

# 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



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
<b>9 Elektrische Maschinen</b>		<b>335</b>	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			



**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 Handlinggerätes 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