

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>15</b>
1.1	Ziel dieser Arbeit . . . . .	15
1.2	Aufbau der vorliegenden Arbeit . . . . .	17
<b>2</b>	<b>Multimodale interaktive Systeme</b>	<b>21</b>
2.1	Modalität . . . . .	21
2.1.1	Prozessmodell der Mensch-Maschine-Interaktion . . . . .	23
2.1.2	Bewusst kontrollierte und unbewusst kontrollierte Modalitäten . . . . .	25
2.1.3	Abgrenzung Modalität, Modus, Medium, Kanal . . . . .	25
2.2	Multimodalität . . . . .	26
2.3	Interaktion: zwischen Kommunikation und Aktion . . . . .	28
2.4	Modalitäten nach dem Vorbild der menschlichen Kommunikation . . . . .	29
2.4.1	Kanäle der zwischenmenschlichen Kommunikation . . . . .	29
2.4.2	Sprachliche Interaktion . . . . .	30
2.4.3	Non-Verbale Interaktion mit <i>perceptual user interfaces</i> . . . . .	33
2.4.4	Gesten in der MMI . . . . .	34
2.4.5	Emotionserkennung: Mimik, Gestik und Prosodik . . . . .	36
2.4.6	Blickinteraktion . . . . .	37
2.5	Interaktion als werkzeuggesteuerte Handlung . . . . .	38
2.5.1	Direkte Manipulation . . . . .	38
2.5.2	Virtuelle und erweiterte Realität . . . . .	40
2.5.3	Zweihändige Interaktion . . . . .	41
2.5.4	Taxonomie von Interaktionswerkzeugen . . . . .	43
2.5.5	Elementare Interaktionshandlungen . . . . .	44
2.6	Modality Theory: Ein Beschreibungsmodell für Modalitäten . . . . .	46
2.6.1	Ausgabemodalitäten . . . . .	46
2.6.2	Eingabemodalitäten . . . . .	49
2.6.3	Modality Properties . . . . .	55
2.7	Multimodale Verarbeitung . . . . .	57
2.7.1	Multimodale Wahrnehmung . . . . .	57
2.7.2	Technische Verarbeitung: Fusion und Fission . . . . .	60
2.7.3	Formen multimodaler Kombination . . . . .	63
2.8	Das Potential multimodaler Interaktion . . . . .	65
2.8.1	Adäquate Modalitätsauswahl . . . . .	67
2.8.2	Kombination mehrerer Interaktionsmodalitäten . . . . .	72
2.9	Architektur der multimodalen Schnittstelle . . . . .	78
2.9.1	Das Seeheim-Modell . . . . .	79
2.9.2	Das Arch-Modell . . . . .	79
2.9.3	Architekturmuster: <i>Model view controller</i> und <i>presentation abstraction control</i> . . . . .	81
2.9.4	Die Interaktor-Abstraktion . . . . .	83
2.9.5	PAC-AMODEUS . . . . .	86
2.9.6	Multimodale Architekturen auf Basis intelligenter Agenten . . . . .	86
2.9.7	Bezug zum Software-Engineering . . . . .	88
2.10	Beispiele multimodaler Systemprototypen . . . . .	88
2.10.1	Frühe Systeme . . . . .	88
2.10.2	Einschlägige Forschungsprojekte . . . . .	89
2.10.3	Einsatzszenarien . . . . .	95
2.10.4	Zusammenfassung . . . . .	108

2.11	Standardisierungsansätze durch das W3C	112
2.12	Positionierung dieser Arbeit	115
<b>3</b>	<b>User-Interface-Engineering</b>	<b>117</b>
3.1	Vorgehensmodelle des Software-Engineerings	117
3.2	Entwicklung interaktiver Systeme	120
3.3	Bestandsaufnahme von Entwurfsansätzen für multimodale Interaktion	124
3.3.1	Guideline-basierte Entscheidungsunterstützung	124
3.3.2	Prototyping-Ansätze	128
3.3.3	Abdeckung des <i>usability engineering lifecycles</i>	135
3.4	Modellbasierte Ansätze	135
3.4.1	Bezug zu modellgetriebenen Ansätzen des Software-Engineerings	138
3.4.2	Plattformunabhängige und adaptive Systeme	141
3.4.3	Beispielansatz für adaptive multimodale Interaktion: FAME	143
3.4.4	Probleme und Perspektiven des modellbasierten Ansatzes	144
3.5	Patternbasierte Ansätze	146
3.5.1	Qualitätskriterien für Designpatterns	150
3.5.2	User Interface Patterns	151
3.5.3	Patterns für Softwarearchitekturen interaktiver Systeme	156
3.5.4	Patterns in modellbasierten Ansätzen	157
3.5.5	Patterns für multimodale Interaktion	157
3.6	Fazit	160
<b>4</b>	<b>Identifikation von Patterns für multimodale Interaktion</b>	<b>161</b>
4.1	Ermittlung sinnvoller Interaktionsmodalitäten	162
4.1.1	Modalitätsauswahl auf Basis von Aufgabeneigenschaften	162
4.1.2	Interaction Constraints	163
4.1.3	Ableitung von Patterns?	164
4.2	Potential von Modalitätskombinationen	165
4.3	Potential durch Wechseln der Interaktionsmodalitäten	170
4.4	Identifizieren von Mustern in einschlägigen Anwendungsszenarien	170
4.4.1	Unterstützung von Doppelaufgabenszenarien	172
4.4.2	Kartenbasierte Anwendungen	172
4.4.3	Graphische Design-Anwendungen	173
4.4.4	Mobile Systeme	175
4.4.5	Weitere Aspekte	176
4.5	Fazit	178
<b>5</b>	<b>Eine Patternsammlung für multimodale Interaktion</b>	<b>179</b>
5.1	Aufbau der Patternsammlung	179
5.2	Flexible Interaktion	182
5.2.1	Alternative Eingabemöglichkeiten ( <i>multiple ways of input</i> )	184
5.2.2	Globale Kanalkonfiguration ( <i>global channel configuration</i> )	187
5.2.3	Kontextadaption ( <i>context adaptation</i> )	190
5.3	Effiziente Informationsaufnahme	194
5.3.1	Audiovisuelle Präsentation ( <i>audio-visual presentation</i> )	195
5.3.2	Audiovisuelle Arbeitsumgebung ( <i>audio-visual workspace</i> )	198
5.4	Robuste Interaktion	201
5.4.1	Redundante Ausgabe ( <i>redundant output</i> )	202
5.4.2	Redundante Eingabe ( <i>redundant input</i> )	205
5.4.3	Multimodale N-Best-Auswahl ( <i>multi-modal n-best selection</i> )	208

