

Inhalt

Vorwort	5
1 Maschinennaher Materialfluss im Industriebetrieb	13
1.1 Geschichtlicher Rückblick	13
1.2 Zeitleiste Industrieroboter (Auswahl)	18
1.3 Literatur- und Quellenverzeichnis	21
2 Robotik – Technik für den Menschen	23
2.1 Systematische Einordnung	24
2.2 Industrieroboter	27
2.2.1 Einführung und allgemeine Grundlagen	27
2.2.2 Begriffe und Definitionen	34
2.2.3 Leistungsmerkmale	42
2.2.4 Kinematische Grundbauarten und Arbeitsräume	49
2.3 Aktorik bei Industrierobotern	63
2.3.1 Pneumatische Aktoren	64
2.3.2 Hydraulische Aktoren	69
2.3.3 Elektrische Aktoren	70
2.3.4 Getriebe	89
2.4 Sensorik	97
2.4.1 Bedeutung von Sensoren	97
2.4.2 Positionssensoren	98
2.4.3 Kraftmessung	109
2.4.4 Trägheitssensorik	114
2.5 Endeffektoren	119
2.5.1 Aufgabe und Definition	119
2.5.2 Greifprinzipie	125
2.5.3 Kraftübertragung bei mechanischen Greifern	129
2.5.4 Synchronisation der Greiferfinger	131
2.5.5 Greifbackenführung	133

2.5.6	Greifertypen	134
2.5.7	Greifgerechte Werkstückgestaltung	137
2.5.8	Greifkraft	138
2.5.9	Vakuumgreifer	142
2.5.10	Flexible Greiftechnik	152
2.5.11	Wechseleinrichtungen	156
2.5.12	Roboterwerkzeuge	158
2.6	Sicherheitstechnische Anforderungen	162
2.6.1	Allgemeine Grundlagen	162
2.6.2	Sicherheitsforderungen	163
2.6.3	Gesetzliche Regelungen	168
2.6.4	EN ISO 13849-1 Sicherheit von Maschinen	170
2.6.5	Sicherheitsausführungen	174
2.7	Steuerung von Industrierobotern	174
2.7.1	Bewegungssystem und Architektur	175
2.7.2	Bewegungsarten	181
2.7.3	Koordinatensysteme und Bezugspunkte	183
2.7.4	Analyse und Steuerung von Roboterbewegungen	189
2.7.5	Interpolation	210
2.7.6	Sensorführung	217
2.7.7	Betriebsarten	219
2.7.8	Einfluss von Temperaturschwankungen	221
2.8	Regelung von Roboterachsen	223
2.8.1	Positionsregelung	224
2.8.2	Digitale Regler	226
2.8.3	Lastadaptive Regelung	227
2.8.4	Regelung bei mobilen Robotern	229
2.8.5	Spezielle Regelungsansätze in der Robotik	230
2.8.6	Künstliche Intelligenz und Robotik	246
2.9	Programmierung von Industrierobotern	249
2.9.1	Programmiermethoden	250
2.9.2	Programmiersprachen	251
2.9.3	Fehlerbehebung	261
2.9.4	Programmierbeispiele	264
2.10	Simulation von Robotersystemen	269
2.10.1	Einbettung in die Digitale Fabrik	269
2.10.2	Simulationstechnik und -werkzeuge	271
2.10.3	Ablauf von Simulationsstudien	276
2.10.4	Methoden der Variantenbewertung	277

