

Inhaltsverzeichnis

1 Grundlagen	1
1.1 Maßeinheiten	1
1.1.1 SI-Einheiten	1
1.1.2 Abgeleitete Einheiten	3
1.1.3 Dezimale Vielfache und Teile von Einheiten	5
1.1.4 Andere nicht mehr gebräuchliche Einheiten	6
1.1.5 Umrechnungen verschiedener Maßeinheiten	6
1.2 Maßtoleranzen und Toleranzsysteme	9
1.3 Form- und Lagetoleranzen	13
1.3.1 Maximum-Material-Prinzip	14
1.3.2 Positionstolerierung	15
1.3.3 Neue Tolerierungsgrundsätze. Zusammenhang zwischen Maß-, Form- und Lagetoleranzen	15
1.3.4 Allgemeintoleranzen für Form und Lage	17
1.4 Werte fester, flüssiger und gasförmiger Stoffe	18
1.5 Literatur	20
2 Werkstoffe	23
2.1 Eisenwerkstoffe	23
2.1.1 Baustähle	23
2.1.1.1 Allgemeine Baustähle	23
2.1.1.2 Feinkornbaustähle	23
2.1.1.3 Einsatz- und Nitrierstähle	24
2.1.1.4 Vergütungsstähle	26
2.1.1.5 Warmfeste Stähle	26
2.1.1.6 Nichtrostende Stähle	28
2.1.1.7 Stähle für Sonderzwecke	28
2.1.2 Werkzeugstähle und Hartmetalle	29
2.1.2.1 Werkzeugstähle	29
2.1.2.2 Hartmetalle	31
2.1.3 Gegossene Eisenwerkstoffe	34
2.1.3.1 Stahlguß	34
2.1.3.2 Grauguß lamellar (GGL)	35
2.1.3.3 Grauguß globular (GGG)	35
2.1.3.4 Temperguß	37
2.2 Nichteisenmetalle	38
2.2.1 Schwermetalle und deren Legierungen	38
2.2.1.1 Kupfer	39
2.2.1.2 Kupfer-Zinn-Legierungen	40
2.2.1.3 Kupfer-Nickel-Legierungen	41
2.2.1.4 Kupfer-Zink-Legierungen (Messinge)	41
2.2.1.5 Zink- und Zink-Legierungen	42
2.2.2 Leichtmetalle und deren Legierungen – Aluminium	44
2.3 Kunststoffe	47
2.3.1 Einführung	47
2.3.2 Aufbau und Verhalten von Kunststoffen	52
2.3.2.1 Der molekulare Aufbau von Kunststoffen	52
2.3.2.2 Mechanisch-thermisches Verhalten von Kunststoffen	53

2.3.3	Gezielte Eigenschaftsänderungen bei Thermoplasten	55
2.3.3.1	Weichgemachte Kunststoffe	55
2.3.3.2	Thermoplastische Polymerisatmischungen	55
2.3.3.3	Thermoplastische Copolymerisate und Ppropfpolymerisate	55
2.3.3.4	Zusatzstoffe für Kunststoffe	55
2.3.4	Wichtige Kunststoffe, Eigenschaften und Anwendungsbeispiele	56
2.3.4.1	Thermoplaste	57
2.3.4.2	Fluorhaltige Kunststoffe	60
2.3.4.3	Duroplaste (Formstoffe gepreßt und laminiert)	60
2.3.5	Elastomere (Gummi)	63
2.3.5.1	Gummi	63
2.3.5.2	Polyurethan-Elastomere, PUR	65
2.3.6	Geschäumte Kunststoffe	66
2.4	Literatur	67
3	Ändern der Eigenschaften	71
3.1	Verformung und Rekristallisation	71
3.1.1	Kaltverformung	71
3.1.2	Kristallerholung und Rekristallisation	71
3.1.3	Warmverformung	73
3.2	Wärmebehandlung bei umwandlungsfähigen Stählen	73
3.2.1	Normalglühen	75
3.2.2	Grobkornglühen oder Hochglühen	75
3.2.3	Weichglühen	76
3.2.4	Spannungsarmglühen	76
3.2.5	Diffusionsglühen	76
3.2.6	Sonderverfahren	76
3.2.7	Härten und Vergüten	77
3.2.8	Begriffe der Härtetechnik	80
3.3	Ausscheidungshärtung bei Nichteisenmetallen und Stählen	80
3.4	Literatur	82
4	Werkstoffprüfung	83
4.1	Werkstoffprüfung metallischer Werkstoffe	83
4.1.1	Mechanisch-technologische Prüfverfahren	83
4.1.1.1	Zugversuch	83
4.1.1.2	Druckversuch	85
4.1.1.3	Biegeversuch	86
4.1.1.4	Härteprüfungen nach Brinell, Vickers und Rockwell sowie Sonderverfahren	87
4.1.1.5	Kerbschlagbiegeversuch	89
4.1.1.6	Technologische Prüfverfahren	90
4.1.1.7	Dauerfestigkeitsprüfungen	92
4.1.2	Metallografische Untersuchungen	95
4.1.2.1	Makroskopische Prüfverfahren	95
4.1.2.2	Mikroskopische Prüfverfahren	95
4.1.3	Zerstörungsfreie Prüfverfahren	96
4.1.3.1	Magnetische Risseprüfung	96
4.1.3.2	Prüfung mit dem Farbeindringverfahren	96
4.1.3.3	Ultraschallprüfung	97
4.1.3.4	Durchstrahlungsverfahren	98

