

Inhaltsverzeichnis

Interpretation der Lernfelder	9	2.1.4	Bemaßung von Einzelteilen	81
LF 1 Analysieren von Funktionszusammenhängen in mechatronischen Systemen	9	2.1.5	Gewindedarstellung	82
LF 2 Herstellen mechanischer Teilsysteme	10	2.1.6	Genormte Einzelheiten	83
LF 3 Installieren elektrischer Betriebsmittel unter Beachtung sicherheitstechnischer Aspekte	12	2.1.7	Gruppenzeichnungen	84
LF 4 Untersuchen der Energie- und Informationsflüsse in elektrischen, pneumatischen und hydraulischen Baugruppen	13	2.2	Tabellen und Diagramme	85
LF 5 Kommunizieren mithilfe von Datenverarbeitungsanlagen	14	2.2.1	Tabellen	85
LF 6 Planen und Organisieren von Arbeitsabläufen	14	2.2.2	Diagramme	85
LF 7 Realisieren mechatronischer Teilsysteme	15	2.3	Technische Kommunikation mithilfe von Plänen	86
LF 8 Design und Erstellung mechatronischer Systeme	16	2.4	Die Sprache als Kommunikationsmittel	87
LF 9 Untersuchen des Informationsflusses in komplexen mechatronischen Systemen	17	2.4.1	Das Erstellen von Protokollen	87
LF 10 Planen der Montage und Demontage	18	2.4.2	Referate und Vorträge	88
LF 11 Inbetriebnahme, Fehlersuche und Instandsetzung	19	2.4.3	Referaterstellung	88
LF 12 Vorbeugende Instandhaltung	20	2.4.4	Der Vortrag des Referates	88
LF 13 Übergabe von mechatronischen Systemen an Kunden	20			
1 Grundlagen der Datenverarbeitung	21	3	Prüftechnik	89
1.1 Betriebssysteme	23	3.1	Längen- und Winkelprüfung	89
1.1.1 Aufgaben eines Betriebssystems	23	3.2	Mechanische Prüfmittel	90
1.1.2 Betriebssystem-Kategorien	24	3.2.1	Messschieber	90
1.1.3 Client-Server-Betriebssystem (von Windows)	27	3.2.2	Messschrauben	91
1.2 Office-Anwendungen	33	3.2.3	Messuhren	91
1.2.1 Textverarbeitung	37	3.2.4	Winkelmesser	92
1.2.2 Tabellenkalkulation	42	3.3	Pneumatische Messgeräte	93
1.2.3 Präsentationssoftware	47	3.4	Elektrische Messgeräte	93
1.2.4 Datenbanksysteme	53	3.5	Elektronische Messgeräte	94
1.3 Ergänzende Software	57	3.6	Prüfen mit Lehren	94
1.3.1 Bildbearbeitung	57	3.7	Prüfung von Oberflächen	95
1.3.2 Erzeugung von PDF-Dokumenten	59	3.7.1	Grundbegriffe der Oberflächenprüfung	95
1.3.3 Projektmanagement	60	3.7.2	Oberflächenprüfverfahren	95
1.4 Einführung in die Programmierung	63	3.7.3	Rauheitsmessgrößen	96
1.4.1 Programmiersprachen	63	3.7.4	Angabe von Oberflächengüten in Technischen Zeichnungen	97
1.4.2 Der Algorithmus	63	3.8	Toleranzen und Passungen	98
1.4.3 Allgemeiner Aufbau eines Programms	63	3.8.1	Maßtoleranzen	98
1.4.4 Datentypen und Variablen	64	3.8.2	Passungen	100
1.4.5 Datentypen	64	3.8.3	Passungssysteme	100
1.4.6 Ein- und Ausgabe bei Hochsprachen	65	3.8.4	Form- und Lagetoleranzen	102
1.4.7 Verknüpfung von Datentypen	65			
1.4.8 Programmentwicklung	65	4	Qualitätsmanagement	103
