

1 Längenprüftechnik		7
1.1	Größen und Einheiten	8
1.2	Grundlagen der Messtechnik	10
1.2.1	Grundbegriffe	10
1.2.2	Messabweichungen	13
1.2.3	Messmittelfähigkeit, Prüfmittelüberwachung	16
1.3	Längenprüfmittel	18
1.3.1	Maßstäbe, Lehren und Endmaße	18
1.3.2	Mechanische und elektronische Messgeräte	21
1.3.3	Pneumatische Messgeräte	29
1.3.4	Elektronische Messgeräte	31
1.3.5	Optoelektronische Messgeräte	32
1.3.6	Multisensortechnik in Koordinatenmessgeräten	34
1.4	Oberflächenprüfung	36
1.4.1	Oberflächenprofile	36
1.4.2	Kenngrößen von Oberflächen	37
1.4.3	Oberflächen-Prüfverfahren	38
1.5	Toleranzen und Passungen	40
1.5.1	Toleranzen	40
1.5.2	Passungen	44
1.6	Form- und Lageprüfung	48
1.6.1	Form- und Lagetoleranzen	48
1.6.2	Prüfung ebener Flächen und Winkel	50
1.6.3	Rundform-, Koaxialitäts- und Rundlaufprüfung	53
1.6.4	Gewindeprüfung	58
1.6.5	Kegelprüfung	60
2 Qualitätsmanagement		61
2.1	Arbeitsbereiche des QM	61
2.2	Die Normenreihe DIN EN ISO 9000	62
2.3	Qualitätsforderungen	62
2.4	Qualitätsmerkmale und Fehler	63
2.5	Werkzeuge des Qualitätsmanagements	64
2.6	Qualitätslenkung	67
2.7	Qualitätssicherung	68
2.7.1	Prüfplanung	68
2.7.2	Warscheinlichkeit	68
2.7.3	Die Normalverteilung von Merkmalswerten	69
2.7.4	Mischverteilung von Merkmalswerten	69
2.7.5	Kennwerte der Normalverteilung von Stichproben	70
2.7.6	Qualitätsprüfung nach dem Stichprobenverfahren	71
2.8	Maschinenfähigkeit	72
2.9	Prozessfähigkeit	75
2.10	Statistische Prozessregelung mit Qualitätsregelkarten	76
2.11	Auditierung und Zertifizierung	79
2.12	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess: Mitarbeiter optimieren Prozesse	80
3 Fertigungstechnik		81
3.1	Arbeitssicherheit	82
3.2	Gliederung der Fertigungsverfahren	84
3.3	Gießen	86
3.3.1	Formen und Modelle	86
3.3.2	Gießen in verlorene Formen	87
3.3.3	Gießen in Dauerformen	90
3.3.4	Gusswerkstoffe	91
3.3.5	Gussfehler	91
3.4	Umformen	92
3.4.1	Verhalten der Werkstoffe	92
3.4.2	Übersicht über die Umformverfahren	92
3.4.3	Biegeumformen	93
3.4.4	Zugdruckumformen	96
3.4.5	Druckumformen	100
3.4.6	Maschinen zum Umformen	102
3.5	Schneiden	103
3.5.1	Scherschneiden	103
3.5.2	Strahlschneiden	108
3.6	Spanende Fertigung	112
3.6.1	Grundlagen	112
3.6.2	Sägen	120
3.6.3	Bohren, Senken, Reiben	122
3.6.4	Drehen	134
3.6.5	Fräsen	154
3.6.6	Schleifen	171
3.6.7	Feinbearbeitung	183
3.6.8	Abtragen	189
3.6.9	Vorrichtungen und Spannelemente	193
3.6.10	Fertigungsbeispiel „Spannpratze“	200
3.7	Fügen	204
3.7.1	Übersicht über die Fügeverfahren	204
3.7.2	Press- und Schnappverbindungen	207
3.7.3	Kleben	209
3.7.4	Löten	211
3.7.5	Schweißen	217
3.8	Beschichten	230
3.9	Fertigungsbetrieb und Umweltschutz	234
4 Werkstofftechnik		237
4.1	Übersicht der Werk- und Hilfsstoffe	238
4.2	Auswahl und Eigenschaften der Werkstoffe	240
4.3	Innerer Aufbau der Metalle	246
4.3.1	Innerer Aufbau und Eigenschaften	246
4.3.2	Kristallgittertypen der Metalle	247
4.3.3	Baufehler im Kristall	248
4.3.4	Entstehung des Metallgefüges	248
4.3.5	Gefügearten und Werkstoffeigenschaften	249
4.3.6	Gefüge reiner Metalle und Legierungen	250
4.4	Stähle und Eisen-Gusswerkstoffe	251
4.4.1	Gewinnung von Roheisen	251
4.4.2	Herstellung von Stahl	252
4.4.3	Das Bezeichnungssystem für Stähle	255
4.4.4	Einteilung der Stähle nach Zusammen- setzung und Güteklassen	258

