



EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für Mechatronik

# Fachkunde Mechatronik

**3. Auflage**

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

**Europa-Nr.: 45119**



5.9	Kunststoffe	117
5.9.1	Eigenschaften von Kunststoffen und ihre Verwendungsmöglichkeiten	117
5.9.2	Einteilung von Kunststoffen	118
5.10	Verbundstoffe	120
5.11	Hilfsstoffe	121
5.12	Werkstoffe und Umweltschutz	122

**6 Mechanische Systeme 123**

6.1	Grundlagen des Systemgedankens	123
6.1.1	Die Systemgrenzen	124
6.1.2	Die Ein- und Ausgangsgrößen	124
6.1.3	Haupt- und Teilfunktionen eines technischen Systemes	124
6.2	Physikalische Grundlagen von mechanischen Systemen	126
6.2.1	Mechanische Arbeit	126
6.2.2	Mechanische Leistung und Wirkungsgrad	127
6.3	Funktionseinheiten von mechanischen Systemen	129
6.3.1	Funktionseinheiten zum Antreiben	130
6.3.2	Funktionseinheiten zur Energieübertragung	130
6.3.2.1	Wellen	131
6.3.2.2	Kupplungen	132
6.3.2.3	Getriebe	134
6.3.2.4	Kenngrößen von Getrieben	138
6.3.2.5	Linearantriebe	140
6.3.3	Funktionseinheiten zum Arbeiten	141
6.3.4	Funktionseinheiten zum Stützen und Tragen	141
6.3.4.1	Gehäuse und Gestelle	141
6.3.4.2	Führungen	142
6.3.4.3	Lager	145

**7 Herstellen mechanischer Systeme 153**

7.1	Grundlagen der Fertigungstechnik	153
7.2	Die Fertigungshauptgruppen	153
7.3	Das Urformen	156
7.3.1	Urformen durch Gießen	156
7.3.2	Urformen durch Sintern	157
7.4	Umformen	158
7.4.1	Einteilung der Umformverfahren	158
7.4.2	Biegen	159
7.4.2.1	Technologische Grundlagen	159
7.4.2.2	Biegen von Rohren	160
7.4.2.3	Zuschnittlängen	162
7.5	Trennen	163
7.5.1	Grundlagen der mechanischen Trennverfahren	163
7.5.2	Spanen	164
7.5.3	Sägen	166
7.5.4	Feilen	168
7.5.5	Spanende Fertigung mit Werkzeugmaschinen	169
7.5.6	Bohren	172
7.5.7	Senken	177
7.5.8	Reiben	178
7.5.9	Gewindeschneiden	179
7.5.10	Drehen	183
7.5.11	Fräsen	189
7.5.12	Schleifen	194
7.6	Fügen	197
7.6.1	Einteilung und Wirkweise	197
7.6.2	Schraubverbindung	198
7.6.3	Stift- und Bolzenverbindung	207
7.6.4	Keilverbindung	209
7.6.5	Federverbindung	210

7.6.6	Löten	211
7.6.7	Schweißen	214
7.6.8	Kleben	218
7.6.9	Pressverbindungen	220
7.6.10	Klemm- und Quetschverbindungen	221
7.7	Fertigungsautomatisierung	223
7.7.1	Historische Entwicklung	223
7.7.2	Bausteine der Fertigungsautomatisierung	225
7.8	CNC-Steuerungen	227
7.8.1	Merkmale von CNC-Maschinen	229
7.8.2	Wegmesssysteme	230
7.8.3	Positionsangabe und Koordinatensystem	231
7.8.4	Werkzeugvermessung und Werkzeugkorrekturen	232
7.8.5	Steuerungsarten	233
7.8.5.1	Punktsteuerung	233
7.8.5.2	Bahnsteuerung	233
7.8.6	CNC-Programm	236
7.8.7	Programmieren von CNC-Fertigungsmaschinen	247
7.8.8	Beispiele numerisch gesteuerter Fertigungsmaschinen	249
7.9	Handhabungstechnik und Robotertechnik	255
7.9.1	Handhabungseinrichtungen	257
7.9.1.1	Balancer	258
7.9.1.2	Manipulatoren	259
7.9.1.3	Teleoperatoren	259
7.9.1.4	Modulare Systeme	259
7.9.1.5	Industrieroboter	260
7.9.2	Kinematik des Roboters	264
7.9.2.1	Getriebefreiheitsgrad	265
7.9.2.2	Bauarten und Arbeitsräume	266
7.9.3	Roboter-Steuerung	269
7.9.4	Programmierung von IR	273

