



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Mechatronik

Fachkunde Mechatronik

6. Auflage

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

Europa-Nr.: 45119

Autoren:

H. Hebel	Dipl.-Ing.	Melsbach
G. Lämmlin	Dipl.-Ing.	Neustadt/Wstr.
Dr. C. Sartor	Dipl.-Ing.	Mettmann
A. Scheib	Dipl.-Ing.	Hauenstein
P. Schott	Dipl. Päd.	München
E. Thiele	Dipl.-Ing.	Wildau

Aus dem Arbeitskreis „Fachkunde Elektrotechnik“:

W. Eichler	Dipl.-Ing.	Kaiserslautern
O. Spielvogel	Dipl.-Ing.	Kirchheim-Teck
U. Winter	Dipl.-Ing.	Kaiserslautern

Autoren und Lektor bedanken sich bei den Herren Bartenschlager und Klatt für die Mitarbeit an den Auflagen 1 bis 5.

Ebenso bedanken sich die Mitglieder des Arbeitskreises bei dem Arbeitskreis „Metallbau und Fertigungstechnik – Grundbildung“ für die Unterstützung.

Lektorat und Leitung des Arbeitskreises:

G. Lämmlin

Bildentwürfe: Die Autoren

Fotos: Leihgaben der Firmen (Verzeichnis Seite 661)

Illustrationen: Grafische Produktionen Jürgen Neumann, 97222 Rimpfing

Betreuung der Bildbearbeitung: Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, 73760 Ostfildern

6. Auflage 2019, korrigierter Nachdruck 2020

Druck 5 4 3 2

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf korrigierte Druckfehler untereinander unverändert sind.

ISBN 978-3-8085-4529-4

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

© 2019 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt

Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald

Umschlagfoto: FESTO AG & Co. KG, Esslingen

Druck: optimal media GmbH, 17207 Röbel/Müritz

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

Auf diesen Grundlagen wurde das vorliegende Buch von einem Team aus Ingenieuren und Lehrern an Berufsbildenden Schulen erstellt. Unterstützt wurden sie dabei von Kollegen der Arbeitskreise

Fachkunde Elektrotechnik und

Metallbau und Fertigungstechnik – Grundbildung

des Verlages EUROPA-Lehrmittel. Diesen Kollegen gilt auch der besondere Dank der Autoren.

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 veranlassen 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.

Neben entwicklungsbedingten Anpassungen in vielen Bereichen wurden für die **dritte Auflage** die Bereiche „Elektronische Bauelemente“ und „Elektrische Messtechnik“ als eigenständige Kapitel neu aufgenommen und das Kapitel „Elektrische Antriebe“ neu gestaltet.

In der **vierten Auflage** wurde neben den erforderlichen allgemeinen Aktualisierungen vor allem das Kapitel „Grundlagen der Datenverarbeitung“ auf die neuesten Versionen der Office-Pakete umgestellt, sowie um die Bereiche „Grundlagen der Programmierung“ und „Bedrohung von Netzen und Computern“ erweitert. Das Kapitel „Bussysteme in der Automatisierungstechnik“ wurde an den derzeitigen Stand der Technik angepasst. Im Unterkapitel „CNC-Technik“ wurden die Neuerungen der PAL-Steuerung eingearbeitet.

