

## Inhaltsverzeichnis

<b>Geleitwort</b> .....	<b>I</b>
<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>III</b>
<b>Vorwort</b> .....	<b>V</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>VII</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>XII</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>XIV</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>XV</b>
<b>1. Problemstellung und Aufbau der Arbeit</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1. Motivation</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2. Vision des Lösungsansatzes</b> .....	<b>4</b>
<b>1.3. Forschungsfragen</b> .....	<b>5</b>
<b>1.4. Aufbau der Arbeit</b> .....	<b>6</b>
<b>2. Wissenschaftliche Grundposition und Methodologie</b> .....	<b>9</b>
<b>2.1. Wissenschaftstheoretische Strukturierungsansätze von Forschungsströmungen</b> ..	<b>9</b>
<b>2.2. Wissenschaftsverständnis dieser Arbeit</b> .....	<b>12</b>
2.2.1. Konstruktivismus .....	12
2.2.2. Design Science .....	14
2.2.2.1. Phasen des Designzyklus .....	14
2.2.2.2. Erweiterung des Zyklus.....	16
2.2.3. Forschungsdesign .....	17
<b>2.3. Zusammenfassung</b> .....	<b>19</b>
<b>3. Begriffliche Grundlagen und Stand der Technik</b> .....	<b>21</b>
<b>3.1. Sprachsynthese</b> .....	<b>22</b>
3.1.1. Begriffliche Klärung .....	22
3.1.2. Verfahren zur Sprachsynthese.....	23
3.1.3. Text-to-Speech (TTS) .....	25
3.1.4. Optimierung der synthetisierten Sprache .....	27
3.1.4.1. Phonetische Optimierung .....	28
3.1.4.2. Prosodische Optimierung .....	29
3.1.5. Einsatzbereiche und Beispiele.....	31
<b>3.2. Spracherkennung</b> .....	<b>32</b>
3.2.1. Begriffliche Klärung .....	32
3.2.2. Funktionsweise der Spracherkennung.....	34
3.2.3. Sprachgrammatiken.....	36
3.2.4. Einsatzbereiche und Beispiele.....	38
<b>3.3. Chatbots</b> .....	<b>39</b>
3.3.1. Begriffliche Klärung .....	40

3.3.2.	Funktionsweise eines Chatbots .....	41
3.3.2.1.	Strategien zur Dialogsteuerung .....	41
3.3.2.2.	Sprachverarbeitung durch einen Chatbot .....	43
3.3.3.	Aufbau der Wissensbasis .....	44
3.3.3.1.	Artificial Intelligence Markup Language (AIML) .....	45
3.3.3.2.	VoiceXML .....	46
3.3.4.	Einsatzbereiche und Beispiele .....	48
<b>3.4.</b>	<b>Avatare .....</b>	<b>49</b>
3.4.1.	Begriffliche Klärung .....	49
3.4.2.	Technische Umsetzung .....	52
3.4.3.	Einsatzbereiche und Beispiele .....	54
3.4.3.1.	Strukturierung der Einsatzbereiche .....	54
3.4.3.2.	Wichtige Einsatzbereiche und Beispiele .....	55
<b>3.5.</b>	<b>Avatarsysteme .....</b>	<b>57</b>
3.5.1.	Begriffliche Klärung .....	57
3.5.2.	Technisches Zusammenspiel .....	59
3.5.2.1.	Abstimmung zweier Komponenten .....	60
3.5.2.2.	Abstimmung mehrerer Komponenten und ganzer Systeme .....	61
3.5.3.	Soziale Effekte .....	63
3.5.4.	Einsatzgebiete und Beispiele .....	65
<b>3.6.</b>	<b>Fahrerassistenz- und Fahrerinformationssysteme .....</b>	<b>67</b>