4.2	Werkstoffprüfung Kunststoffe	100
4.2.1	Mechanische Eigenschaften	101
4.2.1.1	Zugversuch	101
4.2.1.2	Druckversuch	102
4.2.1.3	Biegeversuch	102
4.2.1.4	Härteprüfung	103
4.2.1.5	Schlagversuche	103
4.2.1.6	Zeitschwingversuche	104
4.2.1.7	Zeitstandversuche	106
4.2.2	Elektrische Eigenschaften	108
4.2.2.1	Elektrische Durchschlagfestigkeit	108
4.2.2.2	Oberflächenwiderstand R_0	108
4.2.2.3	Spezifischer Durchgangswiderstand ρ_D	109
4.2.2.4	Dielektrische Eigenschaftswerte	109
4.2.2.5	Kriechstromfestigkeit	109
4.2.3	Thermische Eigenschaften	109
4.2.4	Chemische Eigenschaften und Spannungsrißbildung	110
4.2.5	Schwindungsverhalten	111
4.2.6	Gefügeuntersuchungen	112
4.2.6.1	Untersuchungen im Durchlichtverfahren	112
4.2.6.2	Untersuchungen im Auflichtverfahren	112
4.2.7	Prüfung von Kunststoff-Fertigteilen	113
4.2.8	Erkennen von Kunststoffen	113
4.2.9	Brennverhalten von Kunststoffen	114
4.2.10	Lichtechtheit, Wetter- und Alterungsbeständigkeit	114
4.3	Literatur	115
5	Schmierstoffe	119
5.1	Kennwerte und ihre Bedeutung	120
5.2	Hydrauliköle	123
5.3	Getriebeöle	124
5.4	Gleitbahnöle	125
5.5	Kühlschmierstoffe und Funktionsstoffe	125
5.6	Schmierfette	126
5.7	Literatur	127
6	Reinigen und Entfetten	129
6.1	Grundlagen der Metallreinigung	129
6.1.1	Die Verunreinigungen	129
6.1.2	Adhäsion, Adsorption und Chemisorption	129
6.2	Reinigen mit Flüssigkeiten	129
6.2.1	Lösungsmittelreinigung	130
6.2.2	Reinigen mit alkalischen Lösungen	131
6.2.3	Mechanische Unterstützung	131
6.2.4	Die elektrolytische Entfettung	131
6.3	Beizen und Brennen	132
6.3.1	Das Beizen mit Säuren	132
6.3.2	Das Beizen mit alkalischen Lösungen	133
6.3.3	Verfahrensweise, Sonderverfahren	133
6.4	Literatur	133

7	Korrosionsschutz	135
7.1	Grundlagen der metallischen Korrosion	135
7.1.1	Chemische Korrosion	135
7.1.2	Elektrolytische Korrosion	135
7.1.3	Einflüsse von Gefüge und Spannungen	138
7.1.4	Spannungsrißkorrosion, Erosion, Kavitation	138
7.2	Korrosive Medien	139
7.2.1	Die Atmosphäre	139
7.2.2	Das Wasser	139
7.2.3	Das Erdboden	139
7.3	Korrosionsschutz durch Oberflächenschichten	140
7.3.1	Aktive Schichten	140
7.3.2	Schichten mit Sperrwirkung	141
7.4	Korrosionsschutz durch Schutzspannungen	142
7.5	Literatur	142
8	Fertigungsverfahren Metalle	147
8.1	Urformen	147
8.1.1	Gießereitechnik	147
8.1.1.1	Grundlagen	147
8.1.1.2	Verfahren mit Dauermodellen und verlorenen Formen	150
8.1.1.3	Verfahren mit verlorenen Modellen und verlorenen Formen	152
8.1.1.4	Verfahren mit Dauerformen	153
8.1.2	Sintertechnik	156
8.2	Umformen	159
8.2.1	Allgemeines	159
8.2.2	Schmieden	162
8.2.3	Fließpressen	166
8.2.4	Strangpressen	168
8.2.5	Walzen	169
8.3	Trennen	171
8.3.1	Spanen	171
8.3.1.1	Grundlagen	171
8.3.1.2	Spanen mit geometrisch bestimmten Schneiden	181
8.3.1.3	Verfahren mit geometrisch unbestimmten Schneiden	190
8.3.2	Abtragen	197
8.3.2.1	Thermisches Abtragen	197
8.3.2.2	Elektrochemisches Abtragen	200
8.4	Fügen	202
8.4.1	Kleben	202
8.4.1.1	Allgemeine Einführung	202
8.4.1.2	Physikalische und chemische Grundlagen des Klebens	203
8.4.1.3	Vorbehandlungsverfahren für das Metallkleben	203
8.4.1.4	Klebstoffe und ihre Verarbeitung	204
8.4.1.5	Konstruktive Gestaltung der Klebverbindungen	205
8.4.1.6	Festigkeitsverhalten der Klebverbindungen	206
8.4.2	Löten	207
8.4.2.1	Allgemeine Einführung	207
8.4.2.2	Lote	209
8.4.2.3	Arbeitsverfahren	209
8.4.3	Schweißen	210
8.4.3.1	Schweißbarkeit	210
8.4.3.2	Schmelzschweißverfahren	214

