



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	Gewindendarstellung.....	82
LF 1	Analysieren von Funktionszusammenhängen in mechatronischen Systemen.....	2.1.6	Genormte Einzelheiten.....	83
LF 2	Herstellen mechanischer Teilsysteme.....	2.1.7	Gruppenzeichnungen.....	84
LF 3	Installieren elektrischer Betriebsmittel unter Beachtung sicherheitstechnischer Aspekte.....	2.2	Tabellen und Diagramme.....	85
LF 4	Untersuchen der Energie- und Informationsflüsse in elektrischen, pneumatischen und hydraulischen Baugruppen.....	2.2.1	Tabellen.....	85
LF 5	Kommunizieren mithilfe von Datenverarbeitungsanlagen.....	2.2.2	Diagramme.....	85
LF 6	Planen und Organisieren von Arbeitsabläufen.....	2.3	Technische Kommunikation mithilfe von Plänen.....	86
LF 7	Realisieren mechatronischer Teilsysteme.....	2.4	Die Sprache als Kommunikationsmittel.....	87
LF 8	Design und Erstellung mechatronischer Systeme.....	2.4.1	Das Erstellen von Protokollen.....	87
LF 9	Untersuchen des Informationsflusses in komplexen mechatronischen Systemen.....	2.4.2	Referate und Vorträge.....	88
LF 10	Planen der Montage und Demontage.....	2.4.3	Referaterstellung.....	88
LF 11	Inbetriebnahme, Fehlersuche und Instandsetzung.....	2.4.4	Der Vortrag des Referates.....	88
LF 12	Vorbeugende Instandhaltung.....			
LF 13	Übergabe von mechatronischen Systemen an Kunden.....			
1 Grundlagen der Datenverarbeitung	21	3 Prüftechnik	89	
1.1	Betriebssysteme.....	3.1	Längen- und Winkelprüfung.....	89
1.1.1	Aufgaben eines Betriebssystems.....	3.2	Mechanische Prüfmittel.....	90
1.1.2	Betriebssystem-Kategorien.....	3.2.1	Messschieber.....	90
1.1.3	Client-Server-Betriebssystem (von Windows).....	3.2.2	Messschrauben.....	91
1.2	Office-Anwendungen.....	3.2.3	Messuhren.....	91
1.2.1	Textverarbeitung.....	3.2.4	Winkelmesser.....	92
1.2.2	Tabellenkalkulation.....	3.3	Pneumatische Messgeräte.....	93
1.2.3	Präsentationssoftware.....	3.4	Elektrische Messgeräte.....	93
1.2.4	Datenbanksysteme.....	3.5	Elektronische Messgeräte.....	94
1.3	Ergänzende Software.....	3.6	Prüfen mit Lehren.....	94
1.3.1	Bildbearbeitung.....	3.7	Prüfung von Oberflächen.....	95
1.3.2	Erzeugung von PDF-Dokumenten.....	3.7.1	Grundbegriffe der Oberflächenprüfung.....	95
1.3.3	Projektmanagement.....	3.7.2	Oberflächenprüfverfahren.....	95
1.4	Einführung in die Programmierung.....	3.7.3	Rauheitsmessgrößen.....	96
1.4.1	Programmiersprachen.....	3.7.4	Angabe von Oberflächengüten in Technischen Zeichnungen.....	97
1.4.2	Der Algorithmus.....	3.8	Toleranzen und Passungen.....	98
1.4.3	Allgemeiner Aufbau eines Programms.....	3.8.1	Maßtoleranzen.....	98
1.4.4	Datentypen und Variablen.....	3.8.2	Passungen.....	100
1.4.5	Datentypen.....	3.8.3	Passungssysteme.....	100
1.4.6	Ein- und Ausgabe bei Hochsprachen.....	3.8.4	Form- und Lagetoleranzen.....	102
1.4.7	Verknüpfung von Datentypen.....			
1.4.8	Programmentwicklung.....	4 Qualitätsmanagement	103	
1.4.9	Darstellungsarten von Algorithmen.....	4.1	Der Qualitätsbegriff.....	103
1.4.10	Programmbeispiel:.....	4.2	Aufgaben des Qualitätsmanagements.....	104
1.5	Kommunikation in Netzen.....	4.2.1	Qualitätsplanung.....	104
1.5.1	Grundlagen.....	4.2.2	Qualitätslenkung.....	105
1.5.2	Kommunikationsprotokolle.....	4.2.3	Qualitätsprüfung.....	105
1.5.3	Bedrohung von Netzen und Computern.....	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.....	4.4	Qualität ist nicht nur Chefsache.....	106
2.1.1	Darstellungsarten.....	4.5	Statistisches Qualitätsmanagement.....	107
2.1.2	Einzelteil-Zeichnungen.....	4.5.1	Zufällige und systematische Fehler.....	107
2.1.3	Schnitttdarstellungen.....	4.5.2	Gauß'sche Normalverteilung.....	107
2.1.4	Bemaßung von Einzelteilen.....	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:		9.4.5.4	IT-System	389
	Messgeräte	330	9.4.5.5	Schleifenimpedanz Z_S	390
8.16.2	Messung der elektrischen Spannung	331	9.4.5.6	Schutz im TN-Netz	390
8.16.3	Messung des elektrischen Stromes	331	9.4.5.7	Schutz im TT-Netz	391
8.16.4	Spannungsfehlerschaltung	332	9.4.5.8	Schutz im IT-Netz	391
8.16.5	Stromfehlerschaltung	332	9.4.5.9	Doppelte oder verstärkte Isolierung	392
8.16.6	Messung zeitabhängiger elektrischer Größen	332	9.4.5.10	Schutztrennung	393
9	Elektrische Maschinen	334	9.4.5.11	Schutz durch Schutzkleinspannung	393
9.1	Transformatoren	335	9.4.5.12	Fehlerstromschutzeinrichtungen	394
9.1.1	Aufbau und Wirkungsweise	335	9.4.6	Prüfung elektrischer Betriebsmittel	397
9.1.2	Übersetzungsverhältnis	336	9.4.6.1	Erstprüfung von ortsfesten elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln	397
9.1.3	Verluste und Wirkungsgrad	337	9.4.6.2	Wiederkehrende Prüfungen von elektrischen Anlagen und ortsfesten Betriebsmitteln	399
9.1.4	Betriebsverhalten	338	9.4.6.3	Prüfen der Schutzleiter und Potentialausgleichsleiter	399
9.1.5	Kennwerte	339	9.4.6.4	Messung der Isolationswiderstände in elektrischen Anlagen	400
9.1.6	Magnetische Kopplung und Streuung	340	9.4.6.5	Prüfung der Schutzmaßnahmen SELV	400
9.1.7	Bauformen von Transformatoren	341	9.4.6.6	E-Check als Gütesiegel für die Elektroanlage	400
9.1.7.1	Kleintransformatoren	341			
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			

