

Inhaltsverzeichnis

1 Grundlagen der Automatisierungstechnik	9	1.4.18	Simulieren von SPS-Programmen ..	97
1.1 Einführung	9	1.4.19	IEC 61131	99
1.2 Steuerungstechnik	15	1.4.20	Zuverlässigkeit und Sicherheit	100
1.2.1 Steuerungsarten	15	1.5 Grundlagen der Analogsignal-	verarbeitung	101
1.2.2 Programmsteuerungen	18	1.5.1	Operationsverstärker (OP)	101
1.2.3 Elektrische Bauelemente	19	1.5.2	Grundsaltungen	102
1.2.4 Schutzmaßnahmen, Schutzarten		1.5.3	Analog-Digital-Umsetzer und	
und Gefahren	31		Digital-Analog-Umsetzer	105
1.2.5 Grundsaltungen elektrischer		1.6 Regelungstechnik		107
Kontaktsteuerungen	33	1.6.1	Begriffe	107
1.2.6 Sicherheitsfunktionen	35	1.6.2	Regelungsarten	108
1.2.7 Integrierte Schaltkreise (IC) und		1.6.3	Regelkreisglieder	110
Grundverknüpfungen	36	1.6.3.1	Proportionalglied ohne Verzögerung	
1.2.8 Schaltalgebra	37		(P-Glied)	110
1.2.9 Kombinatorische Steuerungen	38	1.6.3.2	Proportionalglied mit Verzögerung	
1.2.10 Sequentielle Steuerungen	42		1. Ordnung (P-T ₁ -Glied)	111
1.2.10.1 GRAFCET	42	1.6.3.3	Proportionalglied mit Verzögerung	
1.2.10.1 Sequentielle Steuerungen			2. Ordnung (P-T ₂ -Glied)	
mit Flip-Flop	48		und Schwingungsglied	112
1.2.11 Zustandsfolgediagramm (Graph) ...	50	1.6.3.4	Integralglied (I-Glied)	115
1.3 Digitale Speicher	51	1.6.3.5	Differenzierglied (D-Glied)	116
1.3.1 Mechanische Speicher	51	1.6.3.6	Totzeitglied (T _r -Glied)	116
1.3.2 Optische Datenspeicher	52	1.6.3.7	Zusammenwirken mehrerer	
1.3.2.1 Barcodes	52		Regelkreisglieder	118
1.3.2.2 2D-Codes	53	1.6.4	Regler und Regelkreise	119
1.3.3 Elektronische Speicher	54	1.6.4.1	Schaltende Regler	119
1.3.4 Magnetische Speicher	56	1.6.4.2	Analoge Regler	120
1.4 Speicherprogrammierbare		1.6.4.3	Digitale Regler (Software-Regler) ...	122
Steuerungen (SPS)	57	1.6.4.4	Regelung von P-Strecken	125
1.4.1 Aufbau und Funktionsweise	57	1.6.4.5	Regelung von I-Strecken	126
1.4.2 Systemaufbau	59	1.6.4.6	Einstellen eines Reglers	128
1.4.3 Programmierung	60	1.6.4.7	Selbstoptimierende Regler	129
1.4.4 Programmabarbeitung,		2 Akteure		130
Organisationsbausteine	62	2.1 Pneumatische Akteure		130
1.4.5 Adressierung und Datentypen	63	2.1.1	Einführung	130
1.4.6 Grundverknüpfungen	64	2.1.2	Komponenten der Pneumatik	131
1.4.7 Speicher (Merker)	67	2.1.2.1	Wartungsgeräte	131
1.4.8 Flankenbewertung	69	2.1.2.2	Akteure	132
1.4.9 Zähloperationen	71	2.1.2.3	Ventile	135
1.4.10 Programmieren von Zeiten	73	2.1.2.4	Signalgeber und Signalwandler ...	139
1.4.11 Digitale Grundoperationen	76	2.1.3	Pneumatische Steuerungen	140
1.4.12 Analogwertverarbeitung	79	2.1.3.1	Schaltplanaufbau	140
1.4.13 Funktionen (FC) und Funktions-		2.1.3.2	Pneumatische Verknüpfungs-	
bausteine (FB)	81		steuerungen	142
1.4.14 Datenbausteine	83	2.1.3.3	Pneumatische Ablauf-	
1.4.15 Ablaufsteuerungen	84		steuerungen	144
1.4.16 Betriebsarten	88	2.1.3.4	Elektrische Ansteuerung	
1.4.17 Bedienen und Beobachten von			von Akteuren	145
Prozessen	91			

