



EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für metalltechnische Berufe

Jürgen Burmester  
Josef Dillinger  
Walter Escherich  
Dr. Eckhard Ignatowitz  
Stefan Oesterle

Ludwig Reißler  
Andreas Stephan  
Reinhard Vetter  
Falko Wieneke

# Fachkunde Metall

**58., neu bearbeitete Auflage**

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

**Europa-Nr.: 10129**

# Inhaltsverzeichnis

## 1 Prüftechnik

<b>1.1 Größen und Einheiten</b> .....	13	1.4.2 Kenngrößen von Oberflächen .....	44
<b>1.2 Grundlagen der Messtechnik</b> .....	15	1.4.3 Oberflächen-Prüfverfahren .....	45
1.2.1 Grundbegriffe .....	15	<b>1.5 Toleranzen und Passungen</b> .....	47
1.2.2 Messabweichungen .....	18	1.5.1 Toleranzen .....	47
1.2.3 Messmittelfähigkeit, Prüfmittelüberwachung .....	21	1.5.2 Passungen .....	51
<b>1.3 Längenprüfmittel</b> .....	23	<b>1.6 Geometrische Produktspezifikation</b> .....	55
1.3.1 Maßverkörperungen und Formverkörperungen .....	23	<b>1.7 Form- und Lageprüfung</b> .....	58
1.3.2 Mechanische und elektronische Messgeräte .....	26	1.7.1 Form- und Lagetoleranzen .....	58
1.3.3 Pneumatische Messgeräte .....	34	1.7.2 Prüfung von ebenen Flächen und Winkeln .....	60
1.3.4 Elektronische Messgeräte .....	36	1.7.3 Rundform-, Koaxialitäts- und Rundlaufprüfung .....	63
1.3.5 Optoelektronische Messgeräte .....	37	1.7.4 Gewindeprüfung .....	68
1.3.6 Koordinatenmessgeräte .....	39	1.7.5 Kegelpfung .....	70
<b>1.4 Oberflächenprüfung</b> .....	43	<b>1.8 Practise your English</b> .....	71
1.4.1 Oberflächenprofile .....	43		

## 2 Qualitätsmanagement

<b>2.1 Arbeitsbereiche des QM</b> .....	72	<b>2.9 Prozessfähigkeit</b> .....	86
<b>2.2 Die Normenreihe DIN EN ISO 9000</b> .....	73	<b>2.10 Statistische Prozessregelung mit Qualitätsregelkarten</b> .....	87
<b>2.3 Qualitätsforderungen</b> .....	73	<b>2.11 Auditierung und Zertifizierung</b> .....	90
<b>2.4 Qualitätsmerkmale und Fehler</b> .....	74	<b>2.12 Kontinuierlicher Verbesserungsprozess: Mitarbeiter optimieren Prozesse</b> .....	91
<b>2.5 Werkzeuge des Qualitätsmanagements</b> .....	75	<b>2.13 Practise your English</b> .....	92
<b>2.6 Qualitätslenkung</b> .....	78		
<b>2.7 Qualitätssicherung</b> .....	79		
<b>2.8 Maschinenfähigkeit</b> .....	83		

