Kognitive Geschwindigkeit</b>	-0.46 *	-0.51 *	-0.25
<b>Vorwissen Technik</b>	-0.64 *	-0.42 *	-0.42 *
<b>Vorwissen Mobiltelefon</b>	-0.04	-0.06	-0.11
<b>Einstellung/Interesse Technik</b>	-0.03	-0.14	-0.04

Nutzermerkmale wirken sich dabei zu Lernbeginn stärker auf die Navigationsleistung aus als nach längerer Systemerfahrung. Wie aus Abbildung 4-14 ersichtlich, wirkt sich beispielsweise eine höhere kognitive Leistungsgeschwindigkeit insofern aus, als dass die entsprechenden Probanden in Mission 1 schneller im Menüsystem navigieren als Probanden mit geringerer Leistungsfähigkeit. In Mission 5 ist ein entsprechender Einfluss der kognitiven Leistungsgeschwindigkeit zwar weiterhin vorhanden. Der Leistungsabstand zwischen Probanden mit geringer und Probanden mit hoher kognitiver Leistungsfähigkeit ist jedoch kleiner.

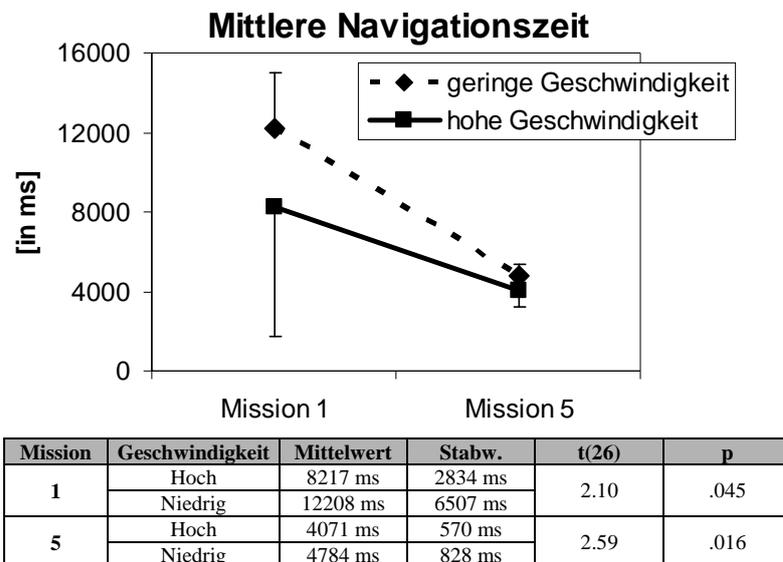


Abbildung 4-14: Einfluss kognitiver Leistungsgeschwindigkeit („gering“ vs. „hoch“; median-dichotomisiert) auf die Mittlere Navigationszeit. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung für Mission 1 und 5 sowie Ergebnisse der t-Tests für unabhängige Stichproben.

## 4.4 Zusammenfassung und Diskussion

Die vorliegende Studie verfolgte drei inhaltliche Ziele, die nachfolgend diskutiert werden:

- (1) Abbildung des Kompetenzerwerbs in einem Menüsystem
- (2) Analyse der Bedeutung begrifflicher, räumlicher und motorischer Repräsentationen für den Kompetenzerwerb
- (3) Einfluss von Nutzermerkmalen auf den Kompetenzerwerb

Zusammenfassend ergibt sich zum Kompetenzerwerb für Menüsysteme, dass Lernzuwächse bei der Gesamtbedienleistung (erfasst über den Parameter „Mittlere Navigationszeit“) und Bediengenauigkeit (ermittelt über die „Überflüssige Wegstrecke“) in weiten Teilen dem Potenzgesetz der Übung (siehe Kap. 2.2.5) folgen:

- Während zu Beginn des Systemkontakts deutliche Leistungszuwächse in der Bedienleistung auftreten, werden diese mit zunehmender Übung geringer.
- Über eine längere Übungspause hinweg (hier: eine Woche) bleibt die Bedienleistung weitgehend erhalten.
- Mit zunehmender Systemerfahrung nehmen interindividuelle Leistungsunterschiede in der Bedienleistung ab.

Die Verlaufskurve für den Parameter „Mittlere Schrittdauer“ (Bediengeschwindigkeit) scheint demgegenüber nicht über das Potenzgesetz der Übung beschreibbar zu sein: Zwar ergeben sich zu Lernbeginn stärkere Leistungsverbesserungen als im späteren Lernverlauf. Die Mittlere Schrittdauer und deren Variation sind jedoch in der zweiten Sitzung generell gegenüber der ersten Sitzung verringert, was nach dem Potenzgesetz nicht erwartet worden wäre.

Die Erhöhung der Gesamtbedienleistung ist insbesondere auf eine Verringerung der Überflüssigen Wegstrecke zurückzuführen, die wiederum v.a. durch geringere Häufigkeiten von Orientierungs- und Bedienfehlern verursacht wird. Nach einer längeren Übungspause treten vor allem vermehrt Orientierungsfehler auf, was im Sinne eines Vergessens einzelner Unterbegriffs-Oberbegriffs-Relationen interpretiert werden kann, die für eine erfolgreiche Menübedienung notwendig sind. Hierdurch steigt auch die Überflüssige Wegstrecke nach einer Lernpause wieder an, die Mittlere Schrittdauer ist hiervon unbeeinflusst.

Mit zunehmender Systemerfahrung nehmen interindividuelle Leistungsunterschiede in der Mittleren Navigationszeit und der Überflüssigen Wegstrecke ab. Die Nutzer nähern sich immer stärker einer mittleren Leistungsgüte an. Dementsprechend wirken sich aus Personenmerkmalen resultierende Unterschiede in der Systembedienung vor allem zu Lernbeginn aus. Auf Seiten der Nutzermerkmale sind hier die kognitive Leistungsgeschwindigkeit sowie das bereichsspezifische Vorwissen der Probanden (speziell: Vorwissen Technik) zu nennen. Mit zunehmender Übung des Menüsystems verringert sich die Bedeutung der Personenmerkmale.

Ferner erlauben die vorliegenden Befunde nachfolgende Aussagen zum Kompetenzerwerb:

- Zu Lernbeginn ist v.a. die Bediengenauigkeit für die Gesamtbedienleistung von Bedeutung, mit zunehmender Übung hingegen die Bediengeschwindigkeit. Während zu Beginn des Systemkontakts somit stärker eine präzise Menübedienung angestrebt wird (Ziel: „Aufgabe möglichst genau erledigen“), wird mit zunehmender Übung das Ziel einer zügigeren Menübedienung deutlich (Ziel: „Aufgabe möglichst schnell erledigen“). Zugleich wird eine höhere Anzahl an Flüchtigkeitsfehlern im Umgang mit dem

Menüsystem in Kauf genommen. Das Speed-Accuracy-Trade-Off (siehe Kap. 2.2.4) ist somit um eine Abhängigkeit vom Lernstatus eines Systemnutzers zu erweitern.

- Orientierungs-, Bedien- und Flüchtigkeitsfehler stellen im Umgang mit einem Menüsystem weitgehend unabhängige Fehlerklassen dar. Bedien- und Orientierungsfehler gehen mit einer geringeren Bediengeschwindigkeit einher, Flüchtigkeitsfehler mit einer höheren Bediengeschwindigkeit.
- Die zum Teil erheblichen objektiven Leistungsverbesserungen im Umgang mit dem Menüsystem werden in den Probandenurteilen hinsichtlich der subjektiven Systembeherrschung abgebildet. Die subjektive Anstrengung ist vom Lernstatus unbeeinflusst, d.h. die lernbedingt höhere Bedienleistung wird auf einem ähnlichen Anstrengungsniveau erbracht.

Die begriffliche Eindeutigkeit eines Unterbegriffs ist insbesondere zu Lernbeginn von Bedeutung für die Menübedienung: Bei nicht-eindeutigen Unterbegriffen ist die Bediengeschwindigkeit geringer als bei eindeutigen Unterbegriffen. In späteren Lernstadien ist die begriffliche Eindeutigkeit von untergeordneter Bedeutung. Begriffliche Nicht-Eindeutigkeiten werden somit gelernt. Dieser Befund unterstützt die Bedeutung der Unterbegriffs-Overbegriffs-Relationen für den Kompetenzerwerb für Menüsysteme (siehe Kap. 2.2.8). Im Umgang mit einem Menüsystem wird darüber hinaus von den Nutzern die sog. Inhaltstruktur erkannt. In einer solchen Inhaltsstruktur ist ein Verständnis für die begriffliche Thematik eines Menüsystems (hier: „Kommunikation“, „Decks“, „Schiffe“ etc.) sowie für real und potenziell auftretende Menüinhalte und -strukturen enthalten. Ist diese Inhaltsstruktur erst einmal erworben, ist das erstmalige Ansteuern einer Menüfunktion in einem späteren Lernstadium ähnlich effizient wie für bereits mehrfach genutzte Menüfunktionen.

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 (unter Konstanthaltung der Unterbegriffs-Overbegriffs-Relationen) gehen mit Einbußen in der Bedienleistung einher. Insbesondere Orientierungsfehler (d.h. wenn Nutzer orientierungslos im Menüsystem navigieren und vom Idealweg zu einer Zielfunktion erheblich abweichen) treten in einer solchen Situation vermehrt auf. Dieser Befund unterstützt die Bedeutung der räumlichen Repräsentation für die Menübedienung (siehe Kap. 2.2.9).

Bedienfehler (d.h. die nicht-korrekte Nutzung des Bedienelements) treten insbesondere zu Beginn des Systemkontakts auf. Wurde das Bedienkonzept und die daraus resultierende Verwendung des Bedienelements einmal verstanden, so wird auch nach einer längeren Lernpause die Art der Bedienung noch erinnert und die Nutzung des Bedienelements (teil-)automatisiert. Diese Ergebnisse sind im Einklang zu vorliegenden Befunde zu motorischen Repräsentationen (siehe Kap. 2.2.10).

Zusammenfassend erlaubt diese Studie somit einen ausführlichen Einblick in den Kompetenzerwerb für Menüsysteme. Die vielfach gezeigten Ergebnisse zum Erwerb verschiedener Fertigkeiten aus der grundlagenorientierten Lern- und Gedächtnispsychologie bzw. zum Kompetenzerwerb für Menüsysteme können in dieser Studie repliziert und ergänzt werden. Dennoch ergeben sich aus dieser Studie weitere Fragen (z.B. zur Stabilität von Lernprozessen, zur Bedeutung der mentalen Repräsentationen sowie zu Auswirkungen von Nutzermerkmalen), die in nachfolgenden Studien dieser Arbeit weiterverfolgt werden sollen.

## **5 STUDIE II: „RAUMSCHIFF-SYSTEM II“**

### **5.1 Einleitung**

In der Studie „Raumschiff-System II“ wird der Umgang mit einem hypothetischen Menüsystem unter Single-Task Bedingungen (d.h. an einem Bildschirmarbeitsplatz) untersucht. Diese Studie verfolgt zwei inhaltliche Zielsetzungen:

- (1) Abbildung des Kompetenzerwerbs in einem Menüsystem
- (2) Abschätzung der Bedeutung begrifflicher Repräsentationen für den Kompetenzerwerb

Vorrangiges Ziel dieser Studie ist es, die in der Studie „Raumschiff-System I“ berichteten Befunde zum Kompetenzerwerb in einem Menüsystem zu replizieren. Es wird geprüft, ob auch im Umgang mit einem weiteren Menüsystem der Kompetenzerwerb dem Potenzgesetz der Übung folgt. Zusätzlich wird die Stabilität der Lernerfolge über eine längere Zeitdauer hinweg untersucht. Daher werden verschiedene zeitliche Abstände zwischen den einzelnen Sitzungen (von bis zu 12 Wochen) umgesetzt.

Als weiterer Schwerpunkt dieser Studie werden die Auswirkungen begrifflichen Vorwissens auf den Kompetenzerwerb in einem Menüsystem geprüft. Es wird angenommen, dass Vorwissen der Systemnutzer, das möglicherweise aufgrund eigener Erfahrungen im Umgang mit einem Menüsystem vorliegt, sich als nützlich für den Aufbau einer begrifflichen Repräsentation erweisen kann (siehe Kap. 2.2.8). Liegen adäquate Wissensstrukturen vor (d.h. sind das Vorwissen auf Nutzerseite und das für die Bedienung notwendige Systemwissen kompatibel), kann der Nutzer im Umgang mit einem Menüsystem auf dieses Vorwissen zurückgreifen und mit einem geringeren Lernaufwand das Menü bedienen (sog. positiver Transfer). Sind hingegen das Vorwissen und die begriffliche Menüstruktur inkompatibel, so ist damit zu rechnen, dass der Nutzer zum einen die begrifflichen Strukturen im System verstehen und lernen, 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 sowie gegebenenfalls zusätzlich mit einer geringeren Stabilität des Lernergebnisses über eine längere Übungspause hinweg zu rechnen (sog. negativer Transfer).

Für diese Fragestellung ist es notwendig, Testverfahren zu entwickeln, mit denen zu lernende Inhalte von bereits gelernten Inhalten unterschieden bzw. bestehende Wissensstrukturen untersucht werden können. Zur Untersuchung dieser Fragestellung wird vor Systemkontakt mittels Kartensortierverfahren das begriffliche Vorwissen erfasst, um im weiteren Versuchsverlauf zu betrachten, wie sich das Vorwissen auf den Kompetenzerwerb auswirkt bzw. welche Lernprobleme auftreten, falls noch kein bzw. ein falsches Vorwissen besteht.

### **5.2 Methodisches Vorgehen**

#### **5.2.1 Menüsystem**

Die vorliegende Fragestellung wurde anhand eines hypothetischen Menüsystems in einem Raumschiff untersucht (siehe auch Studie „Raumschiff-System I“, Kap. 4). Dieses Menü bestand aus drei Ebenen, die sich jeweils aus bis zu acht Optionen zusammensetzten. Auf der

ersten Ebene befanden sich sieben Menübereiche: (1) „Kommunikation“, (2) „Tochterschiffe“, (3) „Energie“, (4) „Waffen“, (5) „Versorgung“, (6) „Ortung“ und (7) „Sicherheitspersonal“. Die zweite Menüebene wiederum umfasste (je nach Menübereich) fünf bis acht Unterbegriffe, die wiederum auf der dritten Menüebene in jeweils fünf bis acht Unterbegriffen mündeten. Das System wurde so konstruiert, dass z.B. 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“).

Mittels eines Vorversuchs (N = 16 Probanden) wurde versucht, gezielt Inhalte in das Menüsystem zu integrieren, die nicht optimal in die begriffliche Hierarchie passten. Hierzu wurde auf ein Kartensortierverfahren (für das konkrete Vorgehen siehe Kap. 5.2.3) zurückgegriffen, indem 120 Unterbegriffe (70 Substantive und 50 Verben) einem von neun Oberbegriffen zugewiesen werden sollten. Hierdurch sollte gesichert werden, dass nicht nur eindeutig (d.h. alle Probanden treffen eine identische Zuordnung) einem Oberbegriff zugewiesene Unterbegriffe im Menüsystem enthalten sind. Aus diesem Vorversuch resultierte ein Menüsystem mit sieben Menüoptionen auf Menüebene 1, 50 Optionen auf Ebene 2 und 45 Optionen auf Ebene 3. Dieses Menüsystem umfasste insgesamt 323 ansteuerbare Menüfunktionen.

### 5.2.2 Bedienungsaufgabe

Die Probanden sollten sich vorstellen, der Kapitän eines Raumschiffs zu sein, der in sog. Missionen das Menüsystem bedienen sollte. Ihre Aufgabe bestand darin, eine Menüfunktion (z.B. „Personenschutz alarmieren“) möglichst schnell und präzise anzusteuern. Pro Mission wurden 32 Menüaufgaben vorgegeben. Für eine ausführliche Darstellung der Instruktionen, der Menübedienung und technischer Aspekte des Menüsystems siehe Studie „Raumschiff-System I“ (Kap. 4.2.1 und 4.2.2).

Zur Erfassung der Bedienleistung im Umgang mit dem Menüsystem wurde erfasst:

- Mittlere Navigationszeit (mittlere Zeitdauer, in dem sich die Probanden im Menüsystem befanden [in ms])
- Mittlere Schrittdauer (mittlere Zeitdauer zwischen zwei Bedienhandlungen innerhalb des Menüsystems [in ms])
- Überflüssige Wegstrecke (Anzahl tatsächlich gegangener Schritte im Verhältnis zur Anzahl notwendiger Schritte [Quotient])

### 5.2.3 Erfassung des Vorwissens bzw. begrifflichen Wissens

Die Erfassung des Vorwissens (vor dem erstmaligen Kontakt mit dem Menüsystem) bzw. des begrifflichen Wissens über das Menüsystem (sog. Systemwissen; nach dem Erstkontakt) erfolgte über ein sog. Kartensortierverfahren. In diesem Verfahren sollten die Probanden Menüfunktionen der zweiten bzw. dritten Menüebene 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 Unterbegriffe der zweiten bzw. dritten Menüebene einem dieser Oberbegriffe zuzuweisen, indem das entsprechende Kärtchen zum Oberbegriff auf den Tisch gelegt wurde.

Die ermittelten Zuordnungen von Unterbegriffen zu Oberbegriffen wurden anschließend hinsichtlich einer Übereinstimmung von Vor- und Systemwissen gruppiert:

- Stimmen Vor- und Systemwissen hinsichtlich einer Unterbegriffs-Oberbegriffs-Relation überein, wurde dies als „richtiges Vorwissen“ bezeichnet.
- Wurde hingegen eine Diskrepanz zwischen Vor- und Systemwissen bezüglich einer Unterbegriffs-Oberbegriffs-Relation deutlich, wurde von „falschem Vorwissen“ gesprochen.

Derart wurde individuell (d.h. für jeden Probanden) die Übereinstimmung von Vor- und Systemwissen für jeden Begriff des Menüsystems ermittelt. Um die Sicherheit dieser Sortierung abzubilden, wurden die Probanden zusätzlich gebeten, bei jeder Zuordnung die Sicherheit ihrer Entscheidung auf einer Skala von 1 („sehr unsicher“) bis 6 („sehr sicher“) anzugeben.

Als Abhängige Variable ergab sich somit für das Kartensortierverfahren:

- Sicherheitsurteil der Zuordnung [Skala 1 ... 6]

### 5.2.4 Versuchsplan

In dieser Studie liegt ein einfaktorieller Versuchsplan mit Messwiederholung (Faktor „Mission“) vor. Tabelle 5-1 veranschaulicht diesen Versuchsplan schematisch. Für die Analysen zur Passung von Vor- und Systemwissen wurde eine Schichtvariable in die Auswertungen eingefügt, die bei der Auswertung der Menübedienung und dem Kartensortieren berücksichtigt wurde („richtiges Vorwissen“ vs. „falsches Vorwissen“).

Tabelle 5-1: Schematische Darstellung des Versuchsplans der Studie „Raumschiff-System II“ (N = 6 Probanden, „W“ = Messwiederholung).

W												
Pb-Nr.	Sitzung											
	2			3			4			5		
	Mission											
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1												
2												
3												
...												
6												

### 5.2.5 Versuchsablauf

Der Versuch fand an fünf Terminen über einen Zeitraum von 95 Tagen statt. Abbildung 5-1 veranschaulicht den Ablauf der fünf Versuchssitzungen.

In Sitzung 1 (Tag 1) wurden die Probanden gebeten, im Kartensortierverfahren eine hierarchische Struktur von Menüfunktionen eines potenziellen Raumschiff-Systems zu konstruieren, die anhand ihres Vorwissens sinnvoll wäre. Nach jeder Zuordnung eines Unterbegriffs zu einer Kategorie gaben die Probanden ein Sicherheitsurteil über die jeweilige Entscheidung ab. Die Probanden hatten zu diesem Zeitpunkt keinen Umgang mit dem später zu bedienenden Menüsystem. Diese Sitzung dauerte ca. 45 min.

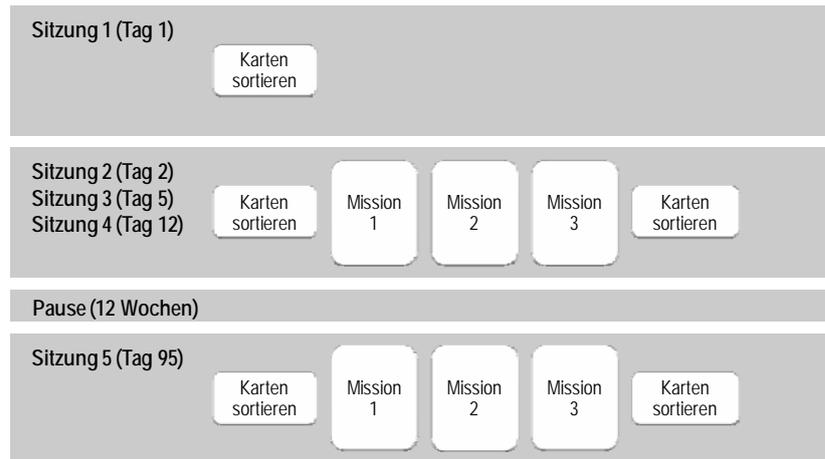


Abbildung 5-1: Schematischer Ablauf der Sitzungen („Karten“ Kartensortierverfahren, „Mission“ Aufgabenblock für den Umgang mit Menüsystem).

Zu Beginn der zweiten Sitzung (Tag 2) wurde erneut das Vorwissen der Probanden mittels des Kartensortierverfahrens (ohne Systemkontakt) abgefragt. Es folgten drei sog. Missionen, in denen die Probanden Aufgaben im Menüsystem bearbeiten sollten. Daraufhin wurde erneut ein Kartensortierverfahren durchgeführt. Diesmal wurden die Probanden jedoch gebeten, die Begriffsstruktur des Menüsystems (und nicht wie zuvor ihr Vorwissen) zu rekonstruieren und bei jeder Kartensortierung ein Sicherheitsurteil bezüglich der gefällten Entscheidung abzugeben. Mittels dieser Kartensortierdurchgänge wurde das sog. Systemwissen abgefragt. Ähnlich wurde in den folgenden Sitzungen 3 bis 5 vorgegangen, wobei im Kartensortierverfahren stets das Systemwissen erhoben wurde. Jede der Sitzungen dauerte ca. 90 min.

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) wurden die Probanden verabschiedet und ihnen wurde für die Teilnahme an dieser Studie gedankt (mit Quittierung der Versuchspersonenstunden). Erst wenige Tage vor Sitzung 5 (Tag 95) wurden die Probanden um ihre Teilnahme an einer weiteren Versuchssitzung gebeten. In der Zwischenzeit bestand kein Kontakt zwischen Versuchsleitung und Probanden. Die Probanden wussten bis zur Einladung einige Tage vor der letzten Sitzung nicht um die fünfte Sitzung an Tag 95.

### 5.2.6 Stichprobe

Am Versuch nahmen  $N = 6$  Probanden (drei weiblich, drei männlich) im Alter von 21 bis 31 Jahren ( $m = 24.2$  Jahre,  $sd = 3.5$  Jahre) teil. Sie wurden über Aushänge am Psychologischen Institut III angeworben. Es handelt sich demgemäß um eine studentische Stichprobe.

Die Probanden erhielten für ihre Teilnahme sog. Versuchspersonenstunden, die als Pflichtleistung von den Studierenden des Diplomstudiengangs Psychologie zu erbringen waren.

## 5.3 Ergebnisse

### 5.3.1 Bedienleistung

Mit zunehmender Erfahrung im Umgang mit dem Raumschiff-System kommt es zu deutlichen Verbesserungen in der Gesamtbedienleistung (siehe Abbildung 5-2): Während beim

erstmaligen Umgang mit dem Menüsystem in Mission 1 (Sitzung 2) die Mittlere Navigationszeit für die Bearbeitung der gestellten Aufgaben durchschnittlich 9590 ms dauert, beträgt die Mittlere Navigationszeit in der dritten Mission von Sitzung 5 nur noch 5310 ms. Dies entspricht einem Leistungszuwachs von 45%. Die stärksten Leistungszuwächse finden im direkten Vergleich der einzelnen Sitzungen in Sitzung 2 statt. Kürzere Lernpausen haben keinen bedeutsamen Einfluss auf die Mittlere Navigationszeit (z.B. zwischen Sitzung 2 und 3: Erhöhung der Mittleren Navigationszeit um 3% bzw. zwischen Sitzung 3 und 4 um 1%), wohingegen die längere Lernpause zwischen Sitzung 4 und 5 von zwölf Wochen Dauer mit einer Erhöhung der Mittleren Navigationszeit um 19% einhergeht. Die interindividuelle Variation der Mittleren Navigationszeit nimmt mit zunehmender Übung ab.

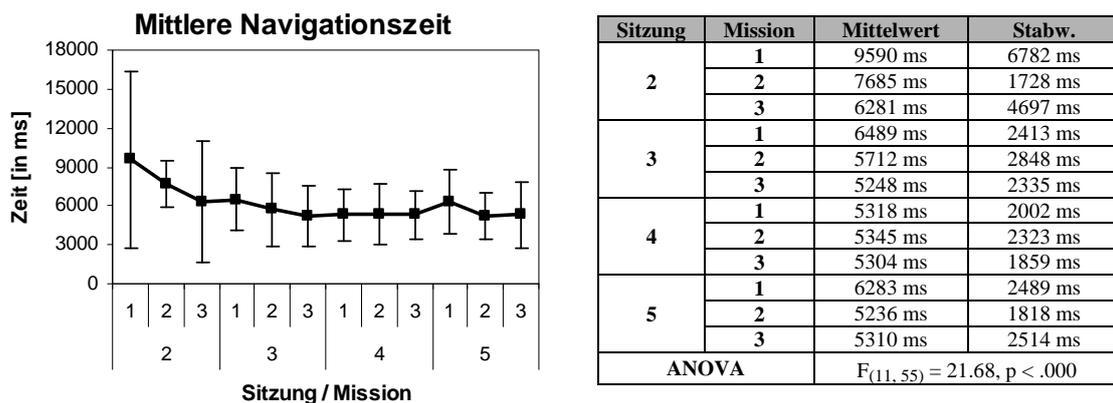


Abbildung 5-2: Mittlere Navigationszeit. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung und Ergebnisse der einfaktoriellen ANOVA mit Faktor „Mission“.

Auf Seiten der Bediengeschwindigkeit kommt es zu einer übungsbedingten Verringerung der Mittleren Schrittdauern (siehe Abbildung 5-3 links). Insbesondere in Sitzung 2 verringern sich die Mittleren Schrittdauern um 26% bzw. in Sitzung 3 um 18%. In Sitzung 4 und 5 bleiben die Mittleren Schrittdauern weitgehend konstant. Die Pausen zwischen den einzelnen Versuchssitzungen haben keinen Einfluss auf die Mittleren Schrittdauern. Die Standardabweichung der Mittleren Schrittdauer verringert sich insbesondere in den ersten Missionen. Später bleibt sie konstant.

In ähnlicher Weise ergeben sich Übungseffekte in der Bediengenauigkeit, erfasst über den Parameter „Überflüssige Wegstrecke“ (siehe Abbildung 5-3 rechts): In Mission 1 von Sitzung 2 ist durchschnittlich 57% der im Menüsystem gegangenen Strecke überflüssig (Quotient Überflüssige Wegstrecke: 1.57). Mit zunehmender Systemerfahrung nimmt die Überflüssige Wegstrecke ab (Verringerung der Überflüssigen Wegstrecke in Sitzung 2 z.B. um 15%). Ab Mission 3 in Sitzung 2 werden im Parameter „Überflüssige Wegstrecke“ weder weitere übungsbedingte Verbesserungen noch Auswirkungen der Lernpausen zwischen den einzelnen Sitzungen sichtbar. In späteren Missionen ist die Streuung der Überflüssigen Wegstrecke zu meist geringer als in früheren Missionen.

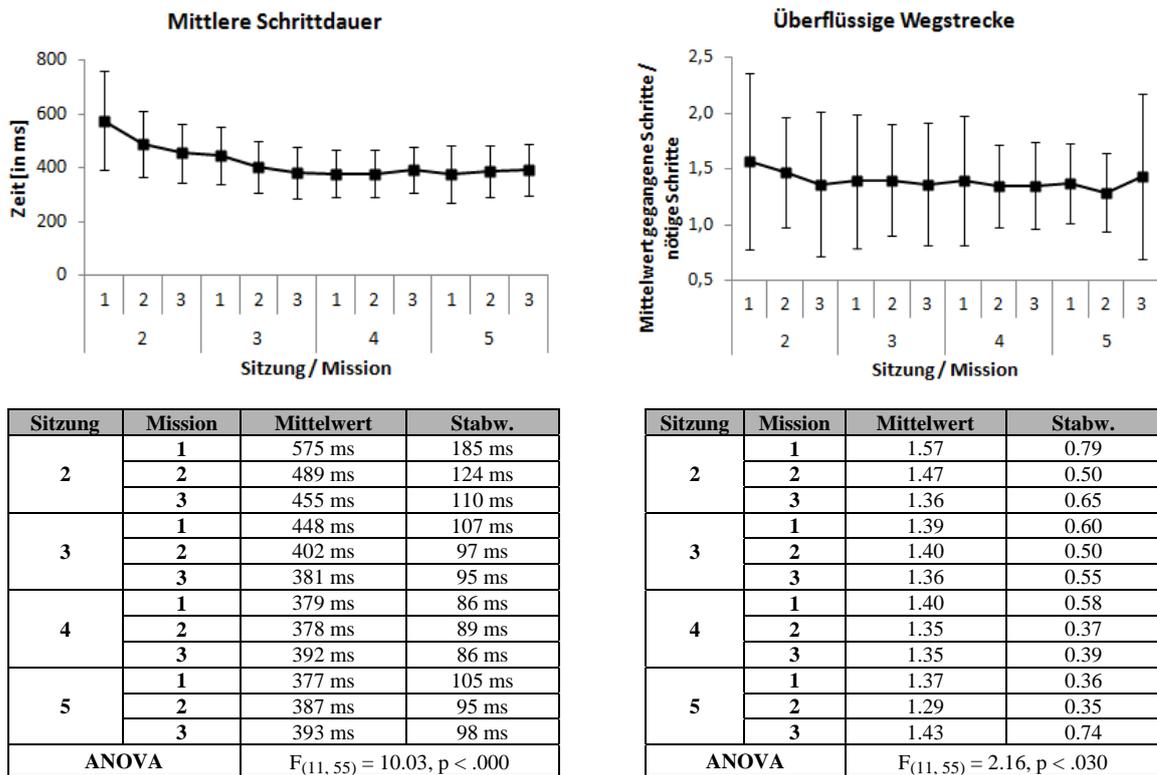


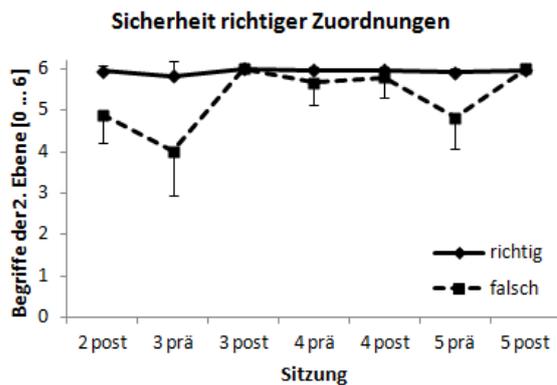
Abbildung 5-3: Mittlere Schrittdauer (links) und Überflüssige Wegstrecke (rechts). Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung und Ergebnisse der einfaktoriellen ANOVA mit Faktor „Mission“.

### 5.3.2 Passung von Vor- und Systemwissen und Kartensortieraufgabe

Um mögliche Effekte einer Passung von Vor- und Systemwissen auf die Sicherheitsurteile im Kartensortierverfahren sowie auf die Bedienleistung im Umgang mit dem Menüsystem abzubilden, müssen im realisierten Menüsystem tatsächlich Unterbegriffs-Oberbegriffs-Relationen enthalten sein, die entweder als „richtiges Vorwissen“ bzw. „falsches Vorwissen“ klassifiziert werden können. Wie aus dem Vergleich der Kartensortierungen des Vorwissens (Sitzung 1 und Beginn von Sitzung 2) mit den Kartensortierungen des Systemwissens (ab Ende von Sitzung 2) deutlich wird, stimmen im untersuchten Menüsystem bei 71.0% der Unterbegriffe der zweiten Ebene bzw. bei 55.6% der Unterbegriffe der dritten Ebene das Vor- und Systemwissen überein („richtiges Vorwissen“). Eine Diskrepanz zwischen Vor- und Systemwissen („falsches Vorwissen“) liegt hingegen bei 10.6% der Unterbegriffe von Ebene 2 bzw. 14.4% der Unterbegriffe von Ebene 3 vor. Weitere 18.4% der Unterbegriffe von Ebene 2 bzw. 30.0% der Unterbegriffe von Ebene 3 wurden bei der mehrfachen Durchführung der Kartensortieraufgabe jeweils verschiedenen Oberbegriffen von Ebene 1 zugewiesen, weswegen die entsprechenden Menüinhalte nachfolgend nicht weiter betrachtet werden. Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass das Ziel des Vorversuchs erreicht wurde, Begriffe ohne Passung von Vor- und Systemwissen („falsches Vorwissen“) in das Menüsystem zu integrieren.

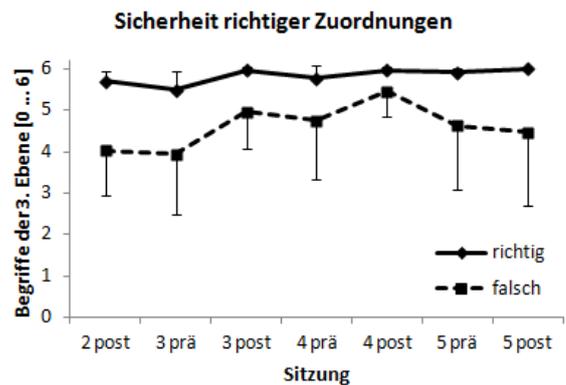
Sofern eine Passung von Vor- und Systemwissen für Unterbegriffs-Oberbegriffs-Relationen besteht („richtiges Vorwissen“), geben die Probanden bereits nach Sitzung 2 sehr hohe Sicherheitsurteile bei der Kartensortieraufgabe für die entsprechenden Menüinhalte ab (siehe Abbildung 5-4): Werden entsprechende Unterbegriffe der Ebene 2 oder 3 korrekt einem

Oberbegriff aus Ebene 1 zugewiesen, vergeben die Probanden bereits am Ende von Sitzung 2 durchschnittlich 5.95 von 6 verfügbaren Sicherheitspunkten für Unterbegriffe der Menüebene 2 bzw. 5.70 von 6 Sicherheitspunkten für Unterbegriffe von Ebene 3. Auch in den nachfolgenden Sitzungen werden in diesem Fall für die Zuordnung von Unterbegriffen zu Oberbegriffen in der Kartensortieraufgabe durchwegs sehr hohe Sicherheitsurteile gefällt (mindestens 5.82 von 6 Sicherheitspunkten für Unterbegriffe von Ebene 2 bzw. 5.50 von 6 Sicherheitspunkten für Unterbegriffe von Ebene 3). Eine längere Pause im Lernprozesse (hier: 12 Wochen zwischen Sitzung 4 und 5) geht nicht mit Änderungen in den Sicherheitsurteilen einher (Abnahme der mittleren Sicherheit für Unterbegriffe von Ebene 2 und 3 um jeweils 0.04 Sicherheitspunkte).



Zeitpunkt	Richtiges Vorwissen		Falsches Vorwissen	
	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
2 post	5.95	0.13	4.90	0.67
3 prä	5.82	0.36	4.01	1.05
3 post	6.00	0.00	6.00	0.00
4 prä	5.98	0.06	5.66	0.53
4 post	5.97	0.07	5.80	0.49
5 prä	5.93	0.09	4.83	0.76
5 post	5.97	0.08	6.00	0.00

HE Mission:  $F_{(6, 30)} = 9.51, p = .000$   
 HE Wissen:  $F_{(1, 30)} = 54.13, p = .001$   
 WW:  $F_{(6, 30)} = 6.59, p = .000$



Zeitpunkt	Richtiges Vorwissen		Falsches Vorwissen	
	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
2 post	5.70	0.23	4.03	1.10
3 prä	5.50	0.46	3.95	1.46
3 post	5.97	0.08	4.97	0.87
4 prä	5.77	0.33	4.75	1.40
4 post	5.96	0.08	5.46	0.61
5 prä	5.92	0.10	4.62	1.54
5 post	6.00	0.00	4.47	1.78

HE Mission:  $F_{(6, 30)} = 3.25, p = .014$   
 HE Wissen:  $F_{(1, 30)} = 7.16, p = .044$   
 WW:  $F_{(6, 30)} = 1.33, p = .276$

Abbildung 5-4: Beurteilung der Sicherheit der richtigen Zuordnung von Unterbegriffen aus Ebene 2 (links) bzw. Ebene 3 (rechts) zu Oberbegriffen aus Ebene 1 („Richtig“ Übereinstimmung zwischen Vor- und Systemwissen, „Falsch“ Diskrepanz zwischen Vor- und Systemwissen; „prä“ Beginn der Sitzung, „post“ Ende der Sitzung). Dargestellt sind Mittelwerte und Standardabweichung sowie Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit den Faktoren „Mission“ und „Wissen“.

Stimmen Vor- und Systemwissen hingegen nicht überein („falsches Vorwissen“), erfolgt die Zuweisung von Unterbegriffen zu Oberbegriffen mit einer geringeren subjektiven Sicherheit, selbst wenn die Zuordnung in der Kartensortieraufgabe korrekt ist (siehe Abbildung 5-4). Durch den Umgang mit dem Menüsystem gelingt es zwar, auch für Menüfunktionen mit „falschem Vorwissen“ sichere Zuordnungen von Unterbegriffen zu Oberkategorien aufzubauen (z.B.  $m = 6.00$  von 6 Sicherheitspunkten für Begriffe von Ebene 2 am Ende von Sitzung 3 bzw.  $m = 5.46$  Punkte für Ebene 3 am Ende von Sitzung 4). Durch Pausen im Lernprozess (z.B. von einer Dauer von 12 Wochen zwischen Sitzung 4 und 5) werden von den Probanden für Unterbegriffe mit „falschem Vorwissen“ jedoch weniger hohe Sicherheitsurteile bei den Zuordnungen in der Kartensortieraufgabe abgegeben (z.B. Abnahme der mittleren Sicherheit

der Zuordnung für Begriffe von Ebene 2 um 0.97 Sicherheitspunkte bzw. für Begriffe von Ebene 3 um 0.84 Sicherheitspunkte).

### 5.3.3 Passung von Vor- und Systemwissen und Bedienleistung

Abschließend ist zu prüfen, wie sich die Passung von Vor- und Systemwissen auf die Bedienleistung im Umgang mit dem Menüsystem auswirkt. Hierzu wurden für Parameter der Bedienleistung pro Bedienaufgabe über alle Missionen hinweg z-Transformationen durchgeführt. Durch eine solche z-Standardisierung sollte gewährleistet werden, dass unterschiedliche Schwierigkeitsgrade der einzelnen Bedienaufgaben, die nicht durch das Vorwissen der Probanden bedingt sind (z.B. Anzahl notwendiger Schritte bis zum Erreichen der Zielfunktion), für die weitere Auswertung nicht weiter von Bedeutung sind. Anschließend wurde für jeden Parameter über alle Aufgaben mit „richtigem Vorwissen“ hinweg ein Mittelwert pro Mission berechnet, ähnliches gilt für alle Aufgaben mit „falschem Vorwissen“.

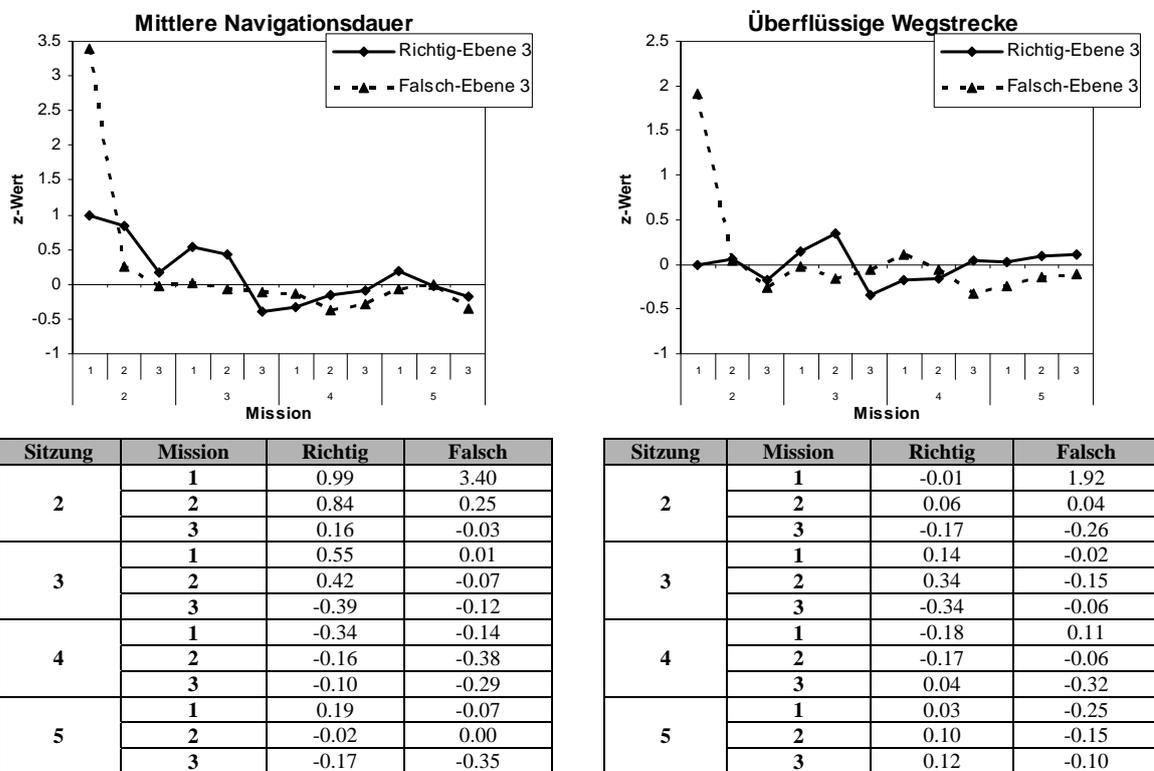


Abbildung 5-5: Mittlere Navigationszeit (links) und Mittlere Überflüssige Wegstrecke (rechts) für Menüinhalte von Ebene 3, bei denen Vor- und Systemwissen übereinstimmen („Richtig“) bzw. nicht übereinstimmen („Falsch“). Dargestellt sind mittlere z-Werte für die entsprechenden Menüfunktionen. Aufgetragen sind Missionen für Sitzungen 2 bis 5.

Eine fehlende Passung von Vor- und Systemwissen wirkt sich auf die Bedienleistung im Umgang mit dem Menüsystem insbesondere beim Erstkontakt aus (für Unterbegriffe von Ebene 3 siehe Abbildung 5-5): Sollen Menüfunktionen mit „falschem Vorwissen“ angesteuert werden, so ist die Mittlere Navigationszeit zu Lernbeginn gegenüber Menüfunktionen mit „richtigem Vorwissen“ erhöht (siehe Abbildung 5-5 links). In ähnlicher Weise ist in Mission 1 von Sitzung 2 die Überflüssige Wegstrecke bei Menüaufgaben mit „falschem Vorwissen“ erhöht (siehe Abbildung 5-5 rechts). Die Auswirkungen einer fehlenden Übereinstimmung zwischen Vor- und Systemwissen sind sowohl für Menüinhalte der zweiten Ebene als auch der (in Ab-

bildung 5-5 dargestellten) dritten Ebene nachweisbar. Im weiteren Lernverlauf (unabhängig von der Dauer der Pausen zwischen den Sitzungen) ist dieser Effekt einer Passung von Vor- und Systemwissen nicht weiter nachweisbar. Für die Mittlere Schrittdauer sind keine entsprechenden Effekte einer Passung von Vor- und Systemwissen zu berichten.

## 5.4 Zusammenfassung und Diskussion

Diese Studie wurde hinsichtlich folgender zwei inhaltlicher Zielsetzungen durchgeführt:

- (1) Abbildung des Kompetenzerwerbs in einem Menüsystem
- (2) Analyse der Bedeutung begrifflicher Repräsentationen für den Kompetenzerwerb

Die vorliegende Studie repliziert zunächst in weiten Teilen die inhaltlichen Ergebnisse der Studie „Raumschiff-System I“ zum Kompetenzerwerb für Menüsysteme (siehe Kap. 4). Die Lernzuwächse hinsichtlich der Gesamtbedienleistung (erfasst über den Parameter „Mittlere Navigationszeit“) und Bediengenauigkeit (erfasst über den Parameter „Überflüssige Wegstrecke“) verhalten sich weitgehend wie vom Potenzgesetz der Übung (siehe Kap. 2.2.5) vorhergesagt: (1) Zu Beginn des Systemkontakts treten stärkere Leistungszuwächse auf als in späteren Lernphasen, (2) auch über längere Übungspausen hinweg (hier: bis zu 12 Wochen) bleibt die Bedienleistung weitgehend erhalten und (3) mit zunehmender Systemerfahrung nehmen interindividuelle Leistungsunterschiede in der Bediengeschwindigkeit und -genauigkeit ab. Die Verlaufskurve für den Parameter „Mittlere Schrittdauer“ scheint demgegenüber nicht über das Potenzgesetz der Übung beschreibbar zu sein. Obwohl in der Studie zum „Raumschiff-System II“ ein Menüsystem untersucht wurde, dessen Inhalte nicht-identisch sind zu denen vom „Raumschiff-System I“, trotz Unterschieden in der Versuchsanordnung sowie der Berücksichtigung einer anderen Probandenstichprobe sind ähnliche Ergebnismuster in beiden Studien mit den hypothetischen Raumschiff-Systemen zu finden. Dies spricht zum einen für die (weitgehende) Anwendbarkeit des Potenzgesetzes der Übung auf den Kompetenzerwerb für Menüsysteme. Zum anderen wird hierdurch eine hohe Validität der vorliegenden Befunde aufgezeigt.

Zudem erlaubt die vorliegende Studie, die Bedeutung begrifflicher Repräsentationen für den Kompetenzerwerb aufzuzeigen. Eine Passung von Vor- und Systemwissen für Unterbegriffs-Overbegriffs-Relationen geht mit einem geringen Lernaufwand und einer hohen Stabilität des Lernergebnisses (erfasst über Sicherheitsurteile für korrekte Zuweisungen von Unterbegriffen zu Oberbegriffen des Menüsystems in einer Kartensortieraufgabe sowie über die Parameter „Mittlere Navigationszeit“ und „Überflüssige Wegstrecke“ für die Bedienleistung) einher:

- Bei einer Passung von Vor- und Systemwissen („richtiges Vorwissen“) ergeben sich weder Übungseffekte durch einen intensiven Umgang mit dem Menüsystem noch Vergessenseffekte nach einer längeren Lernpause: Bereits ab dem Erstkontakt werden im Kartensortierverfahren die Unterbegriffe des Menüsystems mit hoher Sicherheit den Oberbegriffen zugewiesen und die entsprechenden Menüaufgaben werden mit hoher Bediengeschwindigkeit und -genauigkeit bearbeitet. Dieses hohe Leistungsniveau bleibt auch nach einer längeren Lernpause (hier: 12 Wochen Dauer) erhalten.
- Bei einer Diskrepanz zwischen Vor- und Systemwissen („falsches Vorwissen“) werden durch den Umgang mit dem Menüsystem zwar adäquate begriffliche Wissensstrukturen aufgebaut. Dies erfolgt jedoch erst mit intensiverer Übung, wie in den Sicherheitsurteilen des Kartensortierverfahrens und in der Bedienleistung gezeigt werden kann. Diese begrifflichen Wissensstrukturen zerfallen bei einer längeren Lernpau-

se wieder, so dass sie erneut aufgebaut werden müssen (wie in Sicherheitsurteilen des Kartensortierverfahrens sichtbar).

Die Aussagen zum Lernaufwand in Abhängigkeit des Vorwissens von Systemnutzern gelten sowohl für das Kartensortierverfahren als auch für die Bedienung des Menüsystems. Die generelle Stabilität des Lernergebnisses über eine längere Pause hinweg (hier: bis zu 12 Wochen) kann jedoch nur für die Bedienleistung im Umgang mit dem Menüsystem gezeigt werden. Im Kartensortierverfahren werden Vergessenseffekte bei einer vorherigen fehlenden Passung von Vor- und Systemwissen sichtbar. Diese Diskrepanz der Ergebnismuster in Kartensortierverfahren und Bedienleistung ist eventuell darauf zurückzuführen, dass beide Verfahren 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) übergeordneten Menüebenen dargestellt werden. Beim Kartensortieren liegen hingegen nur die Begriffe der obersten Menüebene auf dem Tisch aus. Somit sind beim Kartensortieren weniger Informationen über die begriffliche Struktur des Menüs verfügbar als bei der Menübedienung. Dementsprechend wirken sich Unsicherheiten der Probanden bei der Zuordnung von Unterbegriffen zu Oberbegriffen stärker im Kartensortierverhalten aus (siehe auch Information Foraging Theorie, Pirolli & Card, 1995; siehe Kap. 2.2.8).

Zusammenfassend bestätigt die Studie „Raumschiff-System II“ somit die Ergebnisse der Studie „Raumschiff-System I“, sofern der Kompetenzerwerb hinsichtlich der Bedienleistung in einem Menüsystem betrachtet wird. Zudem wird in dieser Studie die Bedeutung der Passung von Vor- und Systemwissen für Lernaufwand und Lernstabilität herausgestellt. Nichtsdestotrotz bleibt offen, warum der Lernverlauf in der Bedienleistung annähernd einer Potenzfunktion folgt und welche Handlungskomponenten hierfür verantwortlich sind. Die weiteren Studien sollen hier Aufschluss geben.

## **6 STUDIE III: „SYSTEM SINNLOSER SILBEN“**

### **6.1 Einleitung**

In den vorherigen Studien mit hypothetischen Raumschiff-Menüsystemen (siehe Kap. 4 und 5) wurde gezeigt, dass es im Umgang mit Menüsystemen zu übungsbedingten Leistungssteigerungen in der Menübedienung kommt. Diese Lernleistungen stimmen weitgehend mit den Vorhersagen des Potenzgesetzes der Übung (siehe Kap 2.2.5) überein. Unklar bleibt jedoch, wodurch diese Potenzfunktion zustande kommt, d.h. ob sie sich tatsächlich auf die Gesamtleistung bezieht oder ob sie nur für einzelne kognitive Prozesse anwendbar ist. Wie in Kap. 2.2.5 erwähnt, werden z.B. neue Lernaufgaben zunächst hinsichtlich allgemeiner, abstrakter Aspekte gliedert und erst dann deren spezifische Merkmale angeeignet (Fassnacht, 1971).

Im Rahmen der Studie „System sinnloser Silben“ wird daher versucht, für das Zustandekommen des Potenzgesetzes der Übung verantwortliche kognitive Prozesse zu charakterisieren. Grundannahme ist, dass auf Nutzerseite begriffliche, räumliche und motorische Repräsentationen über das Menüsystem konstruiert werden (siehe Kap. 2.2.7). Es wird angenommen, dass o.g. kognitive Prozesse sich insbesondere auf die entsprechenden Inhalte der Repräsentationen beziehen. An dieser Stelle werden ausschließlich kognitive Prozesse im Zusammenhang mit der begrifflichen und räumlichen Repräsentation thematisiert. Diese sind:

- Begriffliche Repräsentation: Erkennen der Inhaltsstruktur, Erlernen von Unterbegriffs-Overbegriffs-Relationen
- Räumliche Repräsentation: Aufbau der Wissensstruktur

Würden für diese Analysen real existierende oder hypothetische Menüsysteme (z.B. Raumschiff-System I oder II) verwendet, besteht die Gefahr einer Konfundierung einer Betrachtung des Aufbaus und der Güte dieser Repräsentationen mit den semantischen Eigenschaften der im Menüsystem auftretenden Inhalte. Daher wird ein sog. Basissystem konstruiert, in dem ein möglicher Einfluss semantischer Aspekte weitgehend eliminiert wird. Hierzu wird auf „sinnlose Silben“ (Ebbinghaus, 1880/1983) als Inhalte im Menüsystem zurückgegriffen. Es wird angenommen, dass es in einem solchen Basissystem nicht möglich sei, eine sog. Inhaltsstruktur zu erkennen, so dass sowohl die Menübedienung als auch der Aufbau der begrifflichen und räumlichen Repräsentation unbeeinflusst hiervon betrachtet werden kann: Da in einem System sinnloser Silben keine begrifflich sinnvollen Strukturen auftreten und seitens der Systemnutzer selbstständig eine Art begriffliche Hierarchie konstruiert werden muss, kann der Aufbauprozess einer solchen Begriffshierarchie überprüft werden. Zugleich wird sichtbar, wie räumliche Wissensstrukturen entstehen, ohne dass dieser Lernprozess mit semantischen Aspekten konfundiert ist. Schließlich wird die Auswirkung einer fehlenden Inhaltsstruktur und nicht-vorhandener Unterbegriffs-Overbegriffs-Relationen auf die Menübedienung selbst untersuchbar.

Als inhaltliche Zielsetzungen dieser Studie ergeben sich daher zusammenfassend:

- (1) Abbildung des Kompetenzerwerbs in einem Menüsystem
- (2) Analyse der Bedeutung begrifflicher und räumlicher Repräsentationen für den Kompetenzerwerb

## 6.2 Methodisches Vorgehen

### 6.2.1 Menüsystem

In dieser Studie wurde auf ein Menüsystem zurückgegriffen, das ausschließlich aus sog. 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). Das verwendete Menüsystem bestand aus drei Menüebenen. Auf Ebene 1 befanden sich drei Menübereiche, die sich jeweils in Ebene 2 und 3 dreifach untergliederten. Auf der dritten Menüebene befanden sich somit 27 verschiedene sinnlose Silben, im gesamten Menüsystem 39 Silben. Tabelle 6-1 listet die Menüinhalte des Systems sinnloser Silben.

Tabelle 6-1: Übersicht über die im System sinnloser Silben enthaltenen Begriffe.

Ebene 1	Ebene 2	Ebene 3
div	nel	bol
		rag
		pon
	tud	lus
		som
		vep
	meg	wam
		por
		rul
lep	mib	bod
		kel
		baf
	ges	ruz
		sim
		hal
	jal	zaf
		kud
		rak
wus	dis	duk
		tem
		han
	zif	kon
		fub
		ris
	gup	rof
		mab
		wef

Anhand mehrerer Vorversuche mit einzelnen Probanden (iterativer Prozess) wurde kontrolliert, dass alle Silben bedeutungsfrei waren (d.h. nicht unmittelbar Beziehungen zu bestehenden Worten oder Abkürzungen geknüpft werden konnten). Daher können diese Silben als „sinnlos“ (im Sinne von Ebbinghaus, 1880/1983) bezeichnet werden.

### 6.2.2 Bedienungsaufgabe

Die Aufgabe der Probanden bestand darin, im Menüsystem eine Silbe (z.B. „bod“) möglichst schnell und präzise anzusteuern. Dies geschah im Rahmen eines Aufgabenblocks mit 27 Aufgaben (d.h. jede Silbe der dritten Ebene wurde je einmal pro Aufgabenblock angesteuert). Für

eine ausführliche Darstellung der Menübedienung und technischen Aspekte des Menüsystems siehe Studie „Raumschiff-System I“ (siehe Kap. 4.2.1 und 4.2.2).

Zur Beschreibung der Bedienleistung im Umgang mit dem System sinnloser Silben wurden nachfolgende Parameter ermittelt:

- Mittlere Navigationszeit (mittlere Zeitdauer, in dem sich die Probanden im Menüsystem befanden [in ms])
- Mittlere Schrittdauer (mittlere Zeitdauer zwischen zwei Bedienhandlungen innerhalb des Menüsystems [in ms])
- Überflüssige Wegstrecke (Anzahl tatsächlich gegangener Schritte im Verhältnis zur Anzahl notwendiger Schritte [Quotient])

### 6.2.3 Präsentationssystem

Um den Probanden das Erlernen der Inhalte des Systems sinnloser Silben zu erleichtern, wurde vor und nach jedem Aufgabenblock das gesamte Menüsystem 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 6-1 veranschaulicht dies schematisch.

<table border="1"> <tr><td>div</td><td></td></tr> <tr><td>lep</td><td></td></tr> <tr><td>wus</td><td></td></tr> </table> <p><b>Bildschirm 1</b></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><b>Bildschirm 2</b></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><b>Bildschirm 3</b></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><b>Bildschirm 4</b></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><b>Bildschirm 5</b></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 6-1: Präsentation des Systems sinnloser Silben (Screenshot-Beispiele).

Der Cursor durchlief das Menüsystem mit einer Frequenz von 2 Hz (d.h. nach jeweils 0.5 sek lief der gelbe Cursor zur nächsten Zelle weiter). Die Probanden wurden gebeten, die jeweils gelb unterlegte sinnlose Silbe halblaut mitzusprechen und zu versuchen, sich die Silben einzuprägen. Eigene Vorversuche haben gezeigt, dass es den Probanden bei diesem Vorgehen nicht möglich war, die Silbenketten nochmals in Gedanken zu wiederholen und Assoziationen zwischen den Silben zu bilden. Bei längeren Präsentationsdauern (z.B. 0.6 sek bzw. 0.8 sek) war dies hingegen der Fall. Es wurde das System sinnloser Silben im Präsentationssystem jeweils viermal komplett durchlaufen.

Um die Probanden an das Präsentationssystem zu gewöhnen, wurde vor dessen erstmaliger Darbietung eine kurze Demonstration des Vorgehens vorgeschaltet. Hierbei wurde ein sog. Beispielsystem verwendet, das ebenfalls aus kurzen Begriffen bestand. Durch eine mehrmalige Präsentation des Beispielsystems wurde langsam die Darbietungsgeschwindigkeit erhöht.

#### 6.2.4 Erfassung des räumlichen Wissens

Die räumliche Repräsentation des Menüsystems wurde über die bereits in Kap. 4.2.4 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. Hierzu sollte mittels einer Computermaus ein Punkt auf der Visuellen Analogskala markiert werden, woraufhin eine horizontale rote Linie angezeigt wurde. Abgefragt wurden alle Menüinhalte des Systems sinnloser Silben (39 Menüinhalte). Die Probanden erhielten zu keinem Zeitpunkt eine reale eindimensionale Liste des Systems, in der die Menüfunktionen aufgelistet waren.

Als Leistungsmaß diente bei der Abfrage des räumlichen Wissens:

- Summierte absolute Abweichung der eingeschätzten (d.h. subjektiven) Position von der objektiv richtigen Position einer Menüfunktion [in Pixel]

#### 6.2.5 Erfassung des begrifflichen Wissens

Zur Erfassung des begrifflichen Wissens wurde ein Dominanzpaarvergleich durchgeführt. In dieser Aufgabe wurde den Probanden je ein Zielbegriff des Menüsystems dargeboten, der mit mehreren weiteren Begriffen (sog. Vergleichsbegriffen) in einem begrifflichen Zusammenhang stehen kann. Es sollte anschließend dieser Zielbegriff mit den Vergleichsbegriffen verglichen werden. Beispielsweise wurde hierzu eine beliebige Silbe des Menüsystems vorgegeben (z.B. „bol“). Die Probanden sollten anschließend entscheiden, welche weiteren Silben zu dieser Silbe gehörten. Für diese Auswahl standen jeweils fünf Silben zur Verfügung (z.B. „han“, „pon“, „rag“, „baf“ und „lus“). Es wurde eine von zwei Entscheidungen gefordert:

- Die Probanden sollten entweder angeben, welche Silben in der hierarchischen Ordnung des Menüsystems auf der unmittelbar übergeordneten Ebene 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 (0 = „sehr unsichere Entscheidung“, 6 = „sehr sichere Entscheidung“) zur Verfügung. Da pro Zielbegriff 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.

Als Leistungsparameter im Dominanzpaarvergleich wurde demnach ermittelt:

- Sicherheitsurteil der Zuordnungen [für „Vorgesetzte“: Skala 1 ... 6; für „Nachbarn“: Skala 1 ... 3]

### 6.2.6 Versuchsplan

In dieser Studie liegt ein einfaktorieller Versuchsplan mit Messwiederholung (Faktor „Sitzung“) vor. Tabelle 6-2 veranschaulicht diesen Versuchsplan schematisch.

Tabelle 6-2: Schematische Darstellung des Versuchsplans der Studie „System sinnloser Silben“ (N = 10 Probanden, „W“ = Messwiederholung).

