



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Mechatronik

Fachkunde Mechatronik

5. Auflage

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

Europa-Nr.: 45119

Autoren:

J. Bartenschlager	Oberstudienrat	Rheinbreitbach
H. Hebel	Dipl.-Ing., Oberstudienrat	Melsbach
Th. Klatt	Dipl.-Ing.	Neustadt/Wstr.
G. Lämmlin	Dipl.-Ing., Studiendirektor	Neustadt/Wstr.
A. Scheib	Dipl.-Ing., Studiendirektor	Hauenstein
E. Thiele	Dipl.-Ing., Studiendirektor	Wildau

Aus dem Arbeitskreis „Fachkunde Elektrotechnik“:

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

Die Mitglieder des Arbeitskreises bedanken sich 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 653)

Illustrationen: Grafische Produktionen Jürgen Neumann, 97222 Rimpar

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

5. Auflage 2016

Druck 5 4 3 2 1

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

ISBN 978-3-8085-4517-1

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

© 2016 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: B.O.S.S Medien GmbH, 47574 Goch

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 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.

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 vorliegende **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**.

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	2.1.5	Gewindedarstellung	82
LF 1	Analysieren von Funktionszusammenhängen in mechatronischen Systemen	9	2.1.6	Genormte Einzelheiten	83
LF 2	Herstellen mechanischer Teilsysteme	10	2.1.7	Gruppenzeichnungen	84
LF 3	Installieren elektrischer Betriebsmittel unter Beachtung sicherheitstechnischer Aspekte	12	2.2	Tabellen und Diagramme	85
LF 4	Untersuchen der Energie- und Informationsflüsse in elektrischen, pneumatischen und hydraulischen Baugruppen	13	2.2.1	Tabellen	85
LF 5	Kommunizieren mithilfe von Datenverarbeitungsanlagen	14	2.2.2	Diagramme	85
LF 6	Planen und Organisieren von Arbeitsabläufen	14	2.3	Technische Kommunikation mithilfe von Plänen	86
LF 7	Realisieren mechatronischer Teilsysteme	15	2.4	Die Sprache als Kommunikationsmittel	87
LF 8	Design und Erstellung mechatronischer Systeme	16	2.4.1	Das Erstellen von Protokollen	87
LF 9	Untersuchen des Informationsflusses in komplexen mechatronischen Systemen	17	2.4.2	Referate und Vorträge	88
LF 10	Planen der Montage und Demontage	18	2.4.3	Referaterstellung	88
LF 11	Inbetriebnahme, Fehlersuche und Instandsetzung	19	2.4.4	Der Vortrag des Referates	88
LF 12	Vorbeugende Instandhaltung	20			
LF 13	Übergabe von mechatronischen Systemen an Kunden	20			
1 Grundlagen der Datenverarbeitung		21	3 Prüftechnik		89
1.1	Betriebssysteme	23	3.1	Längen- und Winkelprüfung	89
1.1.1	Aufgaben eines Betriebssystems	23	3.2	Mechanische Prüfmittel	90
1.1.2	Betriebssystem-Kategorien	24	3.2.1	Messschieber	90
1.1.3	Client-Server-Betriebssystem	27	3.2.2	Messschrauben	91
1.2	Office-Anwendungen	33	3.2.3	Messuhren	91
1.2.1	Textverarbeitung	37	3.2.4	Winkelmesser	92
1.2.2	Tabellenkalkulation	42	3.3	Pneumatische Messgeräte	93
1.2.3	Präsentationssoftware	47	3.4	Elektrische Messgeräte	93
1.2.4	Datenbanksysteme	53	3.5	Elektronische Messgeräte	94
1.3	Ergänzende Software	57	3.6	Prüfen mit Lehren	94
1.3.1	Bildbearbeitung	57	3.7	Prüfung von Oberflächen	95
1.3.2	Erzeugung von PDF-Dokumenten	59	3.7.1	Grundbegriffe der Oberflächenprüfung	95
1.3.3	Projektmanagement	60	3.7.2	Oberflächenprüfverfahren	95
1.4	Einführung in die Programmierung	63	3.7.3	Rauheitsmessgrößen	96
1.4.1	Programmiersprachen	63	3.7.4	Angabe von Oberflächengüten in Technischen Zeichnungen	97
1.4.2	Der Algorithmus	63	3.8	Toleranzen und Passungen	98
1.4.3	Allgemeiner Aufbau eines Programmes	63	3.8.1	Maßtoleranzen	98
1.4.4	Datentypen und Variablen	64	3.8.2	Passungen	100
1.4.5	Datentypen	64	3.8.3	Passungssysteme	100
1.4.6	Ein- und Ausgabe bei Hochsprachen	65	3.8.4	Form- und Lagetoleranzen	102
1.4.7	Verknüpfung von Datentypen	65			
1.4.8	Programmentwicklung	65	4 Qualitätsmanagement		103
1.4.9	Darstellungsarten von Algorithmen	66	4.1	Der Qualitätsbegriff	103
1.4.10	Programmbeispiel	67	4.2	Aufgaben des Qualitätsmanagements	104
1.5	Kommunikation in Netzen	68	4.2.1	Qualitätsplanung	104
1.5.1	Grundlagen	68	4.2.2	Qualitätslenkung	105
1.5.2	Kommunikationsprotokolle	70	4.2.3	Qualitätsprüfung	105
1.5.3	Bedrohung von Netzen und Computern	71	4.2.4	Qualitätsverbesserung	105
			4.3	Qualitätsmanagement nach DIN EN ISO 9000 ff.	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
2 Technische Kommunikation		73	5 Werkstofftechnik		109
2.1	Die Technische Zeichnung als Kommunikationsmittel	73	5.1	Einteilung der Werkstoffe	109
2.1.1	Darstellungsarten	74	5.2	Eigenschaften von Werkstoffen	110
2.1.2	Einzelteil-Zeichnungen	76	5.2.1	Physikalische Eigenschaften	110
2.1.3	Schnittdarstellungen	80	5.2.2	Chemisch-technologische Eigenschaften	111
2.1.4	Bemaßung von Einzelteilen	81	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	7.5.2	Spanen	174
5.3.2	Kristallgitterarten	114	7.5.3	Sägen	176
5.4	Eisen- und Stahlwerkstoffe	115	7.5.4	Feilen	178
5.4.1	Einteilung nach der Verwendung	115	7.5.5	Spanende Fertigung mit Werkzeug-	
5.4.2	Einteilung nach Güteklassen	116		maschinen	179
5.4.3	Normung von Eisen- und Stahlwerkstoffen	116	7.5.6	Bohren	182
5.4.4	Wichtige Stähle und Eisenwerkstoffe	118	7.5.7	Senken	187
5.5	Nichteisenmetalle	121	7.5.8	Reiben	188
5.5.1	Kupfer und Kupferlegierungen	121	7.5.9	Gewindeschneiden	189
5.5.2	Aluminium und Aluminiumlegierungen	122	7.5.10	Drehen	193
5.6	Weitere wichtige Metalle	123	7.5.11	Fräsen	199
5.7	Sinterwerkstoffe	124	7.5.12	Schleifen	204
5.7.1	Herstellung von Sinterteilen	124	7.6	Fügen	207
5.7.2	Einsatzbereiche von Sintermetallen	124	7.6.1	Einteilung und Wirkweise	207
5.8	Korrosion	125	7.6.2	Schraubverbindung	208
5.8.1	Korrosionsursachen	125	7.6.3	Stift- und Bolzenverbindung	217
5.8.2	Erscheinungsformen der Korrosion	126	7.6.4	Keilverbindung	219
5.8.3	Korrosionsschutzmaßnahmen	126	7.6.5	Federverbindung	220
5.9	Kunststoffe	127	7.6.6	Löten	221
5.9.1	Eigenschaften von Kunststoffen und ihre		7.6.7	Schweißen	224
	Verwendungsmöglichkeiten	127	7.6.8	Kleben	228
5.9.2	Einteilung von Kunststoffen	128	7.6.9	Pressverbindungen	230
5.10	Verbundstoffe	130	7.6.10	Klemm- und Quetschverbindungen	231
5.11	Hilfsstoffe	131	7.7	Fertigungsautomatisierung	233
5.12	Werkstoffe und Umweltschutz	132	7.7.1	Historische Entwicklung	233