	8.4.3.3	Preßverbindungs-schweißen	22
	8.4.3.4	Beschichten; Auftragsschweißen und thermisches Spritzen	22
	8.4.3.5	Thermisches Schneiden	22
8.5		Beschichten	23
	8.5.1	Überblick	23
	8.5.1.1	Funktion der Beschichtung	23
	8.5.1.2	Verfahrens- und Werkstoffübersicht	23
	8.5.2	Metallschichten	23
	8.5.2.1	Aufdampfen und ähnliche Verfahren	23
	8.5.2.2	Schmelztauchen	23
	8.5.2.3	Galvanisieren	23
	8.5.2.4	Thermisches Spritzen	23
	8.5.2.5	Weitere Verfahren	23
	8.5.3	Lackschichten	23
	8.5.3.1	Streichen	23
	8.5.3.2	Spritzen	23
	8.5.3.3	Tauchen und Elektrotauchlackieren	23
	8.5.3.4	Pulverbeschichten	23
	8.5.3.5	Weitere Lackierverfahren	23
	8.5.3.6	Lacktrocknen	23
	8.5.4	Weitere Schichtwerkstoffe und Verfahren	23
	8.5.5	Vor- und Nachbehandlungsverfahren	23
	8.5.6	Beschichtungsgerechtes Konstruieren	23
8.6		Blechverarbeitung (umformende Verfahren)	23
	8.6.1	Verfahrensübersicht	23
	8.6.2	Tiefziehen	23
	8.6.3	Biegen	24
	8.6.4	Streckziehen	24
	8.6.5	Abstreckziehen	25
	8.6.6	Drücken	25
8.7		Blechverarbeitung (schneidende Verfahren)	25
	8.7.1	Begriffe	25
	8.7.2	Grundlagen des Schneidens	25
	8.7.3	Gestaltungsregeln	25
	8.7.4	Feinschneiden	25
8.8		Literatur	26
9		Fertigungsverfahren Kunststoffe	26
	9.1	Urformen	26
	9.1.1	Spritzgießen	27
	9.1.1.1	Spritzgießen von Thermoplasten	27
	9.1.1.2	Spritzgießen von Duroplasten	27
	9.1.1.3	Sonderverfahren	27
	9.1.2	Pressen und Spritzpressen	27
	9.1.2.1	Warmpressen	27
	9.1.2.2	Spritzpressen	27
	9.1.3	Fertigungsgenauigkeit beim Spritzgießen und Pressen	27
	9.1.4	Fertigungsgerechtes Gestalten von Formteilen	27
	9.1.5	Extrudieren und Blasformen	28
	9.1.6	Herstellen von faserverstärkten Formteilen	28
	9.1.7	Schäumen	28
	9.1.8	Rotationsformen	28

9.2	Umformen	287
9.2.1	Biegen und Abkanten von Tafeln	288
9.2.2	Biegen und Aufweiten von Rohren	288
9.2.3	Streckformen von Folien und Tafeln	289
9.3	Spanende Bearbeitung	291
9.4	Fügen von Kunststoffen	293
9.4.1	Kleben	294
9.4.1.1	Wichtige Einflußfaktoren auf die Güte der Klebverbindung	294
9.4.1.2	Klebstoffarten	294
9.4.1.3	Ausführung von Klebverbindungen	295
9.4.1.4	Verwendung von Klebstoffen	295
9.4.2	Schweißen	295
9.4.2.1	Warmgasschweißen W	297
9.4.2.2	Heizelementschweißen H	298
9.4.2.3	Reibschweißen FR	300
9.4.2.4	Ultraschallschweißen US	300
9.4.2.5	Hochfrequenzschweißen HF	301
9.4.3	Nieten	301
9.4.4	Schnappverbindungen	302
9.4.5	Schrauben	303
9.4.6	Einbetten von Metallteilen	303
9.5	Beschichten und Oberflächenbehandlung	304
9.5.1	Lackieren	304
9.5.2	Metallisieren	305
9.5.2.1	Vakuumbedampfen	305
9.5.2.2	Galvanisieren	305
9.5.3	Beflocken	305
9.5.4	Bedrucken	306
9.5.5	Heißprägen	306
9.5.6	Beschichten mit Kunststoffen	306
9.6	Literatur	307
10	Betriebsmittel	309
10.1	Werkzeugmaschinen	309
10.1.1	Werkzeugmaschinen für spanende Verfahren	309
10.1.1.1	Allgemeines	309
10.1.1.2	Bauteile der spanenden Werkzeugmaschinen	309
10.1.1.3	Abnahme und Genauigkeit	316
10.1.1.4	NC-Steuerung	316
10.1.1.5	Übersicht der spanenden Werkzeugmaschinen	318
10.1.2	Werkzeugmaschinen für Umformen und Blechverarbeitung	325
10.1.2.1	Schmiedehämmer	325
10.1.2.2	Mechanische Pressen	327
10.1.2.3	Hydraulische Pressen	332
10.1.3	Werkzeugmaschinen für die Kunststoffverarbeitung	334
10.1.3.1	Spritzgießmaschinen	334
10.1.3.2	Pressen	334
10.1.3.3	Extruder	335
10.1.3.4	Warmumformmaschinen	335
10.1.3.5	Sondermaschinen	335
10.2	Werkzeuge	336
10.2.1	Werkzeuge für spanende Verfahren	336
10.2.1.1	Allgemeines	336
10.2.1.2	Werkzeuge zum Drehen	336

