



INHALT DIGITAL+

- **Bilder-Paket:** Viele Abbildungen und Tabellen aus allen Kapiteln des Buches mit Bildvorschau und Suche
- **Verwendung** zu Unterrichtszwecken und zur Erstellung eigener Arbeitsmaterialien

Die ergänzenden digitalen Materialien finden Sie in unserem virtuellen Medienregal EUROPATHEK kostenlos unter

www.europathek.de

Öffnen Sie www.europathek.de auf Ihrem Gerät (PC/MAC, Smartphone oder Tablet). Melden Sie sich mit Ihrem Nutzerkonto (bestehend aus E-Mail-Adresse und Passwort) an. Sofern Sie noch nicht über ein eigenes Nutzerkonto verfügen, können Sie sich kostenlos registrieren.

Durch die Eingabe des folgenden Codes schalten Sie das Bilder-Paket in Ihrer EUROPATHEK frei.

VEL-XSC6-VLXZ-88LR

Dieser Freischaltcode ermöglicht den Zugriff auf das Bilder-Paket für eine Dauer von 48 Monaten.

Eine Kombination mit zahlreichen anderen digitalen Produkten ist möglich unter www.europa-lehrmittel.de/ metalltechnik-mechatronik



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Mechatronik

Fachkunde Mechatronik

8. Auflage

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 45119

Autoren:

B. Götz	Dipl.-Ing.	Regensburg
H. Hebel	Dipl.-Ing.	Melsbach
D. Müller	Dipl.-Ing.	Hennef
G. Lämmelin	Dipl.-Ing.	Neustadt/Wstr.
M. Link	Dipl.-Ing.	Karlsruhe
Dr. C. Sartor	Dipl.-Ing.	Mettmann
A. Scheib	Dipl.-Ing.	Hauenstein
S. Schwarzwälder	Dipl.-Gewerbelehrer	Karlsruhe
E. Thiele	Dipl.-Ing.	Wildau

Autoren und Lektor bedanken sich bei den Herren Bartenschlager und Klatt für die Mitarbeit an den Auflagen 1 bis 5, sowie bei den Autoren W. Eichler, D. Spielvogel und K. Winter für die Zurverfügungstellung von Texten bis zur 6. Auflage.

Lektorat und Leitung des Arbeitskreises:
G. Lämmelin

Bildentwürfe: Die Autoren
Fotos: Leihgaben der Firmen (Verzeichnis Seite 679)

Illustrationen: Grafische Produktionen Jürgen Neumann, 97222 Rimpar
Betreuung der Bildbearbeitung: Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, 73760 Ostfildern

8. Auflage 2025

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Korrektur von Druckfehlern identisch sind.

ISBN 978-3-7585-4219-0

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2025 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
www.europa-lehrmittel.de

Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt
Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald
Umschlagfotos: FESTO AG & Co. KG, Esslingen; Shutterstock, Inc., USA-New York © Amorn Suriyan
Druck: Plump Druck & Medien GmbH, 53619 Rheinbreitbach

Vorwort

Der Begriff Mechatronik (engl. mechatronics) wurde vor über 30 Jahren in Japan geprägt. In Deutschland und der Schweiz entstanden in der Folge an mehreren Hochschulstandorten Lehrstühle für die neue Fachrichtung Mechatronik. In ihr sind maschinentechnische, elektrotechnische und informationstechnische Inhalte vereint. In der beruflichen Erstausbildung erfolgte der Start für den neuen Beruf des Mechatronikers bzw. der Mechatronikerin im Jahre 1998. Grundlage der Ausbildung in diesem Beruf sind:

1. Die Verordnung über die Berufsausbildung zum Mechatroniker/zur Mechatronikerin
2. Der Rahmenlehrplan der Kultusministerkonferenz
3. Die Richtlinien und Lehrpläne der einzelnen Bundesländer

Die Fülle der in diesem Beruf vereinten Fertigkeiten und Kenntnisse sowie die unendlich große Vielfalt der Anwendungsmöglichkeiten und die unterschiedlichen Übernahmen der im KMK-Rahmenlehrplan beschriebenen dreizehn Lernfelder durch die einzelnen Bundesländer veranlassten die Autoren zu einem fachsystematischen Aufbau des Buches, der es den Lernenden ermöglicht sich ein fundiertes Fachwissen anzueignen. Die Kenntnis und die Beherrschung der funktionalen Zusammenhänge wird als Voraussetzung für eine erfolgreiche Anwendung und Übertragung des neu erworbenen Wissens angesehen. Wo immer möglich, wird die Verbindung zu praxisrelevanten Anwendungen hergestellt. Der Bezug zu den Lernfeldern wird über die Zuordnung der Kapitel zu den Inhalten des KMK-Rahmenplanes geschaffen. Alle wichtigen Fachbegriffe wurden ins Englische übersetzt und sind im Sachwortverzeichnis den deutschen Begriffen zugeordnet. Das vorliegende Buch ist so eine verlässliche Quelle bei allen Fragen, die im Rahmen der Ausbildung zum Mechatroniker/zur Mechatronikerin zu beantworten sind.

