



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

59. Auflage

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

Europa-Nr.: 10129

Autoren:

Burmester, Jürgen	Dipl.-Ing.	Soest
Dillinger, Josef	Studiendirektor	München
Escherich, Walter	Studiendirektor	München
Ignatowitz, Dr. Eckhard	Dr.-Ing.	Waldbronn
Oesterle, Stefan	Dipl.-Ing.	Amtzell
Reißler, Ludwig	Studiendirektor	München
Stephan, Andreas	Dipl.-Ing. (FH)	Marktoberdorf
Vetter, Reinhard	Oberstudiendirektor	Ottobeuren
Wieneke, Falko	Dipl.-Ing.	Essen

Die Autoren sind Fachlehrer der technischen Ausbildung und Ingenieure.

Lektorat:	Josef Dillinger
Bildentwürfe:	Die Autoren
Fotos:	Leihgaben der Firmen (Verzeichnis Seite 706)
Bildbearbeitung:	Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel, Ostfildern
Englische Übersetzung:	StDin Christina Murphy, Wolfratshausen

59. Auflage 2023

Druck 6 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind im Unterricht nebeneinander einsetzbar, da sie bis auf die Korrektur von Druckfehlern identisch sind.

ISBN 978-3-8085-1680-5

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2023 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
www.europa-lehrmittel.de

Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt
Umschlag: Grafische Produktionen Jürgen Neumann, 97222 Rimpar
Umschlagfotos: Sauter Feinmechanik GmbH, 72555 Metzingen, und TESA/Brown & Sharpe, CH-Renens
Druck: mediaprint solutions GmbH, 33100 Paderborn

Vorwort

Die Fachkunde Metall dient der Ausbildung und der Weiterbildung in den Maschinenbauberufen.

//Zielgruppen

- Industriemechaniker/-in
- Feinwerkmechaniker/-in
- Fertigungsmechaniker/-in
- Zerspanungsmechaniker/-in
- Technischer Produktdesigner/-in
- Meister/-in und Techniker/-in
- Praktiker/-in in der metallverarbeitenden Industrie und im Handwerk
- Schülerinnen und Schüler technischer Schulen
- Praktikanten und Studierende der Fachrichtung Maschinenbau

//Inhalt

Der Inhalt des Buches ist auf die Bildungspläne, Ausbildungsordnungen und den KMK-Lehrplänen abgestimmt und berücksichtigt neueste Entwicklungen im technischen Bereich.

//Unterricht nach Lernfeldern

Für den Unterricht nach Lernfeldern werden 13 Leitprojekte vorgeschlagen. Ein Lernfeldkompass ist in der EUROPATHEK abrufbar.

Vorwort zur 59. Auflage

Der Inhalt wurde anhand der Zusatzmaterialien unserer digitalen Premium-Edition mit Animationen und interaktiven Simulationen dem Stand der Technik angepasst und durch E-Learning-Einheiten ergänzt. Die Inhalte sind auch zur Darstellung auf kleinen Displays (Smartphone, Tablet) geeignet. Die vorliegende Auflage enthält einen Freischaltcode im hinteren Teil des Buches. Dessen Einlösung ermöglicht die Nutzung der **vollständigen digitalen Premium-Edition für die Dauer eines Jahres gratis** (ohne automatische Verlängerung). Über die verlagseigene Plattform EUROPATHEK kann damit auf die **im Buch mit QR-Codes/Shortlinks gekennzeichneten Zusatzmaterialien** zugegriffen werden.

Folgende Inhalte wurden neu aufgenommen bzw. aktualisiert

- Prüftechnik:
Geometrische Produktspezifikation (ISO-GPS)
- Fertigungstechnik:
Bohrmaschinen, Unterpulverschweißen, Rührreibschweißen, Magnetarc-Schweißen
- Automatisierung der Produktion:
Neugestaltung des Kapitels Industrieroboter, Automatisierte CNC-Werkzeugmaschinen, Industrieroboter in der Produktion, Kollaboration (Cobot), Industrie 4.0 – Smart Factory

Der Lernfeldkompass ist in der EUROPATHEK abrufbar.

Bei den Leitprojekten zu den Lernfeldern sind die entsprechenden Kapitelnummern angegeben.

Die Autoren und der Verlag sind allen Nutzern der „Fachkunde Metall“ für kritische Hinweise und Verbesserungsvorschläge an lektorat@europa-lehrmittel.de dankbar.