6 Mechanische Systeme 133

6.1	Grundlagen des Systemgedankens	133
6.1.1	Die Systemgrenzen	134
6.1.2	Die Ein- und Ausgangsgrößen	134
6.1.3	Haupt- und Teilfunktionen eines technischen Systemes	134
6.2	Physikalische Grundlagen von mechanischen Systemen	136
6.2.1	Mechanische Arbeit	136
6.2.2	Mechanische Leistung und Wirkungsgrad	137
6.3	Funktionseinheiten von mechanischen Systemen	139
6.3.1	Funktionseinheiten zum Antreiben	140
6.3.2	Funktionseinheiten zur Energieüber- tragung	140
6.3.2.1	Wellen	141
6.3.2.2	Kupplungen	142
6.3.2.3	Getriebe	144
6.3.2.4	Kenngrößen von Getrieben	148
6.3.2.5	Linearantriebe	150
6.3.3	Funktionseinheiten zum Arbeiten	151
6.3.4	Funktionseinheiten zum Stützen und Tragen	151
6.3.4.1	Gehäuse und Gestelle	151
6.3.4.2	Führungen	152
6.3.4.3	Lager	155

7 Herstellen mechanischer Systeme 163

7.1	Grundlagen der Fertigungstechnik	163
7.2	Die Fertigungshauptgruppen	163
7.3	Das Urformen	166
7.3.1	Urformen durch Gießen	166
7.3.2	Urformen durch Sintern	167
7.4	Umformen	168
7.4.1	Einteilung der Umformverfahren	168
7.4.2	Biegen	169
7.4.2.1	Technologische Grundlagen	169
7.4.2.2	Biegen von Rohren	170
7.4.2.3	Zuschnittlängen	172
7.5	Trennen	173
7.5.1	Grundlagen der mechanischen Trennverfahren	173

7.5.2	Spanen	174
7.5.3	Sägen	176
7.5.4	Feilen	178
7.5.5	Spanende Fertigung mit Werkzeug- maschinen	179
7.5.6	Bohren	182
7.5.7	Senken	187
7.5.8	Reiben	188
7.5.9	Gewindeschneiden	189
7.5.10	Drehen	193
7.5.11	Fräsen	199
7.5.12	Schleifen	204
7.6	Fügen	207
7.6.1	Einteilung und Wirkweise	207
7.6.2	Schraubverbindung	208
7.6.3	Stift- und Bolzenverbindung	217
7.6.4	Keilverbindung	219
7.6.5	Federverbindung	220
7.6.6	Löten	221
7.6.7	Schweißen	224
7.6.8	Kleben	228
7.6.9	Pressverbindungen	230
7.6.10	Klemm- und Quetschverbindungen	231
7.7	Fertigungsautomatisierung	233
7.7.1	Historische Entwicklung	233
7.7.2	Bausteine der Fertigungsautomatisierung	235
7.8	CNC-Steuerungen	237
7.8.1	Merkmale von CNC-Maschinen	239
7.8.2	Wegmesssysteme	240
7.8.3	Positionsangabe und Koordinatensystem	241
7.8.4	Werkzeugvermessung und Werkzeug- korrekturen	242
7.8.5	Steuerungsarten	243
7.8.5.1	Punktsteuerung	243
7.8.5.2	Bahnsteuerung	243
7.8.6	CNC-Programm	246
7.8.7	Programmieren von CNC-Fertigungs- maschinen	257
7.8.8	Beispiele numerisch gesteuerter Fertigungsmaschinen	259
7.9	Handhabungstechnik und Robotertechnik	266
7.9.1	Handhabungseinrichtungen	267
7.9.1.1	Balancer	268
7.9.1.2	Manipulatoren	269
7.9.1.3	Teleoperatoren	269
7.9.1.4	Modulare Systeme	269
7.9.1.5	Industrieroboter	270
7.9.2	Kinematik des Roboters	274
7.9.2.1	Getriebefreiheitsgrad	275
7.9.2.2	Bauarten und Arbeitsräume	276
7.9.3	Roboter-Steuerung	279
7.9.4	Programmierung von IR	283

