

# Einführung in die Software-Ergonomie

Gestaltung graphisch-interaktiver Systeme:  
Prinzipien, Werkzeuge, Lösungen

2., völlig neu bearbeitete Auflage

Herausgegeben von  
Edmund Eberleh, Horst Oberquelle  
und Reinhard Oppermann



Walter de Gruyter · Berlin · New York 1994

# Inhaltsverzeichnis

	Einführung . . . . .	1
	Edmund Eberleh, Horst Oberquelle & Reinhard Oppermann	
	Literatur . . . . .	4
1	Menschliche Informationsverarbeitung . . . . .	7
	Wilhelm R. Glaser	
1.1	Der Begriff der Informationsverarbeitung in der Psychologie und die Architektur der menschlichen Kognition . . . . .	7
1.1.1	Leib-Seele-Problem und Computermetapher . . . . .	7
1.1.2	Theoretische Grundlagen der Informationsverarbeitungspsychologie . . . . .	8
1.1.3	Die Architektur der menschlichen Kognition . . . . .	9
1.1.3.1	Allgemeine Struktur . . . . .	9
1.1.3.2	Das Modell von Rasmussen . . . . .	13
1.1.4	Die hierarchisch gestuften Niveaus der Handlung . . . . .	14
1.2	Die „Hardware“ des menschlichen Organismus: Informationsübertragung und -speicherung im Nerven- und Sinnessystem . . . . .	17
1.2.1	Die Nervenzelle . . . . .	17
1.2.2	Nervennetze . . . . .	18
1.2.3	Das visuelle System . . . . .	19
1.2.4	Allgemeine Parameter der höheren Sinnessysteme . . . . .	21
1.3	Wichtige Befunde und Theorien aus der Psychologie der visuellen Wahrnehmung . . . . .	23
1.3.1	Die Theorie von Marr . . . . .	23
1.3.2	Der Beitrag der Gestaltpsychologie . . . . .	25
1.3.3	Die Gestaltgesetze . . . . .	25
1.3.4	Oberflächen und subjektive Konturen . . . . .	27
1.3.5	Folgerungen für die Bildschirmgestaltung . . . . .	28
1.3.6	Räumliche Tiefe . . . . .	30
1.3.7	Bewegung und gepulster optischer Reiz . . . . .	32
1.3.8	Gesichtsfeld und Sehschärfe . . . . .	34

1.4	Die Gedächtnissysteme: interne Codes, Strukturen und Prozesse; Wissen und mentale Modelle . . . . .	34
1.4.1	Die Prozessoren . . . . .	36
1.4.2	Die Gedächtnissysteme mit begrenzter Speicherdauer . . . . .	37
1.4.3	Das Langzeitgedächtnis . . . . .	38
1.4.3.1	Interne Codes . . . . .	38
1.4.3.2	Das ACT*-Modell von Anderson . . . . .	40
1.4.3.3	Mentale Modelle . . . . .	43
1.4.3.4	Einprägen, Behalten, Abrufen . . . . .	43
1.5	Üben, Automatisieren und der Zusammenhang dieser Funktionen mit der Aufmerksamkeit . . . . .	45
1.5.1	Übung und Automatisierung . . . . .	45
1.5.2	Automatische und kontrollierte kognitive Prozesse . . . . .	46
	Literatur . . . . .	48
2	Arbeits- und organisationspsychologische Grundlagen der Software-Ergonomie . . . . .	53
	Winfried Hacker	
2.1	Einführung . . . . .	53
2.2	Software-Gestaltung als Organisations- und Arbeitsgestaltung	54
2.2.1	Schwerpunkt Auftragsgestaltung . . . . .	56
2.2.2	Rechnerunterstützung geistiger Arbeit oder Computerisierung?	56
2.2.3	Rationalisierung geistiger Arbeit vor ihrer Computerunterstützung . . . . .	57
2.2.4	Rechnerunterstützte geistige Arbeit vorausschauend entwerfen	57
2.3	Hierarchie der Gegenstände der Arbeitsgestaltung . . . . .	59
2.4	Vorbedingungen effektiver Rechnerunterstützung . . . . .	62
2.5	Welche Art rechnerunterstützter geistiger Arbeit gestalten? . . . . .	62
2.5.1	Tätigkeitstypen als Analysehilfen . . . . .	63
2.5.2	Klassifikation von Anforderungen . . . . .	64
2.5.3	Grundlagen der Klassifizierung . . . . .	65
2.5.4	Komplexitätsgrad . . . . .	70
2.5.5	Abstraktionsgrad . . . . .	71
2.5.6	Operativitätsgrad . . . . .	71
2.5.7	Mischanforderungen . . . . .	73
2.6	Das Gestaltungsziel: „Vollständige“ rechnerunterstützte geistige Tätigkeiten . . . . .	73

