

# Inhaltsverzeichnis

<b>Formelzeichen und Abkürzungen</b> .....	XVII
<b>1 Einleitung</b> .....	1
1.1 Begriffsbestimmung .....	1
1.2 Geschichtliche Entwicklung und Gründe für die Automatisierung von Werkzeugmaschinen .....	2
1.3 Steuerungs- und Automatisierungstechnik als Teilaufgabe der Maschinenentwicklung .....	4
<b>2 Automatisierbare Funktionen der Fertigungseinrichtungen und ihre Realisierung</b> .....	7
2.1 Steuerung des Funktionsablaufs .....	9
2.1.1 Funktionsfolgen .....	9
2.1.2 Elemente der Steuerung, Programmierung und Speicherung .....	11
2.2 Beispiele automatisierter Funktionen .....	12
2.2.1 Weg- und Schaltinformationen .....	12
2.2.1.1 Nocken- und Schalterleisten .....	13
2.2.1.2 Absolute und inkrementale Drehgeber zur Erfassung der Istposition einer Maschinenbaugruppe und zur Steuerung von Schaltfunktionen .....	14
2.2.2 Drehzahlverstellung .....	14
2.2.3 Werkstücktransport und -handhabung .....	15
2.2.4 Werkzeughandhabung und -speicherung .....	20
2.2.5 Prozessüberwachung, Prozessregelung, Diagnose und Sicherheit .....	24
2.2.6 Leittechnik .....	25
2.2.7 Entsorgung .....	26
<b>3 Mechanische Steuerungen</b> .....	29
3.1 Einspindeldrehautomat .....	30
3.2 Mehrspindeldrehautomat .....	40
3.3 Weiterentwicklung des mechanisch gesteuerten Mehrspindlers ...	49

<b>4</b>	<b>Grundlagen der Informationsverarbeitung</b>	51
4.1	Grundlagen	51
4.1.1	Zahlensysteme	51
4.1.2	Datencodes	55
4.1.3	Boolsche Algebra	56
4.1.4	Karnaugh-Veitch-Diagramm	61
4.2	Bausteine	64
4.2.1	Realisierung der Grundfunktionen	64
4.2.2	Erweiterte Funktionen	67
4.2.2.1	Flip-Flop	67
4.2.2.2	Flankengetriggerte Flip-Flops	67
4.2.2.3	1:2-Untersetzer	68
4.2.2.4	Binärzähler	69
4.2.2.5	Halbaddierer	69
4.2.2.6	Volladdierer	70
4.2.2.7	Vergleicher	71
4.2.2.8	Decodierer	71
4.2.2.9	Parityprüfer	73
4.2.2.10	A/D-Wandler	73
4.2.2.11	D/A-Wandler	77
4.2.3	Integrierte Schaltkreise	79
4.2.4	Bedien- und Anzeigeelemente	80
4.3	Rechner	82
4.3.1	Aufbau und Funktion	83
4.3.1.1	Hardware	83
4.3.1.2	Software	86
4.3.2	Peripherie	88
4.3.2.1	Speicherperipherie	88
4.3.2.2	Benutzer- und Kommunikationsperipherie	90
4.3.2.3	Prozessperipherie	90
4.3.3	Softwareentwicklung	90
4.3.3.1	Planungsphase	91
4.3.3.2	Definitionsphase	91
4.3.3.3	Entwurfsphase	92
4.3.3.4	Implementierungsphase	93
4.3.3.5	Abnahme- und Einführungsphase	96
4.3.3.6	Wartungs- und Pflegephase	96
4.3.4	Entwicklung objektorientierter Steuerungssoftware	96
<b>5</b>	<b>Elektrische Steuerungen</b>	99
5.1	Aufbau und Einordnung von elektrischen Steuerungen	99
5.1.1	Verknüpfungssteuerungen	101
5.1.2	Ablaufsteuerungen	102
5.2	Verbindungsprogrammierte Steuerungen (VPS)	105
5.2.1	Anwendungsgebiete und Aufgaben	105