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

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

Inhaltsverzeichnis

Interpretation der Lernfelder		9		
LF 1	Analysieren von Funktionszusammenhängen in mechatronischen Systemen	9	2.1.4	Bemaßung von Einzelteilen
LF 2	Herstellen mechanischer Teilsysteme	10	2.1.5	Gewindedarstellung.....
LF 3	Installieren elektrischer Betriebsmittel unter Beachtung sicherheitstechnischer Aspekte.....	12	2.1.6	Genormte Einzelheiten
LF 4	Untersuchen der Energie- und Informationsflüsse in elektrischen, pneumatischen und hydraulischen Baugruppen	13	2.1.7	Gruppenzeichnungen
LF 5	Kommunizieren mithilfe von Datenverarbeitungsanlagen.....	14	2.2	Tabellen und Diagramme.....
LF 6	Planen und Organisieren von Arbeitsabläufen.....	14	2.2.1	Tabellen.....
LF 7	Realisieren mechatronischer Teilsysteme.....	15	2.2.2	Diagramme
LF 8	Design und Erstellung mechatronischer Systeme.....	16	2.3	Technische Kommunikation mithilfe von Plänen.....
LF 9	Untersuchen des Informationsflusses in komplexen mechatronischen Systemen	17	2.4	Die Sprache als Kommunikationsmittel
LF 10	Planen der Montage und Demontage.....	18	2.4.1	Das Erstellen von Protokollen.....
LF 11	Inbetriebnahme, Fehlersuche und Instandsetzung	19	2.4.2	Referate und Vorträge
LF 12	Vorbeugende Instandhaltung	20	2.4.3	Referaterstellung.....
LF 13	Übergabe von mechatronischen Systemen an Kunden.....	20	2.4.4	Der Vortrag des Referates
1 Grundlagen der Datenverarbeitung		21	3 Prüftechnik	
1.1	Betriebssysteme	23	3.1	Längen- und Winkelprüfung
1.1.1	Aufgaben eines Betriebssystems	23	3.2	Mechanische Prüfmittel.....
1.1.2	Betriebssystem-Kategorien	24	3.2.1	Messschieber.....
1.1.3	Client-Server-Betriebssystem (von Windows)	27	3.2.2	Messschrauben
1.2	Office-Anwendungen	33	3.2.3	Messuhren
1.2.1	Textverarbeitung	37	3.2.4	Winkelmesser
1.2.2	Tabellenkalkulation	42	3.3	Pneumatische Messgeräte
1.2.3	Präsentationssoftware	47	3.4	Elektrische Messgeräte
1.2.4	Datenbanksysteme.....	53	3.5	Elektronische Messgeräte
1.3	Ergänzende Software.....	57	3.6	Prüfen mit Lehren.....
1.3.1	Bildbearbeitung	57	3.7	Prüfung von Oberflächen
1.3.2	Erzeugung von PDF-Dokumenten	59	3.7.1	Grundbegriffe der Oberflächenprüfung.....
1.3.3	Projektmanagement.....	60	3.7.2	Oberflächenprüfverfahren.....
1.4	Einführung in die Programmierung	63	3.7.3	Rauheitsmessgrößen.....
1.4.1	Programmiersprachen.....	63	3.7.4	Angabe von Oberflächengüten in Technischen Zeichnungen
1.4.2	Der Algorithmus.....	63	3.8	Toleranzen und Passungen
1.4.3	Allgemeiner Aufbau eines Programms	63	3.8.1	Maßtoleranzen.....
1.4.4	Datentypen und Variablen	64	3.8.2	Passungen.....
1.4.5	Datentypen.....	64	3.8.3	Passungssysteme.....
1.4.6	Ein- und Ausgabe bei Hochsprachen.....	65	3.8.4	Form- und Lagetoleranzen
1.4.7	Verknüpfung von Datentypen.....	65	4 Qualitätsmanagement	
1.4.8	Programmentwicklung	65	4.1	Der Qualitätsbegriff.....
1.4.9	Darstellungsarten von Algorithmen.....	66	4.2	Aufgaben des Qualitätsmanagements
1.4.10	Programmbeispiel:.....	67	4.2.1	Qualitätsplanung
1.5	Kommunikation in Netzen.....	68	4.2.2	Qualitätslenkung
1.5.1	Grundlagen	68	4.2.3	Qualitätsprüfung
1.5.2	Kommunikationsprotokolle.....	70	4.2.4	Qualitätsverbesserung.....
1.5.3	Bedrohung von Netzen und Computern	71	4.3	Qualitätsmanagement nach DIN EN ISO 9000:2015
2 Technische Kommunikation		73	4.4	Qualität ist nicht nur Chefsache.....
2.1	Die Technische Zeichnung als Kommunikationsmittel	73	4.5	Statistisches Qualitätsmanagement
2.1.1	Darstellungsarten	74	4.5.1	Zufällige und systematische Fehler.....
2.1.2	Einzelteil-Zeichnungen	76	4.5.2	Gauß'sche Normalverteilung.....
2.1.3	Schnittdarstellungen.....	80	4.5.3	Qualitätsregelkarten als Instrument der Qualitätskontrolle
			5 Werkstofftechnik	
			5.1	Einteilung der Werkstoffe.....
			5.2	Eigenschaften von Werkstoffen.....
			5.2.1	Physikalische Eigenschaften
			5.2.2	Chemisch-technologische Eigenschaften.....
			5.2.3	Mechanisch-technologische Eigenschaften
			5.2.4	Fertigungstechnische Eigenschaften
			5.2.5	Ökologische Eigenschaften