W						
Pb-Nr.	Sitzung					
	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
...						
10						

### 6.2.7 Versuchsablauf

Der Versuch fand an fünf aufeinander folgenden Tagen plus einer sechsten Sitzung nach 10 Tagen Pause statt. Jede Sitzung dauerte ca. 90 min. Abbildung 6-2 veranschaulicht den Ablauf des Versuchs.

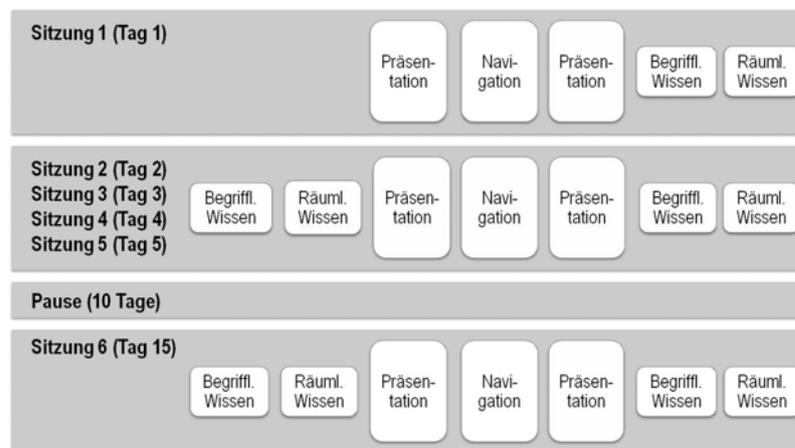


Abbildung 6-2: Schematischer Ablauf der Sitzungen (Abkürzungen: „Begriffl. Wissen“ Dominanzpaarvergleich, „Räuml. Wissen“ Visuelle Analogskala).

Während jeder Sitzung wurde im Umgang mit dem Menüsystem je ein Aufgabenblock mit 27 Aufgaben bearbeitet. Um den Probanden das Erlernen des Menüsystems zu erleichtern, wurde vor und nach jedem Aufgabenblock das gesamte Menüsystem auf dem Computerbildschirm anhand des Präsentationssystems dargeboten. In Sitzung 1 wurde zu Beginn zudem die Funktionsweise des Präsentationssystems anhand eines sog. Beispielsystems demonstriert und trainiert. Zur Erfassung des begrifflichen Wissens über das System sinnloser Silben wurden die Probanden am Ende jeder Sitzung und ab der zweiten Sitzung auch zu Beginn jeder Sitzung darum gebeten, für jeweils eine Auswahl von Menüinhalten die unmittelbaren „Nachbarn“

(d.h. sinnlose Silben innerhalb desselben Menübereichs auf derselben Ebene) bzw. die „Vorgesetzten“ (d.h. sinnlose Silben auf übergeordneten Ebenen desselben Menübereichs) aus einer Liste auszuwählen und ein Sicherheitsurteil bezüglich ihrer Entscheidung abzugeben. Zusätzlich wurde die räumliche Repräsentation für das System sinnloser Silben (ab Ende Sitzung 1) zu Beginn und am Ende jeder Sitzung mittels der Visuellen Analogskala abgefragt.

### 6.2.8 Stichprobe

An diesem Versuch nahmen  $N = 10$  Probanden (fünf weiblich, fünf männlich) teil. Nach der Versuchsdurchführung mussten  $n = 2$  Probanden aus der Auswertung ausgeschlossen werden: Ein männlicher Proband vermutete – wie sich in einer Abschlussbefragung zeigte – eine Co-verstory und weigerte sich daher, die sinnlosen Silben zu lernen. Bei einer weiblichen Probandin war die Datenaufzeichnung nicht vollständig. Somit werden Daten von  $N = 8$  Probanden (vier weiblich, vier männlich) im Alter von 19 bis 26 Jahren ( $m = 21$  Jahre,  $sd = 2$  Jahre) weiter berücksichtigt. Sie wurden über Aushänge am Psychologischen Institut III angeworben. Es handelt sich dementsprechend um eine studentische Stichprobe.

Die Probanden erhielten für ihre Teilnahme eine Aufwandsentschädigung bzw. sog. Versuchspersonenstunden (sofern die Probanden den Diplomstudiengang Psychologie studierten).

## 6.3 Ergebnisse

### 6.3.1 Bedienleistung

Wie Abbildung 6-3 veranschaulicht, kommt es mit zunehmender Erfahrung im Umgang mit dem System sinnloser Silben zu deutlichen Verbesserungen hinsichtlich der Mittleren Navigationszeit: Von durchschnittlich 12932 ms in Sitzung 1 über 6357 ms in Sitzung 5 bis hin zu 5793 ms in Sitzung 6 wird die Mittlere Navigationszeit für die Bearbeitung der gestellten Aufgaben reduziert. Letztgenannter Wert entspricht 44.8% des Ausgangsniveaus in Sitzung 1. Auffällig ist jedoch, dass diese Abnahme der Mittleren Navigationszeit nicht gemäß einer Potenzfunktion zu folgen scheint (wie dies z.B. in den beiden Studien zu den Raumschiff-Systemen der Fall war, siehe Kap. 4.3.1 und 5.3.1). Vielmehr liegt hier eher eine lineare Abnahme der Mittleren Navigationszeit vor.

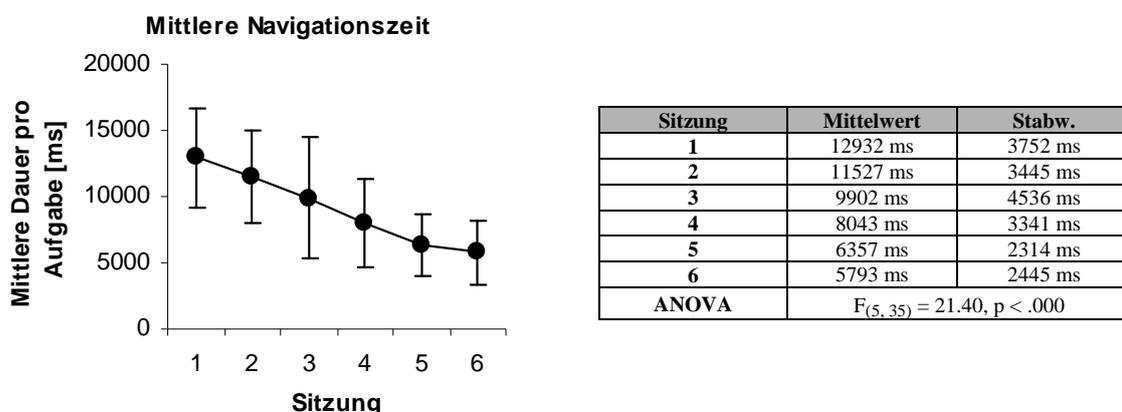
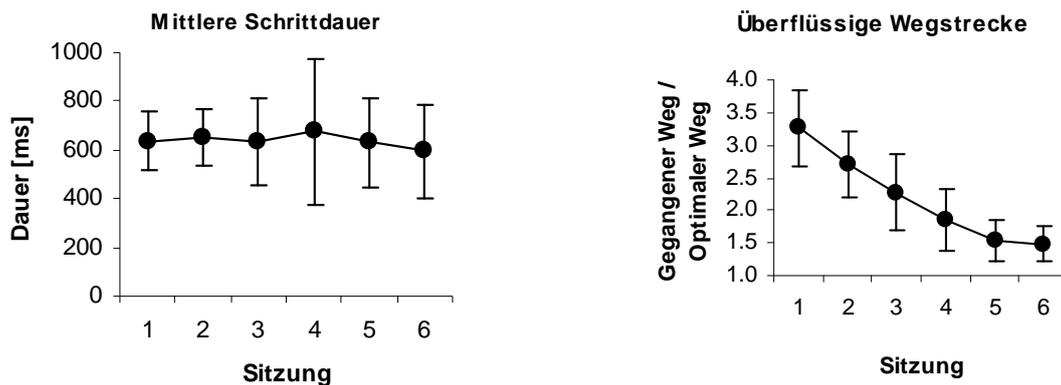


Abbildung 6-3: Mittlere Navigationszeit. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung und Ergebnisse der einfaktoriellen ANOVA mit Faktor „Sitzung“.



Sitzung	Mittelwert	Stabw.
1	638 ms	120 ms
2	652 ms	116 ms
3	636 ms	178 ms
4	677 ms	300 ms
5	631 ms	182 ms
6	594 ms	192 ms
ANOVA	$F_{(5, 35)} = 0.60, p = .701$	

Sitzung	Mittelwert	Stabw.
1	3.27	0.58
2	2.71	0.49
3	2.28	0.59
4	1.85	0.48
5	1.55	0.32
6	1.48	0.28
ANOVA	$F_{(5, 35)} = 27.20, p < .000$	

Abbildung 6-4: Mittlere Schrittdauer (links) und Überflüssige Wegstrecke (rechts). Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung und Ergebnisse der einfaktoriellen ANOVA mit Faktor „Mission“.

Einen ähnlichen Verlauf ergibt sich für die Überflüssige Wegstrecke als Parameter der Bediengenauigkeit (siehe Abbildung 6-4 rechts): Während in Sitzung 1 für jeden Schritt, der zum Erreichen der in der Aufgabenstellung vorgegebenen sinnlosen Silbe notwendig ist, im Mittel 2.27 Schritte zusätzlich gegangen werden ( $m = 3.27$ ), kommen in Sitzung 5 auf einen notwendigen Schritt durchschnittlich 0.55 überflüssige Schritte ( $m = 1.55$ ) bzw. in Sitzung 6 0.48 überflüssige Schritte ( $m = 1.48$ ). Die Überflüssige Wegstrecke verringert sich hierbei im Verlauf von Sitzung 1 bis 5 relativ kontinuierlich.

Die Mittlere Schrittdauer bleibt demgegenüber über die Versuchsdauer hinweg weitgehend konstant und unterliegt keinen Übungseinflüssen (siehe Abbildung 6-4 links). So dauert die durchschnittliche Mittlere Schrittdauer über alle Sitzungen hinweg 638 ms ( $sd = 182$  ms,  $min = 594$  ms in Sitzung 6,  $max = 677$  ms in Sitzung 4). Die Mittlere Schrittdauer beim Aufsuchen der anzusteuernenden sinnlosen Silbe ist somit unabhängig vom Lernstatus.

### 6.3.2 Erlernen der begrifflichen Hierarchie

Mit zunehmender Übung im Umgang mit dem System sinnloser Silben werden sowohl „Nachbarn“ (d.h. Silben desselben Menübereichs einer Menüebene) als auch „Vorgesetzte“ (d.h. Silben auf der unmittelbar übergeordneten Ebenen) im Dominanzpaarvergleich sicherer erkannt (siehe Abbildung 6-5). Es wird deutlich, dass in Sitzung 1 bis 4 „Nachbarn“ sicherer ausgewählt werden als „Vorgesetzte“. So beträgt das mittlere Sicherheitsurteil für die Auswahl von „Nachbarn“ am Ende der ersten Sitzung 1.75 von 3 Punkten (d.h. 58% subjektive Sicherheit), nach der zweiten Sitzung 2.33 Punkte (78%) und nach Sitzung 3 bereits 2.81 Punkte (94%). Das Sicherheitsurteil bleibt für „Nachbarn“ in den nachfolgenden Abfragen konstant hoch, selbst nach einer Lernpause von 10 Tagen (zwischen Sitzung 5 und 6).

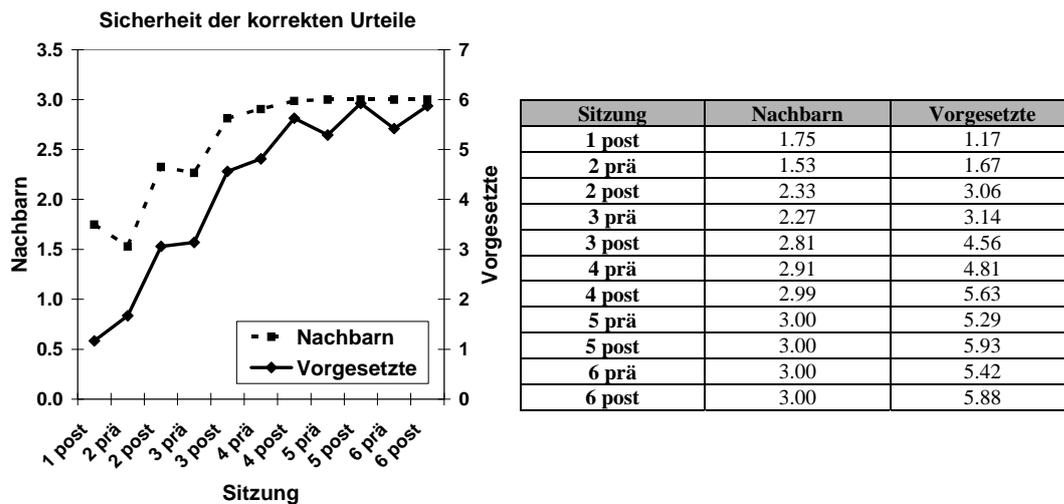


Abbildung 6-5: Sicherheitsurteil bezüglich der Entscheidung zugunsten der „Nachbarn“ (max. 3 Punkte) bzw. des „Vorgesetzten“ (max. 6 Punkte) im Dominanzpaarvergleich („prä“ zu Beginn der Sitzung, „post“ am Ende der Sitzung).

Das mittlere Sicherheitsurteil für „Vorgesetzte“ beträgt demgegenüber am Ende der ersten Sitzung 1.17 von 6 Punkten (20% subjektive Sicherheit), nach der zweiten Sitzung 3.06 Punkte (51%) bzw. nach der dritten Sitzung 4.56 Punkte (76%). Nach Sitzung 4 vergeben die Probanden als subjektive Sicherheit zwar bereits 5.63 Punkte (94%), bis zu Beginn der nachfolgenden Sitzung nimmt die Sicherheit jedoch auf durchschnittlich 5.29 Punkte (88%) ab, um im Laufe der Sitzung auf 5.93 von 6 Punkten (99%) anzusteigen. Nach einer Lernpause von 10 Tagen verringert sich die subjektive Sicherheit wiederum auf 5.42 Punkte (90%), um anschließend wieder auf 5.88 Punkte (98%) anzusteigen.

### 6.3.3 Aufbau einer räumlichen Repräsentation

Wie aus Abbildung 6-6 ersichtlich, führt die zunehmende Erfahrung mit dem System sinnloser Silben zum Aufbau einer (z.T. sehr präzisen) Wissensstruktur bezüglich der räumlichen Positionen der Menüinhalte. Am Ende von Sitzung 1 beträgt die summierte mittlere absolute Abweichung auf der Visuellen Analogskala 3068 Pixel (d.h. auf der 300 Pixel langen Visuellen Analogskala liegen die Probanden beim Einschätzen der objektiven Position der 39 abgefragten Silben um durchschnittlich 78.7 Pixel daneben). Bis zum Ende des Versuchs (nach Sitzung 6) verringert sich diese summierte absolute Abweichung auf durchschnittlich 627 Pixel (d.h. eine Abweichung von durchschnittlich 16.1 Pixel pro Silbe).

Wie erwartet, konsolidiert sich die räumliche Repräsentation insbesondere durch den Umgang mit dem Menüsystem während der Versuchssitzungen: So kommt es im direkten Vergleich der Wissensabfragen zu Beginn einer Sitzung mit denen zum Ende einer Sitzung stets zu einer Verringerung der summierten mittleren absoluten Abweichungen in der Visuellen Analogskala. Die relativ stärksten Leistungszuwächse bei der Zuweisung der räumlichen Positionen der Menüinhalte auf der Visuellen Analogskala treten dabei in der dritten bis fünften Sitzung auf (Sitzung 3: 28% Verringerung der summierten absoluten Abweichungen, Sitzung 4: 29%, Sitzung 5: 35%). In diesen Sitzungen konstruieren die Probanden scheinbar besonders intensiv räumliche Wissensstrukturen. In den Sitzungen 2 und 6 sind die entsprechenden Zuwächse geringer (Sitzung 2: 21%, Sitzung 6: 19% Verringerung).

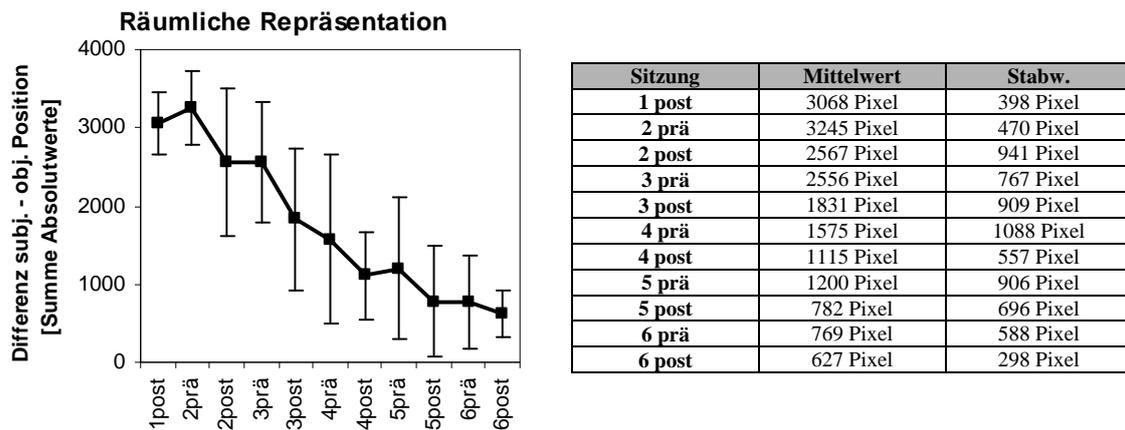


Abbildung 6-6: Summe der absoluten Abweichungen der eingeschätzten (subjektiven) Position eines Menüinhalts von der objektiven Position auf der Visuellen Analogskala über die verschiedenen Durchgänge („prä“ zu Beginn der Sitzung, „post“ am Ende der Sitzung). Hohe Werte bedeuten eine schlechte Leistung in der Zuweisung der räumlichen Positionen. Dargestellt sind Mittelwerte und Standardabweichung der absoluten Abweichungen.

Demgegenüber treten regelhaft keine systematischen Leistungsverbesserungen in der Visuellen Analogskala zwischen den Sitzungen statt. Lediglich zwischen Sitzung 3 und 4 kommt es trotz Lernpause zu einer Leistungssteigerung in der Visuellen Analogskala in Höhe von 14%. Dies unterstützt obige Annahme, dass insbesondere zwischen Sitzung 3 und 5 räumliche Informationen kodiert werden. Auffällig ist die Stabilität der Leistung über eine Lernpause von 10 Tagen zwischen Sitzung 5 und 6.

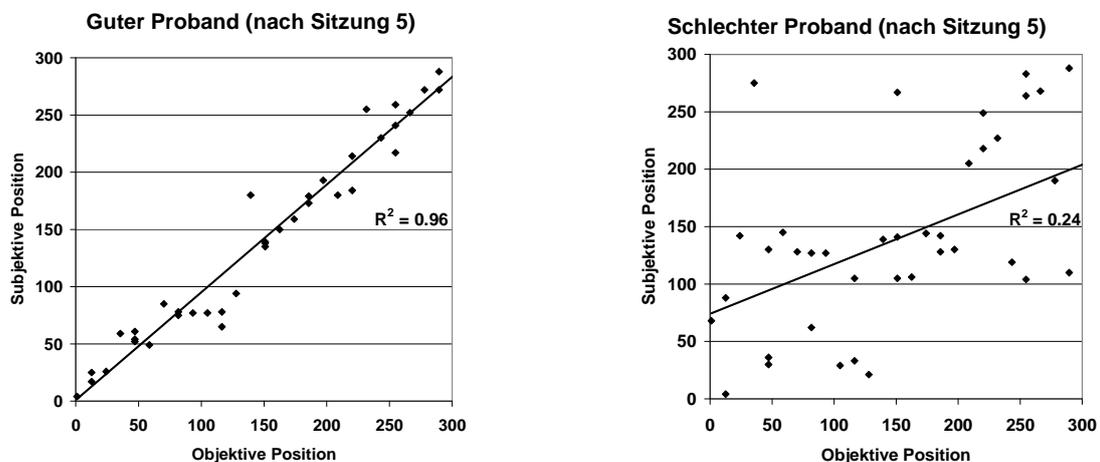


Abbildung 6-7: Angegebene (subjektive) und objektive räumliche Positionen auf der Visuellen Analogskala [in Pixel] für die Inhalte des Systems sinnloser Silben für „guten Proband“ (links) bzw. „schlechten Proband“ (rechts). Aufgetragen ist eine lineare Regression mit Determinationskoeffizient.

Hinsichtlich den räumlichen Repräsentationen der Probanden sind zum Teil erhebliche interindividuelle Unterschiede zu berücksichtigen: So beträgt die minimale Summe der absoluten Abweichungen für den in der Visuellen Analogskala besten Probanden (sog. guter Proband) 330 Pixel (Messzeitpunkt „6prä“;  $m = 1097$ ,  $sd = 958$ ,  $max = 3112$ ). Der Proband mit der schlechtesten Leistung in der Visuellen Analogskala (sog. schlechter Proband) hat demgegen-

über regelhaft absolute Abweichungssummen von mehr als 2050 Pixel (Ausnahme: Messzeitpunkt „6post“ mit 1239 Pixel,  $m = 3029$ ,  $sd = 940$ ,  $max = 4147$ ). Abbildung 6-7 veranschaulicht die Ergebnisse des „guten Probanden“ (links) und des „schlechten Probanden“ (rechts) in der Visuellen Analogskala für die Messung am Ende von Sitzung 5 (Tag 5) im Vergleich. Während beim „guten Probanden“ eine Übereinstimmung zwischen objektiven und angegebenen (subjektiven) räumlichen Positionen in Höhe von 98% beträgt und somit das gesamte System sinnloser Silben räumlich nahezu perfekt repräsentiert ist, ist dies für den „schlechten Probanden“ nur für 24% der Varianz der Fall.

### 6.3.4 Räumliches Wissen und Bedienleistung

Die Güte der räumlichen Repräsentation scheint zugleich einen Einfluss auf die Menübedienung zu haben. Hierzu wird in Abbildung 6-8 die Mittlere Navigationsleistung (links) und die Überflüssige Wegstrecke (rechts) für den in Kap. 6.3.3 identifizierten „guten Probanden“ bzw. „schlechten Probanden“ im Vergleich zum Gruppenmittelwert in den genannten Parametern aufgetragen. Wie aus dieser Abbildung ersichtlich, gehen die Leistungsunterschiede zwischen den Probanden in der Visuellen Analogskala mit einem typischen Muster in der Menübedienung einher: Der Proband mit der besten Leistung in der Visuellen Analogskala („guter Proband“) benötigt zum Ansteuern der vorgegebenen Menüfunktion eine geringere Mittlere Navigationszeit und eine kürzere Überflüssige Wegstrecke als der Gruppenmittelwert. Beim Probanden mit der schlechtesten Leistung („schlechter Proband“) ist demgegenüber im Vergleich zum Gruppenmittelwert die Mittlere Navigationszeit erhöht und die Überflüssige Wegstrecke länger. Die verbleibenden Probanden der untersuchten Stichprobe, die hinsichtlich ihrer Leistung beim Zuweisen der räumlichen Positionen der Menüinhalte in der Visuellen Analogskala zwischen diesen Extrema lagen, befinden sich auch in ihrer Bedienleistung zwischen dem „guten“ und „schlechten Probanden“.

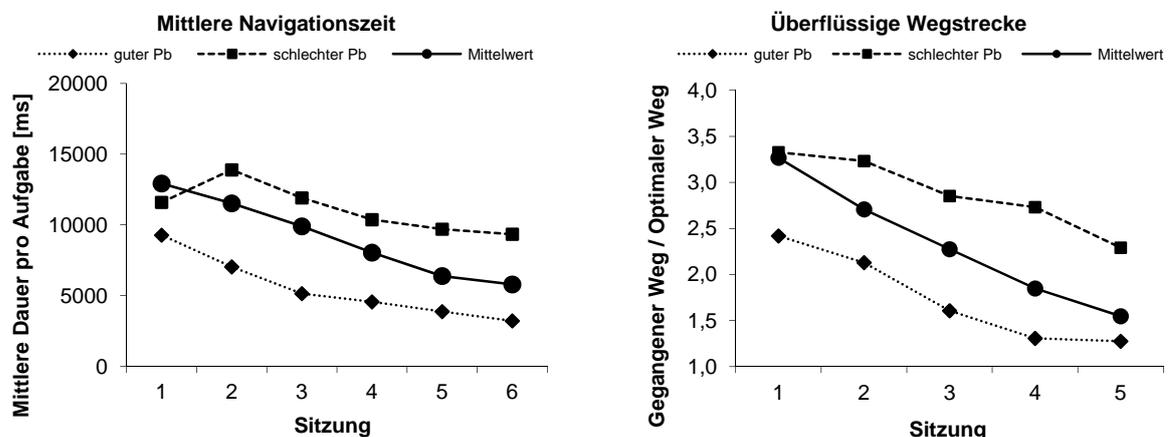


Abbildung 6-8: Mittlere Navigationszeiten (links) bzw. Überflüssige Wegstrecke (rechts) für den Probanden mit der besten Leistung in der Visuellen Analogskala („guter Pb“) bzw. schlechtesten Leistung in der Visuellen Analogskala („schlechter Pb“) im Vergleich zum Gruppenmittelwert.

Diese Ergebnisse sprechen dafür, dass das räumliche Wissen für die schnelle und erfolgreiche Bedienung des Systems sinnloser Silben mitentscheidend ist: Nutzern, denen es gelingt, beim Umgang mit Menüsystemen schnell und präzise räumliche Wissensstrukturen über diese Systeme zu konstruieren, haben beim Umgang mit Menüsystemen deutliche Vorteile gegenüber Personen, denen der Erwerb räumlicher Informationen nicht so gut und leicht gelingt.

## 6.4 Zusammenfassung und Diskussion

In dieser Studie wurde versucht, folgende inhaltliche Fragestellungen zu beantworten:

- (1) Abbildung des Kompetenzerwerbs in einem Menüsystem
- (2) Analyse der Bedeutung begrifflicher und räumlicher Repräsentationen für den Kompetenzerwerb

Der Kompetenzerwerb für ein System sinnloser Silben folgt, im Gegensatz zu Menüsystemen mit bedeutsamen Inhalten (z.B. Raumschiff-System I und II, siehe Kap. 4 und 5), nicht dem sog. Potenzgesetz der Übung (siehe Kap. 2.2.5): Weder die Gesamtbedienleistung (Parameter „Mittlere Navigationszeit“) noch die Bediengeschwindigkeit (Parameter „Mittlere Schrittdauer“) oder Bediengenauigkeit (Parameter: „Überflüssige Wegstrecke“) verhalten sich im Lernverlauf, wie vom Potenzgesetz vorhergesagt. Hinsichtlich der Bedienleistung werden im Lernverlauf kontinuierlich nahezu vergleichbar starke Lernzuwächse deutlich bzw. die Mittlere Schrittdauer ist unabhängig vom Kompetenzerwerb.

Hierfür sind unter Umständen die fehlenden inhaltlichen Bedeutungen der Menüinhalte verantwortlich: Den Nutzern ist es nicht möglich, zu Beginn des Systemkontakts einen ersten Einblick in die sog. Inhaltsstruktur des Menüsystems zu gewinnen, wodurch der Lernzuwachs zu Lernbeginn recht hoch wäre (Cieutat et al., 1958; Fassnacht, 1971). Daher kommt es nicht zu einer entsprechenden Beschleunigung und Verbesserung der Menübedienung zu Lernbeginn, wie es in bedeutungshaltigen Menüsystemen gezeigt wurde. Die Erkennbarkeit der sog. Inhaltsstruktur hat somit einen Einfluss auf die Lernkurve, insbesondere in den Anfangsstadien des Systemkontakts.

Es wird ferner gezeigt, dass das Erlernen von begrifflichen Hierarchien eines Menüsystems primär über das Erlernen der „Nachbarn“ im System (d.h. über Inhalte desselben Menübereichs auf einer Menüebene) erfolgt. Mit Zeitversatz gelingt auch das Erlernen der „Vorgesetzten“ (d.h. übergeordnete Inhalte auf höheren Menüebenen eines Bereichs). Die stärksten Lernleistungen bezüglich Unterbegriffs-Overbegriffs-Relationen Menüs finden erst nach einiger Erfahrung im Umgang mit dem Menüsystem statt, nicht jedoch zu Übungsbeginn.

Wie bereits für das Raumschiff-System I (siehe Kap. 4) beschrieben, werden im Umgang mit einem Menüsystem räumliche Wissensstrukturen über die Positionierung der Menüinhalte aufgebaut. Dies geschieht bereits ab dem Beginn des Systemkontakts, die stärksten Zuwächse im räumlichen Wissen erfolgen erst nach einem längeren Systemkontakt. Mit hinreichender Übung gelingt es im besten Fall, eine weitgehend perfekte Repräsentation hinsichtlich der räumlichen Positionen zu konstruieren. Dabei sind interindividuelle Unterschiede hinsichtlich der Geschwindigkeit und Präzision des Aufbaus räumlicher Repräsentationen zu berücksichtigen. Diese Unterschiede haben insofern eine Bedeutung für die Menübedienung, als dass Personen mit adäquatem räumlichem Wissen eine höhere Bedienleistung im Umgang mit dem Menüsystem erzielen. Personen mit weniger adäquatem räumlichem Wissen tun sich diesbezüglich schwerer. Dieses Ergebnis spricht stark für die Bedeutung räumlicher Repräsentationen beim Umgang mit Menüsystemen (siehe Kap. 2.2.9 und 2.2.11).

Zusammenfassend kann in der Studie „System sinnvoller Silben“ aufgezeigt werden, dass das Potenzgesetz der Übung im Umgang mit Menüsystemen keinem einzigen universellen Prozess unterliegt, sondern vielmehr durch eine Vielzahl einzelner kognitiver Prozesse im Lernverlauf zustande kommt. Für den relativ starken Lernzuwachs zu Beginn des Systemkontakts

ist demzufolge v.a. das Erkennen der sog. Inhaltsstruktur des Menüsystems verantwortlich. Im weiteren Lernverlauf spielen dann zunehmend das Erlernen von spezifischen Unterbegriffs-Overbegriffs-Relationen sowie der Aufbau einer adäquaten räumlichen Repräsentation über das Menüsystem eine Rolle. Diese Studie unterstützt somit empirisch die Lernstadien im Umgang mit einem Menüsystem (Norman, 1991; siehe Kap. 2.2.6). In dieser Studie wird zudem aufgezeigt, inwiefern inadäquates räumliches Wissen über die räumliche Positionierung der Menüinhalte die Bedienleistung beeinflusst. Diese Studie liefert somit Hinweise, dass das Potenzgesetz der Übung für den Kompetenzerwerb für Menüsysteme in einzelne Teilkomponenten zerlegt werden kann. Die nachfolgenden Studien sollen hier weitere Hinweise geben, welche Teilkomponenten dabei im Einzelnen zu beachten sind.

## 7 STUDIE IV: „MENÜSTRUKTUR“

### 7.1 Einleitung

Die unter Kap. 4 bis 6 dargestellten Studien griffen auf hypothetische Menüsysteme (z.B. Raumschiff-System, System sinnloser Silben) zurück, die stets an einem Bildschirmarbeitsplatz (d.h. unter Single-Task Bedingungen) zu bedienen waren. Hierdurch sollte es möglich werden, den Kompetenzerwerb in solchen Systemen unter standardisierten Bedingungen abbilden zu können. Menügesteuerte Informationssysteme im Fahrzeug werden vom Fahrer demgegenüber regelhaft während der Fahrzeugführung (d.h. unter Dual-Task Bedingungen) bedient, woraus Einbußen sowohl im Kompetenzerwerb im Umgang mit Menüsystemen als auch in der Fahrsicherheit resultieren können. Daher stellt sich die Frage, inwiefern die in einer Single-Task Situation erzielten Ergebnisse zum Kompetenzerwerb für Menüsysteme auf Dual-Task Situationen generalisiert werden können. Es ist zudem zu prüfen, ob der Aufbau mentaler Repräsentationen von der Bediensituation abhängt: So wäre es denkbar, dass der Aufbau begrifflicher und räumlicher Repräsentationen beim Umgang mit einem Menüsystem erheblich durch die Fahrzeugführung gestört wird. Zurzeit liegen keine empirischen Studien vor, die diesbezügliche Aussagen erlauben (siehe Kap. 2.3.2).

Insbesondere zu Beginn des Systemkontakts (d.h. zu Übungsbeginn) ist z.T. mit erheblichen Interferenzen zwischen Fahrzeugführung und simultaner Menübedienung zu rechnen (siehe Kap. 2.3.2). Der effizienten Zeit- und Aufmerksamkeitsaufteilung zwischen Fahrzeugführung und Fahrerinformationssystem wird dabei eine zentrale Bedeutung zugeschrieben: Es ist anzunehmen, dass diese Zeit- und Aufmerksamkeitsaufteilung durch Merkmale des Menüsystems unterstützt werden kann (siehe Kap. 2.3.3). Aus diesem Grund sollen die nachfolgenden Studien speziell diesen aus der sog. Dual-Task Situation resultierenden Anforderungen Rechnung tragen. Hierzu werden fahrkontextnahe Menüsysteme konzipiert, 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 werden.

Wie zahlreiche Studien zeigen, beeinflusst die Menüstruktur in einem erheblichen Maße sowohl Systemverständnis und -wissen als auch Geschwindigkeit und Qualität der Systembedienung (siehe Kap. 2.2.2 und 2.2.8). Für Single-Task Bedingungen werden breite Menüs (höhere Anzahl an Menüoptionen pro Menüebene) zusammenfassend als günstiger bewertet als tiefe Menüs (höhere Anzahl der Menüebenen bis zum Erreichen der Zielfunktion; Norman, 1991). Erste Studien legen jedoch nahe, dass unter Dual-Task Bedingungen breite Menüs mit stärkeren Interferenzen zwischen Fahrzeugführung und Menübedienung für breite Menüs einhergehen (Körner, 2006; Kujala, 2009; Manes & Green, 1997; siehe Kap. 2.3.3).

Es ergaben sich folgende inhaltliche Zielsetzungen für die Studie „Menüstruktur“:

- (1) Abbildung des Kompetenzerwerbs in einem Menüsystem unter Dual-Task Bedingungen
- (2) Analyse begrifflicher und räumlicher Repräsentationen in Dual-Task Bedingungen
- (3) Auswirkungen von Systemvariationen auf Kompetenzerwerb

Um diese Fragestellungen zu prüfen, werden ein breites sowie ein tiefes Menüsystem sowohl unter Single-Task Bedingungen als auch in einer Dual-Task Situation eingesetzt. Es wird eine

Trackingaufgabe eingeführt, die die Probanden als Primäraufgabe möglichst präzise bearbeiten sollen. Sie sollen das Menüsystem nur dann zu bedienen, wenn entsprechende kognitive Kapazitäten frei wären.

## 7.2 Methodisches Vorgehen

### 7.2.1 Menüsystem

In der vorliegenden Studie wurden zwei Menüsysteme konstruiert:

- Tiefes Menü (bestehend aus vier Menüebenen, 4\*2\*2\*4-Menüstruktur)
- Breites Menü (bestehend aus zwei Menüebenen, 8\*8-Menüstruktur)

Das tiefe Menü umfasste vier Optionen auf der ersten Menüebene (Menübereiche (1) „Navigation“, (2) „Entertainment“, (3) „Telefon“ und (4) „Bordcomputer“), je zwei Optionen auf der zweiten bzw. dritten Ebene und vier Funktionen auf der vierten Ebene. Somit liegt hier eine 4\*2\*2\*4-Menüstruktur vor (siehe Abbildung 7-1).

Ebene 1	Ebene 2	Ebene 3	Ebene 4
Bordcomputer	Fahrzeugeinstellungen	Assistenzfunktionen	autom. Handbremse Wegfahrsperr Einparkhilfe Geschwindigkeitslimit setzen
		Sitzeinstellungen	Sitzposition Sitzheizung Rückenlehne Massagefunktion
	Fahrzeuginfos	aktuelle Fahrdaten	aktuelle Geschwindigkeit durchschnittl. Geschwindigkeit momentaner Verbrauch bisherige Fahrzeit
		Fahrzeugcheck	nächster Ölwechsel Reifendruck prüfen Bremsbeläge prüfen nächster TÜV-Termin

Abbildung 7-1: Auszug aus dem tiefen Menüsystem (4\*2\*2\*2-Struktur).

Das breite Menü wiederum setzte sich aus zwei Ebenen mit jeweils acht Optionen zusammen (Menübereiche auf Ebene 1: (1) „Ziele“, (2) „Route“, (3) „Audio“, (4) „TV“, (5) „Anruflisten“, (6) „Text-Mitteilungen“, (7) „Fahrzeugeinstellungen“ und (8) „Fahrzeuginformationen“; siehe Abbildung 7-2). Dies wird als 8\*8-Menüstruktur bezeichnet. Beide Menüs bestanden aus insgesamt 64 Funktionen. Bei beiden Menüs wurde auf dem Bildschirm jeweils nur die aktuelle Menüebene, auf der die Probanden sich befanden, dargestellt.

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 (für einen direkten Vergleich siehe Abbildung 7-1 und Abbildung 7-2). Mittels einer Voruntersuchung (N = 6 Probanden) wurde kontrolliert, dass beide Menüs hinsichtlich semantischer Merkmale vergleichbar waren. Hierzu kam ein Kartensor-

tierverfahren zum Einsatz, bei dem eine Menge von Unterbegriffen möglichen Oberbegriffen zugewiesen werden sollten (für eine Beschreibung des Vorgehens siehe Kap. 5.2.3).

Ebene 1	Ebene 2
Fahrzeugeinstellungen	autom. Handbremse Wegfahrsperrung Einparkhilfe Geschwindigkeitslimit setzen Sitzposition Sitzheizung Rückenlehne Massagefunktion
Fahrzeuginfos	aktuelle Geschwindigkeit durchschnittl. Geschwindigkeit momentaner Verbrauch bisherige Fahrzeit nächster Ölwechsel Reifendruck prüfen Bremsbeläge prüfen nächster TÜV-Termin

Abbildung 7-2: Auszug aus dem breiten Menüsystem (8\*8-Struktur).

Die Gliederung bzw. Reihenfolge der Menübereiche und -inhalte 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 eine ungünstige Form der begrifflichen Menügestaltung vor.

### 7.2.2 Bedienungsaufgabe

Die Probanden sollten mittels des Menüsystems möglichst schnell und präzise Aufgaben bearbeiten. Dies geschah im Rahmen von Aufgabenblöcken à 48 Aufgaben. In der Single-Task Bedingung wurden den Probanden drei Aufgabenblöcke zur Bearbeitung vorgegeben, in der Dual-Task Bedingung lediglich zwei Aufgabenblöcke. Die jeweiligen Aufgabenblöcke der Single- bzw. Dual-Task Bedingung waren identisch. Für eine ausführliche Darstellung der Menübedienung und technischen Aspekte des Menüsystems siehe Studie „Raumschiff-System I“ (siehe Kap. 4.2.1 und 4.2.2).

Zur Beschreibung der Bedienleistung wurden nachfolgende Parameter ermittelt:

- Mittlere Navigationszeit (mittlere Zeitdauer, in der sich die Probanden im Menüsystem befanden [in ms])
- Mittlere Schrittdauer (mittlere Zeitdauer zwischen zwei Bedienhandlungen innerhalb des Menüsystems [in ms])
- Überflüssige Wegstrecke (Anzahl tatsächlich gegangener Schritte im Verhältnis zur Anzahl notwendiger Schritte [Quotient])
- Mittlere Instruktionszeit pro Wort (mittlere Zeitdauer, einen Instruktionstext für die zu bearbeitende Aufgabe zu lesen und mit der Aufgabe zu beginnen [in ms])

### 7.2.3 Trackingaufgabe

In der Dual-Task Bedingung wurde eine Trackingaufgabe eingesetzt. Eine solche Aufgabe erfordert die kontinuierliche Kontrolle und Aufmerksamkeit einer Person (wie z.B. das Fahren eines Fahrzeugs oder das Fliegen eines Flugzeugs) und bedeutet das Ausführen von zielgenauen Bewegungen zu gegebener Zeit. Die hier eingesetzte Trackingaufgabe bestand aus einem Kreuz, das konstant einige Meter vor dem Ego-Fahrzeug auf den Straßenbelag einer leicht kurvigen Landstraße projiziert wurde (siehe Abbildung 7-3 rechts). Nach 9 bis 10s variierte dieses Kreuz seine Position auf der Fahrbahn. Initiiert durch einen Zufallsalgorithmus bewegte sich das Kreuz z.B. innerhalb von 3 sek um 0.85 m aus der Fahrspurmitte mit konstanter Geschwindigkeit nach rechts oder links. Von dort bewegte es sich nach 9 bis 10 sek Ruhelage innerhalb von 3 sek zur Spurmitte zurück.

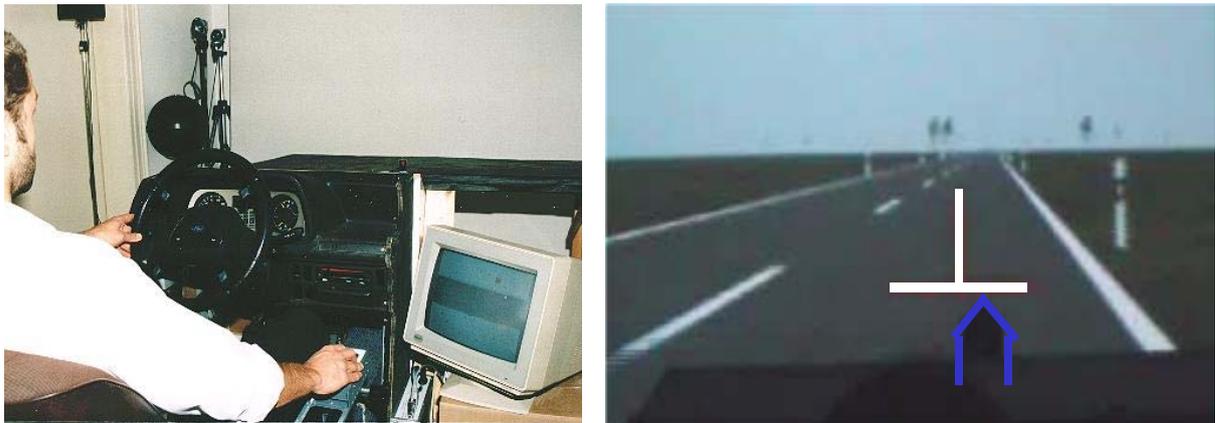


Abbildung 7-3: Fahr Simulator (links) und Trackingaufgabe (Screenshot; rechts).

Aufgabe der Probanden war es, den Bewegungen des Kreuzes möglichst präzise zu folgen. Dazu musste die Versuchsperson eine an der Fahrzeugkonsole angebrachte Markierung konstant mit dem Schnittpunkt des Kreuzbalkens in Übereinstimmung bringen und halten (siehe Abbildung 7-3 rechts). Das Kreuz befand sich in seiner Lage links und rechts von der Spurmitte stets innerhalb der Fahrspur des Ego-Fahrzeugs, die Reifen des Fahrzeugs mussten also nicht die Spurmarkierungen berühren. Mittels dieser Trackingaufgabe sollte die Fokussierung des Fahrers auf ein sicherheitsorientiertes Fahren simuliert werden. Die Probanden mussten die Fahrgeschwindigkeit des Simulatorfahrzeugs nicht kontrollieren: Es wurde ein Tempomat mit einer voreingestellten Geschwindigkeit von 100 km/h aktiviert.

Die Trackingleistung wurde über folgende Parameter beschrieben:

- Mittlere Abweichung von Kreuzposition [in m]
- Mittlere Anzahl Spurverletzungen (Häufigkeit der Berührungen der Fahrbahnmarkierung durch die Fahrzeugreifen [Anzahl])

Die Trackingaufgabe wurde in einem Fahr Simulator ohne Bewegungssystem durchgeführt. Die Probanden saßen hierbei in einer Fahrkonsole mit Lenkrad, Gas- und Bremspedal (siehe Abbildung 7-3 links). Straße und Umwelt wurden von einem Beamer auf eine 2.40 m vor ihnen stehende Leinwand (Bildgröße 2.63 x 2.15m) projiziert. Die Datenaufzeichnung erfolgte mit einer Abtastrate von 100 Hz. Um die Probanden an die Fahrsimulation zu gewöhnen, wurde in einer zusätzlichen Trainingssitzung einige Tage vor der Versuchssitzung ein Simulatortraining durchgeführt. In diesem konnten die Probanden mit frei wählbarer Geschwindig-

keit im Fahrsimulator einen Landstraßenparcours fahren, die Lenkung ausprobieren, sich an die Streckensimulation gewöhnen etc. Diese Trainingsfahrt dauerte ca. 30 min.

#### 7.2.4 Erfassung des Blickverhaltens

Um die visuelle Aufmerksamkeit der Probanden für die Bedienung der Menüaufgabe unter Dual-Task Bedingung abzuschätzen, wurde zusätzlich das Blickverhalten der Probanden erhoben. Von Interesse waren ausschließlich sog. Displayblicke, d.h. Blicke, die auf das Display gerichtet waren, auf dem das Menüsystem dargeboten wurde.

Es wurde angenommen, dass für Displayblicke ein geringes Augenöffnungsniveau notwendig sei und hierdurch z.B. von Blicken auf die Fahrbahn mit einem größeren Augenöffnungsniveau abgegrenzt werden könnten. Um dieses Augenöffnungsniveau von Displayblicken zu messen, wurden Lidschlussgeber verwendet: Je eine kleine Magnetspule wurde an Unter- und Oberlid des Probanden angebracht, die die Lidbewegungen unabhängig von der Bewegung des Augapfels erfassten (Messtakt: 100 Hz). Die angebrachten Spulen sind in Abbildung 7-4 zu sehen. Das dermaßen ermittelte Augenöffnungsniveau wurde zunächst um vollständige Schließungen des Augenlids (z.B. zur Befeuchtung der Hornhaut) bereinigt. Die Dauer eines solchen Lidschlusses beträgt ca. 150 ms (Galley, 1993). Sofern Augenöffnungen auf einem mittleren Öffnungsniveau (d.h. in Höhe des Displays im Fahrerstand) länger als 300 ms dauerten, wurden diese als sog. Displayblicke klassifiziert.



Abbildung 7-4: Proband mit Magnetspulen zur Erfassung des Lidschlusses und des Blickverhaltens. Eine der beiden Spulen ist am Oberlid, die andere am Unterlid befestigt.

Es wurden zur Beschreibung der visuellen Aufmerksamkeit folgende Parameter ermittelt:

- Mittlere Anzahl Displayblicke [Anzahl]
- Mittlere Dauer Displayblicke (mittlere Zeitdauer, die die Probanden ununterbrochen das Display fixierten [in sek])
- Mittlere Standardabweichung der Dauer der Displayblicke (mittlere Variation der Zeitdauer, die die Probanden ununterbrochen das Display fixierten [in sek])

#### 7.2.5 Probandenbefragung

Nach jedem Block wurden die Probanden z.B. hinsichtlich ihrer subjektiven Anstrengung („Wie anstrengend war die Aufgabe?“) und subjektiven Aufgabenbearbeitung („Wie gut hast Du die Aufgabe gelöst?“) beim Umgang mit dem Menüsystem (sowohl in der Single-Task als auch der Dual-Task Bedingung) bzw. bei der Trackingaufgabe (in der Dual-Task Bedingung) befragt. Hierzu wurde eine 16-stufige Kategorienunterteilungsskala herangezogen (Heller, 1985; siehe Kap. 4.2.3). Als Abhängige Variable der Probandenbefragung wurde erfasst:

- Probandenurteil [Skala 0 ... 15]

**7.2.6 Erfassung des räumlichen und begrifflichen Wissens**

Das räumliche Wissen über das Menüsystem wurde über die in Kap. 4.2.4 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 alle Menüinhalte (64 Funktionen) des eingesetzten Menüsystems. Die Probanden haben während des Versuchs eine solche eindimensionale Liste der Menüfunktionen nicht gesehen. Als Leistungsmaß diente bei der Abfrage des räumlichen Wissens:

- Summierte absolute Abweichung der eingeschätzten (d.h. subjektiven) Position von der objektiv richtigen Position einer Menüfunktion [in Pixel]

Die Überprüfung des begrifflichen Wissens erfolgte über eine einfache Wahlreaktionsaufgabe, in der für jede Menüfunktion der jeweils untersten Menüebene (Ebene 4 im tiefen Menüsystem bzw. Ebene 2 im breiten System; 64 Menüinhalte) der Oberbegriff der ersten Menüebene ausgewählt werden sollte (für eine Beschreibung der einfachen Wahlreaktionsaufgabe siehe Kap. 4.2.5). Hierdurch wurden Unterbegriffs-Oberbegriffs-Relationen ermittelt. Folgende Parameter zur Erfassung des begrifflichen Wissens wurden berücksichtigt:

- Mittlere Reaktionszeit [in ms]
- Mittlere Trefferquote (Prozentuale Häufigkeit richtiger Entscheidungen [in Prozent])

**7.2.7 Versuchsplan**

Der Versuch untergliederte sich in zwei voneinander unabhängige Versuchsgruppen: Eine Hälfte der Probanden bearbeitete das Menüsystem unter Single-Task Bedingungen, die andere Hälfte unter Dual-Task Bedingungen (mit gleichzeitiger Trackingaufgabe). Sowohl in der Single-Task als auch in der Dual-Task Bedingung bediente je eine Hälfte der Probanden das breite Menü (8\*8-Struktur) bzw. tiefe Menü (4\*2\*2\*4-Struktur). Die Aufgabenblöcke waren für beide Menüvarianten identisch.

Es liegt demzufolge ein Mischversuchsplan mit den Faktoren „Block“ (3 Blöcke unter Single-Task Bedingung, 2 Blöcke unter Dual-Task Bedingung; within-Faktor), „Menüstruktur“ (breit vs. tief; between-Faktor) und „Situation“ (Single-Task vs. Dual-Task; between-Faktor) vor. Tabelle 7-1 veranschaulicht diesen Versuchsplan schematisch.

*Tabelle 7-1: Schematische Darstellung des Versuchsplans der Studie „Menüstruktur“ (N = 24 Probanden, „R“ Randomisierung, „W“ = Messwiederholung).*

		<b>W</b>		
		<b>Aufgabenblock</b>		
<b>Versuchsgruppe</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>R</b>	<b>Single-Task</b>	<b>Breites Menü</b>	n = 6	n = 6
		<b>Tiefes Menü</b>	n = 6	n = 6
	<b>Dual-Task</b>	<b>Breites Menü</b>	n = 6	n = 6
		<b>Tiefes Menü</b>	n = 6	n = 6

### 7.2.8 Versuchsablauf

In der Single-Task Bedingung wurden den Probanden im Rahmen einer Versuchssitzung drei Aufgabenblöcke zur Bearbeitung mit dem Menüsystem vorgegeben. Nach jedem Aufgabenblock fand eine kurze Befragung der Probanden bezüglich der subjektiven Anstrengung, subjektiven Schwierigkeit etc. beim Umgang mit dem Menüsystem statt. Nach Block 1 und 3 wurde das räumliche Wissen über die Visuelle Analogskala abgefragt. Ausschließlich nach Block 1 wurde das begriffliche Wissen mittels der Einfachen Wahlreaktionsaufgabe geprüft, da davon ausgegangen wurde, dass das Menüsystem hinsichtlich der hierarchischen Begriffsstruktur relativ eindeutig war. Diese Sitzung fand an einem Bildschirmarbeitsplatz statt.

In der Dual-Task Bedingungen wurden – um die Probanden nicht zu stark zu belasten – lediglich zwei Aufgabenblöcke zur Bearbeitung im Menüsystem parallel zu einer Trackingaufgabe dargeboten. Aufgabe der Probanden war es, die Trackingaufgabe möglichst präzise zu bearbeiten und die Aufgaben im Menüsystem nur dann zu bedienen, wenn entsprechende kognitive Kapazitäten frei wären. Nach jedem Aufgabenblock wurde eine Probandenbefragung bezüglich der subjektiven Anstrengung, subjektiven Schwierigkeit etc. beim Umgang mit dem Menüsystem sowie bei der Trackingaufgabe durchgeführt. Nach Block 1 und Block 2 wurde das räumliche Wissen über die Visuelle Analogskala ermittelt. Die einfache Wahlreaktionsaufgabe zur Erfassung des begrifflichen Wissen wurde (ähnlich wie in der Single-Task Bedingung) lediglich nach Block 1 durchgeführt. Die Trackingaufgabe wurde in einem Fahrsimulator ohne Bewegungssystem durchgeführt; die Menüaufgabe wurde auf einem Display dargeboten, der auf Höhe der mittleren Mittelkonsole positioniert war. Die Wahlreaktionsaufgabe und die Visuelle Analogskala wurden an einem Bildschirmarbeitsplatz bearbeitet.

Die Prüfsitzung dauerte sowohl unter Single-Task als auch Dual-Task Bedingungen ca. 90 min. Die Probanden der Dual-Task Bedingung erhielten einige Tage zuvor ein Simulatortraining, in dem sie u.a. den Umgang mit der Fahrsimulation übten. Diese Trainingssitzung dauerte ca. 45 min.

### 7.2.9 Stichprobe

An diesem Versuch nahmen  $N = 24$  Probanden teil:  $n = 12$  Probanden unter Single-Task Bedingungen (7 weiblich, 5 männlich, mittleres Alter: 23.7 Jahre,  $sd = 6.4$  Jahre) und  $n = 12$  Probanden unter Dual-Task Bedingungen (5 weiblich, 7 männlich, mittleres Alter 24.3 Jahre,  $sd = 2.4$  Jahre). Sie wurden über Aushänge am Psychologischen Institut III angeworben. Es handelt sich dementsprechend um eine studentische Stichprobe.

Die Probanden erhielten für ihre Teilnahme sog. Versuchspersonenstunden, die im Rahmen des Diplomstudiengangs Psychologie als Pflichtleistung angerechnet werden konnte.

## 7.3 Ergebnisse

### 7.3.1 Bedienleistung und Single-Task Bedingung

Unter Single-Task Bedingungen findet in den untersuchten Menüs zu Lernbeginn eine relativ starke Verringerung der Mittleren Navigationszeit von im Mittel 9075 ms ( $sd = 6033$  ms) in Block 1 zu 6362 ms ( $sd = 3178$  ms) in Block 2 statt (Mittelwert über beide Menüvarianten; siehe Abbildung 7-5). Mit zunehmender Übung verringert sich die Mittlere Navigationszeit nur noch geringfügig (Block 3:  $m = 6098$  ms,  $sd = 2907$  ms). Unabhängig vom Lernstatus

schneidet das breite Menüsystem in der Gesamtbedienleistung günstiger ab: Über alle Aufgabenblöcke ist die Mittlere Navigationszeit beim breiten Menü geringer als beim tiefen Menü.

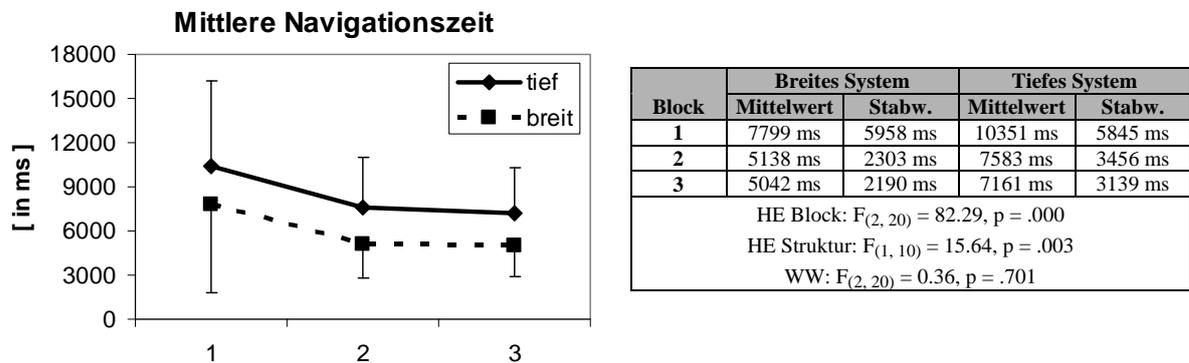


Abbildung 7-5: Mittlere Navigationszeit. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalyse mit den Faktoren „Block“ und „Struktur“.

Die lernbedingte Abnahme der Mittleren Navigationszeit sowie die diesbezüglichen Unterschiede in Abhängigkeit der Menüstruktur scheinen v.a. auf die Mittlere Schrittdauer zurückzuführen zu sein: Wie in Abbildung 7-6 links zu sehen, treten in diesem Parameter insbesondere von Block 1 zu Block 2 unter Single-Task Bedingungen stärkere Lerneffekte auf (Block 1:  $m = 925$  ms,  $sd = 535$  ms; Block 2:  $m = 653$  ms,  $sd = 192$  ms; Block 3:  $m = 625$  ms,  $sd = 206$  ms über beide Menüvarianten hinweg). Zudem ergibt sich in den Mittleren Schrittdauern als Parameter der Bediengeschwindigkeit ein tendenzieller Vorteil für das breite Menü.

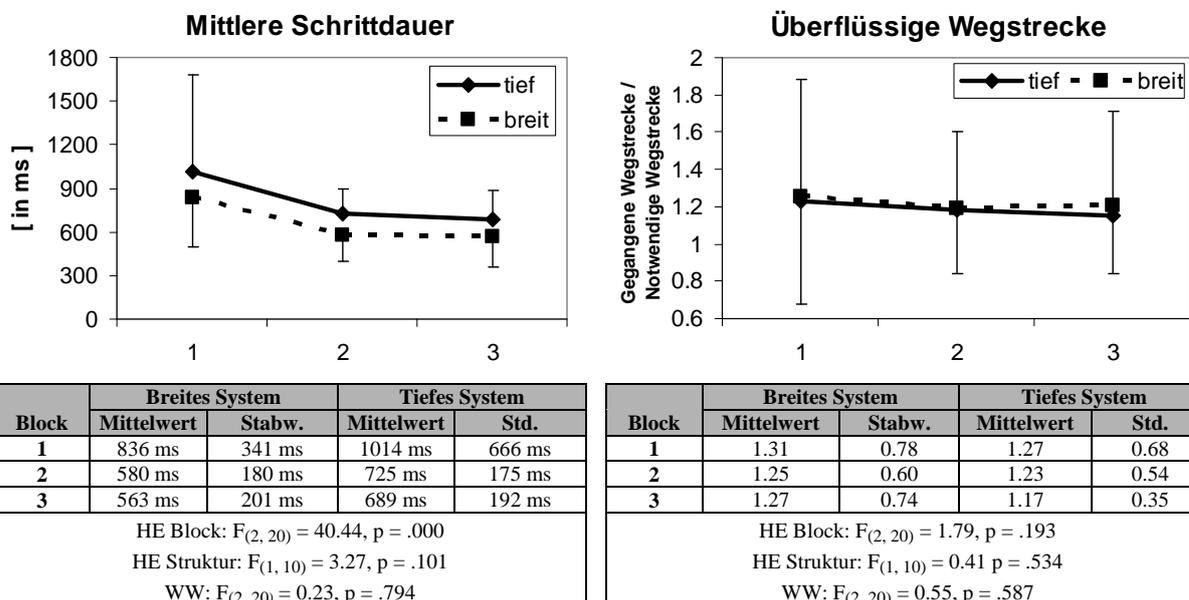


Abbildung 7-6: Mittlere Schrittdauer (links) und Überflüssige Wegstrecke (rechts). Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit den Faktoren „Block“ und „Struktur“.

Abbildung 7-6 rechts zeigt, dass in der Überflüssigen Wegstrecke für die untersuchten Menüs keine Lerneffekte auftauchen: Unabhängig vom Aufgabenblock ist durchschnittlich 25% der im Menü zurückgelegten Strecke überflüssig für die Aufgabenbearbeitung (Quotient „Über-

flüssige Wegstrecke“ 1.29 in Block 1, 1.24 in Block 2 und 1.22 in Block 3 über beide Menüvarianten hinweg). Ebenso ist unter Single-Task Bedingungen die Menüstruktur für die Überflüssige Wegstrecke als Parameter der Bediengenaugigkeit von untergeordneter Bedeutung.

Zudem werden Lerneffekte für die Mittlere Instruktionszeit sichtbar (siehe Abbildung 7-7): Die Mittlere Instruktionszeit pro Wort beträgt in Aufgabenblock 1 (über beide Menüvarianten hinweg) durchschnittlich 397 ms, im zweiten Block 275 ms und im dritten Block 226 ms. Im breiten Menü wird generell schneller mit der Menübedienung angefangen als im tiefen Menü.

