

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>7</b>	
<b>1.1</b>	<b>Steuern, Steuerung</b>	<b>7</b>	<b>3.6.3.2</b> Codemaßstäbe und Winkelcodierer 90
1.1.1	Analoge, binäre und digitale Steuerungen	7	<b>3.6.3.3</b> Drehmelder (Resolver) 91
1.1.2	Verknüpfungssteuerungen und Ablaufsteuerungen	9	<b>3.6.4</b> Sensoren zur Sicherheitstechnik 92
1.1.3	Verbindungsprogrammierte Steuerungen und speicherprogrammierte Steuerungen	10	<b>3.6.5</b> Störungen in Sensorleitungen 95
<b>1.2</b>	<b>Regeln, Regelung</b>	<b>10</b>	<b>3.7</b> <b>Gefährdungen und Schutzmaßnahmen</b> 97
<b>1.3</b>	<b>Leiten, Leitung</b>	<b>11</b>	<b>Berührungsschutz</b> 97
<b>1.4</b>	<b>Entwicklungsphasen industrieller Technik</b>	<b>12</b>	<b>Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)</b> 98
<b>1.5</b>	<b>Industrie 4.0</b>	<b>14</b>	<b>Elektrostatische Entladungen (ESD)</b> 100
<b>1.6</b>	<b>Cyber Physische Systeme (CPS)</b>	<b>15</b>	<b>Arbeitsschutzmaßnahmen im Rahmen der Fachaufsicht</b> 100
<b>2</b>	<b>Mechanische Steuerungen</b>	<b>16</b>	<b>4</b> <b>Pneumatik</b> <b>100</b>
<b>2.1</b>	<b>Allgemeines</b>	<b>16</b>	<b>4.1</b> <b>Aufbau einer Pneumatikanlage</b> 101
<b>2.2</b>	<b>Verstellbare Getriebe</b>	<b>17</b>	<b>4.2</b> <b>Drucklufterzeugung</b> 104
2.2.1	Stufengetriebe	17	<b>4.2.1</b> Verdichter (Kompressoren) 104
2.2.2	Stufenlos verstellbare Getriebe	18	<b>4.2.2</b> Druckluftnetze 107
<b>2.3</b>	<b>Getriebe mit ungleichmäßiger Übersetzung</b>	<b>21</b>	<b>4.2.3</b> Druckluftaufbereitung 108
<b>2.4</b>	<b>Getriebe mit aussetzender Bewegung</b>	<b>23</b>	<b>4.3</b> <b>Antriebsglieder</b> 109
<b>3</b>	<b>Elektrische und elektronische Steuerungen</b>	<b>24</b>	<b>4.3.1</b> Druckluftmotoren 109
<b>3.1</b>	<b>Elektrische Kontaktsteuerungen</b>	<b>24</b>	<b>4.3.2</b> Pneumatischer Muskel 111
3.1.1	Bauelemente und Betriebsmittel	24	<b>4.3.3</b> Balgantrieb 111
3.1.2	Darstellung und Schaltpläne	38	<b>4.3.4</b> Dreh- und Schwenkantriebe 112
3.1.3	Grundschaltungen	39	<b>4.3.5</b> Druckluftzylinder 112
<b>3.2</b>	<b>Elektronische Bauelemente</b>	<b>41</b>	<b>4.3.5.1</b> Standardzylinder 112
<b>3.3</b>	<b>Binäre und digitale Steuerungen</b>	<b>45</b>	<b>4.3.5.2</b> Sonderbauarten 115
3.3.1	Codierungen	45	<b>4.3.5.3</b> Zylinderkennwerte 116
3.3.1.1	Dualcode	45	<b>4.3.5.4</b> Zylinderberechnungen 116
3.3.1.2	BCD-Codes	46	<b>4.4</b> <b>Ventile und Grundsteuerungen</b> 118
3.3.1.3	Barcodes	46	<b>4.4.1</b> Darstellung der Ventile 118
3.3.1.4	2D-Codes	46	<b>4.4.2</b> Einteilung der Ventile 120
3.3.2	Digitale Speicher	47	<b>4.4.2.1</b> Wegeventile 120
3.3.3	Binäre Verknüpfungen	51	<b>4.4.2.2</b> Stromventile 122
