

# Inhaltsverzeichnis

<b>Interpretation der Lernfelder</b>		<b>9</b>
LF 1	Analysieren von Funktionszusammenhängen in mechatronischen Systemen	9
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	Vorbegende Instandhaltung	20
LF 13	Übergabe von mechatronischen Systemen an Kunden	20

<b>1 Grundlagen der Datenverarbeitung</b>		<b>21</b>
1.1	Betriebssysteme	23
1.1.1	Aufgaben eines Betriebssystems	23
1.1.2	Betriebssystem-Kategorien	24
1.1.3	Client-Server-Betriebssystem	27
1.2	Office Anwendungen	33
1.2.1	Textverarbeitung	38
1.2.2	Tabellenkalkulation	43
1.2.3	Präsentationssoftware	48
1.2.4	Datenbanksysteme	54

<b>2 Technische Kommunikation</b>		<b>63</b>
2.1	Die Technische Zeichnung als Kommunikationsmittel	63
2.1.1	Darstellungsarten	64
2.1.2	Einzelteilzeichnungen	66
2.1.3	Schnittdarstellungen	70
2.1.4	Bemaßung von Einzelteilen	71
2.1.5	Gewindedarstellung	72
2.1.6	Genormte Einzelheiten	73
2.1.7	Gruppenzeichnungen	74
2.2	Tabellen und Diagramme	75
2.2.1	Tabellen	75
2.2.2	Diagramme	75
2.3	Technische Kommunikation mithilfe von Plänen	76
2.4	Die Sprache als Kommunikationsmittel	77
2.4.1	Das Erstellen von Protokollen	77
2.4.2	Referate und Vorträge	78
2.4.3	Referaterstellung	78
2.4.4	Der Vortrag des Referates	78

<b>3 Prüftechnik</b>		<b>79</b>
3.1	Längen- und Winkelpprüfung	79
3.2	Mechanische Prüfmittel	80

3.2.1	Messschieber	80
3.2.2	Messschrauben	81
3.2.3	Messuhren	81
3.2.4	Winkelmesser	82
3.3	Pneumatische Messgeräte	83
3.4	Elektrische Messgeräte	83
3.5	Elektronische Messgeräte	84
3.6	Prüfen mit Lehren	84
3.7	Prüfen von Oberflächen	85
3.7.1	Grundbegriffe der Oberflächenprüfung	85
3.7.2	Oberflächenprüfverfahren	85
3.7.3	Rauheitsmessgrößen	86
3.7.4	Angabe von Oberflächengüten in Technischen Zeichnungen	87
3.8	Toleranzen und Passungen	88
3.8.1	Maßtoleranzen	88
3.8.2	Passungen	90
3.8.3	Passungssysteme	90
3.8.4	Form- und Lagetoleranzen	92

<b>4 Qualitätsmanagement</b>		<b>93</b>
4.1	Qualitätsbegriff	93
4.2	Aufgaben des Qualitätsmanagements	94
4.2.1	Qualitätsplanung	94
4.2.2	Qualitätslenkung	95
4.2.3	Qualitätsprüfung	95
4.2.4	Qualitätsverbesserung	95
4.3	Qualitätsmanagement nach DIN EN ISO 9000 ff.	96
4.4	Qualität ist nicht nur Chefsache	96
4.5	Statistisches Qualitätsmanagement	97
4.5.1	Zufällige und systematische Fehler	97
4.5.2	Gaußsche Normalverteilung	97
4.5.3	Qualitätsregelkarten als Instrument der Qualitätskontrolle	98