1.4.9 Darstellungsarten von Algorithmen	66	4.1	Der Qualitätsbegriff	103
1.4.10 Programmbeispiel	67	4.2	Aufgaben des Qualitätsmanagements	104
1.5 Kommunikation in Netzen	68	4.2.1	Qualitätsplanung	104
1.5.1 Grundlagen	68	4.2.2	Qualitätslenkung	105
1.5.2 Kommunikationsprotokolle	70	4.2.3	Qualitätsprüfung	105
1.5.3 Bedrohung von Netzen und Computern	71	4.2.4	Qualitätsverbesserung	105
		4.3	Qualitätsmanagement nach DIN EN ISO 9000:2015	106
		4.4	Qualität ist nicht nur Chefsache	106
		4.5	Statistisches Qualitätsmanagement	107
		4.5.1	Zufällige und systematische Fehler	107
		4.5.2	Gauß'sche Normalverteilung	107
		4.5.3	Qualitätsregelkarten als Instrument der Qualitätskontrolle	108
2 Technische Kommunikation	73	5	Werkstofftechnik	109
2.1 Die Technische Zeichnung als Kommunikationsmittel	73	5.1	Einteilung der Werkstoffe	109
2.1.1 Darstellungsarten	74	5.2	Eigenschaften von Werkstoffen	110
2.1.2 Einzelteil-Zeichnungen	76	5.2.1	Physikalische Eigenschaften	110
2.1.3 Schnittdarstellungen	80	5.2.2	Chemisch-technologische Eigenschaften	111
		5.2.3	Mechanisch-technologische Eigenschaften	111
		5.2.4	Fertigungstechnische Eigenschaften	113
		5.2.5	Ökologische Eigenschaften	113

Inhaltsverzeichnis

5.3	Aufbau metallischer Stoffe.....	114	7.4.2.2	Biegen von Rohren	172
5.3.1	Innerer Aufbau der Metalle	114	7.4.2.3	Zuschnittlängen	174
5.3.2	Kristallgitterarten	114	7.5	Trennen	175
5.4	Eisen- und Stahlwerkstoffe	115	7.5.1	Grundlagen der mechanischen Trenn- verfahren	175
5.4.1	Einteilung nach der Verwendung	115	7.5.2	Spanen	176
5.4.2	Einteilung nach Güteklassen.....	116	7.5.3	Sägen.....	178
5.4.3	Normung von Eisen- und Stahlwerk- stoffen.....	116	7.5.4	Feilen	180
5.4.4	Wichtige Stähle und Eisenwerkstoffe (Auswahl)	118	7.5.5	Spanende Fertigung mit Werkzeugma- schinen	181
5.5	Nichteisenmetalle.....	121	7.5.6	Bohren	184
5.5.1	Kupfer und Kupferlegierungen	121	7.5.7	Senken	189
5.5.2	Aluminium und Aluminiumlegierungen	122	7.5.8	Reiben.....	190
5.6	Weitere wichtige Metalle.....	123	7.5.9	Gewindeschneiden	191
5.7	Sinterwerkstoffe	124	7.5.10	Drehen	195
5.7.1	Herstellung von Sinterteilen	124	7.5.11	Fräsen	201
5.7.2	Einsatzbereiche von Sintermetallen	124	7.5.12	Schleifen.....	206
5.8	Korrosion.....	125	7.6	Fügen.....	209
5.8.1	Korrosionsursachen.....	125	7.6.1	Einteilung und Wirkweise.....	209
5.8.2	Erscheinungsformen der Korrosion	126	7.6.2	Schraubverbindung	210
5.8.3	Korrosionsschutzmaßnahmen	126	7.6.3	Stift- und Bolzenverbindung	219
5.9	Kunststoffe.....	127	7.6.4	Keilverbindung	221
5.9.1	Eigenschaften von Kunststoffen und ihre Verwendungsmöglichkeiten	127	7.6.5	Federverbindung	222
5.9.2	Einteilung von Kunststoffen	128	7.6.6	Löten	223
5.10	Verbundstoffe	130	7.6.7	Schweißen	226
5.11	Hilfsstoffe	131	7.6.8	Kleben	230
