

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Grundlagen der Automatisierungstechnik</b>	<b>9</b>	1.4.18	Simulieren von SPS-Programmen ...	97
<b>1.1 Einführung</b>	<b>9</b>	1.4.19	IEC 61131 .....	99
<b>1.2 Steuerungstechnik</b>	<b>15</b>	1.4.20	Zuverlässigkeit und Sicherheit .....	100
1.2.1 Steuerungsarten	15	<b>1.5 Grundlagen der Analogsignalverarbeitung</b>	.....	101
1.2.2 Programmsteuerungen	18	1.5.1	Operationsverstärker (OP) .....	101
1.2.3 Elektrische Bauelemente	19	1.5.2	Grundschaltungen .....	102
1.2.4 Schutzmaßnahmen, Schutzarten und Gefahren	31	1.5.3	Analog-Digital-Umsetzer und Digital-Analog-Umsetzer .....	105
1.2.5 Grundschaltungen elektrischer 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 Grundverknüpfungen	36	1.6.2	Regelungsarten .....	108
1.2.8 Schaltalgebra	37	1.6.3	Regelkreisglieder .....	110
1.2.9 Kombinatorische Steuerungen	38	1.6.3.1	Proportionalglied ohne Verzögerung (P-Glied) .....	110
1.2.10 Sequentielle Steuerungen	42	1.6.3.2	Proportionalglied mit Verzögerung 1. Ordnung (P-T <sub>1</sub> -Glied) .....	111
1.2.10.1 GRAFCET	42	1.6.3.3	Proportionalglied mit Verzögerung 2. Ordnung (P-T <sub>2</sub> -Glied) und Schwingungsglied .....	112
1.2.10.1 Sequentielle Steuerungen mit Flip-Flop	48	1.6.3.4	Integralglied (I-Glied) .....	115
1.2.11 Zustandsfolgediagramm (Graph)	50	1.6.3.5	Differenzierglied (D-Glied) .....	116
<b>1.3 Digitale Speicher</b>	<b>51</b>	1.6.3.6	Totzeitglied (T <sub>1</sub> -Glied) .....	116
1.3.1 Mechanische Speicher	51	1.6.3.7	Zusammenwirken mehrerer Regelkreisglieder .....	118
1.3.2 Optische Datenspeicher	52	1.6.4	Regler und Regelkreise .....	119
1.3.2.1 Barcodes	52	1.6.4.1	Schaltende Regler .....	119
1.3.2.2 2D-Codes	53	1.6.4.2	Analoge Regler .....	120
1.3.3 Elektronische Speicher	54	1.6.4.3	Digitale Regler (Software-Regler) ...	122
1.3.4 Magnetische Speicher	56	1.6.4.4	Regelung von P-Strecken .....	125
<b>1.4 Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS)</b>	<b>57</b>	1.6.4.5	Regelung von I-Strecken .....	126
1.4.1 Aufbau und Funktionsweise	57	1.6.4.6	Einstellen eines Reglers .....	128
1.4.2 Systemaufbau	59	1.6.4.7	Selbstoptimierende Regler .....	129
1.4.3 Programmierung	60	<b>2 Aktoren</b>	130	
1.4.4 Programmabarbeitung, Organisationsbausteine	62	<b>2.1 Pneumatische Aktoren</b>	.....	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 Flankenauswertung	69	2.1.2.2	Aktoren .....	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- bausteine (FB)	81	2.1.3.2	Pneumatische Verknüpfungs- steuerungen .....	142
1.4.14 Datenbausteine	83	2.1.3.3	Pneumatische Ablauf- steuerungen .....	144
1.4.15 Ablaufsteuerungen	84	2.1.3.4	Elektrische Ansteuerung von Aktoren .....	145
1.4.16 Betriebsarten	88			
1.4.17 Bedienen und Beobachten von 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
<b>2.1.3.9 Energieeffizienz . . . . .</b>	<b>150</b>	<b>3 Sensoren</b>	<b>224</b>
<b>2.2 Hydraulische Aktoren . . . . .</b>	<b>152</b>	<b>3.1 Allgemeines zur Sensorik . . . . .</b>	<b>224</b>
2.2.1 Allgemeines . . . . .	152	<b>3.2 Sensoren für Wege, Winkel und Abstände . . . . .</b>	226
2.2.2 Physikalische Grundlagen . . . . .	152	3.2.1 Sensorsignalerzeugung durch Widerstandsänderung . . . . .	229
2.2.2.1 Hydrostatik . . . . .	152	3.2.2 Sensorsignale durch magnetische Kopplung . . . . .	231
2.2.2.2 Hydrodynamik . . . . .	154	3.2.3 Sensorsignale mittels magnetischer und elektrischer Felder . . . . .	232
2.2.3 Hydraulikflüssigkeiten . . . . .	155	3.2.4 Sensoren zur Füllstandsmessung . . . . .	233
2.2.4 Aufbau hydraulischer Steuerungen . . . . .	157	3.2.5 Optische Sensoren . . . . .	234
2.2.5 Hydraulikpumpen . . . . .	158	3.2.6 Sensorsignale durch Laufzeitmessung . . . . .	238
