

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Grundlagen der Automatisierungstechnik</b>	<b>9</b>	1.4.18 Simulieren von SPS-Programmen ..	97
<b>1.1 Einführung</b>	9	1.4.19 IEC 1131 .....	99
<b>1.2 Steuerungstechnik</b>	15	1.4.20 Zuverlässigkeit und Sicherheit .....	100
1.2.1 Steuerungsarten .....	15	<b>1.5 Grundlagen der Analogsignal-</b>	
1.2.2 Programmsteuerungen .....	18	<b>verarbeitung</b> .....	101
1.2.3 Elektrische Bauelemente .....	19	1.5.1 Operationsverstärker (OP) .....	101
1.2.4 Schutzmaßnahmen, Schutzarten		1.5.2 Grundsaltungen .....	102
und Gefahren .....	31	1.5.3 Analog-Digital-Umsetzer und	
1.2.5 Grundsaltungen elektrischer		Digital-Analog-Umsetzer .....	105
Kontaktsteuerungen .....	33	<b>1.6 Regelungstechnik</b> .....	107
1.2.6 Sicherheitsfunktionen .....	35	1.6.1 Begriffe .....	107
1.2.7 Integrierte Schaltkreise (IC) und		1.6.2 Regelungsarten .....	108
Grundverknüpfungen .....	36	1.6.3 Regelkreisglieder .....	110
1.2.8 Schaltalgebra .....	37	1.6.3.1 Proportionalglied ohne Verzögerung	
1.2.9 Kombinatorische Steuerungen .....	38	(P-Glied) .....	110
1.2.10 Sequentielle Steuerungen .....	42	1.6.3.2 Proportionalglied mit Verzögerung	
1.2.10.1 GRAFCET .....	42	1. Ordnung (P-T <sub>1</sub> -Glied) .....	111
1.2.10.1 Sequentielle Steuerungen		1.6.3.3 Proportionalglied mit Verzögerung	
mit Flip-Flop .....	48	2. Ordnung (P-T <sub>2</sub> -Glied)	
1.2.11 Zustandsfolgediagramm (Graph) ...	50	und Schwingungsglied .....	112
<b>1.3 Digitale Speicher</b> .....	51	1.6.3.4 Integralglied (I-Glied) .....	115
1.3.1 Mechanische Speicher .....	51	1.6.3.5 Differenzierglied (D-Glied) .....	116
1.3.2 Optische Datenspeicher .....	52	1.6.3.6 Totzeitglied (T <sub>r</sub> -Glied) .....	116
1.3.2.1 Barcodes .....	52	1.6.3.7 Zusammenwirken mehrerer	
1.3.2.2 2D-Codes .....	53	Regelkreisglieder .....	118
1.3.3 Elektronische Speicher .....	54	1.6.4 Regler und Regelkreise .....	119
1.3.4 Magnetische Speicher .....	56	1.6.4.1 Schaltende Regler .....	119
<b>1.4 Speicherprogrammierbare</b>		1.6.4.2 Analoge Regler .....	120
<b>Steuerungen (SPS)</b> .....	57	1.6.4.3 Digitale Regler (Software-Regler) ...	122
1.4.1 Aufbau und Funktionsweise .....	57	1.6.4.4 Regelung von P-Strecken .....	125
1.4.2 Systemaufbau .....	59	1.6.4.5 Regelung von I-Strecken .....	126
1.4.3 Programmierung .....	60	1.6.4.6 Einstellen eines Reglers .....	128
1.4.4 Programmabarbeitung,		1.6.4.7 Selbstoptimierende Regler .....	129
Organisationsbausteine .....	62	<b>2 Aktoren</b> .....	<b>130</b>
1.4.5 Adressierung und Datentypen .....	63	<b>2.1 Pneumatische Aktoren</b> .....	<b>130</b>
1.4.6 Grundverknüpfungen .....	64	2.1.1 Einführung .....	130
1.4.7 Speicher (Merker) .....	67	2.1.2 Komponenten der Pneumatik .....	131