5.12	Werkstoffe und Umweltschutz.....	132	7.6.9	Pressverbindungen	232
6	Mechanische Systeme	133	7.6.10	Klemm- und Quetschverbindungen.....	233
6.1	Grundlagen des Systemgedankens	133	7.7	Fertigungsautomatisierung.....	235
6.1.1	Die Systemgrenzen	134	7.7.1	Historische Entwicklung	235
6.1.2	Die Ein- und Ausgangsgrößen.....	134	7.7.2	Bausteine der Fertigungsautomatisierung ..	237
6.1.3	Haupt- und Teilfunktionen eines technischen Systems.....	134	7.8	CNC-Steuerungen	239
6.2	Physikalische Grundlagen von mecha- nischen Systemen	136	7.8.1	Historische Entwicklung	239
6.2.1	Mechanische Arbeit	136	7.8.2	Merkmale von CNC-Maschinen	241
6.2.2	Mechanische Leistung und Wirkungsgrad ..	137	7.8.3	Wegmesssysteme	242
6.3	Funktionseinheiten von mechanischen Systemen	139	7.8.4	Positionsangabe und Koordinatensystem ..	243
6.3.1	Funktionseinheiten zum Antreiben	140	7.8.5	Werkzeugvermessung und Werkzeugkorrekturen.....	244
6.3.2	Funktionseinheiten zur Energieübertragung	140	7.8.6	Steuerungsarten.....	245
6.3.2.1	Wellen.....	141	7.8.6.1	Punktsteuerung	245
6.3.2.2	Kupplungen	142	7.8.6.2	Bahnsteuerung	245
6.3.2.3	Getriebe.....	144	7.8.7	CNC-Programm	248
6.3.2.4	Kenngrößen von Getrieben	148	7.8.8	Programmieren von CNC-Fertigungs- maschinen.....	259
6.3.2.5	Linearantriebe.....	150	7.8.9	Beispiele numerisch gesteuerter Ferti- gungsmaschinen	261
6.3.3	Funktionseinheiten zum Arbeiten.....	151	7.9	Handhabungstechnik und Robotertechnik ..	266
6.3.4	Funktionseinheiten zum Stützen und Tragen	151	7.9.1	Handhabungseinrichtungen	267
6.3.4.1	Gehäuse und Gestelle.....	151	7.9.1.1	Balancer.....	268
6.3.4.2	Führungen.....	152	7.9.1.2	Manipulatoren	269
6.3.4.3	Lager.....	155	7.9.1.3	Teleoperatoren	269
7	Herstellen mechanischer Systeme (Fertigungstechnik)	163	7.9.1.4	Modulare Systeme	269
7.1	Grundlagen der Fertigungstechnik	163	7.9.1.5	Industrieroboter	270
7.2	Die Fertigungshauptgruppen.....	163	7.9.2	Kinematik des Roboters.....	274
7.3	Das Urformen	166	7.9.2.1	Getriebefreiheitsgrad	275
7.3.1	Urformen durch Gießen	166	7.9.2.2	Bauarten und Arbeitsräume.....	276
7.3.2	Urformen durch Sintern	167	7.9.3	Roboter-Steuerung	279
7.3.3	Additive Fertigungsverfahren (3-D-Druck) ..	168	7.9.4	Programmierung von IR	283
7.4	Umformen.....	170	8	Grundlagen der Elektrotechnik	285
7.4.1	Einteilung der Umformverfahren	170	8.1	Das Bohr'sche Atommodell	286
7.4.2	Biegen.....	171	8.2	Ladungstrennung	287
7.4.2.1	Technologische Grundlagen.....	171	8.2.1	Erzeugung elektrischer Spannung	288
			8.2.2	Spannungsarten	288
			8.3	Elektrischer Strom.....	289
			8.4	Der elektrische Widerstand	291
			8.5	Das Ohm'sche Gesetz	292
			8.6	Elektrische Arbeit und elektrische Leistung	293

Inhaltsverzeichnis

8.7	Wirkungsgrad	294	9.1.1.4	Kurzschlussspannung.....	339