2.1.3.5	Beispiele für Ablaufsteuerungen	146	2.4.3	Antriebsarten	217
2.1.3.6	Randbedingungen für Ablaufsteuerungen	147	2.4.4	Mechanische Übertragungsglieder	218
2.1.3.7	Elektropneumatische Taktstufensteuerung	149	2.4.5	Lageregelung	220
2.1.3.8	Sicherheitsfunktionen	150	2.4.6	SERCOS-Interface	223
2.1.3.9	Energieeffizienz	150			
2.2	Hydraulische Aktoren	152	3 Sensoren		224
2.2.1	Allgemeines	152	3.1 Allgemeines zur Sensortechnik		224
2.2.2	Physikalische Grundlagen	152	3.2 Sensoren für Wege, Winkel und Abstände		226
2.2.2.1	Hydrostatik	152	3.2.1	Sensorsignalerzeugung durch Widerstandsänderung	229
2.2.2.2	Hydrodynamik	154	3.2.2	Sensorsignale durch magnetische Kopplung	231
2.2.3	Hydraulikflüssigkeiten	155	3.2.3	Sensorsignale mittels magnetischer und elektrischer Felder	232
2.2.4	Aufbau hydraulischer Steuerungen	157	3.2.4	Sensoren zur Füllstandsmessung	233
2.2.5	Hydraulikpumpen	158	3.2.5	Optische Sensoren	234
2.2.6	Hydraulikspeicher	160	3.2.6	Sensorsignale durch Laufzeitmessung	238
2.2.7	Antriebselemente	162	3.2.7	Näherungsempfindliche Schalter (binäre Sensoren)	240
2.2.8	Hydraulikventile	165	3.2.8	Digitale Weg- und Winkel-messung	241
2.2.8.1	Druckventile	165	3.2.8.1	Inkrementale Weg- und Winkel-messung	241
2.2.8.2	Wegeventile	168	3.2.8.2	Absolute Weg- und Winkel-messung	245
2.2.8.3	Sperrventile	169	3.2.8.3	Zyklisch analoge Weg- und Winkel-messung	247
2.2.8.4	Stromventile	170	3.2.8.4	Berührungsloses Messen mit Autofocus-Systemen	248
2.2.9	Stetigventile	172	3.3 Geschwindigkeitssensoren		249
2.2.10	Proportionaltechnik	173	3.4 Sensoren für Dehnungen, Kräfte, Drehmomente und Drücke		250
2.2.11	Servoventile	180	3.5 Beschleunigungssensoren		254
2.2.12	Mobilhydraulik	182	3.6 Temperatursensoren		255
2.3 Elektrische Aktoren		183	3.7 Sensoren für elektrische Größen (Messumformer)		258
2.3.1	Rechnerische Grundlagen	184	3.8 Störungen in Sensorleitungen		259
2.3.2	Gleichstromantriebe (DC-Antriebe)	187			
2.3.3	Elektromagnete und Kupplungen	193	4 Computergesteuerte Maschinen		261
2.3.4	Netzbetriebene Drehstrommotoren (AC-Motoren)	193	4.1 CNC-Werkzeugmaschinen		261
2.3.5	Drehzahlsteuerung und Drehzahlregelung von Drehstrommotoren	199	4.1.1	Der Produktionsprozess	261
2.3.5.1	U/f-Steuerung	201	4.1.2	NC-Achsen und deren Steuerung	264
2.3.5.2	Vektorregelung ohne Drehgeber	202	4.1.3	CNC-Programmierung	266
2.3.5.3	Vektorregelung mit Drehgeber	203	4.1.3.1	DIN-Programmierung	266
2.3.5.4	Drehmomentregelung	204	4.1.3.2	Werkstatorientiertes Produzieren	276
2.3.5.5	Servoantriebe	204	4.1.4	Interpolation	278
2.3.5.6	Direktantriebe	207	4.1.5	Leistungsfähigkeit	280
2.3.6	Schrittmotorantriebe	209	4.1.6	Offene CNC-Steuerung	282
2.3.7	Spezielle elektrische Aktoren	210			
2.3.7.1	Piezoaktoren	210			
2.3.7.2	Magnetostriktive Aktoren	210			
2.3.7.3	Memory-Metall-Aktoren	211			
2.3.7.4	Kapazitive Mikroaktoren	211			
2.3.8	Motorbetriebsarten	212			
2.3.9	EMV-Maßnahmen	213			
2.4 CNC-Achsantriebssysteme		215			
2.4.1	Struktur	215			
2.4.2	Art der Wegmessung	215			