2.7	„Dialog“gestaltung als Arbeitsgestaltung . . . . .	82
2.8	Lernfreundliche Gestaltung von Hard- und Software . . . . .	87
	Literatur . . . . .	91
3	Formen der Mensch-Computer-Interaktion . . . . .	95
	Horst Oberquelle	
3.1	Einführung . . . . .	95
3.2	MCI im Nutzungskontext . . . . .	96
3.2.1	Modelle und Grundbegriffe der MCI . . . . .	96
3.2.2	Perspektiven . . . . .	101
3.2.3	Software-ergonomische Gestaltung der MCI . . . . .	104
3.2.4	Der Gestaltungsraum der MCI . . . . .	106
3.3	Ein-/Ausgabe-Gestaltung . . . . .	108
3.3.1	Ausgabeelemente . . . . .	109
3.3.1.1	Visuelle Ausgabeelemente . . . . .	109
3.3.1.2	Akustische und haptische Ausgabe . . . . .	113
3.3.2	Eingabeelemente . . . . .	114
3.3.2.1	Visuelle Eingabe . . . . .	115
3.3.2.2	Akustische Eingabe . . . . .	117
3.3.2.3	Haptische Eingabe . . . . .	118
3.4	Interaktionstechniken . . . . .	118
3.4.1	Kommandosprachen . . . . .	119
3.4.2	Menüs . . . . .	123
3.4.3	Masken und Formulare . . . . .	130
3.4.4	Direkte Manipulation . . . . .	133
3.4.5	Graphische Benutzungsoberflächen . . . . .	137
3.5	Zusammenfassung und Ausblick . . . . .	138
	Literatur . . . . .	139
4	Industrielle Gestaltungsrichtlinien für graphische Benutzungsoberflächen . . . . .	145
	Edmund Eberleh	
4.1	Übersicht . . . . .	145
4.1.1	Warum Standards für Benutzungsoberflächen? . . . . .	145
4.1.2	Zentrale Eigenschaften graphischer Benutzungsoberflächen	147
4.1.2.1	Graphikfähigkeit . . . . .	147

VIII Inhaltsverzeichnis

4.1.2.2	Fenstertechnik . . . . .	147
4.1.2.3	Multimodale und -mediale Ein-/Ausgabetechniken . . . . .	148
4.1.3	Struktur der Richtlinien . . . . .	148
4.2	IBM SAA-Common User Access (CUA) . . . . .	149
4.2.1	Aufbau und Geltungsbereich . . . . .	149
4.2.2	Ziele und Gestaltungsprinzipien . . . . .	150
4.2.2.1	Prinzipien, die dem Benutzer die Kontrolle geben . . . . .	150
4.2.2.2	Prinzipien, die die Gedächtnisbelastung verringern . . . . .	151
4.2.2.3	Prinzipien, die zur Konsistenz beitragen . . . . .	151
4.2.3	Beschreibung der Benutzungsoberfläche . . . . .	152
4.2.3.1	Konzeption . . . . .	152
4.2.3.1.1	Objektorientierung . . . . .	152
4.2.3.1.2	Objektklassen . . . . .	153
4.2.3.2	Präsentation . . . . .	154
4.2.3.2.1	Ansichten von Objekten . . . . .	154
4.2.3.2.2	Fenster . . . . .	155
4.2.3.2.3	Handlungsmöglichkeiten . . . . .	157
4.2.3.2.4	Bedienelemente . . . . .	158
4.2.3.3	Interaktion . . . . .	161
4.2.3.3.1	Auswählen . . . . .	161
4.2.3.3.2	Daten übertragen . . . . .	163
4.2.3.3.3	Zeigen und Blättern . . . . .	163
4.2.3.4	Information . . . . .	164
4.3	OSF/Motif . . . . .	165
4.3.1	Ziele und Gestaltungsprinzipien . . . . .	165
4.3.2	Besonderheiten . . . . .	169
4.4	Microsoft Windows . . . . .	169
4.4.1	Ziele und Gestaltungsprinzipien . . . . .	171
4.4.2	Besonderheiten . . . . .	173
4.5	NeXTStep . . . . .	174
4.5.1	Ziele und Gestaltungsprinzipien . . . . .	174
4.5.2	Handlungsparadigmen . . . . .	176
4.6	Macintosh Human Interface Guidelines . . . . .	178
4.6.1	Ziele und Gestaltungsprinzipien . . . . .	178
4.6.2	Besonderheiten . . . . .	180
4.7	OPEN LOOK . . . . .	181
4.7.1	Ziele und Gestaltungsprinzipien . . . . .	181
4.7.2	Besonderheiten . . . . .	183
4.8	Einschätzung und Bewertung der Richtlinien . . . . .	183