3.3.4	Schaltalgebra	54	<b>4.4.2.3</b> Sperrventile 123
3.3.5	Kombinatorische Steuerungen	55	<b>4.4.2.4</b> Druckventile und Absperrventile 125
3.3.6	Ablaufsteuerungen	60	<b>4.4.2.5</b> Ventilinseln 126
2.3.6.1	Elektromechanische Ablaufsteuerungen	61	<b>4.5</b> <b>Grafische Darstellung</b> 127
2.3.6.2	Ablaufsteuerungen mit Kippliedern (Flipflops)	61	<b>4.5.1</b> Aufbau eines Schaltplans 127
3.3.6.3	Zähler	64	<b>4.5.2</b> Funktionsdiagramme 129
<b>3.4</b>	<b>GRAFCET</b>	<b>67</b>	<b>4.5.2.1</b> Wegdiagramm 130
3.4.1	Schritte	68	<b>4.5.2.2</b> Zustandsdiagramm 130
3.4.2	Aktionen	69	<b>4.6</b> <b>Proportionaltechnik</b> 133
3.4.3	Transitionen und Ablaufstrukturen	70	<b>4.6.1</b> Proportional-Druckregelventile 133
3.4.4	Beispiel zu GRAFCET	72	<b>4.6.2</b> Proportional-Wegeventile 134
<b>3.5</b>	<b>Wegdiagramm und Zustandsdiagramm</b>	<b>73</b>	<b>4.7</b> <b>Pneumatische Positioniersysteme</b> 134
<b>3.6</b>	<b>Sensoren</b>	<b>74</b>	<b>4.8</b> <b>Beispiele pneumatischer Steuerungen</b> 136
3.6.1	Allgemeines	74	<b>4.8.1</b> Wegplansteuerung einer Biegevorrichtung 136
3.6.2	Analoge Sensoren	75	<b>4.8.2</b> Taktstufensteuerung 137
3.6.2.1	Wege, Winkel, Abstände und Dicken	75	<b>4.9</b> <b>Elektroneumatische Steuerungen</b> 139
3.6.2.2	Geschwindigkeiten und Drehzahlen	82	<b>4.9.1</b> Elektropneumatische Betriebsmittel 139
3.6.2.3	Dehnungen, Kräfte, Drehmomente und Drücke	83	<b>4.9.2</b> Direkte und indirekte Steuerung 140
3.6.2.4	Beschleunigungen	84	<b>4.9.3</b> Selbsthalteschaltung 141
3.6.2.5	Temperaturen	86	<b>4.9.4</b> Darstellung 141
3.6.3	Digitale Sensoren	88	<b>4.9.5</b> Stetigantrieb 142
3.6.3.1	Inkrementale Sensoren	88	<b>4.9.6</b> Ablaufsteuerung 142
		<b>5</b>	<b>5</b> <b>Hydraulik</b> <b>144</b>
		<b>5.1</b>	<b>Allgemeines</b> 144
		<b>5.2</b>	<b>Physikalische Grundlagen</b> 144
		5.2.1	Hydrostatik 144
		5.2.2	Hydrodynamik 146
		<b>5.3</b>	<b>Hydraulikflüssigkeiten</b> 147
		<b>5.4</b>	<b>Aufbau hydraulischer Steuerungen</b> 149
		5.4.1	Hydraulikpumpen 150

5.4.1.1	Zahnradpumpen	150	7.4.8	Zustandsautomaten	232
5.4.1.2	Kolbenpumpen	151	7.5	<b>Analogwertverarbeitung</b>	234
5.4.1.3	Flügelzellenpumpe	151	7.6	<b>Programmieren mit strukturiertem Text (ST)</b>	237
<b>5.6</b>	<b>Hydraulikspeicher</b>	152		<b>Digitale Regelung</b>	237
<b>5.7</b>	<b>Antriebselemente</b>	154	7.6.1	Zweipunktregele	238
5.7.1	Hydraulikzylinder	154	7.6.2	PID-Reglerbaustein	239
5.7.2	Hydraulikmotoren	155	7.6.3		
<b>5.8</b>	<b>Hydraulikventile</b>	157	7.7	<b>Bedienen und Beobachten von Produktionsprozessen</b>	241
5.8.1	Allgemeines	157		<b>Schnelle Zählvorgänge</b>	242