<b>5 Werkstofftechnik</b>		<b>99</b>
5.1	Einteilung der Werkstoffe	99
5.2	Eigenschaften von Werkstoffen	100
5.2.1	Physikalische Eigenschaften	100
5.2.2	Chemisch-technologische Eigenschaften	101
5.2.3	Mechanisch-technologische Eigenschaften	101
5.2.4	Fertigungstechnische Eigenschaften	103
5.2.5	Ökologische Eigenschaften	103
5.3	Aufbau metallischer Stoffe	104
5.3.1	Innerer Aufbau der Metalle	104
5.3.2	Kristallgitterarten	104
5.4	Eisen und Stahlwerkstoffe	105
5.4.1	Einteilung nach der Verwendung	105
5.4.2	Einteilung nach der Güteklasse	106
5.4.3	Normung von Eisen- und Stahlwerkstoffen	106
5.4.4	Wichtige Stähle und Eisenwerkstoffe	108
5.5	Nichteisenmetalle	111
5.5.1	Kupfer und Kupferlegierungen	111
5.5.2	Aluminium und Aluminiumlegierungen	112
5.6	Weitere wichtige Metalle	113
5.7	Sinterwerkstoffe	114
5.7.1	Herstellung von Sinterteilen	114
5.7.2	Einsatzbereiche von Sintermetallen	114
5.8	Korrosion	115
5.8.1	Korrosionsursachen	115
5.8.2	Erscheinungsformen der Korrosion	116
5.8.3	Korrosionsschutzmaßnahmen	116

5.9 Kunststoffe ..... 117  
 5.9.1 Eigenschaften von Kunststoffen und ihre Verwendungsmöglichkeiten ..... 117  
 5.9.2 Einteilung von Kunststoffen ..... 118  
 5.10 Verbundstoffe ..... 120  
 5.11 Hilfsstoffe ..... 121  
 5.12 Werkstoffe und Umweltschutz ..... 122

**6 Mechanische Systeme 123**

6.1 Grundlagen des Systemgedankens ..... 123  
 6.1.1 Die Systemgrenzen ..... 124  
 6.1.2 Die Ein- und Ausgangsgrößen ..... 124  
 6.1.3 Haupt- und Teilfunktion eines technischen Systemes ..... 124  
 6.2 Physikalische Grundlagen von mechanischen Systemen ..... 126  
 6.2.1 Mechanische Arbeit ..... 126  
 6.2.2 Mechanische Leistung und Wirkungsgrad ..... 127  
 6.3 Funktionseinheiten von mechanischen Systemen ..... 129  
 6.3.1 Funktionseinheiten zum Antreiben ..... 130  
 6.3.2 Funktionseinheiten zur Energieübertragung ..... 130  
 6.3.2.1 Wellen ..... 131  
 6.3.2.2 Kupplungen ..... 132  
 6.3.2.3 Getriebe ..... 134  
 6.3.2.4 Kenngrößen von Getrieben ..... 138  
 6.3.2.5 Linearantriebe ..... 140  
 6.3.3 Funktionseinheiten zum Arbeiten ..... 141  
 6.3.4 Funktionseinheiten zum Stützen und Tragen ..... 141  
 6.3.4.1 Gehäuse und Gestelle ..... 141  
 6.3.4.2 Führungen ..... 142  
 6.3.4.3 Lager ..... 145

**7 Herstellen mechanischer Systeme 153**

7.1 Grundlagen der Fertigungstechnik ..... 153  
 7.2 Die Fertigungshauptgruppen ..... 153  
 7.3 Das Urformen ..... 156  
 7.3.1 Urformen durch Gießen ..... 156  
 7.3.2 Urformen durch Sintern ..... 157  
 7.4 Umformen ..... 158  
 7.4.1 Einteilung der Umformverfahren ..... 158  
 7.4.2 Biegen ..... 159  
 7.4.2.1 Technologische Grundlagen ..... 159  
 7.4.2.2 Biegen von Rohren ..... 160  
 7.4.2.3 Zuschnittlängen ..... 162  
 7.5 Trennen ..... 163  
 7.5.1 Grundlagen der mechanischen Trennverfahren ..... 163  
 7.5.2 Spanen ..... 164  
 7.5.3 Sägen ..... 165  
 7.5.4 Feilen ..... 168  
 7.5.5 Spanende Fertigung mit Werkzeugmaschinen ..... 169  
 7.5.6 Bohren ..... 172  
 7.5.7 Senken ..... 177  
 7.5.8 Reiben ..... 178  
 7.5.9 Gewindeschneiden ..... 179  
 7.5.10 Drehen ..... 183  
 7.5.11 Fräsen ..... 189  
 7.5.12 Schleifen ..... 194  
 7.6 Fügen ..... 197  
 7.6.1 Einteilung und Wirkweise ..... 197  
 7.6.2 Schraubverbindung ..... 198  
 7.6.3 Stift und Bolzenverbindung ..... 207  
 7.6.4 Keilverbindung ..... 209  
 7.6.5 Federverbindung ..... 210

