

X . media . press



Andreas M. Heinecke

Mensch-Computer- Interaktion

Basiswissen für Entwickler und Gestalter

Zweite, überarbeitete und erweiterte Auflage



Springer

Andreas M. Heinecke
Fachhochschule Gelsenkirchen
Fachbereich Informatik
45877 Gelsenkirchen
Deutschland
mci@drheinecke.de

Die erste Auflage erschien 2004 im Hanser Fachbuchverlag.

ISSN 1439-3107

ISBN 978-3-642-13506-4

e-ISBN 978-3-642-13507-1

DOI 10.1007/978-3-642-13507-1

Springer Heidelberg Dordrecht London New York

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

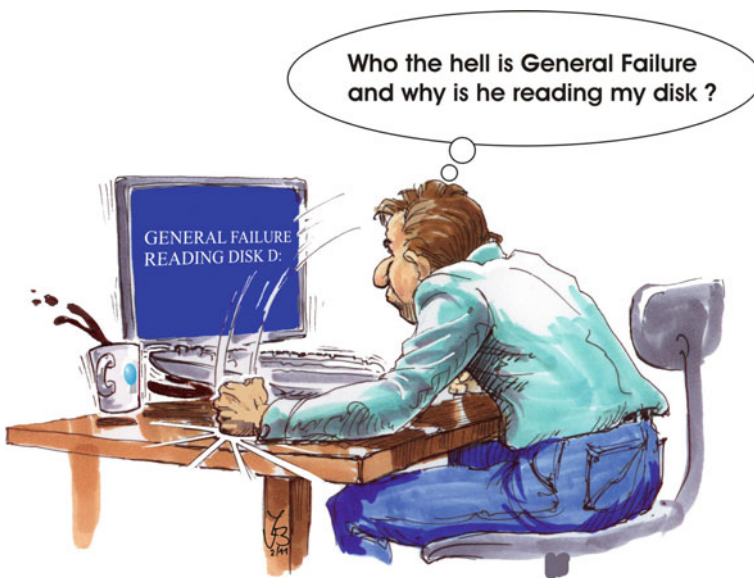
Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Einbandentwurf: KünkelLopka GmbH, Heidelberg

Gedruckt auf säurefreiem Papier

Springer ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media (www.springer.com)

Motivation



Unverständliche Meldungen, schwer erkennbare Bedienelemente, unauffindbare Funktionen, umständliche Dialoge – jede Benutzerin und jeder Benutzer von Rechneranwendungen kann hierfür Beispiele nennen. Derartige Mängel in der Gestaltung von Anwendungssystemen können schwerwiegende Folgen haben. Diese reichen von wirtschaftlichen Nachteilen durch langsamere und fehleranfällige Bearbeitung über gesundheitliche Beeinträchtigungen der Benutzerinnen und Benutzer bis hin zu Verlusten an Menschenleben und Sachwerten bei sicherheitskritischen technischen Anwendungen.

Ein großer Teil solcher Probleme bei der Benutzung von Anwendungssystemen rührt daher, dass die Entwickler die Programmierung einer Anwendung vornehmlich unter technischen Gesichtspunkten durchführen. Oft kennen sie weder die Bedürfnisse der Benutzer noch sind sie dazu ausgebildet, diese zu ermitteln und bei der Programmierung zu berücksichtigen. Dies ist auch in der fachlichen Tradition

begründet, denn in der Frühzeit der Rechneranwendungen war Benutzen identisch mit Programmieren. Mit dem Aufkommen der so genannten Dialogsysteme ergab sich dann aber die heute vorherrschende Trennung zwischen denjenigen, die mit einer Rechneranwendung fachliche Aufgaben beispielsweise in Wirtschaft, Verwaltung oder Ausbildung bearbeiten, und denjenigen, welche die hierfür nötigen Anwendungsprogramme entwickeln.