4.8.1	Software-Ergonomie ist mehr als Oberflächendesign . . . . .	184
4.8.2	Software-Ergonomie ist mehr als die Verwendung graphischer Symbole und Elemente . . . . .	185
4.8.3	Weiterentwicklungen . . . . .	187
4.9	Umsetzung in firmeninterne Normen . . . . .	190
4.9.1	Notwendige Konkretisierungen . . . . .	190
4.9.2	Unterstützende Maßnahmen . . . . .	192
	Literatur . . . . .	193
5	Fehlermanagement und Hilfesysteme . . . . . Felix C. Brodbeck & Walter Rupiotta	197
5.1	Zielsetzung . . . . .	197
5.2	Grundlagen und Problemfelder . . . . .	198
5.2.1	Der menschliche Handlungsprozeß . . . . .	198
5.2.2	Handlungsregulation und Fehlhandlungen . . . . .	199
5.2.3	Fehlhandlungen als Mismatch . . . . .	202
5.2.4	Fehlerbewältigung und Fehlerantizipation . . . . .	203
5.3	Fehlervermeidung . . . . .	204
5.3.1	Wann ist Fehlervermeidung sinnvoll? . . . . .	204
5.3.2	Konsistente Dialoggestaltung . . . . .	205
5.3.3	Einschränkung von Freiheitsgraden . . . . .	206
5.3.4	Sicherheitsrückfragen . . . . .	206
5.3.5	Transaktionsmechanismen und Sicherheitskopien . . . . .	207
5.4	Fehlermanagement . . . . .	208
5.4.1	Was soll durch Fehlermanagement unterstützt werden? . . . . .	209
5.4.2	Der aktiv handelnde Benutzer . . . . .	211
5.4.3	Der Handlungsprozeß . . . . .	211
5.4.4	Fehlerbewältigung von Mismatch-Situationen . . . . .	211
5.4.4.1	Routinefehler . . . . .	212
5.4.4.2	Wissensfehler . . . . .	212
5.4.4.3	Denkfehler . . . . .	213
5.4.4.4	Merk- und Vergessensfehler . . . . .	214
5.4.4.5	Urteilsfehler . . . . .	215
5.5	Hilfesysteme . . . . .	215
5.5.1	Funktionalität von Hilfesystemen . . . . .	217
5.5.1.1	Initiative . . . . .	217
5.5.1.2	Retrieval-/Suchfunktionen und Navigation . . . . .	218
5.5.1.3	Exploration . . . . .	220

5.5.1.4	Individualisierung . . . . .	220
5.5.2	Inhaltliche Gestaltung von Hilfeleistungen . . . . .	220
5.5.2.1	Kontextbezug . . . . .	221
5.5.2.2	Adressatenbezug . . . . .	222
5.5.2.3	Inhaltlicher Aufbau . . . . .	223
5.5.2.4	Textformulierung . . . . .	223
5.5.3	Äußere Form von Hilfeleistungen . . . . .	225
5.5.4	Architektur von Hilfesystemen . . . . .	226
5.6	Zusammenfassung und Ausblick . . . . .	228
	Literatur . . . . .	230
6	Individualisierung von Benutzungsschnittstellen . . . . .	235
	Reinhard Oppermann	
6.1	Einleitung . . . . .	235
6.2	Gegenstände der Anpassung . . . . .	239
6.2.1	Synonyme . . . . .	239
6.2.2	Defaultwerte . . . . .	239
6.2.3	Hilfestellung . . . . .	239
6.2.4	Interaktionsformen . . . . .	240
6.2.5	Interaktionsinitiative . . . . .	240
6.2.6	Handlungspläne . . . . .	240
6.2.7	Einschränkung des verfügbaren Funktionsvorrats . . . . .	241
6.2.8	Modifikation und Erweiterung der Funktionalität . . . . .	241
6.3	Anpassung im Kontext von Flexibilisierung . . . . .	241
6.4	Kriterien zur Unterscheidung verschiedener Flexibilitätsarten . . . . .	244
6.4.1	Verfügbarkeit der Flexibilitätsleistung . . . . .	244
6.4.2	Geltungsdauer der Anpassungsmaßnahmen . . . . .	245
6.4.3	Geltungsbereich der Anpassungsmaßnahmen . . . . .	245
6.5	Rollenverteilung bei verschiedenen Arten der Flexibilität . . . . .	247
6.6	Konstruktionsanforderungen bei verschiedenen Arten der Flexibilität . . . . .	248
6.7	Methoden der Individualisierung . . . . .	249
6.7.1	Adaptierbarkeit . . . . .	249
6.7.2	Auto-Adaptivität . . . . .	251
6.8	Bedarf und Realisierung flexibler Systeme . . . . .	254
6.9	Einige Ergebnisse empirischer Forschung . . . . .	255