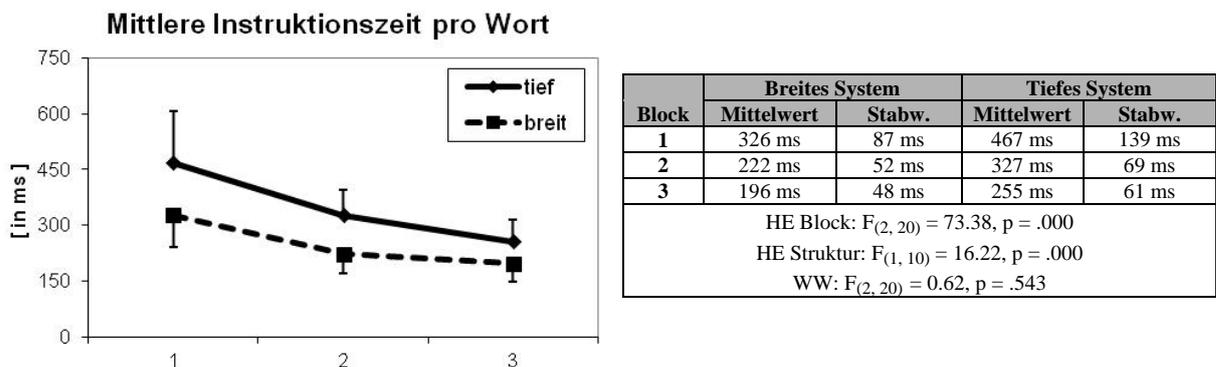


Abbildung 7-7: Mittlere Instruktionszeit pro Wort der Instruktion. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalyse mit den Faktoren „Block“ und „Struktur“.

### 7.3.2 Bedienleistung und Dual-Task Bedingung

Wie erwartet, führt die gleichzeitige Bearbeitung der Trackingaufgabe während des Umgangs mit dem Menüsystem zu Einbußen in der Gesamtbedienleistung (siehe Abbildung 7-8 links): Während die Mittlere Navigationszeit in der Single-Task Bedingung in Aufgabenblock 1 (über beide Menüvarianten hinweg) bei durchschnittlich 9075 ms und in Block 2 bei 6362 ms liegt, beträgt die entsprechende Mittlere Navigationszeit bei simultaner Befolgung der Trackingaufgabe im Mittel 18958 ms für Block 1 bzw. 11198 ms für Block 2. Unter Dual-Task Bedingungen sind die übungsbedingten Leistungssteigerungen mit insgesamt 41% größer als unter Single-Task Bedingungen (29%). Ähnliche Ergebnisse resultieren für die Mittlere Schrittdauer (siehe Abbildung 7-8 rechts): In der Dual-Task Bedingung dauern die einzelnen Schritte im Mittel länger als in der Single-Task Bedingung. Die lernbedingten prozentualen Veränderungen in diesem Parameter betragen durchschnittlich 29% für die Single-Task bzw. 42% für die Dual-Task Bedingung. Die interindividuelle Variabilität ist für beide genannten Parameter unter Dual-Task Bedingungen erheblich vergrößert.

Der in der Single-Task Bedingung gezeigte Vorteil für das breite Menüsystem hinsichtlich der Mittleren Navigationszeit und Mittleren Schrittdauer kann in der Dual-Task Bedingung nicht festgestellt werden (Mittlere Navigationszeit für tiefes Menü: 14687 ms, breites Menü: 15468 ms; siehe Abbildung 7-8 links).

Die Überflüssige Wegstrecke im Umgang mit den Menüsystemen wird weder von der gleichzeitig zu bearbeitenden Trackingaufgabe beeinflusst noch liegen unter Dual-Task Bedingungen Unterschiede zwischen den Menüvarianten vor. Somit ist die Bediengenaugigkeit an dieser Stelle eher von untergeordneter Bedeutung.

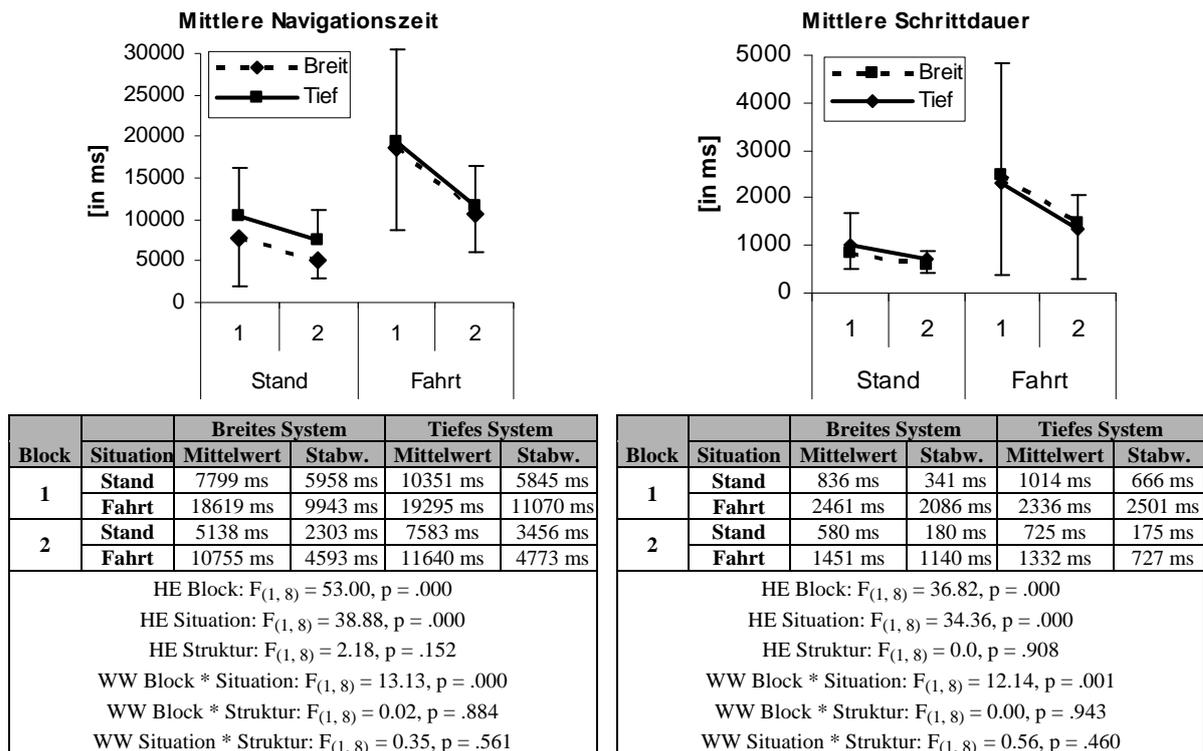


Abbildung 7-8: Mittlere Navigationszeit (links) und Mittlere Schrittdauer (rechts). Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit den Faktoren „Block“, „Situation“ und „Struktur“.

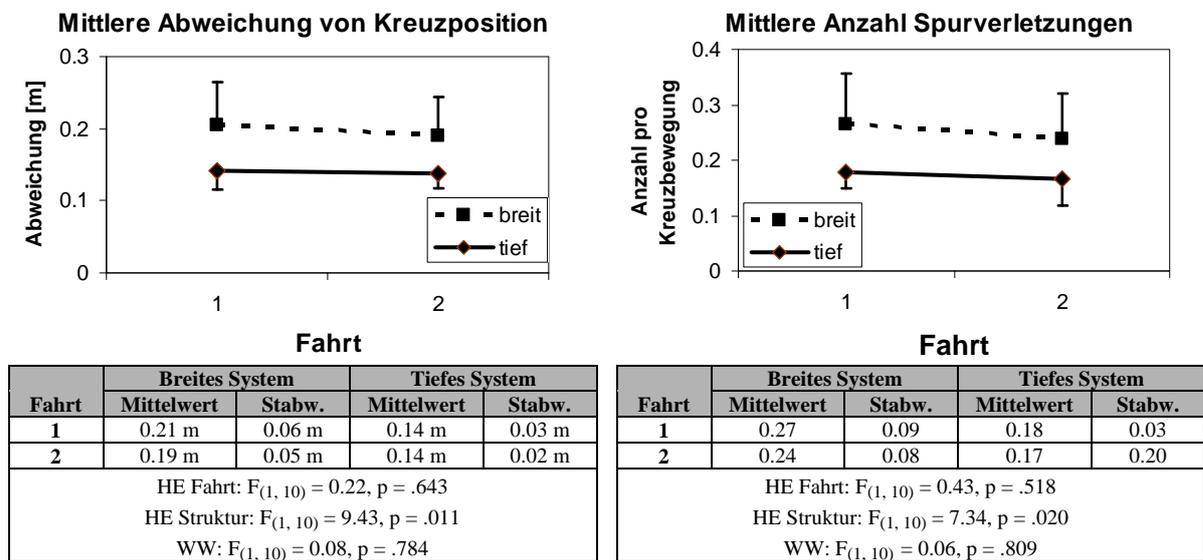


Abbildung 7-9: Mittlere Abweichungen von der Kreuzposition (links) bzw. Mittlere Anzahl der Spurverletzungen (rechts). Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit den Faktoren „Fahrt“ und „Struktur“.

### 7.3.3 Leistung in Trackingaufgabe

Demgegenüber ergeben sich für die Leistung in der Trackingaufgabe deutliche Einflüsse der Menüstruktur: So weichen die Probanden bei Bearbeitung des tiefen Menüs unabhängig vom Lernstatus weniger stark von der Kreuzposition ab als Probanden des breiten Menüs (Parameter „Mittlere Abweichung von Kreuzposition“, siehe Abbildung 7-9 links). Die Probanden des tiefen Menüsystems können somit der Kreuzbewegung in der Trackingaufgabe besser folgen als die Probanden des breiten Systems. Zusätzlich wird bei Bearbeitung des breiten Menüsystems unabhängig vom Lernstatus häufiger die Randmarkierung der Fahrbahn berührt als beim tiefen Menü (Parameter „Mittlere Anzahl Spurverletzungen“, siehe Abbildung 7-9 rechts). Bearbeiten die Probanden ein tiefes Menü, treten im Mittel somit seltener sicherheitskritische Situationen auf als bei Bearbeitung des breiten Menüs.

### 7.3.4 Blickverhalten

Abbildung 7-10 veranschaulicht, dass es zu marginalsignifikanten Übungseffekten in der visuellen Aufmerksamkeit durch die Menüaufgabe bei gleichzeitiger Befolgung der Trackingaufgabe kommt: Mit zunehmender Übung werden weniger Displayblicke benötigt, um die gestellten Aufgaben im Menüsystem zu bearbeiten. Für die mittlere Anzahl der Displayblicke ist es unerheblich, ob die Probanden das breite oder tiefe Menüsystem bedienen.

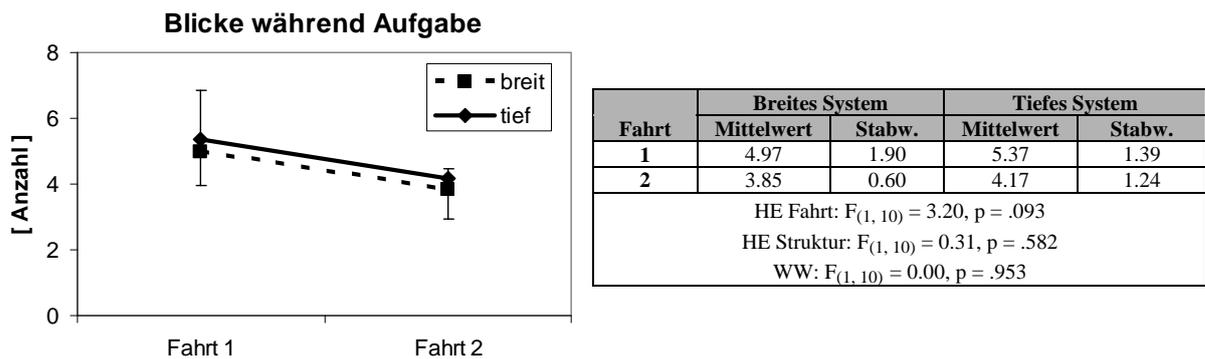


Abbildung 7-10: Mittlere Anzahl Displayblicke. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit den Faktoren „Fahrt“ und „Struktur“.

Auch hinsichtlich der Mittleren Dauer von Displayblicken bzw. deren Variation ist ein tendenzieller Lerneffekt im Umgang mit dem Menü zu berücksichtigen: Mit zunehmender Übung nehmen die Mittleren Blickdauern (siehe Abbildung 7-11 links) und die Standardabweichung der Blickdauern (siehe Abbildung 7-11 rechts) tendenziell ab. Unabhängig vom Lernstatus resultieren beim Umgang mit dem tiefen Menü kürzere Mittlere Blickdauern bzw. eine kleinere Variation der Mittleren Blickdauern.

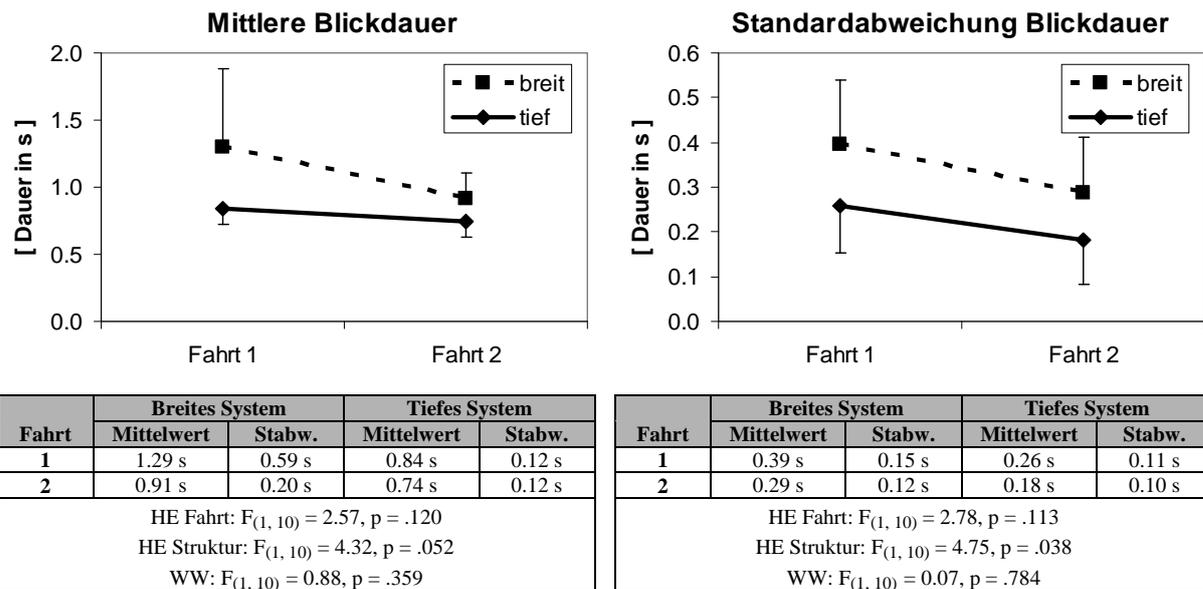


Abbildung 7-11: Mittlere Blickdauer (links) und Standardabweichung der Blickdauern (rechts) der Displayblicke. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit den Faktoren „Fahrt“ und „Struktur“.

### 7.3.5 Probandenurteile

In der Single-Task Bedingung spiegeln sich die übungsbedingten Leistungsverbesserungen hinsichtlich der Bediengeschwindigkeit (siehe Kap. 7.3.1) nicht in den Probandenurteilen wieder. Auf die Frage „Wie anstrengend war die Aufgabe?“ geben die Probanden an, durch die Menüaufgabe mittelstark angestrengt zu sein – unabhängig vom Aufgabenblock und der verwendeten Menüvariante (siehe Abbildung 7-12 links). Die objektiven Leistungsverbesserungen in der Menübedienung erfolgen demnach auf einem gleichbleibenden subjektiven Anstrengungsniveau. Die Frage „Wie gut hast Du die Aufgabe gelöst?“ wird von den Probanden über die Aufgabenblöcke hinweg und für beide Menüvarianten jeweils in ähnlicher Weise beurteilt: Nach dem Urteil der Probanden wurde die Aufgabe im Mittel stets gut gelöst (siehe Abbildung 7-12 rechts).

Auch in der Dual-Task Bedingung werden in den Probandenurteilen weder Übungseffekte noch Einflüsse der Menüstruktur sichtbar: Die Probanden berichten im Allgemeinen, sich bei der Menübedienung wenig bis mittelstark angestrengt zu haben (siehe Abbildung 7-13 links) bzw. die Bearbeitung der Menüaufgabe parallel zur Trackingaufgabe gut bis sehr gut gelöst zu haben (siehe Abbildung 7-13 rechts).

Soll die subjektive Anstrengung bei der Befolgung der Trackingaufgabe beurteilt werden, wird demgegenüber ein Vorteil des tiefen Menüsystems sichtbar: Während sich nach eigenen Angaben die Probanden in der Trackingaufgabe nur mittelstark anstrengen müssen, sofern sie parallel das tiefe Menüsystem bearbeiten, beschreiben die Probanden für das breite Menü, sich im Mittel stark anstrengen zu müssen (siehe Abbildung 7-14 links). Ein Übungseffekt ist an dieser Stelle nicht auffindbar. Hinsichtlich der subjektiven Aufgabenbearbeitung werden lediglich Tendenzen sichtbar: Die Erledigung der Trackingaufgabe fällt den Probanden zwar mit zunehmender Übung der Verschränkung von Menübedienung und Trackingaufgabe sowie mit tiefem Menüsystem leichter (siehe Abbildung 7-14 rechts). Diese Effekte werden jedoch nicht signifikant.

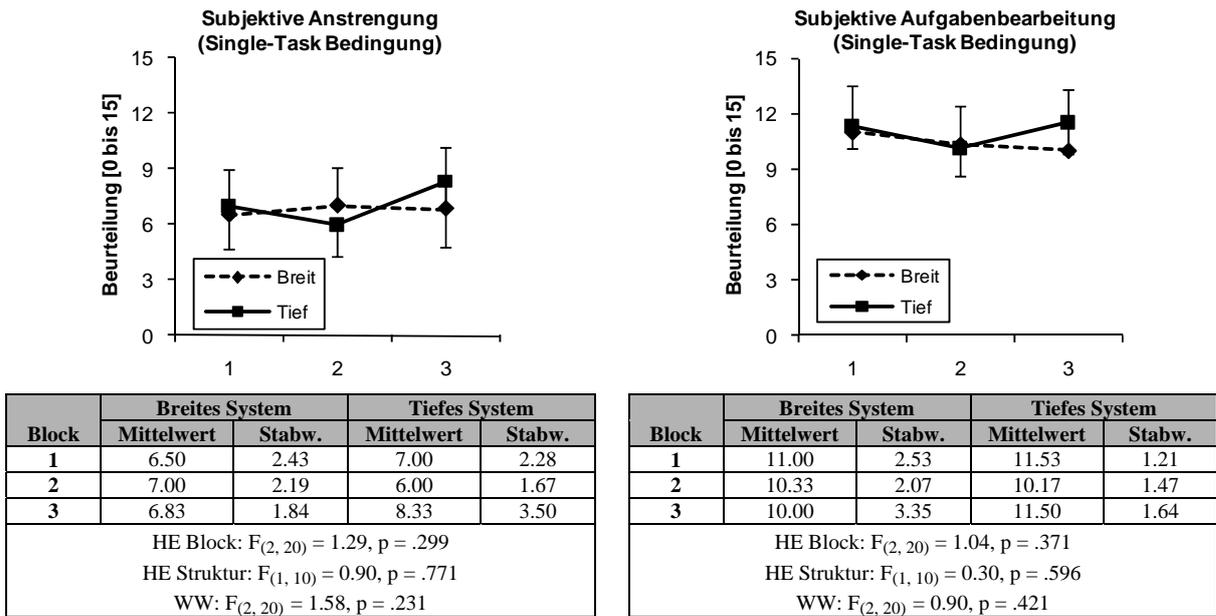


Abbildung 7-12: Subjektive Anstrengung (links) bzw. Subjektive Aufgabenbearbeitung (rechts) bei Bearbeitung der Aufgaben im Menüsystem unter Single-Task Bedingungen. Dargestellt sind Mittelwerte und Standardabweichung sowie Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit den Faktoren „Block“ und „Struktur“.

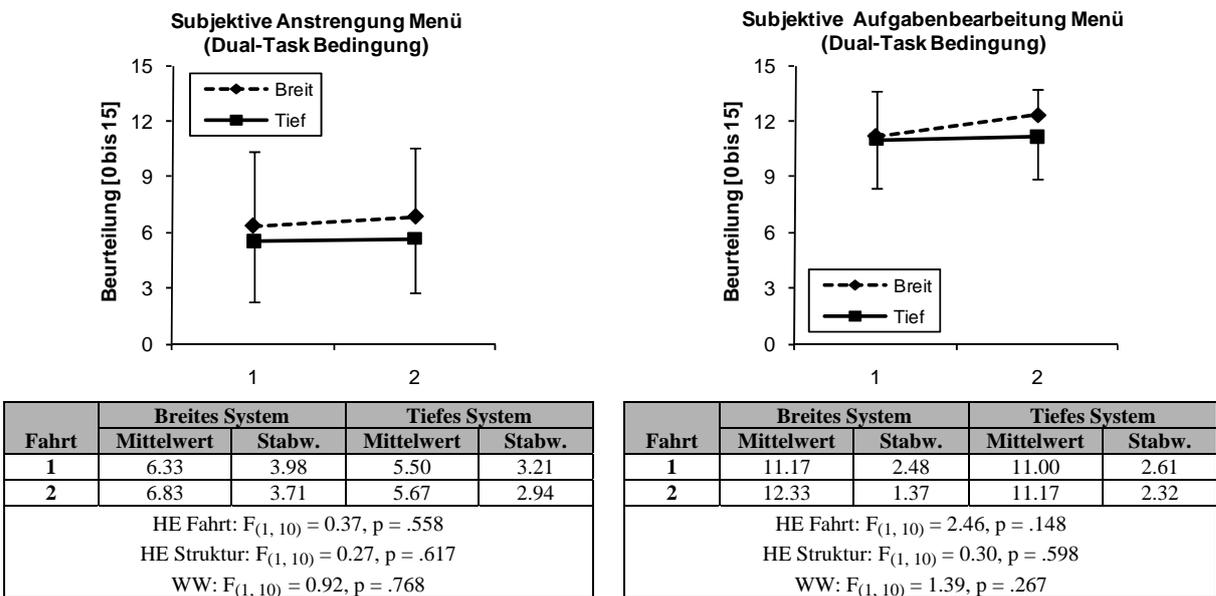


Abbildung 7-13: Subjektive Anstrengung (links) bzw. Subjektive Aufgabenbearbeitung (rechts) bei Bearbeitung der Aufgaben im Menüsystem unter Dual-Task Bedingungen. Dargestellt sind Mittelwerte und Standardabweichung sowie Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit den Faktoren „Fahrt“ und „Struktur“.

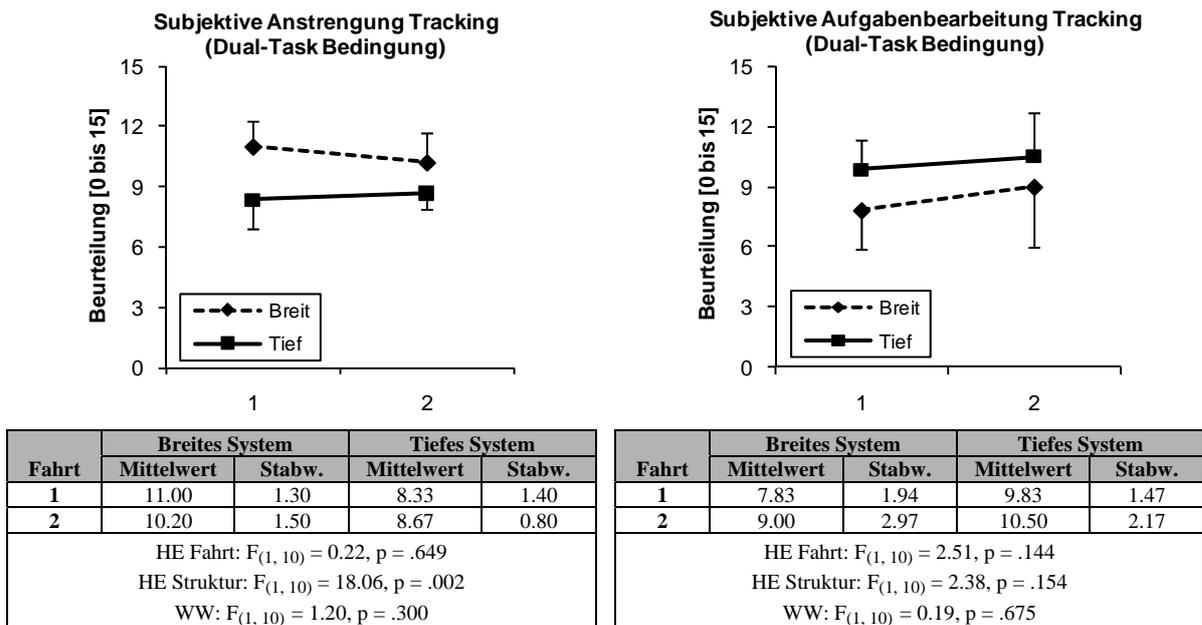


Abbildung 7-14: Subjektive Anstrengung (links) bzw. Subjektive Aufgabenbearbeitung (rechts) in der Trackingaufgabe. Dargestellt sind Mittelwerte und Standardabweichung sowie Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit den Faktoren „Fahrt“ und „Struktur“.

### 7.3.6 Begriffliches Wissen und Dual-Task Bedingung

Wie aus Abbildung 7-15 ersichtlich, wird der Aufbau begrifflicher Wissensstrukturen durch die Bedienung des Menüsystems parallel zur Trackingaufgabe nicht beeinträchtigt: Wird nach Aufgabenblock 1 das begriffliche Wissen abgefragt, ergeben sich hinsichtlich der Reaktionsgeschwindigkeit in der einfachen Wahlreaktionsaufgabe keine Unterschiede in Abhängigkeit von der Bediensituation oder der Menüstruktur (siehe Abbildung 7-15 links).

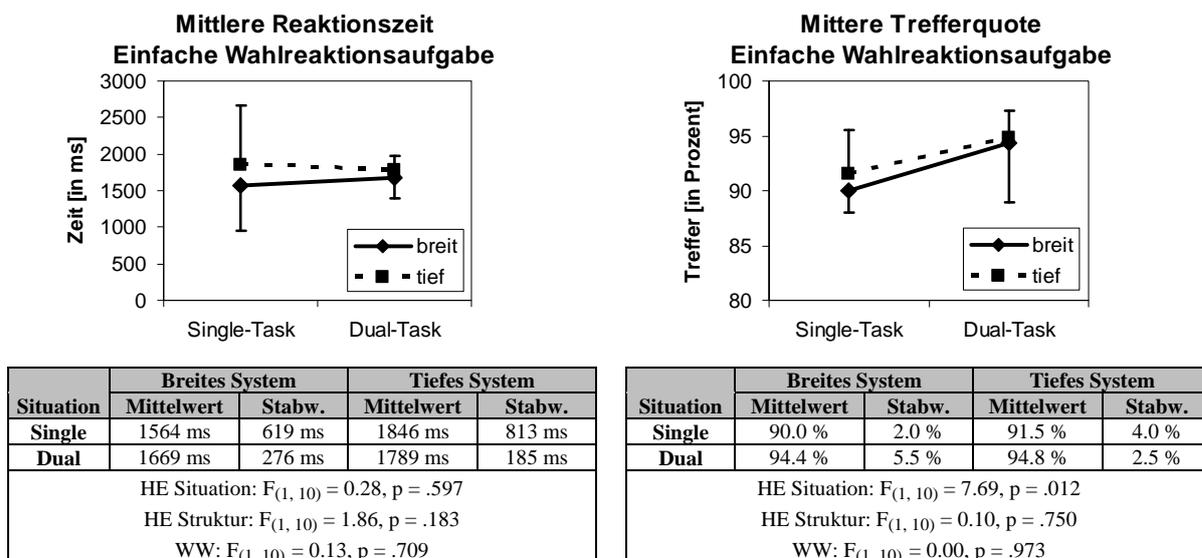


Abbildung 7-15: Mittlere Reaktionszeit (links) und Mittlere Trefferquote (rechts) in der einfachen Wahlreaktionsaufgabe. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit den Faktoren „Situation“ und „Struktur“.

Demgegenüber wird die Güte der Entscheidung (erfasst über den Parameter „Mittlere Trefferquote“) unter Dual-Task Bedingungen sogar günstig beeinflusst (siehe Abbildung 7-15 rechts): Nach gleichzeitiger Bearbeitung von Menü- und Trackingaufgabe wird mit durchschnittlich 94.6% ein größerer Prozentsatz der vorgegebenen Unterbegriffe richtig dem entsprechenden Oberbegriff zugeordnet als mit 90.8% unter alleiniger Bearbeitung der Menüaufgabe. Auch hier sind keine Einflüsse der Menüstruktur auf das begriffliche Wissen der Probanden zu berichten. In der Dual-Task Bedingung scheint somit eine tendenziell engere assoziative Verknüpfungen zwischen den Begriffen der verschiedenen Menüebenen aufgebaut zu werden als unter Single-Task Bedingungen.

### 7.3.7 Räumliches Wissen und Dual-Task Bedingung

Sowohl in der Single-Task Bedingung (Messzeitpunkte: nach Aufgabenblock 1 und 3) als auch in der Dual-Task Bedingung (Messzeitpunkte: nach Fahrt 1 und 2) zeigt sich in der Visuellen Analogskala ein starker Lerneffekt für den Aufbau einer räumlichen Wissensstruktur über das jeweilige Menüsystem (siehe Abbildung 7-16 links): 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. Dabei sind die Abweichungssummen in der Dual-Task Bedingung geringer als in der Single-Task Bedingung (siehe Abbildung 7-16 links). Den Probanden gelingt es somit bei gleichzeitiger Trackingaufgabe und Menübedienung besser, eine räumliche Repräsentation des Systems aufzubauen.

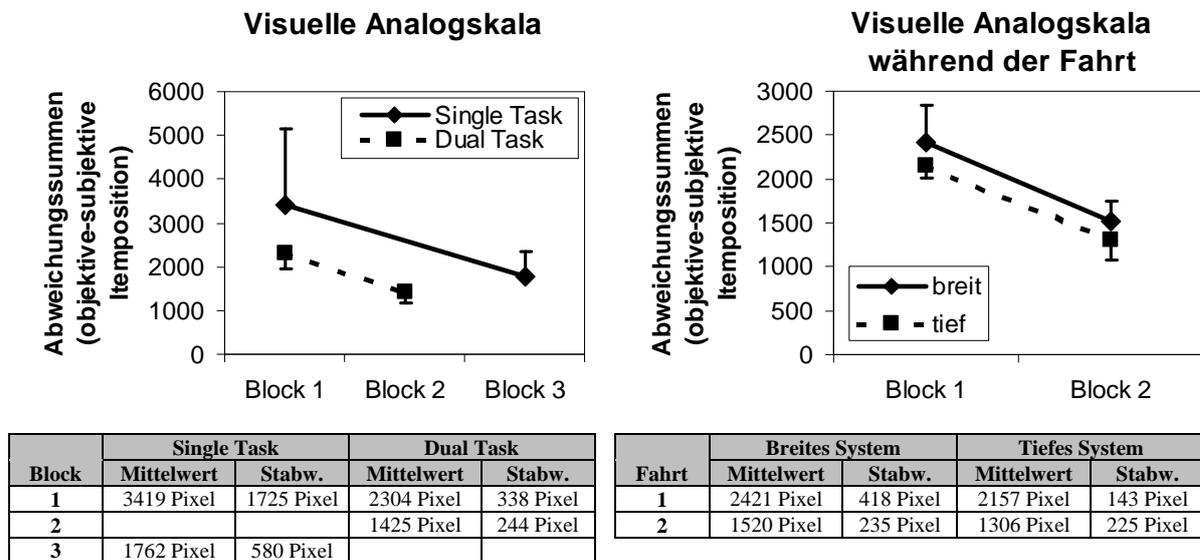


Abbildung 7-16: Güte der Räumlichen Repräsentation in Single-Task Bedingung (erfasst nach Block 1 und Block 3) vs. Dual-Task Bedingung (erfasst nach Block 1 und Block 2; links) bzw. in Abhängigkeit der Menüstruktur („breit“ vs. „tief“) für Dual-Task Bedingung (rechts). Dargestellt sind Mittlere Abweichungssummen mit Standardabweichung.

Abbildung 7-16 rechts veranschaulicht, 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 der Visuellen Analogskala sind im tiefen System sowohl nach Block 1 als auch nach Block 2 geringer als im breiten System. Der

Lernfortschritt ist in den beiden Menüsystemen vergleichbar. In der Single-Task Bedingung ergibt sich kein entsprechender Effekt der Menüstruktur auf die räumliche Repräsentation.

## 7.4 Zusammenfassung und Diskussion

Für die hier vorgestellte Studie „Menüstruktur“ wurden folgende inhaltliche Ziele formuliert:

- (1) Abbildung des Kompetenzerwerbs in einem Menüsystem unter Dual-Task Bedingungen
- (2) Analyse begrifflicher und räumlicher Repräsentationen in Dual-Task Bedingungen
- (3) Auswirkungen von Systemvariationen auf Kompetenzerwerb

In dieser Studie wurden Varianten eines Menüsystems realisiert, die sich hinsichtlich ihrer Struktur unterschieden: ein breites Menü (8\*8-Struktur) und ein tiefes Menü (4\*2\*2\*4-Struktur). Grundgedanke dieser Variation waren Befunde, die von einer Überlegenheit breiter Menüstrukturen hinsichtlich der Bedienleistung berichten (siehe Kap. 2.2.2 und 2.2.8). In den vorliegenden Studien wurde jedoch nicht klar, inwiefern breite und tiefe Menüstrukturen Lerneinflüssen unterschiedlich zugänglich sind.

Übereinstimmend zu berichteten Befunden (siehe Kap. 2.2.2 und 2.2.8) sind unter Single-Task Bedingungen (d.h. Bedienung des Menüs an einem Bildschirmarbeitsplatz) breite Menüs hinsichtlich der Gesamtbedienleistung als günstiger zu bewerten als tiefe Menüs: Durch eine höhere Bediengeschwindigkeit (aufgrund geringerer Mittlerer Schrittdauern) und eine ähnliche Bediengenauigkeit (aufgrund vergleichbarer Überflüssiger Wegstrecken) sind breite Menüs im direkten Vergleich überlegen. Mit der Bearbeitung der gestellten Aufgaben im breiten Menü kann zudem schneller begonnen werden. Diese Befunde gelten unabhängig vom Kompetenzerwerb.

Unter Dual-Task Bedingungen (hier: Umgang mit dem jeweiligen Menüsystem parallel zu einer Trackingaufgabe) werden breite Menüs zwar mit einer ähnlichen Geschwindigkeit und Genauigkeit bedient wie tiefe Menüs. Jedoch resultieren aus der Bearbeitung des breiten Menüs stärkere Defizite in der Güte der Spurhaltung und Häufigkeit sicherheitskritischer Situationen in der Trackingaufgabe (z.B. Berührung der Spurmarkierung). Die Displayblicke im Umgang mit dem tiefen Menü dauern unabhängig vom Kompetenzerwerb kürzer und variieren weniger stark als beim breiten Menü. Daher scheint für die Bedienung des breiten Menüs unter Dual-Task Bedingungen eine höhere visuelle Aufmerksamkeit notwendig zu sein als für tiefe Menüs. Diese Ergebnisse bestätigen die Befunde von Körner (2006), Kujala (2009) sowie Manes und Green (1997; siehe Kap. 2.3.3).

Zunehmende Erfahrung in der Dual-Task Situation ist für die Trackingleistung schließlich weitgehend irrelevant, auf Seiten der Menübedienung ergeben sich übungsbedingte Leistungszuwächse. Mit zunehmender Übung werden darüber hinaus weniger Displayblicke zur Aufgabenbearbeitung benötigt. Lernbedingt verringert sich somit die visuelle Aufmerksamkeit durch die Bedienung des Menüsystems in der Dual-Task Bedingung. Es kommt somit mit zunehmender Systemerfahrung zu einer Verringerung der Interferenz zwischen Trackingaufgabe und Menübedienung. Diese Ergebnisse passen demnach zu den in Kap. 2.3.2 erwähnten Befunden, die in ähnlicher Weise eine übungsbedingte Abnahme von Interferenzen in Dual-Task Bedingungen aufzeigen.

Zudem wurde gezeigt, dass durch die Bedienung eines Menüsystems unter Dual-Task Bedingungen der Erwerb begrifflicher und räumlicher Wissensstrukturen nicht nur nicht beeinträch-

tigt, sondern sogar begünstigt wird. So gelingt es unter Dual-Task Bedingungen, engere assoziative Verknüpfungen zwischen den Begriffen der verschiedenen Menüebenen aufzubauen als unter Single-Task Bedingungen. Zugleich wird bei gleichzeitiger Trackingaufgabe und Menübedienung eine präzisere räumliche Repräsentation des Systems konstruiert. Die aus der Dual-Task Bedingung resultierenden Anforderungen scheinen demnach verstärkt zu einer Aneignung bedienrelevanten Wissens zu führen. Hierdurch wird gegebenenfalls die Menübedienung erleichtert und kognitive Kapazitäten der Nutzer werden für die Fahraufgabe frei. Die Menüstruktur ist demgegenüber eher unbedeutend für das begriffliche Wissen der Systemnutzer. Unter Dual-Task Bedingungen ist die räumliche Repräsentation des tiefen Menüs präziser als die des breiten Menüs. Die vorliegende Studie gibt hiermit erstmals Hinweise auf den Aufbau von mentalen Repräsentationen über Menüsysteme unter Dual-Task Bedingungen (siehe Kap. 2.3.2).

Zusammenfassend legt die Studie „Menüstruktur“ nahe, dass bei einer Bewertung der Auswirkungen der Menüstruktur auf die Bedienleistung (inkl. Kompetenzerwerb) der Bedienkontext, in dem mit einem Menüsystem umgegangen werden soll, von entscheidender Bedeutung ist. So drehen sich die unter Single-Task Bedingungen erzielten Ergebnisse zu den Auswirkungen der Menüstruktur auf die Bedienleistung und den Kompetenzerwerb für Menüsysteme teilweise unter Dual-Task Situationen um. Die unter Single-Task Bedingungen gewonnenen Ergebnisse sind demnach nicht ohne weiteres auf Dual-Task Situationen übertragbar. Zudem wird deutlich, dass Erfahrungen im Umgang mit einem Menüsystem in Dual-Task Bedingungen zu einer verringerten Interferenz von Primär- und Sekundäraufgabe beitragen und dass auch unter Dual-Task Bedingungen begriffliche und räumliche Repräsentationen vom Menüsystem konstruiert werden, die teilweise sogar stabiler und präziser zu sein scheinen als unter Single-Task Bedingungen. Ungeklärt bleibt in den vorliegenden Analysen jedoch die Frage, aus welchen Gründen breite Menüsysteme im direkten Vergleich zu tiefen Menüs positiv abschneiden. Die unter Kap. 10 berichteten Explorationsstudien sollen diesbezüglich weitere Hinweise geben.

## **8 STUDIE V: „BEDIENMODELL“**

### **8.1 Einleitung**

In der Studie „Bedienmodell“ sollen Auswirkungen des Bedienmodells von menügesteuerten Informationssystemen im Fahrzeug betrachtet werden. Es wird erwartet, dass eine nicht-optimale Auslegung des Bedienelements zu einem höheren Lernaufwand führt (und so häufiger Fehler im Umgang mit dem Bedienelement auftreten), aber auch längerfristig keine optimale Bedienleistung im Umgang mit dem Menüsystem ermöglicht. Die Ausgestaltung des Bedienelements ist dabei abhängig von den aus der Systemdarstellung resultierenden Anforderungen an den Nutzer: So gehen z.B. Systemdarstellungen, in denen ausschließlich Inhalte der aktuellen Menüebene eingeblendet werden, mit anderen Anforderungen an die Nutzer einher als Darstellungen, in denen sowohl die aktuelle als auch hierarchisch übergeordnete Ebenen angezeigt werden. Eine günstige Kombination von Bedienelement und Systemdarstellung sollte sich demzufolge positiv auf die Bedienleistung auswirken (siehe Kap. 2.2.10).

In dieser Studie wird zudem – ähnlich wie in der Studie „Menüstruktur“ (siehe Kap. 7) – der Frage nachgegangen, inwiefern die in einer Single-Task Situation erzielten Ergebnisse zum Kompetenzerwerb für Menüsysteme auf Dual-Task Situationen (z.B. parallel zu einer Fahraufgabe) generalisiert werden können. Darüber hinaus wird geprüft, ob sich die Ausgestaltung des Bedienmodells auf die Menübedienung und die Fahrsicherheit auswirken. Daher werden verschiedene Darstellungsformen (Darstellung mit vs. ohne Kontextinformationen) in Kombination mit unterschiedlichen Formen der Bedienung (einfaches Bedienelement vs. komplexes Bedienelement) realisiert. Diese Varianten der Systemdarstellung und des Bedienelements kommen in einer Single-Task und einer Dual-Task Situation zum Einsatz. Zusätzlich wird eine Trackingaufgabe eingeführt, die als Primäraufgabe zu bearbeiten ist. Sofern hinreichend kognitive Kapazität zur Verfügung steht, sollen die Probanden das Menüsystem bedienen.

Diese Studie verfolgt demnach folgende inhaltliche Zielsetzungen:

- (1) Abbildung des Kompetenzerwerbs in einem Menüsystem unter Dual-Task Bedingungen
- (2) Analyse der Bedeutung motorischer Repräsentationen für den Kompetenzerwerb
- (3) Auswirkungen von Systemvariationen auf Kompetenzerwerb

### **8.2 Methodisches Vorgehen**

#### **8.2.1 Menüsystem**

In dieser Studie wurde ein fahrkontextnahes Menüsystem untersucht. Dieses Menü bestand aus bis zu vier Menüebenen. Auf der ersten Ebene befanden sich vier Bereiche: (1) „Navigation“, (2) „TV/Video“, (3) „Kommunikation“ und (4) „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 Menüsystem enthielt insgesamt 106 Menüinhalte.

Es wurden folgende Faktoren bei der Systemgestaltung aktiv variiert:

- Bedienvariante („Integriertes Bedienelement“ vs. „Aufgelöstes Bedienelement“)
- Systemdarstellung („Ebendarstellung“ vs. „Menüdarstellung“)

Hinsichtlich der Bedienung des Menüsystems wurden zwei Varianten gegeneinander geprüft. Bei der Variante „Integriertes Bedienelement“ 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 („Vor“), 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 Menüebene 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 8-1 links veranschaulicht dies schematisch. Grundannahme dieser Bedienvariante war, dass es *unerheblich* ist, ob man gerade innerhalb einer Menüebene blättert oder zwischen den Ebenen wechselt.

In der Bedienvariante „Aufgelöstes Bedienelement“ erfolgte das Blättern innerhalb einer Menüebene ebenfalls über die vertikale Bedienrichtung des Joysticks. Wollte der Proband hingegen in eine untergeordnete Ebene wechseln („Vor“), so musste er einen Knopf betätigen, der rechts vom Joystick befestigt war. Zum Wechseln in eine übergeordnete Ebene („Zurück“) musste ein Knopf links vom Joystick gedrückt werden. Das Wechseln zwischen den Ebenen erfolgte somit über die Betätigung zweier Knöpfe (siehe Abbildung 8-1 rechts). Die horizontale Bedienrichtung des Joysticks (Bewegung nach rechts bzw. links) war nicht belegt. Die nächste Aufgabe konnte nach Erreichen der gewünschten Zielmenüfunktion mittels erneuter Betätigung des rechten Knopfs angefordert werden. Grundannahme dieser Bedienvariante war, dass es *entscheidend* ist, ob man gerade innerhalb einer Menüebene blättert oder zwischen den Ebenen wechselt.



Abbildung 8-1: Schematische Darstellung des sog. Integrierten Bedienelements (links) bzw. des sog. Aufgelösten Bedienelements (rechts).

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 8-2 links). Für den Systemnutzer stellte sich der Wechsel zwischen den Menüebenen dadurch als Abfolge einzelner Menüebenen dar. Pro Menüebene musste entschieden werden, 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 (falls vorhanden; siehe Abbildung 8-2 rechts). Hierdurch war ein freieres Bewegen innerhalb des Gesamtsys-

tems möglich, nur der Wechsel in eine untergeordnete Ebene war mit einer Entscheidung zugunsten einer Menüalternative verbunden.



Abbildung 8-2: Screenshot der Ebenendarstellung (links) bzw. der Menüdarstellung (rechts).

### 8.2.2 BediENAufgabe

Die Probanden sollten mittels des Menüsystems möglichst schnell und präzise Aufgaben bearbeiten. Dies geschah im Rahmen von Blöcken à 54 Aufgaben. In der Single-Task Bedingung wurden den Probanden drei Aufgabenblöcke zur Bearbeitung vorgegeben, in der Dual-Task Bedingung lediglich zwei Blöcke. Die jeweiligen Aufgabenblöcke der Single- bzw. Dual-Task Bedingung waren identisch. Für eine ausführliche Darstellung der weiteren Menübedienung und technischen Aspekte des Menüsystems siehe Studie „Raumschiff-System I“ (siehe Kap. 4.2.1 und 4.2.2).

Zur Beschreibung der Bedienleistung wurden die folgenden Parameter erhoben:

- Mittlere Navigationszeit (mittlere Zeitdauer, in der sich die Probanden im Menüsystem befanden [in ms])
- Mittlere Schrittdauer (mittlere Zeitdauer zwischen zwei Bedienhandlungen innerhalb des Menüsystems [in ms])
- Überflüssige Wegstrecke (Anzahl tatsächlich gegangener Schritte im Verhältnis zur Anzahl notwendiger Schritte [Quotient])
- Bedienfehler (mittlere Häufigkeit von Schrittcodes, bei denen die Probanden das Bedienelement falsch verwendeten [Anzahl])
- Orientierungsfehler (mittlere Häufigkeit von Schrittcodes, bei denen die Probanden z.B. zu früh vom richtigen Weg abbogen und weiterliefen oder bei denen sie nach der Rückkehr zum Ausgangspunkt wieder falsch losliefen [Anzahl])
- Wandfehler (mittlere Häufigkeit von Schrittcodes, bei denen die Probanden z.B. die oberste Menüebene erreicht haben, aber weiterhin versuchten, auf weitere übergeordnete Menüebenen zu wechseln [Anzahl])

### 8.2.3 Trackingaufgabe

In der Dual-Task Bedingung wurde parallel zur Bearbeitung der Menüaufgabe eine Trackingaufgabe eingeführt. In dieser Trackingaufgabe sollten die Probanden Bewegungen eines

Kreuzes, das konstant einige Meter vor dem Ego-Fahrzeug auf den Straßenbelag projiziert wurde, möglichst präzise folgen. Einige Tage vor der Versuchssitzung wurde eine Trainingsfahrt im Fahr Simulator durchgeführt. Für eine ausführliche Beschreibung der Trackingaufgabe und der Trainingssitzung siehe Kap. 7.2.3. Die Trackingleistung wurde erfasst über:

- Mittlere Abweichung von Kreuzposition [in m]
- Mittlere Anzahl Spurverletzungen (Häufigkeit der Berührungen der Fahrbahnmarkierung durch die Fahrzeugreifen [Anzahl])

#### 8.2.4 Erfassung des Blickverhaltens

Zusätzlich wurde in der Dual-Task Bedingung das Blickverhalten der Probanden aufgezeichnet. Für eine ausführliche Beschreibung der Erfassung des Blickverhaltens siehe Kap. 7.2.4. Es wurden dabei für sog. Displayblicke folgende Parameter erhoben:

- Mittlere Anzahl Displayblicke [Anzahl]
- Mittlere Dauer Displayblicke (mittlere Zeitdauer, die die Probanden ununterbrochen das Display fixierten [in sek])

#### 8.2.5 Probandenbefragung

Nach jedem Aufgabenblock wurden die Probanden z.B. hinsichtlich ihrer subjektiven Anstrengung („Wie anstrengend war die Aufgabe?“) und subjektiven Aufgabenbearbeitung („Wie gut hast Du die Aufgabe gelöst?“) beim Umgang mit dem Menüsystem (sowohl in der Single-Task als auch der Dual-Task Bedingung) bzw. bei der Trackingaufgabe (in der Dual-Task Bedingung) befragt. Zusätzlich erfolgte zum Abschluss der Versuchssitzung 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.

Für die Probandenbefragung wurde eine 16-stufige Kategorienunterteilungsskala herangezogen (Heller, 1985; siehe Kap. 4.2.3). Als Abhängige Variable resultierte somit:

- Probandenurteil [Skala 0 ... 15]

#### 8.2.6 Versuchsplan

Dieser Versuch teilte sich in mehrere voneinander unabhängige Versuchsgruppen: Eine Hälfte der Probanden bearbeitete das Menüsystem unter Single-Task Bedingungen, die andere Hälfte unter Dual-Task Bedingungen (mit gleichzeitiger Trackingaufgabe). Beide Versuchsgruppen untergliederten sich weiterhin in vier Untergruppen: Bedienung des Menüsystems mit

- (1) Integriertem Bedienelement in Ebenendarstellung
- (2) Integriertem Bedienelement in Menüdarstellung
- (3) Aufgelösten Bedienelement in Ebenendarstellung
- (4) Aufgelöstem Bedienelement in Menüdarstellung

Es liegt somit ein Mischversuchsplan mit dem within-Faktor „Block“ (3 Aufgabenblöcke unter Single-Task Bedingung, 2 Aufgabenblöcke unter Dual-Task Bedingung) und den between-Faktoren „Bedienvariante“ (Integriert vs. Aufgelöst), „Systemdarstellung“ (Menü vs. Ebene) und „Situation“ (Single-Task vs. Dual-Task) vor (siehe Tabelle 8-1).

Tabelle 8-1: Schematische Darstellung des Versuchsplans der Studie „Bedienmodell“ (N = 48 Probanden, „R“ Randomisierung, „W“ = Messwiederholung).

		<b>W</b>		
		Aufgabenblock		
Versuchsgruppe		1	2	3
<b>Single-Task</b>	<b>Integriert / Ebene</b>	n = 6	n = 6	n = 6
	<b>Integriert / Menü</b>	n = 6	n = 6	n = 6
	<b>Aufgelöst / Ebene</b>	n = 6	n = 6	n = 6
	<b>Aufgelöst / Menü</b>	n = 6	n = 6	n = 6
<b>Dual-Task</b>	<b>Integriert / Ebene</b>	n = 6	n = 6	X
	<b>Integriert / Menü</b>	n = 6	n = 6	
	<b>Aufgelöst / Ebene</b>	n = 6	n = 6	
	<b>Aufgelöst / Menü</b>	n = 6	n = 6	

### 8.2.7 Versuchsablauf

In der Single-Task Bedingung wurden den Probanden im Rahmen einer Versuchssitzung drei Aufgabenblöcke zur Bearbeitung mit dem Menüsystem vorgegeben. Nach jedem Aufgabenblock fand eine kurze Befragung der Probanden bezüglich der subjektiven Anstrengung, subjektiven Schwierigkeit etc. beim Umgang mit dem Menüsystem statt. Zusätzlich erfolgte zum Abschluss der Versuchssitzung eine Nachbefragung der Probanden, in der diese u.a. einzelne Aspekte der untersuchten Bedienvarianten bewerten sollten. Die gesamte Versuchssitzung fand an einem Computerarbeitsplatz statt.

In der Dual-Task Bedingung wurden – um die Probanden nicht zu stark zu belasten – lediglich zwei Aufgabenblöcke zur Bearbeitung im Menüsystem dargeboten. Zusätzlich wurde eine Trackingaufgabe vorgegeben. Aufgabe der Probanden war es, die Trackingaufgabe möglichst präzise zu bearbeiten und die Aufgaben im Menüsystem nur dann zu bedienen, wenn entsprechende kognitive Kapazitäten frei wären. Nach jedem Aufgabenblock wurde eine kurze Probandenbefragung bezüglich der subjektiven Anstrengung, subjektiven Schwierigkeit etc. beim Umgang mit dem Menüsystem sowie bei Bearbeitung der Trackingaufgabe durchgeführt. Zum Ende der Versuchssitzung erfolgte eine abschließende Probandenbefragung. Die Trackingaufgabe wurde in einem Fahrsimulator ohne Bewegungssystem durchgeführt. Die Menüaufgabe wurde auf einem Display dargeboten, der auf Höhe der mittleren Mittelkonsole positioniert war. Die gesamte Versuchssitzung fand in diesem Fahrsimulator statt.

Die Prüfsitzung dauerte sowohl unter Single-Task als auch unter Dual-Task Bedingung ca. 90 min. Die Probanden der Dual-Task Bedingung erhielten einige Tage zuvor ein intensives Simulatortraining, in dem sie u.a. den Umgang mit der Trackingaufgabe übten (Dauer: 45 min).

### 8.2.8 Stichprobe

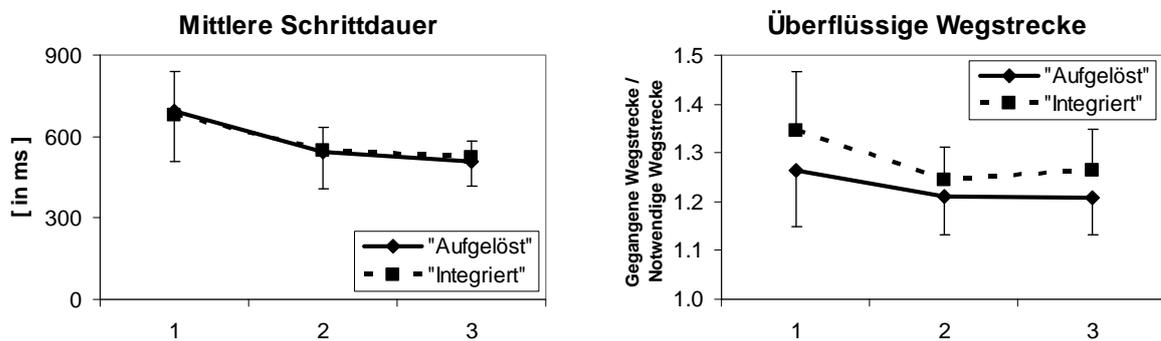
An diesem Versuch nahmen insgesamt N = 48 Probanden teil: n = 24 Probanden unter Single-Task Bedingung (16 weiblich, 8 männlich, mittleres Alter 24.1 Jahre), n = 24 Probanden unter Dual-Task Bedingung (12 weiblich, 12 männlich, mittleres Alter 23.9 Jahre). Sie wurden über Aushänge am Psychologischen Institut III oder in der Mensa des Studentenwerks Würzburg angeworben. Es handelt sich dementsprechend um eine studentische Stichprobe.

Die Probanden erhielten für ihre Teilnahme eine Aufwandsentschädigung bzw. sog. Versuchspersonenstunden (sofern der Studiengang „Diplom-Psychologie“ belegt wurde).

### 8.3 Ergebnisse

#### 8.3.1 Bedienleistung und Single-Task Bedingung

Für die Bedienung des Menüsystems unter Single-Task Bedingungen ergeben sich für beide Bedienvarianten ähnliche Mittlere Schrittdauern (siehe Abbildung 8-3 links), wobei insbesondere zu Übungsbeginn eine Erhöhung der Bediengeschwindigkeit zu finden ist. Demgegenüber wird beim Umgang mit dem „Aufgelösten Bedienelement“ eine höhere Bediengenauigkeit erzielt als beim „Integrierten Bedienelement“ (erfasst über den Parameter „Überflüssige Wegstrecke“; siehe Abbildung 8-3 rechts). Hinsichtlich der Bediengenauigkeit kommt es ebenfalls zu einer übungsbedingten Verbesserung. Der Einfluss der Ausgestaltung des Bedienelements ist unabhängig vom Kompetenzerwerb im Umgang mit dem Menüsystem.



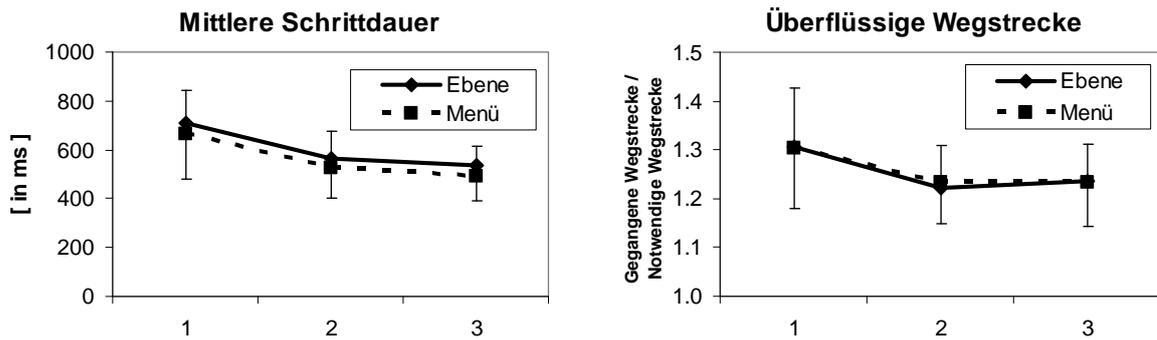
Block	Integrierte Bedienung		Aufgelöste Bedienung	
	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
1	681 ms	174 ms	692 ms	148 ms
2	549 ms	142 ms	541 ms	92 ms
3	523 ms	104 ms	507 ms	75 ms
HE Block: $F_{(2, 44)} = 115.42, p = .000$				
HE Bedienung: $F_{(1, 22)} = 0.01, p = .930$				
WW: $F_{(2, 44)} = 0.76, p = .394$				

Block	Integrierte Bedienung		Aufgelöste Bedienung	
	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
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
HE Block: $F_{(2, 44)} = 12.62, p = .002$				
HE Bedienung: $F_{(1, 22)} = 6.05, p = .023$				
WW: $F_{(2, 44)} = 0.48, p = .498$				

Abbildung 8-3: Mittlere Schrittdauer (links) und Überflüssige Wegstrecke (rechts) in Abhängigkeit des Bedienelements („Integriert“ Integriertes Bedienelement, „Aufgelöst“ Aufgelöstes Bedienelement). Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit den Faktoren „Block“ und „Bedienung“.

Die Art der Systemdarstellung wirkt sich weder auf die Bediengeschwindigkeit (Parameter „Mittlere Schrittdauer“, siehe Abbildung 8-4 links) noch auf die Bediengenauigkeit (Parameter „Überflüssige Wegstrecke“, siehe Abbildung 8-4 rechts) aus. Unter Single-Task Bedingungen scheint die Darstellung des Menüsystems (unabhängig vom Lernstatus) von untergeordneter Bedeutung zu sein.

In einem weiteren Schritt sind die Auswirkungen der möglichen Kombinationen von Bedienvariante und Systemdarstellung (über die drei Aufgabenblöcke in der Single-Task Bedingung hinweg) zu betrachten. Es wird ersichtlich, dass sich in der Mittleren Schrittdauer kein systematischer Einfluss einzelner Kombinationen von Bedienung und Darstellung ergibt (siehe Abbildung 8-5 links). Für die Überflüssige Wegstrecke resultiert demgegenüber eine tendenziell höhere Leistung für die Kombination von Aufgelöstem Bedienelement und Ebenendarstellung im Vergleich zur Kombination von Integriertem Bedienelement und Ebenendarstellung (siehe Abbildung 8-5 rechts): Diese Kombination geht unter Single-Task Bedingungen mit einer geringeren Überflüssigen Wegstrecke einher.