Bei der Ausbildung im Bereich der Informatik ist die Frage der benutzergerechten Gestaltung von Anwendungssystemen in der Vergangenheit häufig vernachlässigt worden. Zwar gibt es seit 1993 eine Empfehlung der Gesellschaft für Informatik e.V. für eine *Software-Ergonomie-Ausbildung in Informatik-Studiengängen an bundesdeutschen Universitäten* [GI93], jedoch zielte dieser recht umfangreiche Katalog für eine vertiefte Behandlung des Themas auf den Wahl- und Wahlpflichtbereich. Außerhalb dieses Bereiches sowie an anderen Hochschulen und Bildungseinrichtungen ist es aber zum Teil bis heute möglich, ohne Grundkenntnisse im Bereich der Mensch-Computer-Interaktion einen Abschluss zu erwerben, mit dem man in der Entwicklung von Anwendungssystemen tätig werden kann.

Wichtig war daher die Festlegung, was alle Entwickler und Entwicklerinnen von Anwendungssystemen mindestens über deren menschengerechte und gebrauchstaugliche Gestaltung wissen müssen, damit sie die mittlerweile in vielen Anwendungsbereichen geltenden rechtlichen Vorschriften für eine ergonomische Gestaltung auch erfüllen können. Die erste Auflage dieses Buches, die im Jahr 2004 erschien, erhob ganz bewusst den Anspruch, das Minimalwissen im Bereich der Mensch-Computer-Interaktion darzustellen, welches alle Personen benötigen, die Software erstellen und gestalten. Damit bildete es einen wichtigen Impuls für die kurz darauf einsetzende Diskussion über ein Basismodul der Mensch-Computer-Interaktion für alle Informatikstudiengänge.

Im Jahr 2006 verabschiedete das Präsidium der Gesellschaft für Informatik e.V. als Ergebnis dieser Diskussion ein *Curriculum für ein Basismodul zur Mensch-Computer-Interaktion* [GI06] als Empfehlung. Diese Empfehlung konkretisiert die *Empfehlungen für Bachelor- und Masterprogramme im Studienfach Informatik an Hochschulen* [GI05] in Bezug auf die dort geforderten „Kenntnisse, wie Mensch-Maschine-Schnittstellen anwendungsgerecht und ergonomisch modelliert werden“. Nicht zuletzt durch die Berücksichtigung dieser Empfehlungen in der Programmakkreditierung von Informatikstudiengängen hat in den letzten Jahren die Mensch-Computer-Interaktion eine besser angemessene Berücksichtigung in der Lehre erhalten. Vielerorts gibt es mittlerweile ein Basismodul, wie es von der Empfehlung gefordert wird.

Dieses Buch stimmt in den Lernzielen und Inhalten weitestgehend mit der GI-Empfehlung überein. Es baut auf dem Inhalt eines Lehrmoduls auf, das seit fast einem Jahrzehnt in unterschiedlichen Studiengängen sowohl im Präsenzstudium als auch im Verbundstudium (Fernstudium mit Präsenzphasen) an verschiedenen Hochschulen in Deutschland und der Schweiz für Studierende der Informatik, der

Medieninformatik und der Wirtschaftsinformatik für die Grundlagenausbildung in Mensch-Computer-Interaktion eingesetzt worden ist.

Im ersten Kapitel des Buches wird eine kurze Einführung in die Geschichte der Computer-Benutzung gegeben und es werden *Begriffe und Modelle* der Mensch-Computer-Interaktion definiert, die für die weitere Darstellung grundlegend sind. Anschließend wird die *Software-Ergonomie* vorgestellt als ein Wissenschaftsgebiet, das sich mit der Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen beschäftigt. Hierbei geht es insbesondere um die Ziele der Gestaltung sowie um die rechtlichen Anforderungen an die Benutzungsschnittstellen von Anwendungssystemen.

Die Kapitel über die *Physiologie der menschlichen Informationsverarbeitung*, über die *Psychologie der menschlichen Informationsverarbeitung* und über *menschliche Handlungsprozesse* enthalten das Grundwissen über die Informationsverarbeitung beim Menschen. Dieses Wissen ist nötig um zu verstehen, wie sich viele Anforderungen an die Mensch-Computer-Interaktion unmittelbar aus den Eigenschaften des Menschen ableiten lassen. Wer lediglich an Regeln für die Gestaltung interessiert ist, die diese Anforderungen berücksichtigen, kann diese drei Kapitel über den Menschen zunächst überspringen.