Für die **5. Auflage** wurden alle verwendeten Normen auf den aktuellen Stand gebracht. Dies gilt vor allem für die Bezeichnungen in der Steuerungstechnik, wo teilweise Normen parallel verwendet werden (ISO 1219 und DIN EN 81346-1). In diesem Falle wird immer die DIN bzw. die EN zugrunde gelegt. Neu aufgenommen wurde das Kapitel „**Kommunikation in Netzen**“, das einen immer größer werdenden Raum im Bereich der Mechatronik einnimmt. Erweitert bzw. ergänzt wurde im Bereich der Antriebstechnik bei den **Schrittmotoren** und den **EC-Motoren**.

Die **6. Auflage** wurde um das Kapitel **INDUSTRIE 4.0** ergänzt. Darüberhinaus wurde das Thema „**Additive Fertigung**“ (**3-D-Druck u. a.**) aufgenommen.

Die **7. Auflage** beinhaltet neu neben einem Kapitel über **I/O-Links** auch die Darstellung der **elektrischen Netzsysteme**.

In der vorliegenden **8. Auflage** wurde vor allem das Kapitel **12 „Bussysteme in der Automatisierungstechnik“** den veränderten technischen Entwicklungen angepasst.

Aufgrund seines Aufbaus ist dieses Buch neben dem Einsatz im Unterricht auch zum Erarbeiten von fundiertem Fachwissen im Selbststudium geeignet.

Wie jedes andere Fachbuch, so wird sich auch das vorliegende durch die praktische Auseinandersetzung weiterentwickeln und den technischen Entwicklungen anpassen. Dies geschieht umso schneller und konsequenter, je mehr Kolleginnen und Kollegen sowie Schülerinnen und Schüler, die damit arbeiten, dem Autorenkreis ihre Kritik bzw. Änderungs- und Verbesserungswünsche an

übermitteln. lektorat@europa-lehrmittel.de

Sommer 2025

Autoren und Verlag

Inhaltsverzeichnis

Interpretation der Lernfelder		9			2.1.5	Gewindedarstellung.....	82
LF 1	Analysieren von Funktionszusammenhängen in mechatronischen Systemen.....	9	2.1.6	Genormte Einzelheiten.....	83		
LF 2	Herstellen mechanischer Teilsysteme.....	10	2.1.7	Gruppenzeichnungen.....	84		
LF 3	Installieren elektrischer Betriebsmittel unter Beachtung sicherheitstechnischer Aspekte.....	12	2.2	Tabellen und Diagramme.....	85		
LF 4	Untersuchen der Energie- und Informationsflüsse in elektrischen, pneumatischen und hydraulischen Baugruppen.....	13	2.2.1	Tabellen.....	85		
LF 5	Kommunizieren mithilfe von Datenverarbeitungsanlagen.....	14	2.2.2	Diagramme.....	85		
LF 6	Planen und Organisieren von Arbeitsabläufen.....	14	2.3	Technische Kommunikation mithilfe von Plänen.....	86		
LF 7	Realisieren mechatronischer Teilsysteme....	15	2.4	Die Sprache als Kommunikationsmittel.....	87		
LF 8	Design und Erstellung mechatronischer Systeme.....	16	2.4.1	Das Erstellen von Protokollen.....	87		
LF 9	Untersuchen des Informationsflusses in komplexen mechatronischen Systemen.....	17	2.4.2	Referate und Vorträge.....	88		
LF 10	Planen der Montage und Demontage.....	18	2.4.3	Referaterstellung.....	88		
LF 11	Inbetriebnahme, Fehlersuche und Instandsetzung.....	19	2.4.4	Der Vortrag des Referates.....	88		
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		
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		
2 Technische Kommunikation		73	4.3	Qualitätsmanagement nach DIN EN ISO 9000:2015.....	106		
2.1	Die Technische Zeichnung als Kommunikationsmittel.....	73	4.4	Qualität ist nicht nur Chefsache.....	106		
2.1.1	Darstellungsarten.....	74	4.5	Statistisches Qualitätsmanagement.....	107		
2.1.2	Einzelteil-Zeichnungen.....	76	4.5.1	Zufällige und systematische Fehler.....	107		
2.1.3	Schnittdarstellungen.....	80	4.5.2	Gauß'sche Normalverteilung.....	107		
2.1.4	Bemaßung von Einzelteilen.....	81	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		
			5.3	Aufbau metallischer Stoffe.....	114		
			5.3.1	Innerer Aufbau der Metalle.....	114		
			5.3.2	Kristallgitterarten.....	114		