8 Grundlagen der Elektrotechnik 285

8.1	Das Bohr'sche Atommodell	286
8.2	Ladungstrennung	287
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
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	9.2.3	Einphasen-Wechselstrommotoren	350
8.9.5	Kraftwirkung auf parallel verlaufende stromdurchflossene Leiter	302	9.2.4	Gleichstrommotoren	351
8.9.6	Elektromagnetische Induktion	302	9.2.4.1	Wirkungsweise von Gleichstrommotoren	352
8.10	Grundschaltungen elektrischer Widerstände	306	9.2.4.2	Arten von Gleichstrommotoren	353
8.10.1	Widerstandsbauelemente im Stromkreis ..	306	9.2.4.3	Spannungsstellung bei vorhandenem Wechselspannungsnetz	355
8.10.2	Widerstandskennzeichnung	306	9.2.5	Veränderung der Drehfeldzahl bei Asynchronmotoren	356
8.10.3	Reihenschaltung von Widerständen	307	9.2.5.1	Prinzip des Frequenzumrichters	357
8.10.4	Maschensatz	308	9.2.5.2	Verhalten der Asynchronmaschine bei Frequenzsteuerung	359
8.10.5	Parallelschaltung von Widerständen	308	9.2.6	Servoantriebe	360
8.10.6	Knotenpunktregel	309	9.2.7	Schrittmotoren	362
8.11	Grundlagen der Wechselstromtechnik	309	9.2.8	EC-Motoren – Motoren mit elektronischer Kommutierung	364
8.11.1	Erzeugung von Wechselspannungen und Begriffsdefinitionen	309	9.2.9	Schutz elektrischer Antriebe	367
8.11.2	Zeiger zur Darstellung von Wechselgrößen	311	9.2.10	Einsatz eines variablen Antriebes in einer Applikation	370
8.11.3	Frequenz und Periodendauer	311	9.3	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)	373
8.11.4	Kreisfrequenz	311	9.3.1	EMV-Messungen	374
8.11.5	Wellenlänge	312	9.3.2	EMV-Schutzmaßnahmen	375
8.11.6	Effektivwert	312	9.3.3	Frequenzspektrum elektromagnetischer Felder	376
8.12	Der Kondensator im Stromkreis	313	9.4	Schutzmaßnahmen	377
8.13	Die Spule im Stromkreis	315	9.4.1	Gefahren im Umgang mit dem elektrischen Strom	377
8.14	Dreiphasenwechselstrom	317	9.4.1.1	Wirkungen des elektrischen Stroms im menschlichen Körper	377
8.14.1	Entstehung der Dreiphasenwechselspannung	317	9.4.1.2	Direktes und indirektes Berühren	379
8.14.2	Verkettung	317	9.4.1.3	Fachbegriffe Schutzmaßnahmen	379
8.14.3	Sternschaltung	319	9.4.2	Sicherheitsbestimmungen für Niederspannungsanlagen	380
8.14.4	Dreieckschaltung	321	9.4.2.1	Schutzklassen	380
8.14.5	Anwendung von Sternschaltung und Dreieckschaltung	322	9.4.2.2	IP-Schutzarten	381
8.14.6	Leistung bei Dreiphasenwechselstrom	323	9.4.2.3	Maßnahmen bei Arbeiten an elektrischen Anlagen	382
8.15	Grundlagen elektronischer Bauelemente ..	325	9.4.2.4	Qualifikationen für Arbeiten in der Elektrotechnik	383
8.15.1	Die Diode	325	9.4.2.5	Fehlerarten in elektrischen Anlagen	384
8.15.1.1	Die Zener-Diode	326	9.4.2.6	Spannungen im Fehlerfall	384
8.15.1.2	Die Leuchtdiode	326	9.4.3	Schutz gegen elektrischen Schlag	385
8.15.2	Der Transistor	327	9.4.4	Automatische Abschaltung der Stromversorgung	386
8.15.3	Bauelemente der Leistungselektronik	328	9.4.4.1	Anforderungen an den Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren)	386
8.15.3.1	Die Leistungsdiode	329	9.4.4.2	Anforderungen an den Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren)	387
8.15.3.2	Der Diac	329	9.4.4.3	Schutz im TN-System	388
8.15.3.3	Der p-Gate-Thyristor	329	9.4.4.4	Schutz im TT-System	389
8.15.3.4	Der Triac	329	9.4.4.5	Schutz im IT-System	390
8.15.3.5	Der Insulated Gate Bipolar Transistor	330	9.4.5	Doppelte oder verstärkte Isolierung	391
8.16	Grundlagen der elektrischen Messtechnik	331	9.4.6	Schutztrennung	391
8.16.1	Erfassung elektrischer Größen: Messgeräte	331	9.4.7	Schutz durch Kleinspannung mittels SELV oder PELV	392
8.16.2	Messung der elektrischen Spannung	332	9.4.8	Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen	393
8.16.3	Messung des elektrischen Stromes	332	9.4.8.1	Hauptaufgaben der RCDs	393
8.16.4	Spannungsfehlerschaltung	333	9.4.8.2	Aufbau und Funktion	393
8.16.5	Stromfehlerschaltung	333	9.4.9	Prüfen der Schutzmaßnahmen	394
8.16.6	Messung zeitabhängiger elektrischer Größen	333	9.4.9.1	Erstprüfungen von ortsfesten elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln nach DIN VDE 0100, Teil 600	395
9	Elektrische Maschinen	335	9.4.9.2	Prüfen der Schutzleiter und Schutzpotenzialausgleichsleiter	397
9.1	Transformatoren	336	9.4.9.3	Messen der Isolationswiderstände in elektrischen Anlagen	397
9.1.1	Einphasentransformatoren	336	9.4.9.4	Prüfen der Schutzmaßnahmen SELV, PELV und Schutztrennung	398
9.1.1.1	Leerlaufspannung	336	9.4.9.5	Messen des Isolationswiderstandes von Fußböden und Wänden	398
9.1.1.2	Übersetzungen	337			
9.1.1.3	Leerlauf und Belastung	338			
9.1.1.4	Kurzschlussspannung	339			
9.1.1.5	Kurzschlussstrom	340			
9.1.1.6	Wirkungsgrad von Transformatoren	341			
9.1.2	Kleintransformatoren	342			
9.1.3	Spartransformatoren	343			
9.2	Elektrische Antriebe	344			
9.2.1	Grundlagen elektrischer Maschinen	345			
9.2.2	Drehstromasynchronmotoren	347			