1 Prüftechnik
2 Qualitätsmanagement

3 Fertigungstechnik

4 Werkstofftechnik

5 Maschinentechnik
6 Montage,
Inbetriebnahme,
Instandhaltung

7 Elektrotechnik
8 Grundlagen der
Automatisierungstechnik

9 Automatisierung
der Produktion
10 Technische Projekte

Inhaltsverzeichnis

1 Prüftechnik mit Geometrischer Produktspezifikation (ISO GPS)

1.1 Größen und Einheiten	9
1.2 Grundlagen der Messtechnik	11
1.2.1 Grundbegriffe	11
1.2.2 Messabweichungen	14
1.2.3 Messmittelfähigkeit und Prüfmittelüberwachung	17
1.3 Längenprüfmittel	19
1.3.1 Maßverkörperungen und Formverkörperungen	19
1.3.2 Mechanische und elektronische Messgeräte	22
1.3.3 Pneumatische Messgeräte	30
1.3.4 Elektronische Messgeräte	32
1.3.5 Optoelektronische Messgeräte	33
1.3.6 Koordinatenmessgeräte	35
1.4 Geometrische Produktspezifikation (ISO-GPS)	39
1.4.1 Bedeutung und Zielsetzung	39
1.4.2 Das ISO-GPS-Normensystem	39
1.4.3 Spezifikation, Verifikation, Validierung	40
1.4.4 Spezifikation durch Längen- und Winkelgrößenmaße	41
1.4.5 Zeichnungseintragung und Messung von Größenmaßen	42
1.4.6 Tolerierungsgrundsätze	43
1.4.7 Geometrische Spezifikation durch eine Zone	44
1.4.8 Beispiele zum Spezifizierungsprozess an Bauteilen einer Flügelzellenpumpe	44
1.4.9 Fachbegriffe zu ISO-GPS (Auswahl)	47
1.5 Toleranzen und Passungen	
Dimensionelle Tolerierung	49
1.5.1 Toleranzen	49
1.5.2 Passungen	53
1.6 Geometrische Tolerierung und Prüfung von Form, Richtung, Ort und Lauf	57
1.6.1 Form- und Lagetoleranzen	57
1.6.2 Prüfung von ebenen Flächen und Winkeln	59
1.6.3 Rundform-, Koaxialitäts- und Rundlaufprüfung	62
1.6.4 Gewindeprüfung	67
1.6.5 Kegelprüfung	69
1.7 Kenngrößen und Prüfung von Oberflächen	70
1.8 Practice your English	74

2 Qualitätsmanagement

2.1 Arbeitsbereiche des QM	75
2.2 Die Normenreihe DIN EN ISO 9000	76
2.3 Qualitätsforderungen	76
2.4 Qualitätsmerkmale und Fehler	77
2.5 Werkzeuge des Qualitätsmanagements	78
2.6 Qualitätslenkung	81
2.7 Qualitätssicherung	82
2.7.1 Prüfplanung	82
2.7.2 Wahrscheinlichkeit	82
2.7.3 Die Normalverteilung von Merkmalswerten	83

2.7.4 Mischverteilung von Merkmalswerten	83
2.7.5 Kennwerte der Normalverteilung von Stichproben	84
2.7.6 Qualitätsprüfung nach dem Stichprobenverfahren	85
2.8 Maschinenfähigkeit	86
2.9 Prozessfähigkeit	89
2.10 Statistische Prozessregelung mit Qualitätsregelkarten	90
2.11 Auditierung und Zertifizierung	93
2.12 Kontinuierlicher Verbesserungsprozess: Mitarbeiter optimieren Prozesse	94
2.13 Practice your English	95

3 Fertigungstechnik

3.1 Arbeitssicherheit	97
3.1.1 Sicherheitszeichen	97
3.1.2 Unfallverhütung	98
3.1.3 Sicherheitsmaßnahmen	98
3.2 Gliederung der Fertigungsverfahren	99
3.3 Gießen	101
3.3.1 Formen und Modelle	101
3.3.2 Gießen in verlorene Formen	102
3.3.3 Gießen in Dauerformen	105
3.3.4 Gusswerkstoffe	106
3.3.5 Gussfehler	106
3.4 Formgebung der Kunststoffe	107
3.4.1 Extrudieren	107
3.4.2 Spritzgießen	108
3.4.3 Formpressen	111
3.4.4 Urformen von Schaumstoffen	111
3.4.5 Weiterverarbeitung der Halbzeuge und Fertigteile aus Kunststoffen	112
3.5 Umformen	114
3.5.1 Verhalten der Werkstoffe beim Umformen	114
3.5.2 Umformverfahren	114
3.5.3 Biegeumformen	115
3.5.4 Zugdruckumformen	118
3.5.5 Druckumformen	122
3.5.6 Maschinen zum Umformen	124
3.6 Schneiden	125
3.6.1 Scherschneiden	125
3.6.2 Strahlschneiden	130
3.7 Handgeführte spanende Fertigung	134
3.7.1 Grundlagen	134
3.7.2 Fertigen mit handgeführten Werkzeugen	135
3.8 Spanende Fertigung mit Werkzeugmaschinen	139
3.8.1 Schneidstoffe	139
3.8.2 Kühlschmierstoffe	143
3.8.3 Sägen	146
3.8.4 Bohren	147
3.8.5 Senken	158
3.8.6 Reiben	159
3.8.7 Drehen	161
3.8.8 Fräsen	185
3.8.9 Räumen	202
3.8.10 Entgraten von Werkstücken	204
3.8.11 Schleifen	207