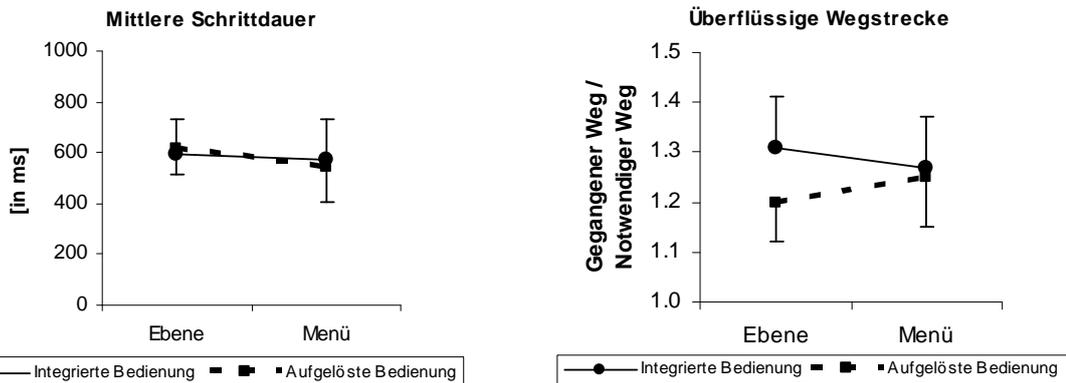
Block	Ebene		Menü	
	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
1	710 ms	134 ms	663 ms	183 ms
2	563 ms	111 ms	527 ms	125 ms
3	539 ms	77 ms	491 ms	97 ms

HE Block:  $F_{(2, 44)} = 155.42, p = .000$   
 HE Darstellung:  $F_{(1, 22)} = 0.87, p = .361$   
 WW:  $F_{(2, 44)} = 0.00, p = .977$

Block	Ebene		Menü	
	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
1	1.31	0.13	1.30	0.12
2	1.22	0.07	1.23	0.08
3	1.24	0.09	1.23	0.08

HE Block:  $F_{(2, 44)} = 12.62, p = .002$   
 HE Darstellung:  $F_{(1, 22)} = 0.01, p = .946$   
 WW:  $F_{(2, 44)} = 0.00, p = .975$

Abbildung 8-4: Mittlere Schrittdauer (links) und Überflüssige Wegstrecke (rechts) in Abhängigkeit der Systemdarstellung („Ebene“ Ebenendarstellung, „Menü“ Menüdarstellung). Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit den Faktoren „Block“ und „Darstellung“.



	Integrierte Bedienung		Aufgelöste Bedienung	
	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
Ebene	595 ms	140 ms	614 ms	101 ms
Menü	574 ms	160 ms	547 ms	139 ms

HE Block:  $F_{(2, 40)} = 115.42, p = .000$   
 WW Bedienung \* Darstellung:  $F_{(1, 20)} = 0.24, p = .627$   
 WW Block \* Bedienung \* Darstellung:  $F_{(2, 40)} = 0.18, p = .678$

	Integrierte Bedienung		Aufgelöste Bedienung	
	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
Ebene	1.31	0.10	1.20	0.08
Menü	1.27	0.10	1.25	0.10

HE Block:  $F_{(2, 40)} = 12.62, p = .002$   
 WW Bedienung \* Darstellung:  $F_{(1, 20)} = 3.36, p = .082$   
 WW Block \* Bedienung \* Darstellung:  $F_{(2, 40)} = 0.21, p = .653$

Abbildung 8-5: Mittlere Schrittdauer (links) und Überflüssige Wegstrecke (rechts) für die untersuchten Darstellungsformen („Ebene“ vs. „Menü“) und Bedienvarianten („Integriert“ vs. „Aufgelöst“). Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit den Faktoren „Block“, „Bedienung“ und „Darstellung“.

Unterstützt wird dieses Bild durch die Betrachtung einzelner Fehler im Umgang mit dem Menüsystem: So kommt es beim Erstkontakt (hier: die ersten 18 Aufgaben von Aufgabenblock 1) bei Aufgelöstem Bedienelement und Ebenendarstellung zu weniger Bedienfehlern ( $m = 0.26$  Fehler pro Aufgabe,  $sd = 0.21$ ) als bei Aufgelöstem Bedienelement und Menüdarstellung ( $m = 0.41$ ,  $sd = 0.23$ ). Umgekehrt zeigen sich für das Integrierte Bedienelement bei Menüdar-

stellung ( $m = 0.14$ ,  $sd = 0.26$ ) weniger Bedienfehler als bei Ebenendarstellung ( $m = 0.51$ ,  $sd = 0.36$ ; Split-Plot Varianzanalyse mit Faktoren „Bedienung“ und „Darstellung“, Wechselwirkung  $F_{(1, 20)} = 5.43$ ,  $p = .030$ ). Dieser Effekt tritt nur zu Beginn des Systemkontakts auf und wird anschließend vom Probanden kompensiert.

### 8.3.2 Bedienleistung und Dual-Task Bedingung

Wie erwartet, führt die Einführung der Trackingaufgabe zu deutlichen Einbußen in der Menübedienung. Wie Abbildung 8-6 zeigt, benötigen die Probanden in der Dual-Task Bedingung länger, um innerhalb des Menüsystems die vorgegebenen Menüfunktionen anzusteuern (Parameter „Mittlere Navigationszeit“). Diese Einbußen sind besonders stark zu Lernbeginn. In beiden Untersuchungssituationen treten übungsbedingte Leistungsverbesserungen auf. Diese Übungseffekte fallen in der Dual-Task Bedingung signifikant stärker aus (Single Task: 31% von Block 1 zu Block 3, Dual-Task: 33% von Fahrt 1 zu Fahrt 2). Zugleich kommt es zu einer übungsbedingten Verringerung der interindividuellen Variabilität.

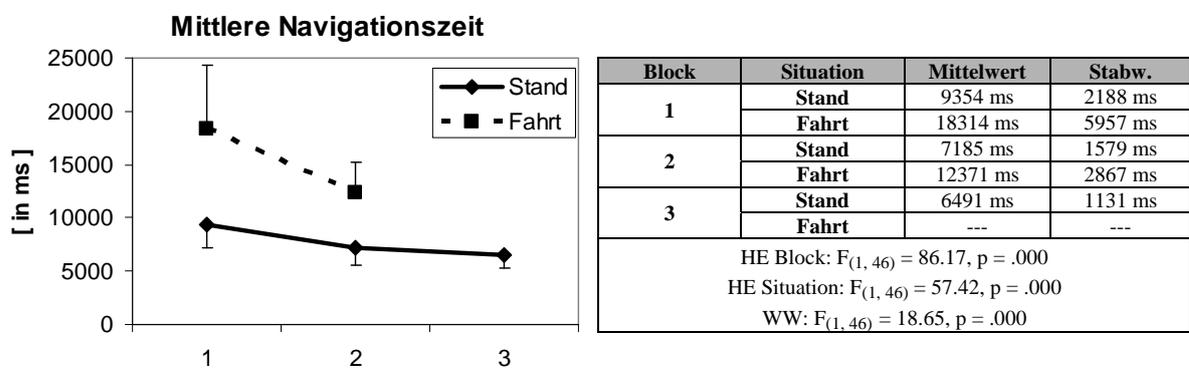


Abbildung 8-6: Mittlere Navigationszeit ohne vs. mit gleichzeitiger Bearbeitung der Trackingaufgabe. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit den Faktoren „Block“ und „Situation“.

Die Erhöhung der Mittleren Navigationszeit unter Dual-Task Bedingungen ist vor allem auf höhere Mittlere Schrittdauern zurückzuführen (siehe Abbildung 8-7 links). Bei Bedienung der Menüaufgabe während der Trackingaufgabe ist die Bediengeschwindigkeit im Vergleich mit der alleinigen Menübedienung deutlich verringert. Lerneffekte sind in beiden Bedingungen zu finden, in der Dual-Task Bedingung sind sie jedoch stärker ausgeprägt. Die Bediengenauigkeit der Menüaufgabe wird demgegenüber von der Trackingaufgabe nicht generell beeinflusst (siehe Abbildung 8-7 rechts): Es kommt weder zu einer allgemeinen Erhöhung noch Verringerung der Überflüssigen Wegstrecke unter Dual-Task Bedingungen. Zu Beginn des Systemkontakts in Block 1 ist die Überflüssige Wegstrecke beim Bedienen des Menüsystems in der Dual-Task Situation vergleichbar zur Single-Task Situation, in Block 2 ist die Bediengenauigkeit bei alleinigem Umgang mit der Menüaufgabe etwas höher.

Dementsprechend treten vereinzelt Unterschiede hinsichtlich der Fehler im Umgang mit dem Menüsystem in Abhängigkeit der Versuchssituation auf: So ergeben sich unter Dual-Task Bedingungen zwar weniger Orientierungsfehler (siehe Abbildung 8-8 links), aber mehr Wandfehler (siehe Abbildung 8-8 rechts) als unter Single-Task Bedingungen. Zusätzlich zeigt sich eine große interindividuelle Variabilität hinsichtlich der Häufigkeit von Wandfehlern für die Dual-Task Bedingung. Zusätzlich sind Übungseffekte zu beachten: Orientierungsfehler treten generell mit zunehmender Übung seltener auf, Wandfehler tendenziell häufiger.

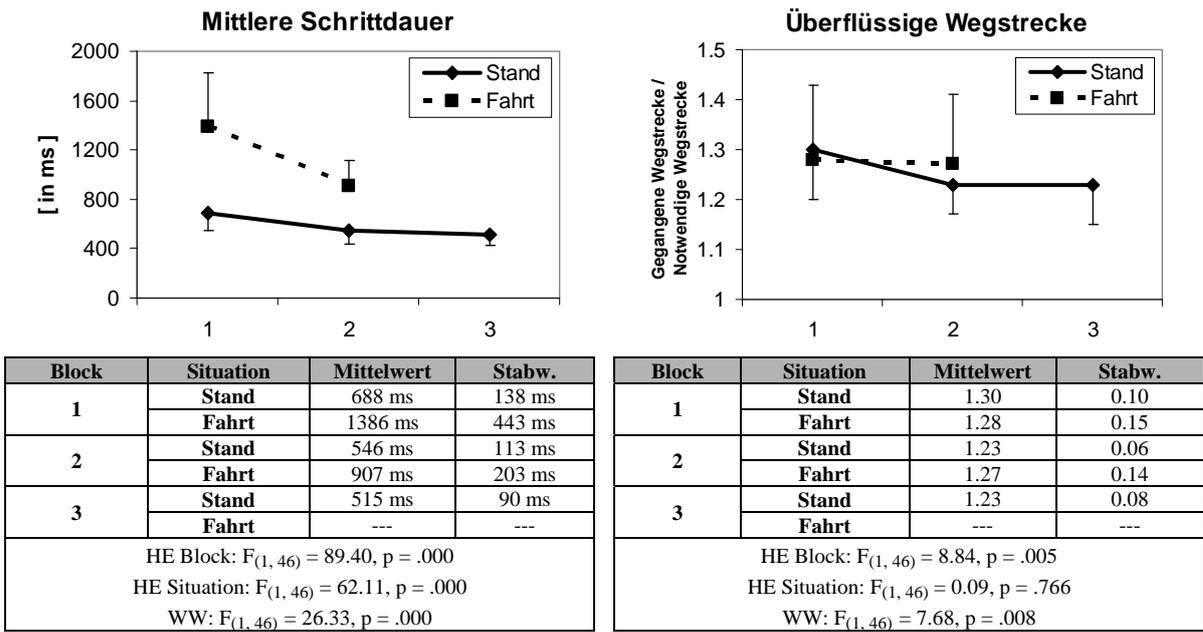


Abbildung 8-7: Mittlere Schrittdauer (links) und Überflüssige Wegstrecke (rechts) ohne vs. mit gleichzeitiger Bearbeitung der Trackingaufgabe. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit Faktoren „Block“ und „Situation“.

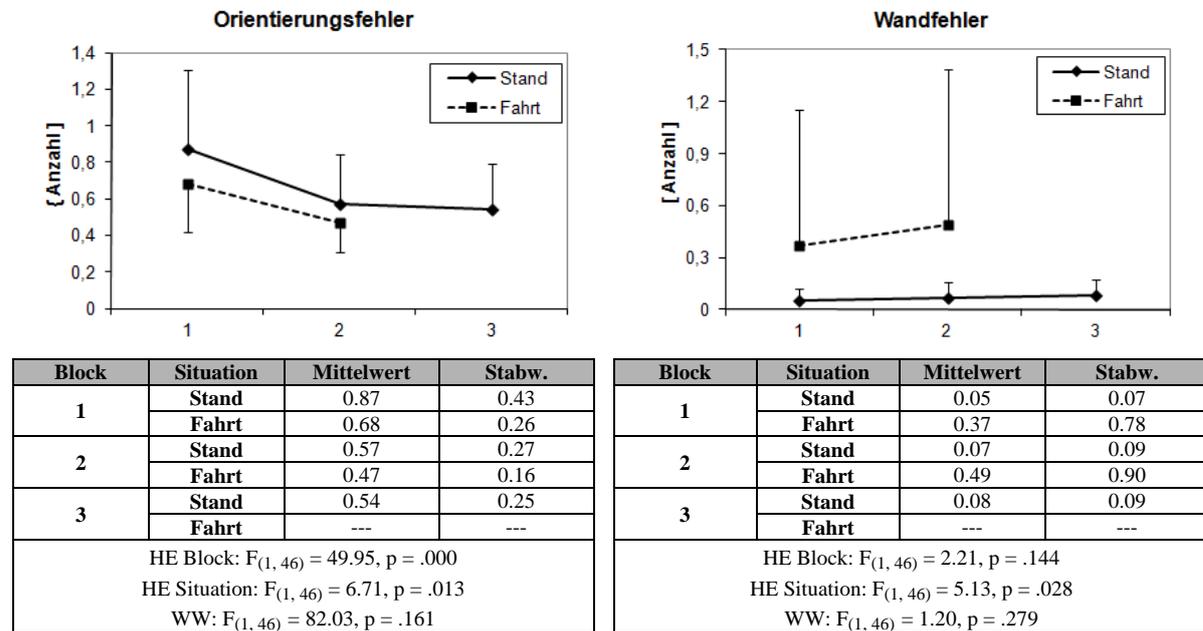


Abbildung 8-8: Mittlere absolute Häufigkeit der Orientierungsfehler (links) und Wandfehler (rechts) ohne vs. mit gleichzeitiger Bearbeitung der Trackingaufgabe. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit den Faktoren „Block“ und „Situation“.

Unter Dual-Task Bedingungen hat die Bedienvariante weder einen Einfluss auf die Bediengeschwindigkeit (Parameter „Mittlere Schrittdauer“; siehe Abbildung 8-9 links) noch auf die Bediengenauigkeit (Parameter „Überflüssige Wegstrecke“; siehe Abbildung 8-9 rechts). Es ist

somit bei simultaner Bearbeitung von Menüaufgabe und Trackingaufgabe für die Bedienleistung unerheblich, ob ein Integriertes oder Aufgelöstes Bedienelement zum Einsatz kommt.

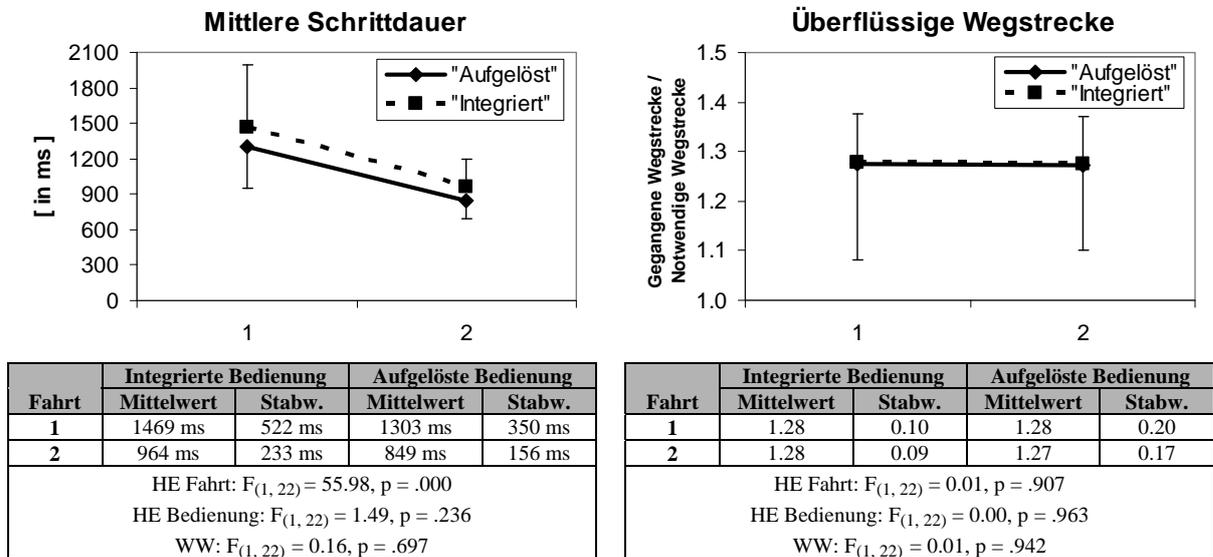


Abbildung 8-9: Mittlere Schrittdauer (links) und Überflüssige Wegstrecke (rechts) in Abhängigkeit der Bedienvariante. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit den Faktoren „Fahrt“ und „Bedienung“.

Demgegenüber beeinflusst die Darstellung des Menüsystems die Bedienleistung unter Dual-Task Bedingungen: Abbildung 8-10 links zeigt, dass die Mittleren Schrittdauern im Umgang mit einem Menüsystem in der Ebenendarstellung marginalsignifikant geringer sind als in der Menüdarstellung. In Abbildung 8-10 rechts wird für die Überflüssige Wegstrecke deutlich, dass diese bei der Ebenendarstellung marginalsignifikant höher ist. Unter Dual-Task Bedingungen wirkt sich die Ebenendarstellung somit (im Vergleich zur Menüdarstellung) positiv auf die Bediengeschwindigkeit und -genauigkeit aus.

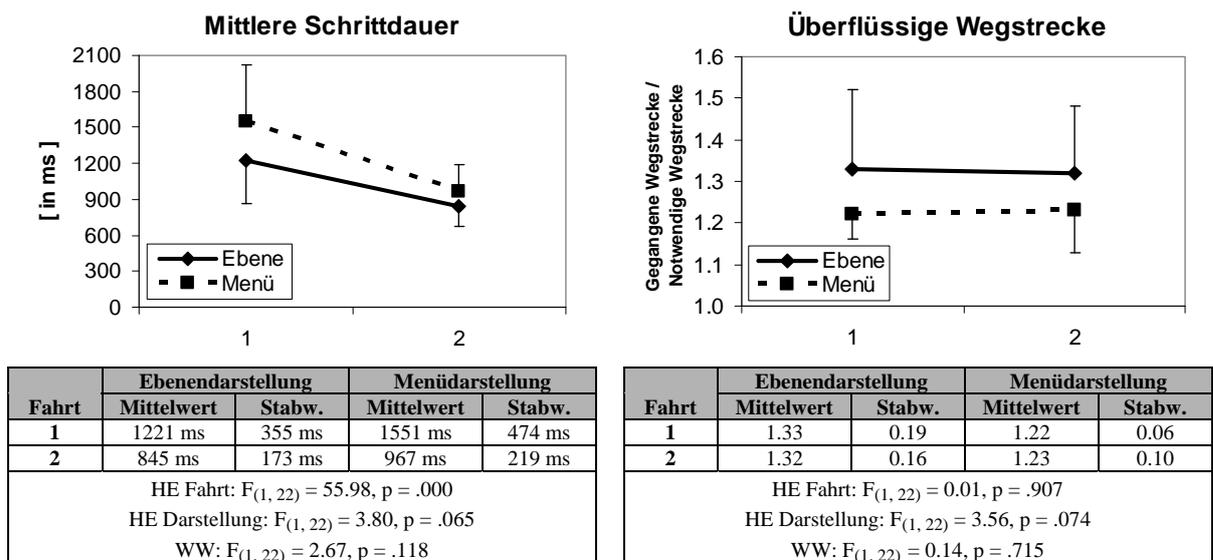
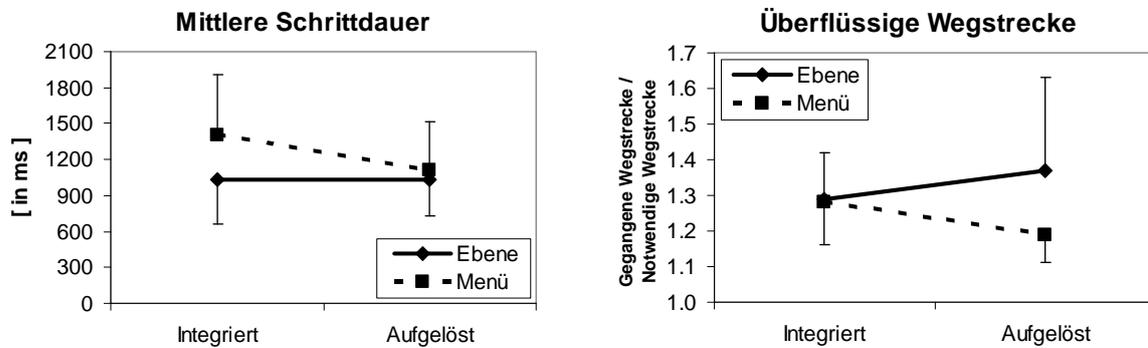


Abbildung 8-10: Mittlere Schrittdauer (links) und Überflüssige Wegstrecke (rechts) in Abhängigkeit der Systemdarstellung. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit den Faktoren „Fahrt“ und „Darstellung“.

Die Kombination aus Bedienvariante und Systemdarstellung ist für die Bedienleistung im Umgang mit der Menüaufgabe unter Dual-Task Bedingungen schließlich weitgehend irrelevant: Weder in der Mittleren Schrittdauer (als Parameter für die Bediengeschwindigkeit; siehe Abbildung 8-11 links) noch in der Überflüssigen Wegstrecke (als Parameter der Bediengenauigkeit; siehe Abbildung 8-11 rechts) können signifikante Effekte gefunden werden.



	Integrierte Bedienung		Aufgelöste Bedienung	
	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
<b>Ebene</b>	1032 ms	370 ms	1035 ms	309 ms
<b>Menü</b>	1402 ms	504 ms	1116 ms	399 ms
HE Fahrt: $F_{(1, 22)} = 55.98, p = .000$				
WW Bedienung * Darstellung : $F_{(1, 22)} = 1.56, p = .227$				
WW Block * Bedienung * Darstellung: $F_{(2, 22)} = 0.32, p = .579$				

	Integrierte Bedienung		Aufgelöste Bedienung	
	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
<b>Ebene</b>	1.29	0.13	1.37	0.26
<b>Menü</b>	1.28	0.12	1.19	0.08
HE Fahrt: $F_{(1, 22)} = 0.01, p = .907$				
WW Bedienung * Darstellung : $F_{(1, 22)} = 2.13, p = .160$				
WW Block * Bedienung * Darstellung: $F_{(2, 22)} = 0.06, p = .818$				

Abbildung 8-11: Mittlere Schrittdauer (links) und Überflüssige Wegstrecke (rechts) in Abhängigkeit der Bedienvariante und Systemdarstellung. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit den Faktoren „Fahrt“, „Bedienung“ und „Darstellung“.

### 8.3.3 Leistung in Trackingaufgabe

Die untersuchten Bedienvarianten der Menübedienung sind für die Leistung in der Trackingaufgabe weitgehend unbedeutend: Wie aus Abbildung 8-12 ersichtlich, ist es sowohl für die Trackinggüte (erfasst über den Parameter „Mittlere Abweichung vom Trackingkreuz“; siehe Abbildung 8-12 links) als auch für die Häufigkeit sicherheitskritischer Situationen in der Trackingaufgabe (operationalisiert über den Parameter „Mittlere Anzahl der Spurverletzungen“, siehe Abbildung 8-12 rechts) irrelevant, ob das Menüsystem mit einem Integrierten oder Aufgelösten Bedienelement bedient wird. Der Lernstatus ist für die Leistung in der Trackingaufgabe weitgehend irrelevant.

Demgegenüber beeinflusst die Art der Systemdarstellung die Trackingleistung: So ist die Mittlere Abweichung vom Trackingkreuz für die Ebenendarstellung marginalsignifikant geringer (und somit die Güte in der Trackingaufgabe höher; siehe Abbildung 8-13 links). Bei Bearbeitung des Menüsystems mit Ebenendarstellung kann der Kreuzbewegung in der Trackingaufgabe besser gefolgt werden als mit Menüdarstellung. Dies hat aber nicht zwingend eine negative Wirkung auf die Häufigkeit von Spurverletzungen: Lediglich in Fahrt 1 treten im Umgang mit einem Menüsystem in Ebenendarstellung tendenziell seltener entsprechende sicherheitskritische Situationen auf (siehe Abbildung 8-13 rechts).

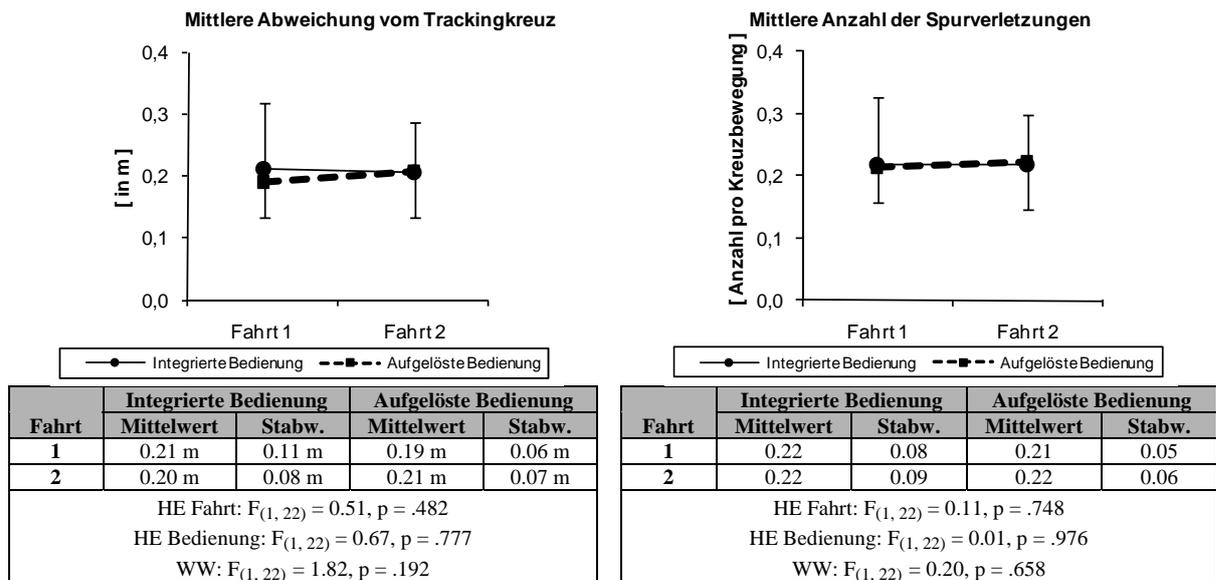


Abbildung 8-12: Mittlere Abweichungen von Kreuzposition (links) bzw. Mittlere Anzahl der Spurverletzungen (rechts) in Abhängigkeit der Systemvariante. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalyse mit den Faktoren „Fahrt“ und „Bedienung“.

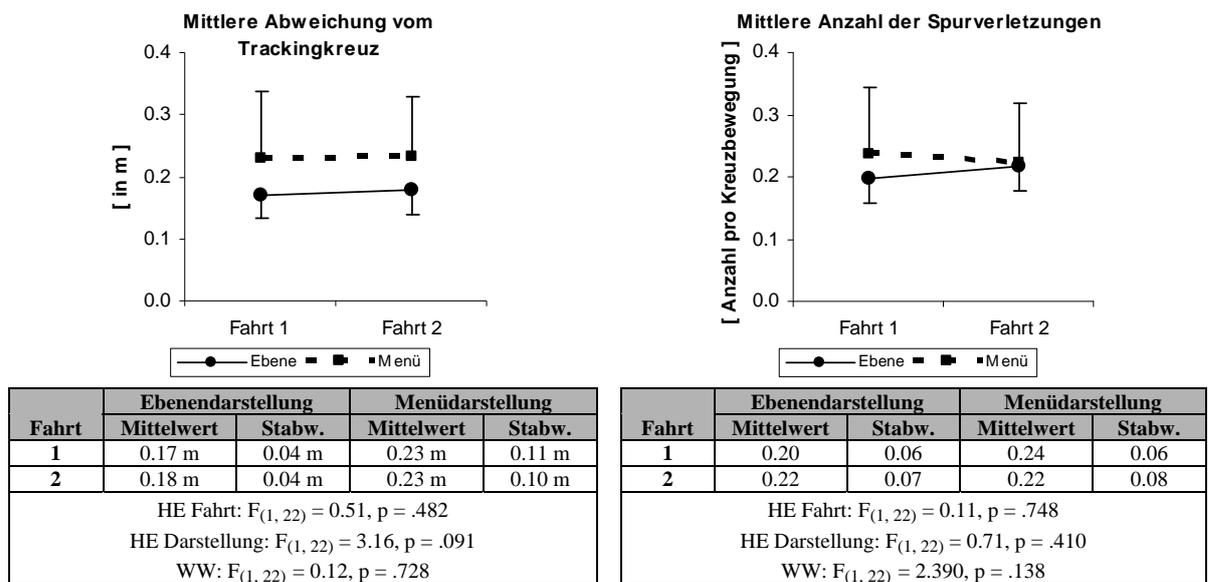


Abbildung 8-13: Mittlere Abweichungen von Kreuzposition (links) bzw. Mittlere Anzahl der Spurverletzungen (rechts) in Abhängigkeit der Systemdarstellung. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalyse mit den Faktoren „Fahrt“ und „Darstellung“.

### 8.3.4 Blickverhalten

Auch für das Blickverhalten ist die Bedienvariante weitgehend irrelevant: Sowohl hinsichtlich der Mittleren Anzahl an Displayblicken während der Aufgabenbearbeitung (siehe Abbildung 8-14 links) als auch für die Mittlere Dauer der Displayblicke (siehe Abbildung 8-14 rechts) resultiert bei den Bedienvarianten „Integriertes Bedienelement“ und „Aufgelöstes Bedienele-

ment“ eine vergleichbare visuelle Aufmerksamkeit, die die Probanden der Menübedienung widmen.

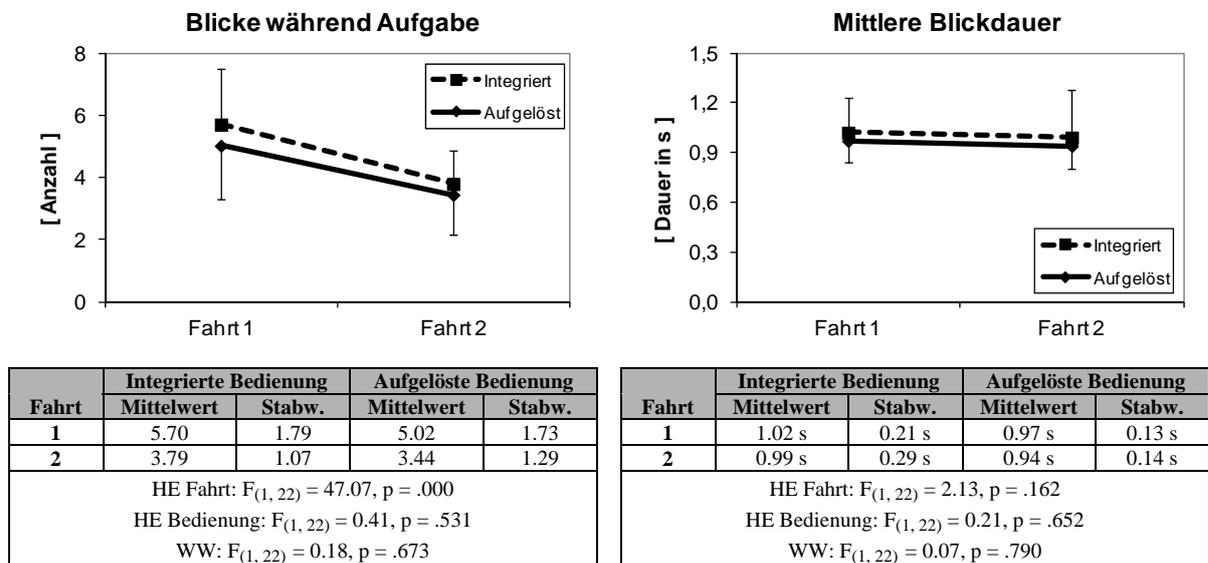


Abbildung 8-14: Mittlere Blickanzahl (links) und Mittlere Blickdauer (rechts) in Abhängigkeit der Bedienvariante. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit den Faktoren „Fahrt“ und „Darstellung“.

Abbildung 8-15 veranschaulicht die Auswirkungen der Systemdarstellung auf das Blickverhalten. Es wird deutlich, dass bei einem Menüsystem mit Ebenendarstellung weniger Displayblicke als beim System mit Menüdarstellung notwendig sind, um die gestellten Aufgaben zu bearbeiten (siehe Abbildung 8-15 links). Marginalsignifikant ist dieser Unterschied zwischen Ebenen- und Menüdarstellung stärker in Fahrt 1. Dagegen sind die Mittleren Blickdauern unabhängig von der Darstellungsart des Menüsystems (siehe Abbildung 8-15 rechts).

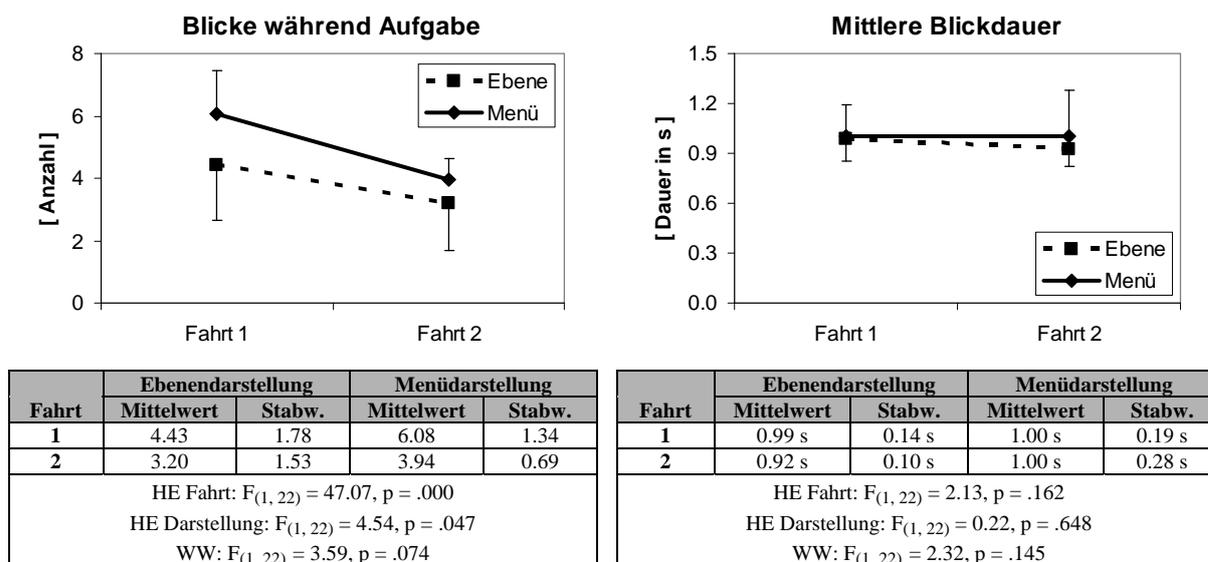


Abbildung 8-15: Mittlere Blickanzahl (links) und Mittlere Blickdauer (rechts) in Abhängigkeit der Systemdarstellung. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit den Faktoren „Fahrt“ und „Darstellung“.

Dabei ist generell der Einfluss des Kompetenzerwerbs für Menüsysteme auf das Blickverhalten zu beachten: So kommt es mit zunehmender Übung im Umgang mit dem Menüsystem zu einer signifikanten Abnahme der Mittleren Blickdauern (siehe Abbildung 8-14 links und Abbildung 8-15 links) bei einer konstanten Mittleren Blickdauer (siehe Abbildung 8-14 rechts und Abbildung 8-15 rechts). Mit zunehmendem Systemkontakt vermindert sich somit die von den Probanden für die Bedienung des Menüsystems investierte visuelle Aufmerksamkeit: Weniger Blicke reichen aus, um die relevante Information zu erfassen.

### 8.3.5 Probandenurteile

Die Probanden berichten, sich unter Single-Task und Dual-Task Bedingungen in ähnlichem Maße bei der Menüaufgabe angestrengt zu haben (siehe Abbildung 8-16 links): Sie geben an, dass ihre subjektive Anstrengung im Umgang mit dem Menüsystem mittelhoch war. In den Probandenurteilen werden weder Lerneinflüsse noch Einflüsse durch die Dual-Task Bedingung sichtbar. Zugleich wird nach Angaben der Probanden die Menüaufgabe sowohl unter Single-Task als auch Dual-Task Bedingungen vergleichbar gut gelöst: Die Probanden berichten unabhängig vom Ausmaß der Erfahrung im Umgang mit dem Menüsystem, die Aufgaben insgesamt gut gelöst zu haben (siehe Abbildung 8-16 rechts).

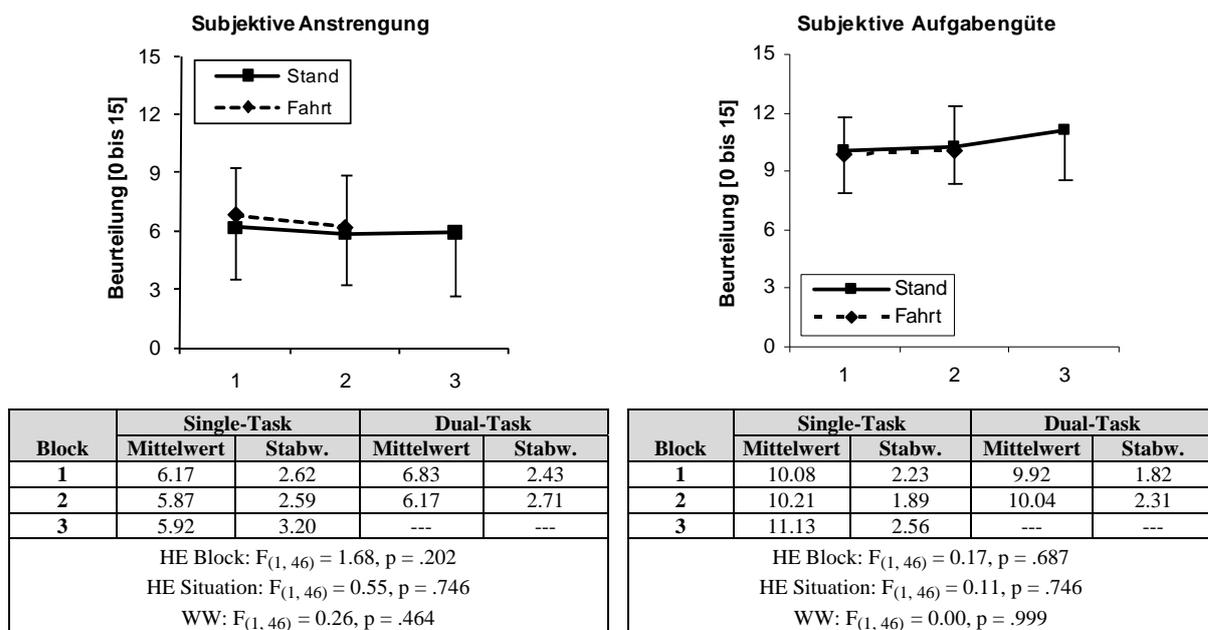


Abbildung 8-16: Mittlere subjektive Anstrengung (links) bzw. subjektive Aufgabengüte (rechts) bezüglich der Aufgabenbearbeitung im Menüsystem, dargestellt für die Bedingung ohne (Single-Task) vs. mit gleichzeitiger Bearbeitung der Trackingaufgabe (Dual-Task). Dargestellt sind Mittelwert und Standardabweichung sowie Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit den Faktoren „Block“ und „Situation“.

Die Bedienvarianten beeinflussen weder unter Single-Task noch unter Dual-Task Bedingung die subjektive Anstrengung im Umgang mit dem Menüsystem (siehe Tabelle 8-2 oben): Die Probanden haben sich nach eigenen Angaben bei der Verwendung des jeweiligen Bedienelements wenig bis mittel stark angestrengt. Sie urteilen zudem, die Aufgabenbearbeitung im Umgang mit dem Menüsystem für beide Systemvarianten (sowohl unter Single-Task als auch Dual-Task Bedingungen) vergleichbar gut gelöst zu haben (siehe Tabelle 8-2 unten). In den genannten Beispielen der Probandenbefragung ergeben sich keine signifikanten Befunde.

Tabelle 8-2: Mittlere subjektive Anstrengung (oben) bzw. subjektive Aufgabengüte (unten) bei Bewertung der Menüaufgabe in Single-Task Bedingung (links) bzw. Dual-Task Bedingung in Abhängigkeit der Bedienvariante („Integriert“ vs. „Aufgelöst“) und Systemdarstellung („Ebene“ vs. „Menü“). Dargestellt sind Mittelwerte und Standardabweichung sowie Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit den genannten Faktoren.

**Subjektive Anstrengung**

Single-Task Bedingung					Dual-Task Bedingung				
Block	Integrierte Bedienung		Aufgelöste Bedienung		Fahrt	Integrierte Bedienung		Aufgelöste Bedienung	
	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.		Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
1	5.08	2.54	7.25	2.30	1	7.17	2.59	6.50	2.32
2	5.75	3.08	6.00	2.13	2	6.58	3.34	5.75	1.96
3	6.00	3.86	5.83	2.55					
Block	Ebenendarstellung		Menüdarstellung		Fahrt	Ebenendarstellung		Menüdarstellung	
	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.		Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
1	7.17	2.29	5.17	2.62	1	7.17	2.69	6.50	2.20
2	7.08	2.50	4.67	2.15	2	6.83	2.37	5.50	2.97
3	7.08	3.61	4.75	2.34					
HE Block $F_{(2, 40)} = 0.12, p = .887$ HE Bedienung: $F_{(1, 20)} = 0.89, p = .356$ HE Darstellung: $F_{(1, 20)} = 8.03, p = .010$ WW Bedienung * Darstellung: $F_{(1, 20)} = 0.01, p = .917$					HE Fahrt $F_{(1, 20)} = 2.70, p = .116$ HE Bedienung: $F_{(1, 20)} = 0.55, p = .466$ HE Darstellung: $F_{(1, 20)} = 0.98, p = .333$ WW Bedienung * Darstellung: $F_{(1, 20)} = 0.01, p = .935$				

**Subjektive Aufgabengüte**

Single-Task Bedingung					Dual-Task Bedingung				
Block	Integrierte Bedienung		Aufgelöste Bedienung		Fahrt	Integrierte Bedienung		Aufgelöste Bedienung	
	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.		Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
1	10.50	2.68	9.67	1.67	1	9.50	1.73	10.33	1.88
2	10.25	2.26	10.17	1.53	2	9.58	2.31	10.50	2.32
3	11.25	2.42	11.00	2.80					
Block	Ebenendarstellung		Menüdarstellung		Fahrt	Ebenendarstellung		Menüdarstellung	
	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.		Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
1	10.00	1.76	10.17	2.69	1	9.33	1.92	10.50	1.57
2	9.58	1.38	10.83	2.17	2	9.25	2.30	10.83	2.13
3	10.67	2.77	11.58	2.35					
HE Block $F_{(2, 40)} = 2.16, p = .128$ HE Bedienung: $F_{(1, 20)} = 0.31, p = .586$ HE Darstellung: $F_{(1, 20)} = 1.23, p = .281$ WW Bedienung * Darstellung: $F_{(1, 20)} = 0.03, p = .876$					HE Fahrt $F_{(1, 20)} = 0.15, p = .707$ HE Bedienung: $F_{(1, 20)} = 1.31, p = .266$ HE Darstellung: $F_{(1, 20)} = 3.24, p = .087$ WW Bedienung * Darstellung: $F_{(1, 20)} = 0.07, p = .788$				

Hinsichtlich der Systemdarstellung werden demgegenüber vereinzelte Signifikanzen sichtbar: So meinen die Probanden, unter Single-Task Bedingungen sich im Umgang mit dem Menüsystem in Form der Menüdarstellung weniger stark angestrengt zu haben als bei der Ebenendarstellung (siehe Tabelle 8-2 oben links). Die Güte der wahrgenommenen Aufgabenbearbeitung ist bei beiden Varianten der Systemdarstellung vergleichbar (siehe Tabelle 8-2 oben rechts). Unter Dual-Task Bedingungen wird andererseits berichtet, sich bei beiden Darstellungsvarianten in ähnlicher Stärke angestrengt zu haben (siehe Tabelle 8-2 unten links). Die subjektive Aufgabengüte ist jedoch marginalsignifikant höher, sofern die gestellten Aufgaben in Menüdarstellung bearbeitet werden (siehe Tabelle 8-2 unten rechts).

Auf Seiten der Beurteilung der Trackingaufgabe werden in den Probandenurteilen keine systematischen Einflüsse bezüglich der subjektiven Anstrengung und subjektiven Aufgabengüte deutlich, die durch die Bedienvarianten oder durch die Systemdarstellung bedingt wären. Tabelle 8-3 listet die entsprechenden Deskriptiva. Die Bewertung des Umgangs mit bzw. die wahrgenommene Aufgabengüte in der Trackingaufgabe sind somit weitgehend unabhängig von den Systemmerkmalen des Menüsystems.

Tabelle 8-3: Mittlere subjektive Anstrengung (links) bzw. subjektive Aufgabengüte (rechts) bei Bewertung der Trackingaufgabe in Abhängigkeit der Bedienvariante („Integriert“ vs. „Aufgelöst“) und Systemdarstellung („Ebene“ vs. „Menü“). Dargestellt sind Mittelwerte und Standardabweichung sowie Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit den Faktoren „Fahrt“, „Bedienung“ und „Darstellung“.

Subjektive Anstrengung					Subjektive Aufgabengüte				
Fahrt	Integrierte Bedienung		Aufgelöste Bedienung		Fahrt	Integrierte Bedienung		Aufgelöste Bedienung	
	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.		Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
1	9.42	3.26	9.75	2.63	1	6.58	2.43	7.83	1.40
2	8.25	2.77	8.92	2.02	2	7.25	2.09	8.17	2.44
Fahrt	Ebenendarstellung		Menüdarstellung		Fahrt	Ebenendarstellung		Menüdarstellung	
	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.		Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
1	8.92	2.84	10.25	2.93	1	7.00	1.60	7.42	2.47
2	8.50	2.32	8.67	2.57	2	7.75	2.18	7.67	2.46
HE Fahrt $F_{(1, 20)} = 2.41, p = .136$ HE Bedienung: $F_{(1, 20)} = 0.29, p = .593$ HE Darstellung: $F_{(1, 20)} = 0.66, p = .425$ WW Bedienung * Darstellung: $F_{(1, 20)} = 0.40, p = .534$					HE Fahrt $F_{(1, 20)} = 1.08, p = .312$ HE Bedienung: $F_{(1, 20)} = 1.97, p = .176$ HE Darstellung: $F_{(1, 20)} = 0.05, p = .831$ WW Bedienung * Darstellung: $F_{(1, 20)} = 0.05, p = .831$				

Zum Abschluss der Versuchssitzung wurden die Probanden um Urteile bezüglich der jeweiligen Bedienvariante, die sie kennen gelernt hatten, gebeten. Unter Single-Task Bedingungen wird die Bewegung zwischen den Ebenen über die horizontale Bedienrichtung des „Integrierten Bedienelements“ positiver beurteilt als beim „Aufgelösten Bedienelement“, bei dem Ebenenwechsel über zwei Knöpfe umgesetzt werden (siehe Abbildung 8-17 links). Diese Urteile sind unabhängig von der Art der Systemdarstellung. Die Auswahl des Zielitems auf unterster Menüebene wiederum wird beim „Aufgelösten Bedienelement“ tendenziell positiver bewertet als beim „Integrierten Bedienelement“ (siehe Abbildung 8-17 rechts). Auf Probandenseite wird das Erreichen der Zielfunktion bei der Aufgabenbearbeitung demnach 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.

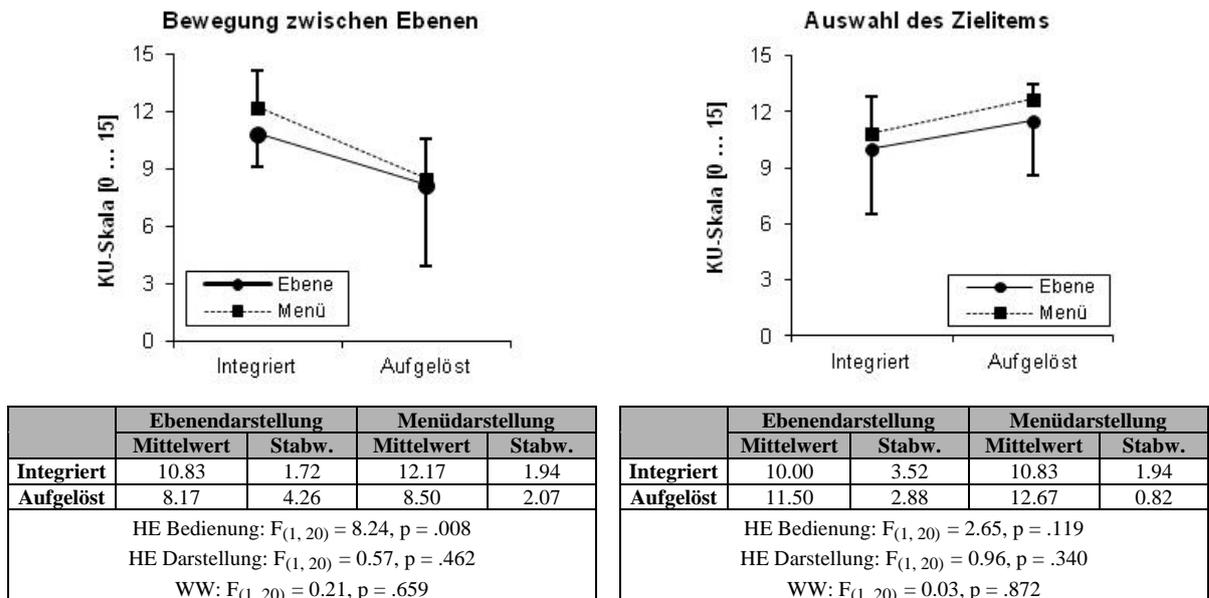
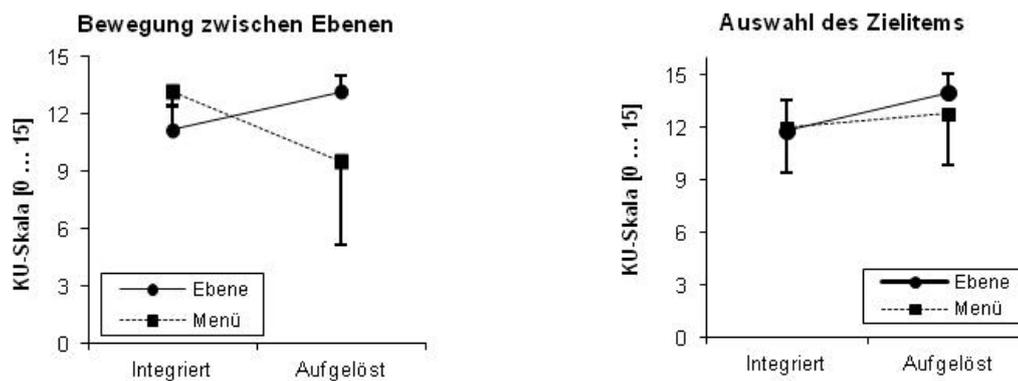


Abbildung 8-17: Beurteilte Güte der Bewegung zwischen Menüebenen (links) und Auswahl des Zielitems (rechts) für das „Integrierte“ bzw. „Aufgelöste Bedienelement“ für Ebenen- bzw. Menüdarstellung unter Single-Task Bedingungen. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung und Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit den genannten Faktoren.

Unter Dual-Task Bedingungen schneidet in den Probandenurteilen schließlich die Kombination aus aufgelöstem Bedienelement und Ebenendarstellung günstig ab, sofern die Bewegung zwischen den Menüebenen beurteilt werden soll (siehe Abbildung 8-18 links). Ähnlich günstig wird hierfür die Kombination eines „Integrierten Bedienelements“ mit einer Menüdarstellung bewertet. Für die Beurteilung der Auswahl des Zielitems ergeben sich keine signifikanten Befunde für die Kombination aus Bedienvariante und Systemdarstellung (siehe Abbildung 8-18 rechts). Das „Aufgelöste Bedienelement“ wird hier tendenziell positiver bewertet.



	Ebenendarstellung		Menüdarstellung	
	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
Integriert	11.17	1.33	13.67	0.75
Aufgelöst	13.17	0.82	9.50	4.32

HE Bedienung:  $F_{(1, 20)} = 8.24, p = .009$   
 HE Darstellung:  $F_{(1, 20)} = 0.57, p = .459$   
 WW:  $F_{(1, 20)} = 0.21, p = .655$

	Ebenendarstellung		Menüdarstellung	
	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
Integriert	11.83	1.72	12.00	2.61
Aufgelöst	14.00	1.10	12.83	2.99

HE Bedienung:  $F_{(1, 20)} = 2.71, p = .115$   
 HE Darstellung:  $F_{(1, 20)} = 0.30, p = .589$   
 WW:  $F_{(1, 20)} = 0.54, p = .473$

Abbildung 8-18: Beurteilte Güte der Bewegung zwischen den Menüebenen (links) und der Auswahl des Zielitems (rechts) für das „Integrierte“ bzw. das „Aufgelöste Bedienelement“ für Ebenen- bzw. Menüdarstellung unter Dual-Task Bedingungen. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung und Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit Faktoren „Bedienung“ und „Darstellung“.

### 8.4 Zusammenfassung und Diskussion

Für die Studie „Bedienmodell“ wurden nachfolgende inhaltliche Zielsetzungen formuliert:

- (1) Abbildung des Kompetenzerwerbs in einem Menüsystem unter Dual-Task Bedingungen
- (2) Analyse der Bedeutung motorischer Repräsentationen für den Kompetenzerwerb
- (3) Auswirkungen von Systemvariationen auf Kompetenzerwerb

Bezüglich der Abbildung des Kompetenzerwerbs im Menüsystem unter Dual-Task Bedingungen (d.h. Bedienung des Menüsystems parallel zu einer Fahraufgabe) bleibt zunächst festzuhalten, dass sich in der Bedienleistung im Umgang mit dem Menüsystem zu Übungsbeginn gegenüber Single-Task Bedingungen (d.h. Bedienung des Menüsystems an einem Bildschirmarbeitsplatz) Leistungseinbußen ergeben, die mit zunehmendem Systemkontakt geringer werden. Zugleich geht zunehmende Übung im Umgang mit dem Menüsystem mit einer geringeren Anzahl an Blicken zur Menübedienung einher, die mittlere Blickdauer bleibt konstant. Die Leistung in der Trackingaufgabe unterliegt hingegen keinen Lerneinflüssen. Es verringern sich somit Interferenzen zwischen Primär- und Sekundäraufgabe, wobei in der vorlie-

genden Studie Übungseffekte ausschließlich auf Seiten der Menübedienung zu finden sind. Diese Ergebnisse bestätigen vorliegende Befunde zu übungsbedingten Abnahmen von Interferenzen zwischen Fahrzeugführung und Menübedienung (siehe Kap. 2.3.2). Weder die allgemeinen Leistungseinbußen in der Trackingaufgabe oder in der Menübedienung noch übungsbedingte Leistungssteigerungen in der Menübedienung werden durch das Erleben der Probanden abgebildet: In den Probandenbefragungen nach jeder Fahrt ergeben sich keine entsprechenden Einflüsse.

Darüber hinaus wird in dieser Studie deutlich, dass unter Single-Task Bedingungen gewonnene Ergebnisse zum Einfluss des Bedienmodells auf den Kompetenzerwerb für Menüsysteme nicht ohne weiteres auf Dual-Task Situationen übertragbar sind: Die Befundmuster zum Einfluss des Bedienmodells auf den Kompetenzerwerb für Menüsysteme unterscheiden sich in Abhängigkeit vom Bedienkontext zum Teil erheblich:

- Sofern ein Menüsystem unter Single-Task Bedingungen zu bedienen ist, ist die sog. aufgelöste Bedienung zu bevorzugen, die die Bedienhandlungen „Blättern innerhalb einer Menüebene“ und „Wechseln zwischen den Ebenen“ separat abbildet. Eine sog. integrierte Bedienung, die die Bedienhandlungen „Blättern“ und „Wechseln“ nicht voneinander abgrenzt, ist abzulehnen. Unter Dual-Task Bedingungen scheint demgegenüber die Ausgestaltung des Bedienelements weder für die Bedienleistung einerseits noch für die Leistung in der Trackingaufgabe oder für das Blickverhalten andererseits von Bedeutung zu sein.
- Die Art der Systemdarstellung wiederum ist unter Single-Task Bedingung eher irrelevant. Unter Dual-Task Bedingungen schneiden hingegen sog. Ebenendarstellungen im Vergleich zu sog. Menüdarstellungen positiv ab: Ebenendarstellungen führen unabhängig vom Kompetenzerwerb zu einer höheren Bediengeschwindigkeit bei gleichzeitig verringerter Bediengenauigkeit und zu einer höheren Leistung in der Trackingaufgabe. Es werden weniger Displayblicke zur Menübedienung benötigt.
- Ferner ergeben sich Hinweise dahingehend, dass die Ausgestaltung des Bedienelements im Zusammenspiel mit der Systemdarstellung zu diskutieren und optimieren ist: Unter Single-Task Bedingungen ist z.B. die Bedienqualität für die Kombination aus dem sog. aufgelösten Bedienung und der Ebenendarstellung höher. In den Urteilen der Systemnutzer wird darüber hinaus deutlich, dass unter Dual-Task Bedingungen die integrierte Bedienung bei Menüdarstellung bevorzugt wird, wohingegen bei Ebenendarstellung die aufgelöste Bedienung gewünscht wird.

Zusammenfassend wird in dieser Studie „Bedienmodell“ gezeigt, dass bei einer Bewertung der Auswirkungen von Bedienvariante und Systemdarstellung auf die Bedienleistung (inkl. Kompetenzerwerb) der Bedienkontext, in dem mit einem Menüsystem umgegangen werden soll, von entscheidender Bedeutung ist. So sind die unter Single-Task Bedingungen gewonnenen Ergebnisse nicht ohne weiteres auf Dual-Task Situationen übertragbar. Zudem wird deutlich, dass Erfahrungen im Umgang mit einem Menüsystem in Dual-Task Situationen zu einer verringerten Interferenz von Primär- und Sekundäraufgabe beitragen. Es werden somit die Ergebnisse der Studie „Menüstruktur“ (siehe Kap. 7) repliziert. Dies spricht für eine hohe Validität der vorliegenden Befunde.

## **9 STUDIE VI: „ALTER UND VORWISSEN“**

### **9.1 Einleitung**

Nachdem in den unter Kap. 4 bis 8 dargestellten Studien ausschließlich studentische Stichproben untersucht wurden, soll in nachfolgender Studie gezielt auf ältere Systemnutzer zurückgegriffen werden. Hierdurch soll zum einen die Gültigkeit der bisherigen Befunde geprüft werden, zum anderen Aussagen zu eventuellen Einflüssen des Nutzeralters auf den Kompetenzerwerb für Menüsysteme unter Single-Task und Dual-Task Bedingungen ermöglicht werden. Ausgehend von Kap. 2.2.11 und 2.3.6 wird erwartet, dass älteren Nutzer im direkten Vergleich zu jüngeren Nutzern zum einen der Kompetenzerwerb für Menüsysteme (sowohl unter Single-Task als auch insbesondere unter Dual-Task Bedingungen) schwerer fällt, zum anderen ist mit stärkeren Einbußen in der Fahrzeugführung unter Dual-Task Bedingungen zu rechnen. Nichtsdestotrotz wird angenommen, dass auch ältere Systemnutzer Lerneffekte in der Menübedienung selbst sowie in der Fahrzeugführung bei simultaner Bearbeitung der Menüaufgaben zeigen, so dass die Interferenzen in Primär- und Sekundäraufgabe mit zunehmender Übung schwächer werden.

Demzufolge können als inhaltliche Zielsetzungen für die vorliegende Studie definiert werden:

- (1) Einfluss von Nutzermerkmalen auf den Kompetenzerwerb
- (2) Abbildung des Kompetenzerwerbs in einem Menüsystem unter Dual-Task Bedingungen

Hierzu werden Systemnutzer im höheren Alter untersucht (> 55 Jahre). Zur Variation des Vorwissens dieser Zielgruppe lernt 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 Simulatorfahrt (d.h. in einer Dual-Task Situation) ein fahrzeugnahes Menüsystem zu bedienen. Die andere Hälfte der Probanden nimmt ausschließlich an der Sitzung unter Dual-Task Bedingung ohne vorherige Übung des Umgangs mit dem sog. Alltags-System teil. Um schließlich die bisherigen Befunde hinsichtlich ihrer Gültigkeit für diese Zielgruppe vergleichend bewerten zu können, wird zusätzlich eine Stichprobe mit jungen Systemnutzern (< 30 Jahre) untersucht.

