

# Inhaltsverzeichnis

## I Einführung

### 1. Kapitel: Menschliches Handeln in technischen Systemen Von Carl Graf Hoyos

1	Einleitung .....	1
2	Ingenieurpsychologische Themen und Aufgaben .....	5
3	Ingenieurpsychologie und „technischer Wandel“ .....	7
3.1	Technischer Einsatz und technischer Determinismus .....	7
3.2	Die Rolle des Menschen in technischen Systemen .....	9
3.4	Aufgabenverteilung zwischen Mensch und Maschine .....	13
3.5	Die Mensch-Maschine-Schnittstelle .....	18
4	Nutzen und Folgen .....	24
	Literatur .....	25

### 2. Kapitel: Die Komplexität von Mensch-Maschine-Systemen Von Erik Hollnagel

1	Einführung .....	31
2	Die Entwicklung von Mensch-Maschine-Systemen (MMS) .....	33
2.1	Stufe I: Manuelle Steuerung .....	34
2.2	Stufe II: Überwachungstätigkeit .....	34
2.3	Stufe III: Kognitive Steuerung .....	36
2.4	Die Rolle des Operators in gegenwärtigen Systemen .....	37
2.5	Effekte der Automatisierung .....	38
3	Beschreibung und Modellierung von Systemen .....	39
3.1	Denken über Modelle .....	40
3.2	Kognitive Modelle .....	41
3.3	Bausteine und Komponenten anno 1974 .....	42
3.4	Bausteine und Komponenten anno 1984 .....	43
4	Analyse kognitiver Aufgaben .....	44
4.1	Kognitive Anforderungen .....	45
4.2	Oberflächliches und tiefgründiges Denken und Wissen .....	46
4.3	Der kognitive Gebrauch von Information .....	47
4.4	Pragmatisches Urteilen .....	48
4.5	Informationsdarbietung und Systemkomplexität .....	49

4.6 Determinanten der Transparenz .....	50
4.7 Transparenz und kognitive Anforderungen .....	50
5 Schlußfolgerungen .....	51
Literatur .....	53

### 3. Kapitel: Methoden der Ingenieurpsychologie

#### Von Werner Kannheiser

1 Bedeutung ingenieurwissenschaftlicher Methoden .....	55
2 Überblick über ingenieurpsychologische Methoden .....	57
3 Methoden der Systemplanung .....	60
3.1 Situations- und Systemzielanalyse .....	61
3.2 Funktionsanalyse .....	62
3.3 Funktionszuweisung .....	63
3.3.1 Bestimmung von Alternativen der Arbeitsteilung .....	65
3.3.2 Alternativenvergleich und -bewertung .....	66
4 Methoden der vorläufigen Designphase .....	68
4.1 Festlegung der Aufgaben und der Qualifikationsanforderungen .....	69
4.2 Konkretisierung der Gestaltungslösung .....	70
4.2.1 Standardisierte Zeit- und Bewegungsstudien .....	70
4.2.2 Funktionsflußdiagramme .....	71
4.2.3 Entscheidungs-/Handlungsdiagramme .....	71
4.2.4 Zeitverlaufsstudien .....	71
4.2.5 Operationale Sequenzdiagramme .....	72
4.2.6 Verknüpfungsanalyse .....	74
5 Methoden des Detaildesign .....	75
5.1 Belastungs-/Beanspruchungsvorhersage und -messung .....	75
5.1.1 Primär- und Sekundäraufgabenmaße .....	77
5.1.2 Subjektive Einschätzungen .....	78
5.1.3 Physiologische Meßverfahren .....	78
5.2 Zuverlässigkeitsanalysen .....	79
5.2.1 Quantitative Ansätze .....	79
5.2.2 Qualitative Modelle .....	80
5.2.3 Einsatz objektiver Skalierungstechniken .....	82
6 Test- und Bewertungsverfahren .....	83
6.1 Bewertung der Mensch-Maschine-Schnittstellen .....	83
6.2 Ingenieurpsychologische Bewertung des Gesamtsystems .....	85
6.3 Bewertung der Systemeffizienz .....	85
7 Abschließende Bemerkungen .....	85
Literatur .....	86