10.2.1.3	Werkzeuge zum Bohren	337
10.2.1.4	Werkzeuge zum Fräsen	340
10.2.1.5	Werkzeuge zum Schleifen	341
10.2.1.6	Werkzeuge zum Hobeln, Stoßen und Räumen	342
10.2.1.7	Werkzeuge zum Sägen	343
10.2.1.8	Werkzeuge zum Herstellen von Gewinden	343
10.2.1.9	Werkzeuge zum Herstellen von Verzahnungen	344
10.2.2	Werkzeuge zum Umformen und zur Blechverarbeitung	344
10.2.2.1	Werkzeuge des Umformens	344
10.2.2.2	Schneidwerkzeuge	345
10.2.2.3	Tiefziehwerkzeuge	345
10.2.3	Werkzeuge für die Kunststoffverarbeitung	347
10.2.3.1	Werkzeuge zum Spritzgießen	347
10.2.3.2	Werkzeuge zum Pressen und zum Spritzpressen	350
10.2.3.3	Werkzeuge für Extrusion und Blasformen	350
10.2.3.4	Werkzeuge zum Umformen	351
10.2.3.5	Werkzeuge für Gummiverarbeitung	351
10.3	Spannzeuge für Werkzeuge	351
10.3.1	Allgemeines	351
10.3.2	Spannzeuge für Drehwerkzeuge	352
10.3.3	Spannzeuge für Bohrwerkzeuge	353
10.3.4	Spannzeuge für Fräswerkzeuge	354
10.3.5	Spannzeuge für Schleifwerkzeuge	354
10.3.6	Spannzeuge für Hobel- Stoß- und Räumwerkzeuge	354
10.3.7	Spannzeuge für Werkzeuge zum Sägen	355
10.4	Vorrichtungssystematik	356
10.4.1	Einführung	356
10.4.1.1	Definition	356
10.4.1.2	Begründung für den Einsatz von Vorrichtungen	356
10.4.1.3	Anforderungen an Vorrichtungen	356
10.4.1.4	Aufgaben der Vorrichtung	357
10.4.2	Lagebestimmen	357
10.4.2.1	Bestimmebenen und Bezugsebenen	357
10.4.2.2	Halbbestimmen	358
10.4.2.3	Bestimmen und Vollbestimmen	359
10.4.2.4	Halbzentrieren	359
10.4.2.5	Zentrieren	360
10.4.2.6	Vollzentrieren	360
10.4.3	Spannen	363
10.4.3.1	Spannregeln	363
10.4.3.2	Berechnung der Spannkraft	363
10.4.3.3	Mechanische Spannmittel	364
10.4.3.4	Spannen mit Wirkmedien	364
10.4.3.5	Spannen mit Magnetwirkung	368
10.4.4	Führen von Bohrwerkzeugen	369
10.4.4.1	Aufgaben und Einsatz von Bohrbuchsen	369
10.4.4.2	Einbau von Bohrbuchsen	369
10.4.5	Toleranzbetrachtungen	369
10.4.5.1	Bestimmfehler	370
10.4.5.2	Berechnung von systematischen Maß und Lageabweichungen	370
10.4.5.3	Fehler durch Verformung von Vorrichtung und/oder Werkstück	371
10.5	Literatur	372

11	Arbeitsgestaltung (Ergonomie)	377
11.1	Grundlagen der Arbeitsgestaltung	377
11.1.1	Belastung und Beanspruchung	377
11.1.2	Formen der Muskelarbeit	378
11.1.3	Körperkräfte	378
11.1.4	Körpermaße	378
11.1.5	Belastung der Sinne und Nerven	380
11.1.6	Einflüsse aus der Arbeitsumgebung	381
11.2	Daten für die Arbeitsgestaltung	381
11.2.1	Arbeitsplatzmaße	381
11.2.2	Maximale Muskelkräfte	384
11.2.3	Stellteile und Anzeigen	385
11.2.4	Sehbedingungen	386
11.2.5	Maßnahmen zur Lärminderung	386
11.3	Literatur	387
12	Elektrische Antriebe	389
12.1	Das Wesen des elektrischen Antriebs	389
12.2	Strukturen von Antriebssystemen	391
12.3	Antriebsaufgaben und Arbeitsmaschinen	396
12.4	Elektrische Antriebsmotoren	401
12.5	Stellglieder für elektrische Antriebe	412
12.6	Antriebsregelung	415
12.7	Antriebsauswahl	416
12.8	Literatur	418
13	Steuerungs- und Regelungstechnik	421
13.1	Allgemeines	421
13.1.1	Erläuterung der Begriffe	421
13.1.2	Signalflußplan	422
13.1.3	Mathematische Betrachtungen	423
13.1.3.1	Schaltfunktion	423
13.1.3.2	Differentialgleichungen	423
13.1.3.3	Frequenzgang	425
13.1.3.4	Zustandsgleichungen	426
13.1.3.5	Simulation	428
13.2	Mechanische Verfahren der Steuerungs- und Regelungstechnik	429
13.2.1	Fliehkraftprinzip	429
13.2.2	Schwimmerprinzip	429
13.2.3	Ausdehnungsprinzip	430
13.3	Hydraulische Verfahren	430
13.3.1	Hydrostatische Steuerungen	430
13.3.2	Servohydraulik	430
13.4	Pneumatische Verfahren	432
13.4.1	Pneumatische Steuerungen	432
13.4.2	Pneumatische Logik	432
13.4.3	Fluidik	432
13.4.4	Pneumatische Regler	434
13.5	Elektrische und elektronische Verfahren	434
13.5.1	Schützensteuerungen	435
13.5.2	Integrierte elektronische Digitalbausteine	436
13.5.3	Elektronische Regler mit Rechenverstärkern	437