### **9.2 Methodisches Vorgehen**

#### **9.2.1 Menüsystem**

In der vorliegenden Studie wurden zwei Menüsysteme eingesetzt:

- Ein aus Alltagsbegriffen bestehendes System (sog. Alltags-System) sowie
- ein fahrkontextnahes System (sog. Fahrerinformationssystem).

Das sog. Alltags-System bestand aus Unterbegriffs-Oberbegriffs-Relationen, die durch die Allgemeinbildung der Probanden weitgehend selbsterklärend sein sollten. Das Menüsystem umfasste auf der ersten Ebene fünf Menübereiche ((1) „Haus“, (2) „Tiere“, (3) „Pflanzen“, (4) „Deutschland“, (5) „Kontinente“), die wiederum auf zweiter Ebene in jeweils vier Optionen

mündeten. Auf dritter Ebene befanden sich jeweils vier bis fünf Optionen bzw. auf vierter Ebene drei Optionen. Als Beispiel einer begrifflichen Hierarchie ergibt sich somit: „Deutschland“ – „Bundesländer“ – „Neue Bundesländer“ – „Sachsen“. Mittels eines Vorversuchs (N = 6 Probanden) wurde die begriffliche Eindeutigkeit des Menüsystems überprüft. Das Alltags-System wurde unter Single-Task Bedingungen (d.h. an einem Bildschirmarbeitsplatz) bedient.

Das sog. Fahrerinformationssystem (FIS) war weitgehend identisch zu dem in der Studie „Menüstruktur“ verwendeten tiefen Menüsystem (siehe Kap. 7). Dieses Menüsystem bestand aus vier Ebenen: Die erste Menüebene beinhaltete vier Menüoptionen ((1) „Navigation“, (2) „Entertainment“, (3) „Telefon“ und (4) „Bordcomputer“), die zweite und dritte Ebene jeweils zwei Optionen und die vierte Ebene wiederum vier Optionen. Hieraus resultierte eine 4\*2\*2\*4-Struktur des Menüsystems. Menüinhalte, die sich im Versuch „Menüstruktur“ hinsichtlich ihrer Unterbegriffs-Oberbegriffs-Relationen als nicht-eindeutig erwiesen haben, wurden durch andere Inhalte ersetzt (z.B. „Telefon“ – „Text-Mitteilungen“ – „Verfassen“ – „Automatische Worterkennung“ wurde ersetzt durch „Telefon“ – „Text-Mitteilungen“ – „Verfassen“ – „Antwortmitteilung verfassen“). Das Fahrerinformationssystem wurde unter Single-Task und unter Dual-Task Bedingungen (d.h. während der Fahrzeugführung) bedient.

### 9.2.2 Bedienaufgabe

Die Probanden sollten mittels der Menüsysteme möglichst schnell und präzise Aufgaben bearbeiten. 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 anzusteuernde Funktion noch einmal genannt wurde. Im Anschluss musste die richtige Menüfunktion ausgewählt werden. Für eine ausführliche Darstellung der Menübedienung und technischen Aspekte des Menüsystems siehe Studie „Raumschiff-System I“ (Kap. 4.2.1 und 4.2.2).

Es wurden verschiedene Aufgabenblöcke zur Bearbeitung im Menüsystem konzipiert:

- Für das Alltags-System bestanden die Aufgabenblöcke aus jeweils 51 Aufgaben, die unter Single-Task Bedingungen zu bearbeiten waren (sog. Blöcke). Es wurden drei Aufgabenblöcke umgesetzt.
- Für das Fahrerinformationssystem wurden zwei Aufgabenblöcke zur Bearbeitung unter Single-Task Bedingungen vorbereitet, die jeweils 21 Aufgaben umfassten (sog. Testblöcke). Unter Dual-Task Bedingungen konnten die Probanden so viele Aufgaben wie möglich abarbeiten (sog. Messfahrten).

Zur Beschreibung der Bedienleistung wurden die folgenden Parameter erhoben:

- Mittlere Navigationszeit (mittlere Zeitdauer, in der sich die Probanden im Menüsystem befanden [in ms])
- Mittlere Schrittdauer (mittlere Zeitdauer zwischen zwei Bedienhandlungen innerhalb des Menüsystems [in ms])
- Überflüssige Wegstrecke (Anzahl tatsächlich gegangener Schritte im Verhältnis zur Anzahl notwendiger Schritte [Quotient])
- Mittlere Häufigkeit Falsch-Bildschirme (Bildschirm, der beim Aufrufen einer falschen Menüalternative auf unterster Menüebene dargeboten wird [Anzahl])

### 9.2.3 Fahraufgabe

Das Fahrerinformationssystem sollte parallel zu einer Fahraufgabe bearbeitet werden. Hierzu fuhren die Probanden einen Simulatorparcours, der aus leicht zu befahrenden Landstraßen-Fahrsituationen bestand. Zu diesen Situationen zählten beispielsweise freies Fahren, Folgefahren mit bzw. ohne Überholverbot, Durchfahren einer Baustelle mit Spurverengung 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 9-1 werden beispielhaft drei der realisierten Fahrsituationen 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 9-1: Beispielhafte Verkehrssituationen des Landstraßen-Parcours des Fahrsimulators des Würzburger Instituts für Verkehrswissenschaften (WIVW GmbH). Links: Überholen, Mitte: Baustelle mit Spurverengung, Rechts: Scharfe Linkskurve.

Im Rahmen der Ergebnisdarstellung soll beispielhaft ausschließlich auf die Ergebnisse des Streckenabschnitts „Landstraße – Freie Fahrt“ eingegangen werden. Dieser Streckenabschnitt erstreckte sich über 2.2 km, die Durchfahrung dieses Abschnitts dauerte bei einer Richtgeschwindigkeit von 100 km/h ca. 1.5 min. Dieser Abschnitt kam im Laufe der Kontrollfahrt und der beiden Messfahrten (siehe Kap. 9.2.5) jeweils fünf Mal vor. Für die weiteren Streckenabschnitte des Simulatorparcours ergaben sich ähnliche Ergebnismuster. Daher wird an dieser Stelle auf eine ausführliche Darstellung der entsprechenden Ergebnisse verzichtet.

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.

Als Abhängige Variablen zur Beschreibung der Fahrleistung wurden berechnet:

- Mittlere Fahrgeschwindigkeit [in km/h]
- Mittlere Anzahl Berührungen Fahrbahnmarkierung (Häufigkeit der Berührungen der Fahrbahnmarkierung durch die Fahrzeugreifen [Anzahl])

Dieser Versuch wurde im Fahrsimulator mit Bewegungssystem des Würzburger Instituts für Verkehrswissenschaften (WIVW GmbH) durchgeführt (siehe Abbildung 9-2). Das Bewegungssystem des Fahrsimulators hat sechs Freiheitsgrade und kann lineare Beschleunigungen bis 5 m/s<sup>2</sup> bzw. rotatorische Beschleunigungen bis 100 Grad/s<sup>2</sup> darstellen. Es besteht aus sechs elektropneumatischen Aktuatoren (Hub: +/- 60 cm; Neigung: +/- 10 Grad). Die Fahrzeugkon-

sole ist voll instrumentiert und entspricht der des serienfertigen Fahrzeugs mit Automatikgetriebe. Für die realistische Darstellung des Lenkmoments sorgt ein auf der Basis eines Lenkmodells gesteuerter Servomotor. Die Projektion erfolgt über drei Röhrenprojektoren, die in der Kuppel angebracht sind. Über die drei Kanäle wird ein Bildausschnitt von 180° dargeboten. Als Außen- und Innenspiegel fungieren LCD-Displays. Insgesamt besteht das System aus PC-Rechnern. 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 (Messtakt: 100 Hz) kann durch den Versuchsleiter überwacht werden.



Abbildung 9-2: Fahrsimulation mit Bewegungssystem des Würzburger Instituts für Verkehrswissenschaften (WIVW GmbH). Links: Außenansicht, Rechts: Innenansicht.

#### 9.2.4 Probandenbefragung

Nach jedem Aufgabenblock wurden die Probanden z.B. hinsichtlich ihrer subjektiven Anstrengung („Wie anstrengend war die Aufgabe?“) und subjektiven Aufgabenbearbeitung („Wie gut haben Sie die Aufgabe gelöst?“) beim Umgang mit dem Menüsystem (sowohl in der Single-Task als auch der Dual-Task Bedingung) bzw. bei Bearbeitung der Trackingaufgabe (in der Dual-Task Bedingung) befragt. Für die Probandenbefragung wurde eine 16-stufige Kategorienunterteilungsskala herangezogen (Heller, 1985; siehe Kap. 4.2.3). Als Abhängige Variable resultiert somit:

- Probandenurteil [Skala 0 ... 15]

#### 9.2.5 Versuchsplan

Zur Variation des Vorwissens im Umgang mit einem hierarchischen Menüsystem nahm eine Hälfte der Probanden an beiden Sitzungen (Sitzung 1: „Alltags-System“ und Sitzung 2: „Fahrerinformationssystem“) teil, die andere Hälfte nur an der zweiten Sitzung. Es liegt somit ein Mischversuchsplan mit den within-Faktoren „Block“ (Anzahl der Messwiederholungen) und „Situation“ (Single-Task vs. Dual-Task) sowie den between-Faktoren „Alter“ (Junge Fahrer vs. Ältere Fahrer) und „Vorwissen“ (Teilnahme vs. keine Teilnahme an Sitzung 1) vor. Tabelle 9-1 veranschaulicht diesen Versuchsplan schematisch.

Tabelle 9-1: Schematische Darstellung des Versuchsplans der Studie „Alter und Vorwissen“ (N = 24 Probanden, „O“ Blockvariable (Organismusvariable), „W“ = Messwiederholung).

Versuchsgruppe		Sitzung								
		1			2					
		Aufgabenblock			Kontroll- fahrt	Messfahrt I	Testblock I	Messfahrt II	Testblock II	
1	2	3								
O	Jüngere Fahrer	Mit Vorwissen	n = 6	n = 6	n = 6	n = 6	n = 6	n = 6	n = 6	n = 6
	Jüngere Fahrer	Ohne Vorwissen	X			n = 6	n = 6	n = 6	n = 6	n = 6
	Ältere Fahrer	Mit Vorwissen	n = 6	n = 6	n = 6	n = 6	n = 6	n = 6	n = 6	n = 6
	Ältere Fahrer	Ohne Vorwissen	X			n = 6	n = 6	n = 6	n = 6	n = 6

### 9.2.6 Versuchsablauf

Der Versuch fand an zwei Terminen statt. Abbildung 9-3 veranschaulicht den Versuchsablauf schematisch. In Sitzung 1 wurde das „Alltags-System“ vorgegeben, in Sitzung 2 das „Fahrerinformationssystem“. Eine Hälfte dieser Probanden nahm an beiden Sitzungen teil, eine Hälfte nur an Sitzung 2.

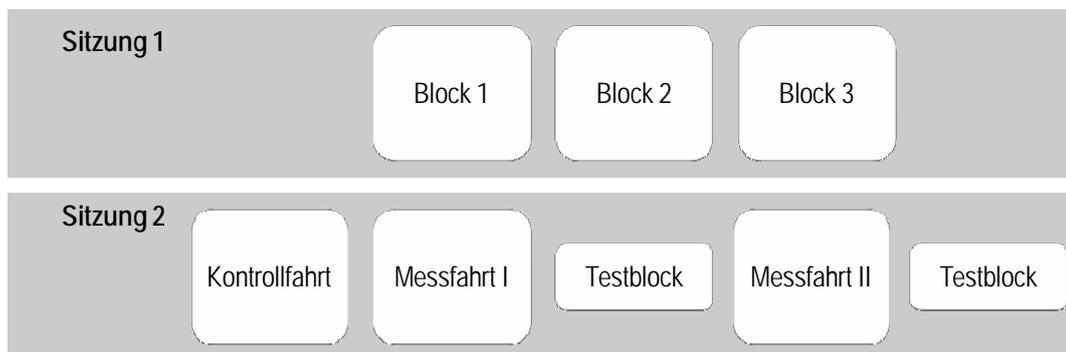


Abbildung 9-3: Schematischer Ablauf der Sitzungen.

Während der ersten Sitzung bedienten die Probanden das sog. Alltags-System im Rahmen von drei Aufgabenblöcken. 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. Nach jedem Versuchsabschnitt fand eine kurze Befragung der Probanden statt.

In einer zweiten Sitzung einige Tage später sollte das sog. Fahrerinformationssystem sowohl unter Single-Task als auch unter Dual-Task Bedingungen bedient werden. Zunächst wurden die Probanden gebeten, den Fahrparcours ohne Menübedienung zu durchfahren („Kontrollfahrt“). Anschließend wurde dieser Fahrparcours erneut durchfahren, wobei parallel Aufgaben für den Umgang mit dem Menüsystem gegeben wurden („Messfahrt 1“). Die Probanden sollten die Fahraufgabe möglichst präzise erledigen und das Menüsystem nur bedienen, wenn kognitive Kapazitäten zur Verfügung stünden. Somit war es möglich, dass jeder Proband eine unterschiedliche Anzahl an Aufgaben im Menüsystem bearbeitet hatte. Dann wurden die Probanden gebeten, das Menüsystem im stehenden Simulatorfahrzeug (d.h. unter Single-Task

Bedingung) zu bedienen („Testblock 1“). Die Probanden sollten hier möglichst schnell und präzise die gestellten Aufgaben im Umgang mit dem Menüsystem bearbeiten. Es folgte wiederum eine Simulatorfahrt, während der die Probanden (sofern kognitive Kapazitäten zur Verfügung standen) mit dem Menüsystem umgehen konnten („Messfahrt 2“). Hauptziel dieser Fahrt sollte erneut ein präzises Erledigen der Fahraufgabe sein. Abschließend sollte das Menüsystem wieder im stehenden Fahrzeug bedient werden („Testblock 2“). Auch in dieser Sitzung wurde nach jedem Versuchsabschnitt eine kurze Befragung der Probanden durchgeführt.

Sitzung 1 dauerte 45 bis 60 min, Sitzung 2 zwischen 120 und 150 min. 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. Zudem durchliefen alle Probanden vor der Teilnahme an der Studie ein ausführliches Simulatortraining, in dem der Umgang mit dem Simulator trainiert wurde (Hoffmann & Buld, 2006).

### 9.2.7 Stichprobe

An diesem Versuch nahmen  $N = 24$  Probanden teil,  $n = 12$  jüngere Probanden ( $< 30$  Jahre: 7 weiblich, 5 männlich;  $m = 24.1$  Jahre,  $sd = 2.1$  Jahre) bzw. 12 ältere Probanden ( $> 55$  Jahre: 3 weiblich, 9 männlich; Alter:  $m = 61.0$  Jahre,  $sd = 3.9$  Jahre). Eine Hälfte dieser Probanden nahm an beiden Sitzungen teil, eine Hälfte nur an Sitzung 2. Die Probanden entstammten dem Testfahrerpanel des Würzburger Instituts für Verkehrswissenschaften (WIVW GmbH).

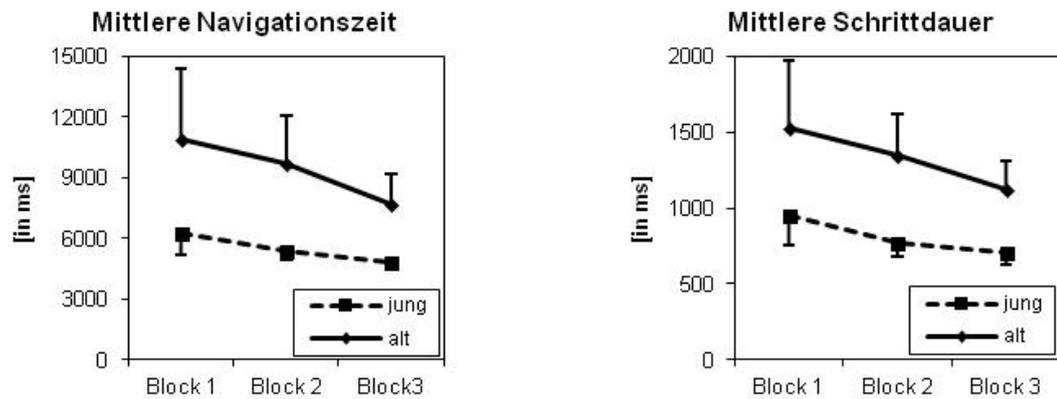
Die Probanden erhielten für ihre Teilnahme am Versuch eine Aufwandsentschädigung.

## 9.3 Ergebnisse

### 9.3.1 Bedienleistung und Single-Task Bedingung

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 geringer ist. Auf Seiten der Gesamtbedienleistung ergibt sich für ältere Probanden beispielsweise eine höhere Mittlere Navigationszeit als für jüngere Probanden. Dieser Alterseffekt verringert sich tendenziell mit zunehmender Übung im Umgang mit dem Menüsystem (siehe Abbildung 9-4 links). Hinsichtlich der Bediengeschwindigkeit sind für ältere Nutzer vergleichsweise höhere Mittlere Schrittdauern aufzeigbar, die über die drei Aufgabenblöcke hinweg erhalten bleiben (siehe Abbildung 9-4 rechts). Mit zunehmender Übung steigen die Gesamtbedienleistung und Bediengeschwindigkeit an.

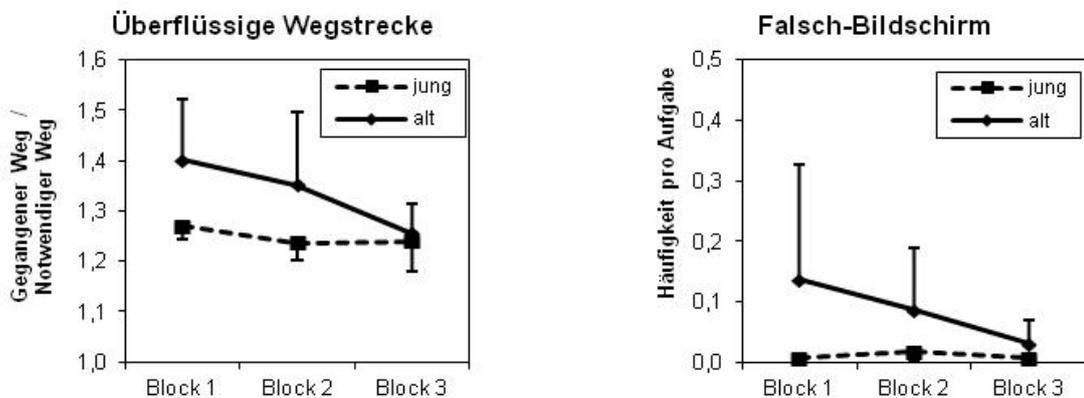
Im Umgang mit dem Menüsystem machen ältere Probanden vor allem in Aufgabenblock 1 und 2 mehr Fehler als jüngere Probanden (Parameter „Überflüssige Wegstrecke“; siehe Abbildung 9-5 links). Dabei machen ältere Probanden z.B. marginalsignifikant häufiger Fehler bei der Auswahl der Menüfunktion auf der untersten Menüebene, wie die Anzahl sog. Falsch-Bildschirme zeigt (siehe Abbildung 9-5 rechts). In Aufgabenblock 3 sind diese altersbedingten Unterschiede hinsichtlich der Bediengenauigkeit verschwunden.



Block	Jüngere Fahrer		Ältere Fahrer	
	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
1	6271 ms	1076 ms	10935 ms	3431 ms
2	5370 ms	391 ms	9731 ms	2358 ms
3	4833 ms	308 ms	7728 ms	1492 ms
HE Block: $F_{(2, 20)} = 12.96, p = .000$ HE Alter: $F_{(1, 10)} = 17.81, p = .002$ WW: $F_{(2, 20)} = 2.14, p = .143$				

Block	Jüngere Fahrer		Ältere Fahrer	
	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
1	952 ms	202 ms	1533 ms	443 ms
2	771 ms	86 ms	1347 ms	277 ms
3	705 ms	80 ms	1127 ms	186 ms
HE Block: $F_{(2, 20)} = 14.81, p = .000$ HE Alter: $F_{(1, 10)} = 18.12, p = .002$ WW: $F_{(2, 20)} = 1.14, p = .341$				

Abbildung 9-4: Mittlere Navigationszeit (links) und Mittlere Schrittdauer (rechts) im Alltags-System. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit den Faktoren „Block“ und „Alter“.



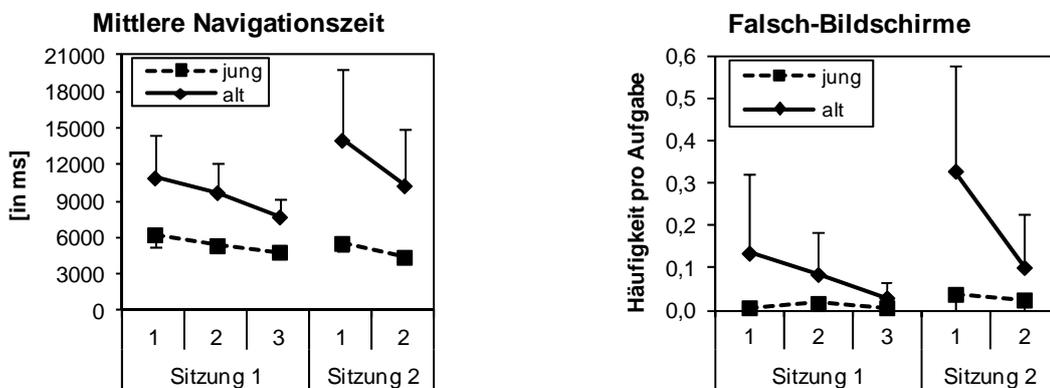
Block	Jüngere Fahrer		Ältere Fahrer	
	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
1	1.27	0.03	1.40	0.12
2	1.24	0.04	1.35	0.14
3	1.24	0.06	1.26	0.06
HE Block: $F_{(2, 20)} = 5.48, p = .013$ HE Alter: $F_{(1, 10)} = 5.03, p = .049$ WW: $F_{(2, 20)} = 2.83, p = .083$				

Block	Jüngere Fahrer		Ältere Fahrer	
	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
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
HE Block: $F_{(2, 20)} = 2.65, p = .096$ HE Alter: $F_{(1, 10)} = 2.83, p = .123$ WW: $F_{(2, 20)} = 2.61, p = .099$				

Abbildung 9-5: Überflüssige Wegstrecke (links) und Häufigkeit der Falsch-Bildschirme (rechts) im Alltags-System. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie Ergebnisse der Split-Plot Varianzanalysen mit den Faktoren „Block“ und „Alter“.

Zudem ergeben sich für die älteren Probanden sowohl in der Bediengeschwindigkeit (siehe Abbildung 9-4) als auch der Bediengenaugigkeit (siehe Abbildung 9-5) höhere interindividuelle Unterschiede, d.h. die Probanden dieser Altersgruppe unterscheiden sich zum Teil erheblich voneinander. Die untersuchte Stichprobe jüngerer Probanden ist demgegenüber homogener hinsichtlich ihres Leistungsniveaus im Umgang mit dem untersuchten Menüsystem.

Das Umlernen vom Alltags-System auf das Fahrerinformationssystem in Sitzung 2 stellt für ältere Probanden einen größeren Aufwand dar als für jüngere Probanden (siehe Abbildung 9-6): Während das Umlernen für diese Probandengruppe mit einer Erhöhung der Mittleren Navigationszeit um 17.3% gelingt sowie sich die Anzahl der Falsch-Bildschirme vervierfacht, verlängert sich die Mittlere Navigationszeit der älteren Probanden um 81.0% bzw. die Anzahl der Falsch-Bildschirme erhöht sich um das 11-fache. Die interindividuellen Unterschiede zwischen den Probanden steigen für die ältere Versuchsgruppe stärker an als für die jüngere Gruppe. An dieser Stelle werden ausschließlich Probanden berücksichtigt, die an beiden Versuchssitzungen teilgenommen haben.



Block	Jüngere Fahrer		Ältere Fahrer	
	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
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

HE Block:  $F_{(4, 40)} = 7.30, p = .000$   
 HE Alter:  $F_{(1, 10)} = 15.56, p = .003$   
 WW:  $F_{(4, 40)} = 3.38, p = .018$

Block	Jüngere Fahrer		Ältere Fahrer	
	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
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

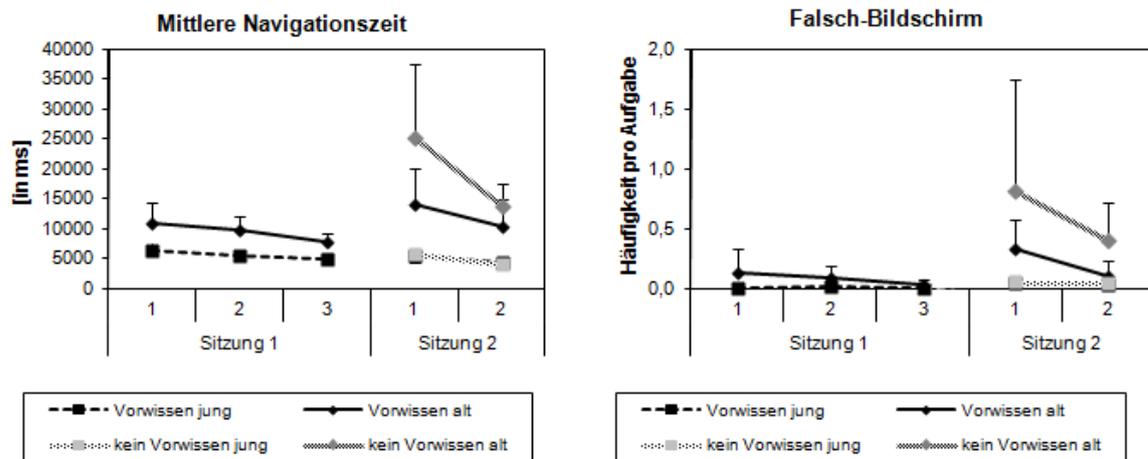
HE Block:  $F_{(4, 40)} = 7.32, p = .000$   
 HE Alter:  $F_{(1, 10)} = 5.46, p = .042$   
 WW:  $F_{(4, 40)} = 5.01, p = .002$

Abbildung 9-6: Mittlere Navigationszeit (links) und Häufigkeit der Falsch-Bildschirme (rechts) für das Alltags-Menü (Sitzung 1) und das Fahrerinformationssystem (Sitzung 2, Single-Task Bedingung). Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie Ergebnisse der Split-Plot Varianzanalysen mit den Faktoren „Block“ und „Alter“.

Die im Umgang mit dem Fahrerinformationssystem auftretenden Alterseffekte 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 (Bedingung „kein Vorwissen“), haben insbesondere in Testblock I eine höhere Mittlere Navigationszeit als ältere Probanden mit den entsprechenden Erfahrungen (Bedingung „Vorwissen“; siehe Abbildung 9-7 links). Obwohl alle Probanden zuvor über ca. 25 min die Möglichkeit hatten, das Fahrerinformationssystem während der Simulatorfahrt zu bedienen, sind in der ersten Testphase erhebliche Einflüsse des Vorwissens für ältere Fahrer nachweisbar. In Testblock II (nach einer weiteren Simulatorfahrt

von ca. 25 min Dauer) sind diese Leistungsunterschiede der älteren Probanden in der Mittleren Navigationszeit in Abhängigkeit des Vorwissens nicht mehr so stark ausgeprägt. Zusätzlich werden von älteren Probanden ohne Vorwissen insbesondere in Testblock I häufiger Falsch-Bildschirme aufgerufen als von älteren Probanden mit Vorwissen (siehe Abbildung 9-7 rechts). In Testblock II ist dieser Effekt deutlich abgeschwächt.

Für die jüngeren Probanden ergeben sich weder hinsichtlich der Gesamtbedienleistung (erfasst über den Parameter „Mittlere Navigationszeit“) noch bezüglich der Bediengenauigkeit (erfasst über den Parameter „Anzahl Falsch-Bildschirme“) Einflüsse der Vorerfahrung (siehe Abbildung 9-7). Für diese Probandengruppe scheint die Vorerfahrung in einem Menüsystem nicht bedeutsam für den Umgang mit dem Fahrerinformationssystem zu sein.



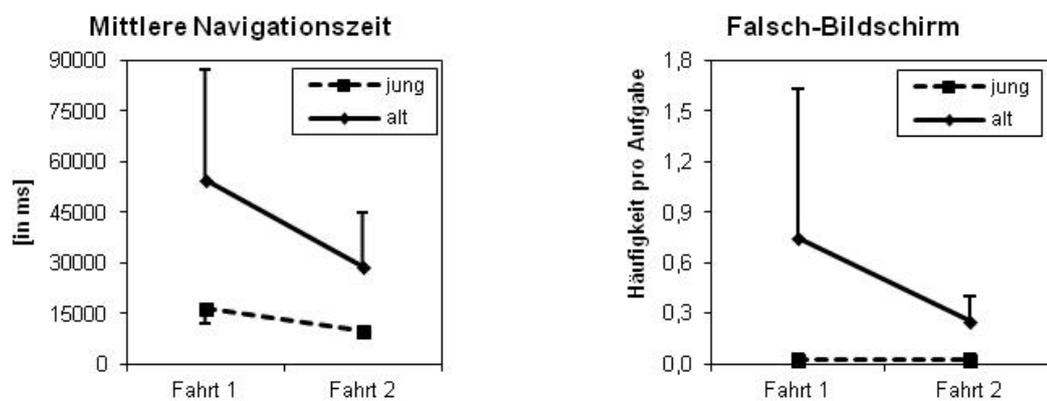
Block	Jüngere Fahrer		Ältere Fahrer	
	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
<b>Mit Vorwissen</b>				
1-1	6555 ms	1515 ms	11965 ms	4185 ms
1-2	5398 ms	483 ms	10571 ms	2865 ms
1-3	4743 ms	249 ms	7755 ms	1596 ms
2-1	5562 ms	677 ms	14033 ms	5842 ms
2-2	4420 ms	443 ms	10295 ms	4643 ms
<b>Ohne Vorwissen</b>				
2-1	5583 ms	1289 ms	25204 ms	12096 ms
2-2	4121 ms	485 ms	13574 ms	3932 ms
HE Block: $F_{(4, 32)} = 18.27, p = .000$ HE Alter: $F_{(1, 8)} = 33.87, p = .000$ HE Vorwissen: $F_{(1, 8)} = 3.61, p = .072$ WW Block * Alter: $F_{(4, 32)} = 9.21, p = .007$ WW Block * Vorwissen: $F_{(4, 32)} = 3.81, p = .065$ WW Alter * Vorwissen: $F_{(1, 8)} = 3.90, p = .062$ WW Block * Alter * Vorwissen: $F_{(4, 32)} = 3.24, p = .087$				

Block	Jüngere Fahrer		Ältere Fahrer	
	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
<b>Mit Vorwissen</b>				
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
<b>Ohne Vorwissen</b>				
2-1	0.06	0.04	0.81	0.93
2-2	0.04	0.05	0.39	0.33
HE Block: $F_{(4, 32)} = 5.33, p = .032$ HE Alter: $F_{(1, 8)} = 8.17, p = .010$ HE Vorwissen: $F_{(1, 8)} = 2.51, p = .129$ WW Block * Alter: $F_{(4, 32)} = 0.44, p = .513$ WW Block * Vorwissen: $F_{(4, 32)} = 4.47, p = .047$ WW Alter * Vorwissen: $F_{(1, 8)} = 2.06, p = .167$ WW Block * Alter * Vorwissen: $F_{(4, 32)} = 0.43, p = .520$				

Abbildung 9-7: Mittlere Navigationszeit (links) und Häufigkeit der Falsch-Bildschirme (rechts). Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung für die älteren bzw. jüngeren Probanden mit bzw. ohne Vorwissen für die Bedienung des Alltags-Systems (Sitzung 1) bzw. des Fahrerinformationssystems (Sitzung 2 unter Single-Task Bedingung) sowie Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit den Faktoren „Block“, „Alter“ und „Vorwissen“.

### 9.3.2 Bedienleistung und Dual-Task Bedingung

Auch unter Dual-Task Bedingungen (d.h. Bedienung des Fahrerinformationssystems während der Fahrt) können die in Kap. 9.3.1 berichteten Alters- und Lerneffekte gezeigt werden (siehe Abbildung 9-8). So ergeben sich zunächst Lerneffekte im Umgang mit dem Menüsystem während der Simulatorfahrt: Mit zunehmender Erfahrung wird das Menüsystem schneller bedient (Parameter „Mittlere Navigationszeit“; siehe Abbildung 9-8 links) und seltener falsche Menüfunktionen angesteuert (Parameter „Anzahl Falsch-Bildschirme“; siehe Abbildung 9-8 rechts). Die Mittlere Navigationszeit sowie die Anzahl der Falsch-Bildschirme sind dabei (insbesondere in Fahrt 1) für ältere Probanden höher. 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.

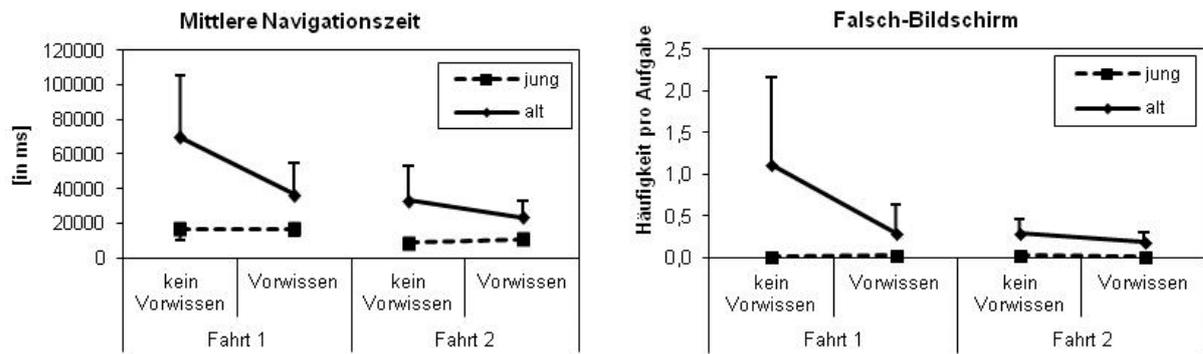


Fahrt	Jüngere Fahrer		Ältere Fahrer	
	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
1	16574 ms	4767 ms	54521 ms	32818 ms
2	9704 ms	1962 ms	28762 ms	16367 ms
HE Fahrt: $F_{(1, 21)} = 9.80, p = .005$ HE Alter: $F_{(1, 21)} = 27.22, p = .000$ WW: $F_{(1, 21)} = 3.28, p = .084$				

Fahrt	Jüngere Fahrer		Ältere Fahrer	
	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
1	0.02	0.03	0.75	0.88
2	0.03	0.03	0.25	0.15
HE Fahrt: $F_{(1, 21)} = 4.43, p = .047$ HE Alter: $F_{(1, 21)} = 11.74, p = .003$ WW: $F_{(1, 21)} = 4.58, p = .044$				

Abbildung 9-8: Mittlere Navigationszeit (links) und Häufigkeit der Falsch-Bildschirme (rechts). Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie Ergebnissen der Split-Plot Varianzanalysen mit den Faktoren „Fahrt“ und „Alter“.

Berücksichtigt man den Einfluss des in Sitzung 1 gewonnenen Vorwissens im Umgang mit dem Alltags-System auf die Leistung bei der Bedienung des Fahrerinformationssystems unter Dual-Task Bedingungen (d.h. während der Simulatorfahrt), so werden positive Effekte des Vorwissens bei älteren Probanden deutlich: So gelingt der entsprechenden Probandengruppe die Verschränkung von Fahrzeugführung und Bedienung des Menüsystems besser als den älteren Probanden ohne entsprechendes Vorwissen. Auf Seiten der Menüaufgabe wirkt sich dies insbesondere in Messfahrt I positiv auf die Mittleren Navigationszeiten und die Anzahl der Falsch-Bildschirme aus. Für jüngere Probanden tritt ein solcher Effekt des Vorwissens nicht auf. Abbildung 9-9 zeigt die entsprechenden Ergebnisse.



	Fahrt	Jüngere Fahrer		Ältere Fahrer	
		Mittelw.	Stabw.	Mittelw.	Stabw.
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

HE Fahrt:  $F_{(1, 19)} = 9.31, p = .007$   
 HE Alter:  $F_{(1, 19)} = 35.07, p = .000$   
 HE Vorwissen:  $F_{(1, 19)} = 4.86, p = .040$   
 WW Fahrt \* Alter:  $F_{(1, 19)} = 2.97, p = .101$   
 WW Fahrt \* Vorwissen:  $F_{(1, 19)} = 1.49, p = .237$   
 WW Alter \* Vorwissen:  $F_{(1, 19)} = 5.75, p = .027$   
 WW Fahrt \* Alter \* Vorwissen:  $F_{(1, 19)} = 1.03, p = .324$

	Fahrt	Jüngere Fahrer		Ältere Fahrer	
		Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
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

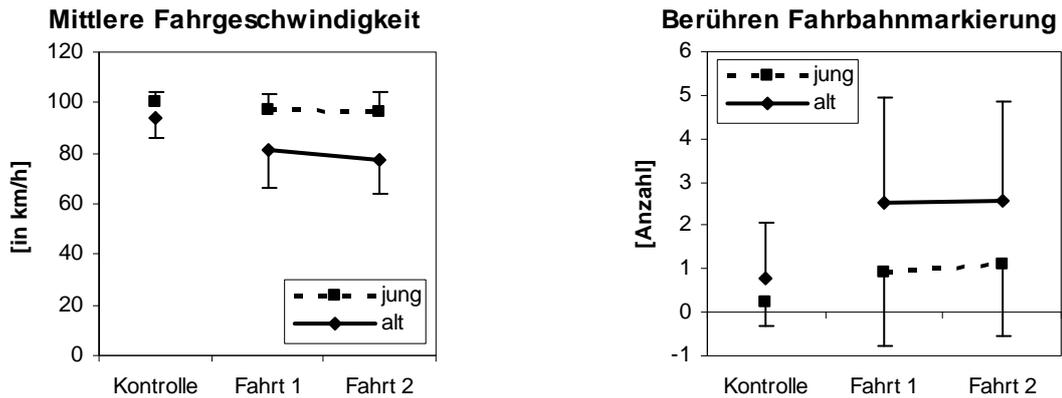
HE Fahrt:  $F_{(1, 19)} = 4.45, p = .048$   
 HE Alter:  $F_{(1, 19)} = 12.91, p = .002$   
 HE Vorwissen:  $F_{(1, 19)} = 3.28, p = .086$   
 WW Fahrt \* Alter:  $F_{(1, 19)} = 4.61, p = .045$   
 WW Fahrt \* Vorwissen:  $F_{(1, 19)} = 2.43, p = .135$   
 WW Alter \* Vorwissen:  $F_{(1, 19)} = 3.34, p = .083$   
 WW Fahrt \* Alter \* Vorwissen:  $F_{(1, 19)} = 2.97, p = .101$

Abbildung 9-9: Mittlere Navigationszeit (links) und Häufigkeit der Falsch-Bildschirme (rechts) für ältere bzw. jüngere Probanden mit bzw. ohne Vorwissen während den Messfahrten. Dargestellt sind die Mittelwerte mit Standardabweichung sowie Ergebnissen der Split-Plot Varianzanalysen mit den Faktoren „Fahrt“, „Alter“ und „Vorwissen“.

### 9.3.3 Fahrleistung

Neben diesen lern- und altersbedingten Effekten hinsichtlich der Bedienleistung im Umgang mit dem Menüsystem unter Dual-Task Bedingungen (siehe Kap. 9.3.2) können auch in der Fahrzeugführung entsprechende Effekte abgebildet werden. Abbildung 9-10 links 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. Diese Verringerung der mittleren Geschwindigkeit findet insbesondere unter Dual-Task Bedingungen statt.

Ebenso treten altersabhängige Unterschiede in der Häufigkeit des Berührens der Fahrbahnmarkierung auf, erfasst über den Parameter „Mittlere Häufigkeit des Berührens der Fahrbahnmarkierung“ (siehe Abbildung 9-10 rechts). Während in der Kontrollfahrt ohne Menübedienung die jüngeren Probanden auf dem ausgewählten Streckenabschnitt (Länge: 2.2 km) durchschnittlich 0.25 mal die Fahrbahnmarkierung berühren und in den Messfahrten mit Menüsystem 0.90 mal in Messfahrt 1 bzw. 1.12 mal in Messfahrt 2, betragen die entsprechenden Häufigkeiten für die älteren Probanden 0.78 mal in der Kontrollfahrt bzw. 2.53 bzw. 2.58 mal in den Messfahrten. Die Bedienung eines Menüsystems beeinträchtigt demzufolge insbesondere bei älteren Probanden die Fahrzeugführung. Die Fahrleistung ist weitgehend unabhängig vom Lernstatus im Umgang mit dem Fahrerinformationssystem.



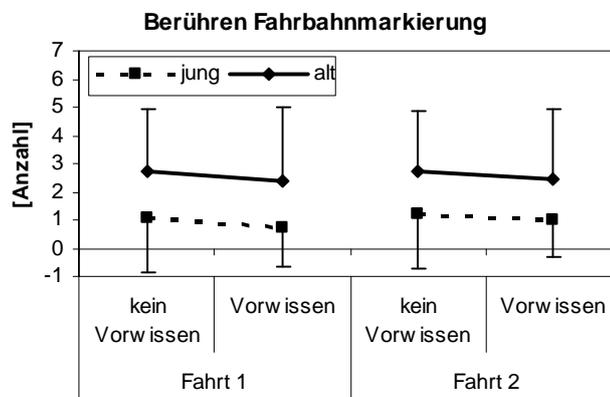
Fahrt	Jüngere Fahrer		Ältere Fahrer	
	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
Kontrollfahrt	100.3 km/h	3.8 km/h	94.3 km/h	7.9 km/h
Messfahrt 1	97.4 km/h	6.1 km/h	81.0 km/h	14.3 km/h
Messfahrt 2	96.7 km/h	7.3 km/h	77.0 km/h	13.4 km/h

HE Fahrt:  $F_{(2, 18)} = 22.52, p = .000$   
 HE Alter:  $F_{(1, 9)} = 17.43, p = .000$   
 WW:  $F_{(2, 18)} = 8.54, p = .000$

Fahrt	Jüngere Fahrer		Ältere Fahrer	
	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
Kontrollfahrt	0.25	0.57	0.78	1.30
Messfahrt 1	0.90	1.67	2.53	2.43
Messfahrt 2	1.12	1.66	2.58	2.29

HE Fahrt:  $F_{(2, 18)} = 8.56, p = .000$   
 HE Alter:  $F_{(1, 9)} = 5.53, p = .000$   
 WW:  $F_{(2, 18)} = 1.61, p = .000$

Abbildung 9-10: Mittlere Geschwindigkeit (links) und mittlere Häufigkeit des Berührens der Fahrbahnmarkierung (rechts) der jüngeren bzw. älteren Probanden für den Streckenabschnitt „Landstraße - Freie Fahrt“ (Richtgeschwindigkeit 100 km/h) über die Kontrollfahrt ohne Menübedienung und zwei Messfahrten mit Menübedienung. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie den Ergebnissen der Split-Plot Varianzanalysen mit den Faktoren „Fahrt“ und „Alter“.



Fahrt		Jüngere Fahrer		Ältere Fahrer	
		Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
Messfahrt 1	Kein Vorwissen	1.10	1.94	2.70	2.23
	Vorwissen	0.70	1.37	2.37	2.65
Messfahrt 2	Kein Vorwissen	1.20	1.92	2.73	2.13
	Vorwissen	1.03	1.38	2.43	2.47

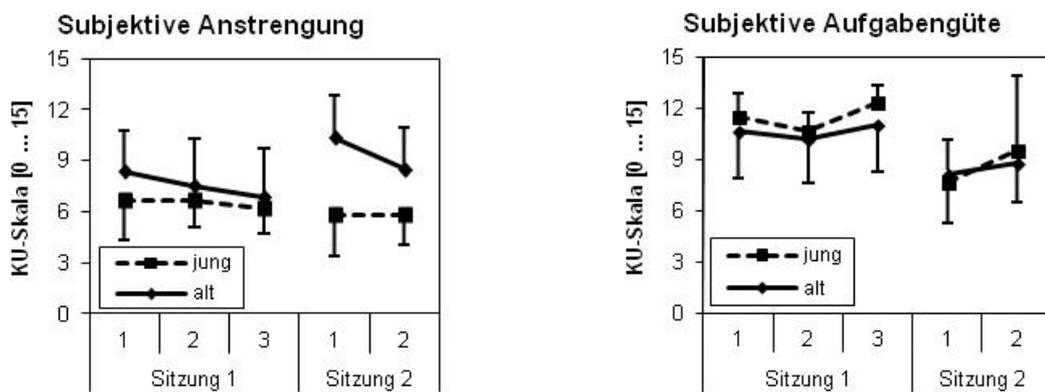
HE Fahrt:  $F_{(1, 19)} = 6.12, p = .000$   
 HE Vorwissen:  $F_{(1, 19)} = 0.21, p = .654$   
 WW:  $F_{(1, 19)} = 0.90, p = .563$

Abbildung 9-11: Mittlere Häufigkeit des Berührens der Fahrbahnmarkierung mit vs. ohne Vorwissen für den Streckenabschnitt „Landstraße – Freie Fahrt“. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie Ergebnisse der Split-Plot Varianzanalysen mit den Faktoren „Fahrt“ und „Vorwissen“.

Das Vorwissen der Probanden im Umgang mit dem Alltags-System hat schließlich weder für die jungen Fahrer noch für die älteren Fahrer einen Einfluss auf die Fahrleistung. Abbildung 9-11 zeigt beispielhaft für die Mittlere Häufigkeit des Berührens der Fahrbahnmarkierung, dass auf Seiten der Fahrzeugführung das Vorwissen keinen systematischen Einfluss hat.

**9.3.4 Probandenurteile**

Auch auf Seiten der subjektiven Anstrengung und subjektiven Leistungsgüte im Umgang mit dem Fahrerinformationssystem während der Simulatorfahrt werden Altersunterschiede deutlich: Im Umgang mit dem Menüsystem strengen sich die älteren Probanden nach eigenen Angaben marginalsignifikant stärker an als jüngere Probanden (siehe Abbildung 9-12 links). Dieser Alterseffekt ist vor allem zu Beginn des Systemkontakts sowohl für das Alltags-System in Sitzung 1 als auch für das Fahrerinformationssystem in Sitzung 2 stärker ausgeprägt. Es besteht keine Abhängigkeit der subjektiven Anstrengung von der Übung im Umgang mit dem Menüsystem.



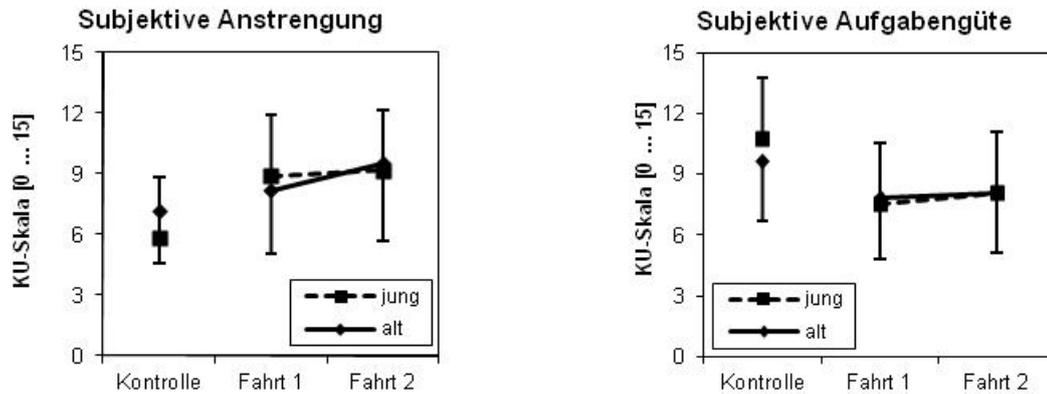
Block	Jüngere Fahrer		Ältere Fahrer	
	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
1-1	6.67	2.34	8.33	2.42
1-2	6.67	1.63	7.50	2.74
1-3	6.17	1.47	6.83	2.86
2-1	5.83	2.48	10.33	2.50
2-2	5.83	1.83	8.50	2.43
HE Block: $F_{(4, 40)} = 1.47, p = .229$				
HE Alter: $F_{(1, 20)} = 4.07, p = .071$				
WW: $F_{(4, 40)} = 2.70, p = .044$				

Block	Jüngere Fahrer		Ältere Fahrer	
	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
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
HE Block: $F_{(4, 40)} = 7.86, p = .000$				
HE Alter: $F_{(1, 20)} = 0.03, p = .859$				
WW: $F_{(4, 40)} = 0.28, p = .891$				

Abbildung 9-12: 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 Fahrerinformationssystems (Sitzung 2, Single-Task Bedingung). Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie den Ergebnissen der Split-Plot Varianzanalysen mit den Faktoren „Block“ und „Alter“.

Nach Einschätzung der älteren Probanden bearbeiten sie die gestellten Aufgaben dabei ähnlich gut wie die jüngeren Probanden (siehe Abbildung 9-12 rechts). Es resultiert kein Alterseffekt für die subjektive Leistungsgüte im Umgang mit dem Menüsystem. Vielmehr werden an dieser Stelle erneut Lerneffekte sichtbar, als dass mit zunehmender Übung bei der Aufgabebearbeitung im Menüsystem diese subjektiv besser gelöst wird. Eine Nachbefragung zeigt, dass die Probleme der älteren Probanden im Umgang mit dem Fahrerinformationssystem insbesondere aus dem Nicht-Verstehen einzelner Menüinhalte resultieren (z.B. Begriff „SMS“).

Das Probandenalter hat demgegenüber keinen Einfluss auf die Beurteilung der Leistung in der Fahraufgabe: Sowohl hinsichtlich der subjektiven Anstrengung (siehe Abbildung 9-13 links) als auch der subjektiven Leistungsgüte in der Fahraufgabe (siehe Abbildung 9-13 rechts) fällen jüngere Probanden ähnliche Urteile wie ältere Probanden. Lediglich die Einführung der Menüaufgabe während der Fahrzeugführung geht mit einer Erhöhung der subjektiven Anstrengung bei gleichzeitig verringerter subjektiver Leistungsgüte in der Fahraufgabe einher.



Fahrt	Jüngere Fahrer		Ältere Fahrer	
	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
Kontrollfahrt	5.83	2.25	7.17	2.62
Messfahrt I	8.92	3.15	8.17	3.13
Messfahrt II	9.17	2.37	9.50	3.83
HE Fahrt: $F_{(2, 18)} = 10.30, p = .000$				
HE Alter: $F_{(1, 9)} = 0.11, p = .749$				
WW: $F_{(2, 18)} = 1.31, p = .281$				

Fahrt	Jüngere Fahrer		Ältere Fahrer	
	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
Kontrollfahrt	10.75	1.66	9.67	2.93
Messfahrt I	7.50	1.83	7.83	3.46
Messfahrt II	8.08	2.75	8.08	2.71
HE Fahrt: $F_{(2, 18)} = 11.71, p = .000$				
HE Alter: $F_{(1, 9)} = 0.09, p = .773$				
WW: $F_{(2, 18)} = 0.86, p = .428$				

Abbildung 9-13: Beurteilung der Anstrengung (links) und Leistungsgüte (rechts) für die Fahraufgabe über die drei Fahrten in Sitzung 2. Dargestellt sind Mittelwerte mit Standardabweichung sowie den Ergebnissen der Split-Plot Varianzanalysen mit den Faktoren „Fahrt“ und „Alter“.

### 9.4 Zusammenfassung und Diskussion

Für die Studie „Alte Fahrer und Vorwissen“ wurden folgende inhaltliche Ziele gesetzt:

- (1) Einfluss von Nutzermerkmalen auf den Kompetenzerwerb
- (2) Abbildung des Kompetenzerwerbs in einem Menüsystem unter Dual-Task Bedingungen

Auf Seiten der Nutzermerkmale wurden das Alter und Vorwissen der Nutzer variiert. Es 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 relativ unabhängig vom Lernstatus die Bediengeschwindigkeit gegenüber der jüngeren Nutzergruppe (Alter: 18 – 30 Jahre) verringert. Zu Lernbeginn erreichen die älteren Nutzer zudem eine geringere Bediengenauigkeit im Umgang mit dem Menüsystem als die jüngeren Nutzer. Mit hinreichender Übung verschwinden die Alterseffekte hinsichtlich der Bediengenauigkeit. Bezüglich der Bediengeschwindigkeit erreichen die älteren Nutzer jedoch nicht das Leistungsniveau der jüngeren Nutzer. Ältere Systemnutzer variieren interindividuell in den erfassten Leistungsparametern stärker, d.h. es gibt für

die ältere Versuchsgruppe stärkere Unterschiede zwischen den Personen als für die jüngere Versuchsgruppe. Auch ältere Nutzer können demzufolge den Umgang mit Menüsystemen erlernen. Es stellt sich aber das Problem des erhöhten Lernaufwands zu Beginn des Systemkontakts und des auch nach einer längeren Lernphase teilweise geringeren Leistungsniveaus im Umgang mit dem Menüsystem. Die gezeigten Alterseffekte sind somit nicht durch das Lebensalter per se bedingt, sondern resultieren aus einer Konfundierung von Nutzeralter und fehlender Erfahrung älterer Nutzer im Umgang mit Menüsystemen (siehe Kap. 2.2.11): Jüngere Nutzer haben allgemein mehr Erfahrung im Umgang mit Mobiltelefonen und Computern als ältere Nutzer. 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

Insbesondere ältere Nutzer haben Probleme mit einer Verschränkung von Fahrzeugführung und Menübedienung: Obwohl ältere Probanden unter Dual-Task Bedingungen (d.h. Menübedienung während der Fahrt) bereits geringere mittlere Fahrgeschwindigkeiten wählen und weniger Aufgaben im Menüsystem während der Fahrt bearbeiten, reichen diese Kompensationsbemühungen nicht aus, um die Fahrbahnmarkierung seltener zu berühren. Die Befunde bestätigen die in Kap. 2.3.6 skizzierten Alterseffekte.

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 ab. Sowohl unter Single-Task als auch Dual-Task Bedingungen wirkt sich für ältere Systemnutzer das Vorwissen günstig aus. Dieser Vorwissenseffekt tritt insbesondere zu Beginn des Kontakts mit dem Fahrerinformationssystem auf und verringert sich mit zunehmender Systemerfahrung. Für die jüngeren Probanden ergeben sich keine Einflüsse der Vorerfahrung. Dieses Ergebnis deutet erneut auf o.g. Konfundierung von Nutzeralter und Vorwissen im Umgang mit Menüsystemen hin, wodurch es zu alterskorrelierten Leistungsunterschieden kommen kann (siehe Kap. 2.2.11). 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 (siehe Usability Trade-Off; Nielsen, 1993; Kap. 2.2.4).

Für die vorliegende Studie ist abschließend auf zwei methodische Probleme hinzuweisen. Zunächst ist festzustellen, dass im Umgang mit dem Fahrerinformationssystem während der Simulatorfahrten interindividuell unterschiedlich viele Aufgaben bearbeitet werden. So bearbeiten die jüngeren Probanden 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 überschätzt werden. In ihrer Richtung bleiben die Befundmuster hingegen erhalten.

Schließlich machen ältere Nutzer 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. Die älteren Probanden erinnern scheinbar die gestellten Aufgaben nicht mehr so präzise wie jüngere Probanden. Daher ist die relativ hohe Anzahl von

sog. Falsch-Bildschirmen gegebenenfalls auf die Ausgestaltung der Versuchsanordnung zurückzuführen.

Zusammenfassend wird in dieser Studie „Alter und Vorwissen“ gezeigt, dass diese nutzerseitigen Merkmale einen erheblichen Einfluss auf den Lernaufwand, -verlauf und die Lernleistung im Umgang mit einer Menüaufgabe sowohl unter Single-Task als auch unter Dual-Task Bedingungen ausüben. Nichtsdestotrotz gelingt es auch älteren Nutzer und/oder Nutzern ohne Vorwissen, den Umgang mit einem Menüsystem erfolgreich zu erlernen. Diese Studie legt nahe, dass die in Kap. 4 bis 8 berichteten Ergebnisse zum Kompetenzerwerb für Menüsysteme auch für ältere Systemnutzer gültig sind. Ungeklärt bleibt in dieser Studie jedoch, warum ältere Nutzer die Bediengeschwindigkeit jüngerer Nutzer auch nach intensiven Lerndurchgängen nicht erreichen können. Die unter Kap. 10.6 berichtete Explorationsstudie soll diesbezüglich Hinweise geben.

## **10 EXPLORATIONSSTUDIEN: „ZEITLICHE STRUKTUR DER BEDIENHANDLUNG“**

### **10.1 Einleitung**

Die Hauptstudien zu hypothetischen bzw. fahrkontextnahen Menüsystemen (siehe Kap. 4 bis 9) haben verschiedene inhaltliche Zielsetzungen verfolgt, um den Kompetenzerwerb für Menüsysteme unter Berücksichtigung lernförderlicher und lernhemmender Bedingungen inkl. der Bedeutung mentaler Repräsentationen abzubilden. Speziell die Betrachtung des Kompetenzerwerbs für Menüsysteme unter Dual-Task Bedingungen (d.h. wenn das Menüsystem parallel zu einer Fahraufgabe bedient wird) hat sich als eigenständige Fragestellung herausgestellt, bei der v.a. die zeitliche Struktur von Bedienhandlungen von zentralem Interesse ist. Als gemeinsame Zielsetzung der nachfolgend berichteten Explorationsstudien ergibt sich somit:

- (1) Analyse der zeitlichen Struktur einer Bedienhandlung in einem Menüsystem in Abhängigkeit des Kompetenzerwerbs

Ausgangspunkt hierfür war die in Kap. 3.2.1 formulierte Annahme, dass im Umgang mit einem Menüsystem zwei grundlegende Aspekte der Verhaltenssteuerung von Bedeutung sind, die sich abhängig vom Kompetenzstadium 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.

Vor diesem Hintergrund werden die nachfolgenden Explorationsstudien durchgeführt. Hierzu zählen Studien, die die bereits berichteten Studien (insb. Studie „Menüstruktur“, Kap. 7, und Studie „Alter und Vorwissen“, Kap. 9) sowie einander zur Erreichung der o.g. Zielsetzung ergänzen. Da diese Studien einen explorativen und somit stärker hypothesengenerierenden Charakter haben, werden die Explorationsstudien im Einzelnen nicht so ausführlich dargestellt wie die Hauptstudien (siehe Kap. 4 bis 9). In der Regel werden hier deskriptive Auswertungsstrategien verfolgt. Inferenzstatistische Verfahren kommen nur vereinzelt zum Einsatz.

### **10.2 Explorationsstudie I „Zeitliche Struktur der Bedienschritte“**

#### **10.2.1 Einleitung**

In der Studie „Menüstruktur“ wurde gezeigt, dass unter Single-Task Bedingung breite Menüsysteme hinsichtlich der Bediengeschwindigkeit (Parameter: „Mittlere Schrittdauer“) als günstiger zu bewerten sind als tiefe Menüsysteme (siehe Kap. 7.3.1). Es soll nachfolgend geprüft werden, wodurch die berichteten Mittleren Schrittdauern in Abhängigkeit der Menüstruktur zustande kommen: Sind diese Unterschiede auf das Nutzerverhalten zurückzuführen (d.h. die Nutzer gehen mit dem breiten Menü anders um als mit dem tiefen Menü) oder wirkt sich bedingt durch die Menüstruktur ein identisches Nutzerverhalten unterschiedlich auf die Bediengeschwindigkeit aus (d.h. verschiedene Schrittypen dauern ähnlich lange, diese bedingen die Mittleren Schrittdauern aber in unterschiedlichem Maße)?

### 10.2.2 Methodisches Vorgehen

Zur Beantwortung dieser Frage wurden die in der Studie „Menüstruktur“ (siehe Kap. 7) gewonnenen Daten explorativ untersucht und die zeitlichen Strukturen der einzelnen Bedienschritte analysiert. Für eine umfassende Übersicht über das methodische Vorgehen bzw. die Ergebnisse dieser Studie siehe Kap. 7.2 und 7.3. Zunächst wurde jeder Schritt innerhalb des Menüsystems als „Blätter-“ bzw. „Wechselschritt“ klassifiziert und anschließend definiert, ob es sich jeweils um einen „Ersten Blätter-/Wechselschritt“ oder um einen „Folge-Blätter-/Wechselschritt“ handelt:

- Ein Bedienschritt innerhalb eines Menübereichs ohne Wechsel zwischen den Ebenen wurde als „Blättern innerhalb einer Ebene“ (kurz: „Blätterschritt“) bezeichnet.
- Ein Bedienschritt zwischen den Menüebenen (z.B. als Bestätigung der angesteuerten Menüfunktion bzw. um auf übergeordnete Menüfunktionen zurückzugehen) wurde als „Wechseln zwischen Ebenen“ (kurz: „Wechselschritt“) benannt.

