

Inhaltsverzeichnis

1. Grundlagen der Handhabetechnik	13
1.1. Volkswirtschaftliche Bedeutung der Handhabetechnik	13
1.2. Entwicklung der Handhabetechnik und Entwicklungstendenzen	15
1.3. Handhabevorgänge	16
1.3.1. Begriffsbestimmung	16
1.3.2. Sinnbilder	17
1.4. Klassifikation der Handhabeeinrichtungen	19
1.5. Kenngrößen von Manipulatoren	22
1.6. Prüfgrößen von Manipulatoren	23
1.7. Anforderungen an Industrieroboter	26
1.7.1. Industrieroboter für die Werkstückhandhabung	26
1.7.2. Industrieroboter zur Werkzeughandhabung	27
2. Aufbau der Manipulatoren	29
2.1. Prinzipieller Aufbau	29
2.2. Wirkungsweise der Hauptbaugruppen	30
2.3. Manipulator- und Industrierobotertypen	32
2.4. Baukastensysteme	42
2.4.1. Ziele und Merkmale	42
2.4.2. Grundlagen der Baukastenbauweise	43
2.4.3. Manipulatorbaukästen	44
2.4.4. Ausführungen von Industrieroboterbaukästen	44
2.5. Handgesteuerte Manipulatoren	48
2.5.1. Prinzipieller Aufbau und Wirkungsweise	48
2.5.1.1. Indirekt handgesteuerte Manipulatoren	48
2.5.1.2. Direkt handgesteuerte Manipulatoren	50
2.5.2. Ausführungsformen	51
3. Greiferführung	55
3.1. Funktion und Aufbau	55
3.1.1. Kinematische Struktur	55
3.1.2. Systematik der Strukturen	57
3.1.3. Arbeits- und Kollisionsraum	57
3.1.4. Koordinaten	58
3.2. Gestell	60
3.2.1. Funktion und Bauformen	60
3.2.2. Feste Gestelle	61
3.2.3. Verfahrbare Gestelle	63

3.3. Bewegungseinheiten	67
3.3.1. Geradföhrungen	67
3.3.1.1. Geradföhrungsgetriebe	68
3.3.1.2. Lineareinheiten	71
3.3.2. Dreheinheiten	82
3.3.2.1. Antriebe	82
3.3.2.2. Gestaltung des Drehgelenks	84
3.3.3. Drehgelenkarme	88
3.3.3.1. Strukturen	88
3.3.3.2. Auslegung	89
3.3.3.3. Antriebe	90
3.3.3.4. Handgelenke	93
3.3.3.5. Lastausgleich	98
3.3.4. Föhrungsgetriebe	100
3.4. Übertragungsgetriebe	102
3.4.1. Getriebe für Drehen-in-Drehen	102
3.4.2. Getriebe für Drehen-in-Schieben	106
3.5. Auslegung und Berechnung	106
3.5.1. Zielstellung	106
3.5.2. Kinematische Analyse	107
3.5.2.1. Ermittlung der Lage	107
3.5.2.2. Ermittlung der Geschwindigkeiten und Beschleunigungen	111
3.5.3. Kinetostatische Analyse	112
3.5.3.1. Belastung durch äußere Kräfte	112
3.5.3.2. Belastung durch Trägheitskraftgrößen	114
3.5.4. Rechentechnische Lösung	116
3.5.5. Massereduktion	118
3.5.6. Ermittlung der Greiferbelastung	121
3.5.7. Ermittlung der Antriebsfunktion zur Föhrung eines Gliedes	123
3.5.8. Analyse der Toleranz- und Gelenkspieleinflüsse	125
3.5.8.1. Einfluß der Gliedlängentoleranzen und Toleranzen der Antriebsparameter ...	125
3.5.8.2. Einfluß der Gelenkspiele	132
4. Greifer	135
4.1. Funktion, prinzipieller Aufbau und Ordnung	135
4.2. Bauformen	136
4.2.1. Fingergreifer	136
4.2.1.1. Pneumatische Fingergreifer	136
4.2.1.2. Mechanische Fingergreifer	136
4.2.2. Zangengreifer	139
4.2.2.1. Systematik der Zangengreifer	139
4.2.2.2. Greiforgane	145
4.2.2.3. Greifkraft	148
4.2.2.4. Havarieschutz	149
4.2.3. Saugergreifer	149
4.2.4. Magnetgreifer	151
4.2.5. Mehrfachgreifer	152
4.3. Auslegung von Greifern	154
4.3.1. Zielstellung und Lösungswege	154
4.3.2. Ermittlung der kinematischen Abmessungen von Zangengreifern	155
4.3.2.1. Explizite Bestimmung	155