2.2.6 Hydraulikspeicher . . . . .	160	3.2.7 Näherungsempfindliche Schalter (binäre Sensoren) . . . . .	240
2.2.7 Antriebselemente . . . . .	162	3.2.8 Digitale Weg- und Winkel-messung . . . . .	241
2.2.8 Hydraulikventile . . . . .	165	3.2.8.1 Inkrementale Weg- und Winkel-messung . . . . .	241
2.2.8.1 Druckventile . . . . .	165	3.2.8.2 Absolute Weg- und Winkel-messung . . . . .	245
2.2.8.2 Wegeventile . . . . .	168	3.2.8.3 Zyklisch analoge Weg- und Winkel-messung . . . . .	247
2.2.8.3 Sperrventile . . . . .	169	3.2.8.4 Berührungsloses Messen mit Autofocus-Systemen . . . . .	248
2.2.8.4 Stromventile . . . . .	170	<b>3.3 Geschwindigkeitssensoren . . . . .</b>	<b>249</b>
2.2.9 Stetigventile . . . . .	172	<b>3.4 Sensoren für Dehnungen, Kräfte, Drehmomente und Drücke . . . . .</b>	<b>250</b>
2.2.10 Proportionaltechnik . . . . .	173	<b>3.5 Beschleunigungssensoren . . . . .</b>	<b>254</b>
2.2.11 Servoventile . . . . .	180	<b>3.6 Temperatursensoren . . . . .</b>	<b>255</b>
2.2.12 Mobilhydraulik . . . . .	182	<b>3.7 Sensoren für elektrische Größen (Messumformer) . . . . .</b>	<b>258</b>
<b>2.3 Elektrische Aktoren . . . . .</b>	<b>183</b>	<b>3.8 Störungen in Sensorleitungen . . . . .</b>	<b>259</b>
2.3.1 Rechnerische Grundlagen . . . . .	184	<b>4 Computergesteuerte Maschinen</b>	<b>261</b>
2.3.2 Gleichstromantriebe (DC-Antriebe) . . . . .	187	<b>4.1 CNC-Werkzeugmaschinen . . . . .</b>	<b>261</b>
2.3.3 Elektromagnete und Kupplungen . . . . .	193	4.1.1 Der Produktionsprozess . . . . .	261
2.3.4 Netzbetriebene Drehstrommotoren (AC-Motoren) . . . . .	193	4.1.2 NC-Achsen und deren Steuerung . . . . .	264
2.3.5 Drehzahlsteuerung und Drehzahl-regelung von Drehstrommotoren . . . . .	199	4.1.3 CNC-Programmierung . . . . .	266
2.3.5.1 U/f-Steuerung . . . . .	201	4.1.3.1 DIN-Programmierung . . . . .	266
2.3.5.2 Vektorregelung ohne Drehgeber . . . . .	202	4.1.3.2 Werkstattorientiertes Produzieren . . . . .	276
2.3.5.3 Vektorregelung mit Drehgeber . . . . .	203	4.1.4 Interpolation . . . . .	278
2.3.5.4 Drehmomentregelung . . . . .	204	4.1.5 Leistungsfähigkeit . . . . .	280
2.3.5.5 Servoantriebe . . . . .	204	4.1.6 Offene CNC-Steuerung . . . . .	282
2.3.5.6 Direktantriebe . . . . .	207		
2.3.6 Schrittmotorantriebe . . . . .	209		
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		
<b>2.4 CNC-Achsantriebssysteme . . . . .</b>	<b>215</b>		
2.4.1 Struktur . . . . .	215		
2.4.2 Art der Wegmessung . . . . .	215		

<b>4.2</b>	<b>Rapid Prototyping (RP)</b>	283	<b>5 Qualitätsüberwachung und Prozesslenkung</b>	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
<b>4.3</b>	<b>Messen und Prüfen</b>	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	<b>5.3 Maschinen- und Prozessfähigkeit</b>	360
4.3.1.4	Tastsysteme	290	<b>5.4 Betriebsdatenerfassung (BDE)</b>	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	<b>6 Informationstechnik</b>	368
4.3.2	Lasertracking	301	<b>6.1 Programmierung</b>	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
<b>4.4</b>	<b>Robotertechnik</b>	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 Progamm aufbau und Progammkomponenten	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
<b>4.5</b>	<b>Montage und Demontage</b>	335	6.1.16 Grafische Programmierung	397
4.5.1	Grundlagen	335	<b>6.2 Steuern mit dem Computer</b>	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
<b>4.6</b>	<b>Schnittstellen</b>	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	<b>6.3 Regelung mit PC und SPS</b>	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
<b>4.7</b>	<b>Virtual Environments (VE)</b>	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		

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