1.4.8 Flankenauswertung .....	69	2.1.2.1 Wartungsgeräte .....	131
1.4.9 Zähloperationen .....	71	2.1.2.2 Aktoren .....	132
1.4.10 Programmieren von Zeiten .....	73	2.1.2.3 Ventile .....	135
1.4.11 Digitale Grundoperationen .....	76	2.1.2.4 Signalgeber und Signalwandler ...	139
1.4.12 Analogwertverarbeitung .....	79	2.1.3 Pneumatische Steuerungen .....	140
1.4.13 Funktionen (FC) und Funktions-		2.1.3.1 Schaltplanaufbau .....	140
bausteine (FB) .....	81	2.1.3.2 Pneumatische Verknüpfungs-	
1.4.14 Datenbausteine .....	83	steuerungen .....	142
1.4.15 Ablaufsteuerungen .....	84	2.1.3.3 Pneumatische Ablauf-	
1.4.16 Betriebsarten .....	88	steuerungen .....	144
1.4.17 Bedienen und Beobachten von			
Prozessen .....	91		

2.1.3.4 Elektrische Ansteuerung von Aktoren .....	145	<b>3 Sensoren</b>	<b>224</b>
2.1.3.5 Beispiele für Ablaufsteuerungen .....	146	<b>3.1 Allgemeines zur Sensortechnik</b> ....	224
2.1.3.6 Randbedingungen für Ablaufsteuerungen .....	147	<b>3.2 Sensoren für Wege, Winkel und Abstände</b> .....	226
2.1.3.7 Elektropneumatische Taktstufensteuerung .....	149	3.2.1 Sensorsignalerzeugung durch Widerstandsänderung .....	229
2.1.3.8 Rundtisch mit pneumatischem Prägezyylinder .....	150	3.2.2 Sensorsignale durch magnetische Kopplung .....	231
<b>2.2 Hydraulische Aktoren</b> .....	152	3.2.3 Sensorsignale mittels magnetischer und elektrischer Felder .....	232
2.2.1 Allgemeines .....	152	3.2.4 Sensoren zur Füllstandsmessung ...	233
2.2.2 Physikalische Grundlagen .....	152	3.2.5 Optische Sensoren .....	234
2.2.2.1 Hydrostatik .....	152	3.2.6 Sensorsignale durch Laufzeitmessung .....	238
2.2.2.2 Hydrodynamik .....	154	3.2.7 Näherungsempfindliche Schalter (binäre Sensoren) .....	240
2.2.3 Hydraulikflüssigkeiten .....	155	3.2.8 Digitale Weg- und Winkel-messung .....	241
2.2.4 Aufbau hydraulischer Steuerungen .....	157	3.2.8.1 Inkrementale Weg- und Winkel-messung .....	241
2.2.5 Hydraulikpumpen .....	158	3.2.8.2 Absolute Weg- und Winkel-messung .....	245
2.2.6 Hydraulikspeicher .....	160	3.2.8.3 Zyklisch analoge Weg- und Winkel-messung .....	247
2.2.7 Antriebselemente .....	162	<b>3.3 Geschwindigkeitssensoren</b> .....	249
2.2.8 Hydraulikventile .....	165	<b>3.4 Sensoren für Dehnungen, Kräfte, Drehmomente und Drücke</b> .....	250
2.2.8.1 Druckventile .....	165	<b>3.5 Beschleunigungssensoren</b> .....	254
2.2.8.2 Wegeventile .....	168	<b>3.6 Temperatursensoren</b> .....	255
2.2.8.3 Sperrventile .....	169	<b>3.7 Sensoren für elektrische Größen (Messumformer)</b> .....	258
2.2.8.4 Stromventile .....	170	<b>3.8 Störungen in Sensorleitungen</b> ....	259
2.2.9 Stetigventile .....	172	<b>4 Computergesteuerte Maschinen</b>	<b>261</b>
2.2.10 Proportionaltechnik .....	173	<b>4.1 CNC-Werkzeugmaschinen</b> .....	261