3.8.12	Feinbearbeitung	219	4.4.4	Einteilung der Stähle nach Zusammensetzung und Güteklassen	337
3.8.13	Funkenerosives Abtragen	225	4.4.5	Stahlsorten und ihre Verwendung	338
3.8.14	Vorrichtungen und Spannelemente an Werkzeugmaschinen	229	4.4.6	Handelsformen der Stähle	340
3.8.15	Fertigungsbeispiel Spannpratze	236	4.4.7	Legierungs- und Begleitelemente der Stähle und Eisen-Gusswerkstoffe	341
3.9	CNC-Steuerungen für Werkzeugmaschinen	240	4.4.8	Erschmelzen der Eisen-Gusswerkstoffe	342
3.9.1	Funktionseinheiten von CNC-Werkzeugmaschinen	240	4.4.9	Das Bezeichnungssystem für Gusseisenwerkstoffe	343
3.9.2	Koordinaten, Null- und Bezugspunkte	244	4.4.10	Eisen-Gusswerkstoffarten	344
3.9.3	Steuerungsarten, Werkzeugkorrekturen	246	4.4.11	Kohlenstoffgehalt der Stähle und Eisen-Gusswerkstoffe im Vergleich	346
3.9.4	Erstellen von CNC-Programmen nach DIN 66025	249	4.5	Nichteisenmetalle (NE-Metalle)	347
3.9.5	Zyklen und Unterprogramme	254	4.5.1	Leichtmetalle	347
3.9.6	Programmieren von CNC-Drehmaschinen	255	4.5.2	Schwermetalle	349
3.9.7	Programmieren von CNC-Fräsmaschinen	263	4.6	Sinterwerkstoffe	352
3.9.8	Programmiervorgang	269	4.6.1	Herstellung von Sinter-Formteilen aus Metallen	352
3.9.9	5-Achs-Bearbeitung nach PAL	271	4.6.2	Eigenschaften und Verwendung von Sinter-Formteilen	353
3.9.10	Practice your English	275	4.6.3	Spezial-Sinterwerkstoffe	353
3.10	Fügen	276	4.7	Keramische Werkstoffe	354
3.10.1	Fügeverfahren	276	4.8	Wärmebehandlung der Stähle	356
3.10.2	Press- und Schnappverbindungen	279	4.8.1	Gefügearten der Eisenwerkstoffe	356
3.10.3	Kleben	281	4.8.2	Eisen-Kohlenstoff-Zustandsdiagramm	357
3.10.4	Löten	283	4.8.3	Gefüge und Kristallgitter bei Erwärmung	358
3.10.5	Schweißen	289	4.8.4	Glühen	359
3.11	Generative Fertigungsverfahren	303	4.8.5	Härten	360
3.11.1	Rapid Prototyping	304	4.8.6	Vergüten	364
3.11.2	Selektives Schmelzen	306	4.8.7	Härten der Randzone	365
3.12	Beschichten	308	4.8.8	Fertigungsbeispiel: Wärmebehandlung einer Spannpratze	368
3.12.1	Beschichten mit Lacken und Kunststoffen	308	4.9	Kunststoffe	369
3.12.2	Beschichten mit Metallen	310	4.9.1	Eigenschaften und Verwendung	369
3.12.3	Beschichtungen mit besonderen Eigenschaften	311	4.9.2	Chemische Zusammensetzung und Herstellung	370
3.13	Fertigungsbetrieb und Umweltschutz	312	4.9.3	Technologische Einteilung und innere Struktur	371
3.14	Practice your English	315	4.9.4	Thermoplaste	372
			4.9.5	Duroplaste	374
			4.9.6	Elastomere	375
			4.9.7	Kennwerte der Kunststoffe	375
			4.10	Verbundwerkstoffe	377
			4.10.1	Innerer Aufbau	377
			4.10.2	Faserverstärkte Kunststoffe	378
			4.10.3	Herstellungsverfahren für faserverstärkte Verbundwerkstoffe	379
			4.10.4	Teilchenverstärkte und Durchdringungs-Verbundwerkstoffe	380
			4.10.5	Schicht-Verbundwerkstoffe	380
			4.10.6	Struktur-Verbundbauteile	381
			4.11	Werkstoffprüfung	382
			4.11.1	Prüfung der Verarbeitungseigenschaften	382
			4.11.2	Prüfung mechanischer Eigenschaften	383
			4.11.3	Kerbschlagbiegeversuch	385
			4.11.4	Härteprüfungen	386
			4.11.5	Dauerfestigkeitsprüfung	390
			4.11.6	Bauteil-Betriebslasten-Prüfung	391
			4.11.7	Zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen	391
			4.11.8	Metallografische Untersuchungen	392
			4.11.9	Prüfung der Kunststoff-Kennwerte	393
			4.12	Umweltproblematik der Werk- und Hilfsstoffe	394
			4.13	Practice your English	396