**8 Grundlagen der Elektrotechnik 275**

8.1	Das Bohrsche Atommodell	276
8.2	Ladungstrennung	277
8.2.1	Erzeugung elektrischer Spannung	278
8.2.2	Spannungsarten	278
8.3	Elektrischer Strom	279
8.4	Der elektrische Widerstand	281
8.5	Das Ohm'sche Gesetz	282
8.6	Elektrische Arbeit und elektrische Leistung	283
8.7	Wirkungsgrad	284
8.8	Elektrisches Feld	285
8.9	Magnetisches Feld	287
8.9.1	Magnetische Kreise	288
8.9.2	Grundgrößen des magnetischen Feldes	288
8.9.3	Magnetische Werkstoffe	290
8.9.4	Magnetisierung ferromagnetischer Werkstoffe	291
8.9.5	Kraftwirkung auf parallel verlaufende stromdurchflossene Leiter	292
8.9.6	Elektromagnetische Induktion	292
8.10	Grundschaltungen elektrischer Widerstände	296
8.10.1	Widerstandsbaulemente im Stromkreis	296
8.10.2	Widerstandskennzeichnung	296
8.10.3	Reihenschaltung von Widerständen	297
8.10.4	Maschensatz	298
8.10.5	Parallelschaltung von Widerständen	298
8.10.6	Knotenpunktregel	299
8.11	Grundlagen der Wechselstromtechnik	299
8.11.1	Erzeugung von Wechselspannungen und Begriffsdefinitionen	299
8.11.2	Zeiger zur Darstellung von Wechselgrößen	301
8.11.3	Frequenz und Periodendauer	301