4.4.5	Stahlsorten und ihre Verwendung	259	4.9.5	Dauerfestigkeitsprüfung	298
4.4.6	Handelsformen der Stähle	261	4.9.6	Bauteil-Betriebslasten-Prüfung	299
4.4.7	Legierungs- und Begleitelemente	262	4.9.7	Zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen	299
4.4.8	Erschmelzen der Eisen-Gusswerkstoffe	263	4.9.8	Metallografische Untersuchungen	300
4.4.9	Das Bezeichnungssystem für Gusseisenwerkstoffe	264	4.10 Korrosion und Korrosionsschutz		301
4.4.10	Eisen-Gusswerkstoffarten	265	4.10.1	Ursachen der Korrosion	301
4.5 Nichteisenmetalle		268	4.10.2	Korrosionsarten und ihr Erscheinungsbild	303
4.5.1	Leichtmetalle	268	4.10.3	Korrosionsschutz-Maßnahmen	304
4.5.2	Schwermetalle	270	4.11 Kunststoffe		307
4.6 Sinterwerkstoffe		273	4.11.1	Eigenschaften und Verwendung	307
4.7 Keramische Werkstoffe		275	4.11.2	Chemische Zusammensetzung und Herstellung	308
4.8 Wärmebehandlung der Stähle		277	4.11.3	Technologische Einteilung und innere Struktur	309
4.8.1	Gefügearten der Eisenwerkstoffe	277	4.11.4	Thermoplaste	310
4.8.2	Eisen-Kohlenstoff-Zustandsdiagramm	278	4.11.5	Duroplaste	312
4.8.3	Gefüge und Kristallgitter bei Erwärmung	279	4.11.6	Elastomere	313
4.8.4	Glühen	280	4.11.7	Prüfung der Kunststoff-Kennwerte	314
4.8.5	Härten	281	4.11.8	Wichtige Kunststoffe und ihre Kennwerte	315
4.8.6	Vergüten	285	4.11.9	Formgebung der Kunststoffe	316
4.8.7	Härten der Randzone	286	4.11.10	Weiterverarbeitung der Halbzeuge und Fertigteile	321
4.8.8	Fertigungsbeispiel: Spannpratze	289	4.12 Verbundwerkstoffe		323
4.9 Werkstoffprüfung		290	4.13 Umweltproblematik der Werk- und Hilfsstoffe		327
4.9.1	Prüfung der Verarbeitungseigenschaften	290			
4.9.2	Prüfung mechanischer Eigenschaften	291			
4.9.3	Kerbschlagbiegeversuch	293			
4.9.4	Härteprüfungen	294			

5 Maschinen- und Gerätetechnik

329

5.1 Einteilung der Maschinen	330	5.6.4 Dichtungen	399
5.1.1 Kraftmaschinen	330	5.6.5 Federn	401
5.1.2 Arbeitsmaschinen	334	5.7 Funktionseinheiten zur Energieübertragung	403
5.1.3 Datenverarbeitungsanlagen	337	5.7.1 Wellen und Achsen	403
4.1.4 Fertigungsanlagen	338	5.7.2 Kupplungen	405
5.2 Handhabung in der Fertigung und Montage	339	5.7.3 Riementriebe	410
5.2.1 Handhabungssystemtechnik	339	5.7.4 Kettentriebe	412
5.2.2 Flexible Fertigungseinrichtungen	347	5.7.5 Zahnradtriebe	414
5.3 Inbetriebnahme	353	5.8 Antriebseinheiten	417
5.3.1 Aufstellen von Maschinen	354	5.8.1 Elektromotore	417
5.3.2 Inbetriebnahme von Maschinen oder Anlagen	355	5.8.2 Getriebe	424
5.3.3 Abnahme von Maschinen oder Anlagen	356	5.8.3 Linearantriebe	430
5.4 Funktionseinheiten von Maschinen und Geräten	358	5.9 Montagetechnik	432
5.4.1 Innerer Aufbau von Maschinen	358	5.9.1 Montageplanung	432
5.4.2 Funktionseinheiten einer CNC-Werkzeugmaschine	360	5.9.2 Organisationsformen bei der Montage	433
5.4.3 Funktionseinheiten eines Kraftfahrzeugs	362	5.9.3 Automatisierung der Montage	433
5.4.4 Funktionseinheiten einer Klimaanlage	363	5.9.4 Montagebeispiele	434
5.4.5 Sicherheitseinrichtungen an Maschinen	364	5.10 Instandhaltung	440
5.5 Funktionseinheiten zum Verbinden	366	5.10.1 Tätigkeitsgebiete und Definitionen	440
5.5.1 Gewinde	366	5.10.2 Begriffe der Instandhaltung	441
5.5.2 Schraubenverbindungen	368	5.10.3 Ziele der Instandhaltung	442
5.5.3 Stiftverbindungen	376	5.10.4 Instandhaltungskonzepte	442
5.5.4 Nietverbindungen	378	5.10.5 Wartung	445
5.5.5 Welle-Nabe-Verbindungen	380	5.10.6 Die Inspektion	448
5.6 Funktionseinheiten zum Stützen und Tragen	384	5.10.7 Instandsetzung	450
5.6.1 Reibung und Schmierstoffe	384	5.10.8 Verbesserung	452
5.6.2 Lager	387	5.10.9 Auffinden von Störstellen und Fehlerquellen	453
5.6.3 Führungen	396	5.11 Schadensanalyse und Schadensvermeidung	454
		5.12 Beanspruchung auf Festigkeit	456