9.4.9.6	Wiederkehrende Prüfungen von elektrischen Anlagen und ortsfesten Betriebsmitteln nach DIN VDE 0105	399	10.5.2	Grundschaltungen	469
9.4.9.7	E-Check als Gütesiegel für die Elektroanlage	400	10.5.2.1	Vor- und Rücklauf bei Zylindern	469
9.4.10	Schutz gegen elektrostatische Aufladung	401	10.5.2.2	Verknüpfung von Signalen	470
			10.5.2.3	Schaltverzögerung	472
			10.5.2.4	Selbsthaltung	474
			10.6	Hydraulische Steuerungen	475
			10.6.1	Hydraulische Kreisläufe	476
			10.6.2	Hydraulikflüssigkeiten	477
			10.6.3	Hydraulikpumpen und -motoren	483
			10.6.4	Hydraulikzylinder	488
			10.6.5	Hydraulikventile	494
			10.6.5.1	Wegeventile	494
			10.6.5.2	Druckventile	497
			10.6.5.3	Strom- und Sperrventile	499
			10.6.5.4	Zubehör	501
			10.7	Sensoren	503
			10.7.1	Bedeutung von Sensoren	503
			10.7.2	Mechanische Grenzaster (Positionsschalter)	505
			10.7.3	Induktive Sensoren (Näherungsschalter)	507
			10.7.4	Korrekturfaktoren	507
			10.7.5	Kapazitive Sensoren	510
			10.7.6	Ultraschall-Sensoren	512
			10.7.7	Optische Sensoren	515
			10.7.7.1	Einweg-Lichtschranke	516
			10.7.7.2	Reflexionslichtschranke	516
			10.7.7.3	Reflexionslichttaster	517
			10.7.7.4	Reflexionslichttaster mit Hintergrundausblendung	518
			10.7.7.5	Sensoren mit Lichtwellenleiter (LWL)	519
			10.7.7.6	Elektronik von optischen Sensoren	521
			10.7.7.7	Auswahlkriterien	522
			10.7.8	Drehgeber als Sensoren zur Weg- und Winkelmessung	524
			10.7.9	Spannungsversorgung und Lastanschluss	526
			10.8	Speicherprogrammierbare Steuerungen SPS	528
			10.8.1	Aufbau und Funktionsweise	528
			10.8.1.1	Kompakte SPS-Steuerungen	528
			10.8.1.2	Modular aufgebaute SPS-Steuerungen	528
			10.8.1.3	Industrie-PC (Slot-SPS)	528
			10.8.1.4	Soft-SPS	529
			10.8.1.5	Verdrahtung der SPS	529
			10.8.1.6	Die CPU (Central Processing Unit)	529
			10.8.1.7	Programm in CPU laden; urlöschen	530
			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	Projektionierung	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
			10.8.3.5	Speicherfunktionen	538
			10.8.3.6	Flankenwertung	540
			10.8.3.7	Zeitfunktionen	540
			10.8.3.8	Zählfunktionen	541
			10.8.3.9	Vergleichsfunktionen	542
			10.8.4	Ablaufsteuerung	542
			10.8.4.1	Prozessüberwachung mit SPS-Programmen	545
			10.8.4.2	Betriebsarten von Ablaufsteuerungen	548
			10.8.4.3	Grundformen von Ablaufsteuerungen	548
			10.8.5	Funktionale Sicherheit von Steuerungen	551
10.1	Grundlagen	403			
10.1.1	Steuervorgänge	403			
10.1.2	Einteilung von Steuerungen	404			
10.1.3	Regelungsvorgänge	406			
10.2	Digitaltechnik	407			
10.2.1	Signalformen	407			
10.2.2	Die logischen Grundverknüpfungen	407			
10.2.3	Elektronische Schaltkreisfamilien	410			
10.2.4	Entwerfen logischer Verknüpfungsschaltungen	411			
10.2.5	Vereinfachung von Funktionsgleichungen	412			
10.2.6	Minimierung mit KV-Diagramm	413			
10.2.7	Analyse logischer Schaltungen	415			
10.2.8	Speicherfunktionen	416			
10.2.8.1	JK-Master-Slave-Flipflop	417			
10.2.8.2	JK-Master-Slave-Flipflop mit statischen Eingängen	418			
10.2.9	Zähler	418			
10.2.9.1	Asynchrone Zähler	418			
10.2.9.2	Synchrone Zähler	419			
10.2.9.3	Register	421			
10.2.9.4	Schieberegister	421			
10.2.10	Spezielle Digitalbausteine	423			
10.2.11	Zahlensysteme	423			
10.2.12	Codes	424			
10.2.13	Codewandler	425			
10.2.14	Signalumsetzer	425			
10.3	Zeichnerische Darstellung von Steuerungen	427			
10.3.1	Bild- und Schaltzeichen der Bauteile von pneumatischen und hydraulischen Steuerungen	427			
10.3.2	Schaltpläne	429			
10.3.3	GRAFCET	431			
10.3.4	Zustandsdiagramme	435			
10.4	Pneumatik	436			
10.4.1	Physikalische Grundlagen	436			
10.4.2	Verdichter	438			
10.4.3	Druckluftaufbereitung und -verteilung	439			
10.4.4	Arbeitsglieder	442			
10.4.4.1	Druckluftzylinder	442			
10.4.4.2	Zylindersonderbauarten	443			
10.4.4.3	Druckluftmotoren	446			
10.4.5	Pneumatische Ventile	448			
10.4.5.1	Wegeventile	448			
10.4.5.2	Sperr- und Stromventile	450			
10.4.5.3	Pneumatische Druckventile	451			
10.4.6	Grundschaltungen	452			
10.4.6.1	Einfacher Vor- und Rücklauf bei Zylindern	452			
10.4.6.2	Geschwindigkeitsbeeinflussung	454			
10.4.6.3	Verknüpfung von Signalen	455			
10.4.6.4	Druckabhängige Steuerungen	458			
10.4.6.5	Schaltverzögerung	459			
10.4.6.6	Signalüberschneidung	461			
10.5	Elektropneumatik	465			
10.5.1	Bauteile in elektropneumatischen Anlagen	465			
10.5.1.1	Elektrische Eingabeelemente	465			
10.5.1.2	Sensoren	465			
10.5.1.3	Relais und Schütz	466			
10.5.1.4	Magnetventile	467			

11 Regelungstechnik 555

11.1	Grundbegriffe	555
11.2	Regelkreiselemente	556
11.2.1	Proportionalglied ohne Verzögerung (P-Glied)	556
11.2.2	Proportionalglied mit Verzögerung 1. Ordnung (PT ₁ -Glied)	556
11.2.3	Proportionalglied mit Verzögerung 2. Ordnung (PT ₂ -Glied)	557
11.2.4	Integralglied (I-Glied)	558
11.2.5	Differenzierglied (D-Glied)	559
11.2.6	Totzeitglied (T _T -Glied)	560
11.3	Regelrichtungen und Regelglieder	560
11.3.1	Unstetige Regelglieder	560
11.3.2	Stetige Regelglieder	561
11.3.3	Digitale Regelglieder	563
11.4	Stabilität von Regelkreisen	564