7.6.6 Löten ..... 211  
 7.6.7 Schweißen ..... 214  
 7.6.8 Kleben ..... 218  
 7.6.9 Pressverbindungen ..... 220  
 7.6.10 Klemm- und Quetschverbindungen ..... 221  
 7.7 Fertigungsautomatisierung ..... 223  
 7.7.1 Historische Entwicklung ..... 223  
 7.7.2 Bausteine der Fertigungsautomatisierung ..... 225  
 7.8 CNC-Steuerungen ..... 227  
 7.8.1 Merkmale von CNC-Maschinen ..... 229  
 7.8.2 Wegmesssysteme ..... 230  
 7.8.3 Positionsangabe und Koordinationsystem ..... 231  
 7.8.4 Werkzeugvermessung und Werkzeugkorrekturen ..... 232  
 7.8.5 Steuerungsarten ..... 233  
 7.8.5.1 Punktsteuerung ..... 233  
 7.8.5.2 Bahnsteuerung ..... 233  
 7.8.6 CNC-Programm ..... 236  
 7.8.7 Programmieren von CNC-Fertigungsmaschinen ..... 247  
 7.8.8 Beispiele numerisch gesteuerter Fertigungsmaschinen ..... 249  
 7.9 Handhabungstechnik und Robotertechnik ..... 255  
 7.9.1 Handhabungseinrichtungen ..... 257  
 7.9.1.1 Balancer ..... 258  
 7.9.1.2 Manipulatoren ..... 259  
 7.9.1.3 Teleoperatoren ..... 259  
 7.9.1.4 Modulare Systeme ..... 259  
 7.9.1.5 Industrieroboter ..... 260  
 7.9.2 Kinematik des Roboters ..... 264  
 7.9.2.1 Getriebefreiheitsgrad ..... 265  
 7.9.2.2 Bauarten und Arbeitsräume ..... 266  
 7.9.3 Roboter-Steuerung ..... 269  
 7.9.4 Programmierung von IR ..... 273

**8 Grundlagen der Elektrotechnik 275**

8.1 Das Bohrsche Atommodell ..... 276  
 8.2 Ladungstrennung ..... 277  
 8.2.1 Erzeugung elektrischer Spannung ..... 278  
 8.2.2 Spannungsarten ..... 268  
 8.3 Elektrischer Strom ..... 279  
 8.4 Der elektrische Widerstand ..... 281  
 8.5 Das Ohmsche Gesetz ..... 282  
 8.6 Elektrische Arbeit und elektrische Leistung ..... 283  
 8.7 Wirkungsgrad ..... 284  
 8.8 Elektrisches Feld ..... 285  
 8.9 Magnetisches Feld ..... 287  
 8.9.1 Magnetische Kreise ..... 288  
 8.9.2 Grundgrößen des magnetischen Feldes ..... 288  
 8.9.3 Magnetische Werkstoffe ..... 290  
 8.9.4 Magnetisierung ferromagnetischer Werkstoffe ..... 291  
 8.9.5 Kraftwirkung auf parallel verlaufende stromdurchflossene Leiter ..... 292  
 8.9.6 Elektromagnetische Induktion ..... 292  
 8.10 Grundsaltungen elektrischer Widerstände ..... 296  
 8.10.1 Widerstandsbaulemente im Stromkreis ..... 296  
 8.10.2 Widerstandskennzeichnung ..... 296  
 8.10.3 Reihenschaltung von Widerständen ..... 297  
 8.10.4 Maschensatz ..... 298  
 8.10.5 Parallelschaltung von Widerständen ..... 298  
 8.10.6 Knotenpunktregel ..... 299  
 8.11 Grundlagen der Wechselstromtechnik ..... 299  
 8.11.1 Erzeugung von Wechselspannungen und Begriffsdefinitionen ..... 299  
 8.11.2 Zeiger zur Darstellung von Wechselgrößen ..... 301  
 8.11.3 Frequenz und Periodendauer ..... 301  
 8.11.4 Kreisfrequenz ..... 301

