



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für metalltechnische Berufe

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

Ludwig Reißler
Andreas Stephan
Reinhard Vetter
Falko Wieneke

Metaltechnik Grundbildung

8. Auflage



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

Europa-Nr.: 11117

Autoren:

Burmester, Jürgen	Oberstudienrat	Rheinbreitbach
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)	Kressbronn
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 346)
Bildbearbeitung:	Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel, Ostfildern
Englische Übersetzung:	OStRin Christina Murphy, Wolfratshausen

8. Auflage 2018, korrigierter Nachdruck 2020

Druck 5 4 3 2

Alle Drucke derselben Auflage sind im Unterricht nebeneinander einsetzbar, da sie bis auf korrigierte Druckfehler und kleine Änderungen, z. B. aufgrund neuer Normen, identisch sind.

ISBN 978-3-8085-1368-2

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

© 2018 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten

<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt

Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald

Umschlagfotos: Mitutoyo Europe GmbH, Neuss, und Vektor-Illustration © majcot – Fotolia.com


Druck: mediaprint solutions GmbH, 33100 Paderborn

Vorwort

Die METALLTECHNIK GRUNDBILDUNG enthält die Grundkenntnisse der Berufe des Handwerks und der Industrie im **Berufsfeld Metalltechnik** sowie die Lerninhalte für die **Fachkraft für Metalltechnik** bis zur **Facharbeiterprüfung Teil 1**. Der Inhalt des Buches ist in die rechts angegebenen acht Hauptkapitel gegliedert, die mit **Arbeitsbeispielen** versehen sind.

Vorwort zur 8. Auflage

In der vorliegenden Auflage wurden Inhalte aktualisiert bzw. Neuerungen aufgenommen:

- Werkzeuge des QM und Qualitätssicherung
- Fertigen mit handgeführten Werkzeugen
- Grundlagen der CNC-Technik
- Technische Kommunikation und Projektarbeit
- Automatisierungstechnik:
Alle Schaltpläne nach der Referenznorm DIN EN 81346-2
- Kennzeichnung der Themenbereiche durch , bei denen die Simulationssoftware **SimMetall** eingesetzt werden kann.

Unterricht nach Lernfeldern

Die lernfeldorientierten Rahmenlehrpläne erfordern handlungsorientierte Unterrichtsformen, durch die der Lernende das erworbene Wissen in die betriebliche Praxis übertragen kann. Der Erwerb dieser Fähigkeit wird durch geeignete Lernprojekte und Lernsituationen gefördert.

Obwohl jede Schule eigene Lernprojekte benutzt und Lernsituationen dem Leistungsvermögen einer Klasse angepasst werden müssen, wird auf den Seiten 333 bis 346 für die sechs Lernfelder bis zur Facharbeiterprüfung Teil 1 je ein Leitprojekt mit einem Vorschlag für die Umsetzung angeboten.

Zur Unterstützung der Themen dient der Lernfeldkompass auf Seite 6.

Die dargestellten fachlichen Inhalte sollten aber noch durch wirtschaftliche, ökologische und sicherheitstechnische Aspekte sowie durch Präsentations- und englischsprachige Übungen ergänzt werden. Zur Übung wird jedes Kapitel mit einer Seite „Practice your English“ abgeschlossen

Die Autoren und der Verlag sind allen Nutzern der METALLTECHNIK GRUNDBILDUNG für kritische Hinweise und Verbesserungsvorschläge an lektorat@europa-lehrmittel.de dankbar.

