



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 Automatisierungs-technik“** 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	
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
1	Grundlagen der Datenverarbeitung	21
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	Präsentationsssoftware	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
2	Technische Kommunikation	73
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
3	Prüftechnik	89
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
4	Qualitätsmanagement	103
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
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 Werkzeugmaschinen.....	181
5.4.3	Normung von Eisen- und Stahlwerkstoffen	116	7.5.6	Bohren.....	184
5.4.4	Wichtige Stähle und Eisenwerkstoffe (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 Verwendungsmöglichkeiten.....	127	7.6.7	Schweißen.....	226
5.9.2	Einteilung von Kunststoffen.....	128	7.6.8	Kleben	230
5.10	Verbundstoffe.....	130	7.6.9	Pressverbindungen.....	232
5.11	Hilfsstoffe	131	7.6.10	Klemm- und Quetschverbindungen.....	233
5.12	Werkstoffe und Umweltschutz.....	132	7.7	Fertigungsautomatisierung	235
6	Mechanische Systeme	133	7.7.1	Historische Entwicklung	235
6.1	Grundlagen des Systemgedankens	133	7.7.2	Bausteine der Fertigungsautomatisierung	237
6.1.1	Die Systemgrenzen.....	134	7.8	CNC-Steuerungen.....	239
6.1.2	Die Ein- und Ausgangsgrößen.....	134	7.8.1	Historische Entwicklung	239
6.1.3	Haupt- und Teilfunktionen eines technischen Systems	134	7.8.2	Merkmale von CNC-Maschinen	241
6.2	Physikalische Grundlagen von mecha- nischen Systemen.....	136	7.8.3	Wegmesssysteme	242
6.2.1	Mechanische Arbeit	136	7.8.4	Positionsangabe und Koordinatensystem ..	243
6.2.2	Mechanische Leistung und Wirkungsgrad ..	137	7.8.5	Werkzeugvermessung und Werkzeugkorrekturen	244
6.3	Funktionseinheiten von mechanischen Systemen.....	139	7.8.6	Steuerungsarten	245
6.3.1	Funktionseinheiten zum Antreiben	140	7.8.6.1	Punktsteuerung	245
6.3.2	Funktionseinheiten zur Energieübertragung	140	7.8.6.2	Bahnsteuerung	245
6.3.2.1	Wellen	141	7.8.7	CNC-Programm	248
6.3.2.2	Kupplungen	142	7.8.8	Programmieren von CNC-Fertigungs- maschinen	259
6.3.2.3	Getriebe	144	7.8.9	Beispiele numerisch gesteuerter Ferti- gungsmaschinen	261
6.3.2.4	Kenngrößen von Getrieben	148	7.9	Handhabungstechnik und Robotertechnik ..	266
6.3.2.5	Linearantriebe	150	7.9.1	Handhabungseinrichtungen	267
6.3.3	Funktionseinheiten zum Arbeiten	151	7.9.1.1	Balancer	268
6.3.4	Funktionseinheiten zum Stützen und Tragen	151	7.9.1.2	Manipulatoren	269
6.3.4.1	Gehäuse und Gestelle	151	7.9.1.3	Teleoperatoren	269
6.3.4.2	Führungen	152	7.9.1.4	Modulare Systeme	269
6.3.4.3	Lager	155	7.9.1.5	Industrieroboter	270
7	Herstellen mechanischer Systeme (Fertigungstechnik)	163	7.9.2	Kinematik des Roboters	274
7.1	Grundlagen der Fertigungstechnik	163	7.9.2.1	Getriebefreiheitsgrad	275
7.2	Die Fertigungshauptgruppen	163	7.9.2.2	Bauarten und Arbeitsräume	276
7.3	Das Urformen	166	7.9.3	Roboter-Steuerung	279
7.3.1	Urformen durch Gießen	166	7.9.4	Programmierung von IR	283
7.3.2	Urformen durch Sintern	167	8	Grundlagen der Elektrotechnik	285
7.3.3	Additive Fertigungsverfahren (3-D-Druck) ..	168	8.1	Das Bohr'sche Atommodell	286
7.4	Umformen	170	8.2	Ladungstrennung	287
7.4.1	Einteilung der Umformverfahren	170	8.2.1	Erzeugung elektrischer Spannung	288
7.4.2	Biegen	171	8.2.2	Spannungsarten	288
7.4.2.1	Technologische Grundlagen	171	8.3	Elektrischer Strom	289
7.4.2.2	Biegen von Rohren	172	8.4	Der elektrische Widerstand	291
7.4.2.3	Zuschneillängen	174	8.5	Das Ohm'sche Gesetz	292
7.5	Trennen	175	8.6	Elektrische Arbeit und elektrische Leistung ..	293
7.5.1	Grundlagen der mechanischen Trenn- verfahren	175	8.7	Wirkungsgrad	294
7.5.2	Spanen	176	8.8	Elektrisches Feld	295
			8.9	Magnetisches Feld	297
			8.9.1	Magnetische Kreise	298
			8.9.2	Grundgrößen des magnetischen Feldes ..	298
			8.9.3	Magnetische Werkstoffe	300
			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 (Basis- schutz)	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	Fehlerstromschutzteinrichtungen	394
9.1.2	Übersetzungsverhältnis	336	9.4.6	Prüfung elektrischer Betriebsmittel	397
9.1.3	Verluste und Wirkungsgrad	337	9.4.6.1	Ersprüfung 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			