3.6.1.	Begriffliche Klärung .....	67
3.6.1.1.	Eindimensionale Unterscheidungsansätze .....	68
3.6.1.2.	Mehrdimensionale Unterscheidungsansätze .....	68
3.6.2.	Beispiele und deren Einordnung .....	70
3.6.2.1.	Assistenten aus einzelnen Bausteinen .....	70
3.6.2.2.	Kombinierte Assistenzsysteme .....	72
3.6.2.3.	Allgemeine Hilfesystemen im Fahrzeug .....	73
<b>3.7.</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>74</b>
<b>4.</b>	<b>Analyse und Anforderungserhebung .....</b>	<b>77</b>
<b>4.1.</b>	<b>Betrachtung des Forschungsumfelds .....</b>	<b>78</b>
<b>4.2.</b>	<b>Identifikation von Stakeholdern .....</b>	<b>79</b>
4.2.1.	Stakeholder innerhalb des Volkswagen Konzerns .....	80
4.2.2.	Weitere Stakeholder .....	82
<b>4.3.</b>	<b>Formulierung der operativen Ziele .....</b>	<b>83</b>
<b>4.4.</b>	<b>Ableitung der Anforderungen .....</b>	<b>88</b>
4.4.1.	Anforderungen zur Umsetzung eines Avatarsystems (erstes Ziel) .....	88
4.4.2.	Anforderungen zur Benutzung ohne Lernaufwand (zweites Ziel) .....	89
4.4.3.	Anforderungen zur Minimierung der Ablenkung (drittes Ziel) .....	91
4.4.4.	Anforderungen zur Minimierung des Erstellungsaufwands (viertes Ziel) .....	93
4.4.5.	Anforderungen zur Modularität der Softwarekomponenten (fünftes Ziel) .....	94
<b>4.5.</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>95</b>
<b>5.</b>	<b>Konzeption .....</b>	<b>97</b>
<b>5.1.</b>	<b>Technische Konzeption .....</b>	<b>98</b>
5.1.1.	Analyse bestehender Avatar- und Sprachdialogsysteme .....	98

5.1.1.1. Untersuchte Systeme und Architekturen.....	98
Sprachdialogsysteme.....	99
Avatarsysteme.....	100
5.1.1.2. Identifizierte Komponenten.....	101
Komponenten zur Eingabe.....	102
Komponenten zur Ausgabe.....	103
Datenkomponenten.....	105
Komponenten zur Reaktionsermittlung.....	107
Designkomponenten.....	111
5.1.2. Konzeption einer Referenzarchitektur für Avatarsysteme.....	112
5.1.2.1. Eingabesystem.....	113
5.1.2.2. Ausgabesystem.....	114
5.1.2.3. Designsystem.....	116
5.1.2.4. Reaktionsermittlungssystem.....	116
5.1.2.5. Übersicht der Referenzarchitektur.....	118
5.1.3. Anwendung der Referenzarchitektur auf den Einsatz im Fahrzeug.....	119
5.1.3.1. Verteilung der Systeme und Komponenten.....	120
5.1.3.2. Konkrete Systemarchitektur des Forschungsvorhabens.....	122
<b>5.2. Inhaltliche Konzeption.....</b>	<b>123</b>
5.2.1. Gestaltung der Kommunikation und des Domänenwissens.....	124
5.2.1.1. Struktureller Aufbau und Organisation der Inhalte.....	124
5.2.1.2. Bereitstellung von Funktionen zum Dialogablauf.....	126
5.2.1.3. Abdeckung inhaltlicher Bereiche.....	128
5.2.2. Inhaltserstellung und -pflege.....	131
5.2.2.1. Vorgehen zur Erstellung der Regelbasis.....	131
5.2.2.2. Werkzeuge zur Erstellung und Pflege.....	133
<b>5.3. Konzeption der Benutzerschnittstelle.....</b>	<b>135</b>
5.3.1. Gestaltung des Avatars.....	135