## II Grundlagen

### χ 4. Kapitel: Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung

Von Klaus-Peter Muthig

1	Inhaltliche Abgrenzung und Zielsetzung .....	92
2	Der Mensch als Informationsverarbeitendes System .....	94
3	Ein Rahmenmodell menschlicher Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung .....	95
4	Ausgewählte Aspekte menschlicher Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung in den Funktionsbereichen „Wahrnehmung“, „Aufmerksamkeit“ und „Gedächtnis“ .....	99
4.1	Sensorische Informationsaufnahme und Funktion der Wahrnehmungssysteme .....	99
4.2	Wahrnehmen .....	107
4.3	Aufmerksamkeit und Kapazität des sequentiellen Prozessors .....	109
4.4	Gedächtnis .....	111
5	Schlußbemerkungen .....	113
	Literatur .....	114

### χ 5. Kapitel: Problemlösen, Entscheiden und Denkfehler

Von Rainer H. Kluwe

1	Einleitung .....	121
2	Merkmale von Problemsituationen .....	122
3	Kognitionspsychologische Modellvorstellungen .....	124
3.1	Die interne Repräsentation .....	124
3.2	Mentale Modelle .....	125
3.3	Lösungssuche und Entscheidungen .....	128
4	Unzulänglichkeiten des Denkens .....	132
5	Die Unterstützung des Denkens .....	139
6	Schluß .....	142
	Literatur .....	143

### 6. Kapitel: Der Erwerb komplexer motorischer Fertigkeiten

Von Alf C. Zimmer

1	Die Rolle der Motorik in ingenieurpsychologischen Fragestellungen .....	148
2	Geschichtlicher Abriß der Motorikforschung und Zielsetzung des Artikels ...	151
3	Motorische Fertigkeiten .....	153
4	Vergleich von Theorieansätzen zum Erwerb motorischer Fertigkeiten .....	155

5	Paradigmatische experimentelle Untersuchungen zur Kontrolle von komplexem motorischen Verhalten .....	160
6	Konsequenzen des integrierten Schemamodells der motorischen Steuerung für die Gestaltung von Training und Unterweisung .....	166
7	Die Untersuchung von Handlungsfehlern bei motorischen Fertigkeiten .....	169
8	Schlußbemerkung .....	173
	Literatur .....	174

### III Schnittstellen zwischen Mensch und Maschine

#### 7. Kapitel: Informationsdarstellungen in Mensch-Maschine-Systemen

Von Klaus-Peter Timpe

1	Psychologische Kriterien für die Entwicklung der Informationsdarstellung ...	178
2	Theoretische Grundlagen der Informationsdarstellung .....	180
	2.1 Zur Informationszirkulation im Mensch-Maschine-System .....	180
	2.2 Informationsaufnahme .....	182
	2.3 Informationsverarbeitung .....	183
	2.4 Informationsausgabe .....	185
3	Analoge Meßwertanzeige .....	186
4	Diskrete Informationsdarbietung .....	188
5	Simultane Informationsdarbietung .....	190
6	Akustische Informationsdarbietung .....	192
	6.1 Informationsdarbietung mittels technischer Signalgeber .....	192
	6.2 Sprachliche Kommunikation .....	193
7	Informationsdarbietung auf Bildschirmen .....	193
	7.1 Rahmenbedingungen .....	193
	7.2 Psychologisch relevante Eigenschaften der Bildschirmdarstellung .....	194
	7.3 Gestaltungsrichtlinien .....	195
	7.4 Bildschirmtechnik und Prozeßführung .....	196
	7.5 Bedieneinheiten bei der Bildschirmtechnik .....	198
8	Ausblick .....	198
	Literatur .....	199

