

## Einleitung

### 1. Einführung in technologische Grundlagen

1.1. Entwicklung der Technologie . . . . .	15
1.2. Bedeutung der Technologie für eine effektive Produktion . . . . .	15
1.3. Technologische Struktur von Produktionsprozessen . . . . .	18
1.4. Anforderungen an die Betreiber und Instandhalter von Produktionsanlagen	20
1.5. Planmäßige Instandhaltung . . . . .	24
<i>Aufgaben und Kontrollfragen</i> . . . . .	24

### 2. Bauelemente und Verfahren zum Verbinden von Bauteilen

2.1. Übersicht und Systematisierung . . . . .	25
<i>Aufgaben und Kontrollfragen</i> . . . . .	27
2.2. Lösbare Verbindungen . . . . .	27
2.2.1. Schraubverbindungen . . . . .	28
2.2.1.1. Arten . . . . .	28
2.2.1.2. Schrauben und Muttern . . . . .	29
2.2.1.3. Schraubensicherungen . . . . .	33
2.2.1.4. Wichtige Schraubverbindungen und ihre Montage . . . . .	34
2.2.1.5. Instandhaltungsprinzipien für Verschraubungen . . . . .	40
2.2.1.6. Berechnungsgrundlagen für Bauelemente und Bauteile . . . . .	43
<i>Aufgaben und Kontrollfragen</i> . . . . .	49
2.2.2. Stiftverbindungen . . . . .	50
2.2.2.1. Ausführung – Standardisierung . . . . .	50
2.2.2.2. Montagehinweise und Berechnungen zu Stiftverbindungen . . . . .	51
<i>Aufgaben und Kontrollfragen</i> . . . . .	56
2.2.3. Verbindungen durch Keile und Paßfedern . . . . .	56
2.2.3.1. Keilverbindungen . . . . .	57
<i>Aufgaben und Kontrollfragen</i> . . . . .	61
2.2.3.2. Paßfederverbindungen . . . . .	61
<i>Aufgaben und Kontrollfragen</i> . . . . .	64
2.3. Unlösbare Verbindungen . . . . .	64
2.3.1. Schweißverbindungen . . . . .	64
2.3.1.1. Definition und Systematisierung . . . . .	65
2.3.1.2. Gasschweißen (G-Schweißen) . . . . .	67
2.3.1.3. Elektroschweißen (E-Schweißen) . . . . .	69
2.3.1.4. Automatisierte Schmelzschweißverfahren . . . . .	73
2.3.1.5. Schweißen von Thermoplasten . . . . .	78
<i>Aufgaben und Kontrollfragen</i> . . . . .	79
2.3.2. Lötverbindungen . . . . .	79
2.3.2.1. Weichlötungen . . . . .	80
2.3.2.2. Hartlötungen . . . . .	81
<i>Aufgaben und Kontrollfragen</i> . . . . .	82

2.3.3.	Kleilverbindungen	83
	<i>Aufgaben und Kontrollfragen</i>	85
2.3.4.	Nietverbindungen	85
	<i>Aufgaben und Kontrollfragen</i>	87
2.3.5.	Preßverbindungen	87
2.3.5.1.	Längspreßverbindungen	87
2.3.5.2.	Querpreßverbindungen	88
	<i>Aufgaben und Kontrollfragen</i>	90
2.4.	Federnde Verbindungen	91
2.4.1.	Aufbau einer Federverbindung	91
2.4.2.	Gebräuchliche Federarten	92
2.4.3.	Federkennlinien, Federarbeit	92
	<i>Aufgaben und Kontrollfragen</i>	93
<b>3.</b>	<b>Bauteile zum Abstützen und ihre Schmierung</b>	
3.1.	Aufgaben und Einteilung der Bauteile zum Abstützen	94
3.2.	Gleitlager	95
3.2.1.	Querlager (Radiallager)	97
3.2.2.	Längslager (Axiallager)	100
3.2.3.	Lagerwerkstoffe, einschließlich der Plastelager	102
3.2.4.	Montage von Gleitlagern	104
	<i>Aufgaben und Kontrollfragen</i>	106
3.3.	Wälzlager	106
3.3.1.	Arten	106
3.3.2.	Aufgaben	110
3.3.3.	Berechnung	113
3.3.4.	Montage, Demontage und Wartung	114
	<i>Aufgaben und Kontrollfragen</i>	118
3.4.	Achsen und Zapfen	118
3.4.1.	Achsen	119
3.4.2.	Zapfen	122
	<i>Aufgaben und Kontrollfragen</i>	125
3.5.	Lager- und Wellendichtungen	126
3.5.1.	Schleifende Dichtungen	126
3.5.2.	Nichtschleifende Dichtungen	128
	<i>Aufgaben und Kontrollfragen</i>	129
3.6.	Schmierungstechnik	130
3.6.1.	Aufgaben und Bedeutung	130
3.6.2.	Grundlagen	131
3.6.3.	Reibung	131
3.6.3.1.	Reibungsarten	131
3.6.3.2.	Reibungszustände	132
3.6.4.	Verschleiß	135
3.6.5.	Schmierung	136
3.6.5.1.	Schmierstoffe	136
3.6.5.2.	Organisation der Schmierungstechnik	137
3.6.5.3.	Schmierverfahren	138
3.6.5.4.	Schmiereinrichtungen	139