13.6	Einsatz von Computern	438
13.6.1	Speicherprogrammierte Steuerungen	438
13.6.2	Prozeßrechner	439
13.6.3	Mikrocomputer als Regler	441
13.6.3.1	Aufbau und Arbeitsweise des Mikrocomputers	441
13.6.3.2	Programmierung des Mikrocomputers	441
13.6.3.3	Prozeßleitsysteme	442
13.7	Literatur	442
14	Meßtechnik	445
14.1	Grundlagen	445
14.1.1	Messen	445
14.1.2	Meßfehler	445
14.2	Statistische Methoden	447
14.2.1	Anwendungsbereich statistischer Methoden	447
14.2.2	Grundbegriffe	447
14.2.3	Statistisches Auswerten von Meßreihen	449
14.2.3.1	Voraussetzungen	449
14.2.3.2	Urliste	449
14.2.3.3	Ausreißerkontrolle	449
14.2.3.4	Klassierung	449
14.2.3.5	Parameter der Stichprobe	452
14.2.3.6	Berechnung der Parameter \bar{x} und s aus klassierten Werten	453
14.2.3.7	Parameter der Grundgesamtheit (Vertrauensbereiche)	454
14.2.3.8	Zufallsstrebereiche, Zufallsgrenzen	456
14.2.4	Die Normalverteilung	456
14.2.4.1	Darstellung und Eigenschaften	456
14.2.4.2	Mischverteilung	458
14.2.4.3	Das Wahrscheinlichkeitsnetz	458
14.2.5	χ^2 -Anpassungstest	460
14.2.6	Stichprobenprüfung	462
14.2.6.1	Verfahren	462
14.2.6.2	Annahmekennlinie	464
14.2.6.3	Stichprobensysteme	464
14.2.7	Qualitätsregelkarten	465
14.3	Elektrisches Messen mechanischer Grundgrößen	467
14.3.1	Begriffsdefinitionen	467
14.3.1.1	Mechanische Grundgrößen	467
14.3.1.2	Elektrisches Messen	470
14.3.2	Grundgesetze der Signalübertragung in Meßketten	470
14.3.2.1	Das Energieprinzip der Signalübertragung	471
14.3.2.2	Signalumformung in Funktionsblöcken	471
14.3.2.3	Leistungsumformer als Funktionsblock-Koppler	472
14.3.2.4	Meßfühler-Funktionsblöcke	474
14.3.2.5	Funktionsblöcke von Meßobjekt-Systemen	475
14.3.2.6	Aufstellung von Energieflußplänen	475
14.3.2.7	Vereinheitlichung von Energieflußsträngen	477
14.3.2.8	Berechnung des Übertragungsverhaltens elektromechanischer Meßkettenteile	480
14.3.2.9	Anpassungsabweichungen	484
14.3.3	Aktive elektromechanische Aufnehmer	485
14.3.3.1	Elektrodynamischer Aufnehmer	486
14.3.3.2	Elektromagnetische Aufnehmer	487
14.3.3.3	Piezoelektrische Aufnehmer	488

14.3.4	Passive elektromechanische Aufnehmer	489
14.3.4.1	Aufnehmer mit ohmschen Widerständen	490
14.3.4.2	Kapazitive Aufnehmer	493
14.3.4.3	Induktive Aufnehmer	494
14.3.4.4	Vibrations-Aufnehmer	497
14.3.4.5	Resonator-Aufnehmer	497
14.3.5	Kompensierende Aufnehmer	497
14.3.6	Überblick über elektromechanische Aufnehmer	499
14.3.7	Das elektronische Meßkettenteil	499
14.3.7.1	Elektrische Meßtechnik, allgemein	499
14.3.7.2	Verstärkertechnik	499
14.3.7.3	Digitale Meßtechnik	499
14.3.7.4	Digitale Schnittstellen und Datenbussysteme	499
14.3.7.5	Telemetrie	500
14.4	Temperaturmessung	500
14.4.1	Das thermodynamische System	500
14.4.1.1	Zustandsgrößen, Speicher	500
14.4.1.2	Temperaturskalen	500
14.4.2	Ausdehnungsthermometer	501
14.4.2.1	Flüssigkeits-Glasthermometer	501
14.4.2.2	Federthermometer (Tensionsthermometer)	502
14.4.2.3	Metallausdehnungsthermometer	502
14.4.3	Thermoelemente	502
14.4.4	Metallische Widerstandsthermometer	503
14.4.5	Halbleiter-Widerstandsthermometer	503
14.4.6	Strahlungsthermometer	503
14.4.7	Rauschspannungsthermometrie	504
14.4.8	Quarzthermometer	504
14.4.9	Anpassungsabweichungen	504
14.4.10	Temperaturmeßbereiche	504
14.5	Fertigungsmeßtechnik	505
14.5.1	Allgemeine Grundlagen	505
14.5.2	Beschreibung von Meßverfahren und Meßgeräten	508
14.5.2.1	Meßverfahren	508
14.5.2.2	Mechanische Innenmeßgeräte	508
14.5.2.3	Pneumatische Längenmeßgeräte	510
14.5.2.4	Elektronische Längenmeßgeräte	512
14.5.2.5	Koordinatenmeßgeräte	515
14.5.2.6	Meßunsicherheiten	517
14.5.2.7	Automatische Meßwertverarbeitung	518
14.5.3	Prüfen von Längen	519
14.5.4	Prüfen von Winkeln und Kegeln	521
14.5.5	Prüfen von Form- und Lageabweichungen	525
14.5.6	Prüfen der Rauheit	528
14.5.7	Prüfen von Verzahnungen	532
14.5.7.1	Prüfung der Einzelverzahnungsgrößen	533
14.5.7.2	Sammelfehlerprüfung	535
14.5.8	Prüfen von Gewinden	536
14.5.8.1	Prüfen von Außen- und Innengewinden	537
14.5.8.2	Gewinde-Lehrung	537
14.5.8.3	Gewinde-Messungen	538
14.5.9	Prüfen der Schichtdicke	540
14.5.10	Rechnereinsatz in der Fertigungsmeßtechnik	542
14.5.11	Prüfmittelüberwachung	544
14.5.12	Überprüfung von Werkzeugmaschinen	546