8.8	Elektrisches Feld.....	295	9.1.1.5	Kurzschlussstrom	340
8.9	Magnetisches Feld	297	9.1.1.6	Wirkungsgrad von Transformatoren	341
8.9.1	Magnetische Kreise.....	298	9.1.2	Kleintransformatoren.....	342
8.9.2	Grundgrößen des magnetischen Feldes	298	9.1.3	Spartransformatoren	343
8.9.3	Magnetische Werkstoffe.....	300	9.2	Elektrische Antriebe.....	344
8.9.4	Magnetisierung ferromagnetischer Werkstoffe	301	9.2.1	Grundlagen elektrischer Maschinen	345
8.9.5	Kraftwirkung auf parallel verlaufende stromdurchflossene Leiter	302	9.2.2	Drehstromasynchronmotoren	347
8.9.6	Elektromagnetische Induktion	302	9.2.3	Einphasen-Wechselstrommotoren.....	350
8.10	Grundsaltungen elektrischer Widerstände.....	306	9.2.4	Gleichstrommotoren.....	351
8.10.1	Widerstandsbauelemente im Stromkreis....	306	9.2.4.1	Wirkungsweise von Gleichstrommotoren...	352
8.10.2	Widerstandskennzeichnung	306	9.2.4.2	Arten von Gleichstrommotoren.....	353
8.10.3	Reihenschaltung von Widerständen	307	9.2.4.3	Spannungsstellung bei vorhandenem Wechselspannungsnetz.....	355
8.10.4	Maschensatz (zweites Kirchhoff'sches Gesetz).....	308	9.2.5	Veränderung der Drehfelddrehzahl bei Asynchronmotoren	356
8.10.5	Parallelschaltung von Widerständen	308	9.2.5.1	Prinzip des Frequenzumrichters	357
8.10.6	Knotenpunktregel (erstes Kirchhoff'sches Gesetz).....	309	9.2.5.2	Verhalten der Asynchronmaschine bei Frequenzsteuerung	359
8.11	Grundlagen der Wechselstromtechnik	309	9.2.6	Servoantriebe	360
8.11.1	Erzeugung von Wechselspannungen und Begriffsdefinitionen.....	309	9.2.7	Schrittmotoren	362
8.11.2	Zeiger zur Darstellung von Wechsel- größen	311	9.2.8	EC-Motoren – Motoren mit elektronischer Kommutierung	364
8.11.3	Frequenz und Periodendauer.....	311	9.2.9	Schutz elektrischer Antriebe	367
8.11.4	Kreisfrequenz.....	311	9.2.10	Einsatz eines variablen Antriebes in einer Applikation.....	370
8.11.5	Wellenlänge	312	9.3	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) ..	373
8.11.6	Effektivwert	312	9.3.1	EMV-Messungen	374
8.12	Der Kondensator im Stromkreis	313	9.3.2	EMV-Schutzmaßnahmen	375
8.13	Die Spule im Stromkreis.....	315	9.3.3	Frequenzspektrum elektromagnetischer Felder.....	376
8.14	Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom).....	317	9.4	Schutzmaßnahmen.....	377
8.14.1	Entstehung der Dreiphasenwechsel- spannung	317	9.4.1	Gefahren im Umgang mit dem elektrischen Strom	377
8.14.2	Verkettung.....	317	9.4.1.1	Wirkungen des elektrischen Stroms im menschlichen Körper.....	377
8.14.3	Sternschaltung (Zeichen: γ)	319	9.4.1.2	Direktes und indirektes Berühren	379
8.14.4	Dreieckschaltung (Zeichen: Δ)	321	9.4.1.3	Fachbegriffe Schutzmaßnahmen	379
8.14.5	Anwendung von Sternschaltung und Dreieckschaltung	322	9.4.2	Sicherheitsbestimmungen für Nieder- spannungsanlagen.....	380