3.6.6.	Entwicklungstendenzen . . . . .	143
3.6.7.	Schmierpläne . . . . .	144
	<i>Aufgaben und Kontrollfragen</i> . . . . .	144
<b>4.</b>	<b>Bauteile zum Übertragen mechanischer Energie</b>	
4.1.	Arten und Aufgaben der Bauteile zum Übertragen mechanischer Energie . . . . .	146
4.2.	Wellen . . . . .	146
4.2.1.	Arten . . . . .	148
4.2.2.	Wellenwerkstoffe . . . . .	148
4.2.3.	Berechnung der Wellen auf einfache Festigkeit . . . . .	149
	<i>Aufgaben und Kontrollfragen</i> . . . . .	151
4.3.	Kupplungen . . . . .	151
4.3.1.	Nichtsichtbare Kupplungen . . . . .	152
4.3.1.1.	Starre Kupplungen . . . . .	152
4.3.1.2.	Ausgleichskupplungen . . . . .	155
4.3.2.	Schalt- und regelbare Kupplungen . . . . .	160
4.3.2.1.	Im Stillstand schaltbare Kupplungen . . . . .	161
4.3.2.2.	Im Betrieb schaltbare Kupplungen . . . . .	161
4.3.2.3.	Selbstschaltende Kupplungen . . . . .	166
4.3.2.4.	Kupplungen zum Regeln des mechanischen Energieflusses . . . . .	169
4.3.2.5.	Elektrische Kupplungen . . . . .	171
4.4.	Bremsen . . . . .	172
4.5.	Montage- und Wartungshinweise für Kupplungen und Bremsen . . . . .	173
4.6.	Gesperre . . . . .	175
	<i>Aufgaben und Kontrollfragen</i> . . . . .	175
<b>5.</b>	<b>Bauteile zum Umformen von Bewegungen (Getriebe)</b>	
5.1.	Aufgabe, Anwendung, Wirkungsweise von Getrieben . . . . .	176
5.2.	Getriebe zur Drehzahl- und Drehmomentänderung . . . . .	176
5.2.1.	Reibkörpergetriebe . . . . .	176
	<i>Aufgaben und Kontrollfragen</i> . . . . .	178
5.2.2.	Riemengetriebe . . . . .	178
	<i>Aufgaben und Kontrollfragen</i> . . . . .	183
5.2.3.	Kettengetriebe . . . . .	183
5.2.3.1.	Kettengetriebe mit gleichbleibendem Übersetzungsverhältnis . . . . .	183
5.2.3.2.	Kettenschaltgetriebe . . . . .	186
	<i>Aufgaben und Kontrollfragen</i> . . . . .	187
5.2.4.	Zahnradgetriebe . . . . .	187
5.2.4.1.	Zahnräder . . . . .	188
5.2.4.2.	Zahnradgetriebe mit festem Übersetzungsverhältnis . . . . .	194
5.2.4.3.	Zahnradgetriebe mit veränderlichem Übersetzungsverhältnis (Schaltgetriebe) . . . . .	206
	<i>Aufgaben und Kontrollfragen</i> . . . . .	212
5.3.	Getriebe zum Ändern des Bewegungsablaufes . . . . .	212
5.3.1.	Koppelgetriebe . . . . .	212
5.3.1.1.	Gelenkviereck . . . . .	214
5.3.1.2.	Kurbelschwinge . . . . .	214
5.3.1.3.	Schubkurbelgetriebe . . . . .	215
5.3.2.	Kurvengetriebe . . . . .	216
5.3.2.1.	Aufbau . . . . .	216

5.3.2.2.	Anwendungsbeispiel (kurvengesteuerte Revolverdrehmaschine)	217
5.3.3.	Schaltwerke	217
5.3.3.1.	Reibkörperschaltwerk	218
5.3.3.2.	Malteserkreuzschaltwerk	218
5.3.3.3.	Sternradschaltwerk	219
5.3.4.	Wartungs- und Instandhaltungshinweise	219
5.3.4.1.	Auswuchten	219
5.3.4.2.	Allgemeine Hinweise	220
	<i>Aufgaben und Kontrollfragen</i>	220