6.10	Ausblick . . . . .	258
	Literatur . . . . .	262
<u>7</u>	Aufgabenanalyse und Systementwurf . . . . .	271
	Jürgen Ziegler	
7.1	Aufgabenorientierte Systemgestaltung . . . . .	271
7.1.1	Aufgabenorientierung als Voraussetzung für benutzergerechte Systeme . . . . .	271
7.1.2	Grundbegriffe der Aufgabenanalyse . . . . .	272
7.1.2.1	Was ist eine Aufgabe? . . . . .	272
7.1.2.2	Aufgabenanalyse . . . . .	273
7.1.2.3	Aufgaben und Rollen . . . . .	273
7.2	Perspektiven und Methoden der Aufgabenanalyse . . . . .	274
7.3	Beschreibungsmerkmale von Aufgaben . . . . .	275
7.4	Analyse kognitiver Aufgaben . . . . .	277
7.5	Aufgabenmodellierung mit Methoden des Software-Engineering . . . . .	281
7.5.1	Strukturierte Analyse . . . . .	282
7.5.2	Daten- und Objektmodellierung . . . . .	284
7.5.3	Modellierung von Abläufen . . . . .	286
7.6	Funktionszuordnung Mensch-Rechner . . . . .	286
7.7	Von der Analyse zum Systementwurf . . . . .	287
7.7.1	Beziehungen zwischen Analysemethode und Systemkonzeption	287
7.7.2	Das konzeptionelle Modell der Benutzungsschnittstelle . .	288
7.7.3	Definition von Benutzersichten . . . . .	289
7.7.4	Navigationsstruktur: Bestimmung der Zugriffsmöglichkeiten	290
7.8	Vorgehensweise zum aufgabenorientierten Systementwurf .	292
	Literatur . . . . .	294
8	Software-Ergonomie braucht Partizipation . . . . .	299
	Fanny-Michaela Reisin	
8.1	Einführung . . . . .	299
8.2	Welche Projektarten verlangen eine partizipative Durchführung? . . . . .	302
8.2.1	Technisch vs. sozio-technisch eingebettete Software-Produkte	302