## 3 Fertigungstechnik

<b>3.1 Arbeitssicherheit</b> .....	94	<b>3.8 Spanende Fertigung mit Werkzeugmaschinen</b> .....	136
<b>3.2 Gliederung der Fertigungsverfahren</b> .....	96	3.8.1 Schneidstoffe .....	136
<b>3.3 Gießen</b> .....	98	3.8.2 Kühlschmierstoffe .....	140
3.3.1 Formen und Modelle .....	98	3.8.3 Sägen .....	143
3.3.2 Gießen in verlorene Formen .....	99	3.8.4 Bohren .....	144
3.3.3 Gießen in Dauerformen .....	102	3.8.5 Senken .....	153
3.3.4 Gusswerkstoffe .....	103	3.8.6 Reiben .....	154
3.3.5 Gussfehler .....	103	3.8.7 Drehen .....	156
<b>3.4 Formgebung der Kunststoffe</b> .....	104	3.8.8 Fräsen .....	180
3.4.1 Extrudieren .....	104	3.8.9 Entgraten von Werkstücken .....	197
3.4.2 Spritzgießen .....	105	3.8.10 Schleifen .....	200
3.4.3 Formpressen .....	108	3.8.11 Räumen .....	212
3.4.4 Urformen von Schaumstoffen .....	108	3.8.12 Feinbearbeitung .....	214
3.4.5 Weiterverarbeitung der Halbzeuge und Fertigteile aus Kunststoffen .....	109	3.8.13 Funkenerosives Abtragen .....	220
<b>3.5 Umformen</b> .....	111	3.8.14 Vorrichtungen und Spannelemente .....	224
3.5.1 Verhalten der Werkstoffe beim Umformen .....	111	3.8.15 Fertigungsbeispiel Spannpratze .....	231
3.5.2 Umformverfahren .....	111	<b>3.9 Fügen</b> .....	235
3.5.3 Biegeumformen .....	112	3.9.1 Fügeverfahren .....	235
3.5.4 Zugdruckumformen .....	115	3.9.2 Press- und Schnappverbindungen .....	238
3.5.5 Druckumformen .....	119	3.9.3 Kleben .....	240
3.5.6 Maschinen zum Umformen .....	121	3.9.4 Löten .....	242
<b>3.6 Schneiden</b> .....	122	3.9.5 Schweißen .....	248
3.6.1 Scherschneiden .....	122	<b>3.10 Generative Fertigungsverfahren</b> .....	261
3.6.2 Strahlschneiden .....	127	3.10.1 Rapid Prototyping .....	262
<b>3.7 Handgeführte spanende Fertigung</b> .....	131	3.10.2 Selektives Schmelzen .....	264
3.7.1 Grundlagen .....	131	<b>3.11 Beschichten</b> .....	266
3.7.2 Fertigen mit handgeführten Werkzeugen .....	132	<b>3.12 Fertigungsbetrieb und Umweltschutz</b> .....	270
		<b>3.13 Practise your English</b> .....	273

## 4 Automatisierung der Fertigung

<b>4.1 CNC-Steuerungen für Werkzeugmaschinen</b> . . . . .	275	<b>4.3 Automatisierte CNC-Werkzeugmaschinen</b> . . . . .	318
4.1.1 Merkmale CNC-gesteuerter Maschinen . . . . .	275	4.3.1 Automatisierung eines CNC-Bearbeitungs-	318
4.1.2 Koordinaten, Null- und Bezugspunkte . . . . .	279	zentrums . . . . .	318
4.1.3 Steuerungsarten, Korrekturen . . . . .	281	4.3.2 Automatisierung einer CNC-Drehmaschine . . . . .	320
4.1.4 Erstellen von CNC-Programmen nach DIN . . . . .	284	<b>4.4 Transportsysteme in automatisierten</b>	
4.1.5 Zyklen und Unterprogramme . . . . .	289	<b>Fertigungsanlagen</b> . . . . .	322
4.1.6 Programmieren von CNC-Drehmaschinen . . . . .	290	<b>4.5 Überwachungseinrichtungen in</b>	
4.1.7 Programmieren von CNC-Fräsmaschinen . . . . .	298	<b>Werkzeugmaschinen</b> . . . . .	323
4.1.8 Programmierverfahren . . . . .	304	<b>4.6 Automatisierungsstufen von</b>	
4.1.9 5-Achs-Bearbeitung nach PAL . . . . .	306	<b>Fertigungsanlagen</b> . . . . .	324
<b>4.2 Handhabungsroboter in der Fertigung</b> . . . . .	310	<b>4.7 Beispiel einer automatisierten Fertigungs-</b>	
4.2.1 Handhabungssystemtechnik . . . . .	310	<b>anlage für Getriebewellen</b> . . . . .	325
4.2.2 Einteilung der Handhabungssysteme . . . . .	311	<b>4.8 Industrie 4.0</b> . . . . .	326
4.2.3 Kinematik und Bauarten von		<b>4.9 Betriebswirtschaftliche Anforderungen</b>	
Industrierobotern . . . . .	311	<b>und Ziele der Fertigung</b> . . . . .	328
4.2.4 Funktionseinheiten von Industrierobotern . . . . .	313	<b>4.10 Vergleich der Flexibilität und Produktivität</b>	
4.2.5 Programmierung von Industrierobotern . . . . .	313	<b>von Fertigungsanlagen</b> . . . . .	329
4.2.6 Koordinatensysteme . . . . .	314	<b>4.11 Practise your English</b> . . . . .	330
4.2.7 Bewegungsarten von Industrierobotern . . . . .	315		
4.2.8 Kommunikation von Industrierobotern			
und Peripherie . . . . .	316		
4.2.9 Sicherheit beim Einsatz von			
Handhabungssystemen . . . . .	317		