5.4	Eisen- und Stahlwerkstoffe.....	115	7.5.3	Sägen.....	178
5.4.1	Einteilung nach der Verwendung.....	115	7.5.4	Feilen.....	180
5.4.2	Einteilung nach Güteklassen.....	116	7.5.5	Spanende Fertigung mit Werkzeugma-	
5.4.3	Normung von Eisen- und Stahlwerkstoffen.....	116		schinen.....	181
5.4.4	Wichtige Stähle und Eisenwerkstoffe		7.5.6	Bohren.....	184
	(Auswahl).....	118	7.5.7	Senken.....	189
5.5	Nichteisenmetalle.....	121	7.5.8	Reiben.....	190
5.5.1	Kupfer und Kupferlegierungen.....	121	7.5.9	Gewindeschneiden.....	191
5.5.2	Aluminium und Aluminiumlegierungen.....	122	7.5.10	Drehen.....	195
5.6	Weitere wichtige Metalle.....	123	7.5.11	Fräsen.....	201
5.7	Sinterwerkstoffe.....	124	7.5.12	Schleifen.....	206
5.7.1	Herstellung von Sinterteilen.....	124	7.6	Fügen.....	209
5.7.2	Einsatzbereiche von Sintermetallen.....	124	7.6.1	Einteilung und Wirkweise.....	209
5.8	Korrosion.....	125	7.6.2	Schraubverbindung.....	210
5.8.1	Korrosionsursachen.....	125	7.6.3	Stift- und Bolzenverbindung.....	219
5.8.2	Erscheinungsformen der Korrosion.....	126	7.6.4	Keilverbindung.....	221
5.8.3	Korrosionsschutzmaßnahmen.....	126	7.6.5	Federverbindung.....	222
5.9	Kunststoffe.....	127	7.6.6	Löten.....	223
5.9.1	Eigenschaften von Kunststoffen und ihre		7.6.7	Schweißen.....	226
	Verwendungsmöglichkeiten.....	127	7.6.8	Kleben.....	230
5.9.2	Einteilung von Kunststoffen.....	128	7.6.9	Pressverbindungen.....	232
5.10	Verbundstoffe.....	130	7.6.10	Klemm- und Quetschverbindungen.....	233
5.11	Hilfsstoffe.....	131	7.7	Fertigungsautomatisierung.....	235
5.12	Werkstoffe und Umweltschutz.....	132	7.7.1	Historische Entwicklung.....	235
6	Mechanische Systeme	133	7.7.2	Bausteine der Fertigungsautomatisierung.....	237
6.1	Grundlagen des Systemgedankens.....	133	7.8	CNC-Steuerungen.....	239
6.1.1	Die Systemgrenzen.....	134	7.8.1	Historische Entwicklung.....	239
6.1.2	Die Ein- und Ausgangsgrößen.....	134	7.8.2	Merkmale von CNC-Maschinen.....	241
6.1.3	Haupt- und Teilfunktionen eines		7.8.3	Wegmesssysteme.....	242
	technischen Systems.....	134	7.8.4	Positionsangabe und Koordinatensystem.....	243
6.2	Physikalische Grundlagen von mecha-		7.8.5	Werkzeugvermessung und	
	nischen Systemen.....	136		Werkzeugkorrekturen.....	244
6.2.1	Mechanische Arbeit.....	136	7.8.6	Steuerungsarten.....	245
6.2.2	Mechanische Leistung und Wirkungsgrad.....	137	7.8.6.1	Punktsteuerung.....	245
6.3	Funktionseinheiten von mechanischen		7.8.6.2	Bahnsteuerung.....	245
	Systemen.....	139	7.8.7	CNC-Programm.....	248
6.3.1	Funktionseinheiten zum Antreiben.....	140	7.8.8	Programmieren von CNC-Fertigungs-	
6.3.2	Funktionseinheiten zur			maschinen.....	259
	Energieübertragung.....	140	7.8.9	Beispiele numerisch gesteuerter Ferti-	
6.3.2.1	Wellen.....	141		gungsmaschinen.....	261
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		7.9.1.4	Modulare Systeme.....	269
	Tragen.....	151	7.9.1.5	Industrieroboter.....	270
6.3.4.1	Gehäuse und Gestelle.....	151	7.9.2	Kinematik des Roboters.....	274
6.3.4.2	Führungen.....	152	7.9.2.1	Getriebefreiheitsgrad.....	275
6.3.4.3	Lager.....	155	7.9.2.2	Bauarten und Arbeitsräume.....	276
7	Herstellen mechanischer Systeme	163	7.9.3	Roboter-Steuerung.....	279
	(Fertigungstechnik)		7.9.4	Programmierung von IR.....	283
7.1	Grundlagen der Fertigungstechnik.....	163	8	Grundlagen der Elektrotechnik	285
7.2	Die Fertigungshauptgruppen.....	163	8.1	Das Bohr'sche Atommodell.....	286
7.3	Das Urformen.....	166	8.2	Ladungstrennung.....	287
7.3.1	Urformen durch Gießen.....	166	8.2.1	Erzeugung elektrischer Spannung.....	288
7.3.2	Urformen durch Sintern.....	167	8.2.2	Spannungsarten.....	288
7.3.3	Additive Fertigungsverfahren (3-D-Druck).....	168	8.3	Elektrischer Strom.....	289
7.4	Umformen.....	170	8.4	Der elektrische Widerstand.....	291
7.4.1	Einteilung der Umformverfahren.....	170	8.5	Das Ohm'sche Gesetz.....	292
7.4.2	Biegen.....	171	8.6	Elektrische Arbeit und elektrische Leistung.....	293
7.4.2.1	Technologische Grundlagen.....	171	8.7	Wirkungsgrad.....	294
7.4.2.2	Biegen von Rohren.....	172	8.8	Elektrisches Feld.....	295
7.4.2.3	Zuschnittlängen.....	174	8.9	Magnetisches Feld.....	297
7.5	Trennen.....	175	8.9.1	Magnetische Kreise.....	298
7.5.1	Grundlagen der mechanischen Trenn-		8.9.2	Grundgrößen des magnetischen Feldes.....	298
	verfahren.....	175	8.9.3	Magnetische Werkstoffe.....	300
7.5.2	Spanen.....	176	8.9.4	Magnetisierung ferromagnetischer	
				Werkstoffe.....	301