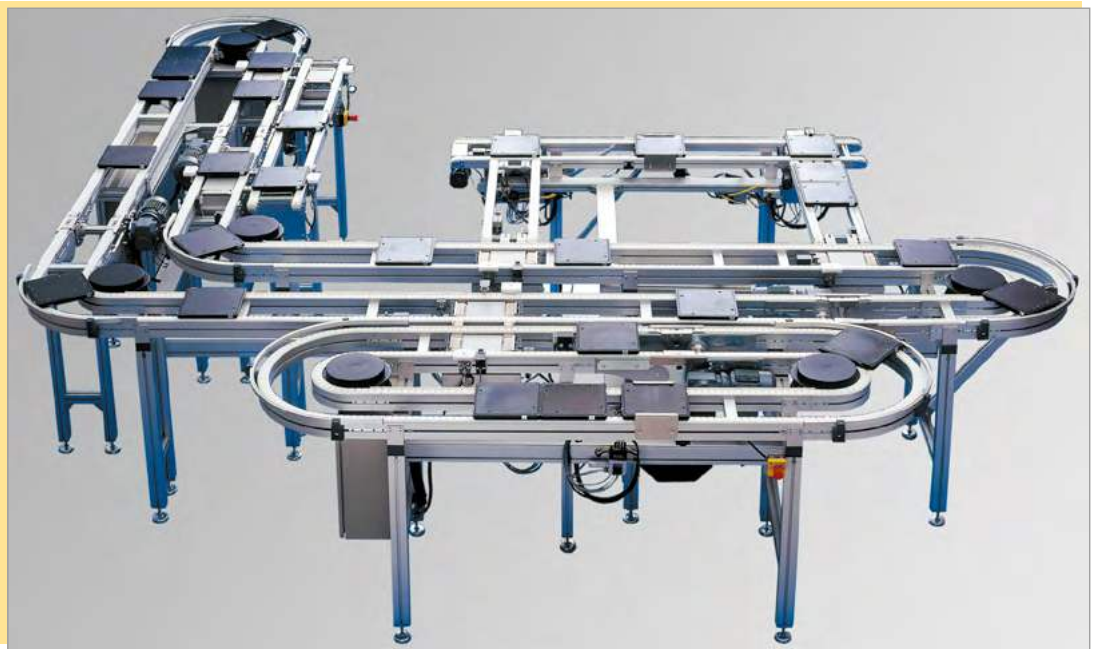
9.4.7	Überspannungen und Störspannungen.....	401	10.5.2.2	Verknüpfung von Signalen.....	471
9.4.7.1	Elektrostatistische Aufladung.....	401	10.5.2.3	Schaltverzögerung	473
9.4.7.2	SEMP	401	10.5.2.4	Selbsthaltung.....	475
9.4.7.3	LEMP	402	10.6	Hydraulische Steuerungen.....	476
9.4.7.4	Blitzschutz	402	10.6.1	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 Grenztaster (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	Flankenauswertung	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.

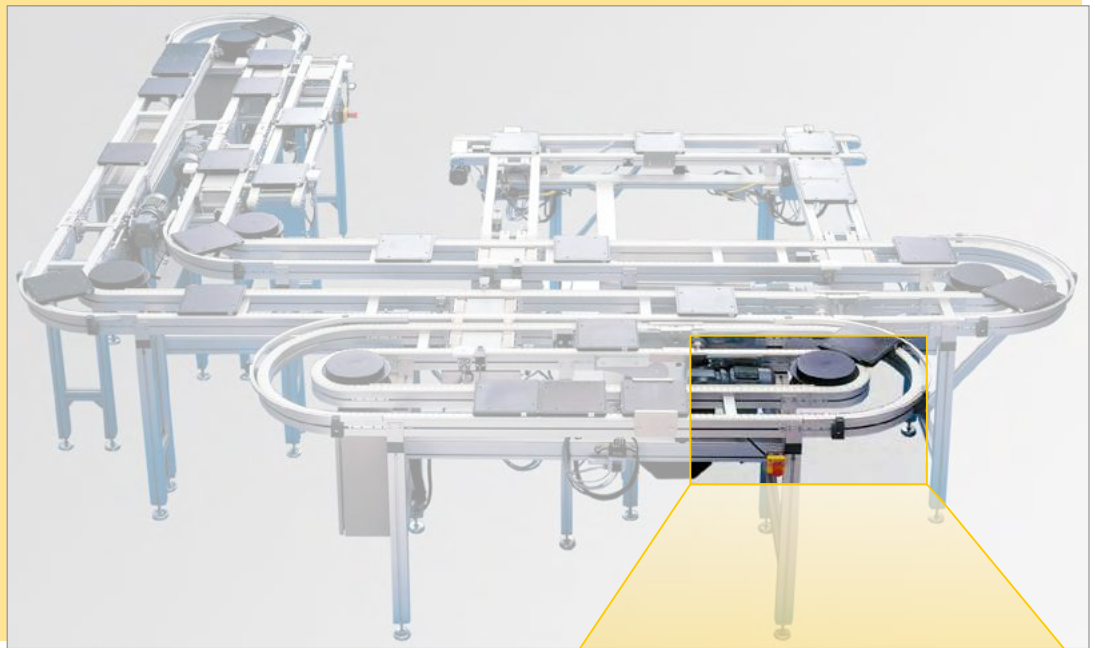


LF 1 Analysieren von Funktionszusammenhängen in mechatronischen Systemen

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.

