

Inhaltsverzeichnis

1. Grundlagen der Robotertechnik	13
1.1. Roboter als Bewegungsmaschine	13
1.2. Industrieroboter und Handhabetechnik	21
1.2.1. Aufgaben der Handhabetechnik	21
1.2.2. Entwicklung der Industrieroboter (IR)	24
1.2.3. Industrieroboterdefinition	26
1.2.4. Teilsysteme des Industrieroboters	28
1.3. Industrieroboter in der rechnerintegrierten Produktion (CIM)	30
2. Aufbau und Funktion	33
2.1. Prinzipieller Aufbau	33
2.2. Wirkungsweise der Hauptbaugruppen	34
2.3. Bauformen (Typenauswahl)	36
2.4. Baukastensystem	46
2.4.1. Ziele und Merkmale	46
2.4.2. Grundlagen der Baukastenbauweise	47
2.4.3. Modular aufgebaute Industrieroboter	48
2.4.3.1. Roboter-Module	48
2.4.3.2. Ausführungen von Industrierobotern im Modularkonzept	49
2.5. Handgesteuerte Manipulatoren	54
2.5.1. Prinzipieller Aufbau und Wirkungsweise	54
2.5.1.1. Indirekt handgesteuerte Manipulatoren	54
2.5.1.2. Direkt handgesteuerte Manipulatoren	57
2.5.2. Ausführungsformen	57
3. Führungsgetriebe	61
3.1. Funktion und Aufbau	61
3.1.1. Kinematische Struktur	61
3.1.2. Systematik der Strukturen	62
3.1.3. Arbeits- und Kollisionsraum	62
3.1.4. Koordinaten	64
3.2. Gestell	66
3.2.1. Funktionen und Arten	66
3.2.2. Feste und mobile Ständer	66
3.2.3. Portale	69
3.2.4. Fahrwerke für Transportroboter	72
3.3. Bewegungseinheiten	75
3.3.1. Geradfürungen	75
3.3.1.1. Geradfürungsgetriebe	76
3.3.1.2. Lineareinheiten	81

3.3.2.	Dreheinheiten	91
3.3.2.1.	Antriebe	94
3.3.2.2.	Gestaltung des Drehgelenks	95
3.3.3.	Drehgelenkarme	98
3.3.3.1.	Strukturen	98
3.3.3.2.	Auslegung	100
3.3.3.3.	Antriebe	101
3.3.3.4.	Handgelenke	107
3.3.3.5.	Lastausgleich	115
3.3.4.	Spezielle Führungsgetriebe	116
3.4.	Übertragungsgetriebe	117
3.4.1.	Getriebe für Drehen-in-Drehen	118
3.4.2.	Getriebe für Drehen-in-Schieben	121
3.5.	Auslegung und Berechnung	122
3.5.1.	Zielstellung	122
3.5.2.	Kinematische Analyse	123
3.5.2.1.	Ermittlung der Lage	123
3.5.2.2.	Ermittlung der Geschwindigkeiten und Beschleunigungen	127
3.5.3.	Kinetostatische Analyse	128
3.5.3.1.	Belastung durch äußere Kräfte	128
3.5.3.2.	Belastung durch Trägheitskraftgrößen	130
3.5.4.	Rechentechnische Lösung	132
3.5.5.	Massenreduktion	134
3.5.6.	Ermittlung der Greiferbelastung	137
3.5.7.	Ermittlung der Antriebsfunktion zur Führung eines Gliedes	139
3.5.8.	Analyse der Toleranz- und Gelenkspieleinflüsse	141
3.5.8.1.	Einfluß der Gliedlängentoleranzen und Toleranzen der Antriebsparameter	141
3.5.8.2.	Einfluß der Gelenkspiele	148
4.	Arbeitsorgane	150
4.1.	Ordnung, Funktion, Aufbau	150
4.2.	Greifer	151
4.2.1.	Funktion, prinzipieller Aufbau, Ordnung und Einflußgrößen	151
4.2.2.	Fingergreifer	157
4.2.2.1.	Pneumatische Fingergreifer	157
4.2.2.2.	Mechanische Fingergreifer	159
4.2.3.	Zangengreifer	162
4.2.3.1.	Systematik der Zangengreifer	162
4.2.3.2.	Ermittlung der kinematischen Abmessungen der Zangengreifer	170
4.2.3.3.	Greifkraftanalyse von Zangengreifern	173
4.2.3.4.	Greiforgane von Zangengreifern	176
4.2.4.	Saugergreifer	178
4.2.5.	Magnetgreifer	180
4.2.6.	Flexible Greifer	181
4.2.6.1.	Objektflexibilität	181
4.2.6.2.	Funktionsflexibilität	187
4.3.	Werkzeuge	193
4.3.1.	Überblick	193

