



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für metalltechnische Berufe

Jörg Bartenschlager
Josef Dillinger
Walter Escherich
Werner Günter
Dr. Eckhard Ignatowitz

Stefan Oesterle
Ludwig Reißler
Andreas Stephan
Reinhard Vetter
Falko Wieneke

Fachkunde Metall

57., neu bearbeitete Auflage

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

Europa-Nr.: 10129

Inhaltsverzeichnis

1 Prüftechnik

1.1	Größen und Einheiten	13	1.4.2	Kenngrößen von Oberflächen	42
1.2	Grundlagen der Messtechnik	15	1.4.3	Oberflächen-Prüfverfahren	43
1.2.1	Grundbegriffe	15	1.5 Toleranzen und Passungen	45	
1.2.2	Messabweichungen	18	1.5.1	Toleranzen	45
1.2.3	Messmittelfähigkeit, Prüfmittelüberwachung	21	1.5.2	Passungen	49
1.3	Längenprüfmittel	23	1.6 Form- und Lageprüfung	53	
1.3.1	Maßstäbe, Lehren und Endmaße	23	1.6.1	Form- und Lagetoleranzen	53
1.3.2	Mechanische und elektronische Messgeräte	26	1.6.2	Prüfung ebener Flächen und Winkel	55
1.3.3	Pneumatische Messgeräte	34	1.6.3	Rundform-, Koaxialitäts- und Rundlauf- prüfung	58
1.3.4	Elektronische Messgeräte	36	1.6.4	Gewindeprüfung	63
1.3.5	Optoelektronische Messgeräte	37	1.6.5	Kegelprüfung	65
1.3.6	Multisensortechnik in Koordinatenmess- geräten	39	1.7 Practice your English	66	
1.4	Oberflächenprüfung	41			
1.4.1	Oberflächenprofile	41			

2 Qualitätsmanagement

2.1	Arbeitsbereiche des QM	67	2.9	Prozessfähigkeit	81
2.2	Die Normenreihe DIN EN ISO 9000	68	2.10	Statistische Prozessregelung mit Qualitäts- regelkarten	82
2.3	Qualitätsforderungen	68	2.11	Auditierung und Zertifizierung	85
2.4	Qualitätsmerkmale und Fehler	69	2.12	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess: Mitarbeiter optimieren Prozesse	86
2.5	Werkzeuge des Qualitätsmanagements	70	2.13	Practice your English	87
2.6	Qualitätslenkung	73			
2.7	Qualitätssicherung	74			
2.8	Maschinenfähigkeit	78			

3 Fertigungstechnik

3.1	Arbeitssicherheit	89	3.7.2	Kühlschmierstoffe	135
3.2	Gliederung der Fertigungsverfahren	91	3.7.3	Sägen	138
3.3	Gießen	93	3.7.4	Bohren	139
3.3.1	Formen und Modelle	93	3.7.5	Senken	148
3.3.2	Gießen in verlorene Formen	94	3.7.6	Reiben	149
3.3.3	Gießen in Dauerformen	97	3.7.7	Drehen	151
3.3.4	Gusswerkstoffe	98	3.7.8	Fräsen	171
3.3.5	Gussfehler	98	3.7.9	Schleifen	188
3.3.6	Formgebung der Kunststoffe	99	3.7.10	Räumen	200
3.3.7	Weiterverarbeitung der Halbzeuge und Fertigteile	104	3.7.11	Feinbearbeitung	202
3.4	Umformen	106	3.7.12	Funkerosives Abtragen	208
3.4.1	Verhalten der Werkstoffe beim Umformen	106	3.7.13	Vorrichtungen und Spannelemente	212
3.4.2	Umformverfahren	106	3.7.14	Fertigungsbeispiel Spannpratze	219
3.4.3	Biegeumformen	107	3.8 Fügen	223	
3.4.4	Zugdruckumformen	110	3.8.1	Fügeverfahren	223
3.4.5	Druckumformen	114	3.8.2	Press- und Schnappverbindungen	226
3.4.6	Maschinen zum Umformen	116	3.8.3	Kleben	228
3.5	Schneiden	117	3.8.4	Löten	230
3.5.1	Scherschneiden	117	3.8.5	Schweißen	236
3.5.2	Strahlschneiden	122	3.9 Generative Fertigungsverfahren	249	
3.6	Spanende Fertigung	126	3.9.1	Rapid Prototyping	249
3.6.1	Grundlagen	126	3.9.2	Rapid Tooling	251
3.6.2	Fertigen mit handgeführten Werkzeugen	127	3.9.3	Rapid Manufacturing	251
3.7	Fertigen mit Werkzeugmaschinen	131	3.10 Beschichten	252	
3.7.1	Schneidstoffe	131	3.11 Fertigungsbetrieb und Umweltschutz	256	
			3.12 Practice your English	259	