5.3	Aufbau metallischer Stoffe.....	114	7.4.2.2	Biegen von Rohren	172
5.3.1	Innerer Aufbau der Metalle	114	7.4.2.3	Zuschnittlängen.....	174
5.3.2	Kristallgitterarten	114	7.5	Trennen	175
5.4	Eisen- und Stahlwerkstoffe	115	7.5.1	Grundlagen der mechanischen Trenn- verfahren	175
5.4.1	Einteilung nach der Verwendung.....	115	7.5.2	Spanen	176
5.4.2	Einteilung nach Güteklassen.....	116	7.5.3	Sägen.....	178
5.4.3	Normung von Eisen- und Stahlwerk- stoffen.....	116	7.5.4	Feilen	180
5.4.4	Wichtige Stähle und Eisenwerkstoffe (Auswahl)	118	7.5.5	Spanende Fertigung mit Werkzeugma- schinen	181
5.5	Nichteisenmetalle.....	121	7.5.6	Bohren	184
5.5.1	Kupfer und Kupferlegierungen	121	7.5.7	Senken.....	189
5.5.2	Aluminium und Aluminiumlegierungen	122	7.5.8	Reiben.....	190
5.6	Weitere wichtige Metalle	123	7.5.9	Gewindeschneiden	191
5.7	Sinterwerkstoffe	124	7.5.10	Drehen	195
5.7.1	Herstellung von Sinterteilen	124	7.5.11	Fräsen	201
5.7.2	Einsatzbereiche von Sintermetallen	124	7.5.12	Schleifen.....	206
5.8	Korrosion.....	125	7.6	Fügen.....	209
5.8.1	Korrosionsursachen.....	125	7.6.1	Einteilung und Wirkweise.....	209
5.8.2	Erscheinungsformen der Korrosion.....	126	7.6.2	Schraubverbindung	210
5.8.3	Korrosionsschutzmaßnahmen	126	7.6.3	Stift- und Bolzenverbindung	219
5.9	Kunststoffe	127	7.6.4	Keilverbindung	221
5.9.1	Eigenschaften von Kunststoffen und ihre Verwendungsmöglichkeiten	127	7.6.5	Federverbindung.....	222
5.9.2	Einteilung von Kunststoffen.....	128	7.6.6	Löten.....	223
5.10	Verbundstoffe	130	7.6.7	Schweißen	226
5.11	Hilfsstoffe	131	7.6.8	Kleben	230
5.12	Werkstoffe und Umweltschutz.....	132	7.6.9	Pressverbindungen	232
6	Mechanische Systeme	133	7.6.10	Klemm- und Quetschverbindungen.....	233
6.1	Grundlagen des Systemgedankens	133	7.7	Fertigungsautomatisierung.....	235
6.1.1	Die Systemgrenzen	134	7.7.1	Historische Entwicklung	235
6.1.2	Die Ein- und Ausgangsgrößen.....	134	7.7.2	Bausteine der Fertigungsautomatisierung..	237
6.1.3	Haupt- und Teilfunktionen eines technischen Systems	134	7.8	CNC-Steuerungen	239
6.2	Physikalische Grundlagen von mecha- nischen Systemen.....	136	7.8.1	Historische Entwicklung	239
6.2.1	Mechanische Arbeit	136	7.8.2	Merkmale von CNC-Maschinen.....	241
6.2.2	Mechanische Leistung und Wirkungsgrad..	137	7.8.3	Wegmesssysteme	242
6.3	Funktionseinheiten von mechanischen Systemen	139	7.8.4	Positionsangabe und Koordinatensystem ..	243
6.3.1	Funktionseinheiten zum Antreiben	140	7.8.5	Werkzeugvermessung und Werkzeugkorrekturen.....	244
6.3.2	Funktionseinheiten zur Energieübertragung	140	7.8.6	Steuerungsarten	245
6.3.2.1	Wellen.....	141	7.8.6.1	Punktsteuerung	245
6.3.2.2	Kupplungen	142	7.8.6.2	Bahnsteuerung	245
6.3.2.3	Getriebe.....	144	7.8.7	CNC-Programm	248
6.3.2.4	Kenngrößen von Getrieben	148	7.8.8	Programmieren von CNC-Fertigungs- maschinen.....	259
6.3.2.5	Linearantriebe.....	150	7.8.9	Beispiele numerisch gesteuerter Ferti- gungsmaschinen.....	261
6.3.3	Funktionseinheiten zum Arbeiten.....	151	7.9	Handhabungstechnik und Robotertechnik..	266
6.3.4	Funktionseinheiten zum Stützen und Tragen	151	7.9.1	Handhabungseinrichtungen	267
6.3.4.1	Gehäuse und Gestelle.....	151	7.9.1.1	Balancer.....	268
6.3.4.2	Führungen.....	152	7.9.1.2	Manipulatoren	269
6.3.4.3	Lager	155	7.9.1.3	Teleoperatoren	269
7	Herstellen mechanischer Systeme (Fertigungstechnik)	163	7.9.1.4	Modulare Systeme.....	269
7.1	Grundlagen der Fertigungstechnik	163	7.9.1.5	Industrieroboter	270
7.2	Die Fertigungshauptgruppen.....	163	7.9.2	Kinematik des Roboters.....	274
7.3	Das Urformen	166	7.9.2.1	Getriebefreiheitsgrad.....	275
7.3.1	Urformen durch Gießen	166	7.9.2.2	Bauarten und Arbeitsräume.....	276
7.3.2	Urformen durch Sintern	167	7.9.3	Roboter-Steuerung	279
7.3.3	Additive Fertigungsverfahren (3-D-Druck)..	168	7.9.4	Programmierung von IR.....	283
7.4	Umformen.....	170	8	Grundlagen der Elektrotechnik	285
7.4.1	Einteilung der Umformverfahren	170	8.1	Das Bohr'sche Atommodell	286
7.4.2	Biegen.....	171	8.2	Ladungstrennung.....	287
7.4.2.1	Technologische Grundlagen.....	171	8.2.1	Erzeugung elektrischer Spannung	288
			8.2.2	Spannungsarten.....	288
			8.3	Elektrischer Strom.....	289
			8.4	Der elektrische Widerstand	291
			8.5	Das Ohm'sche Gesetz	292
			8.6	Elektrische Arbeit und elektrische Leistung	293