Die nächsten sechs Kapitel stellen die einzelnen Bestandteile der Benutzungsschnittstelle in Hinblick auf die Interaktion mit dem Benutzer oder der Benutzerin dar. Zunächst werden die ergonomischen Anforderungen an die *Hardware für die Interaktion* mit dem Rechner beschrieben. Im Kapitel über die *Ein-/Ausgabe-Ebene* wird untersucht, welche Prinzipien für eine ergonomische Gestaltung der Interaktionen gelten und wie diese mit welchen Interaktionselementen umgesetzt werden können. Bei der *Dialog-Ebene* werden die unterschiedlichen Dialogarten und Interaktionsstile vorgestellt. Darauf aufbauend werden auch hier die Prinzipien für eine ergonomische Gestaltung sowie die Frage erörtert, wie aus diesen Prinzipien konkrete Gestaltungsempfehlungen abgeleitet werden können. Die *Gestaltung von multimedialen Dialogen* wird in einem gesonderten Kapitel behandelt, das auch die Auswahl geeigneter Medien zur Ausgabe multimedialer Information thematisiert und somit sowohl Aspekte des Dialogs als auch der Ein-/Ausgabe beinhaltet. Das Kapitel über die *Werkzeug-/Anwendungsebene* enthält Überlegungen zu den Grundfunktionen, die in nahezu jeder Anwendung vorhanden sind, sowie zu den Navigationsfunktionen in multimedialen Anwendungen. Auch bei der Werkzeug-/Anwendungsebene sind die Gestaltungsprinzipien vorgestellt.

Das Kapitel über die *Benutzerunterstützung* befasst sich mit den Möglichkeiten, die Interaktion und die Arbeit mit Anwendungen bezogen auf alle drei vorher vorgestellten Ebenen der Benutzungsschnittstelle für die Benutzerinnen und Benutzer zu erleichtern. Eng in Zusammenhang damit steht das Kapitel über die *Berücksichtigung individueller Bedürfnisse*. Hierin geht es um die rechtlich vorgeschriebene Barrierefreiheit für behinderte Benutzerinnen und Benutzer und darum, wie alle Benutzerinnen und Benutzer sich ein interaktives System nach ihren Bedürfnissen einstellen können.

Das Kapitel zur *Organisationsschnittstelle* behandelt zum einen die organisatorische Einbindung der Anwendung in das technische System des Anwenders,

zum anderen die arbeitsorganisatorischen Fragen der Anwendungsgestaltung. Damit leitet es zum Schlusskapitel über, das untersucht wie durch *menschzentrierte Software-Entwicklung* bewirkt werden kann, dass das Software-Produkt auch wirklich gebrauchstauglich ist. Da es zu diesen eher software-technischen Fragen spezielle Lehrveranstaltungen und Lehrbücher im Bereich der Software-Technik gibt, gibt das Kapitel nur einen Überblick.

Die *Implementation von Benutzungsschnittstellen* wird in diesem Buch bewusst ausgeklammert. Die Nutzung der in diesem Buch vorgestellten Elemente, Strukturen und Konzepte zur Programmierung einer gebrauchstauglichen Anwendung bietet genügend Stoff für eine weitere Veröffentlichung, in der es um die Programmierung in einer objektorientierten Programmiersprache unter Nutzung einer grafischen Entwicklungsumgebung gehen soll.

Da dieses Buch lediglich die Inhalte eines Basismoduls in Mensch-Computer-Interaktion vermitteln soll, ist es bewusst kurz gehalten. Einige für ein vertieftes Verständnis zwar hilfreiche, aber nicht unbedingt erforderliche Ergänzungen finden sich auf der zugehörige Website im Internet (<http://mci.drheinecke.de>). Dort finden sich beispielsweise neben den Lösungen der Übungsaufgaben zusätzliche Aufgaben mit Lösungen, Fotografien von weiteren Ein- und Ausgabegeräten sowie Beispiele von Anwendungssystemen entweder direkt oder als Verweise auf andere Websites. Auf solche *Ergänzungen zum Buchtext im Netz* wird durch dieses Zeichen verwiesen: 

Aus Platzgründen und zum Zweck der leichteren Lesbarkeit wird außerhalb dieses einleitenden Kapitels bei Personenbezeichnungen immer nur ein grammatisches Geschlecht benutzt. So wie „die Person“ durchaus ein Mann sein kann, ist „der Benutzer“ häufig eine Frau.