12 Bussysteme in der Automatisierungstechnik 565

12.1	Kommunikationsmodell	569
12.2	Topologien	571
12.3	Übertragungsmedien	573
12.4	Übertragungsarten	575
12.5	Buszugriffsverfahren	576
12.5.1	Master/Slave-Verfahren	576
12.5.2	Das Token-Prinzip	577
12.5.3	Das CSMA-Verfahren	578
12.5.4	CSMA/CA	579
12.6	Datensicherheit	579
12.7	AS-Interface	580
12.7.1	AS-Interface-Funktionsprinzip	580
12.7.2	AS-Interface-Verkabelung	582
12.7.3	Inbetriebnahme einer AS-Interface-Anlage	584
12.7.4	Strukturen einer AS-Interface-Anlage	586
12.7.5	Die AS-Interface-Spezifikation 2.11	589
12.7.6	Die AS-Interface-Spezifikation 3.0	591
12.7.7	AS-i-Safety	591
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 Mechatronische Systeme 605

13.1	Teilsysteme des mechatronischen Systems	605
13.2	Die Komponenten des mechatronischen Systems	606
13.2.1	Das mechanische Teilsystem	606
13.2.2	Das hydraulische Teilsystem	606
13.2.3	Das pneumatische Teilsystem	609
13.2.4	Das elektrische Teilsystem	610

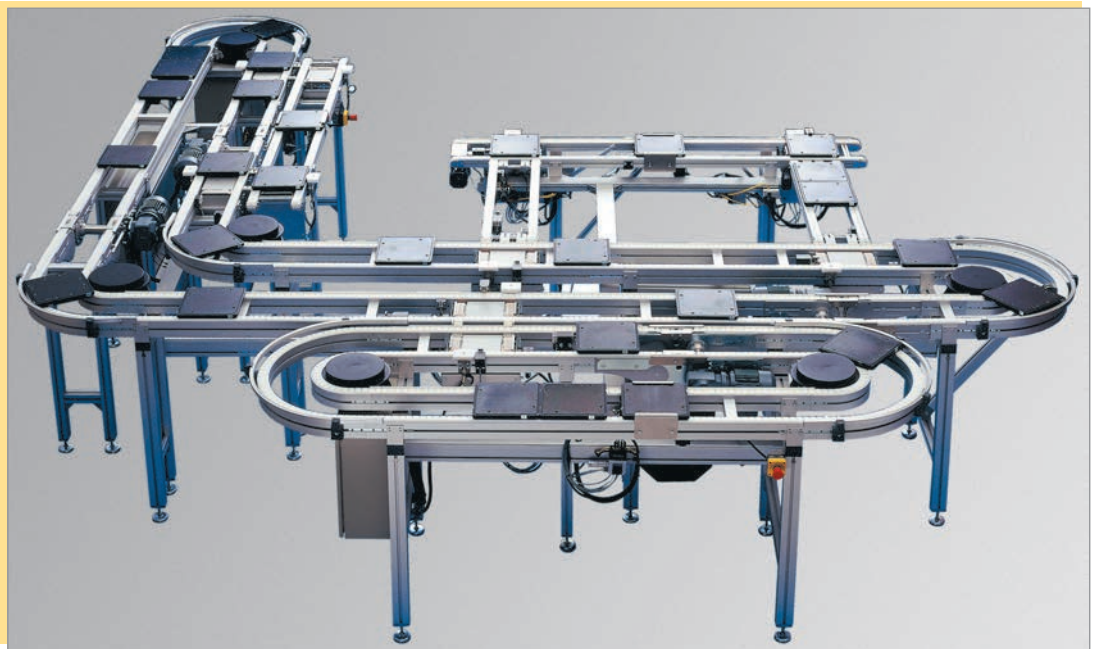
14 Montage, Inbetriebnahme und Instandhaltung mechatronischer Systeme 619

14.1	Die Montagetätigkeit Fügen	619
14.1.1	Formschlüssige Verbindungen	619
14.1.2	Kraftschlüssige Verbindungen	620
14.1.3	Stoffschlüssige Verbindungen	620
14.2	Montagetätigkeit Prüfen und Justieren	621
14.2.1	Prüftätigkeiten vor der Montage	621
14.2.2	Prüftätigkeiten während der Montage	621
14.2.3	Prüftätigkeiten nach der Montage	621
14.3	Montageplanung	622
14.3.1	Der Montageplan	623
14.3.2	Beispiel eines Montageplanes	623
14.4	Organisationsformen der Montage	624
14.5	Montagebeispiele	626
14.5.1	Beispiel für Montageplan eines elektropneumatischen Ventilblockes auf DIN-Schiene	627
14.5.2	Auszug aus dem Montageplan eines Handlingerätes zur Realisierung von Handhabungslösungen an Spritzguss- maschinen	628
14.6	Arbeitssicherheit bei der Montage	631
14.6.1	Vorbeugende Sicherheitsmaßnahmen bei der Arbeit an Maschinen, Anlagen und mechatronischen Systemen	631
14.6.2	Maßnahmen bei einem Arbeitsunfall	632
14.6.3	Brandschutz und Maßnahmen im Brandfalle	633
14.6.4	Umgang mit Gefahrstoffen	634
14.6.5	Richtlinien für die Maschinensicherheit	634
14.7	Inbetriebnahme	635
14.7.1	Besonderheiten der Inbetriebnahme	635
14.7.2	Grundsätzliches zum Verfahren der Inbetriebnahme	638
14.7.3	Inbetriebnahme pneumatischer und elektropneumatischer Anlagen	640
14.7.4	Inbetriebnahme hydraulischer und elektrohydraulischer Anlagen	640
14.7.5	Inbetriebnahme elektrischer Maschinen	641
14.7.6	Inbetriebnahme von SPS	642
14.7.7	Fehler bei der Inbetriebnahme von mechatronischen Systemen	642
14.8	Instandhaltung von mechatronischen Systemen	645
14.8.1	Verlauf der Systemausfallrate	645
14.8.2	Instandhaltungsstrategien	646
14.8.3	Die Wartung als vorbeugende Instandhaltungsmaßnahme	647
14.8.4	Die Inspektion als Maßnahme zur Ausfallverhütung	649
14.8.5	Die Instandsetzung	650
14.8.6	Fehlersuche als Grundlage der Instandsetzung	650
	Bildquellenverzeichnis	653
	Sachwortverzeichnis	654

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.