8.9.5	Kraftwirkung auf parallel verlaufende stromdurchflossene Leiter	302	9.2.4.2	Arten von Gleichstrommotoren	352
8.9.6	Elektromagnetische Induktion	302	9.2.4.3	Spannungsstellung bei vorhandenem Wechselspannungsnetz	354
8.10	Grundschaltungen elektrischer Widerstände	306	9.2.5	Veränderung der Drehfelddrehzahl bei Asynchronmotoren	355
8.10.1	Widerstandsbauelemente im Stromkreis ..	306	9.2.5.1	Prinzip des Frequenzumrichters	356
8.10.2	Widerstandskennzeichnung	306	9.2.5.2	Verhalten der Asynchronmaschine bei Frequenzsteuerung	358
8.10.3	Reihenschaltung von Widerständen	307	9.2.6	Servoantriebe	359
8.10.4	Maschensatz (zweites Kirchhoff'sches Gesetz)	308	9.2.7	Schrittmotoren	361
8.10.5	Parallelschaltung von Widerständen	308	9.2.8	EC-Motoren – Motoren mit elektronischer Kommutierung	363
8.10.6	Knotenpunktregel (erstes Kirchhoff'sches Gesetz)	309	9.2.9	Schutz elektrischer Antriebe	366
8.11	Grundlagen der Wechselstromtechnik	309	9.2.10	Einsatz eines variablen Antriebes in einer Applikation	369
8.11.1	Erzeugung von Wechselspannungen und Begriffsdefinitionen	309	9.3	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) ..	372
8.11.2	Zeiger zur Darstellung von Wechselgrößen	311	9.3.1	EMV-Messungen	373
8.11.3	Frequenz und Periodendauer	311	9.3.2	EMV-Schutzmaßnahmen	374
8.11.4	Kreisfrequenz	311	9.3.3	Frequenzspektrum elektromagnetischer Felder	375
8.11.5	Wellenlänge	312	9.4	Schutzmaßnahmen	376
8.11.6	Effektivwert	312	9.4.1	Sicherheit in Niederspannungsanlagen	376
8.12	Der Kondensator im Stromkreis	313	9.4.1.1	Wirkungen des elektrischen Stroms auf den Organismus	376
8.13	Die Spule im Stromkreis	315	9.4.1.2	Fünf Sicherheitsregeln	376
8.14	Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom)	317	9.4.1.3	Hilfsmaßnahmen bei Unfällen	378
8.14.1	Spannungserzeugung	317	9.4.1.4	Direktes und indirektes Berühren	378
8.14.2	Verkettung	317	9.4.1.5	Fachbegriffe	378
8.14.3	Verbraucherschaltungen im Drehstromnetz	319	9.4.2	Sicherheitsbestimmungen für Niederspannungsanlagen	379
8.14.3.1	Sternschaltung (Y)	319	9.4.2.1	Zulässige Berührungsspannung	379
8.14.3.2	Dreieckschaltung (Δ)	321	9.4.2.2	Schutzklassen	380
8.14.4	Leistungen im Drehstromnetz	322	9.4.2.3	IP Schutzarten	381
8.15	Grundlagen elektronischer Bauelemente ..	324	9.4.2.4	Arbeiten an elektrischen Anlagen	382
8.15.1	Die Diode	324	9.4.2.5	Personen der Elektrotechnik	382
8.15.1.1	Die Zener-Diode	325	9.4.2.6	Fehlerarten in elektrischen Anlagen	384
8.15.1.2	Die Leuchtdiode	325	9.4.2.7	Spannungen im Fehlerfall	384
8.15.2	Der Transistor	326	9.4.3	Prinzip der dreifachen Sicherheit	385
8.15.3	Bauelemente der Leistungselektronik	327	9.4.4	Schutz gegen elektrischen Schlag	386
8.15.3.1	Die Leistungsdiode	328	9.4.4.1	Schutz gegen direktes Berühren (Basischutz)	386
8.15.3.2	Der Diac	328	9.4.4.2	Schutz gegen indirektes Berühren (Fehlerschutz)	387
8.15.3.3	Der p-Gate-Thyristor	328	9.4.5	Netzsysteme	388
8.15.3.4	Der Triac	328	9.4.5.1	TN-C-S-System	388
8.15.3.5	Der Insulated Gate Bipolar Transistor	329	9.4.5.2	TN-S-System	388
8.16	Grundlagen der elektrischen Messtechnik ..	330	9.4.5.3	TT-System	389
8.16.1	Erfassung elektrischer Größen: Messgeräte	330	9.4.5.4	IT-System	389
8.16.2	Messung der elektrischen Spannung	331	9.4.5.5	Schleifenimpedanz Z_S	390
8.16.3	Messung des elektrischen Stromes	331	9.4.5.6	Schutz im TN-Netz	390
8.16.4	Spannungsfehlerschaltung	332	9.4.5.7	Schutz im TT-Netz	391
8.16.5	Stromfehlerschaltung	332	9.4.5.8	Schutz im IT-Netz	391
8.16.6	Messung zeitabhängiger elektrischer Größen	332	9.4.5.9	Doppelte oder verstärkte Isolierung	392
9	Elektrische Maschinen	334	9.4.5.10	Schutztrennung	393
9.1	Transformatoren	335	9.4.5.11	Schutz durch Schutzkleinspannung	393
9.1.1	Aufbau und Wirkungsweise	335	9.4.5.12	Fehlerstromschutzeinrichtungen	394
9.1.2	Übersetzungsverhältnis	336	9.4.6	Prüfung elektrischer Betriebsmittel	397
9.1.3	Verluste und Wirkungsgrad	337	9.4.6.1	Erstprüfung von ortsfesten elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln	397
9.1.4	Betriebsverhalten	338	9.4.6.2	Wiederkehrende Prüfungen von elektrischen Anlagen und ortsfesten Betriebsmitteln	399
9.1.5	Kennwerte	339	9.4.6.3	Prüfen der Schutzleiter und Potentialausgleichsleiter	399
9.1.6	Magnetische Kopplung und Streuung	340	9.4.6.4	Messung der Isolationswiderstände in elektrischen Anlagen	400
9.1.7	Bauformen von Transformatoren	341	9.4.6.5	Prüfung der Schutzmaßnahmen SELV	400
9.1.7.1	Kleintransformatoren	341	9.4.6.6	E-Check als Gütesiegel für die Elektroanlage	400
9.1.7.2	Spartransformator	342			
9.1.7.3	Drehstromtransformatoren	342			
9.2	Elektrische Antriebe	343			
9.2.1	Grundlagen elektrischer Maschinen	344			
9.2.2	Drehstromasynchronmotoren	346			
9.2.3	Einphasen-Wechselstrommotoren	349			
9.2.4	Gleichstrommotoren	350			
9.2.4.1	Wirkungsweise von Gleichstrommotoren ..	351			