8.7	Wirkungsgrad	294	9.1.1.4	Kurzschlussspannung.....	339
8.8	Elektrisches Feld.....	295	9.1.1.5	Kurzschlussstrom.....	340
8.9	Magnetisches Feld.....	297	9.1.1.6	Wirkungsgrad von Transformatoren	341
8.9.1	Magnetische Kreise.....	298	9.1.2	Kleintransformatoren.....	342
8.9.2	Grundgrößen des magnetischen Feldes	298	9.1.3	Spartransformatoren.....	343
8.9.3	Magnetische Werkstoffe.....	300	9.2	Elektrische Antriebe	344
8.9.4	Magnetisierung ferromagnetischer Werkstoffe	301	9.2.1	Grundlagen elektrischer Maschinen	345
8.9.5	Kraftwirkung auf parallel verlaufende stromdurchflossene Leiter	302	9.2.2	Drehstromasynchronmotoren	347
8.9.6	Elektromagnetische Induktion	302	9.2.3	Einphasen-Wechselstrommotoren.....	350
8.10	Grundsaltungen elektrischer Widerstände.....	306	9.2.4	Gleichstrommotoren.....	351
8.10.1	Widerstandsbauelemente im Stromkreis....	306	9.2.4.1	Wirkungsweise von Gleichstrommotoren...	352
8.10.2	Widerstandskennzeichnung.....	306	9.2.4.2	Arten von Gleichstrommotoren.....	353
8.10.3	Reihenschaltung von Widerständen	307	9.2.4.3	Spannungsstellung bei vorhandenem Wechselspannungsnetz.....	355
8.10.4	Maschensatz (zweites Kirchhoff'sches Gesetz).....	308	9.2.5	Veränderung der Drehfeldzahl bei Asynchronmotoren.....	356
8.10.5	Parallelschaltung von Widerständen	308	9.2.5.1	Prinzip des Frequenzumrichters	357
8.10.6	Knotenpunktregel (erstes Kirchhoff'sches Gesetz).....	309	9.2.5.2	Verhalten der Asynchronmaschine bei Frequenzsteuerung	359
8.11	Grundlagen der Wechselstromtechnik.....	309	9.2.6	Servoantriebe	360
8.11.1	Erzeugung von Wechselspannungen und Begriffsdefinitionen.....	309	9.2.7	Schrittmotoren	362
8.11.2	Zeiger zur Darstellung von Wechsel- größen.....	311	9.2.8	EC-Motoren – Motoren mit elektronischer Kommutierung	364
8.11.3	Frequenz und Periodendauer.....	311	9.2.9	Schutz elektrischer Antriebe	367
8.11.4	Kreisfrequenz.....	311	9.2.10	Einsatz eines variablen Antriebes in einer Applikation	370
8.11.5	Wellenlänge	312	9.3	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) ..	373
8.11.6	Effektivwert	312	9.3.1	EMV-Messungen	374
8.12	Der Kondensator im Stromkreis	313	9.3.2	EMV-Schutzmaßnahmen	375
8.13	Die Spule im Stromkreis.....	315	9.3.3	Frequenzspektrum elektromagnetischer Felder.....	376
8.14	Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom).....	317	9.4	Schutzmaßnahmen.....	377
8.14.1	Entstehung der Dreiphasenwechsel- spannung	317	9.4.1	Gefahren im Umgang mit dem elektrischen Strom	377
8.14.2	Verkettung.....	317	9.4.1.1	Wirkungen des elektrischen Stroms im menschlichen Körper.....	377
8.14.3	Sternschaltung (Zeichen: Υ)	319	9.4.1.2	Direktes und indirektes Berühren	379
8.14.4	Dreieckschaltung (Zeichen: Δ).....	321	9.4.1.3	Fachbegriffe Schutzmaßnahmen	379
8.14.5	Anwendung von Sternschaltung und Dreieckschaltung.....	322	9.4.2	Sicherheitsbestimmungen für Nieder- spannungsanlagen.....	380
8.14.6	Leistung bei Dreiphasenwechselstrom.....	323	9.4.2.1	Schutzklassen	380
8.15	Grundlagen elektronischer Bauelemente....	325	9.4.2.2	IP-Schutzarten.....	381
8.15.1	Die Diode.....	325	9.4.2.3	Maßnahmen bei Arbeiten an elektrischen Anlagen	382
8.15.1.1	Die Zener-Diode.....	326	9.4.2.4	Qualifikationen für Arbeiten in der Elektro- technik	383
8.15.1.2	Die Leuchtdiode.....	326	9.4.2.5	Fehlerarten in elektrischen Anlagen.....	384
8.15.2	Der Transistor	327	9.4.2.6	Spannungen im Fehlerfall.....	384
8.15.3	Bauelemente der Leistungselektronik.....	328	9.4.3	Schutz gegen elektrischen Schlag.....	385
8.15.3.1	Die Leistungsdiode.....	329	9.4.4	Automatische Abschaltung der Strom- versorgung.....	386
8.15.3.2	Der Diac.....	329	9.4.4.1	Anforderungen an den Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren).....	386
8.15.3.3	Der p-Gate-Thyristor	329	9.4.4.2	Anforderungen an den Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren).....	387
8.15.3.4	Der Triac	329	9.4.4.3	Schutz im TN-System	388
8.15.3.5	Der Insulated Gate Bipolar Transistor.....	330	9.4.4.4	Schutz im TT-System	389
8.16	Grundlagen der elektrischen Messtechnik ..	331	9.4.4.5	Schutz im IT-System	390
8.16.1	Erfassung elektrischer Größen: Messgeräte	331	9.4.5	Doppelte oder verstärkte Isolierung.....	391
8.16.2	Messung der elektrischen Spannung	332	9.4.6	Schutztrennung	391
8.16.3	Messung des elektrischen Stromes	332	9.4.7	Schutz durch Kleinspannung mittels SELV oder PELV.....	392
8.16.4	Spannungsfehlerschaltung	333	9.4.8	Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen.....	393
8.16.5	Stromfehlerschaltung	333	9.4.8.1	Hauptaufgaben der RCDs.....	393
8.16.6	Messung zeitabhängiger elektrischer Größen	333	9.4.8.2	Aufbau und Funktion	393
9	Elektrische Maschinen	335	9.4.9	Prüfen der Schutzmaßnahmen.....	394
9.1	Transformatoren	336			
9.1.1	Einphasentransformatoren	336			
9.1.1.1	Leerlaufspannung	336			
9.1.1.2	Übersetzungen	337			
9.1.1.3	Leerlauf und Belastung.....	338			