8.11.5 Wellenlänge ..... 302  
 8.11.6 Effektivwert ..... 302  
 8.12 Der Kondensator im Stromkreis ..... 303  
 8.13 Die Spule im Stromkreis ..... 305  
 8.14 Dreiphasenwechselstrom ..... 307  
 8.14.1 Entstehung der Dreiphasenwechselspannung ..... 307  
 8.14.2 Verkettung ..... 307  
 8.14.3 Sternschaltung ..... 309  
 8.14.4 Dreieckschaltung ..... 311  
 8.14.5 Anwendung von Sternschaltung und Dreieckschaltung ..... 312  
 8.14.6 Leistung bei Dreiphasenwechselstrom ..... 313  
 8.14.7 Leistungsmessung bei Dreiphasenwechselstrom ..... 314  
 8.15 Kompensation ..... 315  
 8.15.1 Kompensationsarten ..... 316  
 8.15.2 Bemessung von Kompensationskondensatoren ..... 317  
 8.15.3 Kompensation bei elektronischen Stromrichterschaltungen ..... 317  
 8.15.4 Tonfrequenzsperrkreise ..... 317

9.2.7 Wartung und Prüfung elektrischer Maschinen ..... 355  
 9.3 Schutzmaßnahmen ..... 357  
 9.3.1 Gefahren im Umgang mit dem elektrischen Strom ..... 357  
 9.3.1.1 Wirkungen des elektrischen Stromes im menschlichen Körper ..... 357  
 9.3.1.2 Direktes und indirektes Berühren ..... 359  
 9.3.1.3 Fachbegriffe Schutzmaßnahmen ..... 359  
 9.3.2 Sicherheitsbestimmungen für Niederspannungsanlagen ..... 360  
 9.3.3 Begriffe und Kenngrößen ..... 360  
 9.3.3.1 Schutzklassen ..... 360  
 9.3.3.2 IP-Schutzarten (nach DIN VDE 0470) ..... 361  
 9.3.3.3 Maßnahmen bei Arbeiten an elektrischen Anlagen ..... 362  
 9.3.3.4 Fehlerarten ..... 363  
 9.3.3.5 Spannungen im Fehlerfall ..... 363  
 9.3.4 Schutz gegen elektrischen Schlag ..... 364  
 9.3.5 Schutz sowohl gegen direktes als auch bei indirektem Berühren ..... 364  
 9.3.5.1 Schutz durch Kleinspannung SELV und PELV ..... 365  
 9.3.5.2 Schutz durch Begrenzung von Ladung ..... 366  
 9.3.6 Schutz gegen elektrischen Schlag unter normalen Bedingungen (Schutz gegen direktes Berühren oder Basisschutz) ..... 366  
 9.3.7 Schutz gegen elektrischen Schlag unter Fehlerbedingungen (Schutz bei indirektem Berühren oder Fehlerschutz) ..... 367  
 9.3.7.1 Drehstromsysteme ..... 367  
 9.3.7.2 Schutzmaßnahmen im TN-System ..... 368  
 9.3.7.3 RCD (Fehlerstromschutzeinrichtung) ..... 370  
 9.3.7.4 Schutzmaßnahmen im TT-System ..... 372  
 9.3.7.5 Schutzmaßnahmen im IT-System ..... 373  
 9.3.7.6 Schutz durch Verwendung von Betriebsmitteln der Schutzklasse II oder durch gleichwertige Isolierung ..... 374  
 9.3.7.7 Schutz durch nichtleitende Räume ..... 374  
 9.3.7.8 Schutztrennung ..... 375  
 9.3.7.9 Schutz durch erdfreien, örtlichen Potenzialausgleich ..... 375  
 9.3.8 Prüfen der Schutzmaßnahmen ..... 376  
 9.3.8.1 Prüfen der Schutzmaßnahmen SELV, PELV und Schutztrennung ..... 378  
 9.3.8.2 Isolationswiderstandsmessung in elektrischen Anlagen ..... 378  
 9.3.8.3 Messen der Isolationswiderstände von Fußböden und Wänden ..... 379  
 9.3.8.4 Prüfungen im TN-System und TT-System ..... 379  
 9.3.8.5 Messen der Schleifenimpedanz ..... 380  
 9.3.8.6 Messen des Erdungswiderstandes ..... 380  
 9.3.9 Schutz gegen elektrostatische Aufladung ..... 382

