

Inhaltsverzeichnis

	Vorwort	VII
1	Einführung	1
1.1	Definition und Einordnung von Mensch-Maschine-Systemen	1
1.1.1	Was ist ein Mensch-Maschine-System?	1
1.1.2	Ein anwendungsbezogenes Fachgebiet mit interdisziplinärem Methodenbezug	3
1.2	Arbeitstätigkeiten beim Umgang mit technischen Systemen	6
1.2.1	Verschiedenartige Tätigkeitsbereiche des Menschen	6
1.2.2	Kontroll- und Problemlösungstätigkeiten des Menschen	10
1.3	Analyse, Gestaltung und Bewertung von Mensch-Maschine-Systemen	12
1.4	Historische Entwicklung und Etablierung des Fachgebiets	14
1.5	Gliederung des Buches	17
Teil 1	Prozesse, Aufgaben, Methoden	19
2	Technische Prozesse in Mensch-Maschine-Systemen	21
2.1	Klassifikation technischer Systeme	21
2.1.1	Technische Systeme in Interaktion mit dem Menschen	21
2.1.2	Verschiedene Klassifikationsmöglichkeiten	23
2.1.3	Produktions-, Bewegungs- und Informationsprozesse	24
2.2	Lebensphasen von Mensch-Maschine-Systemen	27
2.3	Ziele und Verantwortung	30
2.4	Zeitverhalten und Komplexität	33
2.4.1	Zeitverhalten technischer Prozesse	34
2.4.1.1	Übertragungsverhalten technischer Prozesse	34
2.4.1.2	Systembeschreibung kontinuierlicher Vorgänge	36
2.4.1.3	Zeitdiskrete Schreibweise kontinuierlicher Vorgänge	40
2.4.1.4	Einfache Beispiele für kontinuierliche Vorgänge	42
2.4.1.5	Systembeschreibung sequentieller Vorgänge	45
2.4.1.6	Zeitverhalten und Beherrschbarkeit	46
2.4.2	Komplexität technischer Prozesse	47
2.5	Normale, außergewöhnliche und Notfallsituationen	51

2.6	Automatisierungs- und Unterstützungssysteme	54
2.7	Schnittstellensysteme für die Kommunikation mit dem Menschen	57
2.7.1	Anzeigen	58
2.7.2	Bedienelemente	60
2.8	Zeitliche Organisation in einem Prozeßrechner	62
3	Aufgabensituationen in Mensch-Maschine-Systemen	65
3.1	Gemeinsamkeiten und Unterschiede in verschiedenen Anwendungsbereichen	65
3.1.1	Vergleich verschiedener automatisierter Prozesse	65
3.1.2	Begriffsebenen in psychologischen Arbeitsuntersuchungen	68
3.1.3	Hierarchische Mehrebenenstruktur von Mensch-Maschine-Systemen	71
3.1.4	Gestaltung von Aufgabensituationen	74
3.2	Fahrzeugführung	75
3.2.1	Kraftfahrzeugführung	75
3.2.2	Flugführung	79
3.2.3	Schiffsführung	81
3.3	Überwachung von Verkehrskontroll- und Datenkommunikationssystemen	82
3.3.1	Vergleich zwischen Verkehrskontrolle und Datenkommunikation	82
3.3.2	Flugsicherungskontrolle	82
3.3.3	Zugüberwachung	84
3.4	Energieerzeugung und -verteilung	85
3.4.1	Elektrizitätserzeugung in Kraftwerken	85
3.4.2	Energieverteilung	89
3.5	Industrielle Prozeßführung	90
3.5.1	Prozeßführung in der chemischen Verfahrenstechnik	91
3.5.2	Rechnerintegrierte Fertigung	94
3.6	Interaktion mit Robotern und Manipulatoren	97
3.7	Mensch-Maschine-Kommunikation in der Medizin, Rehabilitation und Gebrauch von Prothesen	100
3.8	Mensch-Rechner-Interaktion	103
3.8.1	Übersicht und Bedeutung	103
3.8.2	Rechnergestütztes Konstruieren	104
3.8.3	Bürokommunikation	105
3.9	Bedienung privater Haustechnik und öffentlicher Systeme	105
4	Prozesse menschlicher Informationsverarbeitung in Mensch-Maschine-Systemen	107
4.1	Menschliche Eigenschaften und Ziele	108
4.2	Sensomotorische und kognitive Prozesse	110
4.2.1	Schema der menschlichen Informationsübertragung	110
4.2.2	Sinnes- und Wahrnehmungssysteme	112
4.2.3	Sensomotorische Prozesse	116