8.14.6	Leistung bei Dreiphasenwechselstrom.....	323	9.4.2.1	Schutzklassen	380
8.15	Grundlagen elektronischer Bauelemente....	325	9.4.2.2	IP-Schutzarten.....	381
8.15.1	Die Diode.....	325	9.4.2.3	Maßnahmen bei Arbeiten an elektrischen Anlagen	382
8.15.1.1	Die Zener-Diode.....	326	9.4.2.4	Qualifikationen für Arbeiten in der Elektro- technik	383
8.15.1.2	Die Leuchtdiode.....	326	9.4.2.5	Fehlerarten in elektrischen Anlagen.....	384
8.15.2	Der Transistor	327	9.4.2.6	Spannungen im Fehlerfall	384
8.15.3	Bauelemente der Leistungselektronik.....	328	9.4.3	Schutz gegen elektrischen Schlag.....	385
8.15.3.1	Die Leistungsdiode.....	329	9.4.4	Automatische Abschaltung der Strom- versorgung.....	386
8.15.3.2	Der Diac.....	329	9.4.4.1	Anforderungen an den Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren)	386
8.15.3.3	Der p-Gate-Thyristor	329	9.4.4.2	Anforderungen an den Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren)	387
8.15.3.4	Der Triac	329	9.4.4.3	Schutz im TN-System	388
8.15.3.5	Der Insulated Gate Bipolar Transistor.....	330	9.4.4.4	Schutz im TT-System	389
8.16	Grundlagen der elektrischen Messtechnik ..	331	9.4.4.5	Schutz im IT-System	390
8.16.1	Erfassung elektrischer Größen: Messgeräte	331	9.4.5	Doppelte oder verstärkte Isolierung.....	391
8.16.2	Messung der elektrischen Spannung	332	9.4.6	Schutztrennung	391
8.16.3	Messung des elektrischen Stromes	332	9.4.7	Schutz durch Kleinspannung mittels SELV oder PELV.....	392
8.16.4	Spannungsfehlerschaltung	333	9.4.8	Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen	393
8.16.5	Stromfehlerschaltung.....	333	9.4.8.1	Hauptaufgaben der RCDs.....	393
8.16.6	Messung zeitabhängiger elektrischer Größen	333	9.4.8.2	Aufbau und Funktion	393
9	Elektrische Maschinen	335	9.4.9	Prüfen der Schutzmaßnahmen.....	394
9.1	Transformatoren	336			
9.1.1	Einphasentransformatoren	336			
9.1.1.1	Leerlaufspannung	336			
9.1.1.2	Übersetzungen	337			
9.1.1.3	Leerlauf und Belastung.....	338			

Inhaltsverzeichnis

9.4.9.1	Erstprüfungen von ortsfesten elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln nach DIN VDE 0100, Teil 600	395	10.4.6.2	Geschwindigkeitsbeeinflussung	454
9.4.9.2	Prüfen der Schutzleiter und Schutzpotenzialausgleichsleiter	397	10.4.6.3	Verknüpfung von Signalen	455
9.4.9.3	Messen der Isolationswiderstände in elektrischen Anlagen	397	10.4.6.4	Druckabhängige Steuerungen	458
9.4.9.4	Prüfen der Schutzmaßnahmen SELV, PELV und Schutztrennung	398	10.4.6.5	Schaltverzögerung	459
9.4.9.5	Messen des Isolationswiderstandes von Fußböden und Wänden	398	10.4.6.6	Signalüberschneidung	461
9.4.9.6	Wiederkehrende Prüfungen von elektrischen Anlagen und ortsfesten Betriebsmitteln nach DIN VDE 0105	399	10.5	Elektropneumatik	465
