

Inhaltsverzeichnis

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

2.1.3.4	Elektrische Ansteuerung von Aktoren	145	3 Sensoren	224	
2.1.3.5	Beispiele für Ablaufsteuerungen	146	3.1	Allgemeines zur Sensorik	224
2.1.3.6	Randbedingungen für Ablaufsteuerungen	147	3.2	Sensoren für Wege, Winkel und Abstände	226
2.1.3.7	Elektropneumatische Taktstufensteuerung	149	3.2.1	Sensorsignalerzeugung durch Widerstandsänderung	229
2.1.3.8	Rundtisch mit pneumatischem Prägezylinder	150	3.2.2	Sensorsignale durch magnetische Kopplung	231
2.2	Hydraulische Aktoren	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	3.3	Geschwindigkeitssensoren	249
2.2.8	Hydraulikventile	165	3.4	Sensoren für Dehnungen, Kräfte, Drehmomente und Drücke	250
2.2.8.1	Druckventile	165	3.5	Beschleunigungssensoren	254
2.2.8.2	Wegeventile	168	3.6	Temperatursensoren	255
2.2.8.3	Sperrventile	169	3.7	Sensoren für elektrische Größen (Messumformer)	258
2.2.8.4	Stromventile	170	3.8	Störungen in Sensorleitungen	259
2.2.9	Stetigventile	172	4 Computergesteuerte Maschinen	261	
2.2.10	Proportionaltechnik	173	4.1	CNC-Werkzeugmaschinen	261
2.2.11	Servoventile	180	4.1.1	Der Produktionsprozess	261
2.3	Elektrische Aktoren	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	4.2	Rapid Prototyping (RP)	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			
2.4	CNC-Achsantriebssysteme	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			

4.3 Messen und Prüfen	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	5.3 Maschinen- und Prozessfähigkeit ..	362
4.3.1.5 Zusatzausstattungen	292	5.4 Betriebsdatenerfassung (BDE) ..	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	6 Informationstechnik	368
4.3.3 Optische Form erfassung	302	6.1 Programmierung	368
4.3.4 Röntgen-Computer-Tomographie (CT)	304	6.1.1 Programmiersprachen	368
4.4 Robotertechnik	305	6.1.2 Software Engineering	369
4.4.1 Einführung	305	6.1.3 Qualität der Software	370
4.4.2 Einteilung	306	6.1.4 Sicherung gegen unberechtigte Nutzung	370
4.4.3 Kinematischer Aufbau	307	6.1.5 Betriebssystem Windows	371
4.4.4 Greifer	311	6.1.6 Objektorientierte Programmierung (OOP)	374
4.4.5 Roboterprogrammierung	312	6.1.7 Algorithmen	376
4.4.6 Koordinatensysteme	315	6.1.8 Strukturierte Programmierung ..	377
4.4.7 Die Bewegungserzeugung	319	6.1.9 Rechnerinterne Datendarstellung ..	378
4.4.8 Koordinatentransformation	321	6.1.10 Progamm aufbau und Progammkomponenten	381
4.4.9 Interpolation und Betriebsarten	322	6.1.11 Strukturierte Anweisungen	383
4.4.10 Schleppabstand und Bahngeschwindigkeit	324	6.1.12 Strukturierung mit Funktionen ..	385
4.4.11 Sensorführung von Robotern	326	6.1.13 Fallbeispiel: Steuerkurve	386
4.4.12 Schutzmaßnahmen	334	6.1.14 Externe Speicher	392
4.5 Montage und Demontage	335	6.1.15 Serielle Datenübertragung	394
4.5.1 Grundlagen	335	6.1.16 Grafische Programmierung	397
4.5.2 Der Materialfluss	336	6.2 Steuern mit dem Computer	403
4.5.3 Maschinelle Montage	338	6.2.1 Aufbau der Systeme	403
4.5.4 Montageorganisation	339	6.2.2 Die Schnittstellenkarte	403
4.6 Schnittstellen	341	6.2.3 Verknüpfungssteuerung ohne Speicher	406
4.6.1 IGES, VDAIS	342	6.2.4 Verknüpfungssteuerung mit Speicher	407
4.6.2 JT	343	6.2.5 Analogwerte einlesen	407
4.6.3 VDAFS	343	6.2.6 Ansteuerung über OPC-Server	409
4.6.4 DXF	344	6.3 Regelung mit PC und SPS	410
4.6.5 STEP	344	6.3.1 Hardware und Software	410
4.6.6 STL	345	6.3.2 Grafische Ausgabe	411
4.7 Virtual Environments (VE)	346	6.3.3 Regelkreisglieder	412
4.7.1 Stereokopisches Sehen	346	6.3.3.1 Proportionalglied ohne Verzögerung (P-Glied)	412
4.7.2 Cave und Immersion	347	6.3.3.2 Integralglied (I-Glied)	413
4.7.3 Szenensteuerung und Tracking	348	6.3.3.3 Totzeitglied (T _t -Glied)	414
4.7.4 Mixed Reality und Augmented Reality	350		
5 Qualitätsüberwachung und Prozesslenkung	351		
5.1 Einführung	351		
5.2 Statistische Qualitätsüberwachung ..	352		