Weiterhin wurde geprüft, inwiefern diese Blätter- bzw. Wechselschritte der erste mehrerer aufeinanderfolgender Schritte desselben Typus bzw. ob bereits ein Schritt oder mehrere Schritte desselben Typus vorangegangen waren. Hieraus resultiert die Unterscheidung in „Erster Blätterschritt“ vs. „Folge-Blätterschritt“ sowie „Erster Wechselschritt“ vs. „Folge-Wechselschritt“. Für diese verschiedenen Schritttypen wurden anschließend die Mittlere Dauern berechnet.

### 10.2.3 Ergebnisse

Abbildung 10-1 zeigt, dass die Mittlere Dauer von Blätter- und Wechselschritten erheblich dadurch bestimmt wird, ob der entsprechende Schritt ein „Erster Schritt“ oder ein „Folgeschritt“ ist: Die jeweils ersten Schritte dauern länger als die Folgeschritte. Dieses Ergebnis lässt sich in ähnlicher Weise im tiefen und breiten Menüsystem finden. Somit scheint in beiden Menüvarianten ein hinsichtlich der zeitlichen Struktur der Bedienschritte vergleichbares Bedienverhalten vorzuliegen.

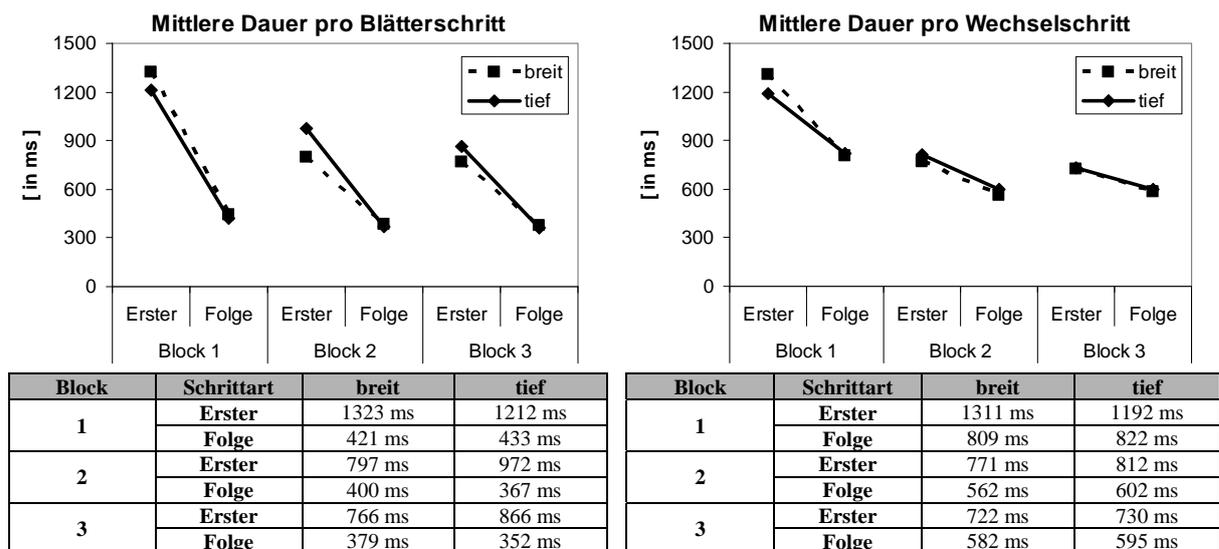


Abbildung 10-1: Mittlere Schrittdauer für „Erste Blätterschritte“ und „Folge-Blätterschritte“ (links) sowie „Erste Wechselschritte“ und „Folge-Wechselschritte“ (rechts).

Durch die zunehmende Übung mit dem jeweiligen Menüsystem kommt es insbesondere zu einer Beschleunigung der „Ersten Schritte“: Während „Erste Blätterschritte“ in Block 3 um 42.1% schneller sind als in Block 1, werden „Folge-Blätterschritte“ im entsprechenden Zeitraum um lediglich 10.0% beschleunigt (siehe Abbildung 10-1 links). Die entsprechenden prozentualen Veränderungen für „Erste Wechselschritte“ bzw. „Folge-Wechselschritte“ betragen 44.9% und 28.1% (siehe Abbildung 10-1 rechts). Auf Nutzerseite scheinen demzufolge bei „Ersten Schritten“ andere Prozesse der Verhaltenssteuerung wirksam zu sein als bei „Folgeschritten“.

#### **10.2.4 Fazit**

Die Analyse der zeitlichen Struktur der Bedienschritte macht deutlich, 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. Wechseln der Menüebenen) kürzer dauern. Mit zunehmender Übung kommt es insbesondere zu einer Beschleunigung des „Ersten Schrittes“. Dieses Verhältnis von langsamen „Ersten Schritten“ zu schnellen „Folgeschritten“ gilt unabhängig von der Menüstruktur.

Beim Umgang mit breiten Menüs treten nun im Vergleich zu tiefen Menüs viele „Folge-Blätterschritte“ auf, es werden nur wenige „Erste Schritte“ beim Blättern innerhalb eines Menübereichs oder beim Wechsel zwischen den Menüebenen benötigt. Demzufolge ist bei breiten Menüs zu erwarten, dass geringere Mittlere Schrittdauern auftreten als bei tiefen Menüs, bei denen häufige „Erste Schritte“ und nur wenige „Folgeschritte“ auftreten. Bei tiefen Menüs mit häufigen „Ersten Schritten“ ist eine geringere Bediengeschwindigkeit zu Lernbeginn anzunehmen als beim breiten Menü.

Die in der Studie „Menüstruktur“ (siehe Kap. 7) gezeigten Unterschiede zwischen breiten und tiefen Menüsystemen in der Bediengeschwindigkeit resultieren demnach nicht aus einem unterschiedlichen Umgang mit dem jeweiligen Menü, sondern vielmehr aus strukturbedingten Auswirkungen der Dauer der verschiedenen Schrittypen. Es bleibt jedoch offen, welche Prozesse auf Nutzerseite im Einzelnen dafür verantwortlich sind, dass insbesondere „Erste Schritte“ von Erfahrungen im Umgang mit dem Menüsystem profitieren. Die nachfolgenden Explorationsstudien II und V (siehe Kap. 10.3 und 10.6) greifen diese Fragestellung auf.

### **10.3 Explorationsstudie II „Motorischer Aufwand bei Bedienhandlungen“**

#### **10.3.1 Einleitung**

Als erster Schritt der Überprüfung, warum insbesondere „Erste Schritte“ (Blätter- oder Wechselschritte) von Lerneffekten betroffen sind (siehe Kap. 10.2), werden in nachfolgender Studie motorische Prozesse im Umgang mit dem verwendeten Bedienelement betrachtet. Ausgangspunkt dieser Explorationsstudie ist die Frage, ob die übungsbedingte Beschleunigung der „Ersten Schritte“ möglicherweise dadurch zustande kommt, dass die Probanden mit zunehmendem Umgang mit dem Menüsystem besser mit dem Bedienelement umgehen können.

#### **10.3.2 Methodisches Vorgehen**

In dieser Explorationsstudie sollten Probanden, die vorher keine Erfahrungen mit dem untersuchten Menüsystem hatten, Bedienhandlungen in dem in Studie „Menüsystem“ (siehe Kap.

7) eingesetzten breiten Menü ausführen. Dieses Menü bestand aus jeweils 8 Optionen auf der ersten bzw. zweiten Menüebene (sog. 8\*8-Struktur). Für eine ausführliche Beschreibung des Menüsystems siehe Kap. 7.2.1.

Aufgabe der Probanden war es, sukzessive für jeden Menübereich der ersten Ebene möglichst schnell die achte Menüposition der zweiten Menüebene des breiten Menüs anzusteuern (sog. Ansteuerungsaufgabe). In einem ersten Block wurden acht solcher Ansteuerungsaufgaben vorgegeben, im Anschluss folgte Aufgabenblock 1 mit 48 Aufgaben, den bereits die Probanden der Hauptstudie bearbeiteten (siehe Kap. 7.2.2). 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.

Die in der ursprünglichen Studie dargestellten Menüinhalte wurden bei den Ansteuerungsaufgaben ausgeblendet, d.h. es wurden keine Menüinhalte dargeboten. Die Probanden konnten ausschließlich an der gelb markierten aktuellen Cursorposition erkennen, wo im Menü sie sich befanden. Die Dauer zum Erfassen und Lesen der Menüinhalte entfällt. Daher kann davon ausgegangen werden, dass diese Aufgabe rein motorische Zeiten der Menübedienung, die für die Bewegungen innerhalb des Menüsystems erforderlich sind, abbildet. Als Abhängige Variable wurde aufgezeichnet:

- Motorische Bedienzeit (mittlere Zeitdauer zwischen zwei Bedienhandlungen innerhalb des Menüsystems [in ms])

An dieser Explorationsstudie nahmen  $N = 6$  Probanden teil. Die Sitzung dauerte ca. 30 min.

### 10.3.3 Ergebnisse

Wie Abbildung 10-2 links für die Ansteuerungsaufgaben zeigt, erfordert v.a. der „Erste Blätterschritt“ auf der zweiten Menüebene einen höheren motorischen Aufwand zum Wechsel der Bewegungsrichtung des Bedienelements, 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“ (Verringerung der Motorischen Bedienzeit um 26.5%), während sich die motorischen Zeiten für Folge-Blätterschritte nicht verringern (Erhöhung um 0.1%). Die übungsbedingte Beschleunigung der motorischen Ausführung zeigt sich auch in den „Wechselschritten“ zum Wechseln zwischen den Menüebenen (siehe Abbildung 10-2 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 (Ebene 1 auf 2: um 8.1%, Ebene 2 auf 1: um 16.8%). In Block 1 dauern Wechselschritte von Ebene 2 auf 1 länger als Wechselschritte von Ebene 1 auf 2. In Block 2 besteht kein entsprechender Unterschied mehr.

### 10.3.4 Fazit

Mit zunehmender Systemerfahrung verbessert sich die motorische Ausführung der Bedienhandlung: Sowohl für „Erste Blätterschritte“ (d.h. der erste Bediensschritt innerhalb eines Menübereichs ohne Wechsel zwischen den Ebenen) als auch „Wechselschritte“ (d.h. Bediensschritte, mit denen zwischen den Menüebenen gewechselt wird) sind übungsbedingte Beschleunigungen zu beobachten. Für „Folge-Blätterschritte“ ergeben sich keine Übungseffekte.

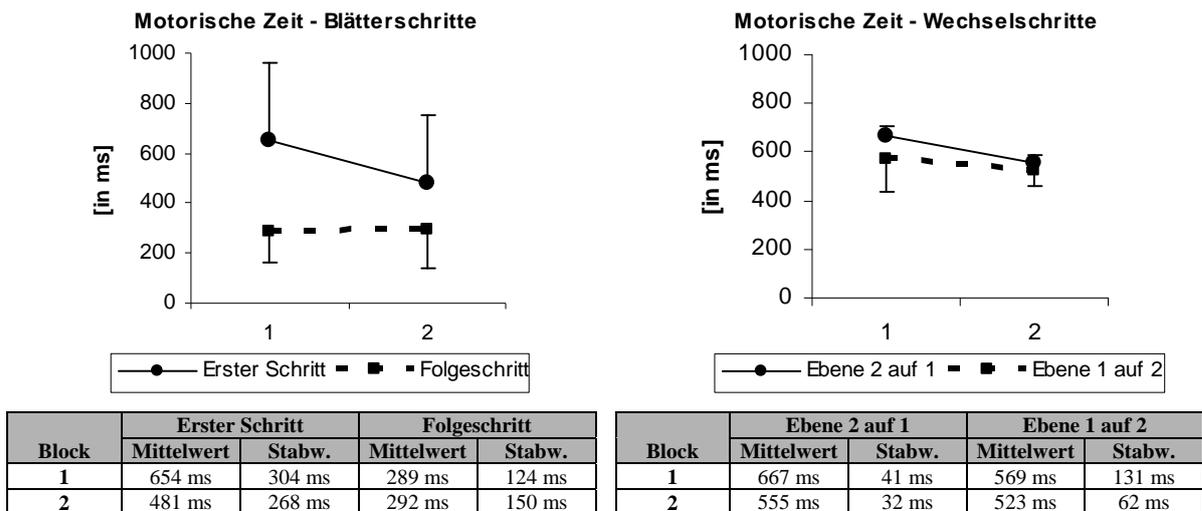


Abbildung 10-2: Motorische Bedienzeiten für Blätterschritte (links) bzw. Wechselschritte (rechts) in zwei Blöcken der Ansteuerungsaufgabe. Angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichung.

Die in Explorationsstudie I (siehe Kap. 10.2) gezeigte Verringerung der Dauern von „Ersten Schritten“ (Blätter- und Wechselschritte) ist somit in Teilen, nicht jedoch ausschließlich auf sensumotorische Lernprozesse, wie sie im Umgang mit dem Bedienelement zum Ausdruck kommen, zurückzuführen. Explorationsstudie III (siehe Kap. 10.4) versucht Hinweise zu geben, durch welche kognitiven Prozesse weiterhin die Beschleunigung der Systembedienung resultieren kann.

## 10.4 Explorationsstudie III „Lese- und Vorbereitungszeiten“

### 10.4.1 Einleitung

In der Studie „Menüstruktur“ wurde neben der Beschleunigung der Bediengeschwindigkeit auch eine Verringerung der Instruktionszeiten durch die zunehmende Übung im Umgang mit dem Menüsystem berichtet (siehe Kap. 7.3.1). Hierunter ist die mittlere Zeitdauer zu verstehen, einen Instruktionstext für die zu bearbeitende Aufgabe zu lesen und mit der Aufgabe anschließend zu beginnen. Überraschenderweise wirken sich in diesem Parameter „Mittlere Instruktionszeit“ nicht nur Lerneffekte aus, sondern es bestehen auch diesbezügliche Unterschiede in Abhängigkeit der Menüstruktur: Die Mittlere Instruktionszeit dauert für tiefe Menüsysteme länger als für breite Menüs.

Es stellt sich die Frage, woraus die lernbedingte Abnahme bzw. die strukturbedingten Unterschiede der Mittleren Instruktionszeit resultieren. Hierzu wird nachfolgende Explorationsstudie eingeführt, in der ausschließlich o.g. Instruktionsschirme dargeboten werden

### 10.4.2 Methodisches Vorgehen

Die Probanden, die keinen weiteren Kontakt mit den Menüsystemen hatten, sollten auf einem Computerbildschirm Instruktionstexte möglichst schnell und sorgfältig lesen und selbsttätig über Bewegung des Joysticks in eine beliebige Richtung eine neue Instruktion anfordern. Diese Instruktionstexte waren der Studie „Menüsystem“ entnommen (siehe Kap. 7). 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. Es wurden zwei Blöcke à 20 Instruktionsschirmen dargeboten.

Die benötigte Zeit zum Lesen der Instruktionstexte wird nachfolgend als sog. 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 aus der Studie „Menüstruktur“ (Aufgabe der Probanden: Instruktionen lesen und verstehen sowie Menübedienung vorbereiten; siehe Kap. 7) verglichen. Eine mögliche Differenz zwischen den Versuchsgruppen ist auf die Vorbereitung der Menübedienung zurückzuführen, (d.h. den Aufwand für die Handlungsvorbereitung und -initiierung im Umgang mit dem Menüsystem). Diese Zeit wird im Folgenden als sog. Vorbereitungszeit bezeichnet. Somit ergeben sich die nachfolgend zu betrachtenden Parameter:

- Mittlere Instruktionszeit pro Wort (mittlere Zeitdauer, einen Instruktionstext für die zu bearbeitende Aufgabe zu lesen und mit der Aufgabe zu beginnen [in ms]; entnommen aus der Studie „Menüstruktur“, siehe Kap. 7.3.1)
- Mittlere Lesezeit pro Wort (mittlere Zeitdauer zum Lesen eines Instruktionstexts [in ms])
- Mittlere Vorbereitungszeit pro Wort (Differenz aus Lesezeit pro Wort und Mittlerer Instruktionszeit pro Wort [in ms])

Es nahmen N = 6 Probanden an dieser Explorationsstudie teil. Die Sitzung dauerte ca. 20 min.

### 10.4.3 Ergebnisse

Die Lesezeiten pro Wort betragen im ersten Block der zu lesenden Instruktionen im Mittel 228 ms, im zweiten Block 201 ms. Verantwortlich für diese Unterschiede ist vor allem eine Variation in der Schwierigkeit der Instruktionstexte und sollte nicht als übungsbedingte Erhöhung der Lesegeschwindigkeit interpretiert werden.

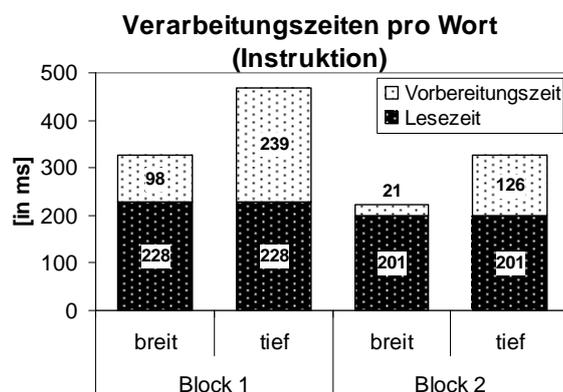


Abbildung 10-3: Mittlere Vorbereitungs- und Lesezeit pro Wort der Instruktion (Mittlere Instruktionszeiten aus Studie „Menüstruktur“). Da für beide Menüsysteme dieselben Instruktionstexte verwendet wurden, sind die Lesezeiten identisch.

Verrechnet man diese ermittelten Lesezeiten mit den Mittleren Instruktionszeiten aus der Studie „Menüstruktur“, resultiert das Ergebnis in Abbildung 10-3: Es wird ersichtlich, dass die übungsbedingte Abnahme der Mittleren Instruktionszeit weniger auf die Beschleunigung der Mittleren Lesezeiten zurückzuführen ist. Verantwortlich hierfür ist vielmehr die Zeitdauer, die zur Vorbereitung der Aufgabenbearbeitung notwendig ist. Diese Mittlere Vorbereitungszeit pro Wort beträgt für das breite Menü in Block 1 der Aufgabenbearbeitung 98 ms bzw. für das tiefe Menü 239 ms. In Block 2 kommt es schließlich zu einer Verringerung der Mittleren Vorbereitungszeit auf 21 ms für das breite Menü bzw. 126 ms für das tiefe Menü.

#### **10.4.4 Fazit**

Diese Explorationsstudie veranschaulicht, dass mit zunehmender Systemerfahrung der Vorbereitungsaufwand der Menübedienung abnimmt: Insbesondere die Mittleren Vorbereitungszeiten als Teil der Mittleren Instruktionszeit sind Lernerfahrungen zugänglich. Die Mittleren Lesezeiten sind demgegenüber weniger stark von Lerneffekten beeinflusst. Dies spricht dafür, dass insbesondere kognitive Anteile bei der Menübedienung von Erfahrungen im Umgang mit einem Menüsystem profitieren.

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 beeinflusst. Die Bedienung eines Menüsystems ist somit gegebenenfalls als sequenzieller Prozess zu verstehen, in dem vor Beginn der Menübedienung die einzelnen Bedienschritte sukzessive vorbereitet und initiiert werden. Explorationsstudie IV (siehe Kap. 10.5) setzt hier an.

### **10.5 Explorationsstudie IV „Kognitiver Aufwand und Instruktionszeit“**

#### **10.5.1 Einleitung**

Die Ergebnisse von Explorationsstudie III (siehe Kap. 10.4) führen zu der Frage, ob bereits vor Beginn der Menübedienung einzelne Bedienschritte sukzessive vorbereitet und initiiert werden und somit ein sequenzieller Prozess beim Vorbereiten und Initiieren der Menübedienung vorliegt. Es ist anzunehmen, dass begriffliche Aspekte des Menüsystems (speziell: Inhaltsstruktur und Unterbegriffs-Oberbegriffs-Relationen) insbesondere in frühen Lernphasen einen erheblichen Einfluss auf die Menübedienung haben (siehe Studie „System sinnloser Silben“, Kap. 6.3.1). Aus diesem Grund wird in Explorationsstudie IV ein Menüsystem konstruiert, das unabhängig von semantischen Merkmalen zu bedienen ist, ein sog. Digitalsystem.

#### **10.5.2 Methodisches Vorgehen**

Das in dieser Explorationsstudie verwendete sog. Digitalsystem bestand ausschließlich aus nummerierten Inhalten: Anstelle einzelner Funktionen (z.B. „Kommunikation“, „Klima“ in fahrkontextbezogenen Menüsystemen) waren in diesem System die einzelnen Menüpunkte durchnummeriert (z.B. „1“, „1.1“, „1.1.1“). Das Digitale System bestand aus je sechs Menübereichen auf der ersten Ebene (Durchnummerierung von „1“ bis „6“). Diese Menübereiche enthielten auf jeder untergeordneten Ebene zwei Unterpunkte (Durchnummerierung z.B. „1.1“, „1.2“, „2.1“ und „2.2“). Während zwei Menübereiche jeweils zwei Menüebenen umfassten, erstreckten sich je zwei weitere Bereiche über drei bzw. vier Ebenen. Es liegt somit (im Gegensatz zu den bisherigen Studien) kein symmetrisches Menüsystem vor.

Die Aufgabe der Probanden bestand darin, eine Menüposition (z.B. „3.2.1“) möglichst schnell und präzise anzusteuern. Zielfunktionen der zweiten Menüebene waren jeweils durch zwei digitale Zeichen gekennzeichnet (z.B. „3.2“), der dritten Ebene durch drei Zeichen (z.B. „2.1.1“) und der dritten Ebene dementsprechend durch vier Zeichen (z.B. „6.2.1.2“). Es wurden ihnen 45 Aufgaben vorgegeben (z.B. „Bitte gehen Sie zu 5.2.1.2“). Dabei wurde die Anzahl von Menüebenen variiert, die zur Bearbeitung der gestellten Aufgaben im Umgang mit dem Menüsystem handlungsrelevant waren. Es wurden folgende Variationen eingeführt:

- Menüebene der anzusteuernenden Zielfunktion (sog. Zielitem)
- Menüebene des Ausgangspunkts einer Aufgabe (sog. Startitem)
- Notwendigkeit eines Wechsels des Menübereichs

Das Zielitem einer Aufgabe war stets der Ausgangspunkt für die nachfolgende Aufgabe (Startitem), von dem aus das nächste Zielitem anzusteuern war. Lagen Start- und Zielitem auf Ebene 3 oder 4 des Menüs, wurden die Aufgaben so konstruiert, dass entweder ein Wechsel des Menübereichs notwendig war (z.B. von „5.3.2“ zu „4.2.1“) oder die Probanden innerhalb desselben Menübereichs verweilen konnten (z.B. von „2.1.2“ zu „2.2.1“). Es wurden keine Aufgaben eingeführt, bei der Start- und Zielfunktion auf der zweiten Menüebene innerhalb demselben Menübereichs lagen (z.B. „2.1“ und „2.2“). Als Leistungsparameter wurde betrachtet:

- Mittlere Instruktionszeit (mittlere Zeitdauer, um den gesamten Instruktionstext für die zu bearbeitende Aufgabe zu lesen und mit der Aufgabe zu beginnen [in ms])

Es nahmen  $N = 12$  Probanden zwischen 19 und 32 Jahren ( $m = 22.9$  Jahre,  $sd = 4.5$  Jahre) teil. Diese Versuchssitzung dauerte ca. 20 min.

### 10.5.3 Ergebnisse

Wie Abbildung 10-4 rechts zeigt, beeinflusst die Ebene der Menüfunktion, die bei der Aufgabenbearbeitung anzusteuern ist, in einem erheblichen Maße die Mittlere Instruktionszeit: Mit zunehmender Menüebene des Zielitems benötigen die Probanden länger, um die Menübedienung zu beginnen. Dabei ist es unerheblich, ob sich das anzusteuernende Zielitem in demselben Menübereich befindet wie das Startitem, von der aus die Aufgabenbearbeitung beginnt.

Demgegenüber beeinflusst die Notwendigkeit eines Bereichswechsel bei der Aufgabenbearbeitung die Mittlere Instruktionszeit in Abhängigkeit der Menüebene des Startitems (siehe Abbildung 10-4 links): Sind bei der Aufgabenbearbeitung die Menübereiche zu wechseln (d.h. es muss zunächst zur ersten Menüebene und von dort aus zum Zielitem gegangen werden), sinkt bei Aufgaben mit Bereichswechsel die Mittlere Instruktionszeit mit zunehmender Menüebene des Startitems ab. Die Vorbereitungsphase der Menübedienung scheint somit bei Aufgaben mit Bereichswechsel mit zunehmender Menüebene des Startitems auf die ersten Bedienhandlungen (z.B. zurück zur ersten Menüebene gehen) zeitlich verlagert zu werden. Bei Aufgaben ohne Bereichswechsel ist dies nicht möglich. Dementsprechend erhöht sich bei solchen Aufgaben die Mittlere Instruktionszeit, wenn Zielitems in untergeordneten Menüebenen anzusteuern sind.

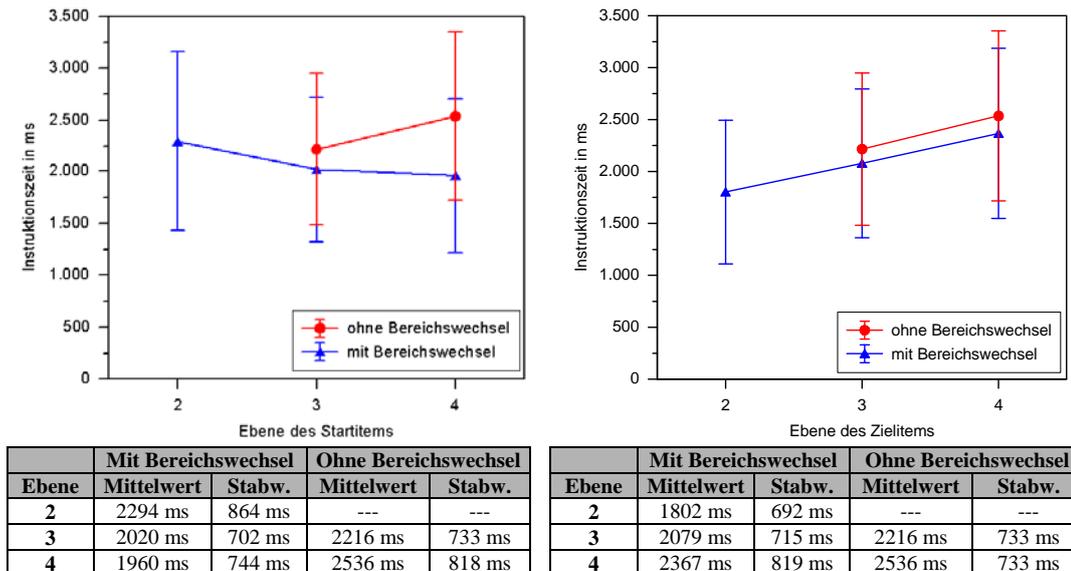


Abbildung 10-4: Mittlere Instruktionszeit in Abhängigkeit der Ebene des Startitems (links) bzw. des Zielitems (rechts). Dargestellt sind Mittelwerte und Standardabweichung.

### 10.5.4 Fazit

Die Ergebnisse dieser Explorationsstudie legen nahe, dass die Anzahl der im Rahmen der Menübedienung vorzubereitenden Menüebenen die Verhaltenssteuerung beeinflusst: Je tiefer die Nutzer in die Menüebenen zur Erledigung gestellter Aufgaben gehen müssen, desto größer ist die Zeitdauer zur Vorbereitung der Aufgabenbearbeitung (Parameter „Mittlere Instruktionszeit“). Befinden die Nutzer sich zudem zu Aufgabenbeginn innerhalb untergeordneter Menüebenen, so wird von ihnen ein höherer kognitiver Aufwand benötigt, sofern sie bei der Aufgabenbearbeitung innerhalb desselben Menübereichs eine Menüfunktion ansteuern sollen als bei einem Wechsel in einen anderen Menübereich.

Diese Ergebnisse legen nahe, dass die Bedienung eines Menüsystems als sequenzieller Prozess zu verstehen, in dem vor Beginn der Menübedienung die einzelnen Bedienschritte sukzessive vorbereitet und initiiert werden. Dieser kognitiver Aufwand wird teilweise zeitlich während der ersten Bedienschritte (z.B. bei einem zur erfolgreichen Aufgabenbearbeitung notwendigen Bereichswechsel auf eine übergeordnete Menüebene, wenn man in den Tiefen des Menüsystems eine Aufgabe startet) erledigt.

## 10.6 Explorationsstudie V „Zeitliche Strukturen und Nutzeralter“

### 10.6.1 Einleitung

Ausgehend von den gezeigten Alterseffekten in der Menübedienung unter Single-Task Bedingungen (siehe Studie „Alter und Vorwissen“, Kap. 9.3.1) soll in einer abschließenden Explorationsstudie aufgezeigt werden, worauf diese Alterseffekte zurückzuführen sind. Hierzu werden zwei Versuchsteile durchgeführt, die insbesondere auf Altersunterschiede hinsichtlich der zeitlichen Struktur der Bedienhandlung abzielen:

- (1) Lese- und Vorbereitungszeiten im Rahmen der Instruktionszeit
- (2) Motorischer Aufwände bei Bedienhandlungen

### 10.6.2 Methodisches Vorgehen

Zur Erfassung der Lese- und Vorbereitungszeiten sollten die Probanden, die keinen weiteren Kontakt mit den Menüsystemen hatten, Instruktionstexte möglichst schnell und sorgfältig lesen. Diese Instruktionstexte waren der Studie „Alter und Vorwissen“ (siehe Kap. 9) entnommen. Es wurde ein Block mit 64 Instruktionsschirmen dargeboten. Für eine umfassende Beschreibung des diesbezüglichen Vorgehens siehe Explorationsstudie III (siehe Kap. 10.4.2). Es wurden folgende Parameter erhoben:

- Mittlere Instruktionszeit pro Wort (mittlere Zeitdauer einen Instruktionstext für die zu bearbeitende Aufgabe zu lesen und mit der Aufgabe zu beginnen [in ms]; entnommen aus der Studie „Alter und Vorwissen“, siehe Kap. 9.3.1)
- Mittlere Lesezeit pro Wort (mittlere Zeitdauer zum Lesen eines Instruktionstexts [in ms])
- Mittlere Vorbereitungszeit pro Wort (Differenz aus Lesezeit pro Wort und Mittlerer Instruktionszeit pro Wort [in ms])

Zur Abschätzung der motorischen Aufwände bei Bedienhandlungen sollten die Probanden zudem Bedienhandlungen in einem 8\*8\*8\*8-Menüsystem ausführen (je acht Optionen auf jeder von vier Menüebenen) ausführen. Es wurden keine Menüinhalte eingeblendet. Die Probanden konnten ausschließlich an der gelb markierten aktuellen Cursorposition erkennen, wo im Menü sie sich befanden. Die Dauer zum Erfassen und Lesen der Menüinhalte entfällt. Aufgabe der Probanden war es, sukzessive für jeden Menübereich der ersten Ebene möglichst schnell die achte Menüposition der zweiten Menüebene anzusteuern, anschließend die achte Menüoption der dritten Menüebene etc. Es wurden zwei Blöcke à 16 Ansteuerungsaufgaben vorgegeben. Für eine ausführliche Beschreibung dieser Aufgabe siehe Explorationsstudie II (siehe Kap. 10.3.2). Als Abhängige Variable wurde aufgezeichnet:

- Motorische Bedienzeit (mittlere Zeitdauer zwischen zwei Bedienhandlungen innerhalb des Menüsystems [in ms])

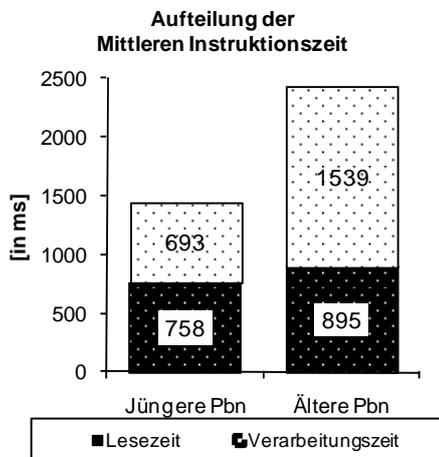
Die vorliegende Explorationsstudie begann mit je einem Durchgang zur Erhebung der Lesezeiten (64 Instruktionen) sowie zur Erhebung der Bewegungszeiten (16 Aufgaben). Damit die Probanden Erfahrung im Umgang mit einem Menüsystem sammeln, wurde den Probanden dann der Aufgabenblock 1 der ersten Sitzung von der Studie „Alter und Vorwissen“ vorgegeben (51 Aufgaben; siehe Kap. 9.2.2). Abschließend folgte wiederum ein Durchgang zur Erhebung der Bewegungszeiten (16 Aufgaben). Das Vorgehen in den einzelnen Teilen dieser Sitzung war identisch zu den Explorationsstudien II und III (siehe Kap. 10.3 und 10.4).

Die Stichprobe umfasste  $N = 12$  Probanden, je zur Hälfte jüngere Probanden (20 bis 26 Jahre) bzw. ältere Probanden (61 bis 69 Jahre). Die Gruppen bestanden jeweils zur Hälfte aus Männern und Frauen. Die Versuchssitzung dauerte zwischen 45 und 60 min.

### 10.6.3 Ergebnisse

Hinsichtlich der Zerlegung der Mittleren Instruktionszeit in Lese- und Vorbereitungszeit ergibt sich zunächst ein Alterseffekt für die Mittleren Lesezeiten: So benötigen ältere Probanden mehr Zeit, um die Instruktionen zu lesen und inhaltlich zu erfassen (t-Test für unabhängige Stichproben mit Faktor „Alter“,  $t(691) = -7.732$ ;  $p = .000$ ). Die Mittleren Lesezeiten älterer Probanden sind um das 1.18fache höher als die der jüngeren Probanden. Auch in der Vorbe-

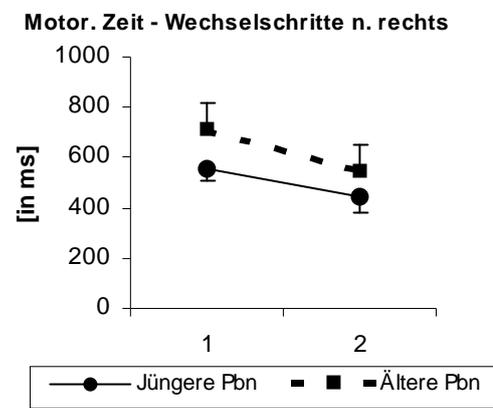
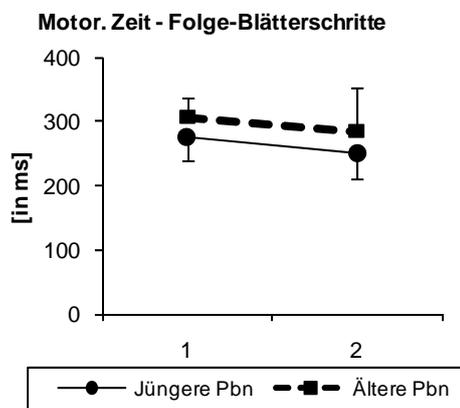
reitungszeit zeigt sich ein Alterseffekt: Die Mittlere Vorbereitungszeit der älteren Probanden ist um das 2.22fache höher. Abbildung 10-5 veranschaulicht die Ergebnisse.



	Jüngere Pbn		Ältere Pbn	
	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
Lesezeit	758 ms	62 ms	895 ms	111 ms
Kogn. Zeit	693 ms		1539 ms	

Abbildung 10-5: Mittlere Vorbereitungs- und Lesezeit pro Wort der Instruktion (Mittlere Instruktionszeiten aus Studie „Alter und Vorwissen“). Die einfarbigen Blöcke bezeichnen die Lesezeit, die schraffierten die kognitive Vorbereitungszeit.

Bezüglich der Analyse motorischer Aufwände bei Bedienhandlungen in Abhängigkeit des Nutzeralters ergeben sich zunächst für Wechselschritte und erste Blätterschritte sowohl Alters- als auch Lerneffekte. Unabhängig von der Übung in dieser Aufgabe benötigen ältere Probanden länger, um sich möglichst schnell im vorgegebenen Menüsystem zu bewegen (für Wechselschritte nach rechts z.B. um das 1.27fache). Zusätzlich sind im zweiten Block diese Zeiten generell geringer als in Block 1. Abbildung 10-6 rechts veranschaulicht dieses Ergebnis beispielhaft für die Schrittart „Wechselschritte nach rechts“.



Block	Jüngere Pbn		Ältere Pbn	
	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
1	277 ms	39 ms	307 ms	31 ms
2	251 ms	41 ms	285 ms	69 ms

HE Block:  $F_{(1, 10)} = 1.74, p = .217$   
 HE Alter:  $F_{(1, 10)} = 2.49, p = .146$   
 WW:  $F_{(1, 10)} = 0.01, p = .932$

Block	Jüngere Pbn		Ältere Pbn	
	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
1	555 ms	48 ms	711 ms	109 ms
2	441 ms	61 ms	549 ms	100 ms

HE Block:  $F_{(1, 10)} = 59.39, p = .000$   
 HE Alter:  $F_{(1, 10)} = 8.80, p = .014$   
 WW:  $F_{(1, 10)} = 1.82, p = .207$

Abbildung 10-6: Mittlere Schrittdauern für Folge-Blätterschritte (links) bzw. Wechselschritte nach rechts (rechts). Dargestellt sind Mittelwerte und Standardabweichung sowie Ergebnisse der Split-Plot-Varianzanalysen mit den Faktoren „Block“ und „Alter“.

Im Gegensatz dazu ist weder ein Alters- noch ein Übungseffekt in den Folge-Blätterschritten zu finden (siehe Abbildung 10-6 links): Unabhängig von Alter und Erfahrung bei der Menübedienung dauert es stets ungefähr gleich lang, sich innerhalb einer Menüebene mittels des Joysticks zu bewegen (ältere Probanden benötigen für Folge-Blätterschritte z.B. um das 1.12fache länger).

#### 10.6.4 Fazit

Diese Explorationsstudie erlaubt Rückschlüsse, worauf die geringere Bediengeschwindigkeit älterer Nutzer im Umgang mit einem Menüsystem zurückzuführen ist:

- (1) Für das Lesen der Instruktionstexte benötigen ältere Nutzer zwar nur geringfügig länger als jüngere Nutzer. Sie brauchen aber deutlich länger zur Vorbereitung der Bedienhandlung.
- (2) Ältere Nutzer benötigen länger für die Durchführung von Ersten Blätterschritten und Wechselschritten als jüngere Nutzer. Folge-Blätterschritte sind vergleichbar schnell.

Diese Ergebnisse legen nahe, dass Alterseffekte v.a. in den Anteilen der Bedienhandlung zum Tragen kommen, die auch Lerneinflüssen stärker zugänglich sind (siehe Explorationsstudien II und III, siehe Kap. 10.3 und 10.4).

### 10.7 Zusammenfassung und Diskussion

Gemeinsame Zielsetzung der hier berichteten Explorationsstudien war:

- (1) Analyse der zeitlichen Struktur einer Bedienhandlung in einem Menüsystem in Abhängigkeit des Kompetenzerwerbs

Hierdurch sollte versucht werden, die verschiedenartigen Studien zu hypothetischen bzw. fahrkontextnahen Menüsystemen dahingehend zu ergänzen, durch welche kognitiven Prozesse auf Nutzerseite die berichteten Befunde zur Bedienleistung im Umgang mit einem Menüsystem zustande kommen. Zusammenfassend bleibt für die Explorationsstudien festzuhalten:

- „Erste Schritte“ im Menüsystem (d.h. der erste Schritt beim Blättern innerhalb einer Menüebene bzw. beim Wechseln zwischen den Ebenen) sind relativ zeitaufwändig, wohingegen „Folgeschritte“ (d.h. nachfolgende Bewegungen im Menüsystem beim Blättern bzw. Wechseln zwischen den Menüebenen) weniger lange dauern. Mit zunehmender Übung kommt es insbesondere zu einer Beschleunigung des „Ersten Schrittes“. Die in der Studie „Menüstruktur“ (siehe Kap. 7) gezeigten Unterschiede in der Bediengeschwindigkeit zwischen breiten und tiefen Menüsystemen resultieren somit nicht aus einem unterschiedlichen Umgang der Nutzer mit dem Menü, sondern aus strukturbedingten Auswirkungen der Dauer der verschiedenen Schrittypen.
- Mit zunehmender Systemerfahrung werden „Erste Blätterschritte“ (d.h. der erste Bediensschritt innerhalb eines Menübereichs ohne Wechsel zwischen den Ebenen) und „Wechselschritte“ (d.h. Bedienschritte, mit denen zwischen den Menüebenen gewechselt wird) beschleunigt. Diese Schrittypen sind insbesondere verantwortlich für Leistungszuwächse hinsichtlich der Bediengeschwindigkeit. „Folge-Blätterschritte“ sind hingegen nicht Lerneinflüssen zugänglich.

- Je tiefer die Nutzer in die Menüebenen zur Erledigung gestellter Aufgaben gehen müssen, desto länger dauert die Vorbereitung der Aufgabenbearbeitung: Befinden die Nutzer sich zu Aufgabenbeginn innerhalb untergeordneter Menüebenen, so wird von ihnen ein höherer kognitiver Aufwand benötigt, sofern sie bei der Aufgabenbearbeitung innerhalb desselben Menübereichs eine Menüfunktion ansteuern sollen als bei einem Wechsel in einen anderen Menübereich. Die Vorbereitung von Bedienhandlungen scheint daher als sequenzieller Prozess abzulaufen. Dieser kognitive Aufwand wird teilweise während der ersten Bedienschritte (z.B. bei einem notwendigen Bereichswechsel auf eine übergeordnete Menüebene) erledigt.
- Bei der Aufgabenbearbeitung im Menüsystem sind vor allem Vorbereitungszeiten (für die nachfolgenden Bedienhandlungen) als Teil der Mittleren Instruktionszeit Lernerfahrungen zugänglich, wohingegen Lesezeiten weniger stark von Lerneffekten beeinflusst sind.
- Ältere Nutzer benötigen nur geringfügig länger, um die Instruktionen zu lesen als jüngere Nutzer, aber deutlich länger zur Vorbereitung der Bedienhandlung. Die von ihnen durchgeführten „Ersten Blätterschritte“ und „Wechselschritte“ sind langsamer als die jüngerer Nutzer, „Folge-Blätterschritte“ ähnlich schnell. Hieraus resultiert insgesamt eine geringere Bediengeschwindigkeit älterer Nutzer bei der Aufgabenbearbeitung im Umgang mit einem Menüsystem.

Die Befunde der Explorationsstudien unterstützen die in Kap. 2.2.2 formulierte Annahme, dass im Umgang mit einem Menüsystem zwei grundlegende Aspekte der Verhaltenssteuerung von Bedeutung sind, die sich abhängig vom Kompetenzstadium 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.

Zu den unter (1) angesprochenen Aspekten der Handlungsvorbereitung und -initiierung zählen im vorliegenden Kontext der Menüsysteme somit sog. Vorbereitungszeiten, wie sie z.B. bei der Verarbeitung von dargebotenen Instruktionen oder sog. Ersten Blätter- und Wechselschritten bedeutsam sind. Die unter (2) erwähnten Aspekte der Handlungsdurchführung und -kontrolle adressieren demgegenüber eher Lesezeiten sowie sog. Folge-Blätter- oder Wechselschritte. Somit liefern die Explorationsstudien einen tieferen Einblick in die zeitliche Struktur der Bedienhandlungen im Umgang mit einem Menüsystem.

# 11 ZUSAMMENFASSUNG UND DISKUSSION

## 11.1 Einleitung

Ausgehend von den Hauptstudien (siehe Kap. 4 bis 9) und Explorationsstudien (siehe Kap. 10) werden im folgenden Kapitel die Befunde dieser Studien zusammengeführt und im Zusammenhang mit dem in Kap. 2 dargestellten theoretischen Hintergrund diskutiert. Diese Argumentation orientiert sich an den in Kap. 3.3 formulierten inhaltlichen und methodischen Fragestellungen. Hierzu soll zunächst die Aufgabenstellung dieser Arbeit kurz skizziert werden (siehe Kap. 11.2). Anschließend werden die zentralen Ergebnisse der empirischen Studien gelistet (siehe Kap. 11.3) und diskutiert (siehe Kap. 11.4 bis 11.10). Abschließend soll ein Ausblick für weitere Forschungsfragen gegeben werden (siehe Kap. 11.11).

## 11.2 Aufgabenstellung der Arbeit

Aufgabenstellung dieser Arbeit war zunächst die Prozessdarstellung des Kompetenzerwerbs im Umgang mit menügesteuerten Informationssystemen im Fahrzeug. Hierzu zählen die Darstellung des Lernverlaufs sowie der Bedeutung von förderlichen und hinderlichen Lernbedingungen. Als ein Schwerpunkt der Arbeit wurden mentale Repräsentationen der Nutzer bezüglich des Menüsystems betrachtet. Zusätzlich wurde die Kompatibilität des Kompetenzerwerbs für Menüsysteme mit der Fahrzeugführung geprüft. Aus diesen Analysen ergaben sich Methoden der Überprüfung des Lernaufwands, -verlaufs und -erfolgs, aus denen sich Empfehlungen zur optimalen Gestaltung des Lernprozesses bzw. zur Ausgestaltung von Informationssystemen unter dem Aspekt der Erlernbarkeit ableiten lassen.

Als **inhaltliche und methodische Schwerpunkte** dieser Arbeit resultierten somit:

- (1) Abbildung des Kompetenzerwerbs in menügesteuerten Informationssystemen
- (2) Analyse der Bedeutung mentaler Repräsentationen für den Kompetenzerwerb
- (3) Einfluss von Nutzermerkmalen auf den Kompetenzerwerb
- (4) Auswirkungen ausgewählter Systemvariationen auf den Kompetenzerwerb
- (5) Abbildung des Kompetenzerwerbs für menügesteuerte Informationssysteme unter Dual-Task Bedingungen und der Auswirkungen auf Fahrsicherheit
- (6) Entwicklung und Bewertung von Methoden zur Bestimmung des Kompetenzerwerbs und seiner Wirkungen auf Fahrsicherheit

Der theoretische Hintergrund dieser Schwerpunkte wurde in Kap. 2 dargestellt und in Kap. 3 zu zentralen Fragestellungen zusammengeführt. Zur empirischen Überprüfung dieser Schwerpunkte wurden prototypische Menüsysteme - zum Teil hypothetische Systeme, zum Teil fahrkontextnahe Systeme - konstruiert. Tabelle 11-1 gibt einen Überblick über die Studien mit einer Zuordnung, welche inhaltlichen bzw. methodischen Schwerpunkte durch die jeweilige Studie adressiert werden (Kap. 4 bis 9: Hauptstudien, Kap. 10: Explorationsstudien).

Tabelle 11-1: Übersicht über Hauptstudien (in Klammern: Kapitelnummern der Studien).

Inhaltliche und methodische Schwerpunkte	Raumschiff-System I (4)	Raumschiff-System II (5)	System sinnloser Silben (6)	Menüstruktur (7)	Bedienmodell (8)	Alter und Vorwissen (9)	Explorationsstudien (10)
Abbildung des Kompetenzerwerbs in einem Menüsystem	X	X	X				X
Analyse der Bedeutung begrifflicher Repräsentationen für den Kompetenzerwerb	X	X	X	X			
Analyse der Bedeutung räumlicher Repräsentationen für den Kompetenzerwerb	X		X	X			
Analyse der Bedeutung motorischer Repräsentationen für den Kompetenzerwerb	X				X		
Einfluss von Nutzermerkmalen auf den Kompetenzerwerb	X					X	
Auswirkungen von Systemvariationen auf den Kompetenzerwerb				X	X		
Abbildung des Kompetenzerwerbs in einem Menüsystem unter Dual-Task Bedingungen				X	X	X	
Methoden zur Bestimmung des Kompetenzerwerbs und seiner Wirkungen auf Fahrsicherheit	X	X	X	X	X	X	X

Auf Seite der hypothetischen Menüsysteme wurde z.B. der Umgang des Nutzers mit einem selbsterklärenden, begrifflich weitgehend eindeutigen System eines Raumschiffs (sog. Raumschiff-System; siehe Kap. 4 und 5) der Bedienung eines Menüsystems ohne bedeutungshaltige Informationen (sog. System sinnloser Silben; siehe Kap. 6) gegenübergestellt. Hierdurch sollte es u.a. möglich werden, den Kompetenzerwerb für menügesteuerte Informationssysteme darzustellen und mögliche Lernvorteile abzuschätzen, die sich aus semantischen Merkmalen ergeben. In diesen Studien wurden zudem der Aufbau sowie die Bedeutung mentaler Repräsentationen für den Kompetenzerwerb für Menüsysteme intensiver betrachtet.

Um die Auswirkungen des Kompetenzerwerbs für Menüsysteme auf die Fahrsicherheit zu untersuchen, wurden fahrkontextnahe Systeme konzipiert (siehe Kap. 7 bis 9). Diese wurden sowohl unter Single-Task Bedingungen (z.B. an einem Bildschirmarbeitsplatz, im stehenden Fahrzeug) als auch unter Dual-Task Bedingungen (z.B. während einer Trackingaufgabe oder während der Fahrt) bedient. Es wurde angenommen, dass insbesondere zu Übungsbeginn erhebliche Einbußen in der Fahrsicherheit auftreten würden. Zusätzlich wurde geprüft, ob die unter Single-Task Bedingungen erzielten Ergebnisse zum Kompetenzerwerb auf Dual-Task Bedingungen generalisierbar sind. Hierdurch sollten mögliche Evaluationsprobleme im Rahmen des Entwicklungs- und Konstruktionsprozesses eines Informationssystems abschätzbar werden.

Gemeinsame Zielsetzung der unter Kap. 10 dargestellten Explorationsstudien war schließlich die Analyse der zeitlichen Struktur einer Bedienhandlung in einem Menüsystem in Abhängigkeit des Kompetenzerwerbs. Zur Bearbeitung dieses Schwerpunkts wurde z.T. auf hypothetische Menüsysteme, z.T. auf fahrkontextnahe Menüsysteme zurückgegriffen.

### **11.3 Übersicht über empirische Ergebnisse dieser Arbeit**

Im Folgenden werden die zentralen Ergebnisse der einzelnen Studien zusammenfassend dargestellt. Für eine ausführliche Darstellung der jeweiligen Befunde sei auf das entsprechende Kapitel dieser Arbeit verwiesen (in Klammern angegeben).

#### **Studie „Raumschiff-System I“ (Kap. 4)**

In der Studie „Raumschiff-System I“ wurde deutlich, dass Lernzuwächse im Umgang mit einem Menüsystem hinsichtlich der Gesamtbedienleistung und Bediengenauigkeit dem Potenzgesetz der Übung folgen. Die Bediengeschwindigkeit ist hingegen nicht über das Potenzgesetz vorhersagbar. Mit zunehmender Systemerfahrung nehmen interindividuelle Leistungsunterschiede in der Menübedienung ab. Dementsprechend wirken sich aus Personenmerkmalen resultierende Unterschiede in der Systembedienung vor allem zu Lernbeginn aus. Die höhere Bedienleistung wird insbesondere durch eine geringere Häufigkeit von Orientierungs- und Bedienfehlern bedingt. Nach einer Übungspause treten vermehrt Orientierungsfehler auf bzw. mit zunehmender Übung kommt es gehäuft zu Flüchtigkeitsfehlern. Diese Fehler stellen voneinander unabhängige Fehlerklassen dar. Zu Lernbeginn ist v.a. die Bediengenauigkeit für die Gesamtbedienleistung von Bedeutung, mit zunehmender Übung die Bediengeschwindigkeit.

Im Umgang mit einem Menüsystem wird eine räumliche Repräsentation des Systems konstruiert, die über einen Zeitraum von einer Woche weitgehend stabil ist. In dieser Repräsentation ergibt sich eine Gruppierung der Systeminhalte („Cluster“). Veränderungen der räumlichen Positionen der Menüfunktionen (unter Konstanthaltung der Unterbegriffs-Oberbegriffs-Relationen) gehen mit Einbußen in der Bedienleistung einher. Die begriffliche Eindeutigkeit eines Unterbegriffs ist v.a. zu Lernbeginn von Bedeutung: Bei nicht-eindeutigen Unterbegriffen ist die Bediengeschwindigkeit geringer als bei eindeutigen Unterbegriffen. Bedienfehler treten insbesondere zu Beginn des Systemkontakts auf. Wurde das Bedienkonzept und die daraus resultierende Verwendung des Bedienelements einmal verstanden, so wird auch nach einer längeren Lernpause die Art der Bedienung erinnert und die Nutzung des Bedienelements (teil-)automatisiert.

#### **Studie „Raumschiff-System II“ (Kap. 5)**

Die Studie „Raumschiff-System II“ repliziert in weiten Teilen die Ergebnisse der Studie „Raumschiff-System I“. Obwohl ein anderes Menüsystem geprüft wurde, trotz Unterschieden in der Versuchsanordnung sowie der Untersuchung einer anderen Probandenstichprobe sind ähnliche Ergebnismuster zu finden. Dies spricht für eine hohe Gültigkeit der Befunde.

Zudem wird in dieser Studie die Bedeutung begrifflicher Repräsentationen für den Kompetenzerwerb aufgezeigt: Eine Passung von Vorwissen auf Nutzerseite und für die Bedienung notwendiges Systemwissen für Unterbegriffs-Oberbegriffs-Relationen geht mit einem geringeren Lernaufwand und einer höheren Stabilität des Lernergebnisses einher. Eine diesbezügliche Diskrepanz führt zu einem höheren Lernaufwand und einer geringeren Stabilität des Lernergebnisses.

### **Studie „System sinnloser Silben“ (Kap. 6)**

In der Studie „System sinnloser Silben“ findet über eine längerdauernde Übungsphase hinweg ein prozentual konstanter Leistungszuwachs hinsichtlich der Gesamtbedienleistung und Bedienqualität im Umgang mit dem Menüsystem statt. Hinsichtlich der Bediengeschwindigkeit ergeben sich keine Übungseffekte. Das Potenzgesetz der Übung scheint für den Kompetenzerwerb für Menüsysteme somit nur zu gelten, wenn in dem System bedeutungshaltige Inhalte verwendet werden.

Das Erlernen von begrifflichen Hierarchien eines Menüsystems erfolgt primär über das Erlernen der „Nachbarn“ (d.h. über Inhalte desselben Menübereichs auf einer Menüebene). Mit Zeitversatz gelingt auch das Erlernen der „Vorgesetzten“ (d.h. übergeordnete Inhalte auf höheren Menüebenen eines Bereichs). Die stärksten Lernleistungen bezüglich Unterbegriffs-Overbegriffs-Relationen finden erst nach einiger Erfahrung im Umgang mit dem Menüsystem statt, nicht jedoch zu Übungsbeginn. In ähnlicher Weise geschieht ein Aufbau der räumlichen Repräsentation bereits ab dem Beginn des Systemkontakts, die diesbezüglich stärksten Lernzuwächse erfolgen nach einem längeren Systemkontakt. Personen mit präzisiertem räumlichem Wissen erzielen eine höhere Bedienleistung als Personen mit unpräzisiertem räumlichem Wissen.

### **Studie „Menüstruktur“ (Kap. 7)**

In der Studie „Menüstruktur“ schneiden breite Menüs unter Single-Task Bedingungen (d.h. an einem Bildschirmarbeitsplatz) hinsichtlich der Gesamtbedienleistung günstiger ab als tiefe Menüs. Dieser Vorteil breiter Systeme gilt unabhängig vom Kompetenzerwerb. Unter Dual-Task Bedingungen (hier: Menübedienung parallel zu einer Trackingaufgabe) werden breite Menüs zwar ähnlich schnell und gut bedient wie tiefe Menüs, jedoch resultieren stärkere Defizite in der Fahrzeugführung. Die Displayblicke dauern beim breiten Menü länger und variieren stärker. Zunehmende Erfahrung in der Dual-Task Situation ist für die Trackingleistung irrelevant, auf Seiten der Menübedienung ergeben sich Leistungszuwächse. Es kommt somit zu einer übungsbedingten Verringerung der Interferenz zwischen Trackingaufgabe und Menübedienung.

Die Bedienung eines Menüsystems unter Dual-Task Bedingungen begünstigt den Erwerb begrifflicher und räumlicher Wissensstrukturen: So gelingt es, engere assoziative Verknüpfungen zwischen den Begriffen der verschiedenen Menüebenen aufzubauen als unter Single-Task Bedingungen. Zugleich wird eine präzisere räumliche Repräsentation des Systems konstruiert (z.B. die räumliche Repräsentation des tiefen Menüs ist präziser als die des breiten Menüs).

### **Studie „Bedienmodell“ (Kap. 8)**

Auch in der Studie „Bedienmodell“ nehmen Interferenzen zwischen der Primäraufgabe (hier: Trackingaufgabe) und Menübedienung übungsbedingt ab: Mit zunehmender Übung steigt die Bedienleistung an und es werden weniger Displayblicke notwendig, um das Menüsystem zu bedienen. Die Leistung in der Trackingaufgabe unterliegt keinen Lerneinflüssen.

Unter Single-Task Bedingungen ist eine sog. aufgelöste Bedienung zu bevorzugen, die die Bedienhandlungen „Blättern innerhalb einer Menüebene“ und „Wechseln zwischen den Ebenen“ separat abbildet. Unter Dual-Task Bedingungen ist die Ausgestaltung des Bedienelements von untergeordneter Bedeutung. Die Art der Systemdarstellung wiederum ist unter Single-Task Bedingung irrelevant. Unter Dual-Task Bedingungen ist die sog. Ebenendarstel-

lung, bei der lediglich die jeweils aktuelle Menüebene auf dem Menüdisplay dargeboten wird, unabhängig vom Kompetenzerwerb zu präferieren. Die Ausgestaltung des Bedienelements ist im Zusammenspiel mit der Systemdarstellung zu diskutieren: Unter Single-Task Bedingungen ist die Bedienqualität für die Kombination aus der sog. aufgelösten Bedienung und der Ebenendarstellung höher. Laut Probandenurteilen ist unter Dual-Task Bedingungen eine integrierte Bedienung (d.h. o.g. Bedienhandlungen werden nicht separat abgebildet) bei Menüdarstellung (d.h. die aktuelle und (falls vorhanden) übergeordnete Menüebenen werden dargeboten) zu bevorzugen bzw. bei Ebenendarstellung die aufgelöste Bedienung.

### **Studie „Alter und Vorwissen“ (Kap. 9)**

In der Studie „Alter und Vorwissen“ hat das Alter einen erheblichen Einfluss auf den Kompetenzerwerb für Menüsysteme sowohl unter Single-Task Bedingungen als auch unter Dual-Task Bedingungen: Bei älteren Personen ist unabhängig vom Lernstatus die Bediengeschwindigkeit gegenüber jüngeren Nutzern verringert. Zu Lernbeginn erzielen die älteren Nutzer eine geringere Bediengenauigkeit, können mit hinreichender Übung allerdings die Bediengenauigkeit der jüngeren Nutzer erreichen. Ältere Nutzer haben zudem Probleme mit der Verschränkung von Fahrzeugführung und Menübedienung: Obwohl sie bereits geringere mittlere Fahrgeschwindigkeiten wählen und weniger Aufgaben im Menüsystem während der Fahrt bearbeiten, reichen diese Kompensationsbemühungen nicht aus, um die Spurhaltung aufrechtzuhalten: Ältere Fahrer berühren mit dem Fahrzeug häufiger die Fahrbahnmarkierung. Generell sind bei der älteren Versuchsgruppe stärkere Leistungsunterschiede zwischen den Personen zu beachten als für die jüngeren Nutzer.

Diese Alterseffekte können durch bereichsspezifisches Vorwissen abgeschwächt werden: Haben ältere Nutzer bereits Vorerfahrung im Umgang mit Menüsystemen, so schwächen sich o.g. Alterseffekte (insbesondere zu Übungsbeginn) sowohl unter Single-Task als auch Dual-Task Bedingungen ab. Für jüngere Nutzer ergeben sich keine Einflüsse des Vorwissens.

