

Inhalt

1	Einführung	1
2	Anwendungen und Abgrenzung von Assistenzsystemen	7
2.1	Abgrenzung	7
2.2	Kognitive Assistenzsysteme	9
3	Mensch-Maschine-Systeme	13
3.1	Bestandteile von Mensch-Maschine-Systemen	13
3.2	Ergonomische Gestaltung	19
3.3	Anthropometrie und Körpermaße	25
3.4	Funktionsräume	30
3.5	Mensch-Modelle	34
3.6	Berücksichtigung des visuellen Systems bei der ergonomischen Gestaltung .	44
3.7	Berücksichtigung der nichtvisuellen Sensorik des Menschen	48
3.7.1	Auditive Sinneswahrnehmung	48
3.7.2	Haptische oder taktile Informationen	55
3.7.3	Vestibuläre und kinästhetische Informationen	59
3.8	Interaktionsmodelle für Mensch-Maschine-Schnittstellen	61
3.8.1	Faktor Mensch	62
3.8.2	Vergleich der Vor- und Nachteile der Arbeit von Mensch und Maschine .	66
3.8.3	Informationsverarbeitung durch den Menschen	68
3.8.4	Drei-Ebenen-Modell des menschlichen Verhaltens	72
3.8.5	Drei-Ebenen-Modell für das Führen eines Kraftfahrzeugs	74
3.9	Fahrerassistenz und Verkehrssicherheit	77
3.9.1	Bedienen und Beobachten im Kraftfahrzeug	79
3.9.2	Beispiel: Fahrstreifenwechselassistent	80
3.9.3	Beispiele: Spurverlassenswarnsystem und Spurhalteassistent	82
3.10	Gestaltungsregeln von Mensch-Maschine-Schnittstellen	86

3.11	Möglichkeiten der Kommunikation und Interaktion Mensch–Maschine	91
3.11.1	LC-Display	92
3.11.2	Dimensionalität der Stellbewegung	94
3.11.3	Fortgeschrittene Mensch-Computer-Schnittstellen	97
3.11.4	Aufbau und Funktion von Touchscreen-Displays	98
3.11.5	Touchscreen mit haptischer Rückmeldung	100
3.11.6	Multi-Touch-Systeme	101
3.11.7	Touchscreen mit optischer Erkennung	101
4	Robotersysteme	105
4.1	Service- und Assistenzroboter	105
4.1.1	Produktionsassistenzroboter	118
4.1.2	Manipulatoren und Telemannipulatoren	129
4.1.3	Anwendungen von Assistenzrobotern in der Medizin	131
4.2	Anforderungen an Roboterassistenzsysteme	136
4.3	Grundaufbau der Industrieroboter	139
4.3.1	Industrieroboterzelle	142
4.3.2	Robotergelenke	145
4.3.3	Roboter-Bauformen	148
4.4	Kenngrößen von Industrierobotern	152
4.4.1	Der Tool Center Point (TCP)	152
4.4.2	Positionier- und Wiederholgenauigkeit	153
4.4.3	Robotervermessung	157
4.5	Mathematische Beschreibung der Kinematik von Robotern	160
4.5.1	Maschinen- oder Gelenkkoordinaten	160
4.5.2	Kartesisches Koordinatensystem	161
4.5.3	Beschreibung der Lage eines Koordinatensystems	168
4.5.4	Raumkoordinaten	175
4.5.5	Orientierungswinkel	175
4.5.6	Rotationen nach Euler	176
4.6	Roboter-Kinematik	180
4.6.1	Hebelverbindungen	182
4.6.2	Festlegung für das Anbringen von Koordinatensystemen an Hebel	183
4.6.3	Beispiele für Transformationstabellen für 6- und 7-Achs-Roboter	187
4.6.4	Ableitung von Hebeltransformationen	193
4.7	Inverse Transformationen	201
4.7.1	Lösbarkeit der inversen Kinematik	202
4.7.2	Mehrdeutigkeiten	208

4.7.3	Planarer Zwei-Gelenk-Roboter	210
4.7.4	Inverse Koordinatentransformation eines 6-Achs-Roboters	215
4.7.5	Inverse Transformation mit Näherungsverfahren	223
4.8	Robotersteuerung	230
4.8.1	Messsysteme für die Gelenkwinkel	231
4.8.2	Regelung der Roboterachsen	233
4.8.3	Steuerungsarten	242
4.8.4	Programmierverfahren	251
4.8.5	Basiskoordinatensysteme	253
4.8.6	Roboter-Programmiersprache: Beispiel V+	258
4.8.7	Virtuelle Planungssysteme: Beispiel FAMOS Robotic	267
4.9	Robotersteuerung mit Hilfe von Sensoren	272
4.9.1	Robot-Vision-Systeme	273
4.9.2	Beispiel: Teileerkennung vom Band	279
4.9.3	Beispiel: Kameraunterstützte Demontage	280
4.9.4	Fügehilfen und Kraft-Momenten-Regelungen	284
4.10	Mobilität von Robotern	286
4.10.1	Freiheitsgrade mobiler Systeme	286
4.10.2	Positionsermittlung mobiler Systeme	287
4.10.3	Omni-Wheel und Mecanum-Rad	292
4.10.4	Simulationsmodell einer Roboterplattform	295
4.10.5	Simulation der Fahrzeugbewegung	298
4.10.6	Navigation ortsflexibler Roboter	302
4.10.7	Laufende Roboter	307
5	Computer-Vision-Systeme	317
5.1	Kameras für die Bildverarbeitung	318
5.2	Bildauflösung	321
5.3	Abbildungen über ein Lochkamera-Modell	324
5.4	Histogramme, Binärbilder, Blobs	328
5.5	Kantendetektion	330
5.6	Dreidimensionale Objekterkennung	334
5.6.1	Triangulation	335
5.6.2	Laserscanner	338
5.6.3	3D-Triangulation bei Standard-Stereogeometrie	339
5.6.4	Epipolareometrie	341

5.6.5	3D-Mesung mit Punktematrix	342
5.6.6	Homogene Koordinaten	343
5.6.7	Transformationsmatrizen	346
5.6.8	Transformation von Punkten in Weltkoordinaten	347
5.6.9	Transformation von Punkten in Kamerakoordinaten	350
6	Lösung der Kontrollaufgaben	353
	Literaturverzeichnis	363
	Stichwortverzeichnis	369