5.2.2	Anwendungsbeispiele .....	106
5.3	Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) .....	108
5.3.1	Anwendungsgebiete und Aufgaben .....	108
5.3.2	Aufbau und Funktionsweise .....	111
5.3.2.1	Aufbau .....	111
5.3.2.2	Funktionsweise .....	115
5.3.3	SPS-Programmierung .....	117
5.3.3.1	Kontaktplan-Programmierung .....	121
5.3.3.2	Funktionsplan-Programmierung .....	122
5.3.3.3	Programmierung mit Anweisungsliste .....	122
5.3.3.4	Beispiele für komplexere Programmanweisungen .....	124
5.3.3.4.1	Zeitfunktionen .....	124
5.3.3.4.2	Zähler .....	125
5.3.3.4.3	Wortverarbeitung .....	126
5.3.3.5	Hochsprachen-Programmierung .....	128
5.3.3.6	Ablaufsprache .....	130
5.3.4	Vorgehensweise zur systematischen Entwicklung von komplexen SPS-Programmen .....	131
5.3.4.1	Spezifikation der Steuerungsaufgabe .....	132
5.3.4.2	Programmentwurf und Programmierung .....	133
5.3.4.3	Programmtest .....	135
5.3.5	Feldbussysteme für SPS .....	137
5.4	Sicherheitssteuerungen .....	141
5.4.1	Zweikanalige, fehlererkennende Steuerungsstruktur .....	143
5.4.2	Dreikanalige, fehlertolerante Steuerungsstruktur .....	144
5.4.3	Konventionelle Sicherheitsschaltung in Relaistechnik .....	145
5.4.4	Fehlersichere Prozessankopplung .....	146
5.4.4.1	Sichere Auswertung von Prozesseingängen .....	146
5.4.4.2	Fehlersichere und fehlertolerante Prozessausgänge .....	149
6	<b>Numerische Steuerungen</b> .....	151
6.1	Geschichtliche Entwicklung numerischer Steuerungen .....	151
6.2	Aufbau und Funktionsbeschreibung numerischer Steuerungen .....	154
6.2.1	Allgemeine Funktionsbeschreibung .....	154
6.2.2	Hardware und Schnittstellen einer NC-Steuerung .....	157
6.2.2.1	Komponenten .....	158
6.2.2.2	Interner Aufbau .....	160
6.2.2.3	Externe Schnittstellen .....	162
6.2.3	Software einer NC-Steuerung .....	165
6.2.4	Funktionsweise einer NC-Steuerung .....	167
6.2.5	Funktionsumfang moderner NC-Steuerungen .....	170
6.2.5.1	Standard-Funktionen .....	170
6.2.5.2	Funktionen zur Steuerung automatisierter Produktionszellen .....	177

6.2.6	Offene Steuerungssysteme .....	182
6.2.6.1	Motivation und Ziele offener Steuerungssysteme .....	182
6.2.6.2	Ausprägungen offener Steuerungssysteme .....	183
6.2.6.3	Realisierung offener Steuerungen .....	185
6.2.6.4	Herstellerübergreifende Standards für offene Steuerungen .....	190
6.2.7	Entwicklungstendenzen bei numerischen Steuerungen ...	194
6.3	Werkstückprogrammierung in der NC-Fertigung .....	196
6.3.1	Aufbau eines satzbasierten NC-Programms .....	196
6.3.2	STEP-NC, Aufbau eines objektorientierten NC-Programms .....	199
6.3.3	Koordinatensysteme und Bezugspunkte .....	202
6.4	NC-Programmierverfahren .....	207
6.4.1	Manuelle NC-Programmierverfahren .....	207
6.4.1.1	Grundlagen und Vorgehensweise .....	207
6.4.1.2	Programmierbeispiel (DIN 66025) .....	211
6.4.1.3	Zusätzliche Befehle zur Programmeingabe .....	213
6.4.1.4	Grenzen der Programmiersprache nach DIN 66025 .....	217
6.4.2	Rechnergestützte NC-Programmierverfahren .....	218
6.4.2.1	CAD/CAP/CAM-Kopplung .....	223
6.4.2.2	Programmierbeispiel anhand des EXAPT-Systems .....	238
6.4.2.3	Programmierbeispiel für ein objektorientiertes NC-Programm (STEP-NC) .....	246
6.4.2.4	Werkstatorientierte NC-Programmierung .....	247
6.4.2.5	Kostenvergleich der Programmierverfahren ...	252
6.4.3	Digitalisierung von Werkstückgeometrien zur NC-Datengenerierung .....	254
6.4.3.1	Messgeräte zur Digitalisierung von Werkstücken .....	256
6.4.3.2	Abtaststrategien .....	258
6.4.3.3	Tastsysteme .....	260
6.4.3.4	Aufbereitung und Weiterverarbeitung der Messdaten .....	266
6.5	Benutzerschnittstellen an Werkzeugmaschinen .....	271
6.5.1	Bedienfelder an Werkzeugmaschinen .....	271
6.5.2	Manuelle Prozessführung .....	273
6.5.2.1	Allgemeine Übersicht .....	273
6.5.2.2	Bedienelemente zur Prozessführung .....	273
6.5.2.3	Möglichkeiten für die Realisierung einer benutzerorientierten Prozessführung .....	275
6.5.2.4	Entwicklungstendenzen .....	279
6.5.3	Benutzerorientierte Darstellung prozess- und systembezogener Kenngrößen .....	280
6.5.3.1	Ausgangssituation .....	280

