

Inhaltsverzeichnis

Interpretation der Lernfelder	9		
LF 1 Analysieren von Funktionszusammenhängen in mechatronischen Systemen ...	9	2.1.5 Gewindedarstellung 82 2.1.6 Genormte Einzelheiten 83 2.1.7 Gruppenzeichnungen 84 2.2 Tabellen und Diagramme 85 2.2.1 Tabellen 85 2.2.2 Diagramme 85 2.3 Technische Kommunikation mithilfe von Plänen 86 2.4 Die Sprache als Kommunikationsmittel ... 87 2.4.1 Das Erstellen von Protokollen 87 2.4.2 Referate und Vorträge 88 2.4.3 Referaterstellung 88 2.4.4 Der Vortrag des Referates 88	
LF 2 Herstellen mechanischer Teilsysteme ...	10		
LF 3 Installieren elektrischer Betriebsmittel unter Beachtung sicherheitstechnischer Aspekte	12		
LF 4 Untersuchen der Energie- und Informationsflüsse in elektrischen, pneumatischen und hydraulischen Baugruppen	13		
LF 5 Kommunizieren mithilfe von Datenverarbeitungsanlagen.....	14		
LF 6 Planen und Organisieren von Arbeitsabläufen	14		
LF 7 Realisieren mechatronischer Teilsysteme ..	15		
LF 8 Design und Erstellung mechatronischer Systeme	16		
LF 9 Untersuchen des Informationsflusses in komplexen mechatronischen Systemen ..	17		
LF 10 Planen der Montage und Demontage....	18		
LF 11 Inbetriebnahme, Fehlersuche und Instandsetzung	19		
LF 12 Vorbeugende Instandhaltung	20		
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 3.2 Mechanische Prüfmittel 90 3.2.1 Messschieber 90 3.2.2 Messschrauben 91 3.2.3 Messuhren 91 3.2.4 Winkelmesser 92 3.3 Pneumatische Messgeräte 93 3.4 Elektrische Messgeräte 93 3.5 Elektronische Messgeräte	
1.1.1 Aufgaben eines Betriebssystems	23	3.6 Prüfen mit Lehren 94 3.7 Prüfung von Oberflächen 95 3.7.1 Grundbegriffe der Oberflächenprüfung 95 3.7.2 Oberflächenprüfverfahren 95 3.7.3 Rauheitsmessgrößen 96 3.7.4 Angabe von Oberflächengüten in Technischen Zeichnungen	
1.1.2 Betriebssystem-Kategorien	24	3.8 Toleranzen und Passungen 97 3.8.1 Maßtoleranzen	
1.1.3 Client-Server-Betriebssystem	27	3.8.2 Passungen	
1.2 Office-Anwendungen	33	3.8.3 Passungssysteme	
1.2.1 Textverarbeitung	37	3.8.4 Form- und Lagetoleranzen	
1.2.2 Tabellenkalkulation	42		
1.2.3 Präsentationssoftware	47		
1.2.4 Datenbanksysteme	53		
1.3 Ergänzende Software	57		
1.3.1 Bildbearbeitung	57		
1.3.2 Erzeugung von PDF-Dokumenten	59		
1.3.3 Projektmanagement	60		
1.4 Einführung in die Programmierung	63		
1.4.1 Programmiersprachen	63		
1.4.2 Der Algorithmus	63		
1.4.3 Allgemeiner Aufbau eines Programmes ..	63		
1.4.4 Datentypen und Variablen	64		
1.4.5 Datentypen	64		
1.4.6 Ein- und Ausgabe bei Hochsprachen	65		
1.4.7 Verknüpfung von Datentypen	65		
1.4.8 Programmierung	65		
1.4.9 Darstellungsarten von Algorithmen	66		
1.4.10 Programmbeispiel	67		
1.5 Kommunikation in Netzen	68		
1.5.1 Grundlagen	68		
1.5.2 Kommunikationsprotokolle	70		
1.5.3 Bedrohung von Netzen und Computern ..	71		
2 Technische Kommunikation	73	4 Qualitätsmanagement	103
2.1 Die Technische Zeichnung als Kommunikationsmittel	73	4.1 Der Qualitätsbegriff	103
