

Inhaltsverzeichnis

1	Grundlagen der Automatisierungstechnik	9	1.4.11	Digitale Grundoperationen (Wortverarbeitung)	86
1.1	Einführung	9	1.4.12	Analogwertverarbeitung	89
1.1.1	Automatisierung und Automaten	9	1.4.13	Funktionen (FC) und Funktionsbausteine (FB)	91
1.1.2	Entwicklungsphasen industrieller Technik	10	1.4.14	Datenbausteine	93
1.1.3	Industrie 4.0	13	1.4.15	Ablaufsteuerung	94
1.1.4	Cyber-Physische-Systeme (CPS)	14	1.4.16	Betriebsarten	98
1.2	Steuerungstechnik	16	1.4.17	Kleinsteuerung LOGO!	101
1.2.1	Steuerungsarten	16	1.4.18	Bedienen und Beobachten mit WINCC	105
1.2.2	Programmsteuerungen	19	1.4.19	Prozess-Simulation	109
1.2.3	Elektrische Kontaktsteuerungen	20	1.4.20	IEC 61131	112
1.2.3.1	Bauelemente und Betriebsmittel	20	1.4.21	Zuverlässigkeit und Sicherheit	113
1.2.4	Schutzmaßnahmen	31	1.5	Grundlagen der Analogsignalverarbeitung	114
1.2.4.1	Gefahren	31	1.5.1	Operationsverstärker (OP)	114
1.2.4.2	Schutzartenkennzeichnung	31	1.5.2	Grundsaltungen	115
1.2.4.3	Schutzklassen	32	1.5.3	Analog-Digital-Umsetzer und Digital-Analog-Umsetzer	118
1.2.4.4	Fehlerstrom-Schutzschalter (FI-Schalter, RCD)	33	1.6	Regelungstechnik	120
1.2.4.5	Elektrostatische Entladungen (ESD)	35	1.6.1	Begriffe	120
1.2.4.6	Sicherheitsfunktionen	36	1.6.2	Regelungsarten	121
1.2.5	Grundsaltungen	37	1.6.3	Regelkreisglieder	123
1.2.6	Elektronische Bauelemente	40	1.6.3.1	Proportionalglied ohne Verzögerung (P-Glied)	123
1.2.6.1	Halbleiterbauelemente	40	1.6.3.2	Proportionalglied mit Verzögerung 1. Ordnung (P-T ₁ -Glied)	124
1.2.6.2	Integrierte Schaltkreise (IC) und Grundverknüpfungen	43	1.6.3.3	Proportionalglied mit Verzögerung 2. Ordnung (P-T ₂ -Glied) und Schwingungsglied	125
1.2.7	Schaltalgebra	44	1.6.3.4	Integralglied (I-Glied)	128
1.2.8	Kombinatorische Steuerungen	45	1.6.3.5	Differenzierglied (D-Glied)	129
1.2.9	Sequentielle ¹ Steuerungen	49	1.6.3.6	Totzeitglied (T _f -Glied)	129
1.2.10	GRAFCET	50	1.6.3.7	Zusammenwirken mehrerer Regelkreisglieder	131
1.2.11	Sequentielle Steuerungen mit Flip-Flop (Kippglieder)	56	1.6.4	Regler und Regelkreise	132
1.2.12	Zustandsfolgediagramm (Graph)	58	1.6.4.1	Schaltende Regler	132
1.3	Digitale Speicher	61	1.6.4.2	Analoge Regler	133
1.3.1	Mechanische Speicher	61	1.6.4.3	Digitale Regler (Software-Regler)	135
1.3.2	Optische Datenspeicher	62	1.6.4.4	Regelung von P-Strecken	138
1.3.2.1	Barcodes	62	1.6.4.5	Regelung von I-Strecken	139
1.3.2.2	2D-Codes	63	1.6.4.6	Einstellen eines Reglers	141
1.3.3	Elektronische Speicher	64	1.6.4.7	Selbstoptimierende Regler	142
1.3.4	Magnetische Speicher	66	1.7	Schaltpläne	143