4 Werkstofftechnik

4.1	Übersicht der Werk- und Hilfsstoffe	261	4.8.4	Glühen	303
4.2	Auswahl und Eigenschaften der Werkstoffe	263	4.8.5	Härten	304
4.3	Innerer Aufbau der Metalle	269	4.8.6	Vergüten	308
4.3.1	Innerer Aufbau und Eigenschaften	269	4.8.7	Härten der Randzone	309
4.3.2	Kristallgittertypen der Metalle	270	4.8.8	Fertigungsbeispiel: Wärmebehandlung einer Spannpratze	312
4.3.3	Baufehler im Kristall	271	4.9	Kunststoffe	313
4.3.4	Entstehung des Metallgefüges	271	4.9.1	Eigenschaften und Verwendung	313
4.3.5	Gefügearten und Werkstoffeigenschaften	272	4.9.2	<i>Chemische Zusammensetzung und Herstellung</i>	314
4.3.6	Gefüge reiner Metalle und Legierungen	273	4.9.3	Technologische Einteilung und innere Struktur	315
4.4	Stähle und Eisen-Gusswerkstoffe	274	4.9.4	Thermoplaste	316
4.4.1	Gewinnung von Roheisen	274	4.9.5	Duroplaste	318
4.4.2	Herstellung von Stahl	275	4.9.6	Elastomere	319
4.4.3	Das Bezeichnungssystem für Stähle	278	4.9.7	Wichtige Kunststoffe und ihre Kennwerte	319
4.4.4	Einteilung der Stähle nach Zusammensetzung und Güteklassen	281	4.10	Verbundwerkstoffe	321
4.4.5	Stahlsorten und ihre Verwendung	282	4.11	Werkstoffprüfung	326
4.4.6	Handelsformen der Stähle	284	4.11.1	Prüfung der Verarbeitungseigenschaften	326
4.4.7	Legierungs- und Begleitelemente	285	4.11.2	Prüfung mechanischer Eigenschaften	327
4.4.8	Erschmelzen der Eisen-Gusswerkstoffe	286	4.11.3	Kerbschlagbiegeversuch	329
4.4.9	Das Bezeichnungssystem für Gusseisenwerkstoffe	287	4.11.4	Härteprüfungen	330
4.4.10	Eisen-Gusswerkstoffarten	288	4.11.5	Dauerfestigkeitsprüfung	334
4.5	Nichteisenmetalle	291	4.11.6	Bauteil-Betriebslasten-Prüfung	335
4.5.1	Leichtmetalle	291	4.11.7	Zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen	335
4.5.2	Schwermetalle	293	4.11.8	Metallografische Untersuchungen	336
4.6	Sinterwerkstoffe	296	4.11.9	Prüfung der Kunststoff-Kennwerte	337
4.7	Keramische Werkstoffe	298	4.12	Umweltproblematik der Werk- und Hilfsstoffe	338
4.8	Wärmebehandlung der Stähle	300	4.13	Practice your English	340
4.8.1	Gefügearten der Eisenwerkstoffe	300			
4.8.2	Eisen-Kohlenstoff-Diagramm	301			
4.8.3	Gefüge und Kristallgitter bei Erwärmung	302			