### **Explorationsstudien (Kap. 10)**

Die Explorationsstudien verfolgen das Ziel, die zeitlichen Strukturen einer Bedienhandlung in einem Menüsystem in Abhängigkeit des Kompetenzerwerbs zu analysieren. Es wird 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 beim Blättern innerhalb einer Menüebene bzw. Wechseln zwischen den Menüebenen) weniger lange dauern. Mit zunehmender Übung kommt es v.a. zu einer Beschleunigung des „Ersten Schrittes“. Die in der Studie „Menüstruktur“ (siehe Kap. 7) gezeigten Unterschiede zwischen breiten und tiefen Menüs resultieren somit aus strukturbedingten Auswirkungen der Dauer der verschiedenen Schritttypen. Übungsbedingt werden „Erste Blätterschritte“ (d.h. der erste Bedienschritt innerhalb eines Menübereichs ohne Wechsel zwischen den Ebenen) und „Wechselschritte“ (d.h. Bedienschritte, mit denen zwischen den Menüebenen gewechselt wird) beschleunigt. „Folge-Blätterschritte“ sind Lerneinflüssen nicht zugänglich. Zudem sind Vorbereitungszeiten (für die nachfolgenden Bedienhandlungen) Lernerfahrungen zugänglich, Lesezeiten weniger stark. Je tiefer die Nutzer in die Menüebenen zur Erledigung gestellter Aufgaben gehen müssen, desto länger dauert die Vorbereitung der Aufgabenbearbeitung.

Im Umgang mit einem Menüsystem sind demnach zwei Aspekte der Verhaltenssteuerung voneinander abzugrenzen, die in unterschiedlichem Maße vom Kompetenzerwerb abhängig sind: (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.

Ältere Nutzer benötigen nur geringfügig länger, um die Instruktionen zu lesen als jüngere Nutzer, aber deutlich länger, um die Bedienhandlung vorzubereiten. Die von ihnen durchgeführten „Ersten Blätterschritte“ und „Wechselschritte“ dauern länger als die jüngerer Nutzer.

## **11.4 Abbildung des Kompetenzerwerbs in menügesteuerten Informationssystemen**

Ausgangspunkt zur Abbildung des Kompetenzerwerbs für Menüsysteme waren folgende inhaltlichen Fragestellungen:

- (1) Der Kompetenzerwerb für Menüsysteme folgt einem Potenzgesetz: Während zu Übungsbeginn mit einem starken Lerngewinn zu rechnen ist, wird dieser Lernzuwachs mit zunehmender Übung immer geringer.
- (2) Übung führt nicht zu einer generellen Abnahme der Häufigkeit von Fehlern im Umgang mit Informationssystemen. In Abhängigkeit des Lernstadiums sind unterschiedliche Fehlertypen zu erwarten.
- (3) Zu Beginn des Kompetenzerwerbs spielt die Bediengenauigkeit eine zentrale Rolle, mit zunehmender Übung die Bediengeschwindigkeit.
- (4) Zu Beginn des Kompetenzerwerbs sind kognitive Anteile bei der Menübedienung bedeutsam, mit zunehmender Übung exekutive Anteile der Bedienhandlung.

Grundannahme zur Beschreibung des Kompetenzerwerbs in einem Menüsystem ist das sog. Potenzgesetz der Übung (Newell & Rosenbloom, 1981): Nach diesem Gesetz fallen Lernzuwächse zu Übungsbeginn stark aus und nehmen mit zunehmender Übung ab (siehe Kap. 2.2.5). Die vorliegenden Ergebnisse bestätigen zunächst diese Annahme: Demnach folgt die Gesamtbedienleistung im Umgang mit einem Menüsystem dem Potenzgesetz. Es sind zwar sowohl in der Bediengeschwindigkeit als auch in der Bediengenauigkeit Leistungszuwächse nachzuweisen – die entsprechenden Verlaufskurven stehen aber nicht zwingend im Einklang mit den aus dem Potenzgesetz resultierenden Vorhersagen. Mit zunehmender Übung wird die Bedienhandlung aber nicht nur besser (im Sinne von ‚schneller‘ und ‚genauer‘) ausgeführt, sondern die Bedienleistung wird auch gleichförmiger: Die interindividuelle Variation der Bedienleistung nimmt ab. Auch nach längeren Lernpausen (bis zu 12 Wochen) verschlechtert sich die Bedienleistung nicht.

Die starken Leistungszuwächse in der Bediengenauigkeit zu Lernbeginn sind insbesondere auf eine Abnahme der Häufigkeiten von Orientierungsfehlern (d.h. Schritte im Menüsystem, bei denen Nutzer z.B. zu früh vom richtigen Weg abbiegen und weiterlaufen oder bei denen sie nach der Rückkehr zum Ausgangspunkt wieder falsch loslaufen). Bedienfehler (d.h. Bedieneingaben, bei denen die Probanden z.B. die Auswahl-Taste des Bedienelements betätigen, obwohl dies an gegebener Stelle im Menüsystem nicht zulässig ist) sind für die Bediengenauigkeit von eher untergeordneter Bedeutung. Durch umfangreiche Übung im Umgang mit einem Menüsystem steigt die Häufigkeit von Flüchtighkeitsfehlern (d.h. Schritte im Menüsystem, die von den Probanden sofort wieder korrigiert werden) an. Regressionsanalytische An-

sätze legen nahe, dass Orientierungs-, Bedien- und Flüchtigkeitsfehler weitgehend voneinander unabhängige Fehlerklassen darstellen. Diese Analysen der Art und Häufigkeit von Fehlern im Umgang mit einem Menüsystem geben Hinweise auf die zugrundeliegenden kognitiven Prozesse bei der Menübedienung (siehe Kap. 2.2.3): Orientierungs- und Bedienfehler können zur Gruppe der sog. Planungsfehler (engl.: „mistakes“, d.h. Fehler, bei denen ein Plan nicht ausreicht, um ein gewünschtes Resultat zu erzielen, Reason, 1994) gezählt werden, die insbesondere in früheren Stadien des Systemkontakts auftreten. Flüchtigkeitsfehler als Beispiel für sog. Ausführungsfehler (engl.: „slips“, d.h. Fehler aufgrund einer nicht-erfolgreichen Ausführung einer aktuellen Absicht; Reason, 1994) sind hingegen erst nach hinreichender Übung im Umgang mit dem Menüsystem aufzufinden.

Die Bediengeschwindigkeit wird zu Übungsbeginn v.a. durch Bedienfehler bestimmt, in späteren Übungsphasen durch Flüchtigkeitsfehler. Bedien- und Orientierungsfehler gehen mit einer geringen Bediengeschwindigkeit einher, Flüchtigkeitsfehler eher mit einer hohen Bediengeschwindigkeit. Diese Befunde legen nahe, dass zu Beginn des Systemkontakts die Präzision der Bedienleistung eine zentrale Rolle einnimmt (Ziel: „Aufgabe möglichst genau erledigen“). Mit zunehmender Übung beeinflusst die Bediengeschwindigkeit in einem stärkeren Maße die Bedienleistung (Ziel: „Aufgabe möglichst schnell erledigen“). Diese Ergebnisse unterstützen die in Kap. 2.2.4 formulierte Annahme von Ackerman (1988, 1989, 1992) zum Einfluss des Lernprozesses auf das „Speed-Accuracy-Trade-Off“ und erweitert dessen Modell kognitiver Fertigkeiten auf den Kompetenzerwerb für Menüsysteme.

Die Ergebnisse der Explorationsstudien legen nahe, dass die zu Lernbeginn starken Leistungszuwächse im Umgang mit dem Menüsystem v.a. darauf zurückzuführen sind, dass mit zunehmender Übung die Bedeutung kognitiver Anteile an der Bedienleistung abnimmt (z.B. Fleishman, 1966; Seppälä & Salvendy, 1985; Singley & Anderson, 1989; siehe Kap. 2.2.6): 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 „Wechseln zwischen den Ebenen“ zu einem raschen Ansteuern der gewünschten Menüebene und beim „Blättern innerhalb einer Menüebene“ zu einem schnellen Ansteuern der angestrebten Menüfunktion. Im Umgang mit einem Menüsystem kommen hierbei vor allem (sensu-)motorische Aufwände zum Tragen, die für die adäquate Nutzung des Bedienelements notwendig sind. Dies bedeutet für die in Kap. 2.2.2 genannten grundlegenden Aspekte der Verhaltenssteuerung (Volpert, 1994):

- Der Kompetenzerwerb für Menüsysteme wirkt sich insbesondere auf die antizipativen Aspekte der Handlungsvorbereitung und -initiierung im Umgang mit einem Menüsystem (z.B. Vorbereitungszeiten, „Erste Blätterschritte“, „Erste Wechselschritte“) aus.
- Exekutive Aspekte der Handlungsdurchführung und -kontrolle im Umgang mit einem Menüsystem (z.B. Lesezeiten, Folge-Blätterschritte, Folge-Wechselschritte) bleiben vom Kompetenzerwerb weitgehend unbeeinflusst.

Die aus Kap. 2.2 abgeleiteten Annahmen zum Kompetenzerwerb für Menüsysteme werden demnach weitgehend bestätigt. Die in der Literatur berichteten Ergebnisse zum Erwerb von Fertigkeiten können auf den Bereich von menügesteuerten Informationssystemen erweitert werden, wodurch Aussagen zum Lernaufwand, -verlauf und -erfolg möglich werden. Zusätzlich gelingt es durch die empirischen Studien in dieser Arbeit, eine Klassifikation von Fehlern im Umgang mit Menüsystemen zu erstellen.

## 11.5 Analyse der Bedeutung mentaler Repräsentationen für den Kompetenzerwerb

Bezüglich einer Analyse der Bedeutung mentaler Repräsentationen für den Kompetenzerwerb für Menüsysteme wurden nachfolgende inhaltliche Fragestellungen benannt:

- (1) Im Umgang mit einem Menüsystem werden begriffliche, räumliche und motorische Repräsentationen erworben.
- (2) Zu Beginn des Kompetenzerwerbs sind allgemeine Merkmale des Menüsystems bedeutsam (z.B. Art der Menüdarstellung, Gestaltung des Bedienelements, Verwendung sprachlicher Begriffe und Prinzip der Menüauswahl).
- (3) Mit zunehmender Übung sind die begriffliche Organisation und Gruppierung der Alternativen zu Kategorien innerhalb des Menüs sowie räumliche Positionen der Alternativen im Menü wichtig.
- (4) Umfangreiche Übung führt zum Erwerb (teil-)automatisierter motorischer Handlungssequenzen.
- (5) Mentale Repräsentationen haben handlungssteuernde Funktion: Adäquate Repräsentationen führen zu höheren Leistungen bzw. inadäquate Repräsentationen zu geringeren Leistungen im Umgang mit Menüsystemen.

In dieser Arbeit wird gezeigt, dass durch den Umgang mit einem menügesteuerten Informationssystem auf Nutzerseite begriffliche, räumliche und motorische Wissensstrukturen bzw. Repräsentationen aufgebaut werden (siehe Abbildung 11-1). Daher kann der Kompetenzerwerb als multikodierter Prozess verstanden werden (Bruner, 1971; Engelkamp, 1990, 1997; Paivio, 1971, 1986; siehe Kap. 2.2.7). In Übereinstimmung zu Norman (1991) konnte gezeigt werden, dass die Lerninhalte in typischen Lernstadien erworben werden (siehe Kap. 2.2.6).

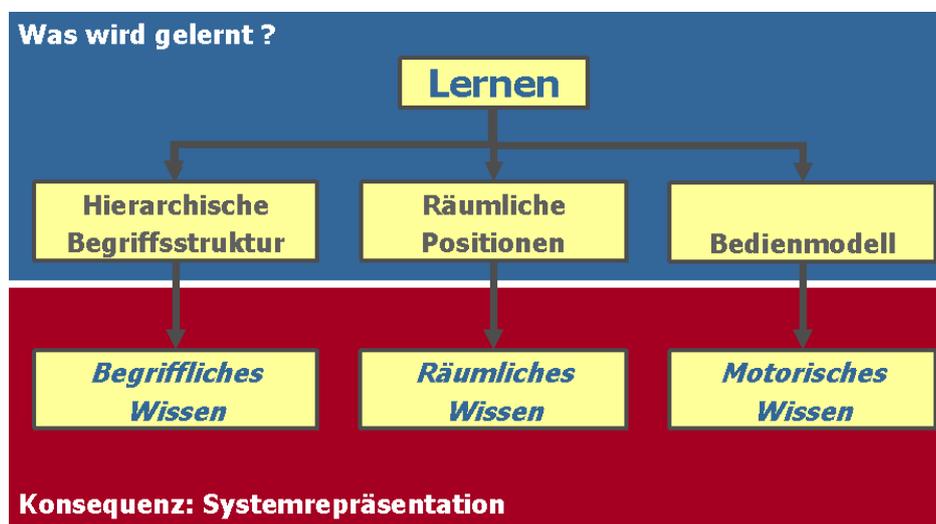


Abbildung 11-1: Schematische Darstellung des Kompetenzerwerbs für Informationssysteme als multikodierter Prozess. Für eine Beschreibung siehe Text.

Hinsichtlich der **begrifflichen Repräsentation** muss der Nutzer für eine erfolgreiche Systembedienung zunächst realisieren, welche Inhalte das Menüsystem umfasst (z.B. „Kommunikation“, „Bordcomputer“, „Klimaanlage“). Dies wurde unter Kap. 3.2.2 als „Erkennen der Inhaltsstruktur“ eines Menüsystems bezeichnet. Der Lernzuwachs ist dadurch zu Beginn des Lernprozesses relativ hoch und nimmt dann mit zunehmender Übung ab (z.B. Cieutat et al.,

1958; Fassnacht, 1971; siehe Kap. 2.2.5). Wird eine solche Inhaltsstruktur aus einem Menüsystem entfernt bzw. ist sie für den Nutzer nicht unmittelbar verständlich (wie z.B. in einem System sinnloser Silben), so folgt der Kompetenzerwerb nicht einer Potenzfunktion: Durch das Fehlen von inhaltlichen Bedeutungen findet vielmehr ein konstanter Leistungszuwachs im Umgang mit dem Menüsystem statt, so dass der Leistungszuwachs zu Übungsbeginn geringer ist als bei einem System mit erkennbarer Inhaltsstruktur. Hieraus ergibt sich für die Konstruktion von Menüsystemen die Forderung, auf die begriffliche Auswahl von Menüfunktionen ein besonderes Augenmerk zu richten, so dass dem Nutzer unmittelbar beim Erstkontakt der Inhalt des Menüsystems im Großen und Ganzen verständlich wird. Dies wird z.B. im sog. Usability Trade-Off (Nielsen, 1993; siehe Kap. 2.2.4) explizit gefordert.

Erst in späteren Lernstadien werden begriffliche Zuordnungen von Unterbegriffen zu Begriffen in übergeordneten Menüebenen erlernt (z.B. „Kommunikation“ – „Anrufen“ – „Adressbuch“, sog. Unterbegriffs-Overbegriffs-Relationen; siehe Kap. 3.2.2). 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 Ebenen eines Menübereichs). Die stärksten Lernleistungen hinsichtlich begrifflicher Unterbegriffs-Overbegriffs-Relationen finden erst nach einiger Erfahrung im Umgang mit dem Menüsystem, nicht jedoch zu Übungsbeginn statt. Besteht beim Systemnutzer bereits adäquates Vorwissen, so ergibt sich kein Lernaufwand für das Erlernen der begrifflichen Hierarchien (sog. positiver Transfer). Kein Vorwissen bzw. ein nicht-adäquates Vorwissen führt hingegen zu einem erhöhten Lernaufwand und nach längeren Lernpausen (bis zu 12 Wochen Dauer) zu einer höheren Wahrscheinlichkeit des Vergessens dieser Wissensstrukturen (sog. negativer Transfer, Wickens & Hollands, 2000; siehe Kap. 2.2.8). Einzelne Unterbegriffs-Overbegriffs-Relationen werden über die Lernpause vergessen. Bei der sprachlichen Ausgestaltung von Menüsystemen ist daher besonders auf die Art der Formulierung der einzelnen Menüinhalte sowie auf die kategoriale Organisation der Alternativen im Menü zu achten (siehe Kap. 2.2.8). Hierdurch wird u.a. das Leistungsmaximum für Experten ermöglicht (Usability Trade-Off, Nielsen, 1993; siehe Kap. 2.2.4).

Zusätzlich werden Informationen über Positionen von Alternativen im Menüsystem in Form einer **räumlichen Repräsentation** gespeichert (z.B. „Das Telefon ist im oberen Bereich des Informationssystems zu finden“). Der Aufbau dieser Wissensstruktur geschieht ab Übungsbeginn, die stärksten Zuwächse erfolgen erst nach einem längeren Systemkontakt. In dieser Repräsentation ergibt sich eine Gruppierung der Systeminhalte („Cluster“), die an den Menübereichen der ersten Ebene orientiert ist. Ähnlich wie bei sog. kognitiven Landkarten realer Objekte werden die Inhalte von Menüsystemen zunächst zu Gruppen zusammengefasst (McNamara et al., 1989; siehe Kap. 2.2.9). Mit hinreichender Übung gelingt eine weitgehend perfekte Repräsentation hinsichtlich der räumlichen Positionen in einem Menüsystem, die auch über eine Lernpause von einer Woche weitgehend stabil ist. Dabei sind interindividuelle Unterschiede hinsichtlich der Geschwindigkeit und Präzision des Aufbaus räumlicher Repräsentationen zu berücksichtigen. Diese Unterschiede sind insofern für die Menübedienung bedeutsam, als dass Personen mit adäquatem räumlichem Wissen das Menüsystem mit einer höheren Geschwindigkeit und Genauigkeit bedienen können (z.B. Arning & Ziefle, 2009; Bay & Ziefle, 2003; Vicente et al., 1987; Zaphiris et al., 2004; Ziefle & Bay, 2004, 2006; siehe Kap. 2.2.9 und 2.2.11). Veränderungen der räumlichen Positionen der Menüfunktionen gehen mit Einbußen in der Bedienleistung einher (insb. mehr Orientierungsfehler; z.B. Lee & Yun, 2004; Mitchell & Shneiderman, 1989; Park et al., 2007; Somberg, 1987; Vandierendonck et al., 1988; siehe Kap. 2.2.9). Daher ist eine räumlich konsistente Menüstruktur zu verwenden

bzw. bei einer diesbezüglich adaptiven Ausgestaltung von Menüsystemen ist mit größeren Lernaufwänden zu rechnen. Diese Befunde unterstützen die Bedeutung der räumlichen Repräsentation für die Menübedienung.

Letztendlich werden motorische Informationen im Umgang mit dem System erworben, die in Form **motorischer Repräsentationen** gespeichert werden. Zu Beginn des Systemkontakts muss der Nutzer zunächst erkennen, mit welchen unmittelbaren Systemreaktionen die eigene Bedienhandlung einhergeht (z.B. „Bedienelement nach oben drücken“ bedeutet, in der dargestellten Menüliste nach oben in Richtung Listenanfang zu gehen). Bedienmodelle, die den aus der Systemdarstellung resultierenden Anforderungen nicht gerecht werden (z.B. aufgrund einer fehlenden Funktionskompatibilität oder Bewegungs-Beziehungs-Kompatibilität; siehe Kap. 2.2.10), führen insbesondere zu Lernbeginn zu einer Beeinträchtigung der Bedienleistung (siehe auch Kerres, 1989; Spragg et al., 1959; Ziebler, 1993). Für die Bedienung eines Menüsystems unter Single-Task Bedingungen (d.h. an einem Bildschirmarbeitsplatz oder im stehenden Fahrzeug) wird gezeigt, dass eine Bedienvariante zu wählen ist, die die Bedienhandlungen „Blättern innerhalb einer Ebene“ und „Wechseln zwischen den Ebenen“ separat abbildet. Wird der Umgang mit dem Bedienelement von den Systemnutzern aber erst einmal verstanden, so wird die Art der Bedienung auch längerfristig korrekt erinnert: Bedienfehler treten auch nach Lernpausen nicht häufiger auf. Schließlich wird der sensumotorische Umgang mit dem Bedienelement optimiert. Diese sensumotorischen Lernprozesse machen jedoch nur einen geringen Anteil an den gezeigten übungsbedingten Leistungszuwächsen im Umgang mit einem Menüsystem aus und sind vor allem in späten Übungsphasen von Bedeutung. Im günstigsten Fall gelingt durch hinreichende Übung im Umgang mit einem Menüsystem eine (Teil-)Automatisierung der motorischen Handlungssequenz (z.B. „Um zum Telefon zu gelangen, muss ich 3 mal runter und 2 mal rechts gehen“), so dass die Nutzer das Menüsystem ohne Displayblicke bedienen können. Dieses Lernziel wurde in der vorliegenden Arbeit jedoch nicht erreicht.

Die im Umgang mit einem Menüsystem aufgebauten mentalen Repräsentationen beeinflussen wiederum die Menübedienung selbst. Beispielhaft seien folgende Befunde erwähnt:

- Eine fehlende Passung des Vorwissens auf Nutzerseite und des für die Menübedienung erforderlichen Systemwissens geht mit einem höheren Lernaufwand einher.
- Systemnutzer mit adäquatem räumlichem Wissen über das zu bedienende Menüsystem erzielen eine höhere Bediengeschwindigkeit und -genauigkeit.
- Die Veränderung der räumlichen Positionen von Menüinhalten unter Konstanthaltung der sprachlichen Unterbegriffs-Overbegriffs-Relationen führen zu neuen Lernaufwänden bei der Menübedienung.
- Ein nicht-optimal ausgestaltetes Bedienelement, das zur Darstellung des Menüsystems inkompatibel ist, geht mit einem höheren Lernaufwand einher.

Die Annahme, dass im Umgang mit Menüsystemen mentale Repräsentationen konstruiert werden, ist demzufolge für den Kompetenzerwerb für Menüsysteme von zentraler Bedeutung: Die Unterstützung des Erwerbs bzw. der Nutzung von begrifflichem, räumlichem und motorischem Wissen im Umgang mit einem menügesteuerten Informationssystem führt zu einem schnellen und erfolgreichen Kompetenzerwerb. Zugleich ist der Lernaufwand, -verlauf und -erfolg über eine Analyse der Repräsentationen beschreib- und vorhersagbar. Diese Arbeit führt somit die vorliegenden Befunde und Modellannahmen der Mensch-Technik Interaktion

zu den einzelnen Repräsentationsformen (siehe Kap. 2.2) gebündelt in ein gemeinsames Konzept zusammen und stellt eine Erweiterung bestehender Ansätze dar.

Aus diesen Darstellungen zum Aufbau und der Bedeutung der mentalen Repräsentationen im Umgang mit Menüsystemen wird aber auch deutlich, dass das Potenzgesetz der Übung (Newell & Rosenbloom, 1981) zwar den Kompetenzerwerb für Menüsysteme summativ beschreibt (siehe auch Kap. 11.4). Diese Potenzfunktion scheint jedoch aus der Kombination der einzelnen Lernverläufe für die zu erwerbenden Wissensinhalte (d.h. begriffliches, räumliches und motorisches Wissen) zu resultieren. Somit unterstützen die Ergebnisse dieser Arbeit Ansätze von z.B. Cieutat et al. (1958) und Fassnacht (1971), die gegen die durchgängige und „allgegenwärtige“ Gültigkeit des Potenzgesetzes (Anderson, 1982, S. 297, Übers. v. Verf.; Logan, 1992, S. 883, Übers. v. Verf.) sprechen (siehe Kap. 2.2.5).

In den Studien zum Kompetenzerwerb für Menüsysteme unter Dual-Task Bedingungen (z.B. während der Fahrt) wird schließlich deutlich, dass im Umgang mit einem Menüsystem unter Dual-Task Bedingungen der Aufbau von begrifflichen und räumlichen Wissensstrukturen begünstigt wird: So werden engere assoziative Verknüpfungen zwischen Begriffen verschiedener Menüebenen und eine präzisere räumliche Repräsentation des Menüs aufgebaut als unter Single-Task Bedingungen. Bedingt durch die aus der Dual-Task Situation resultierenden Anforderungen wird scheinbar verstärkt für die Menübedienung relevantes Wissen angeeignet, um so kognitive Kapazität für die Fahrzeugführung verfügbar zu halten. Diese Befunde unterstützen erneut die Bedeutung der mentalen Repräsentationen für den Umgang mit Menüsystemen. Bislang liegen keine empirischen Studien vor, die diesen Aspekt des Kompetenzerwerbs für Menüsysteme unter Dual-Task Bedingungen thematisieren.

## 11.6 Einfluss von Nutzermerkmalen auf den Kompetenzerwerb

Hinsichtlich der Auswirkungen von Nutzermerkmalen auf den Kompetenzerwerb für Menüsysteme wurde als inhaltliche Fragestellung formuliert:

- (1) Nutzermerkmale (z.B. Vorwissen, kognitive Leistungsfähigkeit, kognitiver Stil und Nutzeralter) wirken sich vor allem zu Beginn des Systemkontakts aus. Mit zunehmender Übung werden Nutzermerkmale weniger bedeutsam.

In dieser Arbeit wird gezeigt, dass sich zunächst das **Nutzeralter** auf den Kompetenzerwerb für Menüsysteme auswirkt: So bearbeiten ältere Nutzer die gestellten Aufgaben im Menüsystem zu Übungsbeginn langsamer als jüngere Nutzer. Dies ist insbesondere darauf zurückzuführen, dass ältere Nutzer länger benötigen, die Bedienung vorzubereiten (antizipative Aspekte der Handlungsvorbereitung und -initiierung; siehe Kap. 2.2.2). Zusätzlich brauchen ältere Nutzer teilweise länger für den sensumotorischen Umgang mit dem Bedienelement (v.a. bei „Ersten Blätterschritten“ und „Wechselschritten“; exekutive Aspekte der Handlungsdurchführung und -kontrolle; siehe Kap. 2.2.2). Bezüglich der Lesezeit unterscheiden sich jüngere und ältere Nutzer nicht. Diese Alterseffekte werden mit zunehmender Übung zwar geringer, das Leistungsniveau der Jüngeren hinsichtlich der Bediengeschwindigkeit wird jedoch nicht erreicht. Auch auf Seiten der Bediengenauigkeit sind zu Übungsbeginn die älteren Nutzer unterlegen: Sie machen mehr überflüssige Schritte bis zum Erreichen der vorgegebenen Funktion und wählen häufiger falsche Funktionen aus (z.B. Mead et al., 1997; siehe Kap. 2.2.11). Die Alterseffekte bezüglich der Bediengenauigkeit verschwinden mit hinreichender Übung. Aufgrund des unterschiedlichen Leistungsniveaus zu Übungsbeginn sind sowohl hinsichtlich der Bediengeschwindigkeit als auch der Bediengenauigkeit bei älteren Nutzern stärkere Lerneffekte aufzufinden (siehe Mayhorn et al., 2005; Mead et al., 1997; Sterns, 2005). Ältere Nut-

zer unterscheiden sich zusätzlich interindividuell stärker in der Bedienleistung, d.h. es gibt für ältere Nutzer stärkere Unterschiede zwischen den Personen als für die jüngeren Nutzer.

Als günstig für eine Abschwächung der Alterseffekte erweist sich das **bereichsspezifische Vorwissen**: Haben ältere Nutzer bereits Erfahrungen im Umgang mit Menüsystemen (z.B. Computer, Mobiltelefon), so verringern sich o.g. Alterseffekte. Das strukturbezogene Vorwissen über den Aufbau und Bedienung eines Menüsystems führt dazu, dass ein zweites Menüsystem mit einem geringeren Lernaufwand bedient werden kann (siehe Dray et al., 1981; Jenkins et al., 2003; siehe Kap. 2.2.11). Die geschilderten Alterseffekte im Kompetenzerwerb für Menüsysteme sind demnach konfundiert mit dem bereichsspezifischen Vorwissen und es ist nicht das Lebensalter per se, das z.B. zu Übungsbeginn zu einer geringeren und heterogeneren Bedienleistung der älteren Nutzer führt. Hieraus ergibt sich die Empfehlung, insbesondere für ältere Systemnutzer sog. Instruktionmethoden (d.h. Verfahren, mittels derer Informationen über das Menüsystem gegeben werden und/oder die Menübedienung aktiv eingeübt wird) anzubieten bzw. auf das Vorwissen von Nutzern aus dem Umgang mit Mobiltelefonen oder Computern aufzubauen (siehe Usability Trade-Off, Nielsen, 1993; Kap. 2.2.4). Neben den berichteten positiven Effekten von bereichsspezifischem Vorwissen für ältere Systemnutzer (sog. positiver Transfer; Wickens & Hollands, 2000; siehe Kap. 2.2.8) ergeben sich in der vorliegenden Arbeit ebenfalls Hinweise auf einen sog. negativen Wissenstransfer: Wie bereits in Kap. 11.5 erwähnt, führt eine fehlende Passung des Vorwissens auf Nutzerseite und des für die Menübedienung erforderlichen Systemwissens zu einem höheren Lernaufwand im Umgang mit dem Menüsystem und es ergeben sich stärkere Vergessenseffekte als für Menüinhalte, bei denen Vor- und Systemwissen zueinander passen.

Diese Arbeit unterstützt zudem die Annahme, dass die Güte der **räumlichen Repräsentation** über ein Menüsystem die Bedienleistung beeinflusst: Personen mit adäquatem räumlichem Wissen können Menüsysteme mit einer höheren Geschwindigkeit und Genauigkeit bedienen als Personen mit nicht-adäquatem räumlichen Wissen. Wie bereits in Kap. 11.5 erwähnt, ergänzt dieses Ergebnis bereits publizierte Befunde. In diesen Studien ergeben sich schließlich keine **Geschlechtseffekte** im Umgang mit dem Menüsystem: Selbst zu Übungsbeginn unterscheiden sich weder Männer noch Frauen systematisch hinsichtlich der Bedienleistung im Umgang mit einem Menüsystem voneinander, wie dies z.B. von Torkzadeh und Koufteros (1994) gezeigt wurde (siehe Kap. 2.2.11). Das Nutzergeschlecht ist für die vorliegende Fragestellung als eigenständig zu beachtendes Personenmerkmal nicht weiter relevant. Für den Kompetenzerwerb für Menüsysteme scheinen vielmehr andere Personenmerkmale von Bedeutung zu sein, wie z.B. das bereichsspezifische Vorwissen und die räumlichen Fähigkeiten einer Person.

Diese Arbeit unterstützt bereits vorliegende Befunde zu den Auswirkungen von Nutzermerkmalen auf die Mensch-Technik Interaktion (siehe auch Kap. 2.2.11) und erweitert diese um die Perspektive des Kompetenzerwerbs. Hierdurch werden zusätzlich Aussagen zu Lernaufwänden, Lernverläufen und Lernergebnissen möglich.

## 11.7 Auswirkungen von Systemvariationen auf den Kompetenzerwerb

Als Beispiel zweier Systemmerkmale (Menüstruktur und Bedienmodell) wurde in dieser Arbeit betrachtet, inwiefern die Variation von zentralen Merkmalen eines Menüsystems sich auf dessen Kompetenzerwerb auswirkt. Als inhaltliche Fragestellung wurde formuliert:

- (1) Die Variation von Systemmerkmalen hat insbesondere in frühen Lernstadien einen Einfluss auf den Kompetenzerwerb.

Breite Menüs können (im Vergleich zu tiefen Menüs) zunächst mit einer höheren Bediengeschwindigkeit bei einer ähnlichen Bediengenaugkeit bedient werden. Dieses Ergebnis stützt vorliegende Befunde zu Bewertungen der **Menüstruktur** (z.B. Norman, 1991; siehe Kap. 2.2.2 und 2.2.8). Dieser Vorteil breiter Menüs resultiert jedoch nicht aus einem unterschiedlichen Umgang der Nutzer mit dem Menüsystem, sondern ist darauf zurückzuführen, dass sich die zur Menübedienung notwendigen Schritte strukturbedingt unterschiedlich auf die Bedienleistung auswirken: So treten bei breiten Menüs zeitaufwändige „Erste Schritte“ (d.h. der erste Schritt beim Blättern innerhalb einer Menüebene bzw. beim Wechseln zwischen den Ebenen) seltener auf als schnellere „Folgeschritte“ (d.h. nachfolgende Bewegungen im Menüsystem beim Blättern bzw. Wechseln zwischen den Menüebenen), die relativ häufig vorkommen. Übungsbedingt kommt es zu einer Beschleunigung der „Ersten Schritte“, so dass sich die Bediengeschwindigkeit im tiefen Menü mit zunehmender Übung der im breiten Menü annähert. Im Umgang mit einem tiefen Menü wird zudem länger benötigt, um mit einer gestellten Aufgabe zu beginnen: Je tiefer die Nutzer in die Menüebenen zur Erledigung gestellter Aufgaben gehen müssen, desto länger dauert die Vorbereitung der Bedienhandlung. Besonders lang ist diese Vorbereitungszeit, wenn sich die Zielfunktion innerhalb desselben Menübereichs befindet wie der aktuelle Startpunkt der Aufgabenbearbeitung. Ein Wechsel zwischen verschiedenen Menübereichen ist diesbezüglich weniger zeitintensiv. Der kognitive Aufwand für die Vorbereitung der nachfolgenden Bedienhandlungen verringert sich übungsbedingt, so dass nach längerer Übung der diesbezügliche Vorteil breiter Menüs nicht mehr so stark ausfällt. Aber auch nach längerer Übung bleibt ein Unterschied zwischen dem breiten und tiefen Menü erhalten.

Hinsichtlich der Auslegung des **Bedienmodells** ist unter Single-Task Bedingungen nicht anzunehmen, dass ein höherer Lernaufwand bei dessen ungünstiger Auslegung resultiert: So führen die realisierten Varianten eines Bedienelements, die beide die Forderung nach einer Funktionskompatibilität (siehe Kap. 2.2.10) erfüllen, unabhängig vom Kompetenzerwerb zu einer vergleichbaren Bediengeschwindigkeit. Ein Bedienelement, das „Blättern“ und „Wechseln“ voneinander abgegrenzt, geht mit einer höheren Bediengenaugkeit einher als eine Variante, die beide genannten Schritarten in einem gemeinsamen Bedienelement integriert. Es ist für den Kompetenzerwerb zudem von untergeordneter Bedeutung, ob jeweils nur die aktuelle Menüebene oder auch (falls vorhanden) die hierarchisch übergeordneten Menüebenen dargeboten werden. Es wird deutlich, dass die Ausgestaltung des Bedienelements und die Systemdarstellung zueinander passen sollten: Wird lediglich die aktuelle Menüebene dargeboten, schneidet ein Bedienelement, das „Blättern“ und „Wechseln“ voneinander abgrenzt, positiv ab. Wird das gesamte Menü auf dem Display dargestellt, ist hingegen ein sog. Integriertes Bedienelement zu präferieren. Diese Empfehlung gilt unabhängig vom Kompetenzerwerb.

Zusammenfassend bedeutet dies, dass zwar sowohl die Menüstruktur als auch das Bedienelement zu unterschiedlichen Bedienleistungen im Umgang mit einem Menüsystem beitragen. Diese Unterschiede sind zu Übungsbeginn aber nicht zwingend stärker ausgeprägt als nach längerer Systemerfahrung. Dies ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass in den Studien bereits für den Nutzer vergleichbar akzeptable Systemvarianten eingeführt wurden, wie dies auch die Ergebnisse von Vorstudien zu den Hauptstudien nahelegen. Um die hier genannte inhaltliche Fragestellung eindeutig zu beantworten, wären daher Systemvarianten miteinander zu vergleichen, die sich stärker hinsichtlich ihrer Wirkungen auf den Kompetenzerwerb unterscheiden.

## 11.8 Abbildung des Kompetenzerwerbs für menügesteuerte Informationssysteme unter Dual-Task Bedingungen

Als inhaltliche Fragestellungen zum Kompetenzerwerb für menügesteuerte Informationssysteme unter Dual-Task Bedingungen wurden formuliert:

- (1) Die Fahrzeugführung und der parallele Umgang mit einem Menüsystem interferieren vor allem zu Beginn des Systemkontakts. Mit zunehmender Übung nehmen Interferenzen zwischen den Aufgaben ab.
- (2) Interferenzen können über eine verbesserte Leistung in jeder der Einzelaufgaben verringert werden (z.B. vorheriges Training im Umgang mit einem Menüsystem).
- (3) Eine effiziente Zeit- und Aufmerksamkeitsaufteilung zwischen Fahrzeugführung und Menübedienung kann u.a. über Merkmale des Informationssystems moderiert werden (z.B. Menüstruktur, Bedienmodell).

Durch die Bedienung eines Menüsystems kommt es zu Interferenzen zwischen Fahrzeugführung und Menübedienung: Unabhängig vom Kompetenzerwerb verschlechtert sich die Güte der Spurhaltung und es treten häufiger sicherheitskritische Situationen auf (z.B. Berührung der Spurmarkierung). Übungsbedingt erhöht sich die Bediengeschwindigkeit und -genauigkeit. Die Nutzer schauen seltener bei vergleichbarer Blickdauer auf das Systemdisplay. Mit zunehmender Erfahrung in der Menübedienung und Verschränkung der beiden Aufgaben verringern sich somit die gegenseitigen Leistungseinbußen. Diese Befunde stehen im Einklang mit Modellen zur Vorhersage von Interferenzen in Dual-Task Situationen (z.B. Wickens, 1980, 1984; Wickens & Hollands, 2000; siehe Kap. 2.3.4) und empirischen Studien zu Übungseffekten bei der Bedienung von Nebenaufgaben während der Fahrt (z.B. Chisholm et al., 2008; Dingus et al., 1997; Horna et al., 2009; Jahn et al., 2004; Shinar et al., 2005; siehe Kap. 2.3.2). Zudem werden Ergebnisse zur visuellen Aufmerksamkeit bei der Bearbeitung von visuellen Nebenaufgaben während der Fahrzeugführung bestätigt (z.B. Hoffman et al., 2005; Horrey et al., 2005; Victor et al., 2005; Wierwille et al., 1988; Wierwille & Tijerina, 1998; siehe Kap. 2.3.5). Die genannten übungsbedingten Leistungsverbesserungen finden dabei fast ausschließlich auf Seiten der Menübedienung statt. Dies kann u.U. darauf zurückzuführen sein, dass die Probanden instruiert wurden, nur dann die Menüaufgabe zu bearbeiten, wenn die Fahraufgabe dies zuließe. Die Fahrer wurden somit aufgefordert, auch bei Bearbeitung der Nebenaufgabe ein stabiles Leistungsniveau in der Fahraufgabe aufrechtzuhalten. Wie die vorliegenden Ergebnisse nahelegen, folgten die Probanden dieser Instruktion.

Insbesondere für ältere Nutzer ergeben sich Interferenzen bei der Verschränkung von Fahrzeugführung und Menübedienung: Obwohl ältere Nutzer bereits geringere mittlere Geschwindigkeiten wählen und weniger Aufgaben im Menüsystem während der Fahrt bearbeiten als jüngere Nutzer, reichen diese Kompensationsbemühungen nicht aus, um die Spurhaltung aufrechtzuhalten. So kommt es vermehrt zu sicherheitskritischen Ereignissen (siehe auch Dingus et al., 1997; Manes & Green, 1997) Tsimhoni et al., 1997; siehe Kap. 2.3.6). Aber auch ältere Nutzer können den Umgang mit Menüsystemen parallel zur Fahrzeugführung erlernen, so dass mit zunehmender Übung die Interferenzen zwischen Fahrzeugführung und Menübedienung geringer werden. Für diese Nutzergruppe stellt sich jedoch das Problem des höheren Lernaufwands und des auch nach einer längeren Lernphase geringeren Leistungsniveaus in der Menübedienung bzw. in der Verschränkung von Fahrzeugführung und Menübedienung.

Die altersbedingten Interferenzen zwischen Fahrzeugführung und Menübedienung können über vorherige Erfahrungen im Umgang mit einem Menüsystem unter Single-Task Bedingun-

gen verringert werden. Diese Ergebnisse unterstützen die Aussage von Brown und Carr (1989) bzw. Wickens und McCarley (2008), dass die Übung in einer Einzelaufgabe zu einer Verringerung der Interferenz zwischen zwei parallel zu bearbeitenden Aufgaben zur Folge hat (siehe Kap. 2.3.3). Es ergibt sich daher die bereits unter Kap. 11.6 erwähnte Empfehlung, älteren Nutzern sog. Instruktionmethoden (inklusive des aktiven Einübens der Menübedienung) anzubieten bzw. auf das Vorwissen insbesondere von älteren Nutzern aufzubauen.

Unter dem Aspekt der Fahrsicherheit ist es ferner günstig, wenn die vom Menüsystem ausgehende visuelle Belastung möglichst gering ist, wie dies z.B. für tiefe Menüstrukturen der Fall ist: 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 Genauigkeit bedient wie breite Menüs. Diese Vorteile tiefer Menüs gelten unabhängig vom Kompetenzerwerb. Zusätzlich ist möglichst nur die aktuelle Menüebene darzustellen, auf weitere Informationen des Menüsystems (z.B. die simultane Darstellung übergeordneter Menüebenen) sollte verzichtet werden. Die hieraus resultierende geringere visuelle Beanspruchung der Fahrer führt zu Übungsbeginn zu geringeren Interferenzen zwischen Fahrzeugführung und Menübedienung. Für die Ausgestaltung des Bedienelements ist auf eine Bedienvariante zurückzugreifen, die die Bedienhandlungen „Blättern innerhalb einer Ebene“ und „Wechseln zwischen den Ebenen“ separat abbildet. Ein solches Bedienelement ist unabhängig vom Kompetenzerwerb als günstig zu bewerten. Durch die genannten Systemmerkmale (Menüstruktur, -darstellung und Bedienmodell) ist es demnach möglich, die Aufmerksamkeit des Fahrers zu beeinflussen und hierdurch die Gesamtleistung in der Dual-Task Situation positiv zu beeinflussen (siehe Fragestellung wäre dies z.B. die Zahl der auszuwählenden Alternativen auf einer Menüebene (Körner, 2006; Kujala, 2009; Manes & Green, 1997; Kap. 2.3.3 und 2.3.5).

## **11.9 Entwicklung und Bewertung von Methoden zur Bestimmung des Kompetenzerwerbs und seiner Wirkungen auf Fahrsicherheit**

Als weiterer Schwerpunkt dieser Arbeit wurden Methoden zur Abbildung des Kompetenzerwerbs für Menüsysteme sowie seiner Wirkungen auf die Fahrsicherheit entwickelt und bewertet. Diese Methoden sollten Aussagen ermöglichen, inwiefern (1) Eigenschaften des Menüsystems sich auf den Kompetenzerwerb auswirken und (2) Nutzermerkmale den Kompetenzerwerb in einem Menüsystem beeinflussen. Diese Werkzeuge kamen unter folgender Annahme zum Einsatz:

- (1) Eine umfassende Vorhersage und Abbildung des Kompetenzerwerbs für menügesteuerte Informationssysteme ist nur über den Einsatz verschiedenartiger Messmethoden möglich.

Ausgehend von dieser Hypothese wurde ein multimethodales Vorgehen umgesetzt (siehe Kap. 2.4): Der Umgang mit einem Menüsystem wurde zum einen über globale Parameter der Bedienleistung (z.B. Mittlere Navigationszeit, Mittlere Schrittdauer, Überflüssige Wegstrecke) beschrieben. Zum anderen wurden ausführliche Fehleranalysen hinsichtlich verschiedener Fehlertypen (z.B. Bedien-, Orientierungs- und Flüchtigkeitsfehler) und Fehlerhäufigkeiten durchgeführt. Parallel hierzu erfolgten stets Probandenbefragungen (z.B. zur subjektiven Anstrengung und subjektiven Leistungsgüte). Speziell in Dual-Task Bedingungen wurden zusätzlich Parameter zur Beschreibung der Fahrzeugführung (Längsregulation, Querregulation und Fahrsicherheit) und des Blickverhaltens (z.B. Anzahl und Dauern von sog. Displaybli-

cken) aufgezeichnet. Zudem wurden Werkzeuge erstellt, die den Aufbau und die Struktur der mentalen Repräsentationen bezüglich des Menüsystems erfassen: Bezüglich der begrifflichen Repräsentation kamen z.B. Wahlreaktionsaufgaben, Kartensortierverfahren und Dominanzpaarvergleiche zum Einsatz, für die räumliche Repräsentation visuelle Analogskalen. Die Darstellung des Kompetenzerwerbs erfolgte über die Verwendung von Lernfunktionen, die sowohl Lernaufwand und -verlauf als auch das Lernergebnis darstellen. Zusammenfassend ist das in dieser Arbeit gewählte Vorgehen positiv zu bewerten: Erst hierdurch kann der Kompetenzerwerb für Menüsysteme inklusive seiner Bedingungen umfassend beschrieben werden. Aus diesem Vorgehen resultieren jedoch methodische Probleme, die nachfolgend diskutiert werden sollen und in späteren Arbeiten zu klären sind.

Es wird zunächst deutlich, dass die mittels objektiver Maße festgehaltenen Leistungszuwächse im Umgang mit einem Menüsystem nicht mit entsprechenden Veränderungen auf subjektiver Ebene einhergehen müssen. Während in der Studie „Raumschiff-System I“ (siehe Kap. 4) die zum Teil erheblichen objektiven Leistungsverbesserungen im Umgang mit dem Menüsystem auch in den Probandenurteilen hinsichtlich der subjektiven Systembeherrschung deutlich werden, ist dies bei den Studien „Menüstruktur“ (Kap. 7) und „Bedienmodell“ (Kap. 8) nicht der Fall: Die subjektive Leistungsgüte bleibt über den Lernverlauf hinweg weitgehend konstant und ist damit unabhängig von der objektiven Bedienleistung, die sich im Übungsverlauf deutlich steigert. Dies ist u.a. auf die Unterschiede im Auflösungsgrad der angesprochenen Verfahren zurückzuführen: In den objektiven Maßen zur Beschreibung der Bedienleistung wird die Leistung für jede einzelne Aufgabe, die im Menüsystem bearbeitet wird, erhoben. Die Beurteilung der Anstrengung bzw. der erbrachten Leistung bei dieser Aufgabenbearbeitung durch die Nutzer erfolgt hingegen erst nach einem kompletten Aufgabenblock. Für weitere Studien wäre daher zu fordern, auf Befragungsvarianten zurückzugreifen, die einen ähnlichen Auflösungsgrad haben wie objektive Messansätze.

Zudem ergeben sich in dieser Arbeit zum Teil nur geringe Übereinstimmungen zwischen den eingesetzten Werkzeugen zur Vorhersage bzw. Abbildung des Kompetenzerwerbs und der tatsächlichen Bedienleistung im Umgang mit dem jeweiligen System. Zu diesen Werkzeugen gehören beispielsweise Kartensortierverfahren, die u.a. in der Studie „Raumschiff-System II“ (siehe Kap. 5) eingesetzt wurden. In dieser Studie wird gezeigt, dass bei einer Passung von Vorwissen eines Nutzers und dem für die Bedienung notwendigen Systemwissen der Lernaufwand für entsprechende Menüinhalte geringer ist (sog. positiver Transfer; siehe Kap. 11.5). Dieser Befund wurde sowohl im Kartensortierverfahren als auch in der Bedienleistung gezeigt. Nach einer längeren Lernpause werden schließlich Menüinhalte vergessen, bei denen Vor- und Systemwissen nicht kompatibel sind (sog. negativer Transfer; siehe Kap. 11.5). Ein solcher Vergessenseffekt tritt jedoch nur im Kartensortierverfahren auf. 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. Beim Kartensortieren liegen den Probanden demgegenüber nur die Menübereiche der ersten Menüebene (z.B. ausgebreitet auf einem Tisch) vor, so dass gegebenenfalls andere Informationen über die begriffliche Struktur des Menüsystems verfügbar sind als bei der Menübedienung (siehe auch Information Foraging Theorie, Pirolli & Card, 1995; Kap. 2.2.8). Für weitere Studien ergibt sich hieraus, dass Werkzeuge zu entwickeln sind, die ähnliche Anforderungen an eine Person stellen, wie sie bei der Menübedienung notwendig sind.

Um den Kompetenzerwerb für menügesteuerte Informationssysteme unter Berücksichtigung möglicher Auswirkungen auf die Fahrzeugführung darzustellen, sind ferner Versuchsanordnungen zu realisieren, die den aus einer Dual-Task Situation resultierenden Anforderungen an eine Person entsprechen. So wird in dieser Arbeit gezeigt, dass unter Single-Task Bedingungen (d.h. an einem Bildschirmarbeitsplatz) gewonnene Ergebnisse zum Kompetenzerwerb für Menüsysteme nicht ohne weiteres auf Dual-Task Situationen (d.h. Bedienung eines Menüsystems während der Fahrzeugführung) übertragbar sind. Teilweise drehen sich die berichteten Ergebnismuster sogar um. In der Studie „Menüstruktur“ ergibt sich beispielsweise, dass unter Single-Task Bedingungen das breite Menü im direkten Vergleich zum tiefen Menü zu bevorzugen ist. Unter Dual-Task Bedingungen schneidet demgegenüber das tiefe Menü besser ab (siehe Kap. 7). Ähnlich wird in der Studie „Bedienmodell“ deutlich, dass die Menge der dargestellten Informationen in einer Single-Task Situation unerheblich für den Kompetenzerwerb ist. In Dual-Task Situationen, in denen eine visuell beanspruchende Primäraufgabe (hier: Fahrzeugführung) vorliegt, ist demgegenüber eine Darstellungsvariante zu bevorzugen, bei der nur die aktuelle Menüebene dargeboten wird (siehe Kap. 8). Es ist somit günstig, wenn die vom menügesteuerten Informationssystem ausgehenden visuellen Anforderungen unter Dual-Task Bedingungen möglichst gering sind. Für weitere Studien bedeutet dies, dass es für die Beschreibung und Vorhersage des Kompetenzerwerbs unerlässlich ist, diese möglichst nah an der realen Benutzungssituation empirisch zu erproben. Menüsysteme, die z.B. während der Fahrt bedienbar sein sollen, sind in fahrkontextnahen Szenarien zu überprüfen.

### **11.10 Lernaufwand und Lernziel für menügesteuerte Informationssysteme**

Aus diesen Ergebnissen lässt sich als Ziel des Kompetenzerwerbs für menügesteuerte Informationssysteme zusammenfassend ableiten, dass ein Nutzer

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

den gewünschten Effekt im System hervorrufen kann. Wie in den Studien „Menüstruktur“ (siehe Kap. 7) und „Bedienmodell“ (siehe Kap. 8) gezeigt, ergeben sich in Abhängigkeit des Bedienkontextes (Single-Task oder Dual-Task Bedingungen) unterschiedliche Empfehlungen für die Ausgestaltung des Menüsystems. Für die Konstruktion von menügesteuerten Informationssystemen im Fahrzeugkontext ergibt sich zusammenfassend somit:

- Unter Single-Task Bedingungen sind Menüsysteme zu empfehlen, die mit minimalem antizipativem Aufwand zur Handlungsvorbereitung und -initiierung bedient werden können (z.B. breite Menüstrukturen, Darstellung vieler Informationen über das Menü).
- Unter Dual-Task Bedingungen sind Menüsysteme zu empfehlen, die optimal mit der Primäraufgabe zu verschränken sind. Für den Fahrkontext bedeutet dies, Menüvarianten zu wählen, für deren Bedienung eine minimale visuelle Aufmerksamkeit notwendig ist (z.B. tiefe Menüstrukturen, Darstellung weniger Informationen über das Menü).

Als Entscheidungskriterium für Lernaufwand und Lernerfolg eines menügesteuerten Informationssystems lässt sich daher in Abhängigkeit der Bediensituation formulieren:

- Single-Task Bedingungen: Antizipativer Aufwand der Handlungsvorbereitung und -initiierung (d.h. Handlungsvorbereitung und -initiierung).

- **Dual-Task Bedingungen:** Integrativer Aufwand der Handlungsdurchführung und -kontrolle (d.h. optimale Verschränkbarkeit von Fahrzeugführung und Menübedienung).

Die vorliegende Arbeit ermöglicht es demzufolge, die unter Kap. 2.2.12 angeführten Aussagen zu Merkmalen gelernter Fähigkeiten auf den Umgang mit menügesteuerten Informationssystemen im Fahrzeugkontext zu erweitern. In diesem Zusammenhang ist es notwendig, nicht nur Single-Task Bedingungen (d.h. die Bedienung eines Menüsystems am Bildschirmarbeitsplatz) zu betrachten, sondern auch die Besonderheiten der aus der Fahrzeugführung resultierenden Anforderungen an eine Person, die diese mit der Menübedienung verschränken muss, zu berücksichtigen. Speziell für die Bedienung von Menüsystemen parallel zur Fahrzeugführung wird in dieser Arbeit erstmals der Prozess der Erlernens der Bedientätigkeit im Einzelnen und im Zusammenspiel mit der Fahrzeugführung systematisch (d.h. unter variierenden Merkmalen von Menüsystemen und mit verschiedenen Messansätzen) dargestellt.

### **11.11 Ausblick**

Ausgangspunkt dieser Arbeit war die Situation, dass durch menügesteuerte Fahrerinformationssysteme Fahrer zwar mit verschiedenartigen Informationen versorgt werden. Der Umgang mit diesen Systemen während der Fahrt kann jedoch eine eigene Ablenkungsquelle darstellen (siehe z.B. Basacik & Stevens, 2008; Bayle et al., 2009; Young & Regan, 2009). Daher kommt der optimalen Gestaltung von Informationssystemen (insbesondere beim Erstkontakt) eine entscheidende Bedeutung zu. Dieser Aspekt wird in Guidelines und Standards zur Ausgestaltung von Fahrerinformationssystemen jedoch nur vereinzelt berücksichtigt (Green, 2009). Zudem stehen diesbezüglich relevante Befunde und Modelle der Lern- und Gedächtnispsychologie weitgehend unverbunden neben Ansätzen der Verkehrs- und Ingenieurspsychologie.

Vor diesem Hintergrund resultierte als Aufgabenstellung dieser Arbeit die Prozessdarstellung des Kompetenzerwerbs im Umgang mit menügesteuerten Informationssystemen im Fahrzeug. Im Vergleich zu früheren Ansätzen wurden diesbezüglich relevante Aspekte wie Lernaufwand, -verlauf und -ergebnis im Zusammenhang mit Menüsystemen systematisch dargestellt und die Bedeutung von förderlichen und hinderlichen Bedingungen des Kompetenzerwerbs angesprochen. Über eine einfache Beschreibung des Lernprozesses hinaus ging die Berücksichtigung von mentalen Repräsentationen, die sowohl Ergebnis des Kompetenzerwerbs sind als auch Voraussetzung für die Menübedienung sind. Insbesondere die Kompatibilität des Kompetenzerwerbs für Menüsysteme mit der Fahraufgabe und daraus resultierende Interferenzen zwischen Fahrzeugführung und Menübedienung stellt eine bislang nicht systematisch untersuchte Fragestellung dar. Hierfür wurden Methoden zur Beschreibung des Kompetenzerwerbs entwickelt, aus denen sich wiederum Empfehlungen zur Gestaltung des Lernprozesses bzw. zur Ausgestaltung von Informationssystemen unter dem Aspekt der Erlernbarkeit ableiten lassen.

Durch die Integration einer größeren Zahl neuer Funktionen ins Fahrzeug werden hierarchische Menüsysteme jedoch möglicherweise in naher Zukunft an ihre Grenzen gelangen: So ist zum einen zu erwarten, dass z.B. durch die Einführung des mobilen Internets im Fahrzeug eine Vielzahl neuer Info- und Entertainmentfunktionen in Informationssystemen dargestellt werden. Zum anderen wird in Zukunft wahrscheinlich vermehrt die Bedienung von Fahrerassistenzsystemen in bestehende Menüsysteme integriert, so dass verschiedenartige Fahrerinformations- und Fahrerassistenzsystemfunktionen über ein zentrales Bedienkonzept für den

Fahrer zugänglich werden. Shneiderman und Plaisant (2010) haben zwar demonstriert, dass in ein hierarchisches Menüsystem durchaus mehrere tausend Zielfunktionen integriert werden können (siehe Kap. 1.2). Inwiefern solch umfangreiche Menüsysteme jedoch für den Nutzer verständlich und während der Fahrt bedienbar sind sowie welche Anforderungen solchermaßen komplexere Systeme an den Kompetenzerwerb stellen, ist in weiteren Studien zu prüfen.

Möglicherweise finden zukünftig daher vermehrt vernetzte Menüsysteme im Fahrzeugbereich Einsatz. In solchen Menüsystemen gibt es (ähnlich wie in semantischen Netzwerken) nicht nur einen idealen Pfad, um zu einer bestimmten Menüfunktion zu gelangen. Vielmehr liegen stets mehrere Alternativrouten vor, um eine Menüfunktion anzusteuern. Hierdurch bestehen z.B. keine ein-eindeutigen Unterbegriffs-Oberbegriffs-Relationen mehr. Auch die Verwendung von adaptierbaren bzw. adaptiven Menüsystemen wird zunehmend diskutiert. Diese Ansätze mögen einerseits zwar die Bedienbarkeit von umfangreichen menügesteuerten Informationssystemen erhöhen. Es besteht aber die Gefahr, dass durch die höhere Zahl an Alternativrouten bis zum Erreichen einer Zielfunktion, durch eine fehlende Ein-Eindeutigkeit der Unterbegriffs-Oberbegriffs-Relationen oder durch die Veränderung der räumlichen Positionen von Menüinhalten vermehrt Orientierungs- und Verständnisprobleme der Systemnutzer bedingt werden (z.B. Lee & Yun, 2004; Mitchell & Shneiderman, 1989; Park et al., 2007; Park & Han, 2011; Somberg, 1987; Vandierendonck et al., 1988; siehe Kap. 2.2.8). Die genannten Ansätze können somit zu erhöhten Lernaufwänden beitragen bzw. den Lernprozess im Umgang mit diesen Systemen verändern. Dies ist insbesondere für Situationen, in denen menügesteuerte Informationssysteme während der Fahrt bedient werden, kritisch zu sehen. Diese Problematik ist daher in naher Zukunft verstärkt zu beforschen.

Durch die Einführung sog. Nomadic Devices (d.h. mobile Geräte, bei denen auf kleineren Displays als bei im Fahrzeug festverbauten Systemen Informationen dargeboten werden) ergeben sich zudem neue Herausforderungen an die Informationsdarstellung von Menüsystemen bzw. an die Informationsverarbeitung durch den Systemnutzer. So können z.B. nur wenige Informationen simultan auf dem Display dargestellt werden. Auch die nicht-optimale Positionierung dieser Geräte im Fahrzeug (z.B. die Befestigung des Geräts in der mittleren Mittelkonsole) kann zu neuen Anforderungen an die Verschränkbarkeit von Fahrzeugführung und Menübedienung führen. Ebenso hat die Diskussion, Informationen im Fahrzeug vermehrt über Head-Up Displays im Fahrzeug darzubieten (als Ergänzung oder sogar als Ersatz von bestehenden Fahrerinformationssystemen, die regelhaft über Bildschirme in der oberen Mittelkonsole eingebaut sind), neue Fragestellungen zum Kompetenzerwerb für menügesteuerte Informationssysteme im Fahrzeug zur Folge.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit können auf diese und weitere neuen Fragestellungen nicht ohne weiteres übertragen werden. Sicherlich liefert diese Arbeit zum Kompetenzerwerb für menügesteuerte Informationssysteme aber Möglichkeiten, um Hypothesen und Aussagen abzuleiten, die für die Bearbeitung und Beantwortung der neuen Fragestellungen hilfreich sein können.

Viel Glück!