## 5 Werkstofftechnik

<b>5.1 Übersicht der Werk- und Hilfsstoffe</b> . . . . .	332	5.8.3 Gefüge und Kristallgitter bei Erwärmung . . . . .	373
<b>5.2 Auswahl und Eigenschaften der Werkstoffe</b> 334		5.8.4 Glühen . . . . .	374
<b>5.3 Innerer Aufbau der Metalle</b> . . . . .	340	5.8.5 Härten . . . . .	375
5.3.1 Innerer Aufbau und Eigenschaften der		5.8.6 Vergüten . . . . .	379
Metalle . . . . .	340	5.8.7 Härten der Randzone . . . . .	380
5.3.2 Kristallgittertypen der Metalle . . . . .	341	5.8.8 Fertigungsbeispiel: Wärmebehandlung einer	
5.3.3 Baufehler im Kristall . . . . .	342	Spannpratze . . . . .	383
5.3.4 Entstehung des Metallgefüges . . . . .	342	<b>5.9 Kunststoffe</b> . . . . .	384
5.3.5 Gefügearten und Werkstoffeigenschaften . . . . .	343	5.9.1 Eigenschaften und Verwendung . . . . .	384
5.3.6 Gefüge reiner Metalle und Legierungen . . . . .	344	5.9.2 Chemische Zusammensetzung und	
<b>5.4 Stähle und Eisen-Gusswerkstoffe</b> . . . . .	345	Herstellung . . . . .	385
5.4.1 Gewinnung von Roheisen . . . . .	345	5.9.3 Technologische Einteilung und innere	
5.4.2 Herstellung von Stahl . . . . .	346	Struktur . . . . .	386
5.4.3 Das Bezeichnungssystem für Stähle . . . . .	349	5.9.4 Thermoplaste . . . . .	387
5.4.4 Einteilung der Stähle nach Zusammen-		5.9.5 Duroplaste . . . . .	389
setzung und Güteklassen . . . . .	352	5.9.6 Elastomere . . . . .	390
5.4.5 Stahlsorten und ihre Verwendung . . . . .	353	5.9.7 Kennwerte der Kunststoffe . . . . .	390
5.4.6 Handelsformen der Stähle . . . . .	355	<b>5.10 Verbundwerkstoffe</b> . . . . .	392
5.4.7 Legierungs- und Begleitelemente . . . . .	356	<b>5.11 Werkstoffprüfung</b> . . . . .	397
5.4.8 Erschmelzen der Eisen-Gusswerkstoffe . . . . .	357	5.11.1 Prüfung der Verarbeitungseigenschaften . . . . .	397
5.4.9 Das Bezeichnungssystem für		5.11.2 Prüfung mechanischer Eigenschaften . . . . .	398
Gusseisenwerkstoffe . . . . .	358	5.11.3 Kerbschlagbiegeversuch . . . . .	400
5.4.10 Eisen-Gusswerkstoffarten . . . . .	359	5.11.4 Härteprüfungen . . . . .	401
5.4.11 Kohlenstoffgehalt der Stähle und		5.11.5 Dauerfestigkeitsprüfung . . . . .	405
Eisen-Gusswerkstoffe im Vergleich . . . . .	361	5.11.6 Bauteil-Betriebslasten-Prüfung . . . . .	406
<b>5.5 Nichteisenmetalle</b> . . . . .	362	5.11.7 Zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen . . . . .	406
5.5.1 Leichtmetalle . . . . .	362	5.11.8 Metallografische Untersuchungen . . . . .	407
5.5.2 Schwermetalle . . . . .	364	5.11.9 Prüfung der Kunststoff-Kennwerte . . . . .	408
<b>5.6 Sinterwerkstoffe</b> . . . . .	367	<b>5.12 Umweltproblematik der Werk- und</b>	
<b>5.7 Keramische Werkstoffe</b> . . . . .	369	<b>Hilfsstoffe</b> . . . . .	409
<b>5.8 Wärmebehandlung der Stähle</b> . . . . .	371	<b>5.13 Practise your English</b> . . . . .	411
5.8.1 Gefügearten der Eisenwerkstoffe . . . . .	371		
5.8.2 Eisen-Kohlenstoff-Diagramm . . . . .	372		