**9 Elektrische Maschinen und Anlagen 319**

9.1 Transformatoren ..... 320  
 9.1.1 Einphasentransformatoren ..... 320  
 9.1.1.1 Leerlaufspannung ..... 320  
 9.1.1.2 Übersetzungen ..... 321  
 9.1.1.3 Leerlauf und Belastung ..... 322  
 9.1.1.4 Kurzschlussspannung ..... 324  
 9.1.1.5 Kurzschlussstrom ..... 325  
 9.1.1.6 Wirkungsgrad von Transformatoren ..... 326  
 9.1.2 Kleintransformatoren ..... 327  
 9.1.2.1 Aufbau ..... 327  
 9.1.2.2 Arten von Kleintransformatoren ..... 328  
 9.1.2.3 Prüfspannungen bei Kleintransformatoren ..... 329  
 9.1.3 Sondertransformatoren ..... 330  
 9.1.3.1 Spartransformatoren ..... 330  
 9.1.3.2 Streufeldtransformatoren ..... 331  
 9.1.3.3 Lichtbogen-Schweißtransformatoren ..... 331  
 9.2 Motoren und Generatoren ..... 332  
 9.2.1 Grundlagen ..... 332  
 9.2.1.1 Entstehung des Drehfeldes ..... 332  
 9.2.1.2 Leistung und Drehmoment ..... 333  
 9.2.1.3 Aufbau umlaufender Maschinen ..... 334  
 9.2.1.4 Leistungsschild ..... 334  
 9.2.1.5 Drehsinn ..... 334  
 9.2.2 Drehstrommotoren ohne Stromwender ..... 335  
 9.2.2.1 Drehstromasynchronmotoren ..... 335  
 9.2.2.2 Motoren mit Kurzschlussläufer ..... 335  
 9.2.3 Sonstige Drehfeldmotoren ..... 339  
 9.2.3.1 Einphasen-Induktionsmotoren ..... 339  
 9.2.3.2 Einphasenmotor mit Widerstandshilfsstrang ..... 339  
 9.2.3.3 Kondensatormotor ..... 340  
 9.2.4 Stromwendermaschinen ..... 341  
 9.2.4.1 Aufbau von Gleichstrommaschinen ..... 341  
 9.2.4.2 Wirkungsweise von Gleichstromgeneratoren ..... 342  
 9.2.4.3 Arten von Gleichstromgeneratoren ..... 343  
 9.2.4.4 Ankerquerfeld ..... 345  
 9.2.4.5 Anschlussbezeichnung von Stromwendermaschinen ..... 347  
 9.2.4.6 Wirkungsweise von Gleichstrommotoren ..... 348  
 9.2.4.7 Arten von Gleichstrommotoren ..... 350  
 9.2.4.8 Universalmotoren ..... 353  
 9.2.5 Bauformen elektrischer Maschinen ..... 354  
 9.2.6 Isolierstoffklassen ..... 354