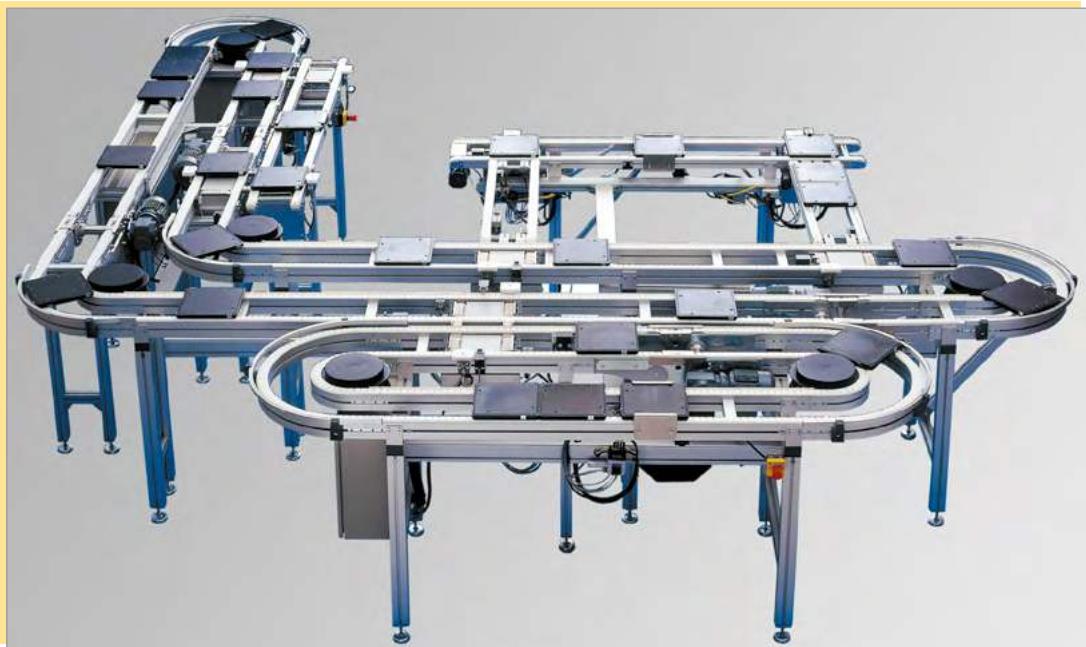
9.4.7	Überspannungen und Störspannungen	401	10.5.2.2	Verknüpfung von Signalen.....	471
9.4.7.1	Elektrostatische Aufladung.....	401	10.5.2.3	Schaltverzögerung	473
9.4.7.2	SEMP	401	10.5.2.4	Selbsthaltung.....	475
9.4.7.3	LEMP	402	10.6	Hydraulische Steuerungen.....	476
9.4.7.4	Blitzschutz	402	10.6.1	Hydraulische 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 Verknüpfungsschaltungen	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	529
10.2.14	Signalumsetzer	426	10.8.1	SPS	529
10.3	Zeichnerische Darstellung von Steuerungen	428	10.8.1.1	Aufbau und Funktionsweise	529
10.3.1	Bild- und Schaltzeichen der Bauteile von pneumatischen und hydraulischen Steuerungen	428	10.8.1.2	Kompakte SPS-Steuerungen	529
10.3.2	Schaltpläne	430	10.8.1.3	Modular aufgebaute SPS-Steuerungen	529
10.3.3	GRAFCET	432	10.8.1.4	Industrie-PC (Slot-SPS)	529
10.3.4	Zustandsdiagramme	436	10.8.1.5	Soft-SPS	530
10.4	Pneumatik	437	10.8.1.6	Verdrahtung der SPS	530
10.4.1	Physikalische Grundlagen	437	10.8.1.7	Die CPU (Central Processing Unit)	530
10.4.2	Verdichter	439	10.8.1.8	Programm in CPU laden; urlöschen	531
10.4.3	Druckluftaufbereitung und -verteilung	440	10.8.1.9	Zyklische Bearbeitung des Programmes	531
10.4.4	Arbeitsglieder	443	10.8.1.10	Eingänge; Eingabebaugruppe	532
10.4.4.1	Druckluftzylinder	443	10.8.1.11	Ausgänge; Ausgangsbaugruppe	532
10.4.4.2	Zylindersonderbauarten	444	10.8.2	Merker	533
10.4.4.3	Druckluftmotoren	447	10.8.2.1	Projektierung	533
10.4.5	Pneumatische Ventile	449	10.8.2.2	Betriebssystem-Software	533
10.4.5.1	Wegeventile	449	10.8.2.3	Anwendersoftware	533
10.4.5.2	Sperr- und Stromventile	451	10.8.3	Programmstruktur	534
10.4.5.3	Pneumatische Druckventile	452	10.8.3.1	Grundfunktionen	537
10.4.6	Grundschaltungen	453	10.8.3.2	Schließerkontakt; Öffnerkontakt	537
10.4.6.1	Einfacher Vor- und Rücklauf bei Zylindern	453	10.8.3.3	Binäre Verknüpfungen	537
10.4.6.2	Geschwindigkeitsbeeinflussung	455	10.8.3.4	UND-Funktion	538
10.4.6.3	Verknüpfung von Signalen	456	10.8.3.5	ODER-Funktion	538
10.4.6.4	Druckabhängige Steuerungen	459	10.8.3.6	Speicherfunktionen	539
10.4.6.5	Schaltverzögerung	460	10.8.3.7	Flankenauswertung	541
10.4.6.6	Signalüberschreitung	462	10.8.3.8	Zeitfunktionen	541
10.5	Elektropneumatik	466	10.8.3.9	Zählfunktionen	542
10.5.1	Bauteile in elektropneumatischen Anlagen	466	10.8.4	Vergleichsfunktionen	543
10.5.1.1	Elektrische Eingabeelemente	466	10.8.4.1	Ablaufsteuerung	543
10.5.1.2	Sensoren	466	10.8.4.2	Prozessüberwachung mit SPS-Programmen (Befehl Fehlerrückmeldung)	546
10.5.1.3	Relais und Schütz	467	10.8.4.3	Betriebsarten von Ablaufsteuerungen	549
10.5.1.4	Magnetventile	468	10.8.5	Grundformen von Ablaufsteuerungen	549
10.5.2	Grundschaltungen	470	10.9	Funktionale Sicherheit von Steuerungen	552
10.5.2.1	Vor- und Rücklauf bei Zylindern	470	10.9.1	IO-Link	556
				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	15	Montage, Inbetriebnahme und Instandhaltung mechatronischer Systeme	632
10.9.6	Einbindung des IO-Link-Masters in übergeordnete Feldbusse	559	15.1	Die Montagetätigkeit Fügen	632
11	Regelungstechnik	560	15.1.1	Formschlüssige Verbindungen	632