#### 8. Kapitel: Gestaltung der Schnittstelle Mensch — Maschine

Von Heinzpeter Rühmann und Heinz Schmidtke

1	Einführung .....	204
2	Einteilung von Stellteilen .....	205
	2.1 Bedienung .....	205
	2.2 Bewegungsart .....	206

2.3	Wirkungsweise .....	206
2.4	Dimensionalität .....	207
2.5	Integration .....	207
2.6	Eignungsmerkmale .....	207
3	Anthropometrische und biomechanische Aspekte der Stellteilgestaltung .....	210
3.1	Abmessungen .....	210
3.2	Stellwege und Stellwinkel .....	210
3.3	Montageabstände .....	211
3.4	Betätigungswiderstände .....	211
3.5	Materialauswahl und Oberflächengestaltung .....	215
4	Informatorische Aspekte der Stellteilgestaltung .....	217
4.1	Kompatibilität .....	218
4.2	Gruppierung .....	220
4.3	Kodierung .....	223
5	Regelungstechnische Aspekte der Stellteilgestaltung .....	224
5.1	Maschinendynamik .....	224
5.2	Stellteildynamik .....	226
5.2.1	Reibung .....	227
5.2.2	Mechanisches Spiel .....	227
5.2.3	Massenträgheit .....	227
5.2.4	Viskose Dämpfung .....	228
5.2.5	Federkraft .....	228
6	Anordnung von Stellteilen im technischen System .....	229
6.1	Anordnung im Seh- und Greifraum .....	229
6.2	Informationsmittel in Warten und Leitständen .....	234
7	Ausblick .....	236
	Literatur .....	237

## 9. Kapitel: Psychologische Aspekte der Mensch-Computer-Interaktion

Von Norbert A. Streitz

1	Mensch-Maschine-Interaktion im Wandel .....	240
1.1	Ausgangslage .....	240
1.2	Fragestellungen der MCI-Forschung .....	242
1.3	Rechnerentwicklung und MCI-Forschung .....	244
1.4	Mensch-Computer-Interaktion als interaktives Problemlösen .....	245
1.5	Beteiligte Disziplinen und Forschungsstrategien .....	248
2	Determinanten der Mensch-Computer-Interaktion .....	253
2.1	Kompatibilität und Handlungsspielraum .....	253
2.2	Eine Klassifikation interaktiver Systeme .....	254
2.3	Funktionsaufteilung zwischen Mensch und Computer .....	256
3	Das Beschreibungsproblem: Mentale Modelle und Metaphern .....	257
3.1	Kognitive Kompatibilität .....	258
3.2	Empirische Untersuchungen und Beispiele .....	261
3.3	Der Konflikt zwischen Metaphern und Funktionalität .....	264

4 Interaktions- und Dialogformen .....	265
4.1 Interaktionssprachen .....	266
4.2 Menüauswahl .....	268
4.3 Direkte Manipulation .....	273
4.4 Interaktionsformen im Vergleich .....	275
5 Schlußbemerkungen .....	278
Literatur .....	279