1.4	Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS)	67	1.7.1	Strukturierung	143
1.4.1	Aufbau und Funktionsweise	67	1.7.2	Referenzkennzeichen	145
1.4.2	Systemaufbau	69	1.7.3	Schaltplanerstellen mit FluidSIM®	147
1.4.3	Programmierung	70	1.7.4	Steuern und Regeln mit FluidSIM®	148
1.4.4	Programmabarbeitung, Organisationsbausteine	72	2	Aktoren	149
1.4.5	Adressierung und Datentypen	73	2.1	Pneumatische Aktoren	149
1.4.6	Grundverknüpfungen	74	2.1.1	Einführung	149
1.4.7	Speicher (Merker)	77			
1.4.8	Flankenauswertung	79			
1.4.9	Zähloperationen	81			
1.4.10	Programmieren von Zeiten	83			

2.1.2	Komponenten der Pneumatik	150	2.4	Mechatronische Aktoren	235
2.1.2.1	Wartungsgeräte	150	2.4.1	Piezoaktoren	235
2.1.2.2	Aktoren	151	2.4.2	Tauchspulenantriebe	238
2.1.2.3	Ventile	154	2.4.3	Magnetostriktive Aktoren	238
2.1.2.4	Signalgeber und Signalwandler	159	2.4.4	Kapazitive Mikroaktoren	239
2.1.3	Pneumatische Steuerungen	160	2.4.5	Thermische Aktoren	240
2.1.3.1	Schaltplanaufbau	160	2.4.5.1	Thermobimetall-Aktoren	240
2.1.3.2	Pneumatische Verknüpfungssteuerungen	162	2.4.5.2	Dehnstoff-Aktoren	241
2.1.3.3	Pneumatische Ablaufsteuerungen	164	2.4.5.3	Memory-Metall-Aktoren	241
2.1.3.4	Elektrische Ansteuerung von Aktoren	165	2.4.6	MRF-Aktoren	242
2.1.3.5	Vakuumtechnik	170	2.5	CNC-Achsantriebssysteme	243
2.1.3.6	Sicherheitsfunktionen	171	2.5.1	Struktur	243
2.1.3.7	Energieeffizienz	172	2.5.2	Art der Wegmessung	243
2.2	Hydraulische Aktoren	173	2.5.3	Antriebsarten	245
2.2.1	Allgemeines	173	2.5.4	Mechanische Übertragungsglieder	246
2.2.2	Physikalische Grundlagen	173	2.5.5	Lageregelung	248
2.2.2.1	Hydrostatik	173	3	Sensoren	250
2.2.2.2	Hydrodynamik	175	3.1	Allgemeines	250
2.2.3	Hydraulikflüssigkeiten	176	3.2	Sensoren für Wege, Winkel und Abstände	251
2.2.4	Aufbau hydraulischer Steuerungen	178	3.2.1	Sensorsignale durch Widerstandsänderung	251
2.2.5	Hydraulikpumpen	179	3.2.2	Sensorsignale durch magnetische Kopplung	256
2.2.6	Hydraulikspeicher	181	3.2.3	Sensorsignale mittels magnetischer und elektrischer Felder	257
2.2.7	Antriebselemente	183	3.2.4	Sensoren zur Füllstandsmessung	258
2.2.8	Hydraulikventile	186	3.2.5	Optische Sensoren	259
2.2.8.1	Druckventile	186	3.2.6	Sensorsignale durch Laufzeitmessung	263
2.2.8.2	Wegeventile	189	3.2.7	Näherungsschalter (binäre Sensoren)	265
2.2.8.3	Sperrventile	190	3.2.8	Digitale Weg- und Winkelmessung	266
2.2.8.4	Stromventile	191	3.2.8.1	Inkrementale Weg- und Winkelmessung	266
2.2.9	Stetigventile	193	3.2.8.2	Absolute Weg- und Winkelmessung	270