4.3.2.	Fügewerkzeug zum Einsetzen von Sicherungsringen	194
4.3.3.	Fügewerkzeug zum Fügen von Werkstücken mit Übergangs- und Preßpassung	195
4.3.4.	Werkzeuge zum Herstellen von Schraubverbindungen.....	198
4.4.	Fügemechanismen	204
4.4.1.	Ungesteuerte Fügemechanismen (UFM).....	208
4.4.1.1.	Ungesteuerter Fügemechanismus mit Federelementen aus Stahl.....	209
4.4.1.2.	Ungesteuerter Fügemechanismus mit Metallballg	212
4.4.1.3.	Ungesteuerter Fügemechanismus mit Federelementen aus Elastomeren ..	212
4.4.2.	Gesteuerte Fügemechanismen (GFM)	217
4.4.3.	Kombinierte Fügemechanismen	218
4.4.3.1.	Kombination von GFM und UFM mit taktilem Sensor.....	218
4.4.3.2.	Kombination von GFM und UFM mit pneumatischen Sensoren	220
4.4.3.3.	Kombination von UFM und gesteuerter Dreheinheit mit taktilem Sensor	224
4.4.3.4.	Kombination von UFM und Schwingungserreger	225
4.4.4.	Fügemechanismen mit taktilen Erkennungssystemen.....	227
4.5.	Wechselsysteme	235
4.5.1.	Schnittstelle zwischen Arbeitsorgan und Industrieroboter	236
4.5.2.	Kopplung	237
4.5.3.	Periphere Einrichtungen für Wechselsysteme	239
5.	Antriebe.....	240
5.1.	Allgemeine Betrachtungen	240
5.2.	Elektrische Antriebe	241
5.2.1.	Antriebsarten	242
5.2.1.1.	Gleichstromstellantriebe.....	243
5.2.1.2.	Synchronstellantriebe	251
5.2.1.3.	Asynchronstellantriebe	254
5.2.1.4.	Drehstromlinearantriebe	257
5.2.1.5.	Schrittmotorenantriebe.....	257
5.2.2.	Auswahl und Auslegung von Stellantrieben	258
5.2.2.1.	Kenngrößen des Stellmotors.....	259
5.2.2.2.	Kinetische Anpassung.....	260
5.2.2.3.	Thermische Auslegung	263
5.3.	Hydraulische Antriebe	264
5.3.1.	Grundsätzlicher Aufbau und Einsatzmöglichkeiten	264
5.3.2.	Stellelemente	266
5.3.3.	Schaltssysteme	268
5.3.4.	Stetig stellbare elektrohydraulische Wandler	271
5.3.5.	Druckölversorgung	272
5.4.	Pneumatische Antriebe	273
5.4.1.	Eigenschaften und Einsatzmöglichkeiten.....	273
5.4.2.	Grundsaltungen	274
5.4.3.	Aufbereitung und Verteilung der Druckluft	275
6.	Steuerung und Programmierung	276
6.1.	Aufgaben, Klassifizierung, Grundbegriffe	276
6.1.1.	Steuerung und Manipulatorarbeitsplatz.....	276

6.1.2.	„Intelligenzgrad“ von Manipulator- und Industrierobotersteuerungen	278
6.1.3.	Begriffe und Klassifizierung	278
6.1.3.1.	Allgemeines	278
6.1.3.2.	Manuelle und automatische Steuerung	280
6.1.3.3.	Programmsteuerung	280
6.1.3.4.	Adaptivsteuerung	280
6.1.3.5.	Punkt- und Bahnsteuerung	281
6.1.3.6.	Numerische Steuerung	282
6.1.3.7.	Verbindungs- und speicherprogrammierte Realisierung der Informationsverarbeitung	282
6.1.3.8.	Einteilung von Manipulator- und Industrierobotersteuerungen	286
6.2.	Funktionelle Bestandteile	287
6.2.1.	Bewegungssteuerung	287
6.2.1.1.	Varianten	287
6.2.1.2.	Interpolation	294
6.2.1.3.	Koordinatentransformation	295
6.2.2.	Aktionssteuerung	297
6.2.3.	Sensordatenverarbeitung	298
6.2.4.	Dialogsteuerung	300
6.2.5.	Datenaustauschsteuerung	300
6.2.6.	Zentralsteuerung	301
6.2.7.	Überwachung und Diagnose	303
6.2.8.	Speicher	304
6.2.9.	Spezielle Funktionen	305
6.3.	Gerätetechnische Gestaltung, Schnittstellen	305
6.3.1.	Konstruktiver Aufbau einer Industrierobotersteuerung	305
6.3.2.	Anpaßsteuerung	307
6.3.3.	Schnittstellen	308
6.4.	Programmierung von Manipulatoren und Industrierobotern	311
6.4.1.	Gegenstand	311
6.4.2.	Programminhalt	315
6.4.3.	Programmierverfahren	316
6.4.3.1.	Systematik	316
6.4.3.2.	Verfahren	318
6.4.3.3.	Interaktive Programmierung	319
6.4.4.	Darstellung von Arbeitsprogrammen	320
6.4.5.	Programmiersysteme	325
6.5.	Steuerung von Synchronmanipulatoren	329
6.6.	Programmsteuerungen – Charakteristik und Beispiele	331
6.6.1.	Charakteristik und Einsatz	331
6.6.1.1.	Allgemeines	331
6.6.1.2.	Festprogrammsteuerungen	331
6.6.1.3.	Punktsteuerungen	332
6.6.1.4.	Bahnsteuerungen	333
6.6.1.5.	Multipunktsteuerungen	335
6.6.2.	Speicherprogrammierbare Steuerung ECC 50	335
6.6.3.	Elektronische Programmsteuerungen ROG-7, ROG-8	336
6.6.4.	Industrierobotersteuerung IRS 711	338