## IV Zuverlässigkeit in technischen Systemen

### 10. Kapitel: Bewertung und Vorhersage der Systemzuverlässigkeit

Von Heiner Bubb

1 Einführung .....	285
2 Grundlagen der Systemzuverlässigkeit .....	286
2.1 Grundlegende Zusammenhänge .....	286
2.1.1 System .....	286
2.1.2 Qualität und Zuverlässigkeit .....	287
2.1.3 Begriffe der Sicherheitstechnik .....	289
2.2 Zuverlässigkeitstheorie .....	290
2.2.1 Grundbegriffe .....	290
2.2.2 Zeitabhängigkeit der Zuverlässigkeit (Zuverlässigkeitsfunktion) ....	292
2.2.3 Verknüpfungen von Wahrscheinlichkeiten .....	295
3 Maßnahmen zur Verbesserung und Abschätzung der Zuverlässigkeit .....	296
3.1 Konstruktive Maßnahmen der sicherheitsgerechten Systemgestaltung ....	296
3.2 Zuverlässigkeitsanalysen .....	299
3.2.1 Ausfalleffektanalyse .....	299
3.2.2 Störfallablaufanalyse .....	299
3.2.3 Fehlerbaummethode .....	301
3.2.4 Entscheidungstabellentechnik .....	303
4 Berücksichtigung der menschlichen Zuverlässigkeit .....	303
4.1 Modellierung menschlicher Eigenschaften und Fähigkeiten .....	303
4.2 Das Problem der Komplexität der Zusammenhänge .....	305
5 Anwendung von Zuverlässigkeitsabschätzungen .....	306
5.1 Die Probleme der Verknüpfung extrem kleiner Werte .....	306
5.2 Zuverlässigkeits- bzw. Sicherheitsbewertung .....	307
Literatur .....	311

### 11. Kapitel: Fehler und Zuverlässigkeit

Von Bernhard Zimolong

1 Stand der Fehlerforschung .....	313
2 Fehlerbedingungen und Fehlerursachen .....	317

3	Psychologische Fehlermodelle .....	319
3.1	Handlungsfehler .....	319
3.2	Ein Fehlermodell unter Berücksichtigung von Kontrollprozessen .....	320
3.3	Maßnahmen zur Erhöhung der Zuverlässigkeit .....	326
4	Zuverlässigkeitsberechnung .....	328
4.1	Konzepte und Verfahren .....	328
4.2	Ereignisbaummethode THERP .....	332
4.3	Bewertung von THERP .....	334
4.4	Expertenschätzverfahren SLIM-MAUD .....	335
5	Zusammenfassende Bewertung .....	337
	Literatur .....	340

## 12. Kapitel: Gestaltungsmaßnahmen zur Erhöhung von Sicherheit und Zuverlässigkeit

Von Ingrid Colin

1	Zuverlässigkeit und Sicherheit .....	346
2	Nutzung psychologischer Erkenntnisse für die Gestaltung .....	348
2.1	Grundlagen .....	348
2.2	Gestaltungsansätze der Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung .....	350
2.3	Gestaltungsansätze der Arbeitshandlungen und der Kommunikation .....	352
3	Gestaltungsmaßnahmen .....	353
3.1	Kodierung optischer Zeichen und Signale .....	353
3.2	Digitale Anzeigen .....	354
3.3	Skalenanzeigen .....	355
3.4	Information auf Bildschirmen .....	356
3.5	Anpassung der Informationsdarstellung an Steuer- und Regelaktivitäten .....	358
4	Bewertung der Wirksamkeit .....	359
	Literatur .....	360

## V Anwendungen

### 13. Kapitel: Informationstechniken in der Konstruktion

Von Ekkehart Frieling und Ilka Hilbig

1	Einleitung .....	363
1.1	Beschreibung der Technik .....	364
1.2	Charakterisierung der Konstrukteurstätigkeit .....	366
2	Veränderungen und Gestaltungsmöglichkeiten auf der Ebene der Operationen bzw. des Handlungsvollzuges .....	371
2.1	Vergleich zwischen Brett- und Bildschirmarbeit .....	371
2.2	Gestaltungs- bzw. Eingriffsmöglichkeiten im Bereich der Handlungsführung .....	376

2.2.1 Schnittstellengestaltung .....	378
2.2.2 Arbeitsplatzgestaltung .....	380
3 Veränderungen und Gestaltungsmöglichkeiten auf der Ebene der Tätigkeit und des Betriebes .....	381
3.1 Qualifikation und berufliche Entwicklung .....	382
3.2 Arbeitsablauforganisation .....	385
3.3 Arbeitsraum und Arbeitsumfeld .....	388
4 Ausblick .....	389
Literatur .....	390