4.3.2.2. Synthese durch iterative Analyse	156
4.3.3. Rationalisierungsmittel zur Auslegung von Zangengreifern	159
4.3.3.1. Kurventafeln zur Greifkraftbestimmung	159
4.3.3.2. Rechenprogramme zur Greifkraftbestimmung	163
4.4. Werkzeuge	164
4.5. Ausgleichseinheiten für Beschickungsroboter	166
4.6. Fügemechanismen für Montageroboter	167
4.6.1. Ungesteuerter Fügemechanismus mit Federelementen aus Stahl	172
4.6.2. Ungesteuerter Fügemechanismus mit Federelementen aus Elastomeren	173
4.6.3. Kombiniertes Fügemechanismus mit taktilem Sensor und Federelementen aus Stahl	177
4.6.4. Kombiniertes Fügemechanismus mit pneumatischen Sensoren und Federelementen aus Stahl	180
4.6.5. Kombiniertes Fügemechanismus mit gesteuerter Drehbewegung und Federelementen	183
4.6.6. Ungesteuerter Fügemechanismus mit Schwingungserregung	184
4.7. Wechselsysteme	187
4.7.1. Schnittstelle zwischen Greifer und Industrieroboter	188
4.7.2. Kopplung des Greifers mit dem Industrieroboter	190
4.7.3. Periphere Einrichtungen für Wechselsysteme	191
4.8. Greiferauswahl und Greifereigenschaften	191
4.9. Greiftechnik	193
4.9.1. Lage der Greifflächen	193
4.9.2. Gestalt der Greifflächen	194
5. Antriebe	196
5.1. Überblick	196
5.2. Elektrische Antriebe	197
5.2.1. Mechanische Belastung elektrischer Antriebe	198
5.2.1.1. Drehmoment	198
5.2.1.2. Bestimmung der reduzierten Massen	198
5.2.2. Thermische Belastung	199
5.2.3. Betriebsdiagramm	202
5.2.4. Dynamisches Verhalten	203
5.2.5. Leistungselektronische Geräte	205
5.2.6. Antriebsmotoren	206
5.2.6.1. Charakteristische Daten von Gleichstrommotoren	206
5.2.6.2. Bauweise von Gleichstrommotoren	207
5.2.6.3. Drehstrommotoren	210
5.2.6.4. Schrittmotorantriebe	212
5.3. Hydraulische Antriebe	213
5.3.1. Grundsätzlicher Aufbau und Einsatzmöglichkeiten	213
5.3.2. Stellelemente	214
5.3.3. Schaltsysteme	216
5.3.4. Elektrohydraulische Servosysteme	219
5.3.5. Druckölversorgung	220
5.4. Pneumatische Antriebe	221
5.4.1. Eigenschaften und Einsatzmöglichkeiten	221

5.4.2. Grundsaltungen	222
5.4.3. Aufbereitung und Verteilung der Druckluft	223
6. Steuerungen	224
6.1. Aufgaben, Klassifizierung, Wirkungsweise	224
6.1.1. Steuerung und Manipulatorarbeitsplatz	224
6.1.2. „Intelligenzgrad“ von Manipulatorsteuerungen	227
6.1.3. Programmsteuerungen	229
6.1.3.1. Programmierbarkeit	229
6.1.3.2. Punkt- und Bahnsteuerungen	229
6.1.3.3. Nichtnumerische und numerische Steuerungen	230
6.1.3.4. Verbindungs- und speicherprogrammierte Steuerungen	230
6.1.3.5. Problemgebundene und universelle Steuerungen	236
6.2. Funktionen von Programmsteuerungen	236
6.2.1. Charakteristik der Anforderungen	236
6.2.2. Flexibilität	236
6.2.3. Zentrale Informationsverarbeitung	237
6.2.4. Bewegungssteuerung	239
6.2.5. Zusammenwirken mit dem technologischen Prozeß	242
6.2.6. Bedienung und Betriebsarten	242
6.2.7. Überwachung und Diagnose	244
6.3. Gesichtspunkte für die Steuerungskonzeption und die Wahl der Steuerungshilfsenergie	244
6.4. Programmierung der Handhabeaufgabe	246
6.4.1. Gegenstand und Anforderungen	246
6.4.2. Programminhalt	248
6.4.2.1. Programmablauf	248
6.4.2.2. Wegbedingungen	248
6.4.2.3. Bewegungsbedingungen	248
6.4.2.4. Logische Bedingungen	248
6.4.2.5. Überwachung und Diagnose	250
6.4.3. Darstellung und Eingabe von Handhabungsprogrammen	251
6.4.4. Speicher für Handhabungsprogramme	253
6.4.4.1. Speicherarten	253
6.4.4.2. Aufbau und Wirkungsweise	253
6.4.5. Programmierverfahren	257
6.4.5.1. Programmierung am Einsatzort	257
6.4.5.2. Programmierung in der Arbeitsvorbereitung	258
6.4.5.3. Hybride Programmierverfahren	259
6.5. Steuerung von Synchronmanipulatoren	259
6.6. Programmsteuerungen – Charakteristik, Ausführung, Beispiele	260
6.6.1. Festprogrammsteuerungen	260
6.6.1.1. Charakteristik	260
6.6.1.2. Ausführung	260
6.6.2. Nichtnumerische Punktsteuerungen	261
6.6.2.1. Charakteristik	261
6.6.2.2. Ausführung	261
6.6.2.3. Zeitplansteuerung für Pneumomanipulator	262
6.6.2.4. Steuerung ROG-5 für Industrieroboter IR 3-P	262
6.6.3. Numerische Punktsteuerungen	266
6.6.3.1. Charakteristik	266