2.2.10	Proportionaltechnik	194	3.2.8.3	Zyklisch analoge Weg- und Winkelmessung	271
2.2.11	Servoventile	201	3.2.8.4	Berührungsloses Messen mit Autofokus-Systemen	272
2.2.12	Mobilhydraulik	203	3.3	Geschwindigkeitssensoren	273
2.3	Elektrische Aktoren	204	3.4	Sensoren für Dehnungen, Kräfte, Drehmomente und Drücke	274
2.3.1	Einführung	204	3.5	Beschleunigungssensoren	278
2.3.2	Rechnerische Grundlagen	206	3.6	Temperatursensoren	279
2.3.3	Erste Orientierung	209	3.7	Sensoren für elektrische Größen (Messumformer)	282
2.3.4	Gleichstromantriebe (DC-Antriebe)	210	3.8	Sensoren zur Sicherheitstechnik	283
2.3.5	Drehstromasynchronmotor	216	3.9	Störungen in Sensorleitungen	286
2.3.5.1	Aufbau des Kurzschlussläufers	216	4	Computergesteuerte Maschinen	288
2.3.5.2	Das Drehfeld	217	4.1	CNC-Werkzeugmaschinen	288
2.3.5.3	Funktionsweise	218	4.1.1	Der Produktionsprozess	288
2.3.5.4	Anlasssteuerungen	219	4.1.2	NC-Achsen und deren Steuerung	291
2.3.5.5	Drehrichtungsumkehr	220	4.1.3	CNC-Programmierung	293
2.3.5.6	Betriebsarten und Fahrprofile	220			
2.3.5.7	Drehzahlsteuerung und Drehzahlregelung	221			
2.3.6	Drehstromsynchronmotor	225			
2.3.6.1	Servuantriebe	225			
2.3.6.2	Direktantriebe	226			
2.3.7	Kühlung und Bauformen	229			
2.3.8	Antriebsprojektierung	230			
2.3.9	EMV-Maßnahmen	231			
2.3.10	Kleinmotoren	233			
2.3.10.1	DC-Kleinmotoren	233			
2.3.10.2	Schrittmotoren	234			

4.1.3.1	DIN-Programmierung	293	5.2	Materialfluss	378
4.1.3.2	Werkstatorientiertes Produzieren(WOP)	303	5.2.1	Lagern	378
4.1.4	Interpolation	305	5.2.2	Puffern	379
4.1.5	Leistungsfähigkeit	307	5.2.3	Bunkern	380
4.1.6	Offene CNC-Steuerung	309	5.2.4	Magazinieren	381
4.2	3D-Druckverfahren	310	5.2.5	Fördersysteme	382
4.2.1	Allgemeines	310	5.2.6	Montage im Kreisprozess	385
4.2.2	AM-Verfahren	311	5.3	Fügeverfahren	386
4.2.3	Die Informationskette und die Prozesskette	313	5.3.1	Übersicht	386
4.3	Messen und Prüfen	314	5.3.2	Zusammensetzen	386
4.3.1	Koordinatenmessgeräte	314	5.3.3	Anpressen und Einpressen	387
4.3.1.1	Aufbau und Wirkungsweise	315	5.3.4	Umformendes Fügen	392
4.3.1.2	Bauarten	316	5.3.5	Schweißen	394
4.3.1.3	Messsysteme	316	5.3.5.1	Lichtbogenschweißen	395
4.3.1.4	Messkopfsysteme	317	5.3.5.2	Fügen durch Widerstandsschweißen	396
4.3.1.5	Zusatzausstattungen	319	5.3.5.3	Gasschmelzschweißen	397
4.3.1.6	Steuerungen und Antriebe	320	5.3.5.5	Löten	399
4.3.1.7	Messwertverarbeitung und Messwertauswertung	320	5.3.5.6	Kleben	402
4.3.1.8	Tastelementkalibrierung	323	6	Prozesse steuern	404
4.3.1.9	Durchführung eines Messauftrags	323	6.1	Einführung	404