**10 Steuerungstechnik 383**

10.1 Grundlagen ..... 383  
 10.1.1 Steuervorgänge ..... 383  
 10.1.2 Einteilung von Steuerungen ..... 384  
 10.1.3 Regelungsvorgänge ..... 386  
 10.2 Digitaltechnik ..... 387  
 10.2.1 Signalformen ..... 387  
 10.2.2 Die logischen Grundverknüpfungen ..... 387  
 10.2.3 Elektronische Schaltkreisfamilien ..... 390  
 10.2.4 Entwerfen logischer Verknüpfungsschaltungen ..... 391  
 10.2.5 Vereinfachung von Funktionsgleichungen ..... 392  
 10.2.6 Minimierung mit KV-Diagramm ..... 393  
 10.2.7 Analyse logischer Schaltungen ..... 395  
 10.2.8 Speicherfunktionen ..... 396

10.2.8.1	JK-Master-Slave Flipflop	397	10.7.7.1	Einweg-Lichtschanke	492
10.2.8.2	JK-Master-Slave-Flipflop mit statischen Eingängen	398	10.7.7.2	Reflexionslichtschanke	492
10.2.9	Zähler	398	10.7.7.3	Reflexionslichttaster	493
10.2.9.1	Asynchrone Zähler	398	10.7.7.4	Reflexionslichttaster mit Hintergrundausblendung	494
10.2.9.2	Synchrone Zähler	399	10.7.7.5	Sensoren mit Lichtwellenleiter (LWL)	495
10.2.9.3	Register	401	10.7.7.6	Elektronik von optischen Sensoren	497
10.2.9.4	Schieberegister	401	10.7.7.7	Auswahlkriterien	498
10.2.10	Spezielle Digitalbausteine	403	10.7.8	Drehgeber als Sensoren zur Weg- und Winkelmessung	500
10.2.11	Zahlensysteme	403	10.7.9	Spannungsversorgung und Lastanschluss	502
10.2.12	Codes	404	10.8	Speicherprogrammierbare Steuerung SPS	504
10.2.13	Codewandler	405	10.8.1	Aufbau und Funktionsweise	504
10.2.14	Signalumsetzer	405	10.8.1.1	Kompakte SPS-Steuerungen	504
10.3	Zeichnerische Darstellung von Steuerungen	407	10.8.1.2	Modular aufgebaute SPS-Steuerungen	504
10.3.1	Bild- und Schaltzeichen der Bauteile von pneumatischen und hydraulischen Steuerungen	407	10.8.1.3	Industrie-PC (Slot-SPS)	504
10.3.2	Funktionspläne	409	10.8.1.4	Soft-SPS	505
10.3.3	Funktionsdiagramme	410	10.8.1.5	Verdrahtung der SPS	505
10.3.4	Schaltpläne	411	10.8.1.6	Die CPU (Central Processing Unit)	505
10.4	Pneumatik	412	10.8.1.7	Programm in CPU laden; urlöschen	506
10.4.1	Physikalische Grundlagen	412	10.8.1.8	Zyklische Bearbeitung des Anwenderprogramms	506
10.4.2	Verdichter	414	10.8.1.9	Eingänge, Eingabebaugruppe	507
10.4.3	Druckluftaufbereitung und -verteilung	415	10.8.1.10	Ausgänge; Ausgangsbaugruppe	507
10.4.4	Arbeitsglieder	418	10.8.1.11	Merker	508
10.4.4.1	Druckluftzylinder	418	10.8.2	Projektiertung	508
10.4.4.2	Zylindersonderbauarten	419	10.8.2.1	Betriebssystem-Software	508
10.4.4.3	Druckluftmotoren	422	10.8.2.2	Anwendersoftware	508
10.4.5	Pneumatische Ventile	424	10.8.2.3	Programmstruktur	509
10.4.5.1	Wegeventile	424	10.8.3	Grundfunktionen	512