6.6.5.	Steuerungsfamilie SIROTEC RCM	342
6.6.6.	Industrierobotersteuerung ASEA S3.....	342
6.6.7.	Steuerung für Beschichtungsroboter TR 4006	343
6.6.8.	Steuerungen zur Automatisierung von Fertigungseinrichtungen und -prozessen	345
7.	Wegmeßsysteme	346
7.1.	Prinzip und Aufgaben	346
7.2.	Einteilung und Kenngrößen von Wegmeßsystemen.....	348
7.2.1.	Allgemeines	348
7.2.2.	Einteilung	348
7.2.3.	Arten der Wegmeßsysteme	352
7.2.4.	Kenngrößen.....	352
7.3.	Aufbau und Funktionsprinzip bevorzugt eingesetzter Wegmeßsysteme	353
7.3.1.	Potentiometer	353
7.3.2.	Resolver	355
7.3.3.	Inductosyne.....	358
7.3.4.	Absolute digitale Meßsysteme	361
7.3.5.	Inkrementale Meßsysteme	362
7.4.	Einsatz.....	364
7.4.1.	Anforderungen	364
7.4.2.	Bewertung	366
7.4.3.	Ankopplung und Anbau	366
7.4.4.	Genauigkeit.....	366
8.	Sensoren	367
8.1.	Zielstellung.....	367
8.2.	Sensorische Funktionen als Teil des Roboterkonzeptes	367
8.3.	Einige Gestaltungsregeln für Sensoren und deren Kopplung mit Industrieroboter- steuerungen	369
8.4.	Aufgaben beim Erarbeiten von Sensorlösungen.....	373
8.4.1.	Analysieren des Einsatzfalles und Erarbeiten der Sensorspezifikation	373
8.4.2.	Systementwurf	374
8.4.3.	Entwurf und Bereitstellung der Sensorhardware	375
8.4.4.	Programmwurf	376
8.4.5.	Implementieren.....	376
8.4.6.	Testen der realisierten sensorischen Funktion	377
8.4.7.	Dokumentieren der realisierten sensorischen Funktion	377
8.5.	Stand und Entwicklungstendenzen der Sensoren für Industrieroboter.....	378
8.5.1.	Allgemeines Wirkprinzip von Sensoren	378
8.5.2.	Taktile Sensorik	379
8.5.2.1.	Charakterisierung	379
8.5.2.2.	Taktile Sensoren für Kraft und Kraftmoment	380
8.5.2.3.	Taktile Sensoren für Position und Weg	382
8.5.2.4.	Taktile Sensoren für Temperatur	383
8.5.3.	Approximative Sensorik.....	383
8.5.3.1.	Charakterisierung	383
8.5.3.2.	Magnetische approximative Sensoren.....	384

8.5.3.3. Dielektrische approximative Sensoren	385
8.5.3.4. Optische approximative Sensoren	386
8.5.3.5. Approximative Ultraschall-Sensoren	389
8.5.3.6. Approximative Mikrowellensensoren	389
8.5.3.7. Approximative radiometrische Sensoren	390
8.5.3.8. Approximative fluidische Sensoren	390
8.5.4. Szenenabbildende Sensorik	391
8.5.4.1. Charakterisierung	391
8.5.4.2. Visuelle szenenabbildende Sensoren	391
8.5.4.3. Szenenabbildende Radarsensoren	394
9. Industrieroboterperipherie	398
9.1. Ordnung und Begriffe	398
9.2. Funktionsbereiche und -folgen	400
9.3. Werkstückspeicher	406
9.4. Werkstückzubringer	418
9.5. Spann- und Positioniereinrichtungen	421
9.6. Sicherheitskonzepte	428
9.7. Meß- und Prüftechnik	430
10. Prüfung von Industrierobotern	432
10.1. Aufgaben und Ziele der Prüfung	432
10.2. Kenngrößen für Industrieroboter	432
10.2.1. Geometrische Kenngrößen	432
10.2.2. Genauigkeitskenngrößen	434
10.2.3. Belastungskenngrößen	435
10.2.4. Kinematische Kenngrößen	436
10.3. Meßtechnische Ermittlung der Kenngrößen	437
10.3.1. Meßverfahren und Meßgeräte	437
10.3.2. Ermittlung der Kenngrößen zur Wiederholgenauigkeit	438
10.3.3. Ermittlung der kinematischen Kenngrößen	440
11. Literaturverzeichnis	442
12. Sachwörterverzeichnis	464