



EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für Bauberufe

Peschel · Kickler · Lindau · Mentlein · Schulzig · Trutzenberg

# Tabellenbuch Bautechnik

**Tabellen – Formeln – Regeln – Bestimmungen**

Bearbeitet von Lehrern und Ingenieuren an berufsbildenden Schulen  
und Fachhochschulen

Lektorat: Peter Peschel

15. Auflage 2019

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

**Europa-Nr.: 42519**

Bau-  
Baubetrieb  
Konstruktion  
Baustoffe  
Bauphysik/  
Bautenschutz  
Bauzeichnen  
Statik,  
Lastannahmen  
Natur-  
wissenschaften  
Mathematik

## Autoren des Tabellenbuches Bautechnik

Peschel, Peter	Oberstudiendirektor a.D.	Göttingen
Kickler, Jens	Dr.-Ing., Professor	Hannover
Lindau, Doreen	Studienrätin	Braunschweig
Mentlein, Horst	Dr.-Ing., Professor	Lübeck
Schulzig, Sven	Oberstudienrat	Kassel
Trutzenberg, Tobias	Studiendirektor	Essen

## Lektorat

Peter Peschel

Für die Zusammenarbeit im Kapitel Mathematik danken wir Herrn StR Stefan Rappe (Göttingen).

Für die Zusammenarbeit im Kapitel Bauphysik/Bautenschutz danken wir Frau Dipl.-Ing. Eva Hornhardt (Wuppertal).

## Bildbearbeitung

Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Ostfildern

Diesem Buch wurden die neuesten Ausgaben der DIN-Blätter sowie andere Bestimmungen und Richtlinien zugrunde gelegt (Redaktionsschluss 31.05.2018). Verbindlich sind jedoch nur die DIN-Blätter und jene Bestimmungen selbst.

Die DIN-Blätter können von der Beuth-Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, bezogen werden.

Das vorliegende Werk wurde mit aller gebotenen Sorgfalt erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren, Herausgeber und Verlag für die Richtigkeit von Fakten, Hinweisen und Vorschlägen sowie für eventuelle Satz- und Druckfehler keine Haftung.

15. Auflage 2019

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Behebung von Druckfehlern untereinander unverändert sind.

ISBN 978-3-8085-4277-4

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

© 2019 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz: PER MEDIEN & MARKETING GmbH, 38102 Braunschweig

Umschlag: Blick Kick Kreativ KG, 42653 Solingen

Druck: Himmer GmbH, 86167 Augsburg

## Vorwort

Das „Tabellenbuch Bautechnik“ erweitert die bewährte Europa-Fachbuchreihe für Bauberufe. Es kann jedoch seines eigenständigen Charakters wegen sowohl allein als auch in Verbindung mit anderen Lehrbüchern in der Aus- und Weiterbildung sowie in der beruflichen Praxis verwendet werden. Es enthält sowohl Tabellen, Formeln, DIN-Normen, Regeln und Bestimmungen von Behörden und Institutionen als auch viele Stoffwerte und Konstruktionsgrößen.

Die Auswahl der Inhalte dieser Sammlung erfolgte unter weitgehender Berücksichtigung der Bundesrahmenlehrpläne für die Bauberufe und wurde auf der Grundlage der neusten Ausgaben aller einschlägigen deutschen und europäischen Regelwerke bearbeitet. Überall dort, wo die **neue Normengeneration** (Europäisches Regelwerk, Eurocode EC) in Deutschland anwendbar ist, wurde bereits eine in den einzelnen Kapiteln auf die Anwender abgestimmte neue Struktur gewählt.

Das „Tabellenbuch Bautechnik“ eignet sich als Nachschlagewerk für Auszubildende sowie Schülerinnen und Schüler der Berufsschule, der Berufsfachschule, der Berufsaufbauschule, der Fachoberschule, der Berufsoberschule und der beruflichen Gymnasien. Es ist darüber hinaus auch als Informationsquelle bei praktischen Ausbildungsmaßnahmen, bei der Fortbildung in Polier- und Meisterschulen/Technikerschulen, an Berufsakademien und Fachhochschulen sowie in der Berufspraxis geeignet.

Das Tabellenbuch ist eingeteilt in die Abschnitte

<b>Mathematik</b>	<b>1</b>
<b>Naturwissenschaften</b>	<b>2</b>
<b>Statik und Lastannahmen</b>	<b>3</b>
<b>Technisches Zeichnen/Bauzeichnungen</b>	<b>4</b>
<b>Bauphysik/Bautenschutz</b>	<b>5</b>
<b>Technologie der Baustoffe</b>	<b>6</b>
<b>Bautechnik und Baukonstruktion</b>	<b>7</b>
<b>Baubetrieb</b>	<b>8</b>

Das Inhaltsverzeichnis am Anfang des Tabellenbuches wird durch Teilinhaltsverzeichnisse, Normenverzeichnisse und Literaturangaben vor jedem Hauptkapitel ergänzt.