2.2.11 Servoventile .....	180	4.1.1 Der Produktionsprozess .....	261
<b>2.3 Elektrische Aktoren</b> .....	183	4.1.2 NC-Achsen und deren Steuerung ...	264
2.3.1 Rechnerische Grundlagen .....	184	4.1.3 CNC-Programmierung .....	266
2.3.2 Gleichstromantriebe (DC-Antriebe) .	187	4.1.3.1 DIN-Programmierung .....	266
2.3.3 Elektromagnete und Kupplungen ...	193	4.1.3.2 Werkstattorientiertes Produzieren ..	276
2.3.4 Netzbetriebene Drehstrommotoren (AC-Motoren) .....	193	4.1.4 Interpolation .....	278
2.3.5 Drehstromsynchronantrieb mit Drehzahlregelung (AC-Antrieb) ....	202	4.1.5 Leistungsfähigkeit .....	280
2.3.6 Drehstromasynchronantrieb mit felderorientierter Kommutierung ...	206	4.1.6 Offene CNC-Steuerung .....	282
2.3.7 Elektrische Linearantriebe .....	209	<b>4.2 Rapid Prototyping (RP)</b> .....	283
2.3.8 Schrittmotorantriebe .....	211	4.2.1 Allgemeines und Anwendung .....	283
2.3.9 Piezoaktoren .....	212	4.2.2 Verfahren des RP .....	283
2.3.10 Magnetostriktive Aktoren .....	212	4.2.3 Die Informationskette und die Prozesskette .....	286
2.3.11 Memory-Metall-Aktoren .....	213		
<b>2.4 CNC-Achsantriebssysteme</b> .....	214		
2.4.1 Struktur .....	214		
2.4.2 Art der Wegmessung .....	214		
2.4.3 Antriebsarten .....	216		
2.4.4 Mechanische Übertragungsglieder ..	217		
2.4.5 Lageregelung .....	219		
2.4.6 SERCOS-Interface .....	223		

<b>4.3 Messen und Prüfen</b> .....	287	5.2.1	Prüfdaten .....	352
4.3.1 Koordinatenmessgeräte .....	287	5.2.2	Normalverteilung .....	353
4.3.1.1 Aufbau und Wirkungsweise .....	288	5.2.3	Wahrscheinlichkeitsnetz .....	354
4.3.1.2 Bauarten .....	289	5.2.4	Auswertung einer Stichprobe .....	354
4.3.1.3 Messsysteme .....	289	5.2.5	Qualitätsregelkarten .....	358
4.3.1.4 Tastsysteme .....	290	<b>5.3 Maschinen- und Prozessfähigkeit</b> ...		362
4.3.1.5 Zusatzausstattungen .....	292	<b>5.4 Betriebsdatenerfassung (BDE)</b> .....		363
4.3.1.6 Steuerungen und Antriebe .....	293	5.4.1 Codeleser .....		364
4.3.1.7 Messwertauswertung .....	293	5.4.2 Mobile Datenspeicher .....		365
4.3.1.8 Tastelementkalibrierung .....	296	5.4.3 Chipkarten, Chipmünzen, RFIDs		366
4.3.1.9 Durchführung eines Messauftrags	296	5.4.4 Funkterminals .....		367
4.3.2 Lasertracking .....	301			
4.3.3 Optische Formerfassung .....	302	<b>6 Informationstechnik</b>		<b>368</b>
4.3.4 Röntgen-Computer-Tomographie (CT) .....	304	<b>6.1 Programmierung</b> .....		368
<b>4.4 Robotertechnik</b> .....	305	6.1.1 Programmiersprachen .....		368
4.4.1 Einführung .....	305	6.1.2 Software Engineering .....		369
4.4.2 Einteilung .....	306	6.1.3 Qualität der Software .....		370
4.4.3 Kinematischer Aufbau .....	307	6.1.4 Sicherung gegen unberechtigte Nutzung		370