4.2.4	Bewußte kognitive Prozesse	120
4.3	Kontroll-, Entscheidungs- und Problemlösungstätigkeiten	122
4.3.1	Tätigkeiten als Informationsverarbeitungsprozesse	122
4.3.2	Bezüge zur Prozeßautomatisierung und zur Entscheidungsunterstützung	128
4.4	Regulationsebenen menschlichen Verhaltens	133
4.5	Verhaltens- und Aufgabenkomplexität	138
4.6	Leistung, Belastung und Beanspruchung	141
4.7	Lernen, Erfahrungsverlust und Fehlhandlungen	147
4.8	Kooperation und Kommunikation	152
5	Untersuchungsmethoden	153
5.1	Aufgaben- und Wissensanalysen	153
5.2	Experimentelle Untersuchungen und Meßmethoden	159
5.2.1	Experimentierbedingungen und Untersuchungsgegenstände	159
5.2.2	Grundsätzliches Vorgehen in Experimenten	161
5.2.3	Auswahl wichtiger Meßmethoden	162
5.2.3.1	Hauptkriterien für Maße in Experimenten	163
5.2.3.2	Leistungsmaße	164
5.2.3.3	Beanspruchungsmaße	168
5.3	Versuchsplanung und statistische Auswertung	174
5.3.1	Methodische Vorgehensweise	174
5.3.2	Maßsysteme und Skalen	176
5.3.3	Statistische Kenngrößen	177
5.3.4	Versuchspläne	178
5.3.5	Statistische Auswertungsverfahren	179
5.4	Bewertungsverfahren	189
5.5	Schnelle Prototyperstellung	195
5.6	Modelle des Menschen	196
Teil 2	Experimentelle und modellgestützte Analyse	199
6	Analyse von Kontrolltätigkeiten	201
6.1	Manuelle Regelung	201
6.1.1	Kurze Einordnung	201
6.1.2	Unterschiede bei der Informationsaufnahme	202
6.1.3	Einflüsse der Regelstreckendynamik und der Eingangsgröße	204
6.1.3.1	Vergleich einfacher Regelstrecken	204
6.1.3.2	Einfluß der Eingangsgröße	208
6.1.4	Ausführungsgeschwindigkeit und Teilautomatisierung	211
6.1.5	Eigenschaften und Grenzen des Menschen bei der Informationsübertragung	212
6.1.6	Adaptive manuelle Regelung	214
6.1.7	Kritische Regelungsaufgaben	218

6.2	Modelle für den Menschen als Regler	221
6.2.1	Vorgehensweise bei der Modellbildung	221
6.2.2	Quasilineare Modelle für den Menschen als Regler	224
6.2.2.1	Signaltheoretische Beschreibung: Frequenzgang und Restgröße als nichtparametrisches Modell	224
6.2.2.2	Schnittfrequenzmodell des aufgeschnittenen Kreises mit dem Menschen als Regler	227
6.2.2.3	Grundform des quasilinearen Modells	233
6.2.2.4	Modelle für Mehrgrößenregelungsaufgaben	236
6.2.3	Optimaltheoretisches Modell für den Menschen als Regler	239
6.2.3.1	Einführung und optimale Regelung	239
6.2.3.2	Grundform des optimaltheoretischen Regler-Modells	241
6.2.3.3	Zeitdiskrete Schreibweise und Erweiterungen des optimaltheoretischen Modells	246
6.2.4	Nichtlineare und adaptive Modelle für den Menschen als Regler	249
6.3	Überwachung, Aufmerksamkeitsverteilung und Fehlerentdeckung	253
6.3.1	"Klassische" Überwacher-Modelle	254
6.3.2	Optimaltheoretische Überwacher-Modelle	258
6.3.3	Aufmerksamkeitsverteilung, visuelle Suche und Blickbewegungen	263
6.3.4	Fehlerentdeckung bei kontinuierlichen Signalen	265
6.3.5	Alarmüberwachung in Systemen mit automatisierter Fehlerentdeckung	273
6.4	Modelle für Mehrfachaufgaben	274
6.4.1	Serielle Bearbeitung von Mehrfachaufgaben	275
6.4.2	Parallele Bearbeitung von Mehrfachaufgaben	282
6.5	Leitende Kontrolle und ihre überwachend-eingreifenden Tätigkeiten	283
6.5.1	Leitende Kontrolle als Interaktionskonzept	283
6.5.2	Überwachend-eingreifende Kontrolle	290
6.6	Kontrolltätigkeiten bei Unschärfe	292
6.7	Fahrer- und Piloten-Modelle	294
6.7.1	Fahrer-Modelle	294
6.7.2	Piloten-Modelle	308
6.8	Modelle des Menschen in langsam ansprechenden Systemen	309
6.9	Führbarkeitsstudien	311
6.10	Aufgabenanalytische Modelle	317
6.11	Anthropometrische Modelle	320
7	Analyse von Entscheidungs- und Problemlösungstätigkeiten	323
7.1	Wesen und Bedeutung des Problemlösens	323
7.2	Klassifikation und Modellierung von Entscheidungsvorgängen	329
7.3	Mentale Modelle beim Problemlösen und Entscheiden	336
7.4	Fehlermanagement während des Betriebs und bei der Wartung	341
7.4.1	Informationsverarbeitungsphasen und Verhaltensebenen in Fehlermanagementsituationen	341
7.4.2	Fehlerdiagnose bei der Wartung	346
7.4.3	Fehlerdiagnose und -korrektur während des Betriebs	355
7.5	Planungsverhalten des Menschen	361
7.6	Planung und Diagnose bei der leitenden Kontrolle	368