5.8.2	Druckventile	158		<b>Kleinsteuerung LOGO!</b>	244
5.8.3	Wegeventile	161			
5.8.4	Sperrventile	162			
5.8.5	Stromventile	163			
5.8.6	Ventilaufbauarten	166	<b>8</b>	<b>Elektrische Antriebe</b>	<b>248</b>
5.8.7	Stetigventile	168			
5.8.8	Proportionalventiltechnik	169	8.1	<b>Einführung</b>	248
5.8.9	Servoventile	175	8.2	<b>Rechnerische Grundlagen</b>	250
<b>6</b>	<b>Regelungstechnik</b>	<b>177</b>	8.3	<b>Gleichstrommotoren (DC-Motoren)</b>	253
<b>6.1</b>	<b>Grundbegriffe</b>	177	8.4	<b>Drehstromasynchronmotor</b>	255
<b>6.2</b>	<b>Regelungarten</b>	178	8.4.1	Aufbau des Kurzschlussläufers	255
<b>6.3</b>	<b>Regelkreisglieder</b>	180	8.4.2	Das Drehfeld	256
6.3.1	Proportionalglied ohne Verzögerung (P-Glied)	180	8.4.3	Funktionsweise	257
6.3.2	Proportionalglied mit Verzögerung 1. Ordnung (P-T <sub>1</sub> -Glied)	181	8.4.4	Anlasssteuerungen	258
6.3.3	Proportionalglied mit Verzögerung 2. Ordnung (P-T <sub>2</sub> -Glied), Schwingungsglied	182	8.4.5	Drehrichtungsumkehr	259
6.3.4	Integralglied (I-Glied)	185	8.4.6	Betriebsarten und Fahrprofile	259
6.3.5	Differenzierglied (D-Glied)	186	8.4.7	Drehzahlsteuerung und Drehzahlregelung	260
6.3.6	Totzeitglied (T <sub>t</sub> -Glied)	186	8.4.7.1	Allgemeines und Einteilung	260
6.3.7	Zusammenwirken mehrerer Regelkreisglieder	188	8.4.7.2	U/f-Steuerung	261
			8.4.7.3	Vektorregelung	262
<b>6.4</b>	<b>Regler und Regelkreise</b>	189	8.5	<b>Drehstromsynchronmotor</b>	264
6.4.1	Schaltende Regler	189	8.5.1	Servoantriebe	264
6.4.2	Analoge Regler	190	8.5.2	Direktantriebe	265
6.4.3	Digitale Regler (Software-Regler)	192	8.5.2.1	Torquemotoren	265
6.4.3.1	Digitalisierung und Signalabtastung	192	8.5.2.2	Linearmotoren	267
6.4.3.2	Regelungsalgorithmus	193			
6.4.4	Regelung von P-Strecken	196	<b>8.6</b>	<b>Schrittmotoren</b>	267
6.4.5	Regelung von I-Strecken	197		<b>Lageregelung (Positionierantriebe)</b>	268
6.4.6	Einstellen eines Reglers	198	8.7.1	Kaskadenregelung	268
6.4.7	Selbstoptimierende Regler	199	8.7.2	Geschwindigkeitsvorsteuerung	269
			8.7.3	Analoger und digitaler Drehzahlregelkreis	270
<b>7</b>	<b>Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS)</b>	<b>200</b>	<b>9</b>	<b>Computergesteuerte Maschinen</b>	<b>271</b>
<b>7.1</b>	<b>Aufbau und Funktionsweise</b>	200	<b>9.1</b>	<b>CNC-Werkzeugmaschinen</b>	271
<b>7.2</b>	<b>Programmierung</b>	203	9.1.1	Der Produktionsprozess	271
7.2.1	Programmiersprachen	203	9.1.2	NC-Achsen und deren Steuerung	274
7.2.2	Programmaufbau	206	9.1.3	CNC-Programmierung	276
			9.1.3.1	DIN-Programmierung	276
			9.1.3.2	Werkstattorientiertes Produzieren (WOP)	286
<b>7.3</b>	<b>Funktionen und Operationen</b>	210	9.1.4	Interpolation	287