## 6 Maschinentechnik

6.1	Einteilung der Maschinen	413	6.4.3	Führungen	458
6.2	Funktionseinheiten von Maschinen und Geräten	421	6.4.4	Dichtungen	461
6.2.1	Innerer Aufbau von Maschinen	421	6.4.5	Federn	463
6.2.2	Funktionseinheiten einer CNC-Werkzeug- maschine	423	6.5	Funktionseinheiten zur Energieübertragung	465
6.2.3	Funktionseinheiten einer Klimaanlage	425	6.5.1	Wellen und Achsen	465
6.2.4	Sicherheitseinrichtungen an Maschinen	426	6.5.2	Kupplungen	467
6.3	Funktionseinheiten zum Verbinden	428	6.5.3	Riementriebe	472
6.3.1	Gewinde	428	6.5.4	Kettentriebe	474
6.3.2	Schraubenverbindungen	430	6.5.5	Zahnradtriebe	476
6.3.3	Stiftverbindungen	438	6.6	Antriebseinheiten	479
6.3.4	Nietverbindungen	440	6.6.1	Elektromotoren	479
6.3.5	Welle-Nabe-Verbindungen	442	6.6.2	Getriebe	486
6.4	Funktionseinheiten zum Stützen und Tragen	446	6.6.3	Linearantriebe	492
6.4.1	Reibung und Schmierstoffe	446	6.7	Practise your English	494
6.4.2	Lager	449			

## 7 Elektrotechnik

7.1	Der elektrische Stromkreis	495	7.7	Schutzmaßnahmen bei elektrischen Maschinen	504
7.2	Schaltung von Widerständen	498	7.8	Hinweise für den Umgang mit Elektrogeräten	506
7.3	Stromarten	500	7.9	Practise your English	507
7.4	Elektrische Leistung und elektrische Arbeit	501			
7.5	Überstrom-Schutzeinrichtungen	502			
7.6	Fehler an elektrischen Anlagen	503			

## 8 Montage, Inbetriebnahme, Instandhaltung

8.1	Montagetechnik	508	8.3.5	Wartung	526
8.1.1	Montageplanung	508	8.3.6	Inspektion	529
8.1.2	Organisationsformen bei der Montage	509	8.3.7	Instandsetzung	531
8.1.3	Automatisierung der Montage	509	8.3.8	Verbesserungen	533
8.1.4	Montagebeispiele	510	8.3.9	Auffinden von Störstellen und Fehlerquellen	534
8.2	Inbetriebnahme	516	8.4	Korrosion und Korrosionsschutz	535
8.2.1	Aufstellung von Maschinen oder Anlagen	517	8.4.1	Ursachen der Korrosion	535
8.2.2	Inbetriebnahme von Maschinen oder Anlagen	518	8.4.2	Korrosionsarten und ihr Erscheinungsbild	537
8.2.3	Abnahme von Maschinen oder Anlagen	520	8.4.3	Korrosionsschutz-Maßnahmen	538
8.3	Instandhaltung	521	8.5	Schadensanalyse und Schadens- vermeidung	541
8.3.1	Tätigkeitsgebiete und Definition	521	8.6	Beanspruchung und Festigkeit der Bauelemente	543
8.3.2	Begriffe der Instandhaltung	522	8.7	Practise your English	545
8.3.3	Ziele der Instandhaltung	523			
8.3.4	Instandhaltungskonzepte	523			