11.1	Grundbegriffe	560	15.1.2	Kraftschlüssige Verbindungen	633
11.2	Regelkreiselemente	561	15.1.3	Stoffschlüssige Verbindungen	633
11.2.1	Proportionalglied ohne Verzögerung (P-Glied)	561	15.2	Montagetätigkeit Prüfen und Justieren	634
11.2.2	Proportionalglied mit Verzögerung 1. Ordnung (PT ₁ -Glied)	561	15.2.1	Prüftätigkeiten vor der Montage	634
11.2.3	Proportionalglied mit Verzögerung 2. Ordnung (PT ₂ -Glied)	562	15.2.2	Prüftätigkeiten während der Montage	634
11.2.4	Integralglied (I-Glied)	563	15.2.3	Prüftätigkeiten nach der Montage	634
11.2.5	Differenzierglied (D-Glied)	564	15.3	Montageplanung	635
11.2.6	Totzeitglied (T _t -Glied)	565	15.3.1	Der Montageplan	636
11.3	Regeleinrichtungen und Regelglieder	565	15.3.2	Beispiel eines Montageplanes	636
11.3.1	Unstetige Regelglieder	565	15.4	Organisationsformen der Montage	637
11.3.2	Stetige Regelglieder	566	15.5	Montagebeispiele	639
11.3.3	Digitale Regelglieder	568	15.5.1	Beispiel für Montageplan eines elektro-pneumatischen Ventilblockes auf DIN-Schiene	640
11.4	Stabilität von Regelkreisen	569	15.5.2	Auszug aus dem Montageplan eines Handlinggerätes zur Realisierung von Handhabungslösungen an Spritzguss-maschinen	641
12	Bussysteme in der Automatisierungstechnik	570	15.6	Arbeitssicherheit bei der Montage	644
12.1	Kommunikationsmodell	575	15.6.1	Vorbeugende Sicherheitsmaßnahmen bei der Arbeit an Maschinen, Anlagen und mechatronischen Systemen	644
12.2	Topologien	575	15.6.2	Maßnahmen bei einem Arbeitsunfall	645
12.3	Übertragungsmedien	578	15.6.3	Brandschutz und Maßnahmen im Brandfalle	646
12.4	Übertragungsarten	580	15.6.4	Umgang mit Gefahrstoffen	647
12.5	Buszugriffsverfahren	581	15.6.5	Richtlinien für die Maschinen Sicherheit	647
12.5.1	Master/Slave-Verfahren	581	15.7	Inbetriebnahme	648
12.5.2	Das Token-Prinzip	582	15.7.1	Besonderheiten der Inbetriebnahme	648
12.5.3	Das CSMA-Verfahren	583	15.7.2	Grundsätzliches zum Verfahren der Inbetriebnahme	648
12.5.4	CSMA/CA	584	15.7.3	Inbetriebnahme pneumatischer und elektropneumatischer Anlagen	651
12.6	Datensicherheit	584	15.7.4	Inbetriebnahme hydraulischer und elektrohydraulischer Anlagen	653
12.7	AS-Interface	585	15.7.5	Inbetriebnahme elektrischer Maschinen	654
12.7.1	AS-Interface-Funktionsprinzip	585	15.7.6	Inbetriebnahme von SPS	655
12.7.2	AS-Interface-Verkabelung	587	15.7.7	Fehler bei der Inbetriebnahme von mechatronischen Systemen	655
12.7.3	Inbetriebnahme einer AS-Interface-Anlage	589	15.8	Instandhaltung von mechatronischen Systemen	658
12.7.4	Strukturen einer AS-Interface-Anlage	591	15.8.1	Verlauf der Systemausfallrate	658
12.7.5	Die AS-Interface-Spezifikation 2.11	593	15.8.2	Instandhaltungsstrategien	659
12.7.6	Die AS-Interface-Spezifikation 3.0	595	15.8.3	Die Wartung als vorbeugende Instandhaltungsmaßnahme	660
12.7.7	Die AS-Interface Spezifikation 5	595	15.8.4	Die Inspektion als Maßnahme zur Ausfall-verhütung	662
12.7.8	AS-i-Safety	596	15.8.5	Die Instandsetzung	663
12.8	PROFIBUS	596	15.8.6	Fehlersuche als Grundlage der Instandsetzung	663
12.8.1	PROFIBUS-DP	597	 Sachwortverzeichnis	667	
12.8.2	PROFIBUS-PA	599	 Bildquellenverzeichnis	679	
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			