4 Werkstofftechnik

4.1	Übersicht der Werk- und Hilfsstoffe	317
4.1.1	Einteilung der Werkstoffe	317
4.1.2	Herstellung der Werkstoffe	318
4.1.3	Hilfsstoffe und Energie	318
4.2	Auswahl und Eigenschaften der Werkstoffe	319
4.2.1	Werkstoffauswahl	319
4.2.2	Physikalische Eigenschaften der Werkstoffe	320
4.2.3	Mechanisch-technologische Eigenschaften	321
4.2.4	Fertigungstechnische Eigenschaften	323
4.2.5	Chemisch-technologische Eigenschaften	323
4.2.6	Umweltverträglichkeit, gesundheitliche Unschädlichkeit	324
4.3	Innerer Aufbau der Metalle	325
4.3.1	Innerer Aufbau und Eigenschaften der Metalle	325
4.3.2	Kristallgittertypen der Metalle	326
4.3.3	Baufehler im Kristall	327
4.3.4	Entstehung des Metallgefüges	327
4.3.5	Gefügearten und Werkstoffeigenschaften	328
4.3.6	Gefüge reiner Metalle und Gefüge von Legierungen	329
4.4	Stähle und Eisen-Gusswerkstoffe	330
4.4.1	Gewinnung von Roheisen	330
4.4.2	Herstellung von Stahl	331
4.4.3	Das Bezeichnungssystem für Stähle	334

5 Maschinentechnik

5.1 Einteilung der Maschinen	398
5.1.1 Kraftmaschinen	398
5.1.2 Arbeitsmaschinen	402
5.1.3 Datenverarbeitungsanlagen	405
5.2 Funktionseinheiten von Maschinen und Geräten	406
5.2.1 Innerer Aufbau von Maschinen	406
5.2.2 Funktionseinheiten einer CNC-Werkzeugmaschine	408
5.2.3 Funktionseinheiten einer Klimaanlage	410
5.2.4 Sicherheitseinrichtungen an Maschinen	411
5.3 Funktionseinheiten zum Verbinden	413
5.3.1 Gewinde	413
5.3.2 Schraubenverbindungen	415
5.3.3 Stiftverbindungen	423
5.3.4 Nietverbindungen	425
5.3.5 Welle-Nabe-Verbindungen	427
5.4 Funktionseinheiten zum Stützen und Tragen	431
5.4.1 Reibung und Schmierstoffe	431
5.4.2 Lager	434
5.4.3 Führungen	443
5.4.4 Dichtungen	446
5.4.5 Federn	448
5.5 Funktionseinheiten zur Energieübertragung	450
5.5.1 Wellen und Achsen	450
5.5.2 Kupplungen	452
5.5.3 Riementriebe	457
5.5.4 Kettentriebe	459
5.5.5 Zahnradtriebe	461
5.6 Antriebseinheiten	464
5.6.1 Elektromotoren	464
5.6.2 Getriebe	471
5.6.3 Linearantriebe	477
5.7 Practice your English	479

6 Montage, Inbetriebnahme, Instandhaltung

6.1 Montagetechnik	480
6.1.1 Montageplanung	480
6.1.2 Organisationsformen bei der Montage	481
6.1.3 Automatisierung der Montage	481
6.1.4 Montagebeispiele	482
6.2 Inbetriebnahme	488
6.2.1 Aufstellung von Maschinen oder Anlagen	489
6.2.2 Inbetriebnahme von Maschinen oder Anlagen	490
6.2.3 Abnahme von Maschinen oder Anlagen	492
6.3 Instandhaltung	493
6.3.1 Tätigkeitsgebiete und Definition	493
6.3.2 Begriffe der Instandhaltung	494
6.3.3 Ziele der Instandhaltung	495
6.3.4 Instandhaltungskonzepte	495
6.3.5 Wartung	498
6.3.6 Inspektion	501
6.3.7 Instandsetzung	503
6.3.8 Verbesserungen	505
6.3.9 Auffinden von Störstellen und Fehlerquellen	506
6.4 Korrosion und Korrosionsschutz	508
6.4.1 Ursachen der Korrosion	508
6.4.2 Korrosionsarten und ihr Erscheinungsbild	510
6.4.3 Korrosionsschutz-Maßnahmen	511

6.5 Schadensanalyse und Schadensvermeidung	514
6.6 Beanspruchung und Festigkeit der Bauelemente	516
6.7 Practice your English	518

7 Elektrotechnik

7.1 Der elektrische Stromkreis	520
7.1.1 Die elektrische Spannung	520
7.1.2 Der elektrische Strom	521
7.1.3 Der elektrische Widerstand	522
7.2 Schaltung von Widerständen	523
7.2.1 Reihenschaltung von Widerständen	523
7.2.2 Parallelschaltung von Widerständen	524
7.3 Stromarten	525
7.4 Elektrische Leistung und elektrische Arbeit	526
7.5 Überstrom-Schutzeinrichtungen	527
7.6 Fehler an elektrischen Anlagen	528
7.7 Schutzmaßnahmen bei elektrischen Maschinen	529
7.8 Hinweise für den Umgang mit Elektrogeräten	531
7.9 Practice your English	532