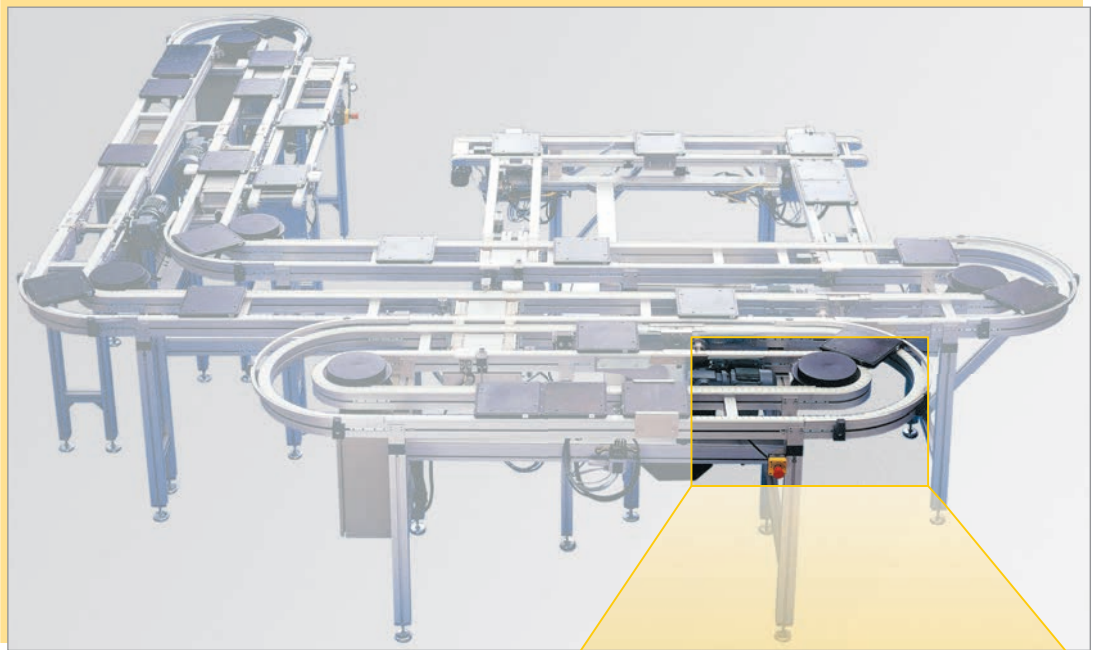


LF 1 Analysieren von Funktionszusammenhängen in mechatronischen Systemen

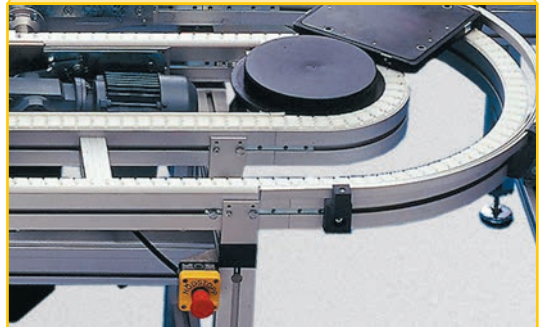
Dieses Lernfeld soll die Mechatroniker und Mechatronikerinnen in die Lage versetzen, Systeme ganzheitlich zu betrachten und zu analysieren. Dazu ist es erforderlich, dass die Systeme in ihre Teilsysteme und -elemente zerlegt werden können sowie ihre Aufgaben und Funktionszusammenhänge und die Signal-, 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 so genanntes „Querschnittslernfeld“ ist, das in die restlichen Lernfelder einfließt, sind die zu vermittelnden inhaltlichen Schwerpunkte auch auf fast alle Kapitel des Buches verteilt und können je nach Lernsituation dort erarbeitet werden.

LF 2 | Herstellen mechanischer Teilsysteme

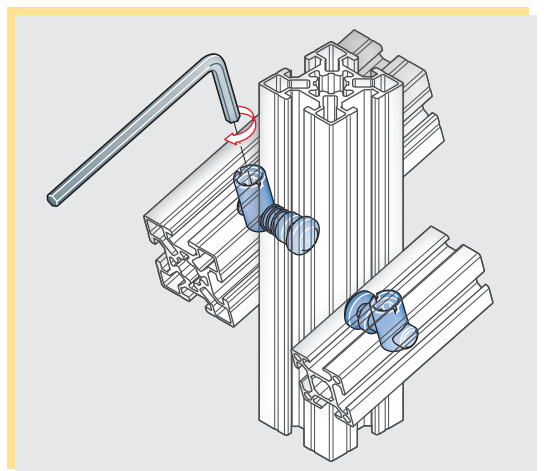


Mechatronische Systeme bestehen immer auch aus mechanischen Bauteilen und Systemen, die durch die Bearbeitung von Rohteilen oder Halbzeugen geschaffen wurden. So sind die in dem abgebildeten mechatronischen System verwendeten Einzelteile aus dem Halbzeug „Aluminium-Profilrohr“ hergestellt. Die in Form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



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

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



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

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

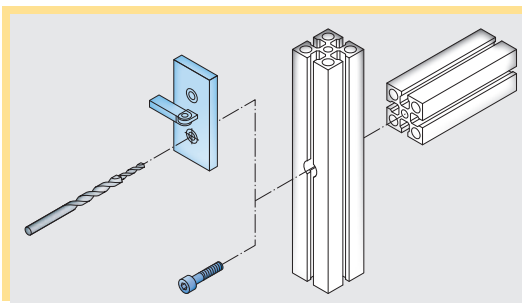
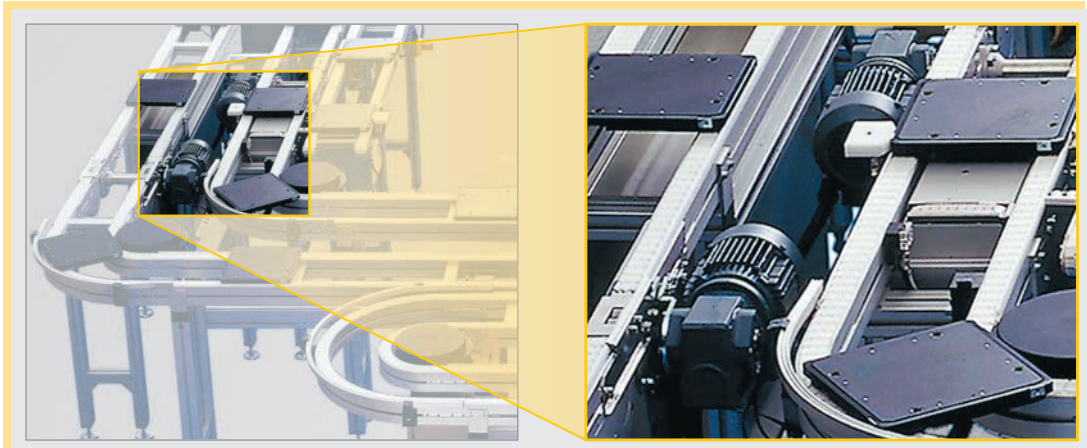