5 Maschinentechnik

5.1	Einteilung der Maschinen	342	5.4.2	Lager	378
5.2	Funktionseinheiten von Maschinen und Geräten	350	5.4.3	Führungen	387
5.2.1	Innerer Aufbau von Maschinen	350	5.4.4	Dichtungen	390
5.2.2	Funktionseinheiten einer CNC-Werkzeugmaschine	352	5.4.5	Federn	392
5.2.3	Funktionseinheiten einer Klimaanlage	354	5.5	Funktionseinheiten zur Energieübertragung	394
5.2.4	Sicherheitseinrichtungen an Maschinen	355	5.5.1	Wellen und Achsen	394
5.3	Funktionseinheiten zum Verbinden	357	5.5.2	Kupplungen	396
5.3.1	Gewinde	357	5.5.3	Riementriebe	401
5.3.2	Schraubenverbindungen	359	5.5.4	Kettentriebe	403
5.3.3	Stiftverbindungen	367	5.5.5	Zahnradtriebe	405
5.3.4	Nietverbindungen	369	5.6	Antriebseinheiten	408
5.3.5	Welle-Nabe-Verbindungen	371	5.6.1	Elektromotoren	408
5.4	Funktionseinheiten zum Stützen und Tragen	375	5.6.2	Getriebe	415
5.4.1	Reibung und Schmierstoffe	375	5.6.3	Linearantriebe	421
			5.7	Practice your English	423

6 Elektrotechnik

6.1	Der elektrische Stromkreis	424	6.7	Schutzmaßnahmen bei elektrischen Maschinen	433
6.2	Schaltung von Widerständen	427	6.8	Hinweise für den Umgang mit Elektrogeräten	435
6.3	Stromarten	429	6.9	Practice your English	436
6.4	Elektrische Leistung und elektrische Arbeit	430			
6.5	Überstrom-Schutzeinrichtungen	431			
6.6	Fehler an elektrischen Anlagen	432			

7 Montage, Inbetriebnahme, Instandhaltung

7.1 Montagetechnik	438	7.3.5 Wartung	456
7.1.1 Montageplanung	438	7.3.6 Inspektion	459
7.1.2 Organisationsformen bei der Montage	439	7.3.7 Instandsetzung	461
7.1.3 Automatisierung der Montage	439	7.3.8 Verbesserungen	463
7.1.4 Montagebeispiele	440	7.3.9 Auffinden von Störstellen und Fehlerquellen	464
7.2 Inbetriebnahme	446	7.4 Korrosion und Korrosionsschutz	465
7.2.1 Aufstellen von Maschinen oder Anlagen	447	7.4.1 Ursachen der Korrosion	465
7.2.2 Inbetriebnahme von Maschinen oder Anlagen	448	7.4.2 Korrosionsarten und ihr Erscheinungsbild	467
7.2.3 Abnahme von Maschinen oder Anlagen	450	7.4.3 Korrosionsschutz-Maßnahmen	468
7.3 Instandhaltung	451	7.5 Schadensanalyse und Schadensvermeidung	471
7.3.1 Tätigkeitsgebiete und Definition	451	7.6 Beanspruchung und Festigkeit der Bauelemente	473
7.3.2 Begriffe der Instandhaltung	452	7.7 Practice your English	475
7.3.3 Ziele der Instandhaltung	453		
7.3.4 Instandhaltungskonzepte	453		

8 Automatisierungstechnik

8.1 Steuern und Regeln	477	8.5.2 Arbeitselemente und Hydrospeicher	527
8.1.1 Grundlagen der Steuerungstechnik	477	8.5.3 Hydraulikventile	531
8.1.2 Grundlagen der Regelungstechnik	479	8.5.4 Proportionalhydraulik	535
8.2 Grundlagen und Grundelemente von Steuerungen	483	8.5.5 Hydraulikleitungen und Zubehör	537
8.2.1 Arbeitsweise von Steuerungen	483	8.5.6 Beispiele für hydraulische Schaltungen	539
8.2.2 Steuerungskomponenten	484	8.6 Speicherprogrammierbare Steuerungen	542
8.3 Pneumatische Steuerungen	489	8.6.1 Speicherprogrammierbare Steuerung als Kleinststeuerung	542
8.3.1 Baugruppen pneumatischer Anlagen	489	8.6.2 Speicherprogrammierbare Steuerung als modulares Automatisierungssystem	545
8.3.2 Bauelemente der Pneumatik	490	8.7 Handhabungstechnik in der Automation	554
8.3.3 Schaltpläne pneumatischer Steuerungen	499	8.7.1 Handhabungssystemtechnik	554
8.3.4 Systematischer Schaltplänenwurf	500	8.7.2 Einteilung der Handhabungssysteme	555
8.3.5 Beispiele pneumatischer Steuerungen	504	8.7.3 Kinematik und Bauarten von Industrierobotern	555
8.3.6 Vakuumtechnik	507	8.7.4 Funktionseinheiten von Industrierobotern	557
8.4 Elektropneumatische Steuerungen	509	8.7.5 Programmierung von Industrierobotern	557
8.4.1 Bauelemente elektrischer Kontaktsteuerungen	509	8.7.6 Koordinatensysteme	558
8.4.2 Signalelemente – Sensoren	512	8.7.7 Bewegungsarten von Industrierobotern	559
8.4.3 Verdrahtung mit Klemmleiste	517	8.7.8 Kommunikation von Industrierobotern	560
8.4.4 Beispiele für elektropneumatische Steuerungen	518	8.7.9 Sicherheit beim Einsatz von Handhabungssystemen	561
8.4.5 Ventilinseln	523	8.8 Practice your English	562
8.5 Hydraulische Steuerungen	524		
8.5.1 Energieversorgung und Druckmittelaufbereitung	525		