2.1.1 Darstellungsarten	74	4.2 Aufgaben des Qualitätsmanagements	104
2.1.2 Einzelteil-Zeichnungen	76	4.2.1 Qualitätsplanung	104
2.1.3 Schnittdarstellungen	80	4.2.2 Qualitätslenkung	105
2.1.4 Bemaßung von Einzelteilen	81	4.2.3 Qualitätsprüfung	105
		4.2.4 Qualitätsverbesserung	105
		4.3 Qualitätsmanagement nach DIN EN ISO 9000 ff	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
5 Werkstofftechnik	109		
		5.1 Einteilung der Werkstoffe	109
		5.2 Eigenschaften von Werkstoffen	110
		5.2.1 Physikalische Eigenschaften	110
		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
		Aufbau metallischer Stoffe	114

Inhaltsverzeichnis

5.3.1	Innerer Aufbau der Metalle	114	7.5.2	Spanen	174
5.3.2	Kristallgitterarten	114	7.5.3	Sägen	176
5.4	Eisen- und Stahlwerkstoffe	115	7.5.4	Feilen	178
5.4.1	Einteilung nach der Verwendung	115	7.5.5	Spanende Fertigung mit Werkzeugmaschinen	179
5.4.2	Einteilung nach Güteklassen	116	7.5.6	Bohren	182
5.4.3	Normung von Eisen- und Stahlwerkstoffen	116	7.5.7	Senken	187
5.4.4	Wichtige Stähle und Eisenwerkstoffe	118	7.5.8	Reiben	188
5.5	Nichteisenmetalle	121	7.5.9	Gewindeschneiden	189
5.5.1	Kupfer und Kupferlegierungen	121	7.5.10	Drehen	193
5.5.2	Aluminium und Aluminiumlegierungen ..	122	7.5.11	Fräsen	199
5.6	Weitere wichtige Metalle	123	7.5.12	Schleifen	204
5.7	Sinterwerkstoffe	124	7.6	Fügen	207
5.7.1	Herstellung von Sinterteilen	124	7.6.1	Einteilung und Wirkweise	207
5.7.2	Einsatzbereiche von Sintermetallen	124	7.6.2	Schraubverbindung	208
5.8	Korrosion	125	7.6.3	Stift- und Bolzenverbindung	217
5.8.1	Korrosionsursachen	125	7.6.4	Keilverbindung	219
5.8.2	Erscheinungsformen der Korrosion	126	7.6.5	Federverbindung	220
5.8.3	Korrosionsschutzmaßnahmen	126	7.6.6	Löten	221
5.9	Kunststoffe	127	7.6.7	Schweißen	224
5.9.1	Eigenschaften von Kunststoffen und ihre Verwendungsmöglichkeiten	127	7.6.8	Kleben	228
5.9.2	Einteilung von Kunststoffen	128	7.6.9	Pressverbindungen	230
5.10	Verbundstoffe	130	7.6.10	Klemm- und Quetschverbindungen	231
5.11	Hilfsstoffe	131	7.7	Fertigung automatisierung	233
5.12	Werkstoffe und Umweltschutz	132	7.7.1	Historische Entwicklung	233
6 Mechanische Systeme	133		7.7.2	Bausteine der Fertigung automatisierung	235
6.1	Grundlagen des Systemgedankens	133	7.8	CNC-Steuerungen	237
6.1.1	Die Systemgrenzen	134	7.8.1	Merkmale von CNC-Maschinen	239
6.1.2	Die Ein- und Ausgangsgrößen	134	7.8.2	Wegmesssysteme	240
6.1.3	Haupt- und Teilstrukturen eines technischen Systems	134	7.8.3	Positionsangabe und Koordinatensystem	241
6.2	Physikalische Grundlagen von mechanischen Systemen	136	7.8.4	Werkzeugvermessung und Werkzeug korrekturen	242
6.2.1	Mechanische Arbeit	136	7.8.5	Steuerungsarten	243
6.2.2	Mechanische Leistung und Wirkungsgrad	137	7.8.5.1	Punktsteuerung	243
6.3	Funktionseinheiten von mechanischen Systemen	139	7.8.5.2	Bahnsteuerung	243
6.3.1	Funktionseinheiten zum Antrieben	140	7.8.6	CNC-Programm	246