5.3.2. Gestaltung der Benutzeroberfläche.....	137
<b>5.4. Zusammenfassung.....</b>	<b>139</b>
<b>6. Implementierung eines interaktiven Hilfesystems im Fahrzeug.....</b>	<b>141</b>
<b>6.1. Implementierung des technischen Systems.....</b>	<b>142</b>
6.1.1. Technische Integration ins Fahrzeug.....	142
6.1.2. Wahl eines Entwicklungsframeworks.....	144
6.1.2.1. Übersicht relevanter Frameworks.....	144
6.1.2.2. Merkmale von OSGi.....	146
6.1.2.3. Anwendung von OSGi auf die Systemarchitektur.....	149
6.1.3. Umsetzung der Komponenten.....	150
6.1.3.1. Spracherkennung.....	151
6.1.3.2. CAN-Bus und Input Manager.....	152
Überblick wichtiger Bus-Systeme im Fahrzeug.....	152
Funktionsweise des CAN-Bundles.....	154
Designoptionen.....	156
6.1.3.3. Dialogmanager.....	157
6.1.3.4. Chatbot.....	158
AliceBot ChatterBean.....	159
Herausforderungen beim Einsatz von AliceBot im Avatarsystem.....	160

Umsetzung des Chatbot-Bundles .....	163
6.1.3.5. GUI-Framework mit Präsentationsmanager.....	166
6.1.3.6. Animationskomponente .....	169
Charamel CharActor .....	169
Funktionsumfang und Steuerung .....	171
6.1.3.7. Sprachsynthese .....	173
6.1.4. Entwicklung und Zusammenspiel der Komponenten .....	175
<b>6.2. Erstellung von Inhalten .....</b>	<b>177</b>
6.2.1. Gestaltung des Dialogeditors .....	177
6.2.1.1. Aufbau des Dialogeditors.....	178
6.2.1.2. Schritttypen .....	181
Grundlagen der Dialogeinteilung .....	181
Schritttypen des Dialogeditors .....	182
6.2.1.3. Synonymgruppen .....	185
6.2.1.4. Austauschfunktionen des Dialogeditors.....	187
Import von SGML.....	187
Export von AIML.....	188
6.2.2. Auswahl von Szenarien.....	190
6.2.3. Konvertierung von Inhalten in Dialoge.....	193
6.2.3.1. Phase 1: Strukturierung von Informationen .....	195
6.2.3.2. Phase 2: Gestaltung von Antworten .....	197
Schritte der Antwortphase.....	197
Richtlinien der Antwortphase.....	199
6.2.3.3. Phase 3: Gestaltung von Eingaben .....	200
6.2.3.4. Phase 4: Gestaltung von Medien .....	203
Gestaltung und Verwaltung der Medien .....	203
Integration von Avataramationen.....	205
6.2.3.5. Phase 5: Umsetzung von Umfeldfunktionen.....	206
6.2.3.6. Phase 6: Integration von Emotionen .....	209
6.2.3.7. Phase 7: Test der Dialoge.....	211
6.2.3.8. Besonderheiten bei der Konvertierung unstrukturierter Informationen....	213
<b>6.3. Zusammenfassung .....</b>	<b>214</b>
<b>7. Evaluation des Hilfesystems .....</b>	<b>217</b>
<b>7.1. Planung und Durchführung der Evaluation.....</b>	<b>217</b>
7.1.1. Konzeption der Evaluation.....	217
7.1.1.1. Vorbereitung des Versuchsfahrzeugs.....	219
7.1.1.2. Auswahl der Versuchspersonen .....	221
7.1.1.3. Beschreibung der Versuchsstrecke.....	223
7.1.2. Durchführung der Evaluation.....	225
<b>7.2. Ergebnisse .....</b>	<b>227</b>
7.2.1. Vorkenntnisse der Probanden.....	228
7.2.1.1. Ausbildung der Probanden .....	228
7.2.1.2. Technische Vorkenntnisse.....	230