Tabelle 1: Lerninhalte des Lernfeldes 2

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



LF 3 Installieren elektrischer Betriebsmittel unter Beachtung sicherheitstechnischer Aspekte



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

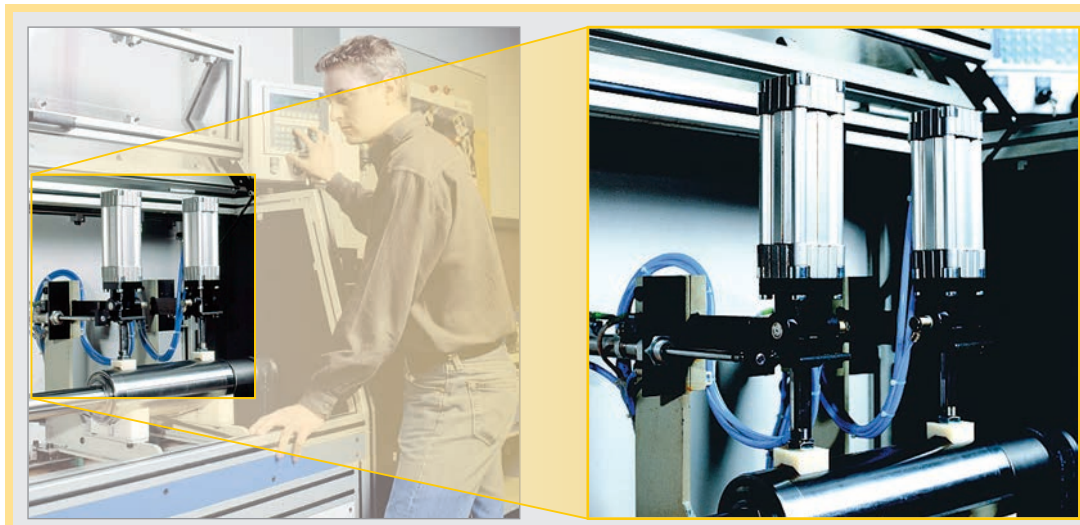
Mechatroniker und Mechatronikerinnen müssen elektrische Vorgänge verstehen und die notwendigen Installationsarbeiten unter Beachtung aller Sicherheitsanforderungen durchführen können. Sie müssen elektrische Größen berechnen können und deren Zusammenhänge und Darstellungsmöglichkeiten beherrschen sowie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

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

Tabelle 1: Lerninhalte des Lernfeldes 3

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

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



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

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

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

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

Tabelle 1: Lerninhalte des Lernfeldes 4

Lerninhalte	Fachkapitel im Lehrbuch
Pneumatische und hydraulische Größen, deren Zusammenhänge, Darstellungsmöglichkeiten und Berechnungen	2 Technische Kommunikation 10 Steuerungstechnik
Versorgungseinheiten der Elektrotechnik, Pneumatik und Hydraulik	10 Steuerungstechnik 8 Grundlagen der Elektrotechnik
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.

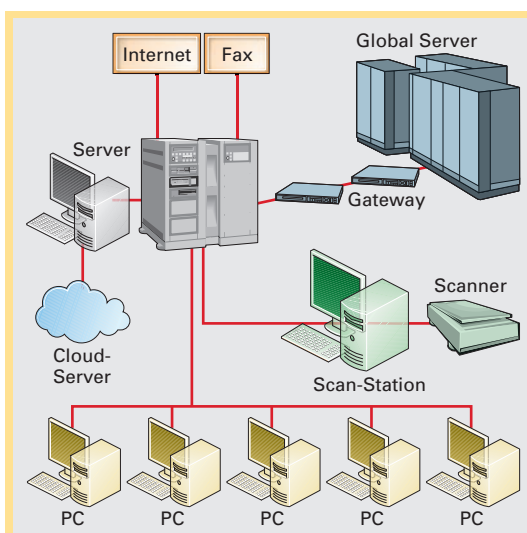


Tabelle 1: Lerninhalte des Lernfeldes 5

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

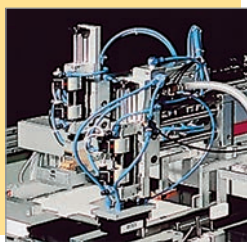
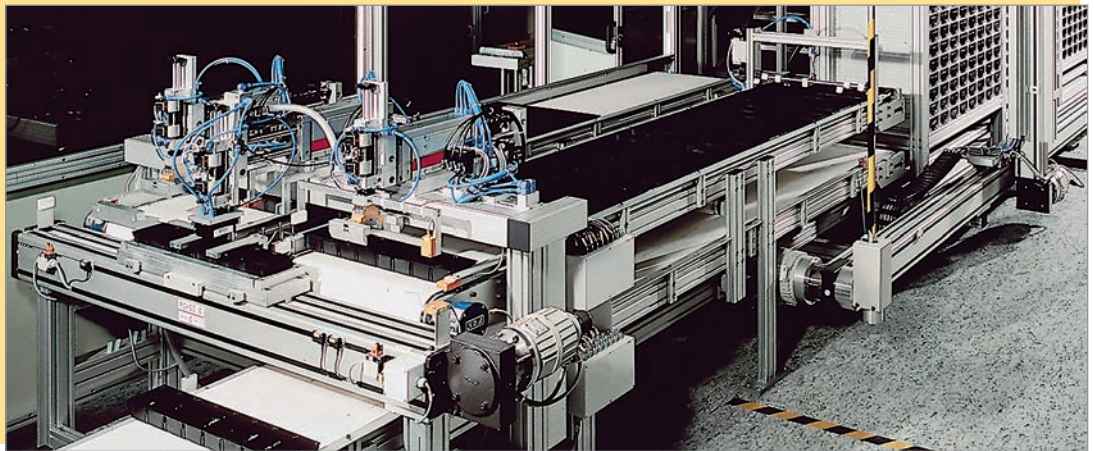
Betriebliche Organisationsstrukturen und die Organisation der Teamarbeit nach funktionalen, fertigungsgerechten und ökonomischen Kriterien stehen im Mittelpunkt dieses Lernfeldes.