7.3.1	Binäre Abfragen und Verknüpfungen	210	9.1.5	Leistungsfähigkeit	290
7.3.2	SR/RS-Speicherfunktionen	213	9.1.6	Offene CNC-Steuerung	292
7.3.3	Flankenauswertung	215	<b>9.2</b>	<b>3D-Druck – Additive Fertigungsverfahren</b>	293
7.3.4	Zeitfunktionen	216	9.2.1	Allgemeines	293
7.3.5	Zählfunktionen	218	9.2.2	AM-Verfahren	294
7.3.6	Arithmetische und numerische Funktionen	220	9.2.3	Die Informationskette und Prozesskette	296
7.3.7	Übertragungsfunktionen und Programmsteuerungsfunktionen	220	<b>9.3</b>	<b>Robotertechnik</b>	297
7.3.8	Digitale Operationen	221	9.2.1	Einteilung	297
<b>7.4</b>	<b>Ablaufsteuerungen</b>	223	9.2.2	Der kinematische Aufbau	299
7.4.1	Gliederung und Darstellung	223	9.3.1	Roboterantriebe	302
7.4.2	Beispiel für eine Ablaufsteuerung	224	9.3.2	Greifer	303
7.4.3	Programmierung in Ablaufsprache	227	9.3.3	Roboterprogrammierung	304
7.4.4	Betriebsartensignale	229	9.3.4	Programmierverfahren	304
7.4.5	Funktionsbaustein für Betriebsarten	230	9.3.5	Koordinatensysteme	307
7.4.6	Funktionsbaustein für Schrittketten	231	9.3.5.1	Robotersteuerung	309
7.4.7	Funktionsbaustein für die Befehlsausgabe	232	9.3.5.2	Die Bewegungserzeugung	309
			9.3.6	Interpolation	311
			9.3.6.1	Achsstellungen	310
			9.3.6.2	Überschleifen und Pendeln	312
			9.3.6.3	Robotersensorführung	313
			9.3.6.4	Kollaborierende Roboter	315
			9.3.6.5	Schutzmaßnahmen	316

<b>10</b>	<b>Montagetechnik</b>	<b>317</b>	<b>13</b>	<b>Geschäftsprozesse</b>	<b>376</b>
10.1	<b>Grundlagen</b>	317	13.1	<b>Managementaufgaben</b>	376
10.2	<b>Der Materialfluss</b>	320	13.2	<b>Prozessmanagement</b>	377
10.2.1	Lagern	320	13.3	<b>Produkt-Daten-Management</b>	378
10.2.2	Puffern	321	13.4	<b>Gestaltungsmethoden für Prozessketten</b>	380
10.2.3	Bunkern	322	13.5	<b>Projektmanagement</b>	382
10.2.4	Magazinieren	323	13.6	<b>Informationsmanagement</b>	383
10.2.5	Fördersysteme	324	13.7	<b>Planungsinstrumente</b>	385
10.2.5.1	Transporttische und Rutschen	324	13.8	<b>Moderation</b>	391
10.2.5.2	Rollenförderer	324	13.9	<b>Präsentation</b>	391
10.2.5.3	Bandförderer	325	13.9.1	Inhalt und visuelle Darstellung	392
10.2.5.4	Hängeförderer	325	13.9.2	Präsentationsgrafik mit PowerPoint	393
10.3	<b>Fügen in der Montage</b>	327			
10.3.1	Fügestrukturen	327			
10.3.2	Schrauben	327	14	<b>Arbeitsgestaltung und Arbeitsschutz</b>	394
10.3.3	Umformen	331			
10.3.4	Kleben, Abdichten (Sealen)	332	14.1	<b>Der Mensch ist das Maß</b>	394
10.3.5	Thermisches Fügen	333	14.2	<b>Arbeitsplatzgestaltung</b>	395
10.3.6	Zusammenlegen	335	14.3	<b>Arbeitsbelastungen</b>	399
10.3.7	Schrumpfen	335	14.3.1	Arbeitsbelastungen durch die Art der Arbeit	399