Ich danke allen, die durch Änderungsvorschläge und Korrekturen zur Verbesserung des Buches beigetragen haben. Ganz besonders möchte ich meiner Mitarbeiterin Karen Bensmann danken, ohne deren Hilfe insbesondere bei den Abbildungen sich die Fertigstellung noch weiter verzögert hätte. Dem Springer Verlag danke ich für die Geduld angesichts des weit überzogenen Abgabetermins und dafür, sich überhaupt der zweiten Auflage meines Buches anzunehmen.

Inhaltsverzeichnis

1	Begriffe und Modelle	1
1.1	Geschichtliche Entwicklung der Rechnerbenutzung	2
1.1.1	Erste Rechneranwendungen	2
1.1.2	Erste interaktive Systeme	3
1.1.3	Fernschreiber und Kommandos	4
1.1.4	Alphanumerische Bildschirme, Masken und Menüs	5
1.1.5	Semigrafik und Positioniergeräte	6
1.1.6	Vollgrafik und direkte Manipulation	7
1.1.7	Audioverarbeitung und Spracheingabe	8
1.1.8	Videoverarbeitung und Gestik	8
1.1.9	Virtuelle Umgebungen und Augmented Reality	9
1.2	Medien bei der Rechnerbenutzung	10
1.2.1	Einteilung der Medien zur Interaktion	10
1.2.2	Multimedia	14
1.2.3	Hypertext	14
1.2.4	Hypermedia	16
1.3	Modelle der Mensch-Computer-Interaktion	18
1.3.1	Benutzungsschnittstelle	18
1.3.2	Benutzung im Kontext	20
1.4	Übungsaufgaben	22
2	Software-Ergonomie	25
2.1	Gestaltung von Mensch-Rechner-Systemen	26
2.1.1	Gestaltungsziele	26
2.1.2	Gestaltungsebenen	34
2.2	Rechtliche Anforderungen	36
2.2.1	Bildschirmrichtlinie und Bildschirmarbeitsverordnung	36
2.2.2	Barrierefreie Informationstechnik-Verordnung (BITV)	37

2.3	Software-Ergonomie als interdisziplinäres Gebiet	39
2.3.1	Beteiligte Wissenschaftsgebiete	39
2.3.2	Arbeitsweisen der Software-Ergonomie	40
2.3.3	Stand des Wissens	42
2.4	Übungsaufgaben	44
3	Physiologie der menschlichen Informationsverarbeitung	45
3.1	Modelle menschlicher Informationsverarbeitung	46
3.1.1	Der Mensch als informationsverarbeitendes System	46
3.1.2	Das Rasmussen-Modell	47
3.2	Reizübertragung und Speicherung	48
3.2.1	Verarbeitung von Sinnesreizen	48
3.2.2	Gedächtnis und Prozessoren	50
3.3	Sinne des Menschen	54
3.3.1	Visuelles System	54
3.3.2	Auditives System	58
3.3.3	Haptik	58
3.3.4	Weitere Sinne und ihre Relevanz für die MCI	61
3.4	Übungsaufgaben	62
4	Psychologie der menschlichen Informationsverarbeitung	63
4.1	Psychologie der visuellen Wahrnehmung	63
4.1.1	Gestaltgesetze	63
4.1.2	Tiefenwahrnehmung	69
4.1.3	Bewegungseindruck	72
4.1.4	Optische Täuschungen	72
4.2	Gedächtnis und mentale Modelle	75
4.2.1	Interne Codes des Gedächtnisses	75
4.2.2	ACT*-Modell	76
4.2.3	Mentale Modelle	77
4.3	Übungsaufgaben	80
5	Handlungsprozesse	81
5.1	Eigenschaften menschlichen Handelns	82
5.1.1	Lernen	82
5.1.2	Automatische und kontrollierte Prozesse	83
5.1.3	Handlungsregulierung	85
5.1.4	Handlungsebenen bei der MCI	85
5.2	Fehler in Handlungsprozessen	87
5.2.1	Fehler auf verschiedenen Regulationsebenen	87
5.2.2	Fehlerarten	89
5.2.3	Fehlerbewältigung	92
5.2.4	Fehlervermeidung	93
5.3	Übungsaufgaben	95