6.3.2	Funktionseinheiten zur Energieübertragung	140	7.8.7	Programmieren von CNC-Fertigungs maschinen	257
6.3.2.1	Wellen	141	7.8.8	Beispiele numerisch gesteuerter Fertigungsmaschinen	259
6.3.2.2	Kupplungen	142	7.9	Handhabungstechnik und Robotertechnik	266
6.3.2.3	Getriebe	144	7.9.1	Handhabungseinrichtungen	267
6.3.2.4	Kenngrößen von Getrieben	148	7.9.1.1	Balancer	268
6.3.2.5	Linearantriebe	150	7.9.1.2	Manipulatoren	269
6.3.3	Funktionseinheiten zum Arbeiten	151	7.9.1.3	Teleoperatoren	269
6.3.4	Funktionseinheiten zum Stützen und Tragen	151	7.9.1.4	Modulare Systeme	269
6.3.4.1	Gehäuse und Gestelle	151	7.9.1.5	Industrieroboter	270
6.3.4.2	Führungen	152	7.9.2	Kinematik des Roboters	274
6.3.4.3	Lager	155	7.9.2.1	Getriebefreiheitsgrad	275
			7.9.2.2	Bauarten und Arbeitsräume	276
			7.9.3	Roboter-Steuerrung	279
			7.9.4	Programmierung von IR	283
7 Herstellen mechanischer Systeme	163		8 Grundlagen der Elektrotechnik	285	
7.1	Grundlagen der Fertigungstechnik	163	8.1	Das Bohr'sche Atommodell	286
7.2	Die Fertigungshauptgruppen	163	8.2	Ladungstrennung	287
7.3	Das Urformen	166	8.2.1	Erzeugung elektrischer Spannung	288
7.3.1	Urformen durch Gießen	166	8.2.2	Spannungsarten	288
7.3.2	Urformen durch Sintern	167	8.3	Elektrischer Strom	289
7.4	Umformen	168	8.4	Der elektrische Widerstand	291
7.4.1	Einteilung der Umformverfahren	168	8.5	Das Ohm'sche Gesetz	292
7.4.2	Biegen	169	8.6	Elektrische Arbeit und elektrische Leistung	293
7.4.2.1	Technologische Grundlagen	169	8.7	Wirkungsgrad	294
7.4.2.2	Biegen von Rohren	170	8.8	Elektrisches Feld	295
7.4.2.3	Zuschnittslängen	172	8.9	Magnetisches Feld	297
7.5	Trennen	173	8.9.1	Magnetische Kreise	298
7.5.1	Grundlagen der mechanischen Trennverfahren	173	8.9.2	Grundgrößen des magnetischen Feldes ..	298
			8.9.3	Magnetische Werkstoffe	300

8.9.4	Magnetisierung ferromagnetischer Werkstoffe	301	9.2.3	Einphasen-Wechselstrommotoren	350
8.9.5	Kraftwirkung auf parallel verlaufende stromdurchflossene Leiter	302	9.2.4	Gleichstrommotoren	351
8.9.6	Elektromagnetische Induktion	302	9.2.4.1	Wirkungsweise von Gleichstrommotoren	352
8.10	Grundschaltungen elektrischer Widerstände	306	9.2.4.2	Arten von Gleichstrommotoren	353
8.10.1	Widerstandsbauelemente im Stromkreis	306	9.2.4.3	Spannungsstellung bei vorhandenem Wechselspannungsnetz	355
8.10.2	Widerstandskennzeichnung	306	9.2.5	Veränderung der Drehfelddrehzahl bei Asynchronmotoren	356
8.10.3	Reihenschaltung von Widerständen	307	9.2.5.1	Prinzip des Frequenzumrichters	357
8.10.4	Maschensatz	308	9.2.5.2	Verhalten der Asynchronmaschine bei Frequenzsteuerung	359
8.10.5	Parallelschaltung von Widerständen	308	9.2.6	Servoantriebe	360
8.10.6	Knotenpunktregel	309	9.2.7	Schrittmotoren	362
8.11	Grundlagen der Wechselstromtechnik	309	9.2.8	EC-Motoren – Motoren mit elektronischer Kommutierung	364
8.11.1	Erzeugung von Wechselspannungen und Begriffsdefinitionen	309	9.2.9	Schutz elektrischer Antriebe	367