9.4.9.7	E-Check als Gütesiegel für die Elektroanlage	400	10.5.1	Bauteile in elektropneumatischen Anlagen	465
9.4.10	Schutz gegen elektrostatische Aufladung ..	401	10.5.1.1	Elektrische Eingabelemente	465
10	Steuerungstechnik	403	10.5.1.2	Sensoren	465
10.1	Grundlagen	403	10.5.1.3	Relais und Schütz	466
10.1.1	Steuervorgänge	403	10.5.1.4	Magnetventile	467
10.1.2	Einteilung von Steuerungen	404	10.5.2	Grundsaltungen	469
10.1.3	Regelungsvorgänge	406	10.5.2.1	Vor- und Rücklauf bei Zylindern	469
10.2	Digitaltechnik	407	10.5.2.2	Verknüpfung von Signalen	470
10.2.1	Signalformen	407	10.5.2.3	Schaltverzögerung	472
10.2.2	Die logischen Grundverknüpfungen	407	10.5.2.4	Selbsthaltung	474
10.2.3	Elektronische Schaltkreisfamilien	410	10.6	Hydraulische Steuerungen	475
10.2.4	Entwerfen logischer Verknüpfungsschaltungen	411	10.6.1	Hydraulische Kreisläufe	476
10.2.5	Vereinfachung von Funktionsgleichungen ..	412	10.6.2	Hydraulikflüssigkeiten	477
10.2.6	Minimierung mit KV-Diagramm	413	10.6.3	Hydraulikpumpen und -motoren	483
10.2.7	Analyse logischer Schaltungen	415	10.6.4	Hydraulikzylinder	488
10.2.8	Speicherfunktionen	416	10.6.5	Hydraulikventile	494
10.2.8.1	JK-Master-Slave-Flipflop (JK-MS-FF)	417	10.6.5.1	Wegeventile	494
10.2.8.2	JK-Master-Slave-Flipflop mit statischen Eingängen	418	10.6.5.2	Druckventile	497
10.2.9	Zähler	418	10.6.5.3	Strom- und Sperrventile	499
10.2.9.1	Asynchrone Zähler	418	10.6.5.4	Zubehör	501
10.2.9.2	Synchrone Zähler	419	10.7	Sensoren	503
10.2.9.3	Register	421	10.7.1	Bedeutung von Sensoren	503
10.2.9.4	Schieberegister (Prinzip)	421	10.7.2	Mechanische Grenztaster (Positionsschalter)	505
10.2.10	Spezielle Digitalbausteine	423	10.7.3	Induktive Sensoren (Näherungsschalter) ...	507
10.2.11	Zahlensysteme	423	10.7.4	Korrekturfaktoren	507
10.2.12	Codes	424	10.7.5	Kapazitive Sensoren	510
10.2.13	Codewandler	425	10.7.6	Ultraschall-Sensoren	512
10.2.14	Signalumsetzer	425	10.7.7	Optische Sensoren	515
10.3	Zeichnerische Darstellung von Steuerungen	427	10.7.7.1	Einweg-Lichtschränke	516
10.3.1	Bild- und Schaltzeichen der Bauteile von pneumatischen und hydraulischen Steuerungen	427	10.7.7.2	Reflexionslichtschränke	516
10.3.2	Schaltpläne	429	10.7.7.3	Reflexionslichttaster	517
10.3.3	GRAFCET	431	10.7.7.4	Reflexionslichttaster mit Hintergrundausblendung	518
10.3.4	Zustandsdiagramme	435	10.7.7.5	Sensoren mit Lichtwellenleiter (LWL)	519
10.4	Pneumatik	436	10.7.7.6	Elektronik von optischen Sensoren	521
10.4.1	Physikalische Grundlagen	436	10.7.7.7	Auswahlkriterien	522
10.4.2	Verdichter	438	10.7.8	Drehgeber als Sensoren zur Weg- und Winkelmessung	524
10.4.3	Druckluftaufbereitung und -verteilung	439	10.7.9	Spannungsversorgung und Lastanschluss ..	526
10.4.4	Arbeitsglieder	442	10.8	Speicherprogrammierbare Steuerungen SPS	528