10.4.5.2	Sperr- und Stromventile	426	10.8.3.1	Schließerkontakt; Öffnerkontakt	512
10.4.5.3	Pneumatische Druckventile	427	10.8.3.2	Binäre Verknüpfungen	512
10.4.6	Grundschaltungen	428	10.8.3.3	UND-Funktion	513
10.4.6.1	Einfacher Vor- und Rücklauf bei Zylindern	428	10.8.3.4	ODER-Funktion	513
10.4.6.2	Geschwindigkeitsbeeinflussung	430	10.8.3.5	Speicherfunktion	514
10.4.6.3	Verknüpfung von Signalen	431	10.8.3.6	Flankenbewertung	516
10.4.6.4	Druckabhängige Steuerungen	434	10.8.3.7	Zeitfunktion	516
10.4.6.5	Schaltverzögerung	435	10.8.3.8	Zählfunktion	517
10.4.6.6	Signalüberschneidung	437	10.8.3.9	Vergleichsfunktionen	518
10.5	Elektropneumatik	441	10.8.4	Ablaufsteuerung	518
10.5.1	Bauteile in elektropneumatischen Anlagen	441	10.8.4.1	Prozessüberwachung mit SPS-Programmen	521
10.5.1.1	Elektrische Eingabeelemente	441	10.8.4.2	Betriebsarten von Ablaufsteuerungen	524
10.5.1.2	Sensoren	441	10.8.4.3	Grundformen von Ablaufsteuerungen	524
10.5.1.3	Relais und Schütz	442	10.8.5	Funktionale Sicherheit von Steuerungen	527
10.5.1.4	Magnetventile	443			
10.5.2	Grundschaltungen	445	<b>11 Regelungstechnik</b>		<b>531</b>
10.5.2.1	Vor- und Rücklauf bei Zylindern	445	11.1	Grundbegriffe	531
10.5.2.2	Verknüpfung von Signalen	446	11.2	Regelkreiselemente	532
10.5.2.3	Schaltverzögerung	448	11.2.1	Proportionalglied ohne Verzögerung (P-Glied)	532
10.5.2.4	Selbsthaltung	450	11.2.2	Proportionalglied mit Verzögerung 1. Ordnung (PT <sub>1</sub> -Glied)	532
10.6	Hydraulische Steuerungen	451	11.2.3	Proportionalglied mit Verzögerung 2. Ordnung (PT <sub>2</sub> -Glied)	533
10.6.1	Hydraulische Kreisläufe	452	11.2.4	Integralglied (I-Glied)	534
10.6.2	Hydraulikflüssigkeiten	453	11.2.5	Differenzialglied (D-Glied)	535
10.6.3	Hydraulikpumpen und -motoren	459	11.2.6	Totzeitglied (T <sub>T</sub> -Glied)	536
10.6.4	Hydraulikzylinder	464	11.3	Regelrichtungen und Regelglieder	536
10.6.5	Hydraulikventile	470	11.3.1	Unstetige Regelglieder	536
10.6.5.1	Wegeventile	470	11.3.2	Stetige Regelglieder	537
10.6.5.2	Druckventile	473	11.3.3	Digitale Regelglieder	539
10.6.5.3	Strom- und Sperrventile	475	11.4	Stabilität von Regelkreisen	540
10.6.5.4	Zubehör	477			
10.7	Sensoren	497	<b>12 Bussysteme in der Automatisierungstechnik</b>		<b>541</b>
10.7.1	Bedeutung von Sensoren	479	12.1	Kommunikationsmodell	545
10.7.2	Mechanische Grenzaster (Positionsschalter)	482	12.2	Topologien	546
10.7.3	Induktive Sensoren (Näherungsschalter)	483			
10.7.4	Korrekturfaktoren	483			
10.7.5	Kapazitive Sensoren	486			
10.7.6	Ultraschallsensoren	488			
10.7.7	Optische Sensoren	491			