4.4.4 Greifer .....	311	6.1.5 Betriebssystem Windows .....		371
4.4.5 Roboterprogrammierung .....	312	6.1.6 Objektorientierte Programmierung (OOP) .....		374
4.4.6 Koordinatensysteme .....	315	6.1.7 Algorithmen .....		376
4.4.7 Die Bewegungserzeugung .....	319	6.1.8 Strukturierte Programmierung		377
4.4.8 Koordinatentransformation .....	321	6.1.9 Rechnerinterne Datendarstellung		378
4.4.9 Interpolation und Betriebsarten	322	6.1.10 Programmaufbau und Programmkomponenten		381
4.4.10 Schleppabstand und Bahngeschwindigkeit	324	6.1.11 Strukturierte Anweisungen .....		383
4.4.11 Sensorführung von Robotern	326	6.1.12 Strukturierung mit Funktionen		385
4.4.12 Schutzmaßnahmen .....	334	6.1.13 Fallbeispiel: Steuerkurve .....		386
<b>4.5 Montage und Demontage</b> .....	335	6.1.14 Externe Speicher .....		392
4.5.1 Grundlagen .....	335	6.1.15 Serielle Datenübertragung .....		394
4.5.2 Der Materialfluss .....	336	6.1.16 Grafische Programmierung .....		397
4.5.3 Maschinelle Montage .....	338	<b>6.2 Steuern mit dem Computer</b> .....		403
4.5.4 Montageorganisation .....	339	6.2.1 Aufbau der Systeme .....		403
<b>4.6 Schnittstellen</b> .....	341	6.2.2 Die Schnittstellenkarte .....		403
4.6.1 IGES, VDAIS .....	342	6.2.3 Verknüpfungssteuerung ohne Speicher		406
4.6.2 JT .....	343	6.2.4 Verknüpfungssteuerung mit Speicher		407
4.6.3 VDAFS .....	343	6.2.5 Analogwerte einlesen .....		407
4.6.4 DXF .....	344	6.2.6 Ansteuerung über OPC-Server		409
4.6.5 STEP .....	344	<b>6.3 Regelung mit PC und SPS</b> .....		410
4.6.6 STL .....	345	6.3.1 Hardware und Software .....		410
<b>4.7 Virtual Environments (VE)</b> .....	346	6.3.2 Grafische Ausgabe .....		411
4.7.1 Stereokopisches Sehen .....	346	6.3.3 Regelkreisglieder .....		412
4.7.2 Cave und Immersion .....	347	6.3.3.1 Proportionalglied ohne Verzögerung (P-Glied) .....		412
4.7.3 Szenensteuerung und Tracking	348	6.3.3.2 Integralglied (I-Glied) .....		413
4.7.4 Mixed Reality und Augmented Reality	350	6.3.3.3 Totzeitglied (T-Glied) .....		414
<b>5 Qualitätsüberwachung und Prozesslenkung</b>	<b>351</b>			
<b>5.1 Einführung</b> .....	351			
<b>5.2 Statistische Qualitätsüberwachung</b>	<b>352</b>			

6.3.3.4	Proportionalglied mit Verzögerung 1. Ordnung (P-T <sub>1</sub> -Glieder) .....	415	<b>7 Kommunikationstechnik</b>	<b>457</b>
6.3.3.5	Proportionalglied mit Verzögerung 2. Ordnung (P-T <sub>2</sub> -Glieder) und Schwingungsglied .....	416	<b>7.1 ISDN</b> .....	457
6.3.4	Regelkreise .....	417	<b>7.2 ADSL/DSL und PLC</b> .....	458
6.3.4.1	P-Regelung und P-T <sub>1</sub> -Strecke .....	417	7.2.1 ADSL/DSL .....	458
6.3.4.2	P-Regelung und P-T <sub>1</sub> -Strecke (SPS-Simulation) .....	418	7.2.2 PLC .....	459
6.3.4.3	I-Regelung und P-T <sub>1</sub> -Strecke .....	419	<b>7.3 Internet und Intranet</b> .....	460