6	Hardware für die Interaktion	97
6.1	Eingabegeräte	97
6.1.1	Arten von Eingabegeräten	97
6.1.2	Gestaltungsanforderungen für Eingabegeräte	99
6.1.3	Auswahl von Eingabegeräten	103
6.1.4	Tastaturen	106
6.1.5	Wertgeber	111
6.1.6	Zeigegeräte	114
6.1.7	Positioniergeräte	123
6.1.8	Eingabegeräte für virtuelle Umgebungen	140
6.1.9	Optische Eingabe	142
6.1.10	Akustische Eingabe	145
6.1.11	Eingabe mit haptischen Geräten	146
6.2	Ausgabegeräte	149
6.2.1	Übersicht	149
6.2.2	Allgemeines zu visuellen Ausgabegeräten	149
6.2.3	Zweidimensionale visuelle Ausgabegeräte	150
6.2.4	Dreidimensionale visuelle Ausgabegeräte	156
6.2.5	Akustische Ausgabegeräte	158
6.2.6	Taktile Ausgabegeräte	159
6.3	Übungsaufgaben	162
7	Ein-/Ausgabe-Ebene	163
7.1	Gestaltung der Ein-/Ausgabe	164
7.1.1	Gestaltungsprinzipien	164
7.1.2	Visuelle Informationsdarstellung	165
7.1.3	Akustische Informationsdarstellung	168
7.2	Interaktionselemente	169
7.2.1	Übersicht	169
7.2.2	Basiselemente	171
7.2.3	Erweiterungselemente	185
7.2.4	Interaktionselemente bei Hypermedia	186
7.3	Gruppierung von visueller Information	187
7.3.1	Gruppierungsprinzipien	187
7.3.2	Gruppierungselemente	188
7.3.3	Anordnung	189
7.4	Übungsaufgaben	191
8	Dialog-Ebene	193
8.1	Interaktionsstile	194
8.1.1	Funktionsorientierte Interaktion	194
8.1.2	Objektorientierte Interaktion	195
8.2	Dialogarten	195
8.2.1	Übersicht	195
8.2.2	Kommandodialog	196
8.2.3	Menüdialog	197

8.2.4	Dialog mit Formularen	202
8.2.5	Dialog mit Fenstersystemen	204
8.2.6	Direkte Manipulation	207
8.3	Gestaltung des Dialogs	211
8.3.1	Gestaltungsgrundsätze	211
8.3.2	Empfehlungen für einzelne Dialogarten	221
8.4	Anwendungsabhängige Dialoggestaltung	225
8.4.1	Anwendungsabhängige Gestaltungskriterien	225
8.4.2	Probleme der ergonomischen Dialoggestaltung	226
8.5	Übungsaufgaben	227
9	Gestaltung von multimedialen Dialogen	231
9.1	Gestaltungsgrundsätze für Multimedia	232
9.1.1	Allgemeine Gestaltungsgrundsätze	232
9.1.2	Eignung für das Kommunikationsziel	232
9.1.3	Eignung für Wahrnehmung und Verständnis	233
9.1.4	Eignung für Exploration	236
9.1.5	Eignung für Benutzungsmotivation	243
9.2	Auswahl und Kombination von Medien	244
9.2.1	Allgemeine Leitlinien für die Medienauswahl und Kombination	244
9.2.2	Medienauswahl für Informationsarten	248
9.2.3	Medienkombination und Medienintegration	253
9.2.4	Lenkung der Aufmerksamkeit des Benutzers	255
9.3	Übungsaufgaben	258
10	Werkzeug-Ebene	259
10.1	Funktionalität	260
10.1.1	Werkzeugmetapher	260
10.1.2	Grundfunktionen von Anwendungen	261
10.1.3	Austausch zwischen Anwendungen	262
10.1.4	Navigation in multimedialen Anwendungen	265
10.2	Gestaltung der Anwendung	273
10.2.1	Gestaltungsprinzipien	273
10.2.2	Ableitung von Gestaltungskriterien	274
10.3	Übungsaufgaben	276
11	Benutzerunterstützung	279
11.1	Benutzerführung	280
11.1.1	Übersicht	280
11.1.2	Allgemeine Empfehlungen zur Benutzerführung	281
11.1.3	Empfehlungen zu Eingabeaufforderungen	283
11.1.4	Empfehlungen zu Rückmeldungen	284
11.1.5	Empfehlungen zu Statusinformation	286