## 12 LITERATURVERZEICHNIS

- Ackerman, P.L. (1987). Individual differences in skill learning: An integration of psychometric and information processing perspectives. *Psychological Bulletin*, 102, 3-27.
- Ackerman, P.L. (1988). Determinants of individual differences during skills acquisition: Cognitive abilities and information processing. *Journal of Experimental Psychology: General*, 117, 288-318.
- Ackerman, P.L. (1989). Individual differences and skill acquisition. In P.L. Ackerman, R.J. Sternberg & R. Glaser (Eds.), *Learning and individual differences: Advances in theory and research* (pp. 165-217). New York: Freeman.
- Ackerman, P.L. (1992). Predicting individual differences in complex skill acquisition: Dynamics of ability determinants. *Journal of Applied Psychology*, 77, 598-614.
- Allen, B. (1992). Cognitive differences in end user searching of a CD-Rom index. In *15<sup>th</sup> Annual International SIGIR '92* (pp. 298-309). Gaithersburg, MD: ACM Press.
- Allen, P.A., Smith, A.F., Vires-Collins, H. & Sperry, S. (1998). The psychological refractory period: Evidence for attentional differences in time-sharing. *Psychology and Aging*, 13, 218-229.
- Allport, D.A., Antonis, B. & Reynolds, P. (1972). On the division of attention: A disproof of the single channel hypothesis. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 24, 225-235.
- Altmann, A. (1987). Direkte Manipulation: Empirische Befunde zum Einfluss der Benutzeroberfläche auf die Erlernbarkeit von Textsystemen. *Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie*, 31, 108-114.
- Anderson, D.S. (2004). *Strategic planning for mature drivers: Foundations and strategies*. Fairfax, VA, USA: George Mason University, Center for the Advancement of Public Health, Department of Health, Fitness and Recreation Resources.
- Anderson, J.R. (1982). Acquisition of cognitive skill. *Psychological Review*, 89, 369-406.
- Anderson, J.R. (1999). *Learning and memory – An integrated approach* (2<sup>nd</sup> ed.). New York: Wiley.
- Anderson, J.R. (2001). *Kognitive Psychologie* (3. Aufl.). Heidelberg: Spektrum.
- Anderson, J.R. (2010). *Cognitive psychology and its implications* (7<sup>th</sup> ed.). New York, NY: Worth Publishers.
- Anderson, R.B. & Tweney, R.D. (1997). Artifactual power curves in forgetting. *Memory & Cognition*, 25, 724-730.
- Annett, J. (1991). Skill acquisition. In J.E. Morrison (Ed.), *Training for performance – Principles of applied human learning* (pp. 13-51). Chichester: John Wiley & Sons.
- Arning, K. & Ziefle, M. (2009). Effects of age, cognitive, and personal factors on PDA menu navigation performance. *Behaviour & Information Technology*, 28 (3), 251-268.
- Baddeley, A.D. (1986). *Working memory*. Oxford: Oxford University Press.

- Basacik, D. & Stevens, A. (2008). *Scoping study of driver distraction* (Road Safety Research Report No. 95). London: Department for Transport.
- Bay, S. & Ziefle, M. (2003). Design for all: User characteristics to be considered for the design of devices with hierarchical menu structures. In H. Luczak & K.J. Zink (Eds.), *Human factors in organizational design and management* (pp. 503-508). Santa Monica: IEA Press.
- Bayle, M., Young, K.L. & Regan, M.A. (2009). Sources of distraction inside the vehicle and their effects on driving performance. In M.A. Regan, J.D. Lee & K.L. Young (Eds.), *Driver distraction – Theory, effects, and mitigation* (pp. 192-213). Boca Raton, FL: Taylor & Francis.
- Beach, L.R. & Mitchell, T.R. (1987). A contingency model for the selection of decision strategies. *Academy of Management Review*, 3, 439-449.
- Bélangier, A., Gagnon, S. & Yamin, S. (2010). Capturing the serial nature of older drivers' responses towards challenging events: A simulator study. *Accident Analysis and Prevention*, 42, 809-817.
- 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.R., Crerar, A. & Wilkinson, S. (2001). Individual differences and inclusive design. In C. Stephanidis (Ed.), *User interfaces for all – Concepts, methods, and tools* (pp. 21-46). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Benyon, D.R. & Murray, D. (1993). *Developing adaptive systems to fit individual aptitudes*. In W.D. Gray, W.E. Helfley & D. Murray (Eds.), *Proceedings of IWIUI* (pp. 115-122). New York: ACM Press.
- Bernard, M.L. (2002). Examining the effects of hypertext shape on user performance [Web-Dokument]. Zugriff am 10.12.2011. Verfügbar unter <http://www.surl.org/usabilitynews/42/pdf/Usability%20News%2042%20-%20Bernard.pdf>
- Birren, J. & Fisher, L. (1995). Ageing and speed of behaviour: Possible consequences for psychological functioning. *Annual Review of Psychology*, 46, 329-353.
- Bloom, C.P. (1987). Procedures for obtaining and testing user-selected terminologies. *Human-Computer Interaction*, 3 (2), 155-177.
- Briggs, G.E., Fitts, P.M. & Bahrck, H.P. (1957). Learning and performance in a complex tracking task as a function of visual noise. *Journal of Experimental Psychology*, 53, 379-387.
- Broadbent, D.E. (1958). *Perception and communication*. London: Pergamon Press.
- Brookhuis, K., van Winsum, W., Heijer, T. & Duynstee, L. (1999). Assessing behavioral effects of in-vehicle information systems. *Transportation Human Factors*, 1 (3), 261-272.
- Brouwer, W.H., Waterink, W., Van Wolffelaar, P.C. & Rothengatter, T. (1991). Divided attention in experienced young and older drivers: Lane tracking and visual analysis in a dynamic driving simulator. *Human Factors*, 33 (5), 573-582.
- Brown, I.D. & Poulton, E.C. (1961). Measuring the spare "mental capacity" of car drivers by a subsidiary task. *Ergonomics*, 4, 35-40.

- Brown, T.L. & Carr, T.H. (1989). Automaticity in skill acquisition: Mechanisms for reducing interference in concurrent performance. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 15 (4), 686-700.
- Bruner, J.S. (1971). Über kognitive Entwicklung. In J.S. Bruner, R.R. Olver & P.M. Greenfield (Hrsg.), *Studien zur kognitiven Entwicklung* (S. 21-53). Stuttgart: Klett.
- Burmester, M. (1997). *Guidelines and rules for design of user interfaces for electronic home devices* (ESPRIT-Project 6984). Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.
- Burmester, M. (2001). Optimierung der Erlern- und Benutzbarkeit von Benutzungsschnittstellen interaktiver Hausgeräte auf der Basis der speziellen Anforderungen älterer Menschen. *Fortschritt-Berichte* (VDI-Reihe 10, Nr. 664). Düsseldorf: VDI-Verlag.
- Caird, J.K., Chugh, J.S., Wilcox, S. & Dewar, R.E. (1998). *A design guideline and evaluation framework to determine the relative safety of in-vehicle intelligent transportation systems for older drivers* (TP 13349E). Montreal: Transport Canada, Transportation Development Centre TDC.
- Card, S.K. (1982). User perceptual mechanisms in the search of computer command menus. In *Proceedings of Human Factors in Computer Systems* (pp. 190-196). Gaithersburg, MD: ACM.
- Carroll, J.M & Thomas, J.C. (1982). Metaphor and the cognitive representation of computing systems. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 12 (2), 107-116.
- Chapanis, A. & Lindenbaum, L. (1959). A reaction time study of four control-display linkages. *Human Factors*, 1 (4), 1-7.
- Charness, N. (2008). Aging and human performance. *Human Factors*, 50 (3), 548-555.
- Chen, C. & Rada, R. (1996). Interacting with hypertext: A meta-analysis of experimental studies. *Human Computer Interaction*, 11 (2), 125-156.
- Chisholm, S.L., Caird, J.K. & Lockhart, J. (2008). The effects of practice with MP3 players on driving performance. *Accident Analysis and Prevention*, 40, 704-713.
- 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¢) in paired-associate learning. *Journal of Experimental Psychology*, 56, 193-202.
- Conklin, E.J. (1987). Hypertext: An introduction and survey. *IEEE Computer*, 20, 17-41.
- Correll, W. (1978). *Lernpsychologie – Grundfragen und pädagogische Konsequenzen* (16. Aufl.). Donauwörth: Ludwig Auer.
- Craik, F. & Salthouse, T. (1992). *The handbook of aging and cognition*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- 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.
- Czaja, S.J. & Lee, C.C. (2007). The impact of aging on access to technology. *Universal Access in the Information Society*, 5 (4), 341-349.
- Damos, D.L. & Wickens, C.D. (1980). The identification and transfer of timesharing skills. *Acta Psychologica*, 46, 15-39.

- Davidse, R.J. (2005). Older drivers and ADAS: Which systems improve road safety. *IATSS Research*, 30 (1), 6-20.
- Day, E.A., Arthur, W. Jr. & Gettman, D. (2001). Knowledge structures and the acquisition of a complex skill. *Journal of Applied Psychology*, 86 (5), 1022-1033.
- 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). *MIL-STD-1472D, Military standard: Human engineering design criteria for military systems, equipment and facilities*. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.
- Detweiler, M. & Schneider, W. (1991). Modeling the acquisition of dual-task skill in a connectionist/control architecture. In D.L. Damos (Ed.), *Multiple-task performance* (pp. 69-99). London: Taylor & Francis.
- Deutsch, J.A. & Deutsch, D. (1963). Attention: Some theoretical considerations. *Psychological Review*, 70, 80-90.
- Diaz, P., Gomez, M.J. & Correia, A.P. (1999). Disorientation in hypermedia environments: Mechanisms to support navigation. *Journal of Educational Computing Research*, 10, 239-248.
- Diggles-Buckles, V. & Verduyssen, M. (1997). Age-related slowing, S-R compatibility, and stages of information processing. In W.A. Rogers (Ed.), *Designing for an aging population* (pp. 85-88). Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society.
- Dillon, A. (1987). Knowledge acquisition and conceptual models: A cognitive analysis of the interface. In D. Diaper & R.Winder (Eds.), *People and computers III* (pp. 371-379). Cambridge: Cambridge University Press.
- DIN EN ISO 13407 (1999). *Benutzerorientierte Gestaltung interaktiver Systeme*. Berlin: Beuth.
- 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 traveller information system. *Human Factors*, 39 (2), 177-199.
- Dingus, T.A. & Klauer, S.G. (2008). *The relative risks of secondary task induced driver distraction* (SAE Technical Paper Series, 2008-21-0001). Warrendale, PA: SAE International.
- Dörner, D. & van der Meer, E. (Hrsg.). (1995). *Das Gedächtnis, Probleme – Trends – Perspektiven*. Göttingen: Hogrefe.
- Downey, E. & Anderson, J.E. (1915). Automatic writing. *The American Journal of Experimental Psychology*, 26, 161-195.
- Downing, R.E., Moore, J.L. & Brown, S.W. (2005). The effects and interaction of spatial visualization and domain expertise on information seeking. *Computers in Human Behavior*, 21, 195-209.
- Dray, S.M., Ogden, W.G. & Vestewig, R.E. (1981). Measuring performance with menu-selection human-computer interface. In *Proceedings of the Human Factors Society 25<sup>th</sup> Meeting* (pp. 746-748). Santa Monica, CA: Human Factors Society.

- Dubrowsky, A., Hüttner, J., Warning, J., Wandke, H. & Küting, H.J. (2001). CarE - Ein Softwaretool zur kognitiv-ergonomischen Bewertung von Komponenten in Fahrzeugen. In Deutsche Psychologen Akademie (Hrsg.), *Psychologie am Puls der Zeit* (S. 403-407). Bonn: Deutscher Psychologen Verlag.
- Dutke, S. (1988). Lernvorgänge bei der Bedienung eines Textkommunikationssystems. *Europäische Hochschulschriften* (Band 246). Frankfurt/Main: Peter Lang.
- Dutke, S. (1990). Visualizing user information in the interface: Effects on exploratory learning and performance. In Technische Universität Dresden (Ed.), *Mental work and automation* (pp. 100-105). Dresden: Editor.
- Dutke, S. (1994). Mentale Modelle: Konstrukte des Wissens und Verstehens - Kognitionspsychologische Grundlagen für die Software-Ergonomie. *Arbeit und Technik, Band 4, Praxisorientierte Beiträge aus Psychologie und Informatik*. Göttingen: Verlag für Angewandte Psychologie.
- Ebbinghaus, H. (1983). Urmanuskript „Ueber das Gedächtnis“. *Passauer Schriften zur Psychologiegeschichte* (Band 1). Passau: Passavia Universitätsverlag. (Originalarbeit erschienen 1880)
- Eberleh, E. (1989). Beschreibung, Klassifikation und mentale Repräsentation komplexer Mensch-Computer-Interaktion. *Theorie und Forschung: Psychologie* (Band 36). Regensburg: S. Roderer Verlag.
- Egan, D.E. & Gomez, L.M. (1985). Assaying, isolating, and accommodating individual differences in learning a complex skill. In R.F. Dillon (Ed.), *Individual differences in cognition* (Vol. 2, pp. 173-217). New York: Academic Press.
- EN ISO 15005 (2002). *Straßenfahrzeuge – Ergonomische Aspekte von Fahrerinformations- und -assistenzsystemen – Grundsätze und Prüfverfahren des Dialogmanagements*. Berlin: Beuth.
- EN ISO 17287 (2003). *Ergonomische Aspekte von Fahrerinformations- und -assistenzsystemen. Verfahren zur Bewertung der Gebrauchstauglichkeit beim Führen eines Kraftfahrzeugs*. Berlin: Beuth.
- Engelkamp, J. (1990). *Das menschliche Gedächtnis: Das Erinnern von Sprache, Bildern und Handlungen*. Göttingen: Hogrefe.
- Engelkamp, J. (1997). *Das Erinnern eigener Handlungen*. Göttingen: Hogrefe.
- Engström, J., Johansson, E. & Östlund, J. (2005). Effects of visual and cognitive load in real and simulated motorway driving. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 8 (2), 97-120.
- Eysenck, H.J. & Thompson, W. (1966). The effects of distraction on pursuit rotor learning, performance and reminiscence. *British Journal of Psychology*, 57, 99-106.
- Färber, B. (2000). Neue Fahrzeugtechnologien zur Unterstützung der Mobilität Älterer. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 33, 178-185.
- 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, 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.
- Fisk, A.D. & Rogers, W.A. (1991). Towards an understanding of age-related memory and visual search deficits. *Journal of Experimental Psychology: General*, 120, 131-149.
- Fisk, A.D. & Schneider, W. (1984). Memory as a function of attention, level of processing, and automatization. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 10, 181-197.
- 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, CA: 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.
- Fleishman, E.A. (1966). Human abilities and the acquisition of skill – Comments on professor Jones` paper. In E.A. Bilodeau (Ed.), *Acquisition of skill* (pp. 147-157). London: Academic Press.
- Foltz, P.W., Davies, S.E., Polson, P.G. & Kieras, D.E. (1988). Transfer between menu systems. In J.J. O`Hare (Ed.), *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 107-112). New York: ACM.
- Galley, N. (1993). The evaluation of the electrooculogram as a psychophysical measuring instrument in the driver study of behaviour. *Ergonomics*, 36, 1063-1070.
- Gardener-Bonneau, D. & Gosbee, J. (1997). Health care and rehabilitation. In A.D. Fisk & W.A. Rogers (Eds.), *Handbook of human factors and the older adult* (pp. 231-255). San Diego: Academic Press.
- Gardiner, M.M. (1987). *Applying cognitive psychology to user-interface design*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Gediga, G. & Hamborg, K.-C. (2002). Ergonomische Evaluation von Software: Methoden und Modelle im Software-Entwicklungsprozess. *Zeitschrift für Psychologie*, 210 (1), 40-57.
- 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: TÜV Rheinland.
- Glass, J.M., Schumacher, E.H., Zurbriggen, E.L., Gmeindl, L., Kieras, D.E. & Meyer, D.E. (2000). Aging and the psychological refractory period: Task-coordination strategies in young and old adults. *Psychology and Aging*, 15 (4), 571-595.

- Gopher, D. & Brickner, M. (1980). On the training of time-sharing skills: An attention viewpoint. In G. Corrick, M. Hazeltine & R. Durst (Eds.), *Proceedings of the 24<sup>th</sup> Annual Meeting of the Human Factors Society*. Santa Monica, CA: Human Factors Society.
- Gopher, D., Brickner, M. & Navon, D. (1982). Different difficulty manipulations interact differently with task emphasis: Evidence for multiple resources. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 8 (1), 146-157.
- Green, A.J.K. & Barnard, P.J. (1990). Iconic interfacing: The role of icon distinctiveness and fixed or variable screen locations. In D. Diaper, D. Gilmore, G. Cockton & B. Shackel (Eds.), *Human-Computer Interaction – INTERACT'90* (pp. 567-462). Amsterdam: North-Holland.
- Green, P. (2001, February). *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, Southfield, Michigan.
- Green, P. (2009). Driver interface safety and usability standards: An overview. In M.A. Regan, J.D. Lee & K.L. Young (Eds.), *Driver distraction – Theory, effects, and mitigation* (pp. 445-461). Boca Raton, FL: Taylor & Francis.
- Grudin, J. & Barnard, P. (1984). The cognitive demands of learning and representing command names for text editing. *Human Factors*, 26, 407-422.
- Hakamies-Blomqvist, L., Mynttinen, S., Backman, M. & Mikkonen, V. (1999). Age-related differences in driving: Are older drivers more serial? *International Journal of Behavioral Development*, 23 (3), 575-589.
- Hall, J.F. (1982). *An invitation to learning and memory*. Boston: Allyn & Bacon.
- Hammond, N. (1987). Principles form the psychology of skill acquisition. In M.M. Gardiner & B. Christie (Eds.), *Applying cognitive psychology to user-interface design* (pp. 163-187). Chichester: John Wiley & Sons.
- Hart, R.A. & Moore, G.T. (1973). The development of spatial cognition: A review. In R.M. Downs & D. Stea (Eds.), *Image and environment* (pp. 246-288). Chicago: Aldine.
- Hartley, A.A. (2001). Age differences in dual-task interference are localized to response-generating processes. *Psychology and Aging*, 16 (1), 47-56.
- Hartley, A.A. & Little, D.M. (1999). Age-related differences and similarities in dual-task interference. *Journal of Experimental Psychology: General*, 128 (4), 416-449.
- Harvey, C., Stanton, N.A., Pickering, C.A., McDonald, M. & Zheng, P. (2011). A usability evaluation toolkit for In-Vehicle Information Systems (IVISs). *Applied Ergonomics*, 42, 563-574.
- Hasher, L. & Zacks, R. (1988). Working memory, comprehension, and aging: A review and a new view. In G.H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (pp. 193-225). San Diego, CA: Academic.
- 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.

- Heathcote, A., Brown, S. & Mewhort, D.J.K. (2000). The power law repealed: The case for an exponential law of practice. *Psychonomic Bulletin & Review*, 7, 185-207.
- Heller, O. (1985). Hörfeldaudiometrie mit dem Verfahren der Kategorienunterteilung (KU). *Psychologische Beiträge*, 27, 478-493.
- Hirst, W. & Kalmar, D. (1987). Characterizing attentional resources. *Journal of Experimental Psychology: General*, 116 (1), 68-81.
- Hirtle, S.C. & Jonides, J. (1985). Evidence of hierarchies in cognitive maps. *Memory & Cognition*, 13, 208-217.
- Hochheiser, H. & Shneiderman, B. (2000). Performance benefits of simultaneous over sequential menus as task complexity increases. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 12 (2), 173-192.
- Hoffman, J.D., Lee, J.D., McGehee, D.V., Macias, M. & Gellatly, A.W. (2005). Visual sampling of in-vehicle text messages: Effects of number of lines, page presentation, and message control. *Transportation Research Record*, 1937, 22-30.
- Hoffmann, J. (1983). *Das aktive Gedächtnis*. Berlin: Springer.
- Hoffmann, S. & Buld, S. (2006). Darstellung und Evaluation eines Trainings zum Fahren in der Fahrsimulation. In VDI-Gesellschaft Fahrzeug- und Verkehrstechnik (Hrsg.), *Integrierte Sicherheit und Fahrerassistenzsysteme* (VDI-Berichte Nr. 1960, S. 113-132). Düsseldorf: VDI-Verlag.
- Hollands, J.G. & Merikle, P.M. (1987). Menu organization and user expertise in information search tasks. *Human Factors*, 29 (5), 577-586.
- 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.
- Höök, K., Sjölander, M. & Dahlbäck, N. (1996). Individual differences and navigation in hypermedia [Web-Dokument]. Zugriff am 02.01.2012. Verfügbar unter [http://www.sics.se/~kia/papers/Hook\\_Dahlback\\_Sjolinder.pdf](http://www.sics.se/~kia/papers/Hook_Dahlback_Sjolinder.pdf)
- Horberry, T., Anderson, J., Regan, M.A., Triggs, T.J. & Brown, J. (2006). Driver distraction: The effects of concurrent in-vehicle tasks, road environment complexity and age on driving performance. *Accident Analysis and Prevention*, 38, 185-191.
- Horna, G., Oel, P., Spies, R. & Bubb, H. (2009). Untersuchung des Nutzerverhaltens bei Bedienungsschwierigkeiten während der Interaktion mit einem fahrzeugbasierten Infotainmentsystem. In A. Lichtenstein, C. Stöbel & C. Clemens (Hrsg.), *Der Mensch im Mittelpunkt technischer Systeme* (Fortschritt-Berichte VDI Reihe 22, Nr. 29, S. 62-67). Düsseldorf: VDI-Verlag.
- Horrey, W.J., Wickens, C.D. & Consalus, K.P. (2005). *The distracted driver: Modeling the impact of information bandwidth, in-vehicle task priority, and spatial-separation on driver performance and attention allocation* (Technical Report AHFD-05-11/GM-05-2). Warren, MI: General Motors Corporation.

- Jacko, J.A., Salvendy, G. & Koubek, R.J. (1995). Modelling of menu design in computerized work. *Interacting with Computers*, 7 (3), 304-330.
- Jahn, G., Oehme, A., Rösler, D. & Krems, J.F. (2004). Kompetenzerwerb im Umgang mit Fahrerinformationssystemen. *Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Fahrzeugtechnik* (Heft F 47). Bergisch Gladbach: Wirtschaftsverlag NW.
- Jenkins, C., Corritore, C.L. & Wiedenbeck, S. (2003). Patterns of information seeking on the web: A qualitative study of domain expertise and web experience. *IT & Society*, 1 (3), 64-89.
- 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.
- Johansson, E., Engström, J., Cherri, C., Nodari, E., Toffetti, A., Schindhelm, R. & Gelau, C. (2004). *Review of existing techniques and metrics for IVIS and ADAS assessment* (Deliverable D2.2.1). Veröffentlichter Projektbericht des Projekts AIDE (Adaptive Integrated Driver-Vehicle Interface).
- Josephs, R.A., Silvera, D.H. & Giesler, R.B. (1996). The learning curve as a metacognitive tool. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22, 510-524.
- 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.
- Kang, N.E. & Yoon, W.C. (2008). Age- and experience-related user behavior differences in the use of complicated electronic devices. *International Journal of Human-Computer Studies*, 66, 425-437.
- Kantowitz, B.H. & Knight, J.L. (1976). Testing tapping timesharing: I. Auditory secondary task. *Acta Psychologica*, 40, 343-362.
- Kay, R.H. (2007). Learning performance and computer software: An exploration of knowledge transfer. *Computers in Human Behavior*, 23, 333-352.
- Keele, S.W. (1973). *Attention and human performance*. Pacific Palisades, CA: Goodyear.
- Keller, F.S. (1958). The phantom plateau. *Journal of Experimental Analysis of Behavior*, 1, 1-13.
- Kern, D. & Schmidt, A. (2009). Design space for driver-based automotive user interfaces. In *Proceedings of the First International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications* (pp. 3-10). New York, NY: ACM.
- 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.
- Kiger, J.I. (1984). The depth/breadth trade-off in the design of menu-driven user interfaces. *International Journal of Man-Machine Studies*, 20, 201-213.
- 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.

- Klix, F. (1971). *Information und Verhalten*. Bern: Huber.
- Klix, F. (1980). *Cognition and memory*. Amsterdam: North Holland.
- Knauff, M. (2009). A neuro-cognitive theory of deductive relational reasoning with mental models and visual images. *Spatial Cognition & Computation*, 9, 109–137.
- Knauff, M., Jola, C. & Strube, G. (2001). Spatial reasoning: No need for visual information. In D.R. Montello (Ed.), *Proceedings on the 6th International Conference on Spatial Information Theory, COSIT 2001* (pp. 759-765). Berlin: Springer.
- Knauff, M. & Strube, G. (2002). Anschauliches Denken und Arbeitsgedächtnis: Kognitive und kortikale Prozesse. *Psychologische Rundschau*, 53 (2), 49-60.
- Körner, J. (2006). Searching in lists while driving – Identification of factors contributing to driver workload. Unveröffentlichte Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München.
- Koppel, S., Charlton, J.L. & Fildes, B. (2009). Distraction and the older driver. In M.A. Regan, J.D. Lee & K.L. Young (Eds.), *Driver distraction – Theory, effects, and mitigation* (pp. 354-382). Boca Raton, FL: Taylor & Francis.
- Kramer, A.F., Larish, J.F. & Strayer, D.L. (1995). Training for attentional control in dual task settings: A comparison of young and old adults. *Journal of Applied Psychology: Applied*, 1 (1), 50-76.
- Krems, J.F. (1994). *Wissensbasierte Urteilsbildung - Diagnostisches Problemlösen durch Experten und Expertensysteme*. Bern: Hans Huber.
- Krems, J.F., Kopf, M. & Zimmer, A. (in Vorbereitung). Assistenz und Automatisierung beim Fahren. In H.-P. Krüger (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie: Anwendungsfelder der Verkehrspsychologie 2, Serie 6, Band 1*. Göttingen: Hogrefe.
- 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.
- Kujala, T. (2009). Efficiency of visual time-sharing behavior – The effects of menu structure on POI search tasks while driving. In A. Schmidt, A. Dey, T. Sederer, O. Juhlin & D. Kern (Eds.), *AutomotiveUI 2009 - Proceedings of the First International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications* (pp. 63-70), Essen, Germany.
- Kurniawan, S.H. & Zaphiris, P. (2003). Web health information architecture for older users. *IT & Society*, 1 (3), 42-63.
- Kurniawan, S.H., Zaphiris, P. & Ellis, R.D. (2003). Age-related differences in subjective ratings of hierarchical information. In C. Stephanidis (Ed.), *Universal access in HCI* (pp. 857-861). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Landauer, T.K. & Nachbar, D.W. (1985). Selection from alphabetic and numeric menu trees using touch screen: Breadth, depth, and width. In L. Borman & R. Smith (Eds.), *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 73-78). New York, NY: ACM.

- Lansdown, T.C. (2001). Conflicting demands in the driving task. In D. Harris (Ed.), *Engineering psychology and cognitive ergonomics, Volume 5: Aerospace and transportation systems* (pp. 347-356). Aldershot: Ashgate.
- Larson, K. & Czerwinski, M. (1998). Web page design: Implications of memory, structure and scent for information retrieval [Web-Dokument]. Zugriff am 10.12.2011. Verfügbar unter <http://www.microsoft.com/usability/UEPostings/p25-larson.pdf>
- Laurig, W. (1992). *Grundzüge der Ergonomie - Erkenntnisse und Prinzipien* (4. Aufl.). Berlin: Beuth.
- Lawton, C.A. (1994). Gender differences in way-finding strategies: Relationship to spatial ability and spatial anxiety. *Sex Roles, 30* (11), 765-779.
- Lee, D.-S. & Yun, W.C. (2004). Quantitative results assessing design issues of selection-supportive menus. *International Journal of Industrial Ergonomics, 33*, 41-52.
- Lee, E. & MacGregor, J. (1985). Minimizing user search time in menu retrieval systems. *Human Factors, 27*, 157-162.
- Lee, E., Whalen, T., McEwen, S. & Latremouille, S. (1984). Optimizing the design of menu pages for information retrieval. *Ergonomics, 27* (10), 1051-1069.
- Lehmann, A.C. & Gruber, H. (2006). Music. In K.A. Ericsson, N. Charness, P.J. Feltovich & R.R. Hoffman (Eds.), *The Cambridge handbook of expertise and expert performance* (pp. 457-470). Cambridge: Cambridge University Press.
- Lerner, N.D. (2005). *Driver strategies for engaging in distracting tasks using in-vehicle technologies: Final report*. Washington: National Highway Traffic Safety Administration.
- Li, Y. & Chang, K.-C. (2011). Exploring the dimensions and effects of computer software similarities in computer skills transfer. *Journal of Organizational and End User Computing, 23* (3), 48-66.
- Liang, Y. & Lee, J.D. (2010). Combining cognitive and visual distraction: Less than the sum of its parts. *Accident Analysis and Prevention, 42*, 881-890.
- Lintern, G. & Wickens, C.D. (1991). Issues for acquisition and transfer of timesharing and dual-task skills. In D.L. Damos (Ed.), *Multiple-task performance* (pp. 123-138). London: Taylor & Francis.
- Logan, G.D. (1992). Shapes of reaction-time distributions and shapes of learning curves: A test of the instance theory of automaticity. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 18*, 883-914.
- Logie, R.H. (1995). *Visuo-spatial working memory*. Hillsdale: Erlbaum.
- Luczak, H. (1998). *Arbeitswissenschaften*. Heidelberg: Springer.
- MacGregor, J., Lee, E. & Lam, N. (1986). Optimizing the structure of database menu indexes: A decision model of menu search. *Human Factors, 28*, 387-399.
- MacGregor, S.K. (1999). Hypermedia navigation profiles: Cognitive characteristics and information processing strategies. *Journal of Educational Computing Research, 20* (2), 189-206.
- Mack, R., Lewis, C. & Carroll, J. (1983). Learning to use word processors: Problems and prospects. *ACM Transactions on Office Information Systems, 1*, 254-257.

- MacLeod, C.M., Hunt, E.B. & Matthews, N.N. (1978). Individual differences in the verification of sentence-picture relationships. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 17, 493-507.
- Maki, R.H. (1981). Categorization and distance effects with spatial linear orders. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 7, 15-32.
- Mandler, J.M., Seegmiller, D. & Day, J. (1977). On the coding of spatial information. *Memory & Cognition*, 5, 10-16.
- Manes, D. & Green, P. (1997). *Evaluation of a driver interface: Effects of control type (knob versus buttons) and menu structure (depth versus breadth)* (Technical Report UMTRI-97-42). Ann Arbor, MI: University of Michigan Transportation Research Institute.
- Marcoulides, G.A. (1988). The relationship between computer anxiety and computer achievement. *Journal of Educational Computing Research*, 4 (2), 151-158.
- Max, C. (1999). *Entwicklung von Kompetenz – Ein neues Paradigma für das Lernen in Schule und Arbeitswelt*. Frankfurt: Peter Lang.
- Mayhorn, C.B., Lanzolla, V.R., Wogalter, M.S. & Watson, A.M. (2005). Personal digital assistants (PDAs) as medication reminding tools: Exploring age differences in usability. *Gerontechnology*, 4 (3), 128-140.
- McDonald, J.E., Stone, J.D. & Liebolt, L.S. (1983). Searching for items in menus: The effects of organization and type of target. In *Proceedings of the Human Factors Society 27<sup>th</sup> Annual Meeting* (pp. 834-837). Santa Monica, CA: Human Factors Society.
- 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.
- McLeod, P. (1977). A dual-task response modality effect: Support for multi-processor models of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 29, 651-667.
- McNamara, T.P., Hardy, J.K. & Hirtle, S.C. (1989). Subjective hierarchies in spatial memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15, 211-227.
- 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. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 41<sup>st</sup> Annual Meeting* (pp. 152-156). Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society.
- Merat, N., Antilla, V. & Luoma, J. (2005). Comparing the driving performance of average and older drivers: The effect of surrogate in-vehicle information systems. *Transportation Research Part F*, 8, 147-166.
- Miller, C.G. & Remington, R.W. (2000). A computational model of web navigation: Exploring interactions between hierarchical depth and link ambiguity [Web-Dokument]. Zugriff am 03.10.2002. Verfügbar unter <http://www.tri.sbc.com/hfweb/miller/hfweb.css>
- Miller, D.P. (1981). The depth/breadth tradeoff in hierarchical computer menus. In *Proceedings of the Human Factors Society 25<sup>th</sup> Annual Meeting* (pp. 296-300). Santa Monica, CA: Human Factors Society.
- Mitchell, J. & Shneiderman, B. (1989). Dynamic versus static menus: An exploratory comparison. *ACM SIGCHI Bulletin*, 20 (4), 33-37.

- 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 [Web-Dokument]. Zugriff am 10.12.2011. Verfügbar unter [http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/departments/Human Factors/driver-distraction/pdf/9.pdf](http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/departments/Human%20Factors/driver-distraction/pdf/9.pdf)
- 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 perceptueller 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.
- Myung, I.J., Kim, C. & Pitt, M.A. (2000). Toward an explanation of the power law artefact: Insights from response surface analysis. *Memory & Cognition*, 28 (5), 832-840.
- 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* (pp. 293-304). Lengerich: Pabst Science Publishers.
- Naveh-Benjamin, M. (1987). Coding of spatial location information: An automatic approach? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13, 595-605.
- Naveh-Benjamin, M. (1988). Recognition memory of spatial location information: Another failure to support automaticity. *Memory & Cognition*, 16, 437-445.
- Navon, D. & Gopher, D. (1979). On the economy of the human processing systems. *Psychological Review*, 86, 254-255.
- 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* (pp. 57-84). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Newell, A. & Rosenbloom, A. (1981). Mechanisms of skill acquisition and the law of practice. In J.R. Anderson (Ed.), *Cognitive skills and their acquisition* (pp. 1-55). 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. In *Proceedings of the ACM Hypertext '89 conference* (pp. 239-248). Pittsburgh, PA: ACM Press.
- 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 & Information Technology*, 10 (2), 111-120.
- 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.
- Nissen, M.J. & Bullemer, P. (1987). Attentional requirements of learning: Evidence from performance measures. *Cognitive Psychology*, 19, 1-32.
- Noble, M., Trumbo, D. & Fowler, F. (1967). Further evidence on secondary task interference in tracking. *Journal of Experimental Psychology*, 73, 146-149.
- Norman, D.A. (1969). Memory while shadowing. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 21, 85-93.
- 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, D.A. (1986a). New views of information processing: Implications for intelligent decision support systems. In E. Hollnagel, G. Mancini & D.D. Woods (Eds.), *Intelligent decision support in process environment* (pp. 123-136). Berlin: Springer.
- Norman, D.A. (1986b). Cognitive engineering. In D.A. Norman & S.W. Draper (Eds.), *User centred system design: New perspectives on human-computer interaction* (pp. 31-65). 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. (2008). Better design of menu selection systems through Cognitive Psychology and Human Factors. *Human Factors*, 50 (3), 556-559.
- Norman, K.L. & Chin, J.P. (1988). The effect of tree structure on search in a hierarchical menu selection system. *Behaviour & Information Technology*, 7, 51-65.
- Norman, K.L. & Chin, J.P. (1989). The menu metaphor: Food for thought. *Behaviour & Information Technology*, 8 (2), 125-134
- 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 perception and human performance, Vol. 2: Cognitive processes and performance* (pp. 42/1-42/49). New York: Wiley & Sons.
- Oswald, W.D. & Roth, E. (1997). *Der Zahlen-Verbindungs-Test (ZVT, 2., überarb. u. erw. Aufl.)*. Göttingen: Hogrefe.
- Oulasvirta, A., Wahlström, M. & Ericsson, K.A. (2011). What does it mean to be good at using a mobile device? An investigation of three levels of experience and skill. *International Journal of Human-Computer Studies*, 69, 155-169.
- Paap, K. & Cooke, N. (1997). Design of menus. In M. Helander, T. Landauer & P. Prabhu (Eds.), *Handbook of Human-Computer Interaction* (pp. 533-572). Amsterdam: Elsevier.

- Pachella, R. (1974). The use of reaction time measures in information processing research. In B.H. Kantowitz (Ed.), *Human information processing*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Paivio, A. (1971). *Imagery and verbal processes*. New York: Reinhart & 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.
- Park, D.C. & Mason, D.A. (1982). Is there evidence for automatic processing of spatial and color attributes present in pictures and words? *Memory & Cognition*, 10, 76-81.
- Parush, A. & Yuviler-Gavish, T. (2004). Web navigation structures in cellular phones: The depth/breadth trade-off issue. *International Journal of Human-Computer Studies*, 60, 753-770.
- Park, J. & Han, S.H. (2011). Complementary menus: Combining adaptable and adaptive approaches for menu interface. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 41, 305-316.
- Park, J., Han, S.H., Park, Y.S. & Cho, Y. (2007). Adaptable versus adaptive menus on the desktop: Performance and user satisfaction. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 37, 675-684.
- Parkes, A.M. & Coleman, N. (1990). Route guidance systems: A comparison of methods of presenting directional information to the driver. In E.J. Lovesey (Ed.), *Contemporary ergonomics* (pp. 480-485). London: Taylor & Francis.
- Parkinson, S.R., Sisson, N. & Snowberry, K. (1985). Organization of broad computer menu displays. *International Journal of Man-Machine-Studies*, 23, 689-697.
- Perlman, G. (1984). Making the right choices with menus. In B. Shackel (Ed.), *INTERACT'84. Proceedings of the First International Conference on Human-Computer Interaction* (pp. 317-321). Amsterdam: North-Holland.
- Pirolli, P. & Card, S.K. (1995). Information Foraging in Information Access Environments. In I.R. Katz, R. Mack, L. Marks, M.B. Rossen & J. Nielsen (Eds.), *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 51-58). New York, NY: ACM.
- Polson, P.G., Muncher, E. & Engelbeck, G. (1986). A test of a common elements theory of transfer. In M. Mantei & P. Orbeton (Eds.), *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 78-83). New York, NY: ACM.
- Ponds, R.W., Brouwer, W.H. & Van Wolffelaar, P.C. (1988). Age differences in divided attention in a simulated driving task. *Journals of Gerontology*, 43 (6), 151-156.
- Proctor, R.W. & Vu, K.P.L. (2006). *Stimulus-response compatibility principles*. Boca Raton, FL: Taylor & Francis.
- Prümper, J. & Anft, M. (1993). Die Evaluation von Software auf Grundlage des Entwurfs zur internationalen Ergonomie-Norm ISO 9241 Teil 10 als Beitrag zur partizipativen Systemgestaltung - ein Fallbeispiel. In K.-H. Rödinger (Hrsg.), *Software-Ergonomie*

- '93: *Von der Benutzungsoberfläche zur Arbeitsgestaltung* (S. 145-156). Stuttgart: Teubner.
- Prümper, J., Zapf, D., Brodbeck, F.C. & Frese, M. (1992). Some surprising differences between novice and expert errors in computerized office work. *Behaviour & Information Technology*, 11 (6), 319-328.
- Rabitt, P.M.A. (1989). Sequential reactions. In D.H. Holding (Ed.), *Human skills* (2<sup>nd</sup> ed.). New York: Wiley.
- Ranney, T.A. (2008). *Driver Distraction: A review of the current state-of-knowledge* (Report No. DOT HS 810 787). Springfield, VA: National Technical Information Service.
- Rasmussen, J. (1982). Human errors: A taxonomy for describing human malfunction in industrial installations. *Journal of Occupational Accidents*, 4, 311-333.
- Rauch, N., Totzke, I. & Krüger, H.-P. (2004). Kompetenzerwerb für Fahrerinformationssysteme: Bedeutung von Bedienkontext und Menüstruktur. In VDI Gesellschaft Fahrzeug- und Verkehrstechnik (Hrsg.), *Integrierte Sicherheit und Fahrerassistenzsysteme, VDI-Berichte 1864* (S. 303-322). Düsseldorf: VDI-Verlag.
- Reason, J.T. (1979). Actions not as planned: The price of automation. In G. Underwood & R. Stevens (Eds.), *Aspects of consciousness* (pp. 67-89). London: Academic Press.
- Reason, J.T. (1986). Recurrent errors in process environments: Some implications for intelligent decision support systems. In E. Hollnagel, G. Mancini & D. Woods (Eds.), *Intelligent decision support in process environment, NATO ASI Series* (pp. 255-271). Berlin: Springer.
- Reason, J.T. (1994). *Menschliches Versagen: Psychologische Risikofaktoren und moderne Technologien*. Heidelberg: Spektrum.
- Recarte, M.A. & Nunes, L.M. (2003). Mental workload while driving: Effects on visual search, discrimination, and decision making. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 9 (2), 119-137.
- Reif, K. (2010). *Fahrstabilisierungssysteme und Fahrerassistenzsysteme* (1. Aufl.). Wiesbaden: Vieweg + Teubner.
- RESPONSE 3. (2007). *Code of Practice zur Entwicklung und Validierung von Fahrerassistenzsystemen (ADAS)*. Veröffentlichter Projektbericht des PREVENT Projects.
- Richman, C.L., Mitchel, P.B. & Reznick, J.S. (1979). Mental travel: Some reservations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 5, 13-18.
- Rinck, M. & Bower, G.H. (1995). Anaphora resolution and the focus of attention in situation models. *Journal of Memory and Language*, 34, 110-131.
- Rinck, M., Hähnel, A., Bower, G.H. & Glowalla, U. (1996). The metrics of spatial situation models. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 23, 622-637.
- Robertson, G., McCracken, D. & Newell, A. (1981). The ZOG approach to man-machine communication. *International Journal of Man-Machine-Studies*, 14, 461-488.
- Rockwell, T.H. (1988). Spare visual capacity in driving revisited: New empirical results for an old idea. In A.G. Gale, M.H. Freeman, C.M. Haslegrave, P. Smith & S.P. Taylor (Eds.), *Visions in vehicles II* (pp. 317-324). Amsterdam: North Holland Press.

- Rodger, J.A. & Pendharkar, P.C. (2004). A field study of the impact of gender and user's technical experience on the performance of voice-activated medical tracking application. *International Journal of Human-Computer Studies*, 60, 529-544.
- Rösler, F. & Heil, M. (2003). The principle of code-specific memory representations. In R.H. Kluwe, G. Lüer & F. Rösler (Eds.), *Principles of learning and memory* (pp. 71-91). Basel: Birkhäuser.
- Rößger, P. (2005). Fahrer-Informationen-Systeme: Situation und Perspektiven. In K. Karrer, B. Gauss & C. Steffens (Hrsg.), *Mensch-Maschine-Systemtechnik aus Forschung und Praxis* (S. 149-161). Düsseldorf: Symposion.
- Rosenbloom, P. & Newell, A. (1987). Learning by chunking: A production system model of practice. In D. Klahr, P. Langley & R. Neches (Eds.), *Production system models of learning and development* (pp. 221-286). Cambridge, MIT Press.
- 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, and Cognition*, 13 (4), 629-639.
- Rühmann, H. & Schmidtke, H. (1990). Gestaltung der Schnittstelle Mensch-Maschine. In C.G. Graf Hoyos & B. Zimolong (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich D: Praxisgebiete, Serie III: Wirtschafts-, Organisations- und Arbeitspsychologie, Band 2: Ingenieurspsychologie* (S. 204-239). Göttingen: Hogrefe.
- Salthouse, T.A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review*, 103, 403-428.
- 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.
- Saucier, D.M., Green, S.M., Leason, J., MacFadden, A., Bell, S., Elias, L.J. (2002). Are sex differences in navigation caused by sexually dimorphic strategies or by differences in the ability to use the strategies. *Behavioral Neuroscience*, 116 (3), 403-309.
- Schermer, F.F. (1998). *Lernen und Gedächtnis* (2., überarb. u. erw. Aufl.). Stuttgart: Kohlhammer.
- Schieber, F., Holtz, A., Schlorholtz, B. & McCall, R. (2008). Analysis of visual demands of in-vehicle text displays reveals an age-related increase in time needed to reallocate attention to the road. *Human Factors and Ergonomics Society HFES2008*, 52, 149-153.
- Schlag, B. (1990). Empirische Untersuchungen zur Leistungsfähigkeit älterer Kraftfahrer. *Zeitschrift für Gerontologie*, 23, 300-306.
- Schmidt, R.A. (1988). *Motor control and learning - A behavioral emphasis* (2<sup>nd</sup> ed.). Champaign, Illinois: Human Kinetics Publishers.
- Schmidtke, H. (1993). *Lehrbuch der Ergonomie* (3., neubearb. u. erw. Aufl.). München: Hanser.
- Schneider, W. (2008). Expertiseerwerb. In W. Schneider & M. Hasselhorn (Hrsg.), *Handbuch der Psychologie, Handbuch der Pädagogischen Psychologie* (Band 10, S. 136-144). Göttingen. Hogrefe.
- Schnotz, W. (1994). *Aufbau von Wissensstrukturen. Untersuchungen zur Kohärenzbildung beim Wissenserwerb mit Texten*. Weinheim: Beltz PsychologieVerlagsUnion.

- Schumacher, E.H., Seymour, T.L., Glass, J.M., Fencsik, D.E., Lauber, E.J., Kieras, D.E. & Meyer, D.E. (2001). Virtually perfect time sharing in dual-task performance: Uncorking the central cognitive bottleneck. *Psychological Science*, 12 (2), 101-108.
- Schwartz, J.P. & Norman, K.L. (1986). The importance of item distinctiveness on performance using a menu selection system. *Behaviour & Information Technology*, 5 (2), 173-182.
- Seel, N.M. (2000). *Psychologie des Lernens – Lehrbuch für Pädagogen und Psychologen*. München: Ernst Reinhardt.
- 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.
- Sein, M.K., Olfman, L., Bostrom, R.P. & Davis, S.A. (1993). Visualization ability as a predictor of user learning success. *International Journal of Man-Machine Studies*, 39, 599-620.
- Senders, J.W., Kristofferson, A.B., Levison, W.H., Dietrich, C.W. & Ward, J.L. (1967). The attentional demand of automobile driving. *Highway Research Record*, 195, 15-33.
- Seppälä, P. & Salvendy, G. (1985). Impact of depth of menu hierarchy on performance effectiveness in a supervisory task: Computerized flexible manufacturing system. *Human Factors*, 27, 713-722.
- Shih, H.M. & Goonetilleke, R.S. (1998). Effectiveness of menu orientation in Chinese. *Human Factors*, 40 (4), 569-576.
- Shneiderman, B. & Plaisant, C. (2010). *Designing the user interface – Strategies for effective Human-Computer Interaction* (5<sup>th</sup> ed.). Upper Saddle River: Addison-Wesley.
- Singley, M.K. & Anderson, J.R. (1989). *Transfer of cognitive skill*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Sjölander, M., Höök, K., Nilsson, L.-G. & Andersson, G. (2005). Age differences and the acquisition of spatial knowledge in a three dimensional environment: Evaluating the user of an overview map as a navigation aid. *International Journal of Human-Computer Studies*, 63, 537-564.
- Smyth, M.M., Pearson, N.A. & Pendleton, L.R. (1988). Movement and working memory: Patterns and positions in space. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 40A, 497-514.
- 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.
- Somberg, B.L. (1987). A comparison of rule-based positionally constant arrangements of computer menu items. In J.M. Carroll & P.P. Tanner (Eds.), *Proceedings of the SIGCHI/GI conference on Human factors in computing systems and graphics interface* (pp. 255-260). New York, NY: ACM.

- Somberg, B.L. & Salthouse, T.A. (1982). Divided attention abilities in young and old adults. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 8 (5), 651-663.
- Spelke, E., Hirst, W. & Neisser, U. (1976). Skills of divided attention. *Cognition*, 4, 215-230.
- 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.
- Sterns, A.A. (2005). Curriculum design and program to train older adults to use personal digital assistants. *The Gerontologist*, 45 (6), 828-834.
- Stevens, A., Board, A., Allen, P. & Quimby, A. (1999). *A safety checklist for the assessment of in-vehicle information systems: A user's manual* (Report No. PA 3536/99). Crownthorne, UK: Transport Research Laboratory.
- Stevens, A. & Coupe, P. (1978). Distortions in judged spatial relations. *Cognitive Psychology*, 10, 422-437.
- Stevens, A., Quimby, A., Board, A., Kersloot, T. & Burns, P. (2002). *Design guidelines for safety of in-vehicle information systems* (Report No. PA 3721/01). Crownthorne, UK: Transport Research Laboratory.
- Streitz, N.A. (1990). Psychologische Aspekte der Mensch-Computer-Interaktion. In C.G. Graf Hoyos & B. Zimolong (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich D: Praxisgebiete, Serie III: Wirtschafts-, Organisations- und Arbeitspsychologie, Band 2: Ingenieurspsychologie* (S. 240-284). Göttingen: Hogrefe.
- 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 Determinanten individueller Unterschiede* (S. 487-538). Göttingen: Hogrefe.
- Teitelbaum, R. & Granda, R. (1983). The effects of positional constancy on searching menus for information. In E. Janda (Ed.), *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 150-153). New York, NY: ACM.
- Telles, M. (1990). Updating an old interface. In J.C. Chew & J. Whiteside (Eds.), *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems: Empowering people* (pp. 243-247). New York: ACM.
- Thurstone, L.L. (1938). *Primary and mental abilities*. Chicago: University of Chicago Press.
- Tingvall, C., Eckstein, L. & Hammer, M. (2009). Government and industry perspectives on driver distraction. In M.A. Regan, J.D. Lee & K.L. Young (Eds.), *Driver distraction – Theory, effects, and mitigation* (pp. 603-618). Boca Raton, FL: Taylor & Francis.
- Tombaugh, J.W. & McEwen, S.A. (1982). Comparison of two information retrieval methods on videotext: Tree-structure versus alphabetic directory. In *Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 106-110). Gaithersburg, MD: ACM.
- Torkzadeh, G. & Koufteros, X. (1994). Factorial validity of a Computer Self-Efficacy Scale and the impact of computer training. *Educational and Psychological Measurement*, 54 (3), 813-821.

- Totzke, I., Hofmann, M. & Krüger, H.-P. (2004). Ältere Fahrer, Vorwissen und Kompetenzerwerb für Informationssysteme. In VDI Gesellschaft Fahrzeug- und Verkehrstechnik (Hrsg.), *Integrierte Sicherheit und Fahrerassistenzsysteme, VDI-Berichte 1864* (S. 279-301). Düsseldorf: VDI-Verlag.
- Totzke, I., Hofmann, M. & Krüger, H.-P. (2005a). Age, previous knowledge, and learnability of driver information systems. In G. Underwood (Ed.), *Traffic and Transport Psychology* (pp. 279-292). Nottingham: Elsevier.
- Totzke, I., Hofmann, M. & Krüger, H.-P. (2005b). Alte Fahrer und Fahrerinformationssysteme: Ansätze zur Reduktion möglicher Alterseffekte. In Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.), *Fahrer im 21. Jahrhundert, VDI-Berichte 1919* (S. 129-150). Düsseldorf: VDI-Verlag.
- Totzke, I., Hofmann, M., Meilinger, T., Rauch, N., Schmidt, G. & Krüger, H.-P. (2004). *Kompetenzerwerb für Informationssysteme – Einfluss des Lernprozesses auf die Interaktion mit Fahrerinformationssystemen, FAT-Schriftenreihe Band 184*. Offenbach: Berthold Druck.
- 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., 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., Meilinger, T. & Krüger, H.-P. (2005). Adaptivität und Adaptierbarkeit von menügesteuerten Informationssystemen – Kein Ansatz zur Lösung des Problems der Erlernbarkeit! In L. Urbas & C. Steffens (Hrsg.), *Zustandserkennung und Systemgestaltung. 6. Berliner Werkstatt für Mensch-Maschine-Systeme, ZMMS Spektrum, Band 19* (S. 35-40). Düsseldorf: VDI-Verlag.
- Totzke, I., Rauch, N. & Krüger, H.-P. (2004). Kompetenzerwerb und Struktur von Menüsystemen im Fahrzeug: „Breiter ist besser?“. In C. Steffens, M. Thüning & L. Urbas (Hrsg.), *Entwerfen und Gestalten. 5. Berliner Werkstatt für Mensch-Maschine-Systeme, ZMMS Spektrum, Band 18* (S. 226-249). Düsseldorf: VDI-Verlag.
- 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.
- Tränkle, U. (1994). *Autofahren im Alter*. Köln: TÜV Rheinland.
- Treisman, A. (1969). Strategies and models of selective attention. *Psychological Review*, 76, 282-299.
- Tsang, P.S. & Shaner, T.L. (1998). Age, attention, expertise, and time-sharing performance. *Psychology and Aging*, 13, 323-347.
- Tsimhoni, O., Yoo, H. & Green, P. (1999). Effects of visual demand and in-vehicle task complexity on driving and task performance as assessed by visual occlusion (Technical Report UMTRI-99-37) [Web-Dokument]. Zugriff am 10.12.2011. Verfügbar unter <http://www.umich.edu/~driving/publications/UMTRI-99-37.pdf>

- Vandierendonck, A., van Hoe, R. & de Soete, G. (1988). Menu search as a function of menu organization. *Acta Psychologica*, 69, 231-248.
- Van Lehn, K. (1996). Cognitive skill acquisition. *Annual Review of Psychology*, 47, 513-539.
- Vicente, K.J., Hayes, B.C. & Williges, R.C. (1987). Assaying and isolating individual differences in searching a hierarchical file system. *Human Factors*, 29 (3), 349-359.
- Vicente, K.J. & Williges, R.C. (1988). Accommodating individual differences in searching a hierarchical file system. *International Journal of Man-Machine-Studies*, 29, 647-668.
- Victor, T.W., Harbluk, J.L. & Engström, J.A. (2005). Sensitivity of eye-movement measures to in-vehicle task difficulty. *Transportation Research Part F*, 8, 167-190.
- Vöhringer-Kuhnt, T. (2011). *CarUSE-MI: Die Entwicklung eines Bewertungsinstrumentariums für die Mensch-Maschine-Schnittstelle von Fahrerinformationssystemen*. Unveröffentlichte Dissertation, Technische Universität Berlin.
- Volpert, W. (1994). *Wider die Maschinenmodelle des Handelns*. Lengerich: Pabst Science Publishers.
- Weale, R.A. (2003). Epidemiology of refractive errors and presbyopia. *Survey of Ophthalmology*, 48 (5), 515-543.
- Welford, A.T. (1952). The psychological refractory period and the timing of high-speed performance – A review and a theory. *British Journal of Psychology*, 43, 2-19.
- Westerman, S.J. (1993). *Individual differences in Human-Computer Interaction*. Unpublished Doctoral Dissertation, Aston University, Birmingham, UK.
- Westerman, S.J. (1995). Computerized information retrieval: Individual differences in the use of spatial vs. nonspatial navigation information. *Perceptual and Motor Skills*, 81, 771-786.
- Wickelgren, W. (1977). Speed accuracy trade-off and information processing dynamics. *Acta Psychologica*, 41, 67-85.
- Wickens, C.D. (1976). The effects of divided attention on information processing in tracking. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 2, 1-13.
- Wickens, C.D. (1980). The structure of attentional resources. In R. Nickerson (Ed.), *Attention and performance VIII* (pp. 239-257). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Wickens, C.D. (1984). Processing resources in attention. In R. Parasuraman & R. Davies (Eds.), *Varieties of attention* (pp. 63-101). New York: Academic Press.
- Wickens, C.D., Braune, R. & Stokes, A. (1987). Age differences in speed and capacity in information processing: 1. A dual-task approach. *Psychology of Aging*, 2 (1), 70-78.
- Wickens, C.D. & Hollands, J. (2000). *Engineering psychology and human performance* (3<sup>rd</sup> ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Wickens, C.D. & McCarley, J.S. (2008). *Applied attention theory*. Boca Raton, FL: Taylor & Francis.
- Widdel, H. & Kaster, J. (1985). Untersuchung zur formalen Transparenz eines Menüsystems. In H.J. Bullinger (Hrsg.), *Software-Ergonomie '85: Mensch-Computer-Interaktion* (S. 228-238). Stuttgart: Teubner.

- Wierwille, W.W. (1993). Visual and manual demands of in-car controls and displays. In B. Peacock & W. Karwowski (Eds.), *Automotive Ergonomics* (pp. 299-320). Washington, DC: Taylor & Francis.
- Wierwille, W.W., Antin, J.F., Dingus, T. & Hulse, M.C. (1988). Visual attentional demand of an in-car navigation display system. In A.G. Gale, M.H. Freeman, C.M. Haslegrave, P. Smith & S.P. Taylor (Eds.), *Vision in vehicles II* (pp. 307-316). Amsterdam: North Holland Press.
- Wierwille, W.W. & Tijerina, L. (1998). Modelling the relationship between driver in-vehicle visual demands and accident occurrence. In A.G. Gale, I.D. Brown, S.P. Taylor & C.M. Haslegrave (Eds.), *Vision in vehicles VI* (pp. 233-243). Amsterdam: Elsevier.
- Williges, B. & Williges, R. (1984). Dialogue design considerations for interactive computer systems. In F. Muckler (Ed.), *Human factors review* (pp. 167-209). Santa Monica, CA: Human Factors Society.
- Wilton, R.N. (1979). Knowledge of spatial relations: The specification of the information used in making inferences. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 31, 133-146.
- Young, K.L. & Regan, M.A. (2009). Driver distraction exposure research: A summary of findings. In M.A. Regan, J.D. Lee & K.L. Young (Eds.), *Driver distraction – Theory, effects, and mitigation* (pp. 319-333). Boca Raton, FL: Taylor & Francis.
- Young, K.L., Regan, M.A. & Hammer, M. (2003). *Driver distraction: A review of the literature* (Report No. 206). Victoria: Monash University Accident Research Centre.
- Young, K.L., Regan, M.A. & Lee, J.D. (2009). Factors moderating the impact of distraction on driving performance and safety. In M.A. Regan, J.D. Lee & K.L. Young (Eds.), *Driver distraction – Theory, effects, and mitigation* (pp. 335-351). Boca Raton, FL: Taylor & Francis.
- Zaphiris, P. (2000). Depth vs. breadth in the arrangement of web links. In *Proceedings of the 44<sup>th</sup> Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society HFES 2000* (pp. 139-144), San Diego, CA.
- Zaphiris, P. (2001). Age differences and the depth-breadth tradeoff in hierarchical online information systems. In C. Stephanidis (Ed.), *Universal access in HCI: Towards an information society for all* (pp. 540-544). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Zaphiris, P., Kurniawan, S.H. & Ellis, R.D. (2004). Age Related differences and the depth vs. breadth tradeoff in hierarchical online information systems [Web-Dokument]. Zugriff am 10.12.2011. Verfügbar unter <http://www soi.city.ac.uk/~zaphiri/Papers/ERCIM02.pdf>
- Zaphiris, P., Shneiderman, B. & Norman, K.L. (2002). Expandable indexes versus sequential menus for searching hierarchies on the world wide web. *Behaviour & Information Technology*, 21 (3), 185-201.
- Ziefle, M. (2002). The influence of user expertise and phone complexity on performance, ease of use and learnability of different mobile phones. *Behaviour & Information Technology*, 21 (5), 303-311.
- Ziefle, M. (2010). Information presentation in small screen devices: The trade-off between visual density and menu foresight. *Applied Ergonomics*, 41, 719-730.

- Ziefle, M. & Bay, S. (2004). Mental models of a cellular phone menu – Comparing older and younger novice. In S. Brewster & M. Dunlop (Eds.), *Mobile Human-Computer Interaction* (pp. 25-37). Berlin: Springer.
- Ziefle, M. & Bay, S. (2006). How to overcome disorientation in mobile phone menus: A comparison of two different types of navigation aids. *Human Computer Interaction*, 21, 393-432.
- Zießler, M. (1993). Die Struktur von Bewegungssequenzen: Interaktionen zwischen Wahrnehmung und motorischer Steuerung. *Zeitschrift für Psychologie*, 201 (1), 109-129.
- Zimmer, H.-D. & Engelkamp, J. (1981). Motorische und sensorische Komponenten des Gedächtnisses im Paradigma der selektiven Interferenz. *Arbeiten der Fachrichtung Psychologie*, Nr. 76. Saarbrücken: Universität des Saarlandes.
- Zimmer, H.-D., Engelkamp, J. & Sieloff, U. (1984). Motorische Gedächtniskomponenten als partiell unabhängige Komponenten des Engrammes verbaler Handlungsbeschreibungen. *Sprache & Kognition*, 3, 70-85.
- Zimolong, B. (1990). Fehler und Zuverlässigkeit. In C.G. Graf Hoyos & B. Zimolong (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich D: Praxisgebiete, Serie III: Wirtschafts-, Organisations- und Arbeitspsychologie, Band 2: Ingenieurspsychologie* (S. 313-345). Göttingen: Hogrefe.

## **EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG**

Ich versichere, dass ich die von mir vorgelegte Dissertation selbstständig angefertigt, die benutzten Quellen und Hilfsmittel vollständig angegeben und die Stellen der Arbeit einschließlich Tabellen und Abbildungen, die anderen Werken im Wortlaut oder sinngemäß entnommen sind, kenntlich gemacht habe; dass diese Dissertation noch keiner anderen Fakultät oder Universität zur Prüfung vorgelegen hat, dass sie noch nicht veröffentlicht worden ist, und dass ich eine Veröffentlichung vor Abschluss des Promotionsverfahrens nicht vornehmen werde.

Die Bestimmungen der Promotionsordnung der Julius-Maximilians Universität Würzburg sind mir bekannt.

Die von mir vorgelegte Dissertation ist von Prof. Dr. Hans-Peter Krüger betreut worden.

Würzburg, den 31.01.2012

---

Ingo Totzke