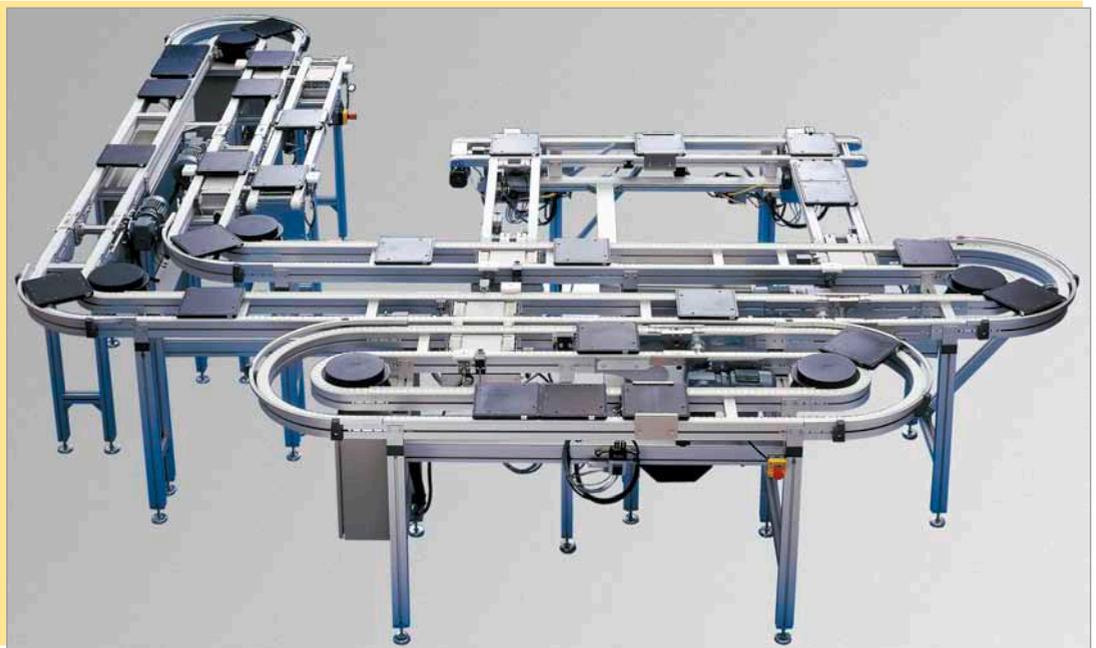
9.4.9.1	Erstprüfungen von ortsfesten elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln nach DIN VDE 0100, Teil 600	395	10.4.6.2	Geschwindigkeitsbeeinflussung	454
9.4.9.2	Prüfen der Schutzleiter und Schutzpotenzialausgleichsleiter	397	10.4.6.3	Verknüpfung von Signalen	455
9.4.9.3	Messen der Isolationswiderstände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

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

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.

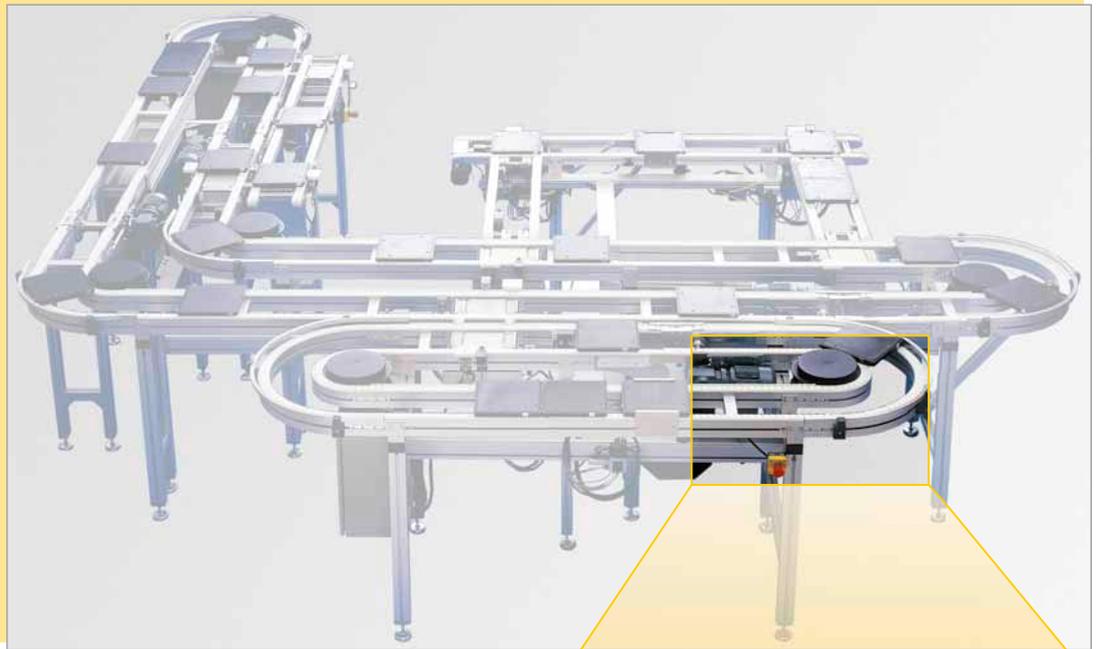


LF 1 | Analysieren von Funktionszusammenhängen in mechatronischen Systemen

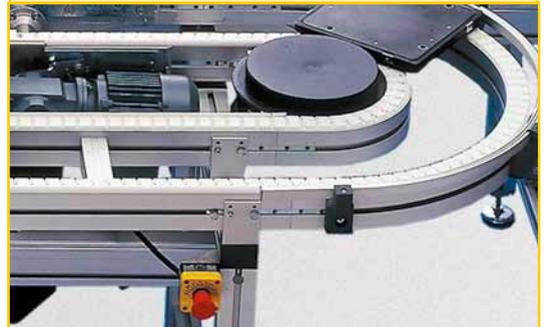
Dieses Lernfeld soll die Mechatroniker und Mechatronikerinnen in die Lage versetzen, Systeme ganzheitlich zu betrachten und zu analysieren. Dazu ist es erforderlich, dass die Systeme in ihre Teilsysteme und -elemente zerlegt werden können sowie ihre Aufgaben und Funktionszusammenhänge und die Signal-, 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 „Querschnittlernfeld“ 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