10.4.4.1	Druckluftzylinder	442	10.8.1	Aufbau und Funktionsweise	528
10.4.4.2	Zylindersonderbauarten	443	10.8.1.1	Kompakte SPS-Steuerungen	528
10.4.4.3	Druckluftmotoren	446	10.8.1.2	Modular aufgebaute SPS-Steuerungen	528
10.4.5	Pneumatische Ventile	448	10.8.1.3	Industrie-PC (Slot-SPS)	528
10.4.5.1	Wegeventile	448	10.8.1.4	Soft-SPS	529
10.4.5.2	Sperr- und Stromventile	450	10.8.1.5	Verdrahtung der SPS	529
10.4.5.3	Pneumatische Druckventile	451	10.8.1.6	Die CPU (Central Processing Unit)	529
10.4.6	Grundsaltungen	452	10.8.1.7	Programm in CPU laden; urlöschen	530
10.4.6.1	Einfacher Vor- und Rücklauf bei Zylindern ..	452	10.8.1.8	Zyklische Bearbeitung des Programmes	530
			10.8.1.9	Eingänge; Eingabebaugruppe	531
			10.8.1.10	Ausgänge; Ausgangsbaugruppe	531
			10.8.1.11	Merker	532
			10.8.2	Projektierung	532
			10.8.2.1	Betriebssystem-Software	532
			10.8.2.2	Anwendersoftware	532
			10.8.2.3	Programmstruktur	533
			10.8.3	Grundfunktionen	536
			10.8.3.1	Schließerkontakt; Öffnerkontakt	536
			10.8.3.2	Binäre Verknüpfungen	536
			10.8.3.3	UND-Funktion	537

Inhaltsverzeichnis

10.8.3.4	ODER-Funktion	537	14	Mechatronische Systeme	613
10.8.3.5	Speicherfunktionen	538	14.1	Teilsysteme des mechatronischen Systems	613
10.8.3.6	Flankenbewertung	540	14.2	Die Komponenten des mechatronischen Systems	614
10.8.3.7	Zeitfunktionen	540	14.2.1	Das mechanische Teilsystem	614
10.8.3.8	Zählfunktionen	541	14.2.2	Das hydraulische Teilsystem	614
10.8.3.9	Vergleichsfunktionen	542	14.2.3	Das pneumatische Teilsystem	617
10.8.4	Ablaufsteuerung	542	14.2.4	Das elektrische Teilsystem	618
10.8.4.1	Prozessüberwachung mit SPS-Programmen (Befehl Fehlerrückmeldung)	545	15	Montage, Inbetriebnahme und Instandhaltung mechatronischer Systeme	627
10.8.4.2	Betriebsarten von Ablaufsteuerungen	548	15.1	Die Montagetätigkeit Fügen	627
10.8.4.3	Grundformen von Ablaufsteuerungen	548	15.1.1	Formschlüssige Verbindungen	627
10.8.5	Funktionale Sicherheit von Steuerungen	551	15.1.2	Kraftschlüssige Verbindungen	628
11	Regelungstechnik	555	15.1.3	Stoffschlüssige Verbindungen	628
11.1	Grundbegriffe	555	15.2	Montagetätigkeit Prüfen und Justieren	629
11.2	Regelkreiselemente	556	15.2.1	Prüftätigkeiten vor der Montage	629
11.2.1	Proportionalglied ohne Verzögerung (P-Glied)	556	15.2.2	Prüftätigkeiten während der Montage	629
11.2.2	Proportionalglied mit Verzögerung 1. Ordnung (PT ₁ -Glied)	556	15.2.3	Prüftätigkeiten nach der Montage	629
11.2.3	Proportionalglied mit Verzögerung 2. Ordnung (PT ₂ -Glied)	557	15.3	Montageplanung	630
11.2.4	Integralglied (I-Glied)	558	15.3.1	Der Montageplan	631
11.2.5	Differenzierglied (D-Glied)	559	15.3.2	Beispiel eines Montageplanes	631
11.2.6	Totzeitglied (T _c -Glied)	560	15.4	Organisationsformen der Montage	632