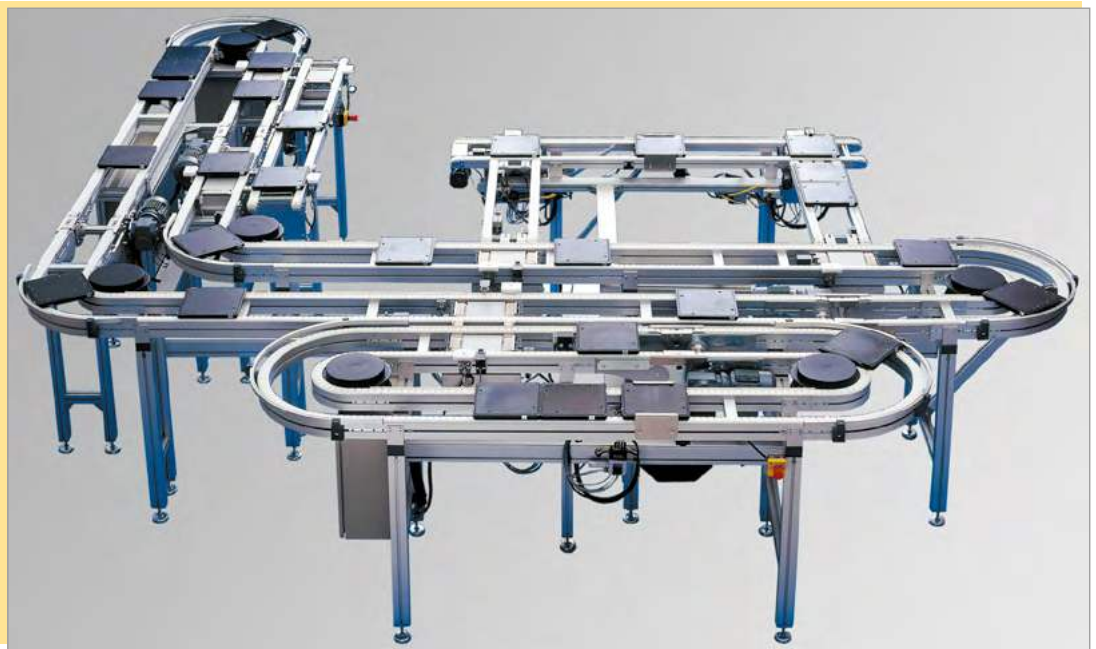
9.4.7	Überspannungen und Störspannungen.....	401	10.5.2.2	Verknüpfung von Signalen.....	471
9.4.7.1	Elektrostatische Aufladung.....	401	10.5.2.3	Schaltverzögerung	473
9.4.7.2	SEMP	401	10.5.2.4	Selbsthaltung.....	475
9.4.7.3	LEMP	402	10.6	Hydraulische Steuerungen.....	476
9.4.7.4	Blitzschutz	402	10.6.1	Hydraulische Kreisläufe.....	477
9.4.7.5	Schutz gegen Überspannung	403	10.6.2	Hydraulikflüssigkeiten.....	478
10	Steuerungstechnik	404	10.6.3	Hydraulikpumpen und -motoren	484
10.1	Grundlagen	404	10.6.4	Hydraulikzylinder	489
10.1.1	Steuervorgänge	404	10.6.5	Hydraulikventile	495
10.1.2	Einteilung von Steuerungen	405	10.6.5.1	Wegeventile	495
10.1.3	Regelungsvorgänge	407	10.6.5.2	Druckventile	498
10.2	Digitaltechnik	408	10.6.5.3	Strom- und Sperrventile.....	500
10.2.1	Signalformen	408	10.6.5.4	Zubehör.....	502
10.2.2	Die logischen Grundverknüpfungen.....	408	10.7	Sensoren.....	504
10.2.3	Elektronische Schaltkreisfamilien.....	411	10.7.1	Bedeutung von Sensoren.....	504
10.2.4	Entwerfen logischer Verknüpfungsschal- tungen	412	10.7.2	Mechanische Grenzaster (Positionsschalter)	506
10.2.5	Vereinfachung von Funktionsgleichungen .	413	10.7.3	Induktive Sensoren (Näherungsschalter)....	508
10.2.6	Minimierung mit KV-Diagramm	414	10.7.4	Korrekturfaktoren	508
10.2.7	Analyse logischer Schaltungen.....	416	10.7.5	Kapazitive Sensoren	511
10.2.8	Speicherfunktionen	417	10.7.6	Ultraschall-Sensoren.....	513
10.2.8.1	JK-Master-Slave-Flipflop (JK-MS-FF).....	418	10.7.7	Optische Sensoren	516
10.2.8.2	JK-Master-Slave-Flipflop mit statischen Eingängen.....	419	10.7.7.1	Einweg-Lichtschranke.....	517
10.2.9	Zähler	419	10.7.7.2	Reflexionslichtschranke.....	517
10.2.9.1	Asynchrone Zähler	419	10.7.7.3	Reflexionslichttaster.....	518
10.2.9.2	Synchrone Zähler.....	420	10.7.7.4	Reflexionslichttaster mit Hintergrundausblendung	519
10.2.9.3	Register	422	10.7.7.5	Sensoren mit Lichtwellenleiter (LWL)	520
10.2.9.4	Schieberegister (Prinzip).....	422	10.7.7.6	Elektronik von optischen Sensoren	522
10.2.10	Spezielle Digitalbausteine	424	10.7.7.7	Auswahlkriterien	523
10.2.11	Zahlensysteme	424	10.7.8	Drehgeber als Sensoren zur Weg- und Winkelmessung	525
10.2.12	Codes.....	425	10.7.9	Spannungsversorgung und Lastanschluss	527
10.2.13	Codewandler.....	426	10.8	Speicherprogrammierbare Steuerungen SPS	529
10.2.14	Signalumsetzer.....	426	10.8.1	Aufbau und Funktionsweise	529
