

# 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	Vorbeugende Instandhaltung .....	20
LF 13	Übergabe von mechatronischen Systemen an Kunden.....	20
<b>1</b>	<b>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 (von Windows) .....	27
1.2	Office-Anwendungen.....	33
1.2.1	Textverarbeitung .....	37
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 Programms .....	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	Programmentwicklung .....	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
<b>2</b>	<b>Technische Kommunikation</b>	<b>73</b>
2.1	Die Technische Zeichnung als Kommunikationsmittel .....	73
2.1.1	Darstellungsarten .....	74
2.1.2	Einzelteil-Zeichnungen .....	76
2.1.3	Schnittdarstellungen.....	80
2.1.4	Bemaßung von Einzelteilen .....	81
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
<b>3</b>	<b>Prüftechnik</b>	<b>89</b>
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 .....	94
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 .....	97
3.8	Toleranzen und Passungen.....	98
3.8.1	Maßtoleranzen.....	98
3.8.2	Passungen.....	100
3.8.3	Passungssysteme.....	100
3.8.4	Form- und Lagetoleranzen .....	102
<b>4</b>	<b>Qualitätsmanagement</b>	<b>103</b>
4.1	Der Qualitätsbegriff.....	103
4.2	Aufgaben des Qualitätsmanagements .....	104
4.2.1	Qualitätsplanung .....	104
4.2.2	Qualitätslenkung .....	105
4.2.3	Qualitätsprüfung .....	105
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
<b>5</b>	<b>Werkstofftechnik</b>	<b>109</b>
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

## 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
<b>6</b>	<b>Mechanische Systeme</b>	<b>133</b>	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
<b>7</b>	<b>Herstellen mechanischer Systeme (Fertigungstechnik)</b>	<b>163</b>	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	<b>8</b>	<b>Grundlagen der Elektrotechnik</b>	<b>285</b>
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	Grundschaltungen 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: $\Upsilon$ ) .....	319	9.4.1.2	Direktes und indirektes Berühren .....	379
8.14.4	Dreieckschaltung (Zeichen: $\Delta$ ).....	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	Qualifizierungen 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	Schutzztrennung .....	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
<b>9</b>	<b>Elektrische Maschinen</b>	<b>335</b>	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

---

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

## Inhaltsverzeichnis

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