6.5.3.2	Benutzergerechte Vermittlung der Kenngrößen .	281
6.5.3.3	Technische Realisierung und Anwendungsbeispiele .....	282
<b>7</b>	<b>Führungsgrößenerzeugung und Interpolation .....</b>	<b>287</b>
7.1	Interpolation .....	289
7.1.1	Funktionen zur satzorientierten Geschwindigkeits- und Beschleunigungsführung einfacher Bahnen .....	290
7.1.1.1	Beschleunigungs- und Verzögerungsphase .....	294
7.1.1.2	Konstantgeschwindigkeitsphase .....	297
7.1.1.3	Bremseinsatzpunkterkennung .....	297
7.1.2	Funktionen zur satzübergreifenden Geschwindigkeits- und Beschleunigungsführung einfacher Bahnen .....	299
7.1.2.1	Satzübergänge .....	299
7.1.2.2	Vorausschauende Geschwindigkeitsführung (Look Ahead) .....	300
7.1.3	Interpolation einfacher Bahnen .....	303
7.1.3.1	Geradeninterpolation .....	303
7.1.3.2	Kreisinterpolation .....	305
7.1.4	Spline-Interpolation .....	307
7.1.4.1	Polynomsplines .....	308
7.1.4.1.1	Definition .....	308
7.1.4.1.2	Polynomermittlung .....	309
7.1.4.1.3	Bestimmung des Parametervektors ..	309
7.1.4.1.4	Globales Verfahren .....	310
7.1.4.1.5	Lokales Verfahren nach Akima .....	312
7.1.4.1.6	Eigenschaften .....	313
7.1.4.2	B-Splines .....	314
7.1.4.2.1	Definition .....	315
7.1.4.2.2	Eigenschaften .....	317
7.1.4.3	NURBS .....	318
7.1.4.4	Auswertung von Splines .....	319
7.1.5	Sonstige Verfahren .....	322
7.2	Geometrische Transformationen .....	322
7.2.1	Nullpunktverschiebungen .....	322
7.2.2	Werkzeugkorrekturen .....	324
7.2.3	Kinematische Transformation für die 5-Achs- Fräsbearbeitung .....	327
7.2.3.1	Serielle Kinematiken .....	328
7.2.3.2	Parallele Kinematiken .....	329
7.3	Externe Lage- und Geschwindigkeitsbeeinflussung .....	332
7.3.1	Kompensation geometrischer Fehler .....	332
7.3.1.1	Kompensation geometrischer Fehler von Vorschubantrieben .....	332

7.3.1.1.1	Messung der Positionierungsunsicherheit nach VDI/DGQ 3441 .....	332
7.3.1.1.2	Umkehrspanne .....	333
7.3.1.2	Kompensation thermischer Verlagerungen .....	334
7.3.1.2.1	Direkte Kompensation .....	335
7.3.1.2.2	Indirekte Kompensation .....	336
7.3.1.3	Kompensation statischer Prozesslasten .....	341
7.3.1.4	Messregelung für Schleifprozesse .....	347
7.3.2	Vorschub-Override und externe Geschwindigkeitsbeeinflussung .....	347
7.3.2.1	Override .....	347
7.3.2.2	Externe Geschwindigkeitsbeeinflussung .....	349
7.3.2.3	Look-Ahead-Funktion .....	349
7.3.3	Referenzpunktfahrt .....	350
<b>8</b>	<b>Robotersteuerungen .....</b>	<b>353</b>
8.1	Allgemeine Funktionsbeschreibung .....	353
8.2	Koordinatensysteme und Bezugspunkte .....	356
8.3	Koordinatentransformation und Bahngenerierung .....	359
8.4	Bedienung und Programmierung von Robotern .....	378
8.4.1	Online-Programmierverfahren .....	380
8.4.1.1	Lernprogrammierverfahren (Playback, Teach-In) .....	380
8.4.1.2	Bedienelemente zur Bewegungsführung von Robotern .....	381
8.4.1.3	Erstellung eines Roboterprogramms an der Steuerung .....	384
8.4.1.4	Werkstatorientierte Programmiersysteme .....	390
8.4.2	Offline-Programmiersysteme .....	391
8.4.2.1	Textuelle Programmerstellung .....	391
8.4.2.2	Industrial Robot Language (IRL) .....	393
8.4.2.3	Grafische Programmierung mit Ablaufdiagrammen .....	403
8.4.2.4	Standardisierung grafischer Programmieroberflächen .....	403
8.4.2.5	Roboterprogrammsimulation .....	404
8.4.2.6	Aufgabenorientierte Roboterprogrammierung ..	409
8.4.3	IRL-Programmierbeispiel .....	411
8.5	Kommunikationsschnittstellen für Robotersteuerungen .....	411
8.6	Sensordatengewinnung und -verarbeitung .....	413
8.7	Entwicklungstendenzen .....	417
<b>9</b>	<b>Fertigungsleittechnik .....</b>	<b>419</b>
9.1	Die Unternehmensstruktur im CIM-Verbund .....	420
9.1.1	CIM-Komponenten .....	420
9.1.1.1	PPS .....	422