12.3	Übertragungsmedien	549	14.5	Montagebeispiele	598
12.4	Übertragungsarten	550	14.5.1	Beispiel für Montageplan eines elektro- pneumatischen Ventilblockes auf DIN-Schiene	599
12.5	Buszugriffsverfahren	551	14.5.2	Auszug aus dem Montageplan eines Handlinggerätes zur Realisierung von Handhabungslösungen an Spritzguss- maschinen	600
12.5.1	Master/Slave-Verfahren	552	14.6	Arbeitssicherheit bei der Montage	603
12.5.2	Das Token Prinzip	552	14.6.1	Vorbeugende Sicherheitsmaßnahmen bei der Arbeit an Maschinen, Anlagen und mechatronischen Systemen	603
12.5.3	Das CSMA-Verfahren	553	14.6.2	Maßnahmen bei einem Arbeitsunfall	604
12.5.4	CSMA/CA	554	14.6.3	Brandschutz und Maßnahmen im Brandfalle	605
12.6	Datensicherheit	554	14.6.4	Umgang mit Gefahrstoffen	606
12.7	AS-Interface	555	14.6.5	Richtlinien für die Maschinensicherheit	606
12.7.1	AS-Interface Funktionsprinzip	555	14.7	Inbetriebnahme	607
12.7.2	AS-Interface Verkabelung	558	14.7.1	Besonderheiten der Inbetriebnahme	607
12.7.3	Inbetriebnahme einer AS-Interface-Anlage	559	14.7.2	Grundsätzliches zum Verfahren der Inbetriebnahme	610
12.7.4	Strukturen einer AS-Interface-Anlage	561	14.7.3	Inbetriebnahme pneumatischer und elektropneumatischer Anlagen	612
12.7.5	Die AS-Interface Spezifikation 2.11	564	14.7.4	Inbetriebnahme hydraulischer und elektrohydraulischer Anlagen	612
12.8	InterBus	566	14.7.5	Inbetriebnahme elektrischer Maschinen	613
12.9	PROFIBUS	570	14.7.6	Inbetriebnahme von SPS	614
12.9.1	PROFIBUS-DP	570	14.7.7	Fehler bei der Inbetriebnahme von mechatronischen Systemen	614
12.9.2	PROFIBUS-PA	572	14.8	Instandhaltung von mechatronischen Systemen	617
<b>13 Mechatronische Systeme 577</b>			14.8.1	Verlauf der Systemausfallrate	617
13.1	Teilsysteme des mechatronischen Sytems	577	14.8.2	Instandhaltungsstrategien	618
13.2	Die Komponenten des mechatronischen Systems	578	14.8.3	Die Wartung als vorbeugende Instandhaltung	619
13.2.1	Das mechanische Teilsystem	578	14.8.4	Die Inspektion als Maßnahme zur Ausfallverhütung	621
13.2.2	Das hydraulische Teilsystem	578	14.8.5	Die Instandsetzung	622
13.2.3	Das pneumatische Teilsystem	581	14.8.6	Fehlersuche als Grundlage der Instandsetzung	622
13.2.4	Das elektrische Teilsystem	582	Bildquellenverzeichnis		625
<b>14 Montage, Inbetriebnahme und Instand- haltung von mechatronischen Systemen 591</b>			Sachwortverzeichnis		626
14.1	Die Montagetätigkeit Fügen	591			
14.1.1	Formschlüssige Verbindungen	591			
14.1.2	Kraftschlüssige Verbindungen	592			
14.1.3	Stoffschlüssige Verbindungen	592			
14.2	Die Montagetätigkeit Prüfen und Justieren	593			
14.2.1	Prüftätigkeiten vor der Montage	593			
14.2.2	Prüftätigkeiten während der Montage	593			
14.2.3	Prüftätigkeiten nach der Montage	593			
14.3	Montageplanung	594			
14.3.1	Der Montageplan	595			
14.3.2	Beispiel eines Montageplanes	595			
14.4	Organisationsformen der Montage	596			