LF 2 Herstellen mechanischer Teilsysteme

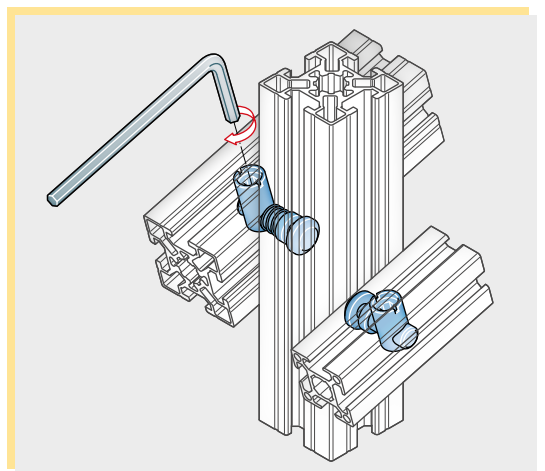


Mechatronische Systeme bestehen immer auch aus mechanischen Bauteilen und Systemen, die durch die Bearbeitung von Rohteilen oder Halbzeugen geschaffen wurden. So sind die in dem abgebildeten mechatronischen System verwendeten Einzelteile aus dem Halbzeug „Aluminium-Profilrohr“ hergestellt. Die in Form von Stangen angelieferten Rohre müssen auf die geforderten Maße „geschnitten“ werden und mit Bohrungen versehen werden. Dafür ist es erforderlich, dass die wesentlichen Grundlagen der Werkstofftechnik und der Bearbeitungsverfahren gekannt und beherrscht werden.



Das Lernfeld 2 beinhaltet die Grundlagen der Metalltechnik, die zur Herstellung, Bearbeitung und Montage von Metallen aber auch Kunststoffen erforderlich sind. Dazu zählen die Kenntnisse über Aufbau, Eigenschaften und Einsatzgebiete der verwendeten Werkstoffe ebenso, wie die Aspekte ihres ökonomischen, ökologischen und gesundheitsrelevanten Einsatzes.

Neben der Zusammensetzung von Werkstoffen sind die Möglichkeiten der Bearbeitung der daraus bestehenden Werkstücke wichtig. Im Lernfeld 2 werden alle Bearbeitungsverfahren, wie sie vom Mechatroniker benötigt werden, behandelt. Dazu gehören neben den spanabhebenden Verfahren vor allem auch die vielfältigen Möglichkeiten des Fügens, wie etwa das Kleben, das Verschrauben und das Löten.



Um Werkstücke bearbeiten zu können, muss der Facharbeiter, der diese Arbeiten durchführen muss, mit anderen verständlich kommunizieren können. Dies bedeutet vor allem, dass er Technische Zeichnungen, Pläne, Diagramme und Schaubilder lesen kann.

Darüber hinaus muss er Skizzen erstellen und Vorgänge beschreiben können. Die in diesem Lernfeld vermittelten Fertigkeiten und Kenntnisse sind u.a. Voraussetzung für das Lernfeld 10.

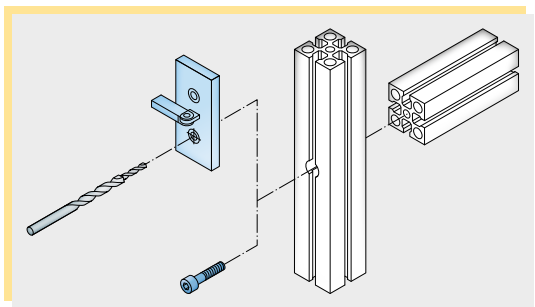
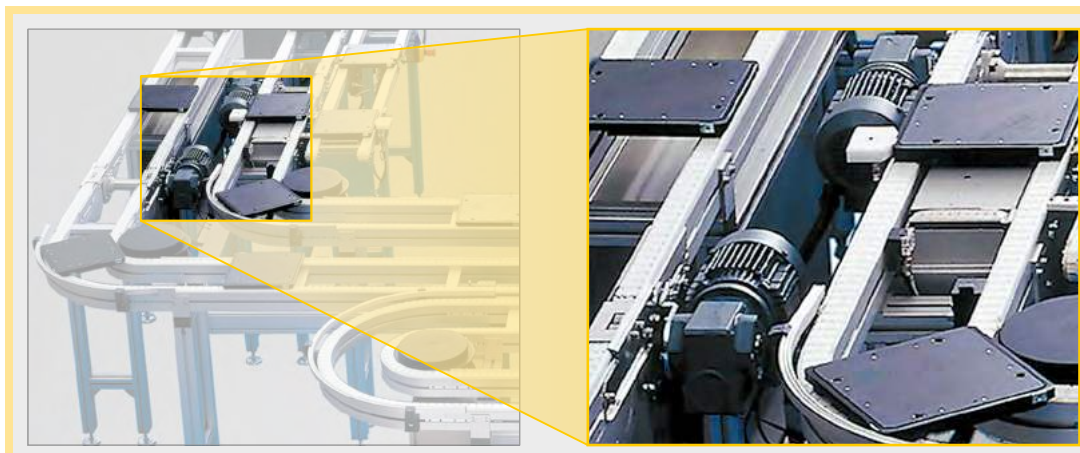