14.6	Schwingungsmeßtechnik	548
14.6.1	Meßgrößen	548
14.6.2	Ausgangs- und Beurteilungsgrößen	548
14.6.3	Meßprinzipien	549
14.6.4	Meßsysteme	549
14.6.5	Frequenzanalyse	552
14.6.6	Auswuchten starrer Rotoren	554
	14.6.6.1 Statisches Auswuchten	555
	14.6.6.2 Dynamisches Auswuchten	557
	14.6.6.3 Wuchtmaschinen	558
14.7	Messen technischer Geräusche	558
14.7.1	Zweck	558
14.7.2	Meßgrößen	558
14.7.3	Meßgeräte	562
14.7.4	Meßpunktanordnung und Umgebungseinfluß	563
14.7.5	Betriebszustand der Quelle	565
14.7.6	Maßgebende Größen zur Kennzeichnung	566
14.8	Literatur	566
15	Betriebsorganisation	573
15.1	Einführung	573
15.2	Aufbauorganisation eines Betriebes	574
15.2.1	Formen der Aufbauorganisation	574
	15.2.1.1 Liniorganisation	575
	15.2.1.2 Funktional-System nach Taylor	575
	15.2.1.3 Linie-Stab-System (Stablinienorganisation)	576
	15.2.1.4 Divisionalorganisation	576
	15.2.1.5 Produkt- und Projektmanagement	577
	15.2.1.6 Matrixorganisation	578
15.2.2	Anwendung der Organisationsformen	578
15.3	Ablauforganisation eines Betriebes	578
15.4	Funktionale Betriebsorganisation	581
15.4.1	Organisation der Forschung und Entwicklung	581
	15.4.1.1 Organisatorische Eingliederung der Forschung und Entwicklung	582
	15.4.1.2 Forschung	582
	15.4.1.3 Entwicklung	582
	15.4.1.4 Gegenstand der Forschung und Entwicklung	583
	15.4.1.5 Ziele der Forschung und Entwicklung	583
	15.4.1.6 Standardisierung	584
	15.4.1.7 Rechtsschutz von Entwicklungen	584
15.4.2	Organisation der Konstruktion	585
	15.4.2.1 Organisatorische Eingliederung der Konstruktion	585
	15.4.2.2 Aufgaben und Ziele der Konstruktion	585
	15.4.2.3 Hilfsmittel der Konstruktion	586
	15.4.2.4 Erzeugnisbeschreibung	587
15.4.3	Organisation der Fertigungsplanung	591
	15.4.3.1 Organisatorische Eingliederung der Fertigungsplanung	591
	15.4.3.2 Aufgaben und Ziele der Fertigungsplanung	592
	15.4.3.3 Arbeitsplan	592
	15.4.3.4 Arbeitsplanerstellung	594
15.4.4	Organisation der Fertigungssteuerung	596
	15.4.4.1 Organisatorische Eingliederung der Fertigungssteuerung	596
	15.4.4.2 Aufgaben und Ziele der Fertigungssteuerung	596
	15.4.4.3 Auftragsdisposition und -bearbeitung	597

15.4.4.4	Terminplanung	598
15.4.4.5	Bereitstellung	600
15.4.4.6	Arbeitsverteilung	600
15.4.4.7	Auftragsdurchführung	601
15.5	Qualitätssicherung	602
15.5.1	Allgemeines zur Qualität	602
15.5.2	Das Prüfen	603
15.5.3	Organisation der Qualitätssicherung	604
15.5.4	Qualitätskosten	604
15.5.5	Dokumentation	605
15.5.6	Qualitätsfähigkeit	605
15.6	Literatur	605
16	Rechnerunterstützte Planung von Fertigungsprozessen	609
16.1	Hardware- und Softwarestrukturen	609
16.1.1	Einleitung	609
16.1.2	Hardwarestrukturen	609
16.1.2.1	Hardwarestrukturen von CAD/CAM-Systemen	609
16.1.2.2	Peripheriegeräte für CAD/CAM-Systeme	612
16.1.2.3	Netzwerke	612
16.1.3	Softwarestrukturen	614
16.1.3.1	Systemarchitektur von CAD/CAM-Systemen	614
16.1.3.2	Modellbegriff bei CAD/CAM-Systemen	615
16.1.3.3	Kopplung von CAD/CAM-Systemen	618
16.2	Organisation und Planung rechnerintegrierter Betriebsstrukturen	619
16.2.1	Allgemeines	619
16.2.2	Ziel und Potentiale der Integration	620
16.2.2.1	Funktionales Referenzmodell	620
16.2.2.2	Funktionsintegration	626
16.2.2.3	Datenintegration	626
16.2.3	Einflüsse auf Organisationsstrukturen	630
16.2.4	Planung rechnergeführter Fertigungssysteme	631
16.3	Rechnerunterstützte Konstruktion und Arbeitsplanung	634
16.3.1	Einleitung	634
16.3.2	Stand der Technik	636
16.3.3	Geometrieverarbeitung	637
16.3.4	Grafische Datenverarbeitung	640
16.3.5	Konstruieren mit Rechnern	641
16.3.6	Arbeitsplanung mit Rechnern	643
16.3.7	Auswahl und Einführung von CAD-Systemen	645
16.3.8	Entwicklungstendenzen	647
16.4	Rechnergeführte Fertigungssteuerung	654
16.4.1	Einführung	654
16.4.2	Steuerungsrelevante Strukturmerkmale der Fertigung	654
16.4.3	Gegenwärtiger Stand der rechnergeführten Fertigungssteuerung	658
16.4.4	Der Regelkreis als Idealmodell der Fertigungssteuerung	659
16.4.5	Fertigungssteuerung als umfassende Konzeption der betrieblichen Durchsetzung	659
16.4.6	Die Werkstattsteuerung als zentrales Element der Fertigungssteuerung	663
16.5	Programmierung numerisch gesteuerter Werkzeugmaschinen	667
16.5.1	Einführung	667
16.5.2	Programmierverfahren, Hard- und Softwarestrukturen	669
16.5.2.1	Manuelle Programmierung	672
16.5.2.2	Maschinelle Programmierung	678
16.6	Literatur	680