Ein schneller Zugriff wird durch das bewährte Daumen-Griffregister ermöglicht. Großer Wert wurde auf die Übersichtlichkeit der Darstellung gelegt. Neben dem Inhaltsverzeichnis hilft ein umfangreiches **Sachwortverzeichnis** mit über **2200 Begriffen** beim schnellen Finden einzelner Fakten. Verweise sind durch ein Dreieck ► mit Seitenzahl gekennzeichnet.

Die vorliegende 15. Auflage wurde aktualisiert und nochmals erweitert.

Neu aufgenommen wurden u.a. die Teilkapitel:

Darstellung von Diegrammen (Kapitel 1), Statistik (Kapitel 1), Sinnbilder für die Oberflächenbehandlung und das Schweißen (Kapitel 4), Darstellung von Fenster und Türen (Kapitel 4), Dünnbetonmörtel (Kapitel 6), Holz als Handelsware (Kapitel 6), Homogenbereiche (Kapitel 7) und Schalung von Sichtbetonflächen (Kapitel 8).

Überarbeitet und erweitert wurden die Teilkapitel:

Baulicher Schallschutz, planerische Grundlagen für Treppen, Ausführungen zur Planung, Zubereitung und Verarbeitung von Innen- und Außenputzen, Plandaten zu Grundflächen und Rauminhälften.

Allen, die durch ihre Anregungen zur Fortentwicklung des Tabellenbuches beigetragen haben – insbesondere den genannten Baufirmen, Institutionen und Verlagen –, sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

Für Anregungen zur Weiterentwicklung, Verbesserungsvorschläge und Fehlerhinweise sind wir weiterhin dankbar. Sie können dafür unsere Adresse [lektorat@europa-lehrmittel.de](mailto:lektorat@europa-lehrmittel.de) nutzen.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 MATHEMATIK</b>	<b>7</b>	<b>3.5 Sicherheitskonzept . . . . .</b>	<b>90</b>
1.1 Zeichen, Begriffe und Tafeln .....	8	3.6 Spannungen und Festigkeiten. . . . .	91
1.2 Rechenarten .....	14	3.7 Formänderungen, Steifigkeiten und Stabilität (Knicken) . . . . .	94
1.3 Prozentrechnung und Zinsrechnung. . . . .	19	3.8 Lastannahmen . . . . .	97
1.4 Längen und Winkel .....	20	3.8.1 Wichte von Baustoffen und Bauteilen . . . . .	97
1.5 Flächen .....	21	3.8.2 Eigenlasten für Dächer . . . . .	100
1.6 Körper .....	24	3.8.3 Nutzlasten . . . . .	101
1.7 Geometrie. . . . .	27	3.8.4 Eigen- und Nutzlast, Trennwand-zuschlag . . . . .	103
1.7.1 Rechtwinklige Dreiecke . . . . .	27	3.8.5 Windlasten . . . . .	103
1.7.2 Winkelfunktionen. . . . .	28	3.8.6 Schneelasten . . . . .	106
1.7.3 Schiefwinklige Dreiecke. . . . .	29		
1.7.4 Steigung . . . . .	32		
1.7.5 Strahlensätze und Ähnlichkeiten . . . . .	33		
<b>1.8 Gleichungen und Ungleichungen</b> . . . . .	<b>34</b>	<b>4 TECHNISCHES ZEICHNEN/ BAUZEICHNEN . . . . .</b>	<b>107</b>