Tabelle 1: Lerninhalte des Lernfeldes 2

Lerninhalte	Fachkapitel im Lehrbuch
Einzel- und Baugruppenzeichnungen, Stücklisten	2 Technische Kommunikation
Maschinenelemente, Passungen und Toleranzen	6 Mechanische Systeme 7 Herstellen mechanischer Systeme
Montagepläne, Verbindungselemente	6 Mechanische Systeme 14 Montage, Inbetriebnahme und Instandhaltung von mechatronischen Systemen
Grundlagen des manuellen und maschinellen Spanens und Umformens	6 Mechanische Systeme
Herstellen von mechanischen Verbindungen	6 Mechanische Systeme
Betriebsspezifische Werk- und Hilfsstoffe	5 Werk- und Hilfsstoffe
Montagewerkzeuge und Hilfsgeräte	6 Mechanische Systeme 14 Montage, Inbetriebnahme und Instandhaltung von mechatronischen Systemen
Montagegerechte Lagerung, Sicherheit und Arbeitsschutz	14 Montage, Inbetriebnahme und Instandhaltung von mechatronischen Systemen
Prüf- und Messmittel	3 Prüftechnik 4 Qualitätsmanagement



LF 3 Installieren elektrischer Betriebsmittel unter Beachtung sicherheitstechnischer Aspekte



Beim Aufbau von Mechatronischen Systemen finden heute in aller Regel elektrische Betriebsmittel Anwendung. Der Umgang damit setzt fundierte Kenntnisse ihrer Funktionsweisen, der Gesetzmäßigkeiten der Installation und vor allem der geforderten Schutzmaßnahmen voraus.

Mechatroniker und Mechatronikerinnen müssen elektrische Vorgänge verstehen und die notwendigen Installationsarbeiten unter Beachtung aller Sicherheitsanforderungen durchführen können. Sie müssen elektrische Größen berechnen können und deren Zusammenhänge und Darstellungsmöglichkeiten beherrschen sowie durch den Einsatz geeigneter Messmittel und -verfahren überprüfen können.

In Lernfeld 3 werden auch die Grundlagen für die folgenden Lernfelder gelegt.

Tabelle 1: Lerninhalte des Lernfeldes 3

Lerninhalte	Fachkapitel im Lehrbuch
Elektrische Größen, deren Zusammenhänge, Darstellungsmöglichkeiten und Berechnungen	8 Grundlagen der Elektrotechnik
Bauteile im Gleich- und Wechselstromkreis	8 Grundlagen der Elektrotechnik 9 Elektrische Anlagen
Elektrische Messverfahren	8 Grundlagen der Elektrotechnik
Auswahl von Kabeln und Leitungen für die Energie- und Informationsübertragung	8 Grundlagen der Elektrotechnik 12 Bussysteme
Elektrische Netze	8 Grundlagen der Elektrotechnik
Gefahren durch Überlastung, Kurzschluss und Überspannung, Berechnung der erforderlichen Schutzelemente	8 Grundlagen der Elektrotechnik
Handhabung von Tabellen und Formeln	8 Grundlagen der Elektrotechnik 9 Elektrische Anlagen
Stromwirkung auf den Organismus, Sicherheitsregeln in der Elektrotechnik, Hilfsmaßnahmen bei Unfällen	8 Grundlagen der Elektrotechnik 9 Elektrische Anlagen
Maßnahmen gegen gefährliche Körperströme nach den geltenden Vorschriften	8 Grundlagen der Elektrotechnik 9 Elektrische Anlagen
Prüfen elektrischer Betriebsmittel	8 Grundlagen der Elektrotechnik 9 Elektrische Anlagen
Ursachen für Überspannungen und Störspannungen, deren Auswirkungen, Gegenmaßnahmen	8 Grundlagen der Elektrotechnik 9 Elektrische Anlagen
Elektromagnetische Verträglichkeit	9 Elektrische Anlagen

LF 4 Untersuchen der Energie- und Informationsflüsse in elektrischen, pneumatischen und hydraulischen Baugruppen



Steuerungsprobleme können meist auf unterschiedliche Art und mit verschiedenen Techniken, wie z.B. Pneumatik, Hydraulik, gelöst werden. Häufig sind auch Kombinationen mehrerer Gerätetechniken erforderlich. So finden heute an Stelle der rein pneumatischen oder hydraulischen Steuerungen vielfach elektropneumatische oder elektrohydraulische Steuerungen Anwendung.

Voraussetzung für die fachgerechte Installation der Steuerungen ist auch hier die Kenntnis der Funktionsweisen und die Fähigkeit, Informationsflüsse zu erkennen und Installationspläne zu erstellen bzw. zu lesen und interpretieren.

Das Lernfeld 4 kann in enger Verbindung mit dem Lernfeld 1 gesehen werden. Dieses ist, wie an anderer Stelle schon erwähnt, ein Lernfeld, das viele andere tangiert, so auch hier, wo die im Lernfeld 1 erworbenen Fähigkeiten der Systemanalyse und des Analysierens von Funktionszusammenhängen angewandt werden müssen.

Die Inhalte dieses Lernfeldes werden in den Lernfeldern 7 und 8 vertieft und erweitert.

Tabelle 1: Lerninhalte des Lernfeldes 4

Lerninhalte	Fachkapitel im Lehrbuch
Pneumatische und hydraulische Größen, deren Zusammenhänge, Darstellungsmöglichkeiten und Berechnungen	2 Technische Kommunikation 10 Steuerungstechnik
Versorgungseinheiten der Elektrotechnik, Pneumatik und Hydraulik	10 Steuerungstechnik 8 Grundlagen der Elektrotechnik
Grundsicherungen der Steuerungstechnik	10 Steuerungstechnik
Technische Unterlagen	10 Steuerungstechnik 2 Technische Kommunikation
Signale und Messwerte in Steuerungssystemen	10 Steuerungstechnik
Gefahren beim Umgang mit elektrischen, pneumatischen und hydraulischen Leistungsbaugruppen	10 Steuerungstechnik 8 Grundlagen der Elektrotechnik 9 Elektrische Anlagen
Ökonomische Aspekte, Arbeits- und Umweltschutz, Recycling	10 Steuerungstechnik

LF 5 Kommunizieren mithilfe von Datenverarbeitungsanlagen

In diesem Lernfeld werden der Einsatz von Datenverarbeitungsanlagen und deren Einordnung in die betrieblichen Abläufe sowie Strukturen vernetzter Systeme und die daraus resultierenden Sicherheitssysteme betrachtet. Dies setzt im Wesentlichen die Einsicht in die Grundlagen der Datenverarbeitung und die Fähigkeit zur Anwendung branchenüblicher Standardsoftware voraus.