1 Prüftechnik und Qualitäts- management

9 ... 48

2 Fertigungstechnik

49 ... 156

3 Werkstofftechnik

157 ... 208

4 Maschinentechnik 5 Instandhaltung

209 ... 256

6 Automatisierungstechnik 7 Elektrotechnik 8 Technische Kommunikation und Projektarbeit

257 ... 332

Inhaltsverzeichnis

1 Prüftechnik und Qualitätsmanagement	
1.1 Größen und Einheiten	10
1.2 Grundlagen der Messtechnik	12
1.2.1 Grundbegriffe	12
1.2.2 Messabweichungen	14
1.2.3 Messmittelfähigkeit, Prüfmittelüberwachung	17
1.3 Längenprüfmittel	18
1.3.1 Maßstäbe, Lehren und Endmaße	18
1.3.2 Mechanische und elektronische Messgeräte	21
1.4 Oberflächenprüfung	32
1.4.1 Oberflächenprofile	32
1.4.2 Kenngrößen von Oberflächen	33
1.5 Toleranzen und Passungen	34
1.5.1 Toleranzen	34
1.5.2 Passungen	38
1.6 Qualitätsmanagement	41
1.6.1 Qualitätsforderungen	41
1.6.2 Qualitätsmerkmale und Fehler	42
1.6.3 Werkzeuge des Qualitätsmanagements	43
1.6.4 Qualitätslenkung	46
1.6.5 Qualitätssicherung	47
1.7 Practise your English	48
2 Fertigungstechnik	
2.1 Arbeitssicherheit	50
2.1.1 Sicherheitszeichen	50
2.1.2 Unfallverhütung	51
2.1.3 Sicherheitsmaßnahmen	51
2.2 Gliederung der Fertigungsverfahren	52
2.3 Gießen	54
2.3.1 Formen und Modelle	54
2.3.2 Gießen in verlorene Formen	55
2.3.3 Gießen in Dauerformen	58
2.3.4 Gusswerkstoffe	59
2.3.5 Gussfehler	59
2.4 Umformen	62
2.4.1 Verhalten der Werkstoffe beim Umformen	62
2.4.2 Umformverfahren	62
2.4.3 Biegeumformen	63
2.4.4 Druckumformen	67
2.5 Schneiden	69
2.5.1 Scherschneiden	69
2.6 Spanende Fertigung	71
2.6.1 Grundlagen	71
2.6.2 Fertigen mit handgeführten Werkzeugen	72
2.7 Fertigen mit Werkzeugmaschinen	76
2.7.1 Schneidstoffe	76
2.7.2 Kühlschmierstoffe	78
2.7.3 Sägen	79
2.7.4 Bohren	80
2.7.5 Senken	85
2.7.6 Reiben	86
2.7.7 Drehen	89
2.7.8 Fräsen	102
2.7.9 Fertigungsbeispiel Spannpratze	115
2.8 CNC-Steuerungen	119
2.8.1 Merkmale CNC-gesteuerter Maschinen	119
2.8.2 Koordinaten, Null- und Bezugspunkte	123
2.8.3 Steuerungsarten, Korrekturen	125
2.8.4 Erstellen von CNC-Programmen	128
2.9 Fügen	133
2.9.1 Fügeverfahren	133
2.9.2 Press- und Schnappverbindungen	136
2.9.3 Kleben	138
2.9.4 Löten	140
2.9.5 Schweißen	146
2.10 Fertigungsbetrieb und Umweltschutz	153
2.11 Practise your English	156
3 Werkstofftechnik	
3.1 Übersicht der Werk- und Hilfsstoffe	158
3.2 Auswahl und Eigenschaften der Werkstoffe	160
3.3 Innerer Aufbau der Metalle	166
3.3.1 Innerer Aufbau und Eigenschaften	166
3.3.2 Kristallgittertypen der Metalle	167
3.3.3 Baufehler im Kristall	168
3.3.4 Entstehung des Metallgefüges	168
3.3.5 Gefügearten und Werkstoffeigenschaften	169
3.3.6 Gefüge reiner Metalle und Legierungen	170
3.4 Stähle und Eisen-Gusswerkstoffe	171
3.4.1 Gewinnung von Roheisen	171
3.4.2 Herstellung von Stahl	172
3.4.3 Das Bezeichnungssystem für Stähle	175
3.4.4 Einteilung der Stähle nach Zusammen- setzung und Güteklassen	178
3.4.5 Stahlsorten und ihre Verwendung	179
3.4.6 Handelsformen der Stähle	181
3.4.7 Erschmelzen der Eisen-Gusswerkstoffe	182
3.4.8 Das Bezeichnungssystem für Gusseisen- werkstoffe	183
3.4.9 Eisen-Gusswerkstoffarten	184
3.4.10 Kohlenstoffgehalt der Stähle und Eisen-Gusswerkstoffe im Vergleich	186
3.5 Nichteisenmetalle	187
3.5.1 Leichtmetalle	187
3.5.2 Schwermetalle	189
3.6 Wärmebehandlung der Stähle	192
3.6.1 Gefügearten der Eisenwerkstoffe	192
3.6.2 Eisen-Kohlenstoff-Zustandsdiagramm	193
3.6.3 Glühen	194
3.6.4 Härten	195
3.7 Kunststoffe	196
3.7.1 Eigenschaften und Verwendung	196
3.7.2 Thermoplaste	197
3.7.3 Duroplaste	198
3.7.4 Elastomere	198
3.8 Verbundwerkstoffe	199
3.9 Werkstoffprüfung	200
3.9.1 Prüfung der Verarbeitungseigenschaften	200
3.9.2 Zugversuch	201
3.9.3 Kerbschlagbiegeversuch	202
3.9.4 Härteprüfungen	203
3.10 Umweltproblematik der Werk- und Hilfsstoffe	205
3.11 Practise your English	208