8 Grundlagen der Automatisierungstechnik

8.1 Steuern und Regeln	533
8.1.1 Grundlagen der Steuerungstechnik	533
8.1.2 Grundlagen der Regelungstechnik	535
8.2 Grundlagen und Grundelemente von Steuerungen	539
8.2.1 Arbeitsweise von Steuerungen	539
8.2.2 Steuerungskomponenten	540
8.3 Pneumatische Steuerungen	545
8.3.1 Baugruppen pneumatischer Anlagen	545
8.3.2 Bauelemente der Pneumatik	546
8.3.3 Schaltpläne pneumatischer Steuerungen	555
8.3.4 Systematischer Schaltplanentwurf	556
8.3.5 Beispiele pneumatischer Steuerungen	560
8.3.6 Vakuumtechnik	563
8.4 Elektropneumatische Steuerungen	565
8.4.1 Bauelemente elektrischer Kontaktsteuerungen	565
8.4.2 Signalelemente – Sensoren	568
8.4.3 Verdrahtung mit Klemmleiste	573
8.4.4 Beispiele für elektropneumatische Steuerungen	574
8.4.5 Ventilinseln	579
8.5 Hydraulische Steuerungen	581
8.5.1 Energieversorgung und Druckmittelaufbereitung	582
8.5.2 Arbeitselemente und Hydrospeicher	584
8.5.3 Hydraulikventile	588
8.5.4 Proportionalhydraulik	592
8.5.5 Hydraulikleitungen und Zubehör	594
8.5.6 Beispiele für hydraulische Schaltungen	596
8.6 Speicherprogrammierbare Steuerungen	599
8.6.1 Speicherprogrammierbare Steuerung als Kleinsteuerung (Logikmodul)	599
8.6.2 Speicherprogrammierbare Steuerung als modulares Automatisierungssystem	602
8.7 Practice your English	612

9 Automatisierung der Produktion		9.10 Vergleich der Flexibilität und Produktivität von Produktionsanlagen	641
9.1 Vergleich der konventionellen und automatisierten Produktion	614	9.11 Industrie 4.0 – Smart Factory	642
9.2 Automatisierungsstufen von Fertigungsanlagen	616	9.11.1 Komponenten einer Smart Factory	642
9.3 Komponenten automatisierter flexibler Fertigungsanlagen	617	9.11.2 Struktur der Smart Factory	644
9.4 Automatisierte CNC-Werkzeugmaschinen	618	9.11.3 Beispiele für Industrie-4.0-Anwendungen	645
9.4.1 Automatisierung eines CNC-Bearbeitungszentrums	618	9.11.4 Smart Factory	648
9.4.2 Automatisierung einer CNC-Drehmaschine	620	9.12 Practice your English	650
9.4.3 Überwachungseinrichtungen in Werkzeugmaschinen	622		
9.5 Transportsysteme in automatisierten Produktionsanlagen	623	10 Technische Projekte	
9.6 Industrieroboter in der Produktion	624	10.1 Grundlagen der Projektarbeit	651
9.6.1 Handhabungstechnik	624	10.1.1 Arbeitsorganisation Linie und Projekt	651
9.6.2 Einteilung der Handhabungssysteme	625	10.1.2 Der Projektbegriff	651
9.6.3 Kinematik und Bauarten von Industrierobotern	625	10.1.3 Technische Projektarten	652
9.6.4 Funktionseinheiten von Industrierobotern	627	10.2 Projektarbeit als vollständige Handlung und planmäßige Problemlösung	652
9.6.5 Programmiermethoden von Industrierobotern	628	10.3 Projekte in Phasen erarbeiten am Projektbeispiel Hebevorrichtung	653
9.6.6 Koordinatensysteme für die Roboterprogrammierung	629	10.3.1 Die Initialisierungsphase	653
9.6.7 Programmier Routinen: Bewegungen und Kommunikation	630	10.3.2 Die Definitionsphase	654
9.6.8 Formen der Zusammenarbeit von Mensch und Industrieroboter	633	10.3.3 Die Planungsphase mit Konzeptentwicklung	657
9.6.9 Schutzmaßnahmen und Einsatz von Cobots	635	10.3.4 Die Durchführungsphase mit Projektrealisierung	662
9.6.10 COBOT-Programm Beispiel	635	10.3.5 Der Projektabschluss	664
9.7 Automatisierte flexible Fertigungsanlage	638	10.4 Veränderte Vorgehensmodelle bei der Projektarbeit	665
9.8 Automatisierte Transferstraße	639	10.5 Dokumentation und technische Unterlagen	666
9.9 Marktanforderungen und Produktionsanlagen	640	10.5.1 Erstellung von technischen Unterlagen und Dokumentationen	666
		10.5.2 Anleitungen	666
		10.5.3 Technische Kommunikation	667
		10.5.4 Office-Lösungen in der Dokumentation	673
		10.6 Practice your English	678