10.3	Zeichnerische Darstellung von Steue- rungen	428	10.8.1.1	Kompakte SPS-Steuerungen.....	529
10.3.1	Bild- und Schaltzeichen der Bauteile von pneumatischen und hydraulischen Steue- rungen	428	10.8.1.2	Modular aufgebaute SPS-Steuerungen	529
10.3.2	Schaltpläne.....	430	10.8.1.3	Industrie-PC (Slot-SPS)	529
10.3.3	GRAFCET.....	432	10.8.1.4	Soft-SPS	530
10.3.4	Zustandsdiagramme	436	10.8.1.5	Verdrahtung der SPS	530
10.4	Pneumatik.....	437	10.8.1.6	Die CPU (Central Processing Unit)	530
10.4.1	Physikalische Grundlagen	437	10.8.1.7	Programm in CPU laden; urlöschen	531
10.4.2	Verdichter	439	10.8.1.8	Zyklische Bearbeitung des Programmes.....	531
10.4.3	Druckluftaufbereitung und -verteilung	440	10.8.1.9	Eingänge; Eingabebaugruppe	532
10.4.4	Arbeitsglieder	443	10.8.1.10	Ausgänge; Ausgangsbaugruppe	532
10.4.4.1	Druckluftzylinder.....	443	10.8.1.11	Merker	533
10.4.4.2	Zylindersonderbauarten	444	10.8.2	Projektiertung	533
10.4.4.3	Druckluftmotoren.....	447	10.8.2.1	Betriebssystem-Software	533
10.4.5	Pneumatische Ventile.....	449	10.8.2.2	Anwendersoftware	533
10.4.5.1	Wegeventile	449	10.8.2.3	Programmstruktur	534
10.4.5.2	Sperr- und Stromventile	451	10.8.3	Grundfunktionen	537
10.4.5.3	Pneumatische Druckventile	452	10.8.3.1	Schließerkontakt; Öffnerkontakt.....	537
10.4.6	Grundsaltungen	453	10.8.3.2	Binäre Verknüpfungen	537
10.4.6.1	Einfacher Vor- und Rücklauf bei Zylindern .	453	10.8.3.3	UND-Funktion	538
10.4.6.2	Geschwindigkeitsbeeinflussung.....	455	10.8.3.4	ODER-Funktion	538
10.4.6.3	Verknüpfung von Signalen	456	10.8.3.5	Speicherfunktionen	539
10.4.6.4	Druckabhängige Steuerungen.....	459	10.8.3.6	Flankenbewertung	541
10.4.6.5	Schaltverzögerung	460	10.8.3.7	Zeitfunktionen	541
10.4.6.6	Signalüberschneidung	462	10.8.3.8	Zählfunktionen	542
10.5	Elektropneumatik.....	466	10.8.3.9	Vergleichsfunktionen	543
10.5.1	Bauteile in elektropneumatischen Anlagen	466	10.8.4	Ablaufsteuerung	543
10.5.1.1	Elektrische Eingabeelemente	466	10.8.4.1	Prozessüberwachung mit SPS-Programmen (Befehl Fehlerrückmeldung).....	546
10.5.1.2	Sensoren.....	466	10.8.4.2	Betriebsarten von Ablaufsteuerungen	549
10.5.1.3	Relais und Schütz.....	467	10.8.4.3	Grundformen von Ablaufsteuerungen	549
10.5.1.4	Magnetventile.....	468	10.8.5	Funktionale Sicherheit von Steuerungen	552
10.5.2	Grundsaltungen.....	470	10.9	IO-Link	556
10.5.2.1	Vor- und Rücklauf bei Zylindern	470	10.9.1	Komponenten eines IO-Link-Systems	556