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.

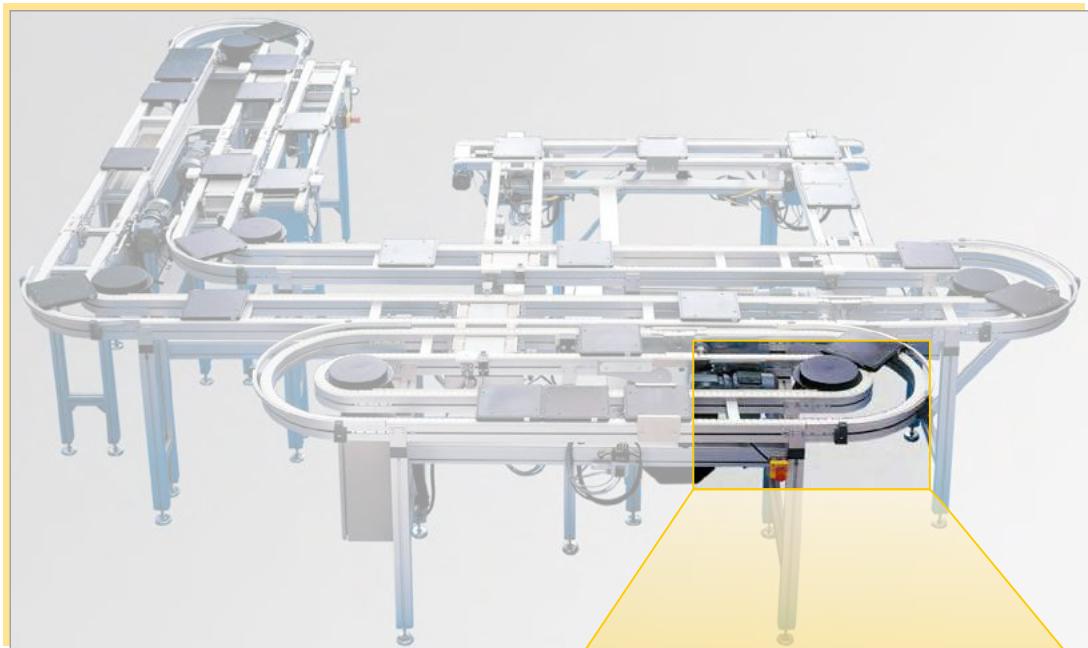
Im Folgenden sollen am Beispiel eines ausgewählten mechatronischen Systemes die Lernfelder interpretiert und der Einsatz des Fachbuches im Rahmen des Lernfeldkonzeptes gezeigt werden.