1.9 Taschenrechner und DV-Grundlagen . . . . .	37	4.1 Normschrift . . . . .	109
1.10 Funktionen . . . . .	40	4.2 Zeichengeräte und Materialien . . . . .	111
1.11 Differentialrechnung . . . . .	44	4.3 Bemaßung . . . . .	113
1.12 Integralrechnung . . . . .	45	4.4 Bauzeichnungen . . . . .	116
1.13 Folgen und Reihen. . . . .	47	4.5 Symbole in verschiedenen Bauzeichnungen . . . . .	121
1.14 Statistik. . . . .	48	4.6 Grundkonstruktionen . . . . .	133
<b>2 NATURWISSENSCHAFTEN</b>	<b>49</b>	4.7 Darstellende Geometrie . . . . .	141
2.1 Physikalische Größen, Einheiten und Formelzeichen . . . . .	50	4.8 Dachausmittlung . . . . .	148
2.2 Physikalische Grundlagen . . . . .	52	4.9 Treppen . . . . .	154
2.3 Gleichförmige und beschleunigte Bewegung. . . . .	54		
2.4 Arbeit, Energie, Leistung und Wirkungsgrad. . . . .	56	<b>5 BAUPHYSIK/BAUTENSCHUTZ</b>	<b>161</b>
2.5 Einfache Maschinen . . . . .	57	5.1 Dämmstoffe, Dichtungsstoffe und Sperrstoffe . . . . .	163
2.5.1 Hebel . . . . .	57	5.2 Wärmeschutz . . . . .	168
2.5.2 Feste und lose Rollen . . . . .	58	5.2.1 Physikalische Grundlagen . . . . .	168
2.5.3 Seilwinde . . . . .	58	5.2.2 Wärmetechnische Mindest-anforderungen . . . . .	169
2.5.4 Schiefe Ebene, Schraube und Keil . . . . .	59	5.2.3 Wärmebrücken . . . . .	174
2.6 Wärmelehre . . . . .	60	5.2.4 Anforderungen an den Wärmeschutz im Sommer . . . . .	175
2.7 Elektrotechnik . . . . .	62	5.3 Energieeinsparverordnung (EnEV) . . . . .	176
2.8 Chemie . . . . .	65	5.4 Feuchteschutz und Tauwasserschutz . . . . .	188
2.8.1 Elemente . . . . .	66	5.4.1 Bauliche Schutzmaßnahmen . . . . .	188
2.8.2 Chemische Verbindungen . . . . .	68	5.4.2 Klimabedingter Feuchtigkeitsschutz . . . . .	191
2.8.3 Chemie des Wassers . . . . .	69	5.4.3 Feuchteschutztechnische Rechen-werte . . . . .	192
2.8.4 Säuren, Laugen und Salze . . . . .	70	5.4.4 Feuchteschutztechnische Berechnungen . . . . .	196
2.8.5 Ausblühungen . . . . .	71	5.4.5 Schimmelbildung . . . . .	200
2.8.6 Elektrolyse. . . . .	71	5.5 Schallschutz . . . . .	202
2.8.7 Gemische, Gemenge . . . . .	72	5.6 Brandschutz . . . . .	209
2.8.8 Wichtige chemische Reaktionen. . . . .	73	Hauptnorm für den Brandchutz . . . . .	209
2.8.9 Chemische Berechnungen . . . . .	74	EURO-Klassen für Baustoffe. . . . .	211
<b>3 STATIK UND LASTANNAHMEN</b>	<b>75</b>	Konstruktionsbeispiele . . . . .	214
3.1 Kräfte und Momente . . . . .	77	Feuerschutzbefreiungen . . . . .	217
3.2 Gleichgewichtsbedingungen . . . . .	79		
3.3 Statische Systeme. . . . .	80		
3.4 Flächen, Schwerpunkte und Flächenmomente. . . . .	88		

