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