## 6. Bauteile und Systeme zum Stofftransport

6.1.	Überblick	221
6.2.	Rohrleitungen	223
6.2.1.	Anforderungen und Richtlinien	223
6.2.2.	Kennzeichnung	225
6.2.3.	Rohrleitungsbauteile und -verbindungen	228
6.2.4.	Kennlinien	232
6.2.5.	Wärme-, Kälte- und Korrosionsschutz	234
6.2.5.1.	Schutz gegen Wärmedehnung	234
6.2.5.2.	Dämmstoffe als Wärme- und Kälteschutz	236
6.2.5.3.	Schutz gegen Korrosion	240
6.2.6.	Instandhaltung an Rohrleitungsanlagen	242
	<i>Aufgaben und Kontrollfragen</i>	246
6.3.	Rohrleitungsarmaturen	246
6.3.1.	Einteilung und Kennzeichnung	246
6.3.2.	Absperrarmaturen	249
6.3.2.1.	Absperrhähne	249
6.3.2.2.	Absperrventile	249
6.3.2.3.	Stopfbuchspackungen	250
6.3.2.4.	Absperrschieber	252
6.3.3.	Sicherheitsarmaturen	254
6.3.3.1.	Direktgesteuerte Sicherheitsventile	254
6.3.3.2.	Hilfsgesteuerte Sicherheitsventile	256
6.3.4.	Regel- und Kontrollorgane	257
6.3.5.	Instandhaltung von Armaturen	257
	<i>Aufgaben und Kontrollfragen</i>	259
6.4.	Arbeitsmaschinen für die Förderung von Flüssigkeiten und Gasen	259
6.4.1.	Einteilung und Kennzeichnung	259
6.4.2.	Physikalische Grundlagen	262
6.4.3.	Kolbenpumpen	266
6.4.4.	Kolbenverdichter	272
6.4.5.	Kreiselpumpen	277
	<i>Aufgaben und Kontrollfragen</i>	285
6.4.6.	Kreiselarbeitsmaschinen für Gase	286
6.4.7.	Sonstige Bauarten von Pumpen und Verdichtern	291
6.4.8.	Instandhaltung an Arbeitsmaschinen	293
	<i>Aufgaben und Kontrollfragen</i>	295
6.5.	Hebezeuge	295
6.5.1.	Bedeutung und Einteilung	295
6.5.2.	Hebegeräte	296

6.5.3.	Hebeeinrichtungen . . . . .	301
6.5.4.	Hebeanlagen . . . . .	302
6.5.5.	Sicherheitseinrichtungen . . . . .	303
6.5.6.	Bedienungs- und Instandhaltungshinweise	304
	<i>Aufgaben und Kontrollfragen</i> . . . . .	305
6.6.	Lastaufnahmemittel . . . . .	306
6.6.1.	Einteilung . . . . .	306
6.6.2.	Kennzeichnung . . . . .	306
6.6.3.	Lastaufnahmemittel mit direkter Verbindung zur Last	307
6.6.4.	Lastaufnahmemittel mit indirekter Kraftwirkung	311
6.6.5.	Forderungen beim Umgang mit Lastaufnahmemitteln	311
	<i>Aufgaben und Kontrollfragen</i> . . . . .	313
<b>7.</b>	<b>Hydraulische und pneumatische Bauteile und Anlagen</b>	
7.1.	Aufgaben und Bedeutung der Hydraulik und Pneumatik . . . . .	314
7.2.	Grundbegriffe . . . . .	315
7.2.1.	Hydraulik . . . . .	315
7.2.2.	Pneumatik . . . . .	316
7.3.	Physikalische Grundlagen der Hydraulik und Pneumatik . . . . .	316
7.3.1.	Fortleitung und Umformung von Druckkräften in flüssigen und gasförmigen Fluids . . . . .	316
7.3.2.	Druckübertragungsmittel (Fluids) . . . . .	320
7.3.3.	Anforderungen an Hydraulikflüssigkeiten . . . . .	320
7.3.4.	Physikalische und chemische Eigenschaften von Hydraulikflüssigkeiten . . . . .	321
7.3.4.1.	Kompressibilität (Zusammendrückbarkeit) . . . . .	321
7.3.4.2.	Viskosität . . . . .	322
7.3.4.3.	Hydrauliköle . . . . .	322
7.3.4.4.	Schwerentflammbare Hydraulikflüssigkeiten . . . . .	323
7.3.4.5.	Betriebsspezifische Besonderheiten flüssiger Fluids . . . . .	324
7.3.5.	Gase als Fluids . . . . .	325
7.3.5.1.	Aufbereitung der Luft . . . . .	325
7.3.5.2.	Weitere Anforderungen an die Luft als Fluid . . . . .	326
7.4.	Schaltsymbole der Hydraulik und Pneumatik . . . . .	326
7.5.	Grundschaltungen und Wirkungsschemata der Hydraulik und Pneumatik	328
7.5.1.	Wirkungsschema einer hydraulischen Handpumpe . . . . .	330
7.5.2.	Wirkungsschema einer pneumatischen Spanneinrichtung . . . . .	330
7.6.	Hydraulische Bauteile . . . . .	331
7.6.1.	Druckstromerzeuger – Druckstromverbraucher . . . . .	332
7.6.1.1.	Zahnradpumpen . . . . .	334
7.6.1.2.	Schraubenpumpen . . . . .	335
7.6.1.3.	Flügelzellenpumpen . . . . .	335
7.6.1.4.	Radialkolbenpumpen . . . . .	336
7.6.1.5.	Axialkolbenpumpen . . . . .	337
7.6.1.6.	Kolbenpumpen (Hydraulik-Arbeitszylinder) . . . . .	338
7.6.2.	Steuer-, Regel- und Sicherheitseinrichtungen . . . . .	340
7.6.2.1.	Wegeventile . . . . .	340
7.6.2.2.	Druckventile . . . . .	340
7.6.2.3.	Rückschlagventile . . . . .	341
7.6.3.	Hydraulikzubehör . . . . .	341