8.11.2	Zeiger zur Darstellung von Wechselgrößen	311	9.2.10	Einsatz eines variablen Antriebes in einer Applikation	370
8.11.3	Frequenz und Periodendauer	311	9.3	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)	373
8.11.4	Kreisfrequenz	311	9.3.1	EMV-Messungen	374
8.11.5	Wellenlänge	312	9.3.2	EMV-Schutzmaßnahmen	375
8.11.6	Effektivwert	312	9.3.3	Frequenzspektrum elektromagnetischer Felder	376
8.12	Der Kondensator im Stromkreis	313	9.4	Schutzmaßnahmen	377
8.13	Die Spule im Stromkreis	315	9.4.1	Gefahren im Umgang mit dem elektrischen Strom	377
8.14	Dreiphasenwechselstrom	317	9.4.1.1	Wirkungen des elektrischen Stroms im menschlichen Körper	377
8.14.1	Entstehung der Dreiphasenwechselspannung	317	9.4.1.2	Direktes und indirektes Berühren	379
8.14.2	Verkettung	317	9.4.1.3	Fachbegriffe Schutzmaßnahmen	379
8.14.3	Sternschaltung	319	9.4.2	Sicherheitsbestimmungen für Niederspannungsanlagen	380
8.14.4	Dreieckschaltung	321	9.4.2.1	Schutzklassen	380
8.14.5	Anwendung von Sternschaltung und Dreieckschaltung	322	9.4.2.2	IP-Schutzarten	381
8.14.6	Leistung bei Dreiphasenwechselstrom	323	9.4.2.3	Maßnahmen bei Arbeiten an elektrischen Anlagen	382
8.15	Grundlagen elektronischer Bauelemente	325	9.4.2.4	Qualifikationen für Arbeiten in der Elektrotechnik	383
8.15.1	Die Diode	325	9.4.2.5	Fehlerarten in elektrischen Anlagen	384
8.15.1.1	Die Zener-Diode	326	9.4.2.6	Spannungen im Fehlerfall	384
8.15.1.2	Die Leuchtdiode	326	9.4.3	Schutz gegen elektrischen Schlag	385
8.15.2	Der Transistor	327	9.4.4	Automatische Abschaltung der Stromversorgung	386
8.15.3	Bauelemente der Leistungselektronik	328	9.4.4.1	Anforderungen an den Basischutz (Schutz gegen direktes Berühren)	386
8.15.3.1	Die Leistungsdiode	329	9.4.4.2	Anforderungen an den Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren)	387
8.15.3.2	Der Diac	329	9.4.4.3	Schutz im TN-System	388
8.15.3.3	Der p-Gate-Thyristor	329	9.4.4.4	Schutz im TT-System	389
8.15.3.4	Der Triac	329	9.4.4.5	Schutz im IT-System	390
8.15.3.5	Der Insulated Gate Bipolar Transistor	330	9.4.5	Doppelte oder verstärkte Isolierung	391
8.16	Grundlagen der elektrischen Messtechnik	331	9.4.6	Schutztrennung	391
8.16.1	Erfassung elektrischer Größen: Messgeräte	331	9.4.7	Schutz durch Kleinspannung mittels SELV oder PELV	392
8.16.2	Messung der elektrischen Spannung	332	9.4.8	Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen	393
8.16.3	Messung des elektrischen Stromes	332	9.4.8.1	Hauptaufgaben der RCDs	393
8.16.4	Spannungsfehlerschaltung	333	9.4.8.2	Aufbau und Funktion	393
8.16.5	Stromfehlerschaltung	333	9.4.9	Prüfen der Schutzmaßnahmen	394
8.16.6	Messung zeitabhängiger elektrischer Größen	333	9.4.9.1	Erstprüfungen von ortsfesten elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln nach DIN VDE 0100, Teil 600	395
9	Elektrische Maschinen	335	9.4.9.2	Prüfen der Schutzeleiter und Schutspotenzialausgleichsleiter	397
9.1	Transformatoren	336	9.4.9.3	Messen der Isolationswiderstände in elektrischen Anlagen	397