6.3.4.4	Drehzahlregelung mit PI-Regler ....	420	<b>7.4 Telematik</b> .....	462
6.3.4.5	Optimierung der Regler- parameter .....	421	<b>7.5 Lokale Kommunikationstechnik</b> ....	464
6.3.4.6	P-Regler und P-T <sub>1</sub> -I-Strecke (Lageregelung) .....	422	7.5.1 Ethernet-LAN .....	466
6.3.4.7	Lageregelung mit Totzeit .....	424	7.5.1.1 Einführung .....	466
6.3.4.8	Geschwindigkeitsvorsteuerung ....	425	7.5.1.2 Peer-to-peer-Netzwerke .....	469
6.3.5	Fuzzy-Logic .....	426	7.5.1.3 Client-Server-Netzwerke .....	469
6.3.5.1	Grundlagen der Fuzzy- Technologie .....	426	7.5.1.4 Aufbau eines Peer-to-peer-Netzwerks mit zwei PCs .....	470
6.3.5.2	Fuzzy-Regelung einer Bandsägemaschine .....	427	7.5.1.5 Erweiterung zu einem Client-Server-Netzwerk .....	473
<b>6.4</b>	<b>Programmiersprache Java</b> .....	429	<b>7.6 Feldbus-Systeme</b> .....	475
6.4.1	Einführung .....	429	7.6.1 CAN-Bus .....	475
6.4.2	Erstellen einer einfachen Applikation .....	430	7.6.2 PROFIBUS, PROFIBUS-DP .....	475
6.4.3	HTML (HyperText Markup Language ....	430	7.6.3 Aktor-Sensor-Interface (AS-I) .....	480
6.4.4	Erstellen von Grafiken .....	432	7.6.4 PROFINET .....	482
6.4.5	Animationen .....	433	<b>7.7 Schnittstellen</b> .....	483
6.4.6	Multithreading .....	433	7.7.1 Serielle Schnittstelle V.24 .....	484
6.4.7	Java-Script .....	434	7.7.2 Serielle Schnittstelle RS 485 .....	486
<b>6.5</b>	<b>Visual Basic für Excel</b> .....	435	<b>8 Aufgaben und Übungen</b>	<b>368</b>
6.5.1	Aufbau eines VBA-Programms ....	435	<b>8.1 Aufgaben und Übungen zur Pneumatik</b> .....	487
6.5.2	Aufruf von VBA .....	436	<b>8.2 Aufgaben und Übungen zur Hydraulik</b> .....	492
6.5.3	Erstellen von Funktionen .....	437	<b>8.3 Aufgaben und Übungen zu GRAFCET</b> .....	494
6.5.4	Variable und Zugriff auf Zellen ....	438	<b>8.4 Aufgaben und Übungen zur SPS</b> ...	495
6.5.5	Projekt: SPC-Maschinenregelung ...	440	<b>8.5 Aufgaben und Übungen zur Regelungstechnik</b> .....	508
6.5.6	Erstellen eines Formulars als Unterprogramm .....	441	<b>8.6 Aufgaben und Übungen zum Programmieren</b> .....	512
6.5.7	Kommunikation: Excel mit S7 .....	442	<b>8.7 Aufgaben und Übungen zur Antriebstechnik</b> .....	515
<b>6.6</b>	<b>Relationale Datenbanken</b> .....	443	<b>8.8 Aufgaben und Übungen zu CNC</b> .....	517
6.6.1	Datenbankobjekte .....	444	<b>Fachwörterbuch: Deutsch – Englisch, Sachwortverzeichnis</b> .....	519
6.6.2	Entwerfen einer Datenbank .....	446	<b>Professional Dictionary: English – German, Index</b> .....	531
<b>6.7</b>	<b>Bildverarbeitung</b> .....	449	<b>Quellenverzeichnis</b> .....	543
6.7.1	Grauwertbildverarbeitung .....	449		
6.7.2	Binärbildverarbeitung .....	454		
6.7.3	Farbbildverarbeitung und Farbbildcodierung .....	455		