**9 Automatisierungstechnik**

<b>9.1 Steuern und Regeln</b> . . . . .	547	9.4.3 Verdrahtung mit Klemmleiste . . . . .	587
9.1.1 Grundlagen der Steuerungstechnik . . . . .	547	9.4.4 Beispiele für elektropneumatische Steuerungen . . . . .	588
9.1.2 Grundlagen der Regelungstechnik . . . . .	549	9.4.5 Ventilinseln . . . . .	593
<b>9.2 Grundlagen und Grundelemente von Steuerungen</b> . . . . .	553	<b>9.5 Hydraulische Steuerungen</b> . . . . .	594
9.2.1 Arbeitsweise von Steuerungen . . . . .	553	9.5.1 Energieversorgung und Druckmittelaufbereitung . . . . .	595
9.2.2 Steuerungskomponenten . . . . .	554	9.5.2 Arbeitselemente und Hydrospeicher . . . . .	597
<b>9.3 Pneumatische Steuerungen</b> . . . . .	559	9.5.3 Hydraulikventile . . . . .	601
9.3.1 Baugruppen pneumatischer Anlagen . . . . .	559	9.5.4 Proportionalhydraulik . . . . .	605
9.3.2 Bauelemente der Pneumatik . . . . .	560	9.5.5 Hydraulikleitungen und Zubehör . . . . .	607
9.3.3 Schaltpläne pneumatischer Steuerungen . . . . .	569	9.5.6 Beispiele hydraulischer Schaltungen . . . . .	609
9.3.4 Systematischer Schaltplanentwurf . . . . .	570	<b>9.6 Speicherprogrammierbare Steuerungen</b> . . . . .	612
9.3.5 Beispiele pneumatischer Steuerungen . . . . .	574	9.6.1 Speicherprogrammierbare Steuerung als Kleinststeuerung . . . . .	612
9.3.6 Vakuumtechnik . . . . .	577	9.6.2 Speicherprogrammierbare Steuerung als modulares Automatisierungssystem . . . . .	615
<b>9.4 Elektropneumatische Steuerungen</b> . . . . .	579	<b>9.7 Practise your English</b> . . . . .	624
9.4.1 Bauelemente elektrischer Kontaktsteuerungen . . . . .	579		
9.4.2 Signalelemente – Sensoren . . . . .	582		

**10 Technische Projekte**

<b>10.1 Grundlagen der Projektarbeit</b> . . . . .	625	10.3.4 Die Durchführungsphase mit Projektrealisierung . . . . .	636
10.1.1 Arbeitsorganisation Linie und Projekt . . . . .	625	10.3.5 Der Projektabschluss . . . . .	638
10.1.2 Der Projektbegriff . . . . .	625	<b>10.4 Veränderte Vorgehensmodelle bei der Projektarbeit</b> . . . . .	639
10.1.3 Technische Projektarten . . . . .	626	<b>10.5 Dokumentation und technische Unterlagen</b> . . . . .	640
<b>10.2 Projektarbeit als vollständige Handlung und planmäßige Problemlösung</b> . . . . .	626	10.5.1 Erstellung von technischen Unterlagen und Dokumentationen . . . . .	640
<b>10.3 Projekte in Phasen erarbeiten am Projektbeispiel Hebevorrichtung</b> . . . . .	627	10.5.2 Anleitungen . . . . .	640
10.3.1 Die Initialisierungsphase . . . . .	627	10.5.3 Technische Kommunikation . . . . .	641
10.3.2 Die Definitionsphase . . . . .	628	10.5.4 Office-Lösungen in der Dokumentation . . . . .	647
10.3.3 Die Planungsphase mit Konzeptentwicklung . . . . .	631	<b>10.6 Practise your English</b> . . . . .	652

**Lernfelder**

<b>Lernfeld: Fertigen von Bauelementen mit handgeführten Werkzeugen</b> . . . . .	654
<b>Lernfeld: Fertigen von Bauelementen mit Maschinen</b> . . . . .	656
<b>Lernfeld: Herstellen einfacher Baugruppen</b> . . . . .	658
<b>Lernfeld: Warten technischer Systeme</b> . . . . .	660
<b>Lernfeld: Fertigen von Einzelteilen mit Werkzeugmaschinen</b> . . . . .	662
<b>Lernfeld: Installieren und in Betrieb nehmen steuerungstechnischer Systeme</b> . . . . .	664
<b>Lernfeld: Montieren von technischen Teilsystemen</b> . . . . .	666
<b>Lernfeld: Fertigen auf numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen</b> . . . . .	668
<b>Lernfeld: Instandsetzen von technischen Systemen</b> . . . . .	670
<b>Lernfeld: Herstellen und in Betrieb nehmen von technischen Teilsystemen</b> . . . . .	672
<b>Lernfeld: Überwachen der Produkt- und Prozessqualität</b> . . . . .	674
<b>Lernfeld: Instandhalten von technischen Systemen</b> . . . . .	676
<b>Lernfeld: Sicherstellen der Betriebsfähigkeit automatisierter Systeme</b> . . . . .	678

<b>Firmen- und Bildquellenverzeichnis</b> . . . . .	680
---	-----

<b>Sachwortverzeichnis</b> . . . . .	683
--------------------------------------	-----