9.1.1	Einphasentransformatoren	336	9.4.9.4	Prüfen der Schutzmaßnahmen SELV, PELV und Schutztrennung	398
9.1.1.1	Leerlaufspannung	336	9.4.9.5	Messen des Isolationswiderstandes von Fußböden und Wänden	398
9.1.1.2	Übersetzungen	337			
9.1.1.3	Leerlauf und Belastung	338			
9.1.1.4	Kurzschlussspannung	339			
9.1.1.5	Kurzschlussstrom	340			
9.1.1.6	Wirkungsgrad von Transformatoren	341			
9.1.2	Kleintransformatoren	342			
9.1.3	Spartransformatoren	343			
9.2	Elektrische Antriebe	344			
9.2.1	Grundlagen elektrischer Maschinen	345			
9.2.2	Drehstromsynchrongmotoren	347			

9.4.9.6	Wiederkehrende Prüfungen von elektrischen Anlagen und ortsfesten Betriebsmitteln nach DIN VDE 0105	399	10.5.2	Grundschaltungen	469
9.4.9.7	E-Check als Gütesiegel für die Elektroanlage	400	10.5.2.1	Vor- und Rücklauf bei Zylindern	469
9.4.10	Schutz gegen elektrostatische Aufladung	401	10.5.2.2	Verknüpfung von Signalen	470
10 Steuerungstechnik		403	10.5.2.3	Schaltverzögerung	472
10.1	Grundlagen	403	10.5.2.4	Selbsthaltung	474
10.1.1	Steuervorgänge	403	10.6	Hydraulische Steuerungen	475
10.1.2	Einteilung von Steuerungen	404	10.6.1	Hydraulische Kreisläufe	476
10.1.3	Regelungsvorgänge	406	10.6.2	Hydraulikflüssigkeiten	477
10.2	Digitaltechnik	407	10.6.3	Hydraulikpumpen und -motoren	483
10.2.1	Signalformen	407	10.6.4	Hydraulikzylinder	488
10.2.2	Die logischen Grundverknüpfungen	407	10.6.5	Hydraulikventile	494
10.2.3	Elektronische Schaltkreisfamilien	410	10.6.5.1	Wegeventile	494
10.2.4	Entwerfen logischer Verknüpfungs-schaltungen	411	10.6.5.2	Druckventile	497
10.2.5	Vereinfachung von Funktionsgleichungen	412	10.6.5.3	Strom- und Sperrventile	499
10.2.6	Minimierung mit KV-Diagramm	413	10.6.5.4	Zubehör	501
10.2.7	Analyse logischer Schaltungen	415	10.7	Sensoren	503
10.2.8	Speicherfunktionen	416	10.7.1	Bedeutung von Sensoren	503
10.2.8.1	JK-Master-Slave-Flipflop	417	10.7.2	Mechanische Grenztaster (Positionsschalter)	505
10.2.8.2	JK-Master-Slave-Flipflop mit statischen Eingängen	418	10.7.3	Induktive Sensoren (Näherungsschalter)	507
10.2.9	Zähler	418	10.7.4	Korrekturfaktoren	507
10.2.9.1	Asynchrone Zähler	418	10.7.5	Kapazitive Sensoren	510
10.2.9.2	Synchrone Zähler	419	10.7.6	Ultraschall-Sensoren	512
10.2.9.3	Register	421	10.7.7	Optische Sensoren	515
10.2.9.4	Schieberegister	421	10.7.7.1	Einweg-Lichtschranke	516
10.2.10	Spezielle Digitalbausteine	423	10.7.7.2	Reflexionslichtschranke	516
10.2.11	Zahlensysteme	423	10.7.7.3	Reflexionslichttaster	517
10.2.12	Codes	424	10.7.7.4	Reflexionslichttaster mit Hintergrund-ausblendung	518
10.2.13	Codewandler	425	10.7.7.5	Sensoren mit Lichtwellenleiter (LWL)	519
10.2.14	Signalumsetzer	425	10.7.7.6	Elektronik von optischen Sensoren	521
10.3	Zeichnerische Darstellung von Steuerungen	427	10.7.7.7	Auswahlkriterien	522
10.3.1	Bild- und Schaltzeichen der Bauteile von pneumatischen und hydraulischen Steuerungen	427	10.7.8	Drehgeber als Sensoren zur Weg- und Winkelmessung	524