11.2	Fehlermanagement	288
11.2.1	Gestaltung zur Fehlervermeidung	288
11.2.2	Fehlermeldungen	290
11.2.3	Fehlerkorrekturen durch das System	291
11.2.4	Fehlerkorrektur durch den Benutzer	291
11.3	Online-Hilfe	292
11.3.1	Übersicht	292
11.3.2	Systeminitiierte Hilfe	293
11.3.3	Benutzerinitiierte Hilfe	294
11.3.4	Anzeige von Online-Hilfe	294
11.3.5	Interaktion mit Hilfesystemen	296
11.4	Übungsaufgaben	297
12	Berücksichtigung individueller Bedürfnisse	299
12.1	Zugänglichkeit	300
12.1.1	Begriffe	300
12.1.2	Probleme besonderer Benutzergruppen	301
12.1.3	Barrierefreie Gestaltung nach BITV	304
12.1.4	Leitlinien für die Zugänglichkeit	306
12.1.5	Gestaltungsprinzipien für Zugänglichkeit	312
12.2	Individualisierung	313
12.2.1	Allgemeines zur Individualisierung	313
12.2.2	Leitlinien für die Individualisierung	315
12.3	Übungsaufgaben	319
13	Organisationsebene	321
13.1	Systemorganisation	322
13.1.1	Überblick	322
13.1.2	Einbindung der Anwendung	322
13.1.3	Informationsmaterial	323
13.1.4	Arbeitsplatzgestaltung	326
13.2	Arbeitsorganisation	328
13.2.1	Übersicht	328
13.2.2	Arbeitsteilung Mensch – Rechner	329
13.2.3	Prinzipien zur Aufgabengestaltung	330
13.2.4	Arbeitsteilung Mensch – Mensch	331
13.2.5	Arbeitsplanung	332
13.2.6	Qualifikation und Qualifizierung	333
13.3	Übungsaufgaben	333
14	Menschzentrierte Systementwicklung	337
14.1	Anforderungen an den Gestaltungsprozess	338
14.1.1	Gestaltung von Arbeitssystemen	338
14.1.2	Menschzentrierte Gestaltung interaktiver Systeme	339
14.1.3	Grundsätze der menschzentrierten Gestaltung	341

14.2	Organisation des Gestaltungsprozesses	345
14.2.1	Planen des Gestaltungsprozesses	345
14.2.2	Struktur des menschenzentrierten Gestaltungsprozesses	346
14.3	Menschenzentrierte Gestaltungsaktivitäten	347
14.3.1	Verstehen und Beschreiben des Nutzungskontexts	347
14.3.2	Spezifizieren der Nutzungsanforderungen	351
14.3.3	Entwerfen der Gestaltungslösungen	354
14.3.4	Testen und Bewerten der Gestaltung	360
14.4	Evaluation interaktiver Software	361
14.4.1	Evaluationsbereiche	361
14.4.2	Evaluationsmethoden	363
14.5	Übungsaufgaben	368
	Literaturverzeichnis	371
	Gesetze, Normen und Richtlinien	375
	Quellen im Internet	379
	Sachwortverzeichnis	381