6.6.3.2. Ausführung	266
6.6.3.3. Schweißrobotersteuerung ZIS 10-36	267
6.6.3.4. Industrierobotersteuerung IRS 600	269
6.6.4. Bahnsteuerungen	275
6.6.4.1. Charakteristik	275
6.6.4.2. Ausführung	277
6.6.4.3. Bahnsteuerung für Farbspritzroboter	277
6.6.4.4. Steuerung für Industrieroboter PHM 4	279
6.6.4.5. Industrierobotersteuerung IRS 650	281
6.6.5. Universelle Steuerungen	282
6.7. Zusammenwirken von Erkennungssystemen mit Programmsteuerungen	284
6.8. Anpaßsteuerungen	286
7. Wegmeßsysteme	288
7.1. Aufgaben und Anforderungen	288
7.2. Einteilung und Ankopplung der Wegmeßsysteme	290
7.3. Aufbau, Funktionsprinzip und Einsatz bevorzugt angewendeter Wegmeßsysteme	293
7.3.1. Kenngrößen	293
7.3.2. Potentiometer	293
7.3.3. Resolver	296
7.3.4. Inductosyne	300
7.3.5. Absolute digitale Meßsysteme	302
7.3.6. Inkrementale Meßsysteme	303
8. Erkennungssysteme	306
8.1. Konzeptionelle Grundsätze	306
8.2. Entwurfsgrundlagen	309
8.2.1. Entwurfsphasen	309
8.2.2. Wirkungsweise von Erkennungssystemen	310
8.2.3. Struktur und Elemente von Erkennungssystemen	312
8.2.4. Erkennungsfälle	312
8.3. Gegenwärtige Realisierungsmöglichkeiten	315
8.3.1. Allgemeine Einschätzung	315
8.3.2. Taktile Sensoren	317
8.3.2.1. Direkt gekoppelte taktile Sensoren	317
8.3.2.2. Indirekt gekoppelte taktile Sensoren	319
8.3.3. Sensoren mit Feldkopplung	320
8.3.3.1. Sensoren mit Ankopplung im Nahfeld	320
8.3.3.2. Sensoren mit Ankopplung im Fernfeld	324
8.3.4. Weitere Sensorprinzipien	328
8.4. Ausblick	329
9. Periphere Einrichtungen	330
9.1. Funktionsbereiche und Funktionsfolgen	330
9.2. Gliederung und Begriff	333
9.3. Werkstückspeicher	335
9.3.1. Werkstückordnungen	335
9.3.2. Anforderungen an Werkstückspeicher	340

9.3.3. Werkstückspeicher für punktuellen Zugriff	345
9.3.4. Werkstückspeicher für flächigen und räumlichen Zugriff	347
9.3.5. Industrieroboter und Werkstückspeicher als System	355
9.4. Werkstückzubringeeinrichtungen	359
9.5. Spann- und Positioniereinrichtungen	361
9.6. Einrichtungen zur Qualitätssicherung	363
9.7. Sicherheitstechnische Einrichtungen	365
10. Literaturverzeichnis	367
11. Sachwörterverzeichnis	379