Informationen zum lernfeldorientierten Unterrichten

Lernfeld: Fertigen von Bauelementen mit handgeführten Werkzeugen	680
Lernfeld: Fertigen von Bauelementen mit Maschinen	682
Lernfeld: Herstellen einfacher Baugruppen	684
Lernfeld: Warten technischer Systeme	686
Lernfeld: Fertigen von Einzelteilen mit Werkzeugmaschinen	688
Lernfeld: Installieren und in Betrieb nehmen steuerungstechnischer Systeme	690
Lernfeld: Montieren von technischen Teilsystemen	692
Lernfeld: Fertigen auf numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen	694
Lernfeld: Instandsetzen von technischen Systemen	696
Lernfeld: Herstellen und in Betrieb nehmen von technischen Teilsystemen	698
Lernfeld: Überwachen der Produkt- und Prozessqualität	700
Lernfeld: Instandhaltung von technischen Systemen	702
Lernfeld: Sicherstellen der Betriebsfähigkeit automatisierter Systeme	704

Firmen- und Bildquellenverzeichnis	706
---	-----

Sachwortverzeichnis	709
----------------------------	-----



1 Prüftechnik mit Geometrischer Produktspezifikation (ISO GPS)

1.1 Größen und Einheiten	9	Tolerierungsgrundsätze	43
1.2 Grundlagen der Messtechnik	11	Geometrische Spezifikation durch	
Grundbegriffe	11	eine Zone	44
Messabweichungen	14	Beispiele zum	
Messmittelfähigkeit und		Spezifizierungsprozess an Bauteilen	
Prüfmittelüberwachung	17	einer Flügelzellenpumpe	44
1.3 Längenprüfmittel	19	Fachbegriffe zu ISO-GPS (Auswahl) ..	47
Maßverkörperungen und		1.5 Toleranzen und Passungen	
Formverkörperungen	19	Dimensionelle Tolerierung	49
Mechanische und elektronische		Toleranzen	49
Messgeräte	22	Passungen	53
Pneumatische Messgeräte	30	1.6 Geometrische Tolerierung und	
Elektronische Messgeräte	32	Prüfung von Form, Richtung, Ort	
Optoelektronische Messgeräte	33	und Lauf	57
Koordinatenmessgeräte	35	Form- und Lagetoleranzen	57
1.4 Geometrische Produktspezifikation		Prüfung von ebenen Flächen und	
(ISO-GPS)	39	Winkeln	59
Bedeutung und Zielsetzung	39	Rundform-, Koaxialitäts- und	
Das ISO-GPS-Normensystem	39	Rundlaufprüfung	62
Spezifikation, Verifikation, Validierung	40	Gewindeprüfung	67
Spezifikation durch Längen- und		Kegelprüfung	69
Winkelgrößenmaße	41	1.7 Kenngrößen und Prüfung von	
Zeichnungseintragung und		Oberflächen	70
Messung von Größenmaßen	42	1.8 Practice your English	74

2 Qualitätsmanagement

2.1 Arbeitsbereiche des QM	75	Kennwerte der Normalverteilung	
2.2 Die Normenreihe		von Stichproben	84
DIN EN ISO 9000	76	Qualitätsprüfung nach dem	
2.3 Qualitätsforderungen	76	Stichprobenverfahren	85
2.4 Qualitätsmerkmale und Fehler	77	2.8 Maschinenfähigkeit	86
2.5 Werkzeuge des Qualitäts-		2.9 Prozessfähigkeit	89
managements	78	2.10 Statistische Prozessregelung mit	
2.6 Qualitätslenkung	81	Qualitätsregelkarten	90
2.7 Qualitätssicherung	82	2.11 Auditierung und Zertifizierung	93
Prüfplanung	82	2.12 Kontinuierlicher	
Wahrscheinlichkeit	82	Verbesserungsprozess:	
Die Normalverteilung von		Mitarbeiter optimieren Prozesse	94
Merkmalswerten	83	2.13 Practice your English	95
Mischverteilung von Merkmalswerten	83		

1 Prüftechnik mit Geometrischer Produktspezifikation (ISO GPS)

1.1 Größen und Einheiten

Größen beschreiben Merkmale, z. B. Länge, Zeit, Temperatur oder Stromstärke (**Bild 1**).

Im internationalen Einheitensystem **SI** (System International) sind Basisgrößen und Basiseinheiten festgelegt (**Tabelle 1**).

Zur Vermeidung von sehr großen oder kleinen Zahlen werden dezimale Vielfache oder dezimale Teile den Namen der Einheiten vorangestellt, z. B. Millimeter (**Tabelle 2**).

//Länge

Die Basiseinheit der Länge ist das Meter. Ein Meter ist die Länge des Weges, den das Licht im luftleeren Raum in einer 299 729 458stel Sekunde durchläuft.