17 Automatisierung in Teilefertigung, Handhabung und Montage	683
17.1 Begriffe	683
17.1.1 Rationalisierung	683
17.1.2 Mechanisierung	683
17.1.3 Automatisierung	683
17.2 Methoden der Automatisierung	684
17.2.1 Systembetrachtung	684
17.2.2 Ermittlung des Automatisierungsgrades	686
17.3 Automatisierung in der Teilefertigung	687
17.3.1 Automatisierte Fertigungszelle	688
17.3.2 Flexible Fertigungssysteme	689
17.4 Automatisierung der Handhabung mit Industrierobotern	691
17.4.1 Aufbau und Wirkungsweise von Industrierobotern	691
17.4.2 Werkzeughandhabung	692
17.4.3 Werkstückhandhabung	693
17.5 Automatisierung der Montage	693
17.5.1 Montagemittel	694
17.5.2 Montageautomaten	695
17.5.3 Programmierbare Montagesysteme	695
17.6 Auswirkungen und Tendenzen der Automatisierung	696
17.7 Literatur	697
18 Rechnerunterstützte Qualitätssicherung	699
18.1 Schwerpunkte der Qualitätssicherung	699
18.1.1 Der Qualitätsbegriff	699
18.1.2 Qualität als strategischer Faktor	699
18.1.3 Qualitätssicherung als gesamtbetriebliche Aufgabe	700
18.1.3.1 Allgemeines	700
18.1.3.2 Produktionsplanung und Konstruktion	701
18.1.3.3 Fertigungsplanung und Fertigung	702
18.1.4 Statistische Methoden der Qualitätssicherung	704
18.1.4.1 Vorbemerkung	704
18.1.4.2 Prüfung nach Stichprobenplänen	704
18.1.4.3 Qualitätssicherung des Fertigungsprozesses	705
18.1.5 Zuverlässigkeit	707
18.1.6 Motivation und Mitarbeiterbeteiligung	708
18.1.7 Qualitätsaudit	709
18.1.8 Wirtschaftlichkeitsaspekt	710
18.1.9 Rechnerunterstützte Qualitätssicherung	712
18.1.9.1 Konzeption	712
18.1.9.2 Vorgehensweise bei der Einführung	714
18.1.9.3 Lösungsbeispiel	714
18.2 Rechnergeführte Meßgeräte	716
18.2.1 Grundlagen, allgemeine Begriffe	716
18.2.1.1 Komponenten von rechnergeführten Meßsystemen	716
18.2.1.2 Zusammenwirken der Komponenten	718
18.2.1.3 Bedingungen für einen störungsfreien Betrieb	719
18.2.1.4 Beispiele für rechnergeführte Meßgeräte	720
18.2.2 Koordinatenmeßgeräte	727
18.2.2.1 Hardware	727
18.2.2.2 Anwendungen, Meßaufgaben	732
18.2.2.3 Software	736
18.2.3 Einbindung in die rechnergeführte Fertigung	740
18.3 Literatur	743

19 Innerbetriebliche Lager- und Transportsysteme	745
19.1 Grundlagen	745
19.1.1 Begriffsbestimmungen, Einordnungen	745
19.1.2 Bildung von Ladeeinheiten	745
19.1.3 Aufgaben und Funktionen von Transport- und Lagersystemen	746
19.1.4 Gesichtspunkte zur Planung von Transport- und Lagersystemen	746
19.2 Transportsysteme	747
19.2.1 Strukturierung eines Transportsystems	747
19.2.2 Bestimmungsgrößen für Transportsysteme	748
19.2.3 Stetigförderer	750
19.2.4 Unstetigförderer	753
19.3 Lagersysteme	757
19.3.1 Allgemeines	757
19.3.2 Strukturierung eines Lagersystems	757
19.3.3 Kommissionierlagersysteme	758
19.3.4 Ein- und Auslagerungssysteme	759
19.3.5 Lagerungssysteme	759
19.4 Steuerungssysteme	759
19.5 Lager- und Verteilsysteme	761
19.6 Literatur	764
20 Technische Gebäudeausrüstung	765
20.1 Beleuchtungstechnik	765
20.1.1 Größen, Einheiten, Begriffe	765
20.1.2 Lichtquellen für Beleuchtungszwecke	766
20.1.3 Schaltung von Entladungslampen	767
20.1.4 Beleuchtungskörper	770
20.1.5 Berechnung von Innenraumbeleuchtungsanlagen	771
20.1.6 Blendungsbegrenzung	771
20.1.7 Auszug von Normbeleuchtungsstärken	772
20.1.8 Messung der Beleuchtungsstärke	772
20.1.9 Anwendung	772
20.1.9.1 Industriebeleuchtung	772
20.1.9.2 Bürobeleuchtungsanlagen	776
20.2 Heiztechnik	776
20.2.1 Grundlagen	776
20.2.2 Berechnungen und Auslegungen	779
20.2.3 Bestandteile der Heiz- und Wassererwärmungsanlagen	782
20.2.4 Heiz- und Warmwassersysteme	785
20.2.5 Betriebshinweise für Heiz- und Wassererwärmungsanlagen	787
20.2.5.1 Raumheizungsanlagen	788
20.2.5.2 Wassererwärmungsanlagen	789
20.2.5.3 Zentrale Wärmeversorgungsanlagen	789
20.3 Raumlufttechnik	789
20.3.1 Grundlagen	789
20.3.1.1 Außenluftzustand	790
20.3.1.2 Raumluftzustand und Behaglichkeit	791
20.3.1.3 Raumluftzustand für Fertigung und Produkte	792
20.3.2 Berechnung und Auslegung	792
20.3.3 Bestandteile von RLT-Anlagen	795
20.3.3.1 Zentralanlagen	795
20.3.3.2 Luftverteilsystem	797
20.3.3.3 Wärmerückgewinnung	797