4 Maschinentechnik

4.1 Einteilung der Maschinen	210	4.3 Funktionseinheiten zum Verbinden	225
4.2 Funktionseinheiten von Maschinen und Geräten	218	4.3.1 Gewinde	225
4.2.1 Innerer Aufbau von Maschinen	218	4.3.2 Schraubenverbindungen	227
4.2.2 Funktionseinheiten einer CNC-Werkzeugmaschine	220	4.3.3 Stiftverbindungen	235
4.2.3 Funktionseinheiten einer Klimaanlage	222	4.3.4 Nietverbindungen	238
4.2.4 Sicherheitseinrichtungen an Maschinen	223	4.3.5 Welle-Nabe-Verbindungen	240
		4.4 Practise your English	244

5 Instandhaltung

5.1 Instandhaltung	245	5.1.5 Wartung	250
5.1.1 Tätigkeitsgebiete und Definition	245	5.1.6 Schmierstoffe und Reibung	253
5.1.2 Begriffe der Instandhaltung	246	5.2 Practise your English	256
5.1.3 Ziele der Instandhaltung	247		
5.1.4 Instandhaltungskonzepte	247		

6 Automatisierungstechnik

6.1 Steuern und Regeln	258	6.3.5 Beispiele pneumatischer Steuerungen	283
6.1.1 Grundlagen der Steuerungstechnik	258	6.4 Elektropneumatische Steuerungen	286
6.1.2 Grundlagen der Regelungstechnik	260	6.4.1 Bauelemente elektrischer Kontaktsteuerungen	286
6.2 Grundlagen und Grundelemente von Steuerungen	262	6.4.2 Signalelemente – Sensoren	289
6.3 Pneumatische Steuerungen	268	6.4.3 Verdrahtung mit Klemmleiste	294
6.3.1 Baugruppen pneumatischer Anlagen	268	6.4.4 Beispiele für elektropneumatische Steuerungen	295
6.3.2 Bauelemente der Pneumatik	269	6.5 Practise your English	300
6.3.3 Schaltpläne pneumatischer Steuerungen	278		
6.3.4 Systematischer Schaltplanentwurf	279		

7 Elektrotechnik

7.1 Der elektrische Stromkreis	301	7.7 Schutzmaßnahmen bei elektrischen Maschinen	310
7.2 Schaltung von Widerständen	304	7.8 Hinweise für den Umgang mit Elektrogeräten	312
7.3 Stromarten	306	7.9 Practise your English	313
7.4 Elektrische Leistung und elektrische Arbeit	307		
7.5 Überstrom-Schutzeinrichtungen	308		
7.6 Fehler an elektrischen Anlagen	309		

8 Technische Kommunikation und Projektarbeit

8.1 Technische Zeichnungen	314	8.3.3 Projekte in Phasen erarbeiten	321
8.2 Technische Unterlagen	317	8.4 Technische Projekte dokumentieren	323
8.3 Projektarbeit	319	8.4.1 Textverarbeitung	324
8.3.1 Grundlagen der Projektarbeit	319	8.4.2 Tabellenkalkulation	326
8.3.2 Projektarbeit als vollständige Handlung und planmäßige Problemlösung	320	8.4.3 Präsentationssoftware	329
		8.5 Practise your English	332

Lernfeldprojekte	333
-------------------------------	-----

Firmenverzeichnis	346
--------------------------------	-----

Sachwortverzeichnis	347
----------------------------------	-----

Lernfeldkompass

Mit dem Lernfeldkompass wird dem Nutzer an Berufsschulen in der Metalltechnik eine Hilfe an die Hand gegeben, mit der der Lernfeldunterricht zielgerichtet durchgeführt werden kann.