Im Falle der Mechatroniker können dies sowohl Betriebssysteme als auch Anwendungspakete, wie die zahlreichen Office-Programme, einfache CAD-Programme, aber auch Simulationssoftware oder Programmiersoftware für Roboter, firmeninterne Netzwerkprogramme o.Ä. sein.

Neben der Beherrschung der Software erstrecken sich die Inhalte dieses Lernfeldes auch über die Installation und Konfiguration von Peripheriegeräten.

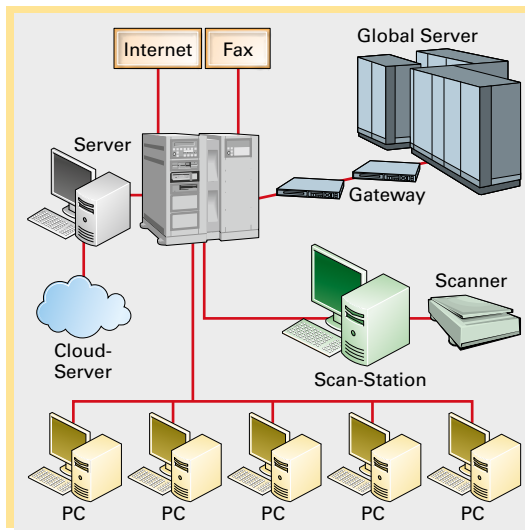


Tabelle 1: Lerninhalte des Lernfeldes 5

Lerninhalte	Fachkapitel im Lehrbuch
Betriebssysteme	<p>Alle diese Inhalte werden schwerpunktmäßig im Kapitel 1 behandelt.</p> <p>Auf branchenspezifische Soft- und Hardware wird in den jeweiligen Kapiteln, wie z.B.</p> <p>7 Flexible Fertigungssysteme oder 10.7 SPS</p> <p>eingegangen.</p>
Vernetzte Datenverarbeitungsanlagen	
Datenschutz und Datensicherheit	
Aufbereitung von Informationen mittels Branchensoftware	
Signale und Messwerte in Steuerungssystemen	
Aufbereitung von Informationen mithilfe von Datenverarbeitung	
Ergonomische Gesichtspunkte von Computerarbeitsplätzen	

LF 6 Planen und Organisieren von Arbeitsabläufen

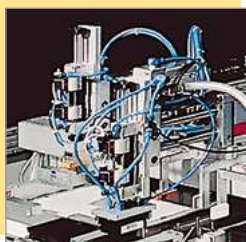
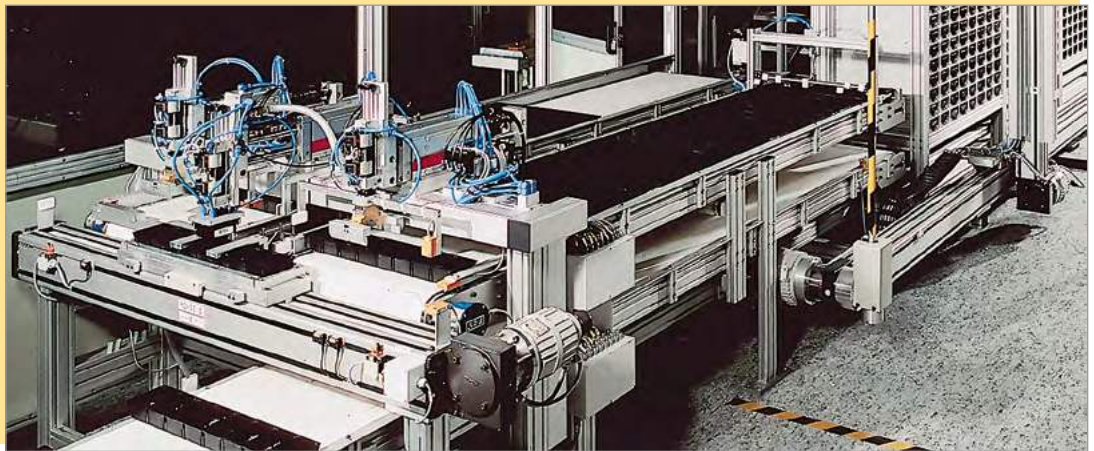
Betriebliche Organisationsstrukturen und die Organisation der Teamarbeit nach funktionalen, fertigungs-gerechten und ökonomischen Kriterien stehen im Mittelpunkt dieses Lernfeldes.

Dazu ist es wichtig, dass die Mechatroniker und Mechatronikerinnen die betrieblichen Abläufe kennen und diese bei Eingriffen in Maschinen und Arbeitsabläufe berücksichtigen. Ablaufpläne müssen gelesen und interpretiert werden. Umfassende Kenntnisse über Unfallschutzmaßnahmen und die Bereitschaft zu deren Einhaltung müssen vorhanden sein. Bei allen Tätigkeiten muss der Qualitätsgedanke im Vordergrund stehen.