10.9.2	IO-Link-Schnittstelle	557	14.2.1	Das mechanische Teilsystem.....	619
10.9.2.1	Porttypen in IP65/67	557	14.2.2	Das hydraulische Teilsystem	619
10.9.3	IO-Link-Protokoll	557	14.2.3	Das pneumatische Teilsystem.....	622
10.9.4	IODD und Engineering	558	14.2.4	Das elektrische Teilsystem	623
10.9.5	Unterschiede IO-Link-Spezifikation V1.0 und V1.1.....	559			
10.9.6	Einbindung des IO-Link-Masters in übergeordnete Feldbusse	559			
11	Regelungstechnik	560	15	Montage, Inbetriebnahme und Instandhaltung mechatronischer Systeme	632
11.1	Grundbegriffe	560	15.1	Die Montagetätigkeit Fügen.....	632
11.2	Regelkreiselemente	561	15.1.1	Formschlüssige Verbindungen	632
11.2.1	Proportionalglied ohne Verzögerung (P-Glied)	561	15.1.2	Kraftschlüssige Verbindungen	633
11.2.2	Proportionalglied mit Verzögerung 1. Ordnung (PT ₁ -Glied)	561	15.1.3	Stoffschlüssige Verbindungen	633
11.2.3	Proportionalglied mit Verzögerung 2. Ordnung (PT ₂ -Glied)	562	15.2	Montagetätigkeit Prüfen und Justieren	634
11.2.4	Integralglied (I-Glied).....	563	15.2.1	Prüftätigkeiten vor der Montage	634
11.2.5	Differenzierglied (D-Glied).....	564	15.2.2	Prüftätigkeiten während der Montage.....	634
11.2.6	Totzeitglied (T _z -Glied)	565	15.2.3	Prüftätigkeiten nach der Montage	634
11.3	Regeleinrichtungen und Regelglieder	565	15.3	Montageplanung.....	635
11.3.1	Unstetige Regelglieder	565	15.3.1	Der Montageplan	636
11.3.2	Stetige Regelglieder	566	15.3.2	Beispiel eines Montageplanes.....	636
11.3.3	Digitale Regelglieder	568	15.4	Organisationsformen der Montage.....	637
11.4	Stabilität von Regelkreisen	569	15.5	Montagebeispiele	639
12	Bussysteme in der Automatisierungstechnik	570	15.5.1	Beispiel für Montageplan eines elektropneumatischen Ventilblockes auf DIN-Schiene	640
12.1	Kommunikationsmodell	575	15.5.2	Auszug aus dem Montageplan eines Handlingerätes zur Realisierung von Handhabungslösungen an Spritzgussmaschinen	641
12.2	Topologien.....	575	15.6	Arbeitssicherheit bei der Montage.....	644
12.3	Übertragungsmedien.....	578	15.6.1	Vorbeugende Sicherheitsmaßnahmen bei der Arbeit an Maschinen, Anlagen und mechatronischen Systemen	644
12.4	Übertragungsarten	580	15.6.2	Maßnahmen bei einem Arbeitsunfall	645
12.5	Buszugriffsverfahren.....	581	15.6.3	Brandschutz und Maßnahmen im Brandfalle	646
12.5.1	Master/Slave-Verfahren.....	581	15.6.4	Umgang mit Gefahrstoffen	647
12.5.2	Das Token-Prinzip.....	582	15.6.5	Richtlinien für die Maschinensicherheit	647
12.5.3	Das CSMA-Verfahren	583	15.7	Inbetriebnahme	648
12.5.4	CSMA/CA.....	584	15.7.1	Besonderheiten der Inbetriebnahme	648
12.6	Datensicherheit	584	15.7.2	Grundsätzliches zum Verfahren der Inbetriebnahme	651
12.7	AS-Interface	585	15.7.3	Inbetriebnahme pneumatischer und elektropneumatischer Anlagen	653
12.7.1	AS-Interface-Funktionsprinzip	585	15.7.4	Inbetriebnahme hydraulischer und elektrohydraulischer Anlagen	653
12.7.2	AS-Interface-Verkabelung	587	15.7.5	Inbetriebnahme elektrischer Maschinen....	654
12.7.3	Inbetriebnahme einer AS-Interface-Anlage	589	15.7.6	Inbetriebnahme von SPS.....	655
12.7.4	Strukturen einer AS-Interface-Anlage	591	15.7.7	Fehler bei der Inbetriebnahme von mechatronischen Systemen	655
12.7.5	Die AS-Interface-Spezifikation 2.11	593	15.8	Instandhaltung von mechatronischen Systemen.....	658
12.7.6	Die AS-Interface-Spezifikation 3.0.....	595	15.8.1	Verlauf der Systemausfallrate	658
12.7.7	Die AS-Interface Spezifikation 5.....	595	15.8.2	Instandhaltungsstrategien	659
12.7.8	AS-i-Safety	596	15.8.3	Die Wartung als vorbeugende Instandhaltungsmaßnahme.....	660
12.8	PROFIBUS	596	15.8.4	Die Inspektion als Maßnahme zur Ausfallverhütung	662
12.8.1	PROFIBUS-DP	597	15.8.5	Die Instandsetzung	663
12.8.2	PROFIBUS-PA	599	15.8.6	Fehlersuche als Grundlage der Instandsetzung.....	663
12.9	Ethernet.....	603			
12.9.1	PROFINET	607			
12.10	Zusammenfassung	608			
13	INDUSTRIE 4.0	610			
13.1	Das nutzen wir bisher.....	610			
13.2	Das ist neu bei Industrie 4.0.....	610			
13.3	Die reale Fabrik und ihr virtuelles Abbild	611			
13.4	Einheitliche Standards für die digitale Produktion.....	613			
13.5	Aufbau einer Industrie 4.0-Komponente	613			
13.6	Die Verwaltungsschale	613			
13.7	Cyber-Physisches-System, CPS.....	615			
14	Mechatronische Systeme	618			
14.1	Teilsysteme des mechatronischen Systems	618			
14.2	Die Komponenten des mechatronischen Systems	619			
				Sachwortverzeichnis.....	667
				Bildquellenverzeichnis.....	679