In Verbindung mit der Einheit Meter sind einige Vorsätze gebräuchlich, die zweckmäßige Angaben von großen Entfernungen oder von kleinen Längen ermöglichen (**Tabelle 3**).

Neben dem metrischen System wird in einigen Ländern noch das Inch-System verwendet.

Umrechnung: 1 Inch (in) = 25,4 mm

//Winkel

Die Einheiten des Winkels bezeichnen Mittelpunktswinkel, die sich auf den Vollkreis beziehen. Ein **Grad (1°)** ist der 360ste Teil des Vollwinkels (**Bild 2**). Die Unterteilung von 1° kann in Minuten ('), Sekunden (") oder in dezimale Teile erfolgen.

Der **Radian (rad)** ist der Winkel, der aus einem Kreis mit dem Radius 1 m einen Bogen von 1 m Länge schneidet (**Bild 2**). Ein Radian entspricht einem Winkel von 57,295 779 51°.

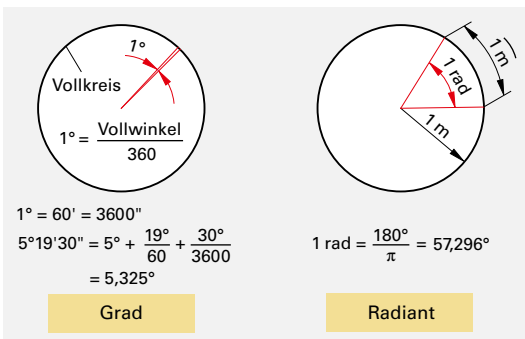


Bild 2: Winkleinheiten

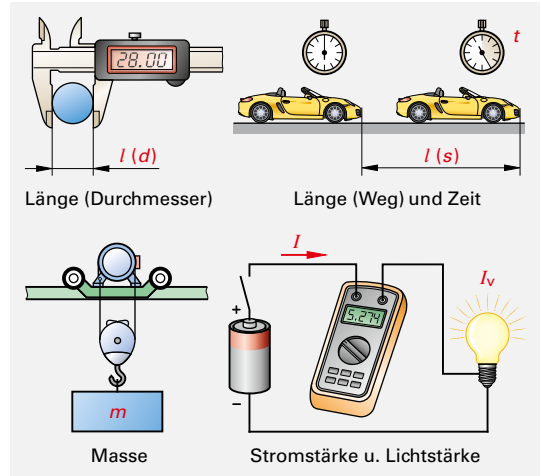


Bild 1: Basisgrößen

Tabelle 1: Internationales Einheitensystem

Basisgrößen und Formelzeichen	Basiseinheiten	
	Name	Zeichen
Länge l	Meter	m
Masse m	Kilogramm	kg
Zeit t	Sekunde	s
Thermodynamische Temperatur T	Kelvin	K
Elektrische Stromstärke I	Ampere	A
Lichtstärke I_v	Candela	cd

Tabelle 2: Vorsätze zur Bezeichnung von dezimalen Vielfachen und Teilen der Einheiten

Vorsatz	Faktor		
M Mega	millionenfach	$10^6 = 1\,000\,000$	
k Kilo	tausendfach	$10^3 = 1\,000$	
h Hekto	hundertfach	$10^2 = 100$	
da Deko	zehnfach	$10^1 = 10$	
d Dezi	Zehntel	$10^{-1} = 0,1$	
c Zenti	Hundertstel	$10^{-2} = 0,01$	
m Milli	Tausendstel	$10^{-3} = 0,001$	
μ Mikro	Millionstel	$10^{-6} = 0,000\,001$	

Tabelle 3: Gebräuchliche Längeneinheiten

Metrisches System	
1 Kilometer (km)	= 1000 m
1 Dezimeter (dm)	= 0,1 m
1 Zentimeter (cm)	= 0,01 m
1 Millimeter (mm)	= 0,001 m
1 Mikrometer (μm)	= 0,000 001 m = 0,001 mm
1 Nanometer (nm)	= 0,000 000 001 m = 0,001 μm

//Masse, Kraft und Druck

Die **Masse** m eines Körpers ist abhängig von seiner Stoffmenge. Sie ist unabhängig vom Ort, an dem sich der Körper befindet. Die Basiseinheit der Masse ist das Kilogramm. Gebräuchliche Einheiten sind auch das Gramm und die Tonne: $1\text{ g} = 0,001\text{ kg}$, $1\text{ t} = 1000\text{ kg}$.

Ein Platin-Iridium-Zylinder, der in Paris aufbewahrt wird, ist das internationale Normal für die Masse 1 kg . Es ist die einzige Basiseinheit, die bisher nicht mithilfe einer Naturkonstanten definiert werden konnte.

Ein Körper mit der Masse von einem Kilogramm wirkt auf der Erde (Normort Zürich) mit einer **Kraft** F_G (Gewichtskraft) von $9,81\text{ N}$ auf seine Aufhängung oder Auflage (**Bild 1**).