Tabelle 2: Lerninhalte des Lernfeldes 6

Lerninhalte	Fachkapitel im Lehrbuch
Materialdisposition und Kalkulation	<p>Ähnlich wie bei Lernfeld 5 tangiert auch das Lernfeld 6 mehrere andere Lernfelder. Die inhaltliche Behandlung in diesem Buch findet aus diesem Grund auch in verschiedenen Kapiteln statt. Die Dokumentationen werden z.B. in den Kapiteln 1 und 2, Arbeitsabläufe in den Kapiteln 10 und 14 behandelt.</p>
Analyse von Arbeitsabläufen	
Bewertung und Dokumentation von Ergebnissen	
Ergonomie und vorbeugender Unfallschutz	
Einfache Zeit- und Kostenkalkulation	
Darstellungsverfahren von Arbeitsabläufen	
Qualitätsmanagement	

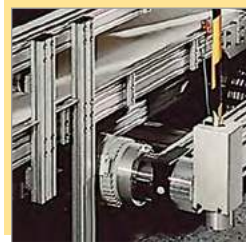
LF 7 Realisieren mechatronischer Teilsysteme



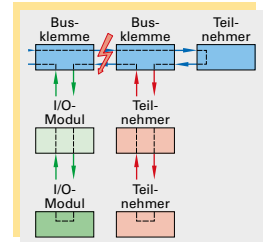
z. B. Pneumatische Steuerungen



z. B. Sensortechnik



z. B. Elektrische Anlagen



Informationsfluss in mechatronischen Systemen

Das Lernfeld 7 ist in engem Zusammenhang mit dem Lernfeld 8 zu sehen. Hier werden die Grundlagen der Steuerungstechnik gelegt, die das in Kapitel 8 formulierte Erstellen mechatronischer Systeme ermöglichen. Neben der Fähigkeit, den Einsatz und die Wirkungsweise von Aktoren und Sensoren zu beurteilen, steht vor allem die Lösung von steuerungs- und regelungstechnischen Teilproblemen durch die Anwendung von einfachen pneumatischen, elektropneumatischen, hydraulischen, elektrohydraulischen bzw. SPS-Steuerungen im Mittelpunkt.

Tabelle 1: Lerninhalte des Lernfeldes 7

Lerninhalte	Fachkapitel im Lehrbuch
Steuerkette und Regelkreis, Blockschaltbilder	10 Steuerungstechnik 11 Regelungstechnik
Kenngrößen von Steuerungen und Regelungen	10 Steuerungstechnik 11 Regelungstechnik
Wirkungsweise von Sensoren und Wandlern	10.6 Sensorik
Signalverhalten von Sensoren und Wandlern	10.6 Sensorik
Programmierung von einfachen Bewegungsabläufen und Steuerungsfunktionen	10 Steuerungstechnik
Entwurf von Schaltungen	10 Steuerungstechnik
Grafische Darstellung von Steuerungs- und Regelungsabläufen	10 Steuerungstechnik 11 Regelungstechnik
Messen von Signalen	10.6 Sensorik
Grundschaltungen und Wirkungsweise von Antrieben	10 Steuerungstechnik 9 Elektrische Anlagen
Darstellung von Antriebseinheiten in Funktionsplänen	10 Steuerungstechnik 9 Elektrische Anlagen

LF 8 Design und Erstellung mechatronischer Systeme

Der Schwerpunkt dieses Lernfeldes liegt im Bereich der Steuerungen und Regelungen von mechatronischen Systemen. Mechatronikerinnen und Mechatroniker beschreiben die Struktur und die Signalverläufe von komplexen mechatronischen Systemen. Sie müssen den Einfluss wechselnder Betriebsbedingungen auf den Prozessablauf erkennen und diese gegebenenfalls auch zielgerichtet verändern können.

Dazu ist es erforderlich, dass sie die Verfahren zur messtechnischen Erfassung von Steuerungs- und Regelungsabläufen beherrschen und anwenden können.

Sie müssen über fundamentale Kenntnisse der Steuerungs- und Regelungstechnik sowie der elektrischen Antriebstechnik verfügen. Sie sind befähigt, die Kopplung mechanischer Systeme mit mechatronischen durchzuführen. Wo erforderlich, müssen Bewegungsabläufe simuliert und optimiert werden. Dazu nutzen sie unterschiedliche Programme und Software-Tools.

Mechatronikerinnen und Mechatroniker werden in die Lage versetzt, komplexe Steuerungen und Regelungen von mechatronischen Systemen zu verstehen, zu montieren und demontieren, zu überprüfen und im Bedarfsfalle verändernd einzugreifen.

All dies hat unter strengster Beachtung der entsprechenden Schutz- und Sicherheitsmaßnahmen zu geschehen.



Tabelle 1: Lerninhalte des Lernfeldes 8

Lerninhalte	Fachkapitel im Lehrbuch
Betriebskennwerte und Kennlinien von Antrieben	10 Steuerungstechnik 9 Elektrische Anlagen
Funktionsweise, Auswahl und Einstellung von Schutzeinrichtungen	6 Mechanische Systeme 9 Elektrische Anlagen 10 Steuerungstechnik
Steuern und Regeln von Antrieben	9 Elektrische Anlagen 10 Steuerungstechnik 11 Regelungstechnik
Positioniervorgänge, Freiheitsgrade	7 Herstellen mechanischer Systeme 10 Steuerungstechnik 11 Regelungstechnik
Prüf- und Messverfahren zur Positionsbestimmung	7 Herstellen mechanischer Systeme 10 Steuerungstechnik 11 Regelungstechnik
Getriebe und Kupplungen	6 Mechanische Systeme
Einarbeiten von Änderungen in vorhandene Anlagen	14 Montage, Inbetriebnahme und Instandhaltung von mechatronischen Systemen
Programmierung von Bewegungsabläufen und Steuerungsfunktionen	7 Herstellen mechanischer Systeme 10 Steuerungstechnik
Computersimulation	1 EDV
Messwerterfassung an Schnittstellen	10 Steuerungstechnik 11 Regelungstechnik 14 Montage, Inbetriebnahme und Instandhaltung von mechatronischen Systemen

LF 9 Untersuchen des Informationsflusses in komplexen mechatronischen Systemen

Im Lernfeld 9 werden alle zuvor erlernten Fertigkeiten und Kenntnisse benötigt, um Informationsstrukturen zu erkennen und beschreiben zu können. Durch Verknüpfungen von mechanischen, elektrischen, pneumatischen und hydraulischen Komponenten entstehen komplexe mechatronische Systeme. Signale, Signalerzeugungs- und Signaltransportarten werden unterschieden, Signale gemessen und Fehler durch geeignete Verfahren festgestellt, eingegrenzt und wo möglich beseitigt.