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.

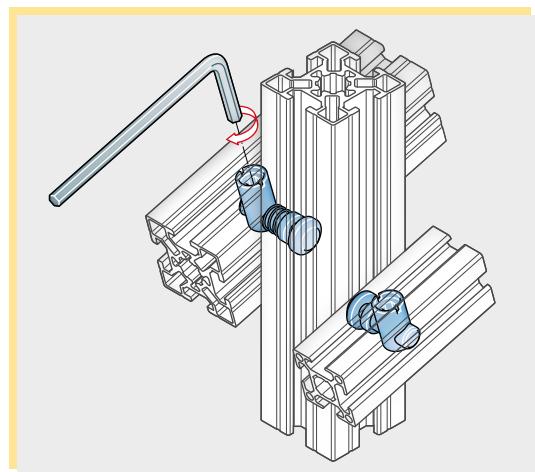
Da das Lernfeld 1 ein sogenanntes „Querschnittslerfeld“ ist, das in die restlichen Lernfelder einfließt, sind die zu vermittelnden inhaltlichen Schwerpunkte auch auf fast alle Kapitel des Buches verteilt und können je nach Lernsituation dort erarbeitet werden.

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.

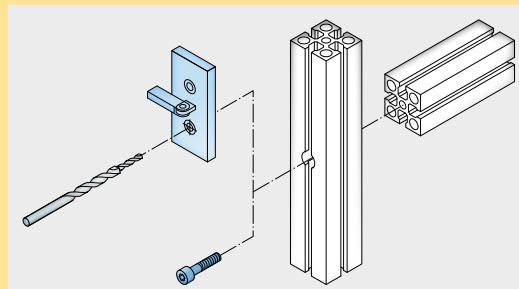


Tabelle 1: Lerninhalte des Lernfeldes 2

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
Grundschaltungen 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.