20.3.3.4	Regelung	798
20.3.3.5	Wasseraufbereitung	798
20.3.3.6	Kälteaggregate	798
20.3.4	Systeme Lüftung	799
20.3.4.1	Freie Lüftung	799
20.3.4.2	Mechanische Lüftung	799
20.3.5	Systeme Klima	799
20.3.6	Spezielle RLT-Anlagen für die Industrie	800
20.3.6.1	Absauganlagen	800
20.3.6.2	Teilklimaanlagen	801
20.3.6.3	Klimakammern	801
20.3.6.4	Reinraumanlagen	801
20.3.6.5	EDV-Anlagen	801
20.3.6.6	Luftschleieranlagen	801
20.3.7	Betrieb von RLT-Anlagen	801
20.4	Ver- und Entsorgung	802
20.4.1	Wasserversorgung	802
20.4.2	Entsorgung	803
20.4.3	Technische Gase	804
20.5	Lärminderung an Maschinen und im Gebäude	804
20.5.1	Systematik der Vorgehensweise	804
20.5.2	Verhinderung der Schallentstehung	806
20.5.3	Minderung in Quellennähe	806
20.5.3.1	Körperschalldämpfung und -dämmung	806
20.5.3.2	Abstrahlungsminderung	807
20.5.3.3	Kapselung	807
20.5.3.4	Schalldämpfer	808
20.5.4	Schallschutz auf dem Ausbreitungsweg	809
20.5.4.1	Schallausbreitung in Räumen	809
20.5.4.2	Baulicher Schallschutz	811
20.6	Literatur	812
21	Arbeitsschutz und Unfallverhütung	819
21.1	Allgemeine Vorbemerkungen	819
21.2	Rechtsgrundlagen	819
21.2.1	Allgemeines	819
21.2.2	Die Gewerbeordnung (1869)	820
21.2.3	Die gesetzliche Unfallversicherung	820
21.2.4	Gesetz über technische Arbeitsmittel (Gerätesicherheitsgesetz, 1968)	821
21.2.5	Gesetz über Betriebsärzte, Sicherheitsingenieure und andere Fachkräfte für Arbeitssicherheit (Arbeitssicherheitsgesetz, 1973)	821
21.2.6	Verordnung über Arbeitsstätten (Arbeitsstätten-VO, 1975)	822
21.2.7	Verordnung über gefährliche Stoffe (Gefahrstoff-VO, 1986)	822
21.3	Arbeitssicherheit in der Praxis	822
21.3.1	Allgemeines	822
21.3.2	Brandschutz und Handfeuerlöschgeräte	823
21.3.3	Persönliche Schutzausrüstung (PSA)	824
21.3.4	Gefahren elektrischer Spannung	824
21.3.5	Alkohol am Arbeitsplatz	824
21.3.6	Sicherheit in der Schweißtechnik	825
21.3.7	Schadstoffe in der Arbeitsluft	826
21.3.8	Schleifkörper	826
21.3.9	Lastaufnahmeeinrichtungen	827
21.4	Literatur	827

22	Arbeitsrecht	829
22.1	Einleitung	829
22.2	Das Arbeitsverhältnis	829
22.2.1	Die Begründung des Arbeitsverhältnisses	830
22.2.2	Die Pflichten des Arbeitnehmers	831
22.2.3	Die Haftung des Arbeitnehmers gegenüber dem Arbeitgeber	831
22.2.4	Die Pflichten des Arbeitgebers	833
22.2.5	Die Haftung des Arbeitgebers gegenüber dem Arbeitnehmer	834
22.2.6	Die Beendigung des Arbeitsverhältnisses	834
22.3	Das arbeitsgerichtliche Verfahren	836
22.4	Literatur	836
23	Umweltschutz	837
23.1	Wasserreinhaltung	837
23.1.1	Struktur gesetzlicher Regelungen	837
23.1.2	Struktur der Wasserbehörden	837
23.1.3	Schwerpunkte gesetzlicher Regelungen im Wasserhaushaltsgesetz (WHG)	844
23.1.3.1	Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer	844
23.1.3.2	Lagerung und Transport wassergefährdender Stoffe	844
23.1.4	Abwasserabgabengesetz (AbwAG)	845
23.1.5	Klärschlammverordnung (AbfKlärV)	846
23.1.6	Landeswassergesetze/Einleiteerlaubnis	846
23.1.7	Satzungen	846
23.1.8	Regelwerke technischer Vereinigungen/Lehrgänge	847
23.2	Luftreinhaltung	848
23.2.1	Einleitung	848
23.2.2	Produktbezogene Maßnahmen	848
23.2.3	Gebietsbezogene Maßnahmen	851
23.2.4	Anlagenbezogene Maßnahmen	851
23.2.4.1	Maßnahmen bei Anlagen zur Bearbeitung von Kunststoffen (Schäumen, Gießen, Beschichten u.ä.)	853
23.2.5	Überwachung der Luftreinhaltung	854
23.2.5.1	Emissionsüberwachung	854
23.2.5.2	Immissionsüberwachung	855
23.2.6	Fragen der Zuständigkeit	855
23.2.7	Internationale Aspekte	855
23.3	Lärmbekämpfung	856
23.3.1	Einführung	856
23.3.2	Lärm am Arbeitsplatz	856
23.3.2.1	Gesetzliche Vorschriften	856
23.3.2.2	Forderungen der Berufsgenossenschaften	857
23.3.2.3	VDI-Richtlinien und DIN-Normen	858
23.3.3	Arbeitslärm in der Nachbarschaft	858
23.3.3.1	Das Bundes-Immissionsschutzgesetz	858
23.3.3.2	Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm)	859
23.3.3.3	VDI- und ETS-Richtlinien, DIN-Normen	860
23.4	Literatur	861
	Sachwortverzeichnis	863