4.2 Rapid Prototyping (RP)	283	5 Qualitätsüberwachung und Prozesslenkung	351
4.2.1 Allgemeines und Anwendung	283	5.1 Einführung	351
4.2.2 Verfahren des RP	283	5.2 Statistische Qualitätsüberwachung	352
4.2.3 Die Informationskette und die Prozesskette	286	5.2.1 Prüfdaten	352
4.3 Messen und Prüfen	287	5.2.2 Normalverteilung	353
4.3.1 Koordinatenmessgeräte	287	5.2.3 Wahrscheinlichkeitsnetz	354
4.3.1.1 Aufbau und Wirkungsweise	288	5.2.4 Auswertung einer Stichprobe	354
4.3.1.2 Bauarten	289	5.2.5 Qualitätsregelkarten	358
4.3.1.3 Messsysteme	289	5.3 Maschinen- und Prozessfähigkeit	360
4.3.1.4 Tastsysteme	290	5.4 Betriebsdatenerfassung (BDE)	363
4.3.1.5 Zusatzausstattungen	292	5.4.1 Codeleser	364
4.3.1.6 Steuerungen und Antriebe	293	5.4.2 Mobile Datenspeicher	365
4.3.1.7 Messwertauswertung	293	5.4.3 Chipkarten, Chipmünzen, RFIDs	366
4.3.1.8 Tastelementkalibrierung	296	5.4.4 Funkterminals	367
4.3.1.9 Durchführung eines Messauftrags	296	6 Informationstechnik	368
4.3.2 Lasertracking	301	6.1 Programmierung	368
4.3.3 Optische Formerfassung	302	6.1.1 Programmiersprachen	368
4.3.4 Röntgen-Computer-Tomographie (CT)	304	6.1.2 Software Engineering	369
4.4 Robotertechnik	305	6.1.3 Qualität der Software	370
4.4.1 Einführung	305	6.1.4 Sicherung gegen unberechtigte Nutzung	370
4.4.2 Einteilung	306	6.1.5 Betriebssystem Windows	371
4.4.3 Kinematischer Aufbau	307	6.1.6 Objektorientierte Programmierung (OOP)	374
4.4.4 Greifer	311	6.1.7 Algorithmen	376
4.4.5 Roboterprogrammierung	312	6.1.8 Strukturierte Programmierung	377
4.4.6 Koordinatensysteme	315	6.1.9 Rechnerinterne Datendarstellung	378
4.4.7 Die Bewegungserzeugung	319	6.1.10 Programmaufbau und Programmkomponenten	381
4.4.8 Koordinatentransformation	321	6.1.11 Strukturierte Anweisungen	383
4.4.9 Interpolation und Betriebsarten	322	6.1.12 Strukturierung mit Funktionen	385
4.4.10 Schleppabstand und Bahngeschwindigkeit	324	6.1.13 Fallbeispiel: Steuerkurve	386
4.4.11 Sensorführung von Robotern	326	6.1.14 Externe Speicher	392
4.4.12 Schutzmaßnahmen	334	6.1.15 Serielle Datenübertragung	394
4.5 Montage und Demontage	335	6.1.16 Grafische Programmierung	397
4.5.1 Grundlagen	335	6.2 Steuern mit dem Computer	403
4.5.2 Der Materialfluss	336	6.2.1 Aufbau der Systeme	403
4.5.3 Maschinelle Montage	338	6.2.2 Die Schnittstellenkarte	403
4.5.4 Montageorganisation	339	6.2.3 Verknüpfungssteuerung ohne Speicher	406
4.6 Schnittstellen	341	6.2.4 Verknüpfungssteuerung mit Speicher	407
4.6.1 IGES, VDAIS	342	6.2.5 Analogwerte einlesen	407
4.6.2 JT	343	6.2.6 Ansteuerung über OPC-Server	409
4.6.3 VDAFS	343	6.3 Regelung mit PC und SPS	410
4.6.4 DXF	344	6.3.1 Hardware und Software	410
4.6.5 STEP	344	6.3.2 Grafische Ausgabe	411
4.6.6 STL	345	6.3.3 Regelkreisglieder	412
4.7 Virtual Environments (VE)	346		
4.7.1 Stereokopisches Sehen	346		
4.7.2 Cave und Immersion	347		
4.7.3 Szenensteuerung und Tracking	348		
4.7.4 Mixed Reality und Augmented Reality	350		