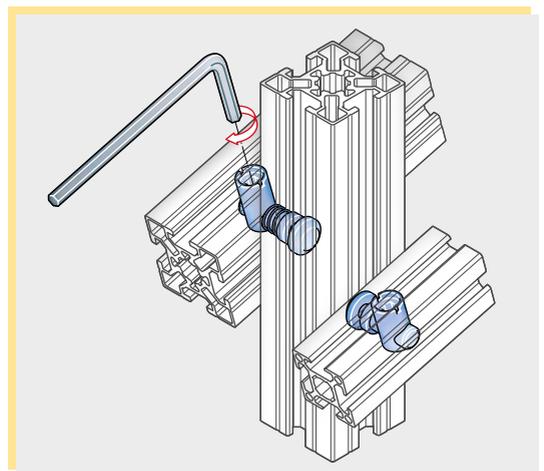


Mechatronische Systeme bestehen immer auch aus mechanischen Bauteilen und Systemen, die durch die Bearbeitung von Rohteilen oder Halbzeugen geschaffen wurden. So sind die in dem abgebildeten mechatronischen System verwendeten Einzelteile aus dem Halbzeug „Aluminium-Profilrohr“ hergestellt. Die in Form 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.

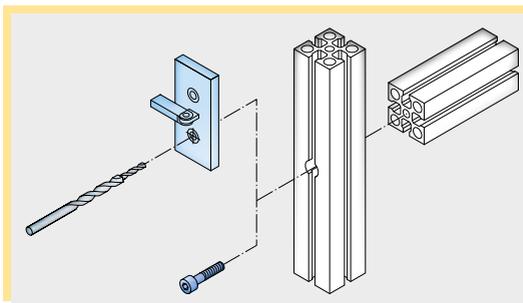
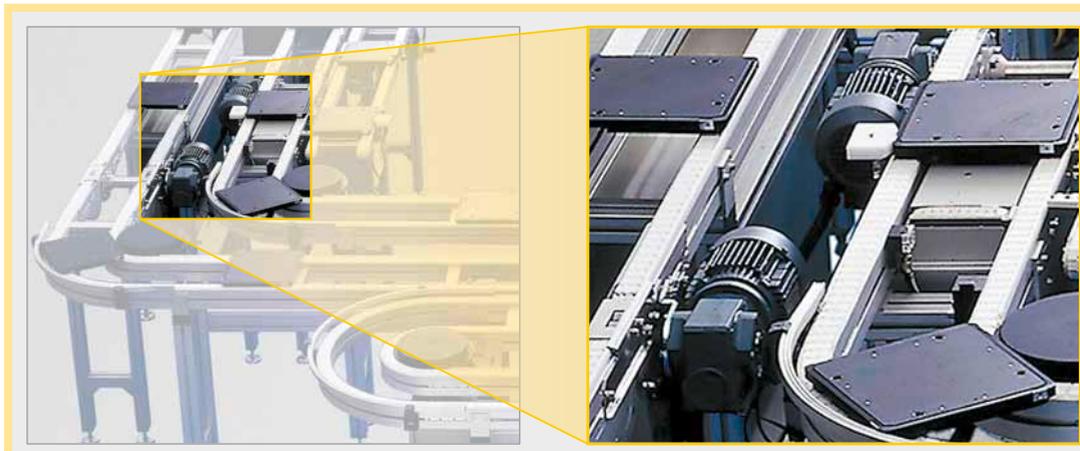


Tabelle 1: Lerninhalte des Lernfeldes 2

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
Betriebspezifische 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 Mechatronik 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.

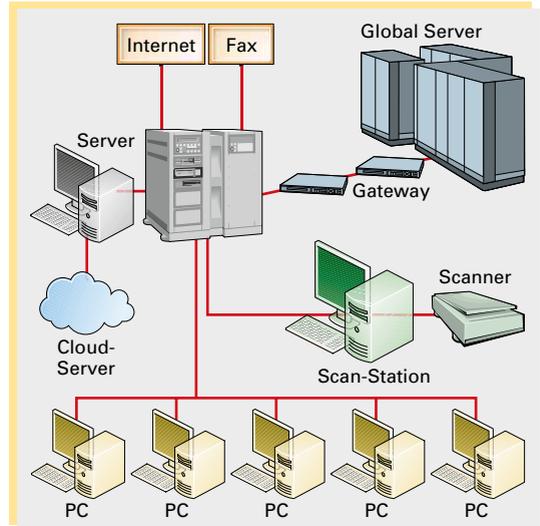


Tabelle 1: Lerninhalte des Lernfeldes 5

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. 7 Flexible Fertigungssysteme oder 10.7 SPS 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