## 14. Kapitel: Steuerung und Überwachung industrieller Prozesse

Von Heino Widdel

1 Prozeß .....	396
2 Steuerung von Prozessen .....	397
2.1 Definition .....	397
2.2 Automatisierung .....	398
2.3 Arbeitsorganisation .....	400
3 Verhalten des Operateurs .....	401
3.1 Informationsaufnahme und -verarbeitung .....	401
3.1.1 Visuelle Suche .....	401
3.1.2 Beobachten und Überwachen .....	402
3.2 Kognitive Anforderungen .....	405
3.2.1 Vorhersage .....	405
3.2.2 Fehlerbehandlung .....	406
3.2.3 Mentales Modell .....	408
4 Streß und Monotonie .....	410
4.1 Einfluß von Streß .....	410
4.2 Einfluß von Monotonie .....	411
4.3 Operationale Relevanz .....	412
5 Sicherheit in der Prozeßführung .....	413
6 Ausblick .....	415
Literatur .....	418

## 15. Kapitel: Fahrzeugführung

Von Gunnar Johannsen

1 Aufgaben und psychische Prozesse in der Fahrzeugführung .....	426
2 Spezielle Aufgabensituationen .....	429
2.1 Flugführung .....	429
2.2 Kraftfahrzeugführung .....	433
2.3 Schiffsführung .....	434

3	Manuelle Fahrzeugregelung .....	434
3.1	Experimentelle Untersuchungen .....	435
3.2	Grundlegende Regler-Mensch-Modelle .....	437
3.3	Piloten-Modelle .....	439
3.4	Fahrer-Modelle .....	440
3.5	Überwachend-eingreifende Regelung .....	443
3.6	Bewertung der Modelle des Menschen .....	444
4	Fehlermanagement und Planung .....	444
4.1	Fehlermanagement im Fahrzeug .....	445
4.2	Online-Planungsverhalten des Fahrzeugführers .....	446
5	Rechnerunterstützungen .....	446
5.1	Rechnergestützte Anzeigen .....	447
5.2	Entscheidungsunterstützungs- und Expertensysteme .....	447
6	Training und Simulatoren .....	449
7	Schlußbemerkung .....	450
	Literatur .....	451

## 16. Kapitel: Entscheidungshilfen in hochautomatisierten Systemen

Von Karl-Friedrich Kraiss

1	Kognitive Anforderungen in hochautomatisierten Systemen .....	455
2	Methoden zur Unterstützung kognitiver Prozesse .....	459
3	Implementierung von Entscheidungshilfen .....	461
3.1	Moderne Techniken der Schnittstellengestaltung .....	462
3.2	Unterstützung von Entscheidungsprozessen .....	464
3.3	Simulationsverfahren .....	467
3.4	Graphentheoretische Methoden .....	468
3.5	Expertensysteme .....	471
4	Bewertung und Ausblick .....	474
	Literatur .....	476

## 17. Kapitel: Information und Kommunikation im Büro

Von Helmut v. Benda

1	Arbeit in Büro und Verwaltung .....	479
2	Technische Grundlagen .....	480
3	Anwendungssysteme .....	482
4	Entwicklungstendenzen .....	483

5	Auswirkungen auf das Arbeitssystem .....	484
5.1	Arbeitsorganisation .....	485
5.2	Die Arbeitsaufgabe .....	487
5.3	Qualifikation .....	488
6	Problemfelder .....	489
6.1	Mensch-Computer-Interaktion .....	490
6.2	Belastung und Beanspruchung .....	491
6.3	Akzeptanz .....	496
6.4	Planung und Einführung .....	496
6.5	Schulung und Training .....	500
7	Ausblick .....	501
	Literatur .....	502