Voraussetzung dafür sind Kenntnisse geeigneter Mess- und Diagnoseverfahren sowie ein Überblick über die gängigen Bussysteme und ihre Hierarchien.

Beispielhaft an einem Bussystem soll die Vernetzung der Komponenten projiziert und durchgeführt werden.

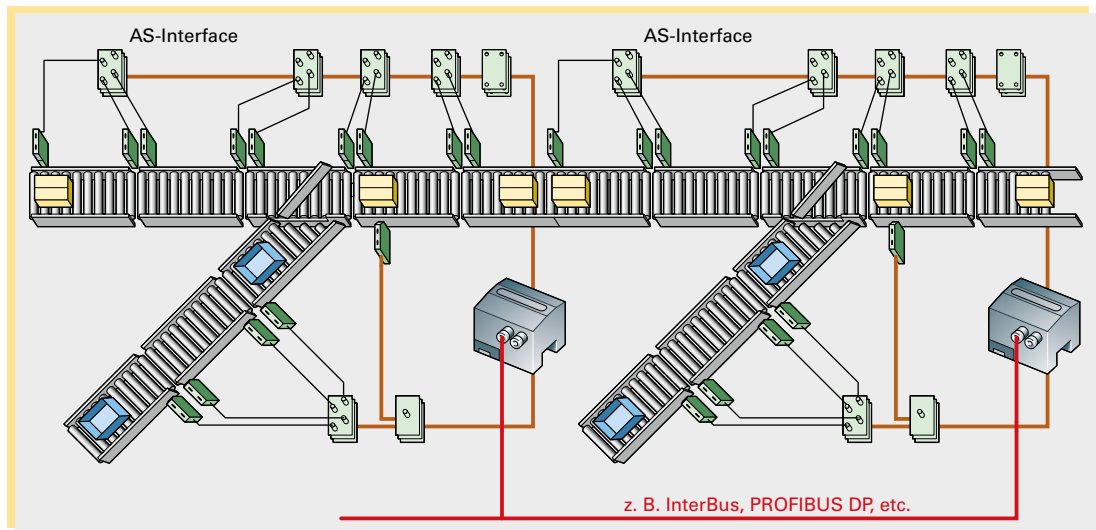


Tabelle 1: Lerninhalte des Lernfeldes 9

Lerninhalte	Fachkapitel im Lehrbuch
Signalverläufe in Systemen	10 Steuerungstechnik 13 Mechatronische Systeme
Signalstruktur	10 Steuerungstechnik, speziell: 10.6 Sensorik
Bussysteme	10 Steuerungstechnik 12 Bussysteme
Prüf- und Messverfahren	8 Grundlagen der Elektrotechnik 9 Elektrische Anlagen 10 Steuerungstechnik 11 Regelungstechnik 13 Mechatronische Systeme 14 Montage, Inbetriebnahme und Instandhaltung von mechatronischen Systemen
Untersuchung an Schnittstellen zwischen Systemkomponenten	10 Steuerungstechnik 12 Bussysteme
Vernetzung von Einzelkomponenten	1 EDV 12 Bussysteme
Hierarchien in vernetzten Systemen	12 Bussysteme
Dokumentation von Messergebnissen	2 Technische Kommunikation Kapitel 10 ... 14

LF 10 Planen der Montage und Demontage

Inhalt des Lernfeldes 10 ist es, die Fähigkeiten zu erwerben, die anfallenden Aufgaben im Bereich der Montage und Demontage zu planen. Dies beinhaltet sowohl die Fähigkeiten, Montagepläne zu erstellen, zu interpretieren und zu beurteilen als auch die Fähigkeit, Zusammenbauzeichnungen und andere betriebliche Montageunterlagen zu lesen.

Voraussetzung dafür ist u. a., dass die Mechatroniker und Mechatronikerinnen alle erforderlichen Messverfahren beherrschen, geeignete Montagewerkzeuge kennen und einsetzen können, die Sicherheitsvorschriften beachten, Transportmittel und Hebezeuge aufgabengerecht verwenden und Montageprotokolle erstellen können.

Gerade auch in diesem Lernfeld wird die Komplexität und Vielfältigkeit dieses Berufes deutlich, wird doch von Mechatronikern die Montage von kleinen Handhabungsgeräten aber auch von großen Werkzeugmaschinen und Fertigungsstraßen, die allesamt mechatronische Systeme darstellen, durchgeführt.

