

Inhaltsverzeichnis

Deutsches Abstract	5
English Abstract	5
French Abstract	5
Abkürzungsverzeichnis	11
1 Problemstellung und Motivation	13
1.1 Problemstellung	13
1.2 Stand der Technik automobiler Infotainmentsysteme bei Audi	14
1.3 Lösungsansatz: Multimodalität	15
1.4 Motivation und Ziele	16
1.5 Vorgehensweise - empirische Untersuchungen	19
2 Mensch-Fahrzeug-Interaktion	21
2.1 Mensch-Maschine-Systeme	22
2.1.1 Grundlagen zur Ergonomie von Mensch-Maschine-Systemen	22
2.1.2 Gütekriterien ergonomischer Mensch-Maschine-Systeme	23
2.1.3 Besonderheiten der Mensch-Fahrzeug-Interaktion	26
2.2 Das System "Mensch" - Kognitive Psychologie	32
2.2.1 Konzept der Selektiven Aufmerksamkeit	34
2.2.2 Single Ressource Theorien	35
2.2.3 Theorie multipler Ressourcen	36
2.2.4 Prozess Theorien	37
2.2.5 Theorie der Mentalen Modelle	38
2.2.6 Handlungsregulationstheorie	39
2.3 Das System Fahrzeug - Eingabemodalitäten	41
2.3.1 Spracheingabe	42
2.3.2 Drehdrücksteller, Lenkradbedienung und Touchscreen - Haptische Bedienelemente	48
2.3.3 Touchpad - Handschrifterkennung	50
2.3.4 Weitere Eingabemodalitäten und -elemente	52
2.4 Das System Fahrzeug - Ausgabemodalitäten	54
2.4.1 Optische Ausgabemodalitäten	54

2.4.2	Akustische Ausgabemodalitäten	55
2.4.3	Weitere Ausgabemöglichkeiten	57
2.5	Multimodalität - ein Ansatz für die zukünftige Mensch-Maschine-Interaktion	58
2.5.1	Definition und Kategorien multimodaler Systeme	59
2.5.2	Potenziale und Risiken multimodaler Systeme	60
2.5.3	Multimodalität im Dualtask	64
2.6	Ansätze zur Verbesserung der Mensch-Fahrzeug-Interaktion	67
3	Hypothesen	71
3.1	Hypothesen zum Touchpad	71
3.1.1	Integration des Touchpads ins Fahrzeug	71
3.1.2	Bedienung des Touchpads im Dualtask	72
3.2	Hypothesen zu Sprachdialogsystemen	72
3.2.1	Dualtask Überlegenheit des Sprachdialogsystems	72
3.2.2	Haptische Disambiguierung	72
3.2.3	Visuelle Ausgabemodalität für das Sprachdialogsystem	73
3.3	Hypothesen zur Multimodalität im Fahrzeug	73
3.3.1	Vor- und Nachteile von Multimodalität im Dualtask	73
3.3.2	Nutzung von Multimodalität im Dualtask	74
3.3.3	Erleichterung durch Multimodalität	74
3.3.4	Sprache als zentraler Bestandteil von Multimodalität	75
3.3.5	Akzeptanz des Touchpads	75
3.3.6	Akzeptanz von Multimodalität	75
3.3.7	Multimodalität und Fahrsicherheit	76
4	Untersuchungsumgebung	77
4.1	Der Fahrsimulator als Gesamtsystem	79
4.2	Die Bedienkonzeptsimulation	83
4.3	Datenerhebung	85
4.3.1	Objektive Daten	85
4.3.2	Subjektive Daten	87
4.4	Probanden	88
5	Methodik - empirische Studien	91
5.1	Technische und konzeptionelle Vorbereitungen	92
5.1.1	Entwicklung eines multimodalen Bedienkonzepts am Beispiel der Navigationszieleingabe	92
5.1.2	Cockpit Integration - Hard-/Software	94
5.1.3	Touchscreen Bedienkonzept - Entwicklung	96
5.1.4	Entwicklung eines multimodalen Sprachdialogsystems	97