10.4	<b>Montageplätze</b>	336	14.3.2	Belastungen durch die Arbeitsorganisation	400
10.4.1	Manuelle Montage	336	14.4	<b>EU-Maschinenrichtlinie</b>	402
10.4.2	Maschinelle Montage	337	14.4.1	Sicherheit und Gesundheitsschutz	402
10.5	<b>Montageorganisation</b>	338	14.4.2	Kennzeichnung und Betriebsanleitung	404
10.5.1	Topologie	338			
10.5.2	Montageablauf	338	14.5	<b>Europäische Sicherheitsnormen</b>	405
10.6	<b>Erzeugnisgliederung und Montagefolge</b>	340			
10.7	<b>Taktgebundene Montage</b>	342			
<b>11</b>	<b>Qualitätsmanagement</b>	<b>343</b>	<b>15</b>	<b>Informations- und Kommunikationstechnik</b>	<b>406</b>
11.1	<b>Qualität</b>	343	15.1	<b>Computertechnik</b>	406
11.1.1	Qualitätsmerkmale	344	15.1.1	Der PC	406
11.1.2	Fehler	344	15.1.2	Objektorientierte Software	409
11.2	<b>Ziele des Qualitätsmanagements</b>	345	15.1.3	Steuern mit dem PC	412
11.3	<b>TQM – Total Quality Management</b>	345	15.1.4	Schaltplanerstellen mit FluidSIM®	417
11.4	<b>Qualitätskreis und Qualitätspyramide</b>	346	15.1.5	Steuern und Regeln mit FluidSIM®	418
11.5	<b>Aufbau und Elemente eines Qualitätsmanagementsystems</b>	347	15.2	<b>Kommunikationstechnik</b>	419
11.5.1	Aufbauorganisation	347	15.2.1	Lokale Kommunikation	419
11.5.2	Ablauforganisation	348	15.2.2	Lokale Netze (LAN)	421
11.5.3	DIN EN ISO 9000	348	15.2.3	Feldbusssysteme	423
11.5.4	Zertifizierung	350	15.2.3.1	CAN-Bus	423
11.6	<b>Statistische Qualitätslenkung</b>	350	15.2.3.2	PROFIBUS, PROFIBUS-DP	424
11.6.1	Prozessanalyse	351	15.2.3.3	Aktor-Sensor-Interface (AS-i)	425
11.6.2	Qualitätsregelkarten	353	15.2.3.4	IO-Link	427
11.6.3	Maschinen- und Prozessfähigkeit	354	15.2.4	Serielle Schnittstelle (V.24)	428
<b>12</b>	<b>Instandhaltung und Energieeffizienz</b>	<b>355</b>	<b>16</b>	<b>Aufgaben und Übungen</b>	<b>429</b>
12.1	<b>Instandhaltung</b>	355	16.1	<b>Aufgaben und Übungen zur Pneumatik</b>	429
12.1.1	Begriffe	355	16.2	<b>Aufgaben und Übungen zur Hydraulik</b>	434
12.1.2	Wartung	358	16.3	<b>Aufgaben und Übungen zu GRAFCET</b>	436
12.1.3	Inspektion	362	16.4	<b>Aufgaben und Übungen zur SPS</b>	437
12.1.4	Instandsetzung	364	16.5	<b>Aufgaben und Übungen zur Regelungstechnik</b>	450
12.1.5	Inbetriebnahme	365	16.6	<b>Aufgaben und Übungen zu elektrischen Antrieben</b>	452
12.1.6	Fehlersuche	367	16.7	<b>Aufgaben und Übungen zur CNC-Technik</b>	453
12.1.7	Reparatur	368			
12.2	<b>Condition-Monitoring (Zustandsbedingte Instandhaltung)</b>	369			
12.3	<b>Energieeffizienz</b>	373			
12.3.1	Energie-Monitoring	373			
12.3.2	Energiewertstrom	373			
12.3.3	Lastmanagement	374			
12.4	<b>Energieeffiziente Geräte und Anlagen</b>	375			
				<b>Quellenverzeichnis</b>	<b>464</b>