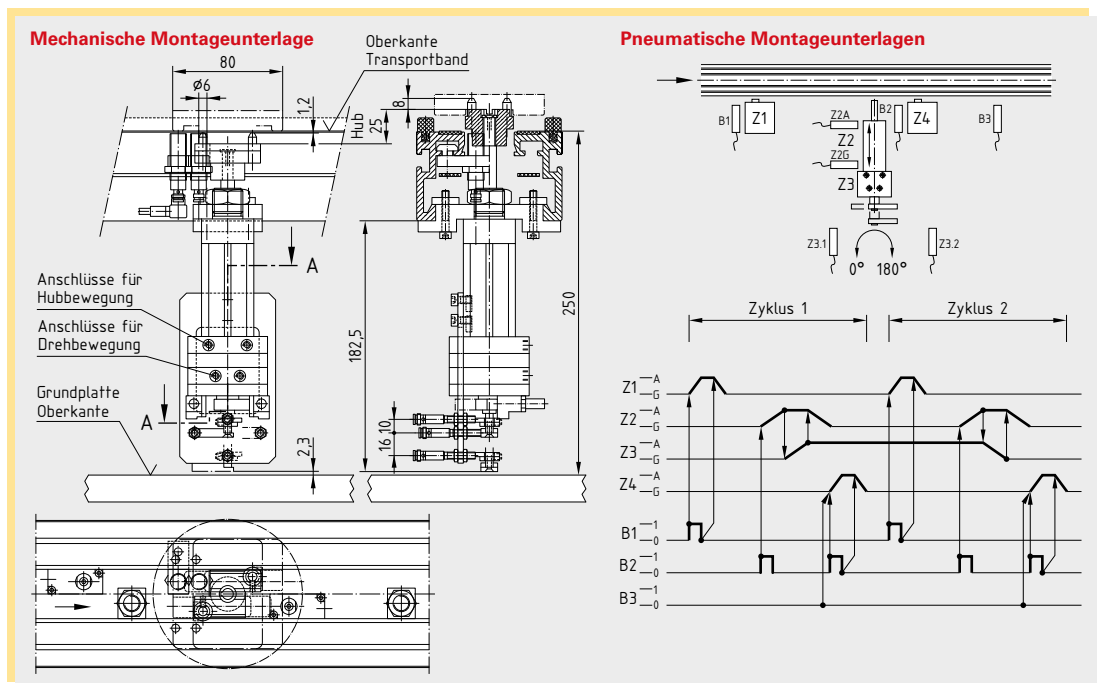


Tabelle 1: Lerninhalte des Lernfeldes 10

Lerninhalte	Fachkapitel im Lehrbuch
Betriebliche Montageunterlagen	Die Inhalte dieses Lernfeldes sind im Wesentlichen alle im Kapitel
Bedingungen für das Arbeiten am Montageort unter Berücksichtigung der Vorschriften	14 Montage, Inbetriebnahme und Instandhaltung von mechatronischen Systemen
Ver- und Entsorgungseinrichtungen mechatronischer Systeme	zusammengefasst.
Transportmittel, Hebezeuge und Montagehilfen	Darüber hinaus sind die Kapitel
Sicherheitsmaßnahmen und deren Prüfung	2 Technische Kommunikation
Prüfungen während der Montage	3 Prüftechnik
Form- und Lagetoleranzen	7 Herstellen mechanischer Systeme
Justierarbeiten	9 Elektrische Anlagen und
Entsorgung und Recycling bei der Montage	10 Steuerungstechnik
	in bestimmten Fällen relevant.

LF 11 Inbetriebnahme, Fehlersuche und Instandsetzung

Aufgabe dieses Lernfeldes ist es, den Mechatronikerinnen und Mechatronikern die Fähigkeit zu vermitteln, mechatronische Systeme anhand von technischen Unterlagen zu analysieren, indem sie die Systeme in Funktionsblöcke zerlegen und das Zusammenwirken sowie die wechselseitigen Beeinflussungen dieser Funktionsblöcke untersuchen. Dadurch werden sie u. a. in die Lage versetzt, mechatronische Systeme in Betrieb zu nehmen, Fehler zu vermeiden bzw. auftretende Fehler zu lokalisieren und ihre Ursachen zu beschreiben und letztendlich auch zu beheben.

Dazu werden die verschiedenen Verfahren der Inbetriebnahme vermittelt. Die Einsatzmöglichkeiten von Diagnosesystemen werden geprüft. Sensoren und Aktoren müssen justiert und Systemparameter eingestellt werden. Ergebnisse werden in die vorgesehenen Unterlagen eingetragen. Die systematische und methodische Vorgehensweise bei der Fehlersuche ist ein zentrales Anliegen dieses Lernfeldes.

Tabelle 1: Lerninhalte des Lernfeldes 11

Lerninhalte	Fachkapitel im Lehrbuch
	Die Inhalte dieses Lernfeldes sind überwiegend im Kapitel 14 Montage, Inbetriebnahme und Instandhaltung von mechatronischen Systemen enthalten. Im Einzelfall wird zusätzlich auf folgende Kapitel verwiesen:
Blockschaltbilder, Wirkungs- und Funktionspläne von mechatronischen Systemen	6 Mechanische Systeme 10 Steuerungstechnik 11 Regelungstechnik 12 Bussysteme
Überprüfung und Einstellung von Sensoren und Aktoren	10 Steuerungstechnik 12 Bussysteme
Systemparameter	10 Steuerungstechnik 11 Regelungstechnik 12 Bussysteme
Bus-Parametrierung	12 Bussysteme
Softwareinstallation	1 EDV 10 Steuerungstechnik
Verfahren zur Fehlersuche in elektrischen, pneumatischen und hydraulischen Systemen	14 Montage, Inbetriebnahme und Instandhaltung von mechatronischen Systemen
Störungsanalyse	14 Montage, Inbetriebnahme und Instandhaltung von mechatronischen Systemen
Strategie der Fehlersuche, typische Fehlerursachen	14 Montage, Inbetriebnahme und Instandhaltung von mechatronischen Systemen
Elektrische und mechanische Schutzmaßnahmen, Schutzvorschriften	8 Grundlagen der Elektrotechnik 9 Elektrische Anlagen
Elektromagnetische Verträglichkeit	9 Elektrische Anlagen
Prozessvisualisierung, Diagnosesysteme, Ferndiagnose	10 Steuerungstechnik
Inbetriebnahmeprotokoll, Fehlerdokumentation, Instandsetzungsprotokoll	14 Montage, Inbetriebnahme und Instandhaltung von mechatronischen Systemen 2 Technische Kommunikation
Qualitätssicherungsverfahren	4 Qualitätsmanagement
Behebung von Programmfehlern	14 Montage, Inbetriebnahme und Instandhaltung von mechatronischen Systemen
Berücksichtigung von Kundenanforderungen	14 Montage, Inbetriebnahme und Instandhaltung von mechatronischen Systemen
Einflüsse von mechatronischen Systemen auf ökologische, ökonomische und soziale Bedingungen	14 Montage, Inbetriebnahme und Instandhaltung von mechatronischen Systemen