6 Automatisierungstechnik**458**

6.1 Steuern und Regeln	459	6.5.1 Aufbau	507
6.1.1 Grundlagen der Steuerungstechnik	459	6.5.2 Elektrische Schaltgeräte	507
6.1.2 Grundlagen der Regelungstechnik	461	6.5.3 Elektrische Kontaktsteuerungen	509
6.2 Grundlagen für die Lösung von Steuerungsaufgaben	465	6.6 Speicherprogrammierbare Steuerungen ..	511
6.2.1 Arbeitsweise von Steuerungen	465	6.6.1 Speicherprogrammierbare Steuerung als Kleinststeuerung (Logikmodul)	511
6.2.2 Steuerungskomponenten	466	6.6.2 Speicherprogrammierbare Steuerung als modulares Automatisierungssystem	514
6.2.3 GRAFCET	476	6.7 CNC-Steuerungen	523
6.3 Pneumatische Steuerungen	479	6.7.1 Merkmale numerisch gesteuerter Maschinen	523
6.3.1 Baugruppen	479	6.7.2 Koordinaten, Null- und Bezugspunkte	527
6.3.2 Bauelemente der Pneumatik	480	6.7.3 Steuerungsarten, Korrekturen	529
6.3.3 Schaltpläne pneumatischer Steuerungen ..	488	6.7.4 Erstellen von CNC-Programmen	532
6.3.4 Beispiele pneumatischer Steuerungen ..	489	6.7.5 Zyklen und Unterprogramme	537
6.3.5 Elektropneumatische Steuerungen	491	6.7.6 Programmieren von NC-Drehmaschinen ..	538
6.4 Hydraulische Steuerungen	496	6.7.7 Programmieren von NC-Fräsmaschinen ..	546
6.4.1 Bauelemente	496	6.7.8 Programmierverfahren	550
6.4.2 Elektrohydraulische Steuerungen	504		
6.5 Elektrische Steuerungen	507		

7 Informationstechnik**554**

7.1 Technische Kommunikation	554	7.2.3 Informationsdarstellung im Rechner	561
7.1.1 Normen und Richtlinien	554	7.2.4 Peripheriegeräte	562
7.1.2 Technische Zeichnungen	555	7.2.5 Starten des Computers	563
7.1.3 Darstellung technischer Zusammenhänge	556	7.2.6 Das Betriebssystem	564
7.1.4 Pläne und Protokolle	557	7.2.7 Computerviren	564
7.2 Grundlagen der Computertechnik	558	7.2.8 Anwendersoftware	565
7.2.1 Arbeitsweise von Computern	558	7.2.9 Wirtschaftliche und soziale Auswirkungen der Computertechnik	567
7.2.2 Hardware	559	7.2.10 Arbeitsschutz am Computer	568
		7.2.11 Datenschutz	568

8 Elektrotechnik**569**

8.1 Der elektrische Stromkreis	569	8.4 Elektrische Leistung und Arbeit	575
8.2 Schaltung von Widerständen	572	8.5 Überstrom-Schutzeinrichtungen	576
8.3 Stromarten	574	8.6 Fehler an elektrischen Anlagen und Schutzmaßnahmen	577

Lernfelder**581**

Informationen zum lernfeldorientierten Unterricht	581
Lernfeld 1: Fertigen von Bauelementen mit handgeführten Werkzeugen	582
Lernfeld 2: Fertigen von Bauelementen mit Maschinen	584
Lernfeld 3: Herstellen von einfachen Baugruppen	586
Lernfeld 4: Warten technischer Systeme	588
Lernfeld 7: Montieren von technischen Teilsystemen	590
Lernfeld 8: Fertigen auf numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen	592
Lernfeld 10: Herstellen und Inbetriebnahme von technischen Teilsystemen	594
Lernfeld 11: Überwachen der Produkt- und Prozessqualität	596
Lernfeld 5: Fertigen von Einzelteilen mit Werkzeugmaschinen (Kurzfassung)	598
Lernfeld 6: Installieren und Inbetriebnehmen steuerungstechnischer Systeme (Kurzfassung)	598
Lernfeld 9: Instandsetzen von technischen Systemen (Kurzfassung)	598
Lernfeld 12: Instandhalten von technischen Systemen (Kurzfassung)	599
Lernfeld 13: Sicherstellen der Betriebsfähigkeit automatisierter Systeme (Kurzfassung)	599

Firmenverzeichnis**600****Sachwortverzeichnis****603**