9 Automatisierte Fertigung

9.1 CNC-Steuerungen	564	9.2.3 Automatisierungsstufen von Fertigungsanlagen	601
9.1.1 Merkmale CNC-gesteuerter Maschinen	564	9.2.4 Automatisierung von Werkzeugmaschinen	602
9.1.2 Koordinaten, Null- und Bezugspunkte	568	9.2.5 Transportsysteme in automatisierten Fertigungsanlagen	605
9.1.3 Steuerungsarten, Korrekturen	570	9.2.6 Informationsfluss in automatisierten Fertigungsanlagen	605
9.1.4 Erstellen von CNC-Programmen	573	9.2.7 Beispiel einer automatisierten Fertigungsanlage für Getriebewellen	606
9.1.5 Zyklen und Unterprogramme	578	9.2.8 Flexibilität und Produktivität von Fertigungsanlagen	607
9.1.6 Programmieren von CNC-Drehmaschinen	579	9.3 Practice your English	608
9.1.7 Programmieren von CNC-Fräsmaschinen	587		
9.1.8 Programmierverfahren	593		
9.1.9 5-Achs-Bearbeitung nach PAL	595		
9.2 Automatisierte Fertigungseinrichtungen	599		
9.2.1 Betriebswirtschaftliche Anforderungen	599		
9.2.2 Vergleich: Herkömmliche Fertigung und automatisierte Fertigung	600		

10 Technische Projekte

10.1 Grundlagen der Projektarbeit	609	10.3.4 Die Durchführungsphase mit Projekt-	
10.1.1 Arbeitsorganisation Linie und Projekt.....	609	realisierung.....	620
10.1.2 Der Projektbegriff.....	609	10.3.5 Der Projektabschluss.....	622
10.1.3 Technische Projektarten	610	10.4 Veränderte Vorgehensmodelle bei der	
10.2 Projektarbeit als vollständige Handlung		Projektarbeit	623
und planmäßige Problemlösung	610	10.5 Technische Projekte dokumentieren	624
10.3 Projekte in Phasen erarbeiten am Projekt-		10.5.1 Textverarbeitung	625
beispiel Hebevorrichtung	611	10.5.2 Tabellenkalkulation	627
10.3.1 Die Initialisierungsphase.....	611	10.5.3 Präsentationssoftware	630
10.3.2 Die Definitionsphase.....	612	10.5.4 Technische Kommunikation.....	633
10.3.3 Die Planungsphase mit Konzeptentwicklung		10.6 Practice your English	636
als Hauptprojekt.....	615		

Lernfelder

Lernfeld: Fertigen von Bauelementen mit handgeführten Werkzeugen	638
Lernfeld: Fertigen von Bauelementen mit Maschinen	640
Lernfeld: Herstellen einfacher Baugruppen	642
Lernfeld: Warten technischer Systeme	644
Lernfeld: Fertigen von Einzelteilen mit Werkzeugmaschinen	646
Lernfeld: Installieren und Inbetriebnahme steuerungstechnischer Systeme	648
Lernfeld: Montieren von technischen Systemen	650
Lernfeld: Programmieren und Fertigen auf numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen	652
Lernfeld: Instandsetzen von technischen Systemen	654
Lernfeld: Herstellen und in Betrieb nehmen technischer Teilsysteme	656
Lernfeld: Überwachen der Produkt- und Prozessqualität	658
Lernfeld: Instandhalten von technischen Systemen	660
Lernfeld: Sicherstellen der Betriebsfähigkeit automatisierter Systeme	662

Firmenverzeichnis	664
--------------------------------	-----

Sachwortverzeichnis	667
----------------------------------	-----