4.3.2	Laser-Tracking	328	6.2	Statistische Prozessregelung (SPC)	405
4.3.3	Optisches 3D-Scannen	329	6.2.1	Prüfdaten	405
4.3.3.1	Räumlichen Wahrnehmung und Triangulation	329	6.2.2	Normalverteilung	406
4.3.3.2	Scannen mit Punkten und mit Linien	330	6.2.3	Wahrscheinlichkeitsnetz	407
4.3.3.3	Streifenlichtscanner	331	6.2.4	Auswertung einer Stichprobe	407
4.3.3.4	Photogrammetrie	336	6.2.5	Qualitätsregelkarten	411
4.3.4	Röntgen-Computertomographie (CT)	338	6.3	Maschinenfähigkeit und Prozessfähigkeit	413
4.3.4.1	Allgemeines	338	6.4	Betriebsdatenerfassung (BDE)	416
4.3.4.2	CT in der industriellen Messtechnik	338	6.4.1	Codeleser	417
4.3.4.3	Auflösung	339	6.4.2	Mobile Datenspeicher	418
4.4	Robotertechnik	341	6.4.3	Chipkarten, Chipmünzen, RFIDs	419
4.4.1	Einführung	341	7	Informationstechnik	422
4.4.2	Einteilung	342	7.1	Programmierung	422
4.4.3	Kinematischer Aufbau	343	7.1.1	Programmiersprachen	422
4.4.3.1	Die RRR-Kinematik	346	7.1.2	Software Engineering	423
4.4.3.2	Der Gewichtsausgleich	347	7.1.3	Qualität der Software	424
4.4.4	Greifer	348	7.1.4	Sicherung gegen unberechtigte Nutzung	424
4.4.5	Roboterprogrammierung	349	7.1.5	Betriebssystem Windows	425
4.4.6	Koordinatensysteme	351	7.1.6	Objektorientierte Programmierung (OOP)	428
4.4.7	Die Bewegungserzeugung	355	7.1.7	Algorithmen	430
4.4.8	Koordinatentransformation	357	7.1.8	Strukturierte Programmierung	431
4.4.9	Interpolation und Betriebsarten	358	7.1.9	Rechnerinterne Datendarstellung	432
4.4.10	Schleppabstand und Bahngeschwindigkeit	360	7.1.10	Programmaufbau und Programmkomponenten	435
4.4.11	Sensorführung von Robotern	362	7.1.11	Strukturierte Anweisungen	437
4.4.12	Kollaborierende Roboter	368	7.1.12	Strukturierung mit Funktionen	439
4.4.13	Schutzmaßnahmen	369	7.1.13	Fallbeispiel: Steuerkurve	440
4.5	Sicherheit von Maschinen und Anlagen	371	7.1.14	Einsatz von Smartphone, Tablet und iPad	446
5	Montagetechnik	375	7.1.15	Grafische Programmierung	447
5.1	Grundlagen	375			

7.2	Steuern mit Computer. 453	7.7.2	Binärbildverarbeitung 506
7.2.1	Zusatzbaugruppen 453	7.7.3	Farbbildverarbeitung und Farbbildcodierung 507
7.2.2	Elemente zu einem i 4.0 Projekt „Werkstück prägen“ 454	7.8	Virtuelle Umgebung 509
7.3	Regelung mit PC und SPS. 462	7.8.1	Allgemeines 509
7.3.1	Hardware und Software. 462	7.8.2	Szenensteuerung 510
7.3.2	Grafische Ausgabe 463	7.8.3	Augmented Reality, Mixed Reality .. 511
7.3.3	Regelkreisglieder 464	8	Kommunikationstechnik 512
7.3.3.1	Proportionalglied ohne Verzögerung (P-Glied). 464	8.1	Kommunikation über das Internet .. 512
7.3.3.2	Integralglied (I-Glied) 465	8.2	Local Area Network (LAN). 513