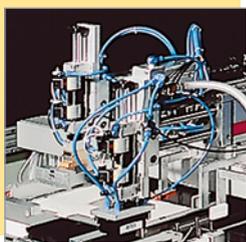
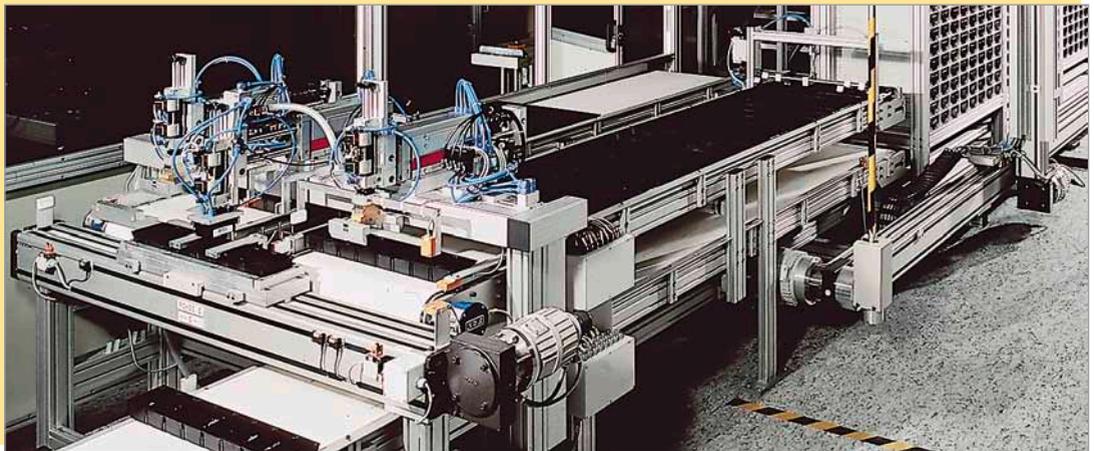
Betriebliche Organisationsstrukturen und die Organisation der Teamarbeit nach funktionalen, fertigungsgerechten und ökonomischen Kriterien stehen im Mittelpunkt dieses Lernfeldes.

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.

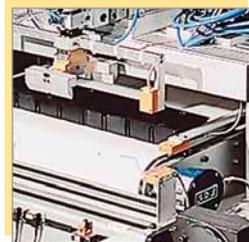
Tabelle 2: Lerninhalte des Lernfeldes 6

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	

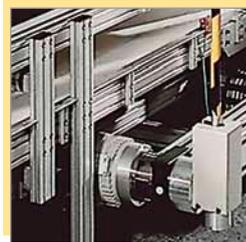
LF 7 Realisieren mechatronischer Teilsysteme



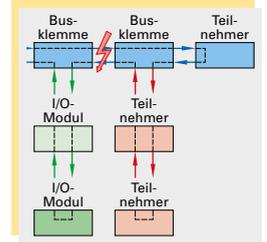
z. B. Pneumatische Steuerungen



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.

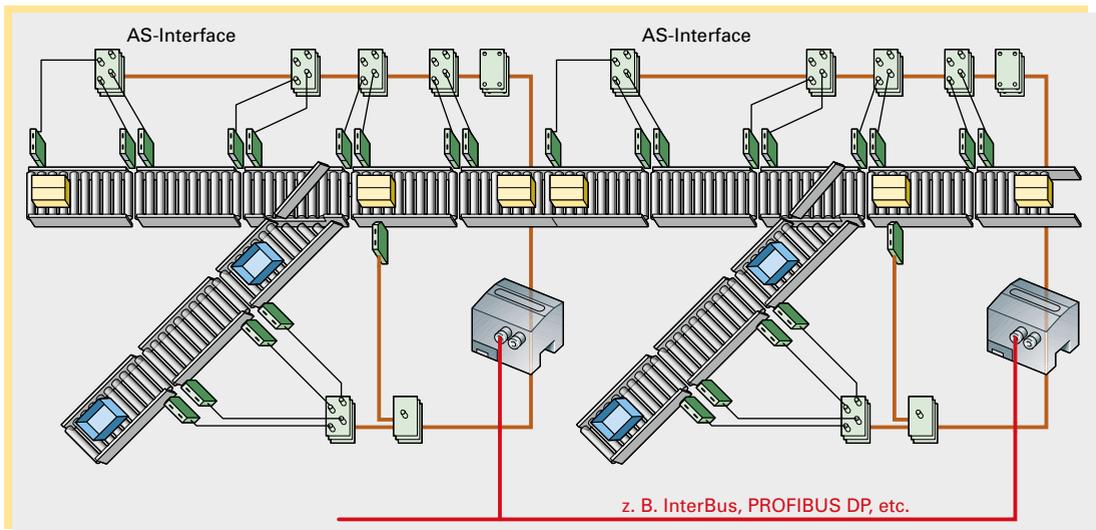


Tabelle 1: Lerninhalte des Lernfeldes 9

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.