Die Inhalte der Metalltechnik Grundbildung sind sachlogisch strukturiert, um dem Lehrenden und Lernenden ein Höchstmaß an didaktischer und methodischer Freiheit zu ermöglichen. Die im Buch gewählte Sachstruktur soll den Lernenden zu selbstständigem Erarbeiten der in den Lernfeldern geforderten unterschiedlichen fachlichen Inhalte führen.

Die folgende Kapitelauswahl zu den Lernfeldern aus den einzelnen Rahmenlehrplänen zeigt die Zuordnung der Kapitel und Inhalte des Fachbuches zu den einzelnen Lernfeldern. Sie dient als Anregung und Hinweis, um den lernfeldorientierten Unterricht zielgerichtet durchführen zu können.

Lernfeld	Sachinformationen im Buch (Beispiele)	Seite
Fertigen von Bauelementen mit handgeführten Werkzeugen	Projekt: Schlüsselanhänger	334
	8.1 Technische Zeichnungen	314
Vorbereiten und Fertigen von berufstypischen Bauelementen mit handgeführten Werkzeugen. Erstellen und Ändern von Zeichnungen für einfache Baugruppen.	2.6.2 Fertigen mit handgeführten Werkzeugen . .	72
	1.2 Grundlagen der Messtechnik	12
	1.2.1 Grundbegriffe	12
	1.2.2 Messabweichungen	14
	1.2.3 Messmittelfähigkeit	17
	1.3 Längenprüfmittel	18
	1.5 Toleranzen und Passungen	35
Arbeitsschritte mit Werkzeugen und Materialien planen und Berechnungen durchführen. Geeignete Prüfmittel auswählen, anwenden und Ergebnisse protokollieren. Fertigungskosten überschlägig ermitteln.	1.6 Grundlagen des Qualitätsmanagement . .	41
	2.2 Gliederung der Fertigungsverfahren	52
	2.4.1 Verhalten der Werkstoffe	62
	2.4.2 Umformverfahren	62
	2.4.3 Biegeumformen	63
	2.5 Schneiden	69
	2.5.1 Scherschneiden	69
	3.1 Übersicht der Werk- und Hilfsstoffe	158
	3.2 Auswahl und Eigenschaften der Werkstoffe	160
	3.4 Übersicht Stähle und Gusswerkstoffe	171
	3.5 Übersicht NE-Metalle	187
	3.7 Übersicht Kunststoffe	196
	3.8 Übersicht Verbundwerkstoffe	199
Dokumentieren und Präsentieren der Arbeitsergebnisse. Bestimmungen des Arbeits- und Umweltschutzes beachten.	8.4 Technische Projekte dokumentieren	323
	2.1 Arbeitssicherheit	50
	2.10 Fertigungsbetrieb und Umweltschutz	153
	3.10 Umweltproblematik der Werk- und Hilfsstoffe	205

Anmerkungen:

- Die Themen 8.1 bis 8.3 sind bei den Lernfeldern nicht aufgeführt.
- Ebenso die Themen 7 Elektrotechnik.