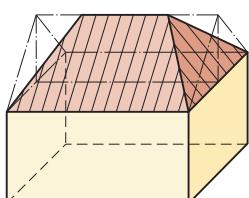
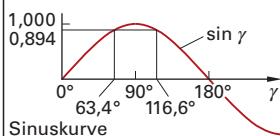
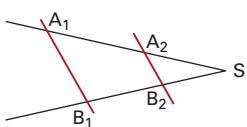
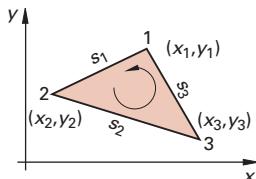
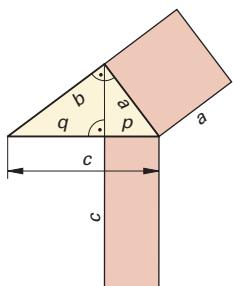
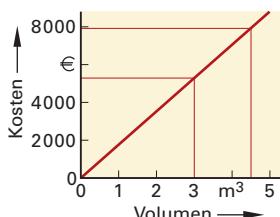
# Inhaltsverzeichnis

<b>6 TECHNOLOGIE DER BAUSTOFFE</b>	<b>219</b>
<b>6.1 Natürliche Gesteine</b>	<b>221</b>
<b>6.2 Künstliche Steine</b>	<b>224</b>
6.2.1 Ziegel und Klinker	224
6.2.2 Kalksandsteine	227
6.2.3 Mauersteine aus Beton/Betonsteine	229
6.2.4 Porenbetonsteine	230
6.2.5 Hüttensteine	230
6.2.6 Gipsplatten (Wandbauplatten)	231
6.2.7 Dachsteine und Dachziegel	232
<b>6.3 Fliesen, Platten und Pflastersteine</b>	<b>233</b>
6.3.1 Keramische Fliesen und Platten	233
6.3.2 Natursteinplatten	234
6.3.3 Betonwerksteinplatten	234
6.3.4 Asphaltplatten	234
6.3.5 Pflastersteine	235
6.3.6 Bordsteine	236
6.3.7 Kanalklinker	236
<b>6.4 Bindemittel</b>	<b>237</b>
6.4.1 Zemente	237
6.4.2 Baukalke	240
6.4.3 Calciumsulfat-Binder	241
6.4.4 Baugipse	242
<b>6.5 Gesteinskörnungen</b>	<b>243</b>
6.5.1 Arten und Anforderungen	244
6.5.2 Eigenschaften und Anforderungen	245
6.5.3 Alkali-Empfindlichkeit	246
6.5.4 Kornzusammensetzung für Betone	247
6.5.5 Wassersanspruch	250
6.5.6 Mehkkorngehalt	250
<b>6.6 Mörtel</b>	<b>251</b>
6.6.1 Mauermörtel	251
6.6.2 Putzmörtel	253
6.6.3 Estrichmörtel	255
6.6.4 Dünnbettmörtel und Klebstoffe	256
6.6.5 Spezialmörtel	257
<b>6.7 Beton</b>	<b>258</b>
6.7.1 Einteilung des Betons in Klassen	259
6.7.2 Beton nach Expositionsklassen	259
6.7.3 Konsistenzklassen des Frischbetons	261
6.7.4 Druckfestigkeitsklassen Festbeton	262
6.7.5 Wasserzementwert	262
6.7.6 Feuchtigkeitsklassen und Rohdichteklassen	263
6.7.7 Standardbetonrezepte	263
6.7.8 Betonzusätze	265
6.7.9 Betonzusammensetzung Mischungsentwurf	265
6.7.10 Betonprüfungen	267
6.7.11 Verantwortlichkeiten	268
6.7.12 Nachbehandlung von Beton	268
6.7.13 Betonüberwachung	269
6.7.14 Transportbeton	270
6.7.15 Betondeckung der Bewehrung	271
<b>6.8 Stahl, Betonstahl und Baumetalle</b>	<b>272</b>
6.8.1 Eisenwerkstoffe	272
6.8.2 Betonstähle	273
6.8.3 Betonstahlmatten	275
6.8.4 Nichteisenmetalle	277
<b>6.9 Holz</b>	<b>278</b>
6.9.1 Aufbau des Holzes und Bauholzarten	278
6.9.2 Eigenschaften	280
6.9.3 Bauschnittholz und Konstruktionsvollholz	282
6.9.4 Holzwerkstoffe	288
6.9.5 Holzschutz	293
<b>6.10 Kunststoffe</b>	<b>296</b>
<b>6.11 Befestigungssysteme</b>	<b>298</b>
6.11.1 Befestigungstechnik	298
6.11.2 Befestigungs-Systemplan	300
6.11.3 Befestigungen am Bauwerk	302
<b>6.12 Bauglas, Glas</b>	<b>304</b>
<b>6.13 Ungebundene Schichten im Verkehrswegebau</b>	<b>306</b>
<b>6.14 Bitumige Stoffe</b>	<b>307</b>
6.14.1 Bitumen	307
6.14.2 Teer und Pech	309
6.14.3 Asphalt	309
6.14.4 Dachpappen, Dachbahnen und Dichtungsbahnen	311
<b>6.15 Anstrichstoffe</b>	<b>312</b>
<b>6.16 Gefahrstoffe im Bauwesen</b>	<b>314</b>
<b>7 BAUTECHNIK UND BAUKONSTRUKTION</b>	<b>319</b>
<b>7.1 Mauerwerksbau</b>	<b>321</b>
7.1.1 Maßordnung im Hochbau	321
7.1.2 Gemauerte Wände	322
7.1.3 Charakteristische Druckfestigkeiten	323
7.1.4 Vereinfachte Bemessungsmethode für tragende Mauerwände	324
7.1.5 Kelleraußenwände	327
7.1.6 Nichttragende innere Trennwände	328
7.1.7 Statische und konstruktive Maßnahmen	329
7.1.8 Außenmauerwerk	332
7.1.9 Sonderbauteile aus Mauerwerk	334
7.1.10 Mauerwerk aus Naturstein	336
7.1.11 Mauerwerksverbände	337
7.1.12 Ziegeldecken – Deckensysteme	339
7.1.13 Hausschornsteine	341
<b>7.2 Betonbau, Stahlbetonbau und Spannbetonbau</b>	<b>342</b>
7.2.1 Übersicht und Zuordnung	342

# Inhaltsverzeichnis

7.2.2	Bemessung auf Druck – unbewehrter Beton . . . . .	343	7.9.6	Straßenoberbau und Fahrbahnaufbau	450
7.2.3	Bemessung für Biegung . . . . