

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	15
1.1 Ziel dieser Arbeit	15
1.2 Aufbau der vorliegenden Arbeit	17
2 Multimodale interaktive Systeme	21
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 werkzeugbasierte 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 Seeham-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
3 User-Interface-Engineering	117
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
4 Identifikation von Patterns für multimodale Interaktion	161
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
5 Eine Patternsammlung für multimodale Interaktion	179
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
6 Umsetzung multimodaler E-Mail-Prototypen für PDA und Desktop-PC	241
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
7 Explorative Untersuchungen zur multimodalen Interaktion	275
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 Versuchsaufbau	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 Erkennerrakkuraturheit („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
8	Schlussbemerkungen	329
8.1	Zusammenfassung	329
8.2	Ausblick	330
Literaturverzeichnis		333
Abkürzungsverzeichnis		375
Abbildungsverzeichnis		379
Tabellenverzeichnis		381
A	Versuchssetting	383
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>