8.11.4	Kreisfrequenz	301	9.3	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)	359
8.11.5	Wellenlänge	302	9.3.1	EMV-Messungen	361
8.11.6	Effektivwert	302	9.3.2	EMV-Schutzmaßnahmen	361
8.12	Der Kondensator im Stromkreis	303	9.3.3	Frequenzspektrum elektromagnetischer Felder	362
8.13	Die Spule im Stromkreis	305	9.4	Schutzmaßnahmen	363
8.14	Dreiphasenwechselstrom	307	9.4.1	Gefahren im Umgang mit dem elektrischen Strom	363
8.14.1	Entstehung der Dreiphasenwechselspannung	307	9.4.1.1	Wirkungen des elektrischen Stromes im menschlichen Körper	363
8.14.2	Verkettung	307	9.4.1.2	Direktes und indirektes Berühren	365
8.14.3	Sternschaltung	309	9.4.1.3	Fachbegriffe Schutzmaßnahmen	365
8.14.4	Dreieckschaltung	311	9.4.2	Sicherheitsbestimmungen für Niederspannungsanlagen	366
8.14.5	Anwendung von Sternschaltung und Dreieckschaltung	312	9.4.3	Begriffe und Kenngrößen	366
8.14.6	Leistung bei Dreiphasenwechselstrom	313	9.4.3.1	Schutzklassen	366
8.15	Grundlagen elektronischer Bauelemente	315	9.4.3.2	IP-Schutzarten (nach DIN VDE 0470)	367
8.15.1	Die Diode	315	9.4.3.3	Maßnahmen bei Arbeiten an elektrischen Anlagen	368
8.15.1.1	Die Zener-Diode	316	9.4.3.4	Fehlerarten	369
8.15.1.2	Die Leuchtdiode	316	9.4.3.5	Spannungen im Fehlerfall	369
8.15.2	Der Transistor	317	9.4.4	Schutz gegen elektrischen Schlag	370
8.15.3	Bauelemente der Leistungselektronik	318	9.4.5	Schutz sowohl gegen direktes als auch bei indirektem Berühren	370
8.15.3.1	Die Leistungsdiode	319	9.4.5.1	Schutz durch Kleinspannung SELV und PELV	371
8.15.3.2	Der Diac	319	9.4.5.2	Schutz durch Begrenzung von Ladung	372
8.15.3.3	Der p-Gate-Thyristor	319	9.4.6	Schutz gegen elektrischen Schlag unter normalen Bedingungen (Schutz gegen direktes Berühren oder Basisschutz)	372
8.15.3.4	Der Triac	319	9.4.7	Schutz gegen elektrischen Schlag unter Fehlerbedingungen (Schutz bei indirektem Berühren oder Fehlerschutz)	373
8.15.3.5	Der Insulated Gate Bipolar Transistor	320	9.4.7.1	Berühren oder Fehlerschutz	373
8.16	Grundlagen der elektrischen Messtechnik	321	9.4.7.2	Drehstromsysteme	373
8.16.1	Erfassung elektrischer Größen: Messgeräte	321	9.4.7.3	Schutzmaßnahmen im TN-System	374
8.16.2	Messung der elektrischen Spannung	322	9.4.7.4	Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD)	376
8.16.3	Messung des elektrischen Stromes	322	9.4.7.5	Schutzmaßnahmen im IT-System	379
8.16.4	Spannungsfehlerschaltung	323	9.4.7.6	Schutz durch Verwendung von Betriebsmitteln der Schutzklasse II oder durch gleichwertige Isolierung (Schutzisolierung)	380
8.16.5	Stromfehlerschaltung	323	9.4.7.7	Schutztrennung	380
8.16.6	Messung zeitabhängiger elektrischer Größen	323	9.4.8	Prüfen der Schutzmaßnahmen	381
<b>9 Elektrische Maschinen 325</b>			9.4.8.1	Prüfen der Schutzmaßnahmen SELV, PELV und Schutztrennung	382
9.1	Transformatoren	326	9.4.8.2	Messen der Schleifenimpedanz	382
9.1.1	Einphasentransformatoren	326	9.4.8.3	Isolationswiderstandsmessung in elektrischen Anlagen	383
9.1.1.1	Leerlaufspannung	326	9.4.9	Schutz gegen elektrostatische Aufladung	384
9.1.1.2	Übersetzungen	327	<b>10 Steuerungstechnik 385</b>		
9.1.1.3	Leerlauf und Belastung	328	10.1	Grundlagen	385
9.1.1.4	Kurzschlussspannung	329	10.1.1	Steuervorgänge	385
9.1.1.5	Kurzschlussstrom	330	10.1.2	Einteilung von Steuerungen	386
9.1.1.6	Wirkungsgrad von Transformatoren	331	10.1.3	Regelungsvorgänge	388
9.1.2	Kleintransformatoren	332	10.2	Digitaltechnik	389
9.1.3	Spartransformatoren	333	10.2.1	Signalformen	389
9.2	Elektrische Antriebe	334	10.2.2	Die logischen Grundverknüpfungen	389
9.2.1	Grundlagen elektrischer Maschinen	335	10.2.3	Elektronische Schaltkreisfamilien	392
9.2.2	Drehstromasynchronmotoren	337	10.2.4	Entwerfen logischer Verknüpfungsschaltungen	393
9.2.3	Einphasen-Wechselstrommotoren	340	10.2.5	Vereinfachung von Funktionsgleichungen	394
9.2.4	Gleichstrommotoren	341	10.2.6	Minimierung mit KV-Diagramm	395
9.2.4.1	Wirkungsweise von Gleichstrommotoren	342	10.2.7	Analyse logischer Schaltungen	397
9.2.4.2	Arten von Gleichstrommotoren	343	10.2.8	Speicherfunktionen	398
9.2.4.3	Spannungsstellung bei vorhandenem Wechselspannungsnetz	345	10.2.8.1	JK-Master-Slave-Flipflop	399
9.2.5	Veränderung der Drehfeldzahl bei Asynchronmotoren	346	10.2.8.2	JK-Master-Slave-Flipflop mit Statischen Eingängen	400
9.2.5.1	Prinzip des Frequenzumrichters	347			
9.2.5.2	Verhalten der Asynchronmaschine bei Frequenzsteuerung	349			
9.2.6	Servoantriebe	350			
9.2.7	Schrittmotoren	352			
9.2.8	Schutz elektrischer Antriebe	353			
9.2.9	Einsatz eines variablen Antriebes in einer Applikation	356			