7.2.1.3. Vorkenntnisse im Bereich Autofahren und Erfahrungen mit der Marke Audi	231
7.2.2. Bearbeitung der Testaufgaben.....	233
7.2.2.1. Bearbeitungserfolge .....	233

7.2.2.2.	Bearbeitungszeiten erfolgreich bearbeiteter Testaufgaben .....	233
7.2.2.3.	Zielsicherheit bei der Verwendung von Bedienelementen .....	236
7.2.2.4.	Wissen über die Bedienelemente .....	238
7.2.3.	Vergleich des Handbuchs mit dem Avatarsystem.....	239
7.2.3.1.	Benutzerfreundlichkeit .....	239
7.2.3.2.	Nutzen .....	240
7.2.3.3.	Gesamteindruck.....	242
7.2.4.	Bewertung des Avatarsystems mit geschlossenen Fragen .....	242
7.2.4.1.	Avatar .....	243
7.2.4.2.	Inhalt und Visualisierung .....	244
7.2.4.3.	Benutzeroberfläche.....	246
7.2.4.4.	Spracherkennung.....	247
	Bewertung der Spracherkennung auf Basis der postaktionalen Fragebögen .....	248
	Bewertung der Spracherkennung auf Basis der Videoanalyse.....	249
7.2.4.5.	Sprachausgabe .....	251
7.2.4.6.	Dialogverlauf bzw. Dialogmanager .....	252
7.2.4.7.	Gesamteindruck.....	253
7.2.5.	Offene Bewertung des Avatarsystems .....	255
7.2.5.1.	Positiv wahrgenommene Aspekte in den offenen Fragen .....	255
7.2.5.2.	Negativ wahrgenommene Aspekte in den offenen Fragen .....	256
<b>7.3.</b>	<b>Ableitung von Hypothesen.....</b>	<b>258</b>
<b>7.4.</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>260</b>
<b>8.</b>	<b>Schlüsse aus der Umsetzung des Hilfesystems.....</b>	<b>263</b>
<b>8.1.</b>	<b>Zusammenfassung der Ergebnisse .....</b>	<b>263</b>
8.1.1.	Technische Entwicklung des Avatarsystems .....	263
8.1.2.	Gestaltung der Inhalte .....	265
8.1.3.	Wirkung auf Benutzer .....	266
<b>8.2.</b>	<b>Fazit .....</b>	<b>267</b>
<b>8.3.</b>	<b>Ausblick.....</b>	<b>269</b>
8.3.1.	Entwicklungspotenzial beim AViCoS-Avatarsystem .....	269
8.3.1.1.	Technische Weiterentwicklung .....	269
8.3.1.2.	Inhaltliche Weiterentwicklung .....	271
8.3.2.	Weiterentwicklung von Avatarsystemen im Fahrzeug .....	273
<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>277</b>	
<b>Anhang .....</b>	<b>303</b>	
<b>Anhang A: Mögliche Aufgaben für die Evaluation im Fahrzeug.....</b>	<b>303</b>	
<b>Anhang B: Präaktionaler Fragebogen der Evaluation.....</b>	<b>307</b>	
<b>Anhang C: Postaktionaler Fragebogen der Evaluation.....</b>	<b>315</b>	

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1:Entwicklung der Funktionsmenge in Fahrzeugen .....	1
Abbildung 1-2:Bestehende Ansätze zur Informationsvermittlung im Fahrzeug .....	3
Abbildung 1-3:Ablauf der Arbeit .....	7
Abbildung 2-1:Entscheidungsparameter des Entwurfs eines Forschungsdesigns .....	11
Abbildung 2-2:Beschreibung der konstruktivistischen Grundposition .....	14
Abbildung 2-3:Information Systems Research Framework.....	17
Abbildung 3-1:Zusammenhänge der Grundlagenbereiche .....	21
Abbildung 3-2:Zusammenhänge der phonemischen und phonetischen Elemente.....	23