Interpretation der Lernfelder

Die Ausbildung des noch jungen Berufes des Mechatronikers und der Mechatronikerin ist in 13 Lernfelder gegliedert. Die Lernfelder orientieren sich an den beruflichen Handlungsabläufen und Tätigkeitsbereichen, die je nach Ausbildungsbetrieb sehr unterschiedlich sein können. In den verschiedenen Bundesländern können die Inhalte der Lernfelder unterschiedlichen Unterrichtsfächern zugeordnet werden. Im Rahmen des Berufsschulunterrichtes und der betrieblichen Ausbildung sollen die Ausbildungsinhalte auf regionale und betriebliche Gegebenheiten angepasst werden. Die Aufgabe dieses Fachbuches besteht darin, unabhängig von der jeweiligen Fächerstruktur und den regionalen Besonderheiten die fachlichen Informationen und Anregungen bereitzustellen, und dadurch den Unterricht und die betriebliche Ausbildung zu unterstützen. Aus diesem Grunde wurde von den Autoren bewusst auf eine Einteilung in Lernfelder verzichtet.

Im Folgenden sollen am Beispiel eines ausgewählten mechatronischen Systemes die Lernfelder interpretiert und der Einsatz des Fachbuches im Rahmen des Lernfeldkonzeptes gezeigt werden.



LF 1 Analysieren von Funktionszusammenhängen in mechatronischen Systemen

Dieses Lernfeld soll die Mechatroniker und Mechatronikerinnen in die Lage versetzen, Systeme ganzheitlich zu betrachten und zu analysieren. Dazu ist es erforderlich, dass die Systeme in ihre Teilsysteme und -elemente zerlegt werden können sowie ihre Aufgaben und Funktionszusammenhänge und die Signal-, Stoff- und Informationsflüsse beschrieben werden können. Wirksame Hilfsmittel sind dabei alle Formen von Dokumentationsmitteln und technischen Unterlagen wie Technische Zeichnungen, Schaltpläne, Blockschaltbilder, Funktionspläne, Pflichtenhefte u.a.

Da das Lernfeld 1 ein sogenanntes „Querschnittslernfeld“ ist, das in die restlichen Lernfelder einfließt, sind die zu vermittelnden inhaltlichen Schwerpunkte auch auf fast alle Kapitel des Buches verteilt und können je nach Lernsituation dort erarbeitet werden.