7.7.	Hydraulische Getriebe . . . . .	342
7.7.1.	Grundlagen . . . . .	342
7.7.2.	Hydrostatische Getriebe für Drehbewegungen . . . . .	343
7.7.2.1.	Flügelzellengetriebe (Radialzellengetriebe) . . . . .	344
7.7.2.2.	Radialkolbengetriebe . . . . .	345
7.7.2.3.	Axialkolbengetriebe . . . . .	345
7.7.2.4.	Kombinierte Getriebe . . . . .	346
7.7.3.	Hydrostatische Getriebe für Hubbewegungen . . . . .	346
7.7.4.	Hydrodynamische Getriebe . . . . .	348
7.7.4.1.	Hydrodynamische Kupplungen (Strömungskupplungen) . . . . .	348
7.7.4.2.	Hydrodynamische Wandler (Strömungsgetriebe) . . . . .	348
7.8.	Pneumatische Bauteile und Anlagen . . . . .	349
7.8.1.	Druckbereiche . . . . .	350
7.8.2.	Hauptbaugruppen . . . . .	350
7.8.2.1.	Drucklufterzeuger . . . . .	350
7.8.2.2.	Druckluftverbraucher – Pneumatikmotoren . . . . .	351
7.8.2.3.	Pneumatikventile und Pneumatikzubehör . . . . .	351
7.9.	Vorzüge und Nachteile der Pneumatik . . . . .	351
7.10.	Instandhaltungsaufgaben an Hydraulik- und Pneumatikanlagen . . . . .	352
7.10.1.	Wartung . . . . .	352
7.10.2.	Instandhaltungsarbeiten an Pumpen und Motoren . . . . .	353
7.10.3.	Arbeiten an Ventilen und Rohrleitungen . . . . .	354
7.10.4.	Arbeiten mit dem Fluid . . . . .	355
7.10.5.	Störungssuche . . . . .	357
	<i>Aufgaben und Kontrollfragen</i> . . . . .	357
<b>8.</b>	<b>Automatisierte technische Ausrüstungen</b>	
8.1.	Beispiele . . . . .	359
8.2.	Industrieroboter . . . . .	362
8.2.1.	Aufbau . . . . .	364
8.2.2.	Baugruppen . . . . .	364
8.2.2.1.	Greiferführung . . . . .	364
8.2.2.2.	Greifer . . . . .	366
8.2.2.3.	Antriebe . . . . .	367
8.2.2.4.	Steuerung . . . . .	368
8.2.2.5.	Wegmeßsysteme . . . . .	369
8.2.2.6.	Erkennungssysteme . . . . .	371
8.2.3.	Baukastenbauweise von Industrierobotern . . . . .	372
8.3.	Anforderungen an die Instandhaltung . . . . .	373
8.4.	Arbeitssicherheit . . . . .	374
	<i>Aufgaben und Kontrollfragen</i> . . . . .	375
<b>9.</b>	<b>Toleranzen und Passungen</b>	
9.1.	Toleranzen . . . . .	376
9.2.	Passungen . . . . .	380
9.2.1.	Passungsarten . . . . .	380
9.2.2.	ISA-Passungssystem . . . . .	383

9.3. Passungsauswahlreihen für Maßtoleranzfelder und Paßtoleranzen . . . . .	387
<i>Aufgaben und Kontrollfragen</i> . . . . .	387
<b>Literatur- und Quellenverzeichnis</b> . . . . .	388
<b>Sachwörterverzeichnis</b> . . . . .	389