11.3	Regeleinrichtungen und Regelglieder	560	15.5	Montagebeispiele	634
11.3.1	Unstetige Regelglieder	560	15.5.1	Beispiel für Montageplan eines elektropneumatischen Ventilblockes auf DIN-Schiene	635
11.3.2	Stetige Regelglieder	561	15.5.2	Auszug aus dem Montageplan eines Handlinggerätes zur Realisierung von Handhabungslösungen an Spritzgussmaschinen	636
11.3.3	Digitale Regelglieder	563	15.6	Arbeitssicherheit bei der Montage	639
11.4	Stabilität von Regelkreisen	564	15.6.1	Vorbeugende Sicherheitsmaßnahmen bei der Arbeit an Maschinen, Anlagen und mechatronischen Systemen	639
12	Bussysteme in der Automatisierungstechnik	565	15.6.2	Maßnahmen bei einem Arbeitsunfall	640
12.1	Kommunikationsmodell	569	15.6.3	Brandschutz und Maßnahmen im Brandfalle	641
12.2	Topologien	571	15.6.4	Umgang mit Gefahrstoffen	642
12.3	Übertragungsmedien	573	15.6.5	Richtlinien für die Maschinensicherheit	642
12.4	Übertragungsarten	575	15.7	Inbetriebnahme	643
12.5	Buszugriffsverfahren	576	15.7.1	Besonderheiten der Inbetriebnahme	643
12.5.1	Master/Slave-Verfahren	576	15.7.2	Grundsätzliches zum Verfahren der Inbetriebnahme	646
12.5.2	Das Token-Prinzip	577	15.7.3	Inbetriebnahme pneumatischer und elektropneumatischer Anlagen	648
12.5.3	Das CSMA-Verfahren	578	15.7.4	Inbetriebnahme hydraulischer und elektrohydraulischer Anlagen	648
12.5.4	CSMA/CA	579	15.7.5	Inbetriebnahme elektrischer Maschinen	649
12.6	Datensicherheit	579	15.7.6	Inbetriebnahme von SPS	650
12.7	AS-Interface	580	15.7.7	Fehler bei der Inbetriebnahme von mechatronischen Systemen	650
12.7.1	AS-Interface-Funktionsprinzip	580	15.8	Instandhaltung von mechatronischen Systemen	653
12.7.2	AS-Interface-Verkabelung	582	15.8.1	Verlauf der Systemausfallrate	653
12.7.3	Inbetriebnahme einer AS-Interface-Anlage	584	15.8.2	Instandhaltungsstrategien	654
12.7.4	Strukturen einer AS-Interface-Anlage	586	15.8.3	Die Wartung als vorbeugende Instandhaltungsmaßnahme	655
12.7.5	Die AS-Interface-Spezifikation 2.11	589	15.8.4	Die Inspektion als Maßnahme zur Ausfallverhütung	657
12.7.6	Die AS-Interface-Spezifikation 3.0	591	15.8.5	Die Instandsetzung	658
12.7.7	AS-i-Safety	591	15.8.6	Fehlersuche als Grundlage der Instandsetzung	658
12.8	PROFIBUS	591		Bildquellenverzeichnis	661
12.8.1	PROFIBUS-DP	592		Sachwortverzeichnis	662
12.8.2	PROFIBUS-PA	594			
12.9	Ethernet	598			
12.9.1	PROFINET	602			
12.10	Zusammenfassung	603			
13	INDUSTRIE 4.0	605			
13.1	Das nutzen wir bisher	605			
13.2	Das ist neu bei Industrie 4.0	605			
13.3	Die reale Fabrik und ihr virtuelles Abbild	606			
13.4	Einheitliche Standards für die digitale Produktion	608			
13.5	Aufbau einer Industrie 4.0-Komponente	608			
13.6	Die Verwaltungsschale	608			
13.7	Cyber-Physisches-System, CPS	610			