/

f

8.2.2	„Einzel“- und „Standard“-Entwicklungen . . . . .	305
8.3	Ziele und Reichweite der Benutzerpartizipation . . . . .	308
8.3.1	Ziele bei der Durchführung partizipativer Projekte . . . . .	308
8.3.2	Reichweite der Partizipation . . . . .	310
8.3.2.1	Partizipationsausprägung . . . . .	310
8.3.2.2	Partizipationsform . . . . .	311
8.3.2.3	Partizipationsebene . . . . .	311
8.3.2.4	Partizipationsgrundlage . . . . .	311
8.3.2.5	Partizipationsphase . . . . .	312
8.4	Partizipationsorientierte Organisationsmodelle und Methoden der Software-Entwicklung . . . . .	312
8.4.1	Projektmodelle der Softwaretechnik . . . . .	313
8.4.2	Methoden der Software-Entwicklung . . . . .	318
8.5	Software-Ergonomie braucht Partizipation . . . . .	323
	Literatur . . . . .	327
9	Software-ergonomische Evaluation . . . . . Reinhard Oppermann & Harald Reiterer	335
9.1	Wieso gewinnt die software-ergonomische Evaluation immer mehr an Bedeutung? . . . . .	335
9.2	Welche Elemente und Kriterien sind bei der Evaluation zu berücksichtigen? . . . . .	337
9.2.1	Aufgabenbewältigung . . . . .	337
9.2.2	Benutzung . . . . .	338
9.2.3	Funktionalität . . . . .	338
9.3	Welche Methoden der Evaluation sind verfügbar? . . . . .	342
9.3.1	Subjektive Evaluationsmethoden . . . . .	342
9.3.2	Objektive Evaluationsmethoden . . . . .	343
9.3.3	Leitfadenorientierte Evaluationsmethoden . . . . .	344
9.3.4	Experimentelle Evaluationsmethoden . . . . .	345
9.3.5	Kombination von Evaluationsmethoden . . . . .	347
9.4	Wie können Evaluationsmethoden in den Entwicklungsprozeß eingebunden werden? . . . . .	350
9.5	EVADIS II – Ein neuer Evaluationsansatz . . . . .	352
9.5.1	Vorgehensweise beim Einsatz des Evaluationsverfahrens . . . . .	353
9.5.2	Die Verfahrenskomponenten . . . . .	353
9.5.3	Interpretation und Präsentation der Evaluationsergebnisse . . . . .	362

9.5.4	Evaluations-Software . . . . .	363
9.5.5	Typische Benutzer . . . . .	364
9.5.6	Schwerpunkte und Grenzen . . . . .	365
9.6	Zusammenfassung . . . . .	366
	Literatur . . . . .	366
10	Qualitätssicherung durch software-ergonomische Normen . . . . . Wolfgang Dzida	373
10.1	Einleitung . . . . .	373
10.2	Ergonomische Normen . . . . .	374
10.2.1	Unterschiede zwischen technischen und ergonomischen Normen . . . . .	374
10.2.2	Stand der Normung . . . . .	376
10.3	Klassifikation genormter Anforderungen . . . . .	376
10.3.1	Recommendations und Requirements . . . . .	376
10.3.2	Drei Arten von Aussagen . . . . .	379
10.3.3	Prinzipielle Anforderungen . . . . .	379
10.4	Typische Anwendungssituationen . . . . .	381
10.4.1	Anwendung im Benutzungskontext . . . . .	381
10.4.2	Anwendung beim Software-Entwurf . . . . .	382
10.4.3	Anwendung bei der Produktprüfung . . . . .	383
10.4.4	Anwendung bei der Produkthanpassung . . . . .	384
10.5	Normenkonformität . . . . .	385
10.5.1	Bedeutung der Normenkonformität . . . . .	385
10.5.2	Allgemeine ergonomische Faktoren der Gebrauchstauglichkeit	386
10.5.3	Benutzbarkeit = Gebrauchstauglichkeit . . . . .	387
10.5.4	Deklaration der Normenkonformität . . . . .	387
10.6	Konformitätsprüfung . . . . .	389
10.6.1	Evaluierung ergonomischer Produktmerkmale . . . . .	389
10.6.2	Evaluierungsmodell . . . . .	390
10.6.3	Lokalisierung der Merkmale der Gebrauchstauglichkeit . . . . .	393
10.6.4	Bestimmung von Kriterien . . . . .	397
10.7	Offene Fragen der Konformitätsbewertung . . . . .	401
10.8	Qualifikation der Prüfer . . . . .	403
	Literatur . . . . .	404

11	Integration der Software-Ergonomie in die Software-Entwicklung . . . . .	407
	Helmut Balzert	
11.1	Einführung und Überblick . . . . .	407
11.2	Die Unternehmensebene . . . . .	407
11.3	Die Arbeitsplatzebene . . . . .	412
11.4	Die Software-Produktebene . . . . .	414
11.4.1	Die Planung eines Software-Produkts . . . . .	417
11.4.2	Die Definition eines Software-Produkts . . . . .	419
11.4.3	Von Fenstersystemen zu UIMS . . . . .	422
11.4.4	Der Entwurf eines Software-Produkts . . . . .	427
11.4.5	Die Implementierung eines Software-Produkts . . . . .	429
11.4.6	Die Abnahme und Einführung eines Software-Produkts . . . . .	430
11.5	Zusammenfassung . . . . .	431
	Literatur . . . . .	431
	Kurzbiographien . . . . .	433
	Personenregister . . . . .	439
	Sachregister . . . . .	445