6.3.3.1	Proportionalglied ohne Verzögerung (P-Glied)	412	7 Kommunikationstechnik	457
6.3.3.2	Integralglied (I-Glied)	413	7.1 Telefonie und Internetkommunikation	457
6.3.3.3	Totzeitglied (T _I -Glied)	414	7.1.1 ISDN und DSL-Kommunikation	457
6.3.3.4	Proportionalglied mit Verzögerung 1. Ordnung (P-T _I -Glied)	415	7.1.2 IP-Telefonie und DSL-Kommunikation	457
6.3.3.5	Proportionalglied mit Verzögerung 2. Ordnung (P-T ₂ -Glied) und Schwingungsglied	416	7.2 ADSL/DSL und PLC	458
6.3.4	Regelkreise	417	7.2.1 ADSL/DSL	458
6.3.4.1	P-Regelung und P-T _I -Strecke	417	7.2.2 PLC	459
6.3.4.2	P-Regelung und P-T _I -Strecke (SPS-Simulation)	418	7.3 Internet und Intranet	460
6.3.4.3	I-Regelung und P-T _I -Strecke	419	7.4 Telematik	462
6.3.4.4	Drehzahlregelung mit PI-Regler	420	7.5 Lokale Kommunikationstechnik	464
6.3.4.5	Optimierung der Reglerparameter	421	7.5.1 Ethernet-LAN	466
6.3.4.6	P-Regler und P-T _I -I-Strecke (Lageregelung)	422	7.5.1.1 Einführung	466
6.3.4.7	Lageregelung mit Totzeit	424	7.5.1.2 Peer-to-peer-Netzwerke	469
6.3.4.8	Geschwindigkeitsvorsteuerung	425	7.5.1.3 Client-Server-Netzwerke	469
6.3.5	Fuzzy-Logic	426	7.5.1.4 Aufbau eines Peer-to-peer-Netzwerks mit zwei PCs	470
6.3.5.1	Grundlagen der Fuzzy-Technologie	426	7.5.1.5 Erweiterung zu einem Client-Server-Netzwerk	473
6.3.5.2	Fuzzy-Regelung einer Bandsägemaschine	427	7.6 Feldbus-Systeme	475
6.4 Programmiersprache Java	429	7.6.1 CAN-Bus	475	
6.4.1	Einführung	429	7.6.2 PROFIBUS, PROFIBUS-DP	475
6.4.2	Erstellen einer einfachen Applikation	430	7.6.3 Aktor-Sensor-Interface (AS-I)	480
6.4.3	HTML (HyperText Markup Language)	430	7.6.4 PROFINET	482
6.4.4	Erstellen von Grafiken	432	7.7 Schnittstellen	483
6.4.5	Animationen	433	7.7.1 Serielle Schnittstelle V.24	484
6.4.6	Multithreading	433	7.7.2 Serielle Schnittstelle RS 485	486
6.4.7	Java-Script	434	7.7.3 Wireless LAN (WLAN) in der Automatisierungstechnik	487
6.5 Visual Basic für Excel	435	8 Aufgaben und Übungen	489	
6.5.1	Aufbau eines VBA-Programms	435	8.1 Aufgaben und Übungen zur Pneumatik	489
6.5.2	Aufruf von VBA	436	8.2 Aufgaben und Übungen zur Hydraulik	494
6.5.3	Erstellen von Funktionen	437	8.3 Aufgaben und Übungen zu GRAFCET	496
6.5.4	Variable und Zugriff auf Zellen	438	8.4 Aufgaben und Übungen zur SPS ...	497
6.5.5	Projekt: SPC-Maschinenregelung ...	440	8.5 Aufgaben und Übungen zur Regelungstechnik	510
6.5.6	Erstellen eines Formulars als Unterprogramm	441	8.6 Aufgaben und Übungen zum Programmieren	514
6.5.7	Kommunikation: Excel mit S7	442	8.7 Aufgaben und Übungen zur Antriebstechnik	517
6.6 Relationale Datenbanken	443	8.8 Aufgaben und Übungen zu CNC	519	
6.6.1	Datenbankobjekte	444	Fachwörterbuch: Deutsch – Englisch, Sachwortverzeichnis	521
6.6.2	Entwerfen einer Datenbank	446	Professional Dictionary: English – German, Index	532
6.7 Bildverarbeitung	449	Quellenverzeichnis	543	
6.7.1	Grauwertbildverarbeitung	449		
6.7.2	Binärbildverarbeitung	454		
6.7.3	Farbbildverarbeitung und Farbbildcodierung	455		