8	Analyse von Entwurfstätigkeiten	373
8.1	Entwurfsvorgang als Problemlösungstätigkeit	373
8.2	Entwurf von Leitwarten-Kontrollräumen und Cockpits	380
8.3	Entwurf von Leitwarten-Bildern	383
9	Analyse menschlicher Fehler	387
9.1	Klassifikation und Ursachen menschlicher Fehler	388
9.2	Fehler und menschliche Zuverlässigkeit	395
9.3	Vorbeugung gegen menschliche Fehler	398
Teil 3	Gestaltungsmaßnahmen	401
10	Gestaltung der Mensch-Maschine-Funktionsteilung	403
10.1	Arbeitsorganisatorische und systemergonomische Gestaltung	403
10.2	Integrierte Automation als tätigkeitsbezogenes Gestaltungskonzept	406
10.2.1	Kognitive Aufgabenanalyse und integrierte Automation	407
10.2.2	Softwaretechnische Betrachtung als Bedienerchnittstellen- Managementsystem	410
10.2.3	Systemtheoretisches Rahmenkonzept	415
11	Gestaltung der Mensch-Maschine-Kommunikation	423
11.1	Kommunikationsformen und Mensch-Maschine-Schnittstellen	423
11.2	Informationsaufbereitung und -auswahl	426
11.3	Visualisierung und graphische Bildgestaltung	433
11.3.1	Einige hardware- und softwaretechnische Grundlagen der Rechnergraphik	433
11.3.2	Ergonomische Bildgestaltung	443
11.3.3	Prozeß- und Systemvisualisierung	456
11.3.4	Graphikgestützte Bediensysteme	465
11.4	Sprachkommunikation und multimediale Kommunikation	467
11.4.1	Spracheingabe und -ausgabe	467
11.4.2	Multimediale Kommunikation	469
11.5	Interaktions- und Dialoggestaltung	471
11.5.1	Interaktionsverfahren	471
11.5.2	Dialogsysteme	474
11.6	Entwurfswerkzeuge für die Kommunikation	476
11.6.1	Graphische Editoren	476
11.6.2	Dialogmanagement-Werkzeuge	480

12	Gestaltung und Einsatz von Unterstützungssystemen	481
12.1	Klassifikation von Entscheidungsunterstützungssystemen	481
12.2	Aufbau und Entwicklung von Expertensystemen für die integrierte Automation	485
12.2.1	Aufbau von Expertensystemen	485
12.2.2	Formen der Wissensrepräsentation und Problemlösungsstrategien	486
12.2.3	Vorgehensweisen beim Wissenserwerb und Verwendung von Entwicklungswerkzeugen	490
12.3	Anwendungsmodellbasierte Unterstützungssysteme in der integrierten Automation	492
12.3.1	Heuristische Regelung von industriellen Prozessen	492
12.3.2	Fehlerdiagnose bei Produktionsprozessen	494
12.4	Bediener- und Benutzermodelle als Unterstützungssysteme	499
12.4.1	Entdeckung menschlicher Fehler und flexible Automation	499
12.4.2	Bedienermodell für die Vorgehensunterstützung	502
12.5	Verteilte und kooperierende Entscheidungsstrukturen	506
13	Gestaltung und Einsatz von Simulatoren	509
13.1	Aufbau von Simulatoren	509
13.2	Simulatoren für Forschung, Entwicklung und Training	513
14	Ausblick	517
	Literaturverzeichnis	523
	Sachwortverzeichnis	553