7.3.3.3	Totzeitglied (T _r -Glied) 466	8.2.1	Ethernet-LAN 514
7.3.3.4	Proportionalglied mit Verzögerung 1. Ordnung (P-T ₁ -Glied) 467	8.1.1.1	Einführung 514
7.3.3.5	Proportionalglied mit Verzögerung 2. Ordnung (P-T ₂ -Glied) und Schwingungsglied 468	8.2.1.2	Peer-to-Peer-Netzwerk 517
7.3.4	Regelkreise 469	8.2.1.3	Client-Server-Netzwerk 517
7.3.4.1	P-Regelung mit P-T ₁ -Strecke 469	8.2.1.4	Peer-to-Peer-Netzwerk mit zwei PCs .. 518
7.3.4.2	P-Regelung und P-T ₁ -Strecke (SPS-Simulation) 470	8.2.1.5	Erweiterung zu einem Client-Server-Netzwerk 521
7.3.4.3	I-Regelung und P-T ₁ -Strecke 471	8.2.2	Wireless LAN (WLAN) 523
7.3.4.4	PI-Regelung einer P-T ₁ -Strecke mit Störgrößenaufschaltung (Beispiel). . 472	8.3	Feldbus-Systeme 525
7.3.4.5	Optimierung der Reglerparameter .. 473	8.3.1	CAN-Bus 525
7.3.4.6	P-Regler mit P-T ₁ -I-Strecke (Lageregelung) 474	8.3.2	Aktor-Sensor-Interface (AS-i) 527
7.3.4.7	Lageregelung mit Totzeit 476	8.3.3	PROFIBUS, PROFIBUS-DP 529
7.3.4.8	Geschwindigkeitsvorsteuerung 477	8.3.4	PROFINET 532
7.3.5	Fuzzy-Logic 478	8.3.5	PROFIsafe 533
7.3.5.1	Grundlagen der Fuzzy-Technologie .. 478	8.4	Schnittstellen 535
7.3.5.2	Fuzzy-Regelung einer Bandsägemaschine 479	8.4.1	Aufgaben und Art der Schnittstellen .. 535
7.4	Programmiersprache Java. 481	8.4.2	USB-Schnittstelle 536
7.4.1	Einführung 481	8.4.3	Firewire (IEEE 1394) 536
7.4.2	Erstellen einer Applikation 482	8.4.4	Serielle Schnittstelle V.24. 537
7.4.3	HTML 482	8.4.5	Serielle Schnittstelle RS 485 539
7.4.4	Erstellen von Grafiken 484	8.4.6	IO-Link 540
7.4.5	Animationen 485	9	Aufgaben und Übungen 541
7.4.6	Multithreading 485	9.1	Aufgaben und Übungen zur Pneumatik. 541
7.4.7	Java-Script 486	9.2	Aufgaben und Übungen zur Hydraulik. 546
7.5	Visual Basic für Excel. 487	9.3	Aufgaben und Übungen zu GRAFCET 548
7.5.1	Aufbau eines VBA-Programms 487	9.4	Aufgaben und Übungen zur SPS ... 549
7.5.2	Aufruf von VBA. 488	9.5	Aufgaben und Übungen zur Regelungstechnik. 562
7.5.3	Erstellen von Funktionen. 489	9.6	Aufgaben und Übungen zum Programmieren 566
7.5.4	Variable und Zugriff auf Zellen 490	9.7	Aufgaben und Übungen zur Antriebstechnik 569
7.5.5	Projekt: SPC-Maschinenregelung ... 492	9.8	Aufgaben und Übungen zur CNC-Technik 570
7.5.6	Erstellen eines Formulars als Unterprogramm 493	Sachwortverzeichnis 572	
7.5.7	Kommunikation: Excel mit S7. 494	Quellenverzeichnis 576	
7.6	Relationale Datenbanken 495		
7.6.1	Datenbankobjekte 496		
7.6.2	Entwerfen einer Datenbank. 498		
7.7	Bildverarbeitung. 501		
7.7.1	Grauwertbildverarbeitung 501		