9.1.1.2	CAD .....	424
9.1.1.3	CAP und CAM .....	424
9.1.1.4	CAQ .....	425
9.1.1.5	Automatisierte Produktion .....	425
9.1.2	Ebenenmodell eines Unternehmens der Fertigungsindustrie .....	425
9.1.3	Kommunikation in der Leittechnik .....	428
9.1.3.1	Kommunikationssegmente des Fertigungsbereichs .....	428
9.1.3.2	OSI-Referenzmodell .....	431
9.1.3.3	Offene Systeme .....	431
9.1.3.4	Schichtenmodell .....	432
9.1.3.5	TCP/IP-Protokolle .....	434
9.2	Fertigungsleitsysteme .....	435
9.2.1	DNC(Distributed Numerical Control) .....	436
9.2.1.1	Geschichtliche Entwicklung .....	436
9.2.1.2	DNC-System .....	437
9.2.2	Betriebsdatenerfassung und -verarbeitung .....	439
9.2.2.1	Gliederung der Betriebsdaten und Begriffsdefinitionen .....	440
9.2.2.2	BDE-Terminals .....	441
9.2.2.3	Funktionen der Betriebsdatenverarbeitung .....	442
9.2.3	Materialflussssteuerung .....	444
9.2.4	Fertigungshilfsmittelorganisation .....	445
9.2.4.1	Werkzeugplanung .....	445
9.2.4.2	Werkzeugbewirtschaftung .....	445
9.2.4.3	Werkzeugdisposition .....	446
9.2.4.4	Werkzeugver- und -entsorgung .....	447
9.2.4.5	Werkzeugeinsatz .....	447
9.2.4.6	Werkzeuginformationssystem .....	447
9.2.5	Elektronischer Leitstand .....	448
9.2.5.1	Aufgaben von Werkstattsteuerungssystemen ...	448
9.2.5.2	Funktionsumfang elektronischer Leitstände ...	449
9.2.6	Fertigungsleitrechner .....	452
9.2.6.1	Flexible Fertigungssysteme .....	452
9.2.6.2	Funktionsumfang von Fertigungsleitrechnern ...	453
9.2.6.3	Architekturen .....	455
9.3	Integriertes Fertigungs- und Montagesystem .....	458
9.3.1	Systemübersicht .....	458
9.3.2	Werkstückspektrum .....	460
9.3.3	Das Fertigungsleitsystem COSMOS <sup>plus</sup> .....	460
9.3.3.1	COSMOS <sup>plus</sup> -Steuerungsarchitektur .....	461
9.3.3.2	Funktionen der Leitebene .....	464
9.3.3.3	Funktionen der Zellenebene .....	466
9.3.3.4	Steuerungskomponenten .....	467

---

9.3.3.5	Industrieller Einsatz von COSMOS <sup>plus</sup> .....	467
9.3.4	Aufbau der Zellen des IFMS und informationstechnische Einbindung .....	469
9.3.4.1	Lager .....	469
9.3.4.2	Transportsystem .....	470
9.3.4.3	Sägezelle .....	471
9.3.4.4	Montagezelle .....	472
9.3.4.5	Drehzelle .....	475
9.3.4.6	Fräszellen .....	478
9.3.4.7	Messzelle .....	480
<b>Literatur</b>	.....	483
<b>Index</b>	.....	495



Werkzeugmaschinen 4

Automatisierung von Maschinen und Anlagen

Weck, M.

2006, XX, 502 S. 330 Abb., Hardcover

ISBN: 978-3-540-22507-2