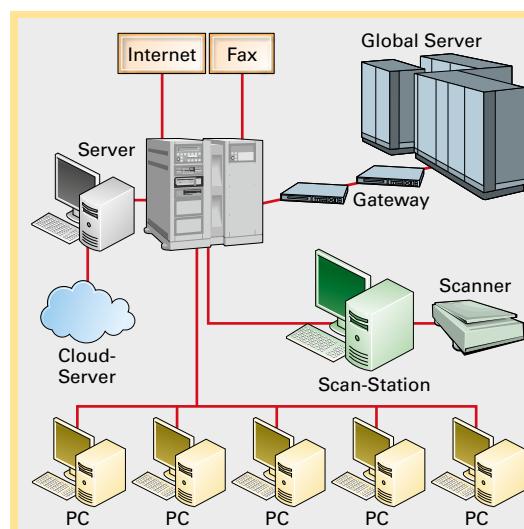


Tabelle 1: Lerninhalte des Lernfeldes 5

Lerninhalte	Fachkapitel im Lehrbuch
Betriebssysteme	Alle diese Inhalte werden schwerpunktmäßig im Kapitel 1 behandelt.
Vernetzte Datenverarbeitungsanlagen	Auf branchenspezifische Soft- und Hardware wird in den jeweiligen Kapiteln, wie z.B.
Datenschutz und Datensicherheit	7 Flexible Fertigungssysteme oder 10.7 SPS eingegangen.
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

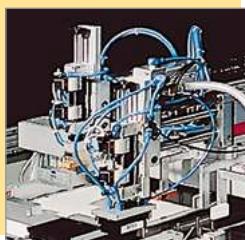
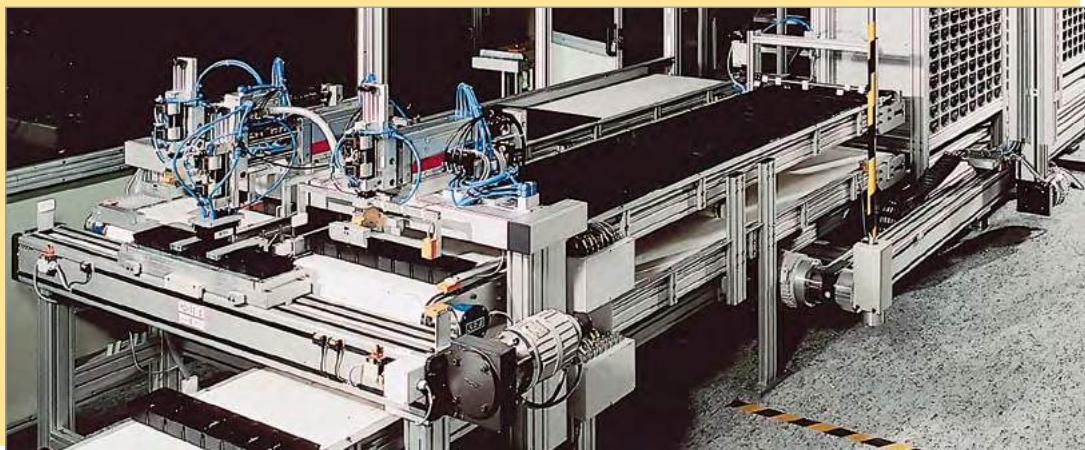
Betriebliche Organisationsstrukturen und die Organisation der Teamarbeit nach funktionalen, fertigungs-gerechten und ökonomischen Kriterien stehen im Mittelpunkt dieses Lernfeldes.

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	
Analyse von Arbeitsabläufen	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.
Bewertung und Dokumentation von Ergebnissen	
Ergonomie und vorbeugender Unfallschutz	
Einfache Zeit- und Kostenkalkulation	
Darstellungsverfahren von Arbeitsabläufen	
Qualitätsmanagement	

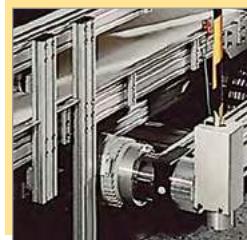
LF 7 | Realisieren mechatronischer Teilsysteme



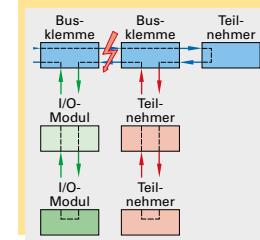
z.B. Pneumatische Steuerungen



z.B. Sensorotechnik



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 Antriebeinheiten 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
Positionierungsvorgänge, 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 projektiert und durchgeführt werden.