10.3.2	Schaltpläne	429	10.7.9	Spannungsversorgung und Lastanschluss	526
10.3.3	GRAFCET	431	10.8	Speicherprogrammierbare Steuerungen SPS	528
10.3.4	Zustandsdiagramme	435	10.8.1	Aufbau und Funktionsweise	528
10.4	Pneumatik	436	10.8.1.1	Kompakte SPS-Steuerungen	528
10.4.1	Physikalische Grundlagen	436	10.8.1.2	Modular aufgebaute SPS-Steuerungen	528
10.4.2	Verdichter	438	10.8.1.3	Industrie-PC (Slot-SPS)	528
10.4.3	Druckluftaufbereitung und -verteilung	439	10.8.1.4	Soft-SPS	529
10.4.4	Arbeitsglieder	442	10.8.1.5	Verdrahtung der SPS	529
10.4.4.1	Druckluftzylinder	442	10.8.1.6	Die CPU (Central Processing Unit)	529
10.4.4.2	Zylindersonderbauarten	443	10.8.1.7	Programm in CPU laden; löschen	530
10.4.4.3	Druckluftmotoren	446	10.8.1.8	Zyklische Bearbeitung des Programmes	530
10.4.4.5	Pneumatische Ventile	448	10.8.1.9	Eingänge; Eingabebaugruppe	531
10.4.5.1	Wegeventile	448	10.8.1.10	Ausgänge; Ausgangsbaugruppe	531
10.4.5.2	Sperr- und Stromventile	450	10.8.1.11	Merker	532
10.4.5.3	Pneumatische Druckventile	451	10.8.2	Projektierung	532
10.4.6	Grundschaltungen	452	10.8.2.1	Betriebssystem-Software	532
10.4.6.1	Einfacher Vor- und Rücklauf bei Zylindern	452	10.8.2.2	Anwendersoftware	532
10.4.6.2	Geschwindigkeitsbeeinflussung	454	10.8.2.3	Programmstruktur	533
10.4.6.3	Verknüpfung von Signalen	455	10.8.3	Grundfunktionen	536
10.4.6.4	Druckabhängige Steuerungen	458	10.8.3.1	Schließerkontakt; Öffnerkontakt	536
10.4.6.5	Schaltverzögerung	459	10.8.3.2	Binäre Verknüpfungen	536
10.4.6.6	Signalüberschreitung	461	10.8.3.3	UND-Funktion	537
10.5	Elektropneumatik	465	10.8.3.4	ODER-Funktion	537
10.5.1	Bauteile in elektropneumatischen Anlagen	465	10.8.3.5	Speicherfunktionen	538
10.5.1.1	Elektrische Eingabeelemente	465	10.8.3.6	Flankenauswertung	540
10.5.1.2	Sensoren	465	10.8.3.7	Zeitfunktionen	540
10.5.1.3	Relais und Schütz	466	10.8.3.8	Zählfunktionen	541
10.5.1.4	Magnetventile	467	10.8.3.9	Vergleichsfunktionen	542
			10.8.4	Ablaufsteuerung	542
			10.8.4.1	Prozessüberwachung mit SPS-Programmen	545
			10.8.4.2	Betriebsarten von Ablaufsteuerungen	548
			10.8.4.3	Grundformen von Ablaufsteuerungen	548
			10.8.5	Funktionale Sicherheit von Steuerungen	551

11 Regelungstechnik	555	14 Montage, Inbetriebnahme und Instandhaltung mechatronischer Systeme	619
11.1 Grundbegriffe	555	14.1 Die Montagetätigkeit Fügen.....	619
11.2 Regelkreiselemente.....	556	14.1.1 Formschlüssige Verbindungen	619
11.2.1 Proportionalglied ohne Verzögerung (P-Glied)	556	14.1.2 Kraftschlüssige Verbindungen.....	620
11.2.2 Proportionalglied mit Verzögerung 1. Ordnung (PT ₁ -Glied)	556	14.1.3 Stoffschlüssige Verbindungen.....	620
11.2.3 Proportionalglied mit Verzögerung 2. Ordnung (PT ₂ -Glied)	557	14.2 Montagetätigkeit Prüfen und Justieren	621
11.2.4 Integralglied (I-Glied)	558	14.2.1 Prüftätigkeiten vor der Montage	621
11.2.5 Differenzierglied (D-Glied)	559	14.2.2 Prüftätigkeiten während der Montage	621