12.5.1	Master/Slave-Verfahren	554	14.4	Organisationsformen der Montage	598
12.5.2	Das Token-Prinzip	554	14.5	Montagebeispiele	600
12.5.3	Das CSMA-Verfahren	555	14.5.1	Beispiel für Montageplan eines elektropneumatischen Ventilblockes auf DIN-Schiene	601
12.5.4	CSMA/CA	556	14.5.2	Auszug aus dem Montageplan eines Handlinggerätes zur Realisierung von Handhabungslösungen an Spritzguss- maschinen	602
12.6	Datensicherheit	556	14.6	Arbeitssicherheit bei der Montage	605
12.7	AS-Interface	557	14.6.1	Vorbeugende Sicherheitsmaßnahmen bei der Arbeit an Maschinen, Anlagen und mechatronischen Systemen	605
12.7.1	AS-Interface-Funktionsprinzip	557	14.6.2	Maßnahmen bei einem Arbeitsunfall	606
12.7.2	AS-Interface-Verkabelung	560	14.6.3	Brandschutz und Maßnahmen im Brandfalle	607
12.7.3	Inbetriebnahme einer AS-Interface-Anlage	561	14.6.4	Umgang mit Gefahrstoffen	608
12.7.4	Strukturen einer AS-Interface-Anlage	563	14.6.5	Richtlinien für die Maschinensicherheit	608
12.7.5	Die AS-Interface-Spezifikation 2.11	566	14.7	Inbetriebnahme	609
12.8	InterBus	568	14.7.1	Besonderheiten der Inbetriebnahme	609
12.9	PROFIBUS	572	14.7.2	Grundsätzliches zum Verfahren der Inbetriebnahme	612
12.9.1	PROFIBUS-DP	572	14.7.3	Inbetriebnahme pneumatischer und elektropneumatischer Anlagen	614
12.9.2	PROFIBUS-PA	574	14.7.4	Inbetriebnahme hydraulischer und elektrohydraulischer Anlagen	614
<b>13 Mechatronische Systeme 579</b>			14.7.5	Inbetriebnahme elektrischer Maschinen	615
13.1	Teilsysteme des mechatronischen Systems	579	14.7.6	Inbetriebnahme von SPS	616
13.2	Die Komponenten des mechatronischen Systems	580	14.7.7	Fehler bei der Inbetriebnahme von mechatronischen Systemen	616
13.2.1	Das <i>mechanische</i> Teilsystem	580	14.8	Instandhaltung von mechatronischen Systemen	619
13.2.2	Das hydraulische Teilsystem	580	14.8.1	Verlauf der Systemausfallrate	619
13.2.3	Das pneumatische Teilsystem	583	14.8.2	Instandhaltungsstrategien	620
13.2.4	Das elektrische Teilsystem	584	14.8.3	Die Wartung als vorbeugende Instandhaltungsmaßnahme	621
<b>14 Montage, Inbetriebnahme und Instand- haltung mechatronischer Systeme 593</b>			14.8.4	Die Inspektion als Maßnahme zur Ausfallverhütung	623
14.1	Die Montagetätigkeit Fügen	593	14.8.5	Die Instandsetzung	624
14.1.1	Formschlüssige Verbindungen	593	14.8.6	Fehlersuche als Grundlage der Instandsetzung	624
14.1.2	Kraftschlüssige Verbindungen	594	Bildquellenverzeichnis		627
14.1.3	Stoffschlüssige Verbindungen	594	Sachwortverzeichnis		628
14.2	Die Montagetätigkeit Prüfen und Justieren	595			
14.2.1	Prüftätigkeiten vor der Montage	595			
14.2.2	Prüftätigkeiten während der Montage	595			
14.2.3	Prüftätigkeiten nach der Montage	595			
14.3	Montageplanung	596			
14.3.1	Der Montageplan	597			
14.3.2	Beispiel eines Montageplanes	597			