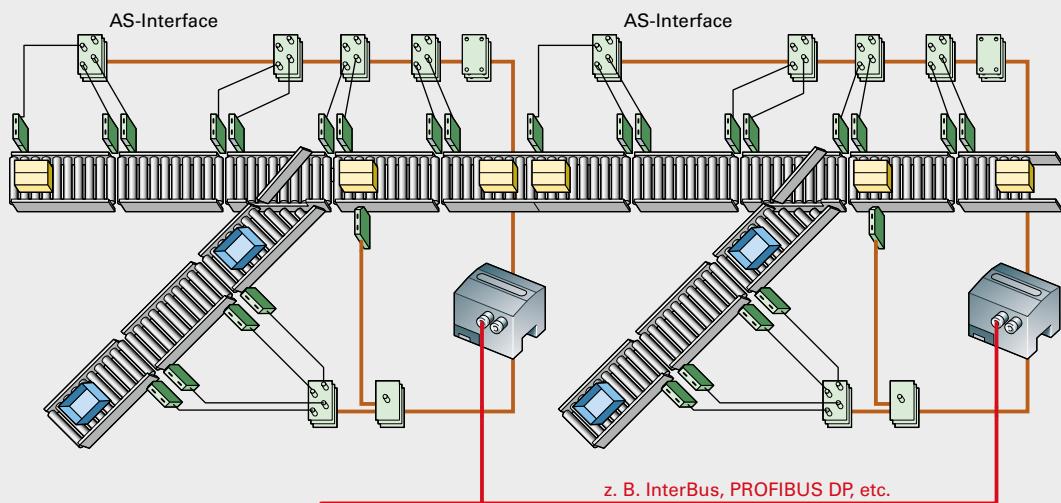


Tabelle 1: Lerninhalte des Lernfeldes 9

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.

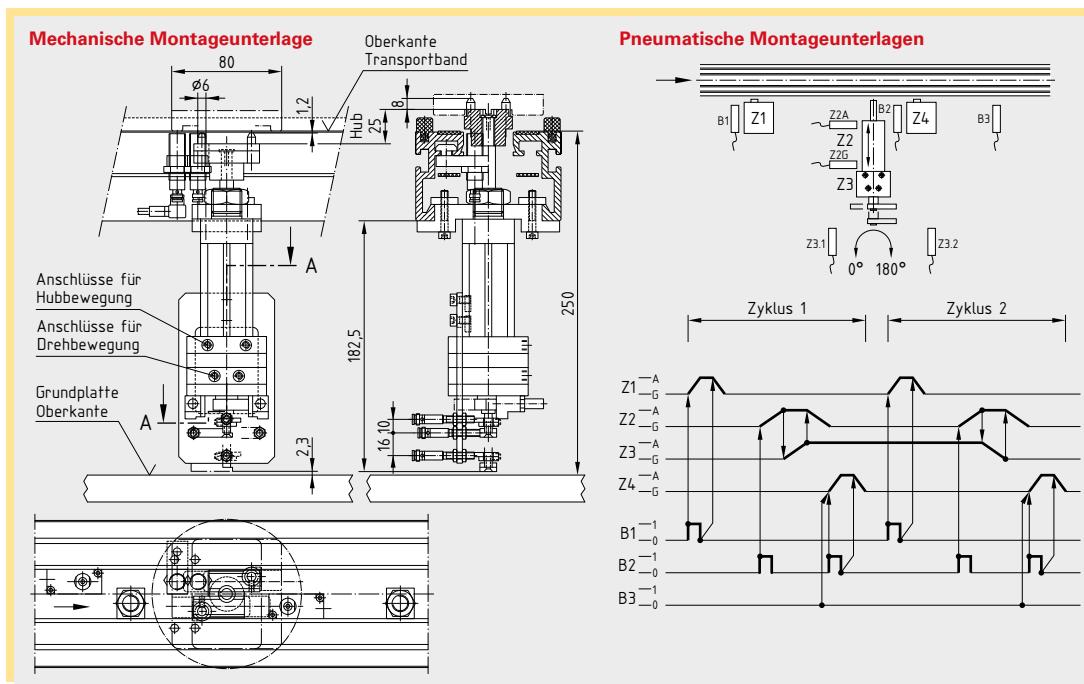


Tabelle 1: Lerninhalte des Lernfeldes 10

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 zusammengefasst.
Ver- und Entsorgungseinrichtungen mechatronischer Systeme	Darüber hinaus sind die Kapitel
Transportmittel, Hebezeuge und Montagehilfen	2 Technische Kommunikation
Sicherheitsmaßnahmen und deren Prüfung	3 Prüftechnik
Prüfungen während der Montage	7 Herstellen mechanischer Systeme
Form- und Lagetoleranzen	9 Elektrische Anlagen und
Justierarbeiten	10 Steuerungstechnik
Entsorgung und Recycling bei der Montage	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 dieser 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