11.2.6 Totezeitglied (T _r -Glied)	560	14.2.3 Prüftätigkeiten nach der Montage	621
11.3 Regeleinrichtungen und Regelglieder	560	14.3 Montageplanung.....	622
11.3.1 Unstetige Regelglieder.....	560	14.3.1 Der Montageplan.....	623
11.3.2 Stetige Regelglieder	561	14.3.2 Beispiel eines Montageplanes.....	623
11.3.3 Digitale Regelglieder.....	563	14.4 Organisationsformen der Montage.....	624
11.4 Stabilität von Regelkreisen.....	564	14.5 Montagebeispiele	626
		14.5.1 Beispiel für Montageplan eines elektropneumatischen Ventilblockes auf DIN-Schiene.....	627
12 Bussysteme in der Automatisierungstechnik	565	14.5.2 Auszug aus dem Montageplan eines Handlinggerätes zur Realisierung von Handhabungslösungen an Spritzgussmaschinen	628
12.1 Kommunikationsmodell.....	569	14.6 Arbeitssicherheit bei der Montage	631
12.2 Topologien.....	571	14.6.1 Vorbeugende Sicherheitsmaßnahmen bei der Arbeit an Maschinen, Anlagen und mechatronischen Systemen	631
12.3 Übertragungsmedien	573	14.6.2 Maßnahmen bei einem Arbeitsunfall	632
12.4 Übertragungsarten	575	14.6.3 Brandschutz und Maßnahmen im Brandfalle	633
12.5 Buszugriffsverfahren.....	576	14.6.4 Umgang mit Gefahrstoffen	634
12.5.1 Master/Slave-Verfahren	576	14.6.5 Richtlinien für die Maschinensicherheit	634
12.5.2 Das Token-Prinzip	577	14.7 Inbetriebnahme	635
12.5.3 Das CSMA-Verfahren	578	14.7.1 Besonderheiten der Inbetriebnahme	635
12.5.4 CSMA/CA	579	14.7.2 Grundsätzliches zum Verfahren der Inbetriebnahme	638
12.6 Datensicherheit	579	14.7.3 Inbetriebnahme pneumatischer und elektropneumatischer Anlagen	640
12.7 AS-Interface	580	14.7.4 Inbetriebnahme hydraulischer und elektrohydraulischer Anlagen	640
12.7.1 AS-Interface-Funktionsprinzip	580	14.7.5 Inbetriebnahme elektrischer Maschinen	641
12.7.2 AS-Interface-Verkabelung	582	14.7.6 Inbetriebnahme von SPS	642
12.7.3 Inbetriebnahme einer AS-Interface-Anlage	584	14.7.7 Fehler bei der Inbetriebnahme von mechatronischen Systemen	642
12.7.4 Strukturen einer AS-Interface-Anlage.....	586	14.8 Instandhaltung von mechatronischen Systemen	645
12.7.5 Die AS-Interface-Spezifikation 2.11.....	589	14.8.1 Verlauf der Systemausfallrate	645
12.7.6 Die AS-Interface-Spezifikation 3.0.....	591	14.8.2 Instandhaltungsstrategien	646
12.7.7 AS-i-Safety.....	591	14.8.3 Die Wartung als vorbeugende Instandhaltungsmaßnahme	647
12.8 PROFIBUS	591	14.8.4 Die Inspektion als Maßnahme zur Ausfallverhütung	649
12.8.1 PROFIBUS-DP	592	14.8.5 Die Instandsetzung	650
12.8.2 PROFIBUS-PA	594	14.8.6 Fehlersuche als Grundlage der Instandsetzung	650
12.9 Ethernet	598	14.8.7 Bildquellenverzeichnis	653
12.9.1 PROFINET	602	14.8.8 Sachwortverzeichnis	654
12.10 Zusammenfassung	603		
13 Mechatronische Systeme	605		
13.1 Teilsysteme des mechatronischen Systems	605		
13.2 Die Komponenten des mechatronischen Systems	606		
13.2.1 Das mechanische Teilsystem	606		
13.2.2 Das hydraulische Teilsystem	606		
13.2.3 Das pneumatische Teilsystem	609		
13.2.4 Das elektrische Teilsystem	610		