Abbildung 3-3:Phasen und Schritte von Text-to-Speech (TTS) .....	27
Abbildung 3-4:Stufen der Texteingabe zur Sprachsynthese .....	28
Abbildung 3-5:Auswirkung der Betonung auf die Bedeutung eines Satzes .....	29
Abbildung 3-6:Phasen und Schritte der linguistischen Spracherkennung .....	35
Abbildung 3-7:Beispiel eines Worthypothesengraphs .....	36
Abbildung 3-8:Beispiel einer BNF-Grammatik .....	37
Abbildung 3-9:Funktionen eines Chatbots in einem Sprachdialogsystem.....	41
Abbildung 3-10:Strategien zur Dialogsteuerung.....	42
Abbildung 3-11:Verarbeitungsschritte in einem Chatbots .....	44
Abbildung 3-12:Beispiel von AIML Regeln.....	46
Abbildung 3-13:Beispiel eines VoiceXML Menüs.....	47
Abbildung 3-14:Bekanntere Avatare: Robert T. Online, Lara Croft und Kyoko Date.....	50
Abbildung 3-15:Unterscheidung von Avatartypen nach dem Grad der Autonomie.....	50
Abbildung 3-16:Avatare als Repräsentation künstlicher und natürlicher Intelligenzen .....	51
Abbildung 3-17:Optionen der technischen Umsetzung von Avataren.....	53
Abbildung 3-18:Eigenschaften, Technologien und Betrachtungswinkel virtueller Menschen	54
Abbildung 3-19:Grundlegende Komponenten eines möglichen Avatarsystems .....	59
Abbildung 3-20:Notation eines Unterhaltungsausschnitts zweier Gesprächspartner .....	62
Abbildung 3-21:Beispiel eines kommerziellen Avatarsystems im Internet: Anna von IKEA	65
Abbildung 3-22:Interaktion mit dem virtuellen Immobilienmakler REA .....	66
Abbildung 3-23:Modell zur Identifizierung von Bausteinen eines Fahrerassistenzsystems....	69
Abbildung 4-1:Ableitung von Anforderung aus Zielen der Stakeholder .....	77
Abbildung 4-2:Organisationen und deren Zusammenhänge im Forschungsumfeld.....	78
Abbildung 4-3:Lebenszyklus von visuellen Daten für Handbücher bei der AUDI AG .....	85
Abbildung 5-1:Zusammenhang der einzelnen Konzeptionsteile .....	97
Abbildung 5-2:Input System der Referenzarchitektur für Avatarsysteme.....	114
Abbildung 5-3:Ausgabesystem der Referenzarchitektur für Avatarsysteme .....	115
Abbildung 5-4:Designsystem der Referenzarchitektur für Avatarsysteme.....	116
Abbildung 5-5:Reaktionsermittlungssystem der Referenzarchitektur für Avatarsysteme....	117
Abbildung 5-6:Gesamte Referenzarchitektur für Avatarsysteme .....	119
Abbildung 5-7:Verteilungsmöglichkeiten für Avatarsysteme .....	121
Abbildung 5-8:Architektur für Avatarsysteme im Fahrzeug .....	122
Abbildung 5-9:Designherausforderungen eines Embodied Conversational Agents (ECA) ..	123
Abbildung 5-10:Tiefe und Breite der inhaltlichen Bereiche.....	129
Abbildung 5-11:Verfeinerung des Inhaltsmodells .....	131
Abbildung 5-12:Aufwand zur Verbesserung der Beantwortungsrate .....	132
Abbildung 5-13:Screenshot des Regeleditors GaitoBot.....	134
Abbildung 5-14:Beispiele der konzeptionellen Avatargestaltung in Poser .....	137
Abbildung 5-15:Konzeptionelle Anordnung der Teile der Benutzeroberfläche .....	138