6.3.3.4	Proportionalglied mit Verzögerung 1. Ordnung (P-T ₁ -Glied)	415	7	Kommunikationstechnik	457
6.3.3.5	Proportionalglied mit Verzögerung 2. Ordnung (P-T ₂ -Glied) und Schwingungsglied	416	7.1	ISDN	457
6.3.4	Regelkreise	417	7.2	ADSL/DSL und PLC	458
6.3.4.1	P-Regelung und P-T ₁ -Strecke	417	7.2.1	ADSL/DSL	458
6.3.4.2	P-Regelung und P-T ₁ -Strecke (SPS-Simulation)	418	7.2.2	PLC	459
6.3.4.3	I-Regelung und P-T ₁ -Strecke	419	7.3	Internet und Intranet	460
6.3.4.4	Drehzahlregelung mit PI-Regler	420	7.4	Telematik	462
6.3.4.5	Optimierung der Regler- parameter	421	7.5	Lokale Kommunikationstechnik	464
6.3.4.6	P-Regler und P-T ₁ -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
6.4	Programmiersprache Java	429	7.6	Feldbus-Systeme	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	7.7	Schnittstellen	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
6.5	Visual Basic für Excel	435	8	Aufgaben und Übungen	368
6.5.1	Aufbau eines VBA-Programms	435	8.1	Aufgaben und Übungen zur Pneumatik	487
6.5.2	Aufruf von VBA	436	8.2	Aufgaben und Übungen zur Hydraulik	492
6.5.3	Erstellen von Funktionen	437	8.3	Aufgaben und Übungen zu GRAFCET	494
6.5.4	Variable und Zugriff auf Zellen	438	8.4	Aufgaben und Übungen zur SPS ..	495
6.5.5	Projekt: SPC-Maschinenregelung ..	440	8.5	Aufgaben und Übungen zur Regelungstechnik	508
6.5.6	Erstellen eines Formulars als Unterprogramm	441	8.6	Aufgaben und Übungen zum Programmieren	512
6.5.7	Kommunikation: Excel mit S7	442	8.7	Aufgaben und Übungen zur Antriebstechnik	515
6.6	Relationale Datenbanken	443	8.8	Aufgaben und Übungen zu CNC	517
6.6.1	Datenbankobjekte	444			
6.6.2	Entwerfen einer Datenbank	446			
6.7	Bildverarbeitung	449			
6.7.1	Grauwertbildverarbeitung	449			
6.7.2	Binärbildverarbeitung	454			
6.7.3	Farbbildverarbeitung und Farbbildcodierung	455			
				Fachwörterbuch: Deutsch – Englisch, Sachwortverzeichnis	519
				Professional Dictionary: English – German, Index	531
				Quellenverzeichnis	543