Der **Druck** p bezeichnet die Kraft je Flächeneinheit (**Bild 2**) in Pascal (Pa) oder Bar (bar).

Einheiten: $1\text{ Pa} = 1\text{ N/m}^2 = 0,00001\text{ bar}$; $1\text{ bar} = 10^5\text{ Pa} = 10\text{ N/cm}^2$

//Temperatur

Die Temperatur beschreibt den Wärmezustand von Körpern, Flüssigkeiten oder Gasen. Das **Kelvin (K)** ist der 273,15te Teil der Temperaturdifferenz zwischen dem absoluten Nullpunkt und dem Gefrierpunkt des Wassers (**Bild 3**). Die gebräuchlichste Einheit der Temperatur ist das **Grad Celsius (°C)**. Der Gefrierpunkt des Wassers entspricht 0°C , der Siedepunkt des Wassers 100°C .

Umrechnung: $0^\circ\text{C} = 273,15\text{ K}$; $0\text{ K} = -273,15^\circ\text{C}$

//Zeit, Frequenz und Drehzahl

Für die **Zeit** t ist die Basiseinheit Sekunde (s) festgelegt.

Einheiten: $1\text{ s} = 1000\text{ ms}$; $1\text{ h} = 60\text{ min} = 3600\text{ s}$

Die **Periodendauer** T , auch Schwingungsdauer genannt, ist die Zeit in Sekunden, in der sich ein Vorgang regelmäßig wiederholt, z.B. eine volle Schwingung eines Pendels oder die Umdrehung einer Schleifscheibe (**Bild 4**).

Die **Frequenz** f ist der Kehrwert der Periodendauer T ($f = 1/T$). Sie gibt an, wie viele Vorgänge je Sekunde stattfinden. Sie wird in $1/\text{s}$ oder Hertz (Hz) angegeben.

Einheiten: $1/\text{s} = 1\text{ Hz}$; $10^3\text{ Hz} = 1\text{ kHz}$; $10^6\text{ Hz} = 1\text{ MHz}$

Die **Umdrehungsfrequenz** n (**Drehzahl**) ist die Anzahl der Umdrehungen je Sekunde oder Minute.

Beispiel: Eine Schleifscheibe mit dem Durchmesser von 200 mm macht 6000 Umdrehungen in 2 min .

Wie groß ist die Drehzahl?

Lösung: Drehzahl (Umdrehungsfrequenz) $n = \frac{6000}{2} = 3000/\text{min}$

//Größengleichungen (Formeln)

Formeln stellen Beziehungen zwischen Größen her.

Beispiel: Der Druck p ist die Kraft F je Fläche A .

$$p = \frac{F}{A}; \quad p = \frac{100\text{ N}}{1\text{ cm}^2} = \frac{100\text{ N}}{\text{cm}^2} = 10\text{ bar}$$

Beim Rechnen werden die Größen durch Formelzeichen ausgedrückt. Der Größenwert wird als Produkt aus Zahlenwert und Einheit angegeben, z.B. $F = 100\text{ N}$ oder $A = 1\text{ cm}^2$. Einheitengleichungen geben die Beziehung zwischen Einheiten an, z.B. $1\text{ bar} = 10^5\text{ Pa}$.

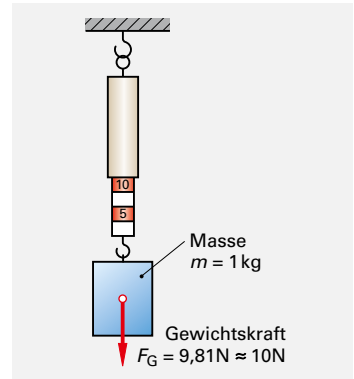


Bild 1: Masse und Kraft

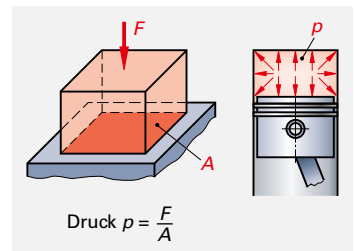


Bild 2: Druck

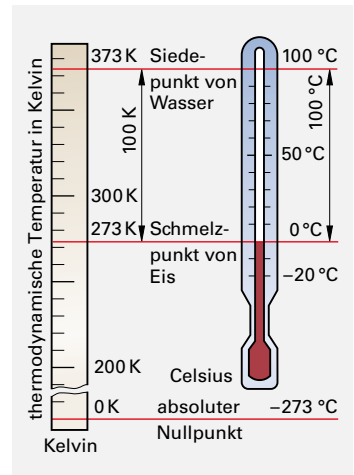


Bild 3: Temperaturskalen

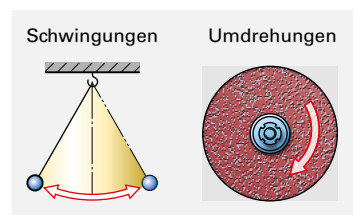


Bild 4: Periodische Vorgänge