Lernfeld	Sachinformationen im Buch (Beispiele)	Seite
Fertigen von Bauelementen mit Maschinen	Projekt: Spanngerät für runde Werkstücke	336
	8.1 Technische Zeichnungen	314
Auswerten von Zeichnungen und Stücklisten. Auswahl von Werkstoffen nach spezifischen Eigenschaften.	1.4 Oberflächenprüfung	32
Planen von Fertigungsabläufen mit Berechnun- gen.	1.5 Toleranzen und Passungen	34
	2.7 Fertigen mit Werkzeugmaschinen	76
	2.9 Fügen	133
	3.4 Stähle und Eisen-Gusswerkstoffe	171
Aufbau und Wirkungsweise von Maschinen. Einsatz von Werkzeugen.	4.1 Einteilung der Maschinen	210
	4.2 Funktionseinheiten von Maschinen	218
	2.7.1 Schneidstoffe	76
	7 Elektrotechnik	301
Auswahl und Einsatz von Prüfmitteln.	1.2 Grundlagen der Messtechnik	12
	1.3 Längenprüfmittel	18
	1.6 Qualitätsmanagement	41
Dokumentieren und Präsentieren der Arbeits- ergebnisse.	8.4 Technische Projekte dokumentieren	323
Bestimmungen des Arbeits- und Umweltschut- zes beachten.	2.1 Arbeitssicherheit	50
	2.10 Fertigungsbetrieb und Umweltschutz	153
	3.10 Umweltproblematik der Werk- und Hilfsstoffe	205
<hr/>		
Herstellen einfacher Baugruppen	Projekt: Bohrständler für Handbohrmaschine . . .	338
	8.1 Technische Zeichnungen	314
	8.2 Technische Unterlagen	317
Gruppenzeichnungen und Schaltpläne lesen und verstehen.	4.1 Einteilen der Maschinen	210
Planen einfacher Steuerungen.	4.2 Funktionseinheiten von Maschinen	218
Montage von Baugruppen.	6.1 Schaltpläne pneumatischer Steuerungen	278
Teile normgerecht kennzeichnen.	bis Systematischer Schaltplanentwurf	279
	6.4 Grafcet	283
Fügeverfahren unterscheiden.	2.9 Fügen	133
Auswahl von Werkzeugen und Normteilen.	3.4 Stähle und Eisen-Gusswerkstoffe	171
Dokumentieren und Präsentieren der Arbeits- ergebnisse.	1.6 Qualitätsmanagement	41
	8.4 Technische Projekte dokumentieren	323
	8.4.1 Textverarbeitung	324
	8.4.2 Tabellenkalkulation	326
	8.4.3 Präsentation	329
Bestimmungen des Arbeits- und Umweltschut- zes beachten.	2.1 Arbeitssicherheit	50
	2.10 Fertigungsbetrieb und Umweltschutz	153
	3.10 Umweltproblematik der Werk- und Hilfsstoffe	205

Lernfeld	Sachinformationen im Buch (Beispiele)	Seite
Warten technischer Systeme	Projekt: Warten einer Säulenbohrmaschine	340
Bewertung der Instandhaltungsmaßnahmen.	1 Prüftechnik	10
	1.1 Größen und Einheiten	10
	5.1 Instandhaltung	245
	5.1.1 Tätigkeitsgebiete und Definitionen	245
	5.1.2 Begriffe der Instandhaltung	246
	5.1.3 Ziele der Instandhaltung	247
	5.1.4 Instandhaltungskonzepte	247
	5.1.5 Wartung	250
	7 Elektrotechnik	301
Wartungsarbeiten planen, Werkzeuge und Hilfsstoffe bestimmen.	3.1.3 Hilfsstoffe und Energie	159
Dokumentieren und Präsentieren der Arbeitsergebnisse.	5.1.6 Schmierstoffe	253
Bestimmungen des Arbeits- und Umweltschutzes beachten.	8.4 Technische Projekte dokumentieren	323
	2.1 Arbeitssicherheit	50
	2.10 Fertigungsbetrieb und Umweltschutz	153
	3.10 Umweltproblematik der Werk- und Hilfsstoffe	205
Fertigen von Einzelteilen mit Werkzeugmaschinen	Projekt: Hydraulisches Spannelement	342
Fertigen von Werkstücken aus verschiedenen Werkstoffen auf Werkzeugmaschinen.	2.7 Fertigen mit Werkzeugmaschinen	76
	3.4.3 Bezeichnungssystem der Stähle	175
	1.6.2 Qualitätsmerkmale und Fehler	42
	1.6.5 Qualitätssicherung	47
Geeignete Fertigungsverfahren auswählen und Spannmittel für Werkzeuge und Werkstücke wählen.	1.2 Grundlagen der Messtechnik	12
	1.3 Längenprüfmittel	18
	1.4 Oberflächenprüfung	32
	1.5 Toleranzen und Passungen	34
Glühen, Härten, Vergüten.	3.4 Stähle und Eisen-Gusswerkstoffe	171
Prüfpläne mit den Mitteln des Qualitätsmanagements entwickeln.	1.6.2 Qualitätsmerkmale und Fehler	42
	1.6.5 Qualitätssicherung	47
	3.6 Wärmebehandlung der Stähle	192
Installieren und Inbetriebnahme steuerungs-technischer Systeme	Projekt: Vereinzelung unterschiedlicher Metallkugeln	344
Steuerungstechnische Systeme installieren und in Betrieb nehmen.	4.1 Einteilung der Maschinen	210
Aus Steuerungen in unterschiedlichen Gerätetechniken Komponenten und Funktionsabläufe ermitteln.	6.1 Steuern und Regeln	258
Aufbau und Inbetriebnahme unterschiedlicher Steuerungen.	6.2 Grundlagen und Elemente von Steuerungen	262
	6.3 Pneumatische Steuerungen	268
	6.4 Elektropneumatische Steuerungen	286
	7 Elektrotechnik	301
	(7.1 bis 7.8)	301–312