## VI Intervention

### 18. Kapitel: Individualisierung und differentielle Arbeitsgestaltung

Von Eberhard Ulich

1	Bewertungskriterien und Strategien der Arbeitsgestaltung .....	511
2	Das Prinzip der differentiellen Arbeitsgestaltung .....	513
2.1	Differentielle Arbeitsgestaltung im Fertigungsbereich .....	515
2.2	Der Fall Flachbaugruppenfertigung .....	516
3	Differentielle Arbeitsgestaltung und computerunterstützte Büroarbeit .....	520
3.1	Kriterien für benutzerorientierte Dialoggestaltung .....	520
3.2	Empirische Untersuchungen und Vorgehensweisen .....	522
4	Zur Konstrukteurstätigkeit .....	526
5	Zukünftige Möglichkeiten und Einschränkungen .....	528
	Literatur .....	529

### 19. Kapitel: Qualifikation und Qualifizierung bei komplexen Arbeitstätigkeiten

Von Karlheinz Sonntag

1	Einleitung .....	536
1.1	Ingenieurpsychologie und Qualifizierung .....	536
1.2	Anforderungsveränderungen durch technische Entwicklung .....	537
2	Verfahren zur Ermittlung von Qualifikationsanforderungen .....	540
2.1	Anforderungen als Gegenstand der Qualifikationsermittlung .....	540
2.2	Darstellung ausgewählter Ansätze und Instrumente zur Ermittlung von Qualifikationsanforderungen .....	542

2.2.1	Ermittlung durch aufgabenanalytische Untersuchungen .....	543
2.2.2	Ermittlung durch Expertenurteile in Begriffen erforderlicher Leistungsvoraussetzungen .....	544
2.2.3	Ermittlung durch die Analyse psychischer Regulationsgrundlagen .....	545
2.2.4	Ermittlung durch experimentelle Analysen .....	548
2.3	Zusammenfassende Diskussion .....	549
3	Methoden zur Vermittlung von Qualifikationen .....	550
3.1	„Fähigkeiten“ und „Verallgemeinerte Verfahren“ als Qualifizierungsgegenstand .....	551
3.2	Vorstufen kognitiver Trainingsverfahren .....	552
3.3	Elemente kognitiven Trainings .....	553
4	Anwendungsgebiete und Formen kognitiver Trainingsverfahren .....	555
4.1	Planung und Vorbereitung von Arbeitstätigkeiten .....	556
4.2	Störungssuche und -beseitigung .....	556
4.3	Kollektive Formen des kognitiven Trainings .....	558
4.4	Kognitives Training auf der Grundlage von Simulationstechniken .....	559
5	Bewertung .....	561
	Literatur .....	563

## VII Evaluation

### 20. Kapitel: Technikbewertung als integrativer Bestandteil der Ingenieurpsychologie

Von Walter Bungard und Jürgen Schultz-Gambard

1	Einleitung in die Thematik .....	572
2	Psychologie und Technik: Beschreibung und Erklärung eines Defizits .....	573
2.1	Beschreibung des Defizits .....	574
2.2	Versuch einer Erklärung des Defizits .....	576
3	Technikbewertung als notwendige Ergänzung der Technikforschung in der Ingenieurpsychologie .....	582
3.1	Grundsätzliche Überlegungen zur Forschungsstrategie .....	582
3.2	Die Aufgabe der Psychologie bei der Planung und Entwicklung von Technik .....	586
3.3	Die Aufgabe der Psychologie bei der Implementation und Nutzung von Technik .....	589
3.4	Die Rolle der Psychologie bei der Kommunikation und bei Entscheidungen über Technik .....	592
4	Abschließende Bemerkungen .....	594
	Literatur .....	595

## 21. Kapitel: Perspektiven einer Ingenieurpsychologie

Von Heinz Schmidtke

1	Perspektiven technischer Entwicklung .....	600
2	Perspektiven einer Ingenieurpsychologie .....	602
3	Perspektiven der Psychologen-Ausbildung .....	603
	Literatur .....	605
	 Autoren-Register .....	 606
	Sach-Register .....	619