2.10.5	Entwerfen von Roboterzellen	278
2.10.6	Modellierung von Zellenkomponenten	281
2.10.7	Simulationsbeispiele und ihre Bewertung	283
2.11	Anwendungsbeispiele	290
2.11.1	Roboter als Bearbeitungsmaschine	290
2.11.2	Industrieroboterperipherie	293
2.11.3	Ausgewählte Roboteranlagen	299
2.12	Literatur- und Quellenverzeichnis	304
3	Mensch-Roboter-Kooperation	309
3.1	Manuell geführte Manipulatoren	309
3.1.1	Aufgaben und Lastenhandhabungsverordnung	309
3.1.2	Funktionen und Baugruppen	310
3.1.3	Antriebe	318
3.1.4	Gelenkbremmung	322
3.1.5	Standicherheit von Säulengeräten	323
3.1.6	Greifer und Lastaufnahmemittel	325
3.2	Teleoperatoren	326
3.2.1	Definition und Arten	326
3.2.2	Möglichkeiten und Probleme der Fernhandhabung	328
3.2.3	Master-Slave-Manipulatoren	332
3.3	Assistenzroboter	335
3.3.1	Definition und Prinzip des Assistenzroboters	335
3.3.2	Anlagenkonzepte	336
3.3.3	Führung des Roboterarmes	337
3.4	Serviceroboter	343
3.4.1	Grundlagen	344
3.4.2	Aktuelle Einsatzfelder	346
3.4.3	Schlüsseltechnologien	354
3.5	Fahrerlose Flurförderzeuge	367
3.5.1	Fahrerlose Transportsysteme	367
3.5.2	Spurführungssysteme	368
3.5.3	Sicherheit	373
3.6	Autonome Mobile Roboter	376
3.6.1	Einteilung	379
3.6.2	Prinzipieller Aufbau	382
3.6.3	Kinematik	398
3.6.4	Odometrie	399

3.6.5	Lokalisation	399
3.6.6	Navigation	402
3.6.7	Entwicklungsbeispiel	404
3.7	Humanoide Roboter	406
3.7.1	Zeitleiste menschenähnliche Roboter (Auswahl)	406
3.7.2	Definition und Grundkonzepte	409
3.7.3	Null-Moment-Punkt	412
3.7.4	Gestik und Mimik	418
3.7.5	ICub	419
3.7.6	Ausblick	420
3.8	Mikrorobotik	421
3.8.1	Einführung	421
3.8.2	Grundaufbau	422
3.9	Literatur- und Quellenverzeichnis	437
4	Handhabungstechnik	441
4.1	Analytische Betrachtung der Werkstückhandhabung	441
4.1.1	Handhabungsfunktionen	441
4.1.2	Handhabungsobjekte	446
4.2	Handhabungsgerechte Werkstückgestaltung	449
4.3	Achskomponenten und Handlingmodule	452
4.3.1	Lineareinheiten und Führungen	453
4.3.2	Portaleinheiten	465
4.3.3	Dreheinheiten	467
4.3.4	Auslegung von Positionierachsen	473
4.4	Einrichtungen zum Ordnen	478
4.4.1	Ordnen von Massenteilen	478
4.4.2	Konstruktive Lösungen	481
4.4.3	Vibrationszuführtechnik	487
4.5	Einrichtungen für das Zuteilen	498
4.5.1	Zuteilen als Funktion	498
4.5.2	Konstruktive Lösungen	499
4.6	Einrichtungen zum Magazinieren	504
4.6.1	Magazinieren als Funktion	504
4.6.2	Bauformen von Magazinen	507
4.7	Objekthandhabung mit Strömungsmechanik	512

4.8	Zuführung von Schüttgut und Fluiden	517
4.8.1	Dosieren	517
4.8.2	Probleme beim Zuführen aus Bunkern	518
4.9	Einsatz bildverarbeitender Systeme	520
4.9.1	Grundkonzept	521
4.9.2	Bildverarbeitung	522
4.9.3	Anwendungsbeispiele	525
4.10	Literatur- und Quellenverzeichnis	528
5	Montageautomatisierung	529
5.1	Montagevorgang und Bewegungsanforderungen	530
5.2	Methoden zur montagegerechten Konstruktion	534
5.3	Montagegerechtes Konstruieren	536
5.3.1	Produktbauweisen	537
5.3.2	Ausgewählte Gestaltungsregeln	541
5.4	Automatische Montagemaschinen	545
5.4.1	Montagelinie	547
5.4.2	Rundtaktautomaten	554
5.4.3	Montagezellen	558
5.4.4	Hybride Montagesysteme	561
5.4.5	Flexible Montageautomatisierung	563
5.5	Werkstückträger	564
5.6	Transfersysteme	568
5.7	Kontinuierliche Montage	578
5.8	Mikromontage	581
5.8.1	Montage von Mikrosystemen	581
5.8.2	Modellgesetze und Adhäsionseffekte	582
5.8.3	Werkzeuge zur Mikrohandhabung	585
5.8.4	Mikrohandhabungsprozesse und -strategien	590
5.9	Demontage	596
5.9.1	Demontagegerechte Gestaltung	597
5.9.2	Automatisierung der Demontage	602
5.10	Literatur- und Quellenverzeichnis	604
	Sachwortverzeichnis	607