5.2	Vorstudien	100
5.2.1	Touchpad Bedienkonzept - Entwicklung und Vorstudie 1	100
5.2.2	Vergleichende Untersuchung zur Buchstabeneingabe - Vorstudie 2	104
5.3	Methodik der empirischen Studien	105
5.3.1	Gestaltung der Versuchsabfolge	105
5.3.2	Wahl der Bedienaufgabe	106
5.3.3	Grundlagen	107
5.3.4	Baseline	108
5.3.5	Kontrollmechanismen	109
5.3.6	Befragung	110
5.3.7	Datenerhebung	110
5.3.8	Aufbau der empirischen Studien im Vergleich	111
5.4	Auswertungsverfahren und kritische Würdigung	115
5.4.1	Empirische Untersuchungen im Fahrsimulator	115
5.4.2	Kodierung der erhobenen Daten	116
5.4.3	Zusammenfassung der erhobenen Daten	120
6	Ergebnisse	121
6.1	Vorstudie 1: Evaluation des Touchpads	122
6.1.1	Objektive Daten	122
6.1.2	Subjektive Daten	126
6.1.3	Fazit aus Vorstudie 1	129
6.2	Vorstudie 2: Vergleich Touchscreen, Touchpad und Drehdrücksteller	131
6.2.1	Objektive Daten	131
6.2.2	Subjektive Daten	134
6.2.3	Fazit aus Vorstudie 2	134
6.3	Empirische Studie 1 zu multimodalen Bedienkonzepten	136
6.3.1	Objektive Daten	136
6.3.2	Subjektive Daten	139
6.3.3	Fazit aus Studie 1	143
6.4	Empirische Studie 2 zu multimodalen Bedienkonzepten	144
6.4.1	Objektive Daten	144
6.4.2	Subjektive Daten	152
6.4.3	Fazit aus Studie 2	157
6.5	Akzeptanz von Multimodalität in beiden Studien im Vergleich	158
6.6	Ergebnisse zu den Hypothesen	160
6.6.1	Ergebnisse zum Touchpad	160
6.6.2	Ergebnisse zu Sprachdialogsystemen	161
6.6.3	Ergebnisse zur Multimodalität im Fahrzeug	162

7 Zusammenfassung der Ergebnisse, Diskussion und Ausblick	165
7.1 Diskussion der durchgeführten Studien	166
7.1.1 Untersuchung eines Systems mit Fehlern	166
7.1.2 Einschränkungen	166
7.1.3 Diskussion des Versuchsdesigns und der Durchführung	167
7.2 Empfehlungen für eine Umsetzung der evaluierten Konzepte	168
7.2.1 Anforderungen an ein Sprachdialogsystem für den Einsatz in einem multimodalen Gesamtsystem	168
7.2.2 Anforderungen an das Touchpad und den Drehdrücksteller für den Einsatz in einem multimodalen Gesamtsystem	170
7.2.3 Anforderungen an multimodale Bedienkonzepte	170
7.3 Weiterer Forschungsbedarf	170
Literaturverzeichnis	173
Abbildungsverzeichnis	179
Tabellenverzeichnis	183
8 Anhang	187
8.1 Daten zu den Probanden	187
8.2 Datentabellen und weitere Auswertegrafiken	188
8.2.1 Vorstudie 1	188
8.2.2 Vorstudie 2	189
8.2.3 Studie 1	191
8.2.4 Studie 2	193
8.2.5 Akzeptanzbewertung in Studie 1 und Studie 2	202
8.3 Fragebögen	202
8.3.1 Fragebogen der ersten empirischen Multimodalitätsstudie - Studie 1	202
8.3.2 Fragebogen der zweiten empirischen Multimodalitätsstudie - Studie 2	236