5.4.4	Hypothesenreduktion durch Anbuchstabieren ( <i>spelling-based hypothesis reduction</i> )	211
5.5	Schnelle Dateneingabe	214
5.5.1	Sprachkürzel ( <i>voice-based interaction shortcut</i> )	216
5.5.2	Sprachgestütztes Formular ( <i>speech-enabled form</i> )	219
5.5.3	Natürliche Sprache mit Gesten ( <i>gesture-enhanced natural speech</i> )	222
5.5.4	Positionsspezifische Geste ( <i>location-sensitive gesture</i> )	227
5.6	Graphikbasierte Anwendungen	230
5.6.1	Sprachgestützte Werkzeugleiste ( <i>speech-enabled palette</i> )	231
5.6.2	Sprachgestütztes Skizzieren ( <i>speech-enhanced sketching</i> )	233
5.6.3	Multimodale Ortssuche ( <i>multi-modal spatial search</i> )	236
5.7	Fazit	239
<b>6</b>	<b>Umsetzung multimodaler E-Mail-Prototypen für PDA und Desktop-PC</b>	<b>241</b>
6.1	Interaktives Szenario	241
6.2	Technische Basis	243
6.3	Architekturprinzipien	244
6.3.1	Observer-basierte Architektur	245
6.3.2	Verteilte Architektur	246
6.3.3	Das interaktive System als Zustandsmaschine	249
6.4	Systembeschreibung	250
6.4.1	Wizard-of-Oz-Setting: Desktop	250
6.4.2	Wizard-of-Oz-Setting: PDA	254
6.4.3	Zu simulierende Sprachinteraktion	259
6.4.4	Allgemeine Funktionalität der Versuchsleiterschnittstelle	260
6.4.5	„Stand-alone“-PDA-Setting	266
6.4.6	„Stand-alone“-Desktop-Setting	272
6.5	Fazit	273
<b>7</b>	<b>Explorative Untersuchungen zur multimodalen Interaktion</b>	<b>275</b>
7.1	Empirischer Forschungsstand zur multimodalen Interaktion	275
7.1.1	Studien zur Modalitätspräferenz und Modalitätsverteilung	276
7.1.2	Auswirkung von Multimodalität auf die Sprachsyntax	277
7.1.3	Interindividuelle Unterschiede	279
7.1.4	Fehlerbehandlung und -vermeidung	280
7.1.5	Schnellere Interaktion	280
7.1.6	Auswirkung der sozialen Umgebung auf die Akzeptanz	281
7.1.7	Natürlichkeit	282
7.2	Das Ziel dieser explorativen Forschung	282
7.3	Untersuchungen multimodaler Interaktion am PDA und Desktop-PC	283
7.3.1	Versuchaufbau	284
7.3.2	Versuchsdesign	287
7.3.3	Datenerhebung und Metriken	290
7.3.4	Annahmen und Fragestellungen	292
7.3.5	Testpersonen	296
7.3.6	Subjektive Systembewertungen	298
7.3.7	Interaktionseffizienz (Wizard-of-Oz-Setting)	300
7.3.8	Erkennungsrakurtheit („Stand-alone“-Setting)	306
7.3.9	Modalitätsverteilung	306
7.3.10	Weitere Beobachtungen	315
7.3.11	Folgerungen für die Patterns	317

7.4	Untersuchungen der Augenbewegungen bei multimodaler Interaktion . . . . .	319
7.4.1	Augenbewegungen als unbewusst kontrollierte Eingabemodalität – Stand der Forschung . . . . .	319
7.4.2	Fragestellungen . . . . .	323
7.4.3	Versuchaufbau . . . . .	323
7.4.4	Datenerhebung und Metriken . . . . .	324
7.4.5	Beobachtungen . . . . .	324
7.4.6	Folgerungen . . . . .	326
7.5	Fazit . . . . .	326
<b>8</b>	<b>Schlussbemerkungen</b>	<b>329</b>
8.1	Zusammenfassung . . . . .	329
8.2	Ausblick . . . . .	330
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>333</b>
	<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>375</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>379</b>
	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>381</b>
<b>A</b>	<b>Versuchssetting</b>	<b>383</b>
A.1	Checkliste für den Versuchsleiter (Wizard-Setting) . . . . .	383
A.2	Erfassungsbogen . . . . .	386
A.3	Systemdemonstration für die Testpersonen (Stand-alone-Setting) . . . . .	387
A.4	Interviewfragebogen für das Wizard-of-Oz-Setting . . . . .	388
A.5	Interviewfragebogen für das Stand-alone-Setting . . . . .	391

Ein weiterer Anhang mit einer detaillierten Beschreibung des Versuchssettings und Daten aus den Benutzertests ist online verfügbar unter:

<http://www.vwh-verlag.de/vwh/?p=458>