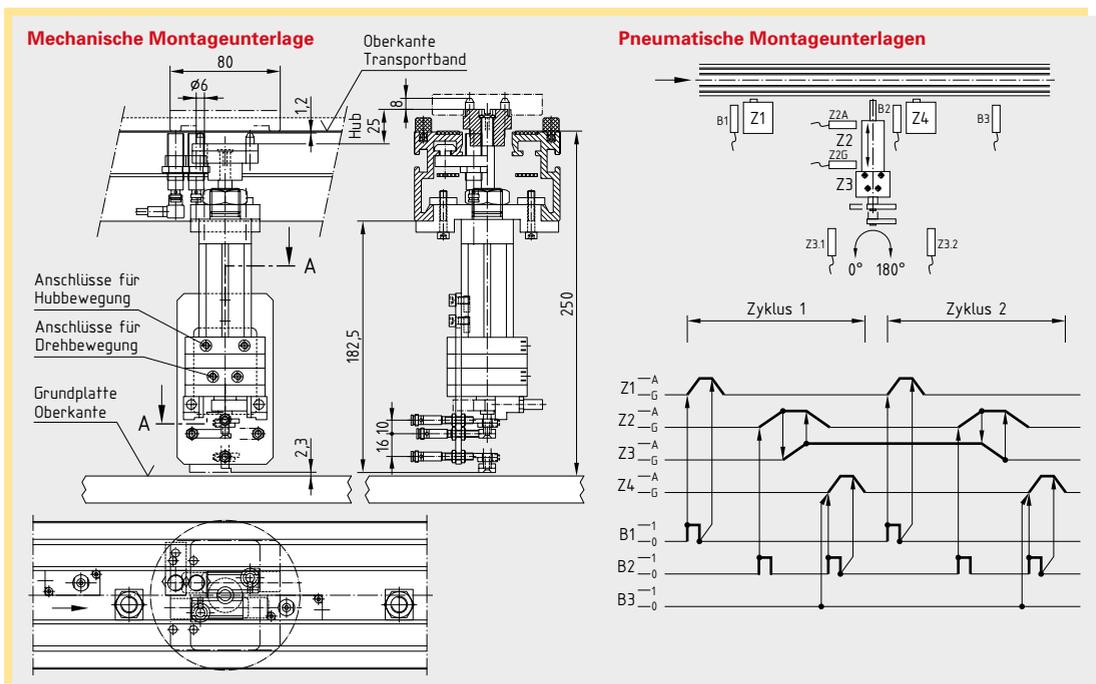


Tabelle 1: Lerninhalte des Lernfeldes 10

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
Justiarbeiten	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

LF 12 | Vorbeugende Instandhaltung

In diesem Lernfeld steht die Betriebssicherheit von mechatronischen Systemen im Vordergrund. Aus den Kenntnissen über die funktionalen Zusammenhänge der einzelnen Systemkomponenten werden Rückschlüsse auf die Erzielung der Betriebssicherheit gezogen und gegebenenfalls geeignete Maßnahmen ergriffen. Aus Wartungsanleitungen und Betriebshandbüchern werden typische Instandhaltungsaufgaben ermittelt und beschrieben. Die Mechatronikerinnen und Mechatroniker werden befähigt, selbst Wartungspläne zu erstellen.

Tabelle 1: Lerninhalte des Lernfeldes 12

Lerninhalte	Fachkapitel im Lehrbuch
	Wie in Lernfeld 11 gilt auch für dieses Lernfeld, dass die Inhalte überwiegend im Kapitel 14 Montage, Inbetriebnahme und Instandhaltung von mechatronischen Systemen bearbeitet werden. Zusätzlich sind bei verschiedenen Lerninhalten folgende Kapitel zu berücksichtigen:
Verschmutzung, Ermüdung, Verbrauch, Verschleiß und deren Auswirkungen	6 Mechanische Systeme
Systemzuverlässigkeit	14 Montage, Inbetriebnahme und Instandhaltung von mechatronischen Systemen
Erstellung und Anpassung von Wartungsplänen	2 Technische Kommunikation
Inspektionen	14 Montage, Inbetriebnahme und Instandhaltung von mechatronischen Systemen
Verfahren zur Überprüfung von Sicherheitseinrichtungen	14 Montage, Inbetriebnahme und Instandhaltung von mechatronischen Systemen
Anpassung von Systemkomponenten an veränderte Anforderungen	14 Montage, Inbetriebnahme und Instandhaltung von mechatronischen Systemen
Diagnoseverfahren und Wartungssysteme	14 Montage, Inbetriebnahme und Instandhaltung von mechatronischen Systemen
Qualitätsmanagement	4 Qualitätsmanagement
Dokumentation	2 Technische Kommunikation
Einarbeiten von Änderungen in technische Unterlagen	2 Technische Kommunikation

LF 13 | Übergabe von mechatronischen Systemen an Kunden

Mechatroniker müssen in der Lage sein, mechatronische Systeme zu beschreiben und zu erklären. Sie erstellen Bedienungsanleitungen selbst oder sind bei deren Erstellung durch die entsprechende Fachabteilung der Betriebe behilflich, indem sie die fachlichen Informationen in geeigneter Weise zur Verfügung stellen. Dazu ist es erforderlich, dass sie diese sowohl grafisch als auch textlich erfassen und aufbereiten können. Dabei müssen sie die Gesamtzusammenhänge des eigenen Betriebes und des Kunden bzw. des Lieferanten berücksichtigen.

Im Mittelpunkt dieses Lernfeldes steht die Fähigkeit zur Kommunikation. Für die Entwicklung dieser Fähigkeit gibt es wertvolle Grundlagentipps, das Training jedoch muss sich über alle Lernfelder erstrecken.

Tabelle 2: Lerninhalte des Lernfeldes 13

Lerninhalte	Fachkapitel im Lehrbuch
Nutzung innerbetrieblicher Kommunikationssysteme	1 EDV
Teamarbeit	
Kommunikation	2 Technische Kommunikation
Moderation und Präsentation	1 EDV
Kunden-/Lieferantenbeziehung	
Bedienungsanleitungen, Betriebsanleitungen	2 Technische Kommunikation 14 Montage, Inbetriebnahme und Instandhaltung von mechatronischen Systemen