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.

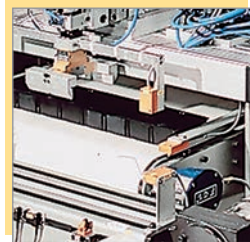
Tabelle 2: Lerninhalte des Lernfeldes 6

Lerninhalte	Fachkapitel im Lehrbuch
Materialdisposition und Kalkulation	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.
Analyse von Arbeitsabläufen	
Bewertung und Dokumentation von Ergebnissen	
Ergonomie und vorbeugender Unfallschutz	
Einfache Zeit- und Kostenkalkulation	
Darstellungsverfahren von Arbeitsabläufen	
Qualitätsmanagement	

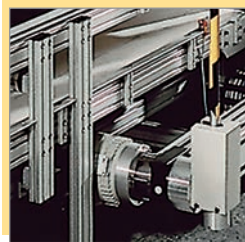
LF 7 Realisieren mechatronischer Teilsysteme



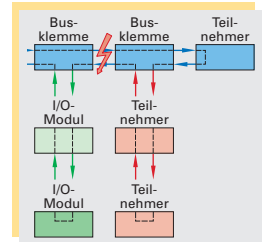
z. B. Pneumatische Steuerungen



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.

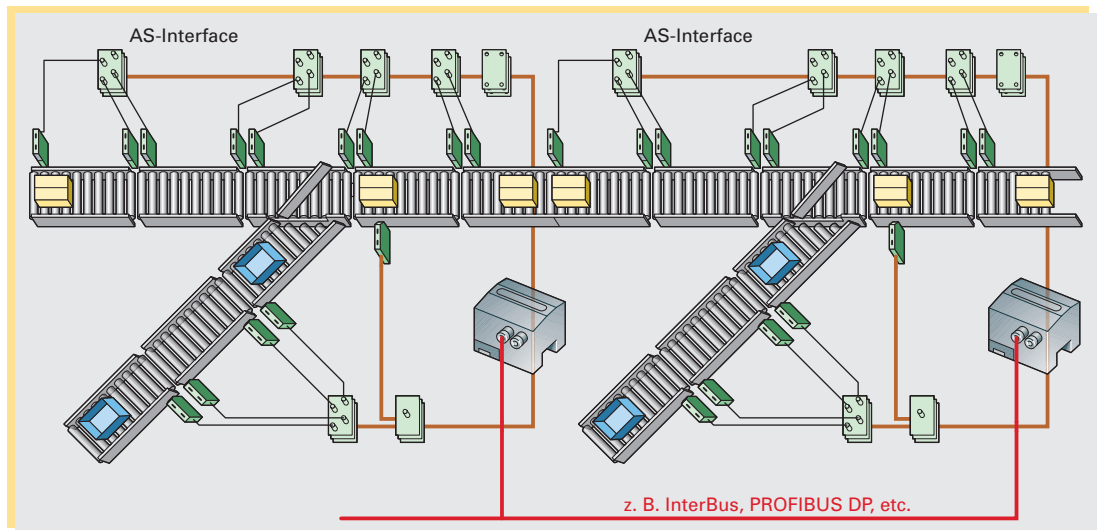


Tabelle 1: Lerninhalte des Lernfeldes 9

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.

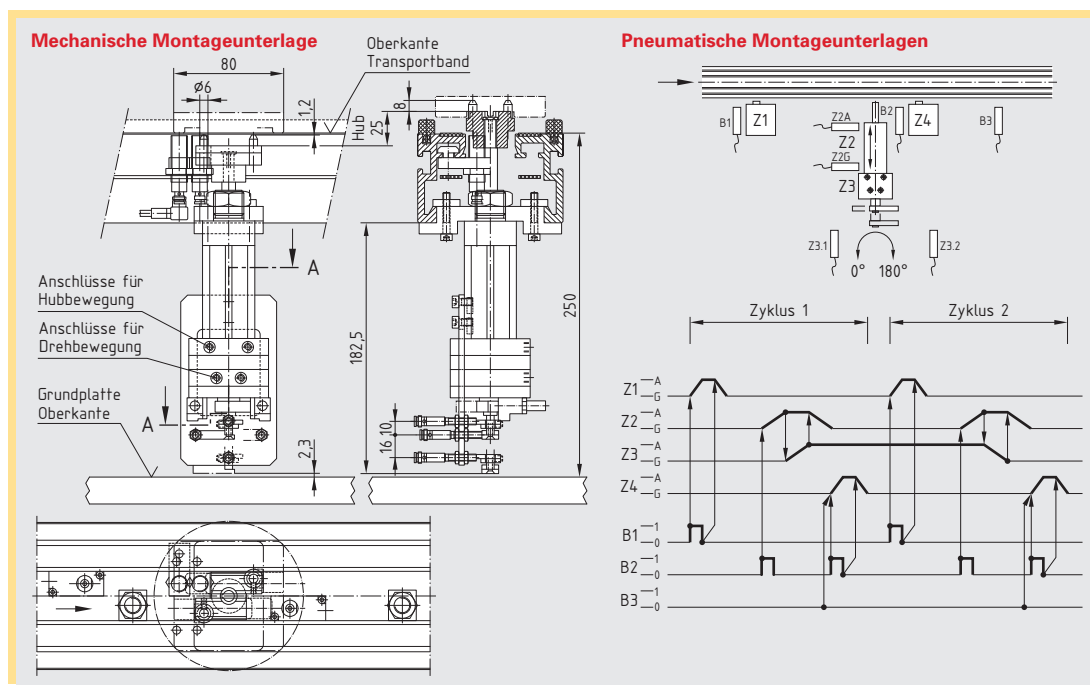


Tabelle 1: Lerninhalte des Lernfeldes 10

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 Grundagentipps, 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