1 Prüftechnik und Qualitätsmanagement

1.1 Größen und Einheiten	10
Länge	10
Winkel	10
Masse, Kraft, Druck	11
Temperatur	11
Zeit, Frequenz, Drehzahl	11
1.2 Grundlagen der Messtechnik	12
Grundbegriffe	12
Prüfarten	12
Messeinrichtungen	12
Messtechnische Begriffe	12
Messabweichungen	14
Messmittelfähigkeit	17
Prüfmittelüberwachung	17
1.3 Längenprüfmittel	18
Maßstäbe, Lineale, Winkel, Lehren, Endmaße ..	18
Mechanische und elektronische Messgeräte ..	21
Messschieber, Messschrauben	21
Innenmessgeräte, Messuhren	25
Fühlhebelmessgeräte	27
Arbeitsbeispiele zum Messen und Prüfen	30
1.4 Oberflächenprüfung	32
Oberflächenprofile	32
Kenngrößen von Oberflächen	33
1.5 Toleranzen und Passungen	34
Toleranzen	34
Grundbegriffe	34
Allgemeintoleranzen	35
ISO-Toleranzen	36
Passungen	38
Passungsarten	38
Arbeitsbeispiel zu den Toleranzen	40
1.6 Qualitätsmanagement	41
Qualitätsforderungen	41
Qualitätsmerkmale und Fehler	42
Werkzeuge des Qualitätsmanagement	43
Qualitätslenkung	46
Qualitätssicherung	47
1.7 Practise your English	48



1 Prüftechnik und Qualitätsmanagement

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°.

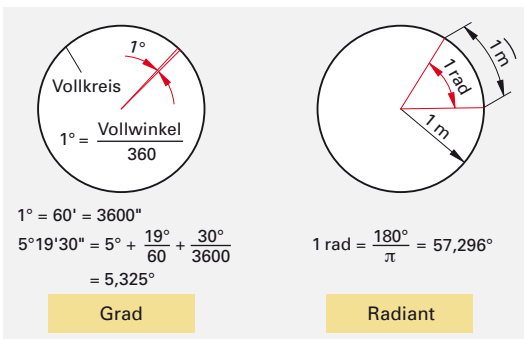


Bild 2: Winkleinheiten

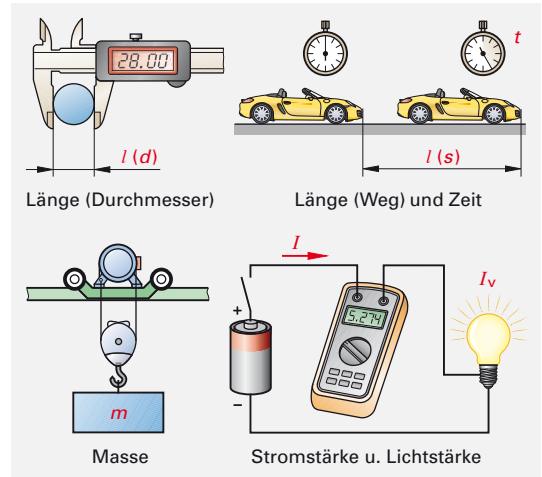


Bild 1: Basisgrößen

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	Factor		
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)	= 0,000001 m = 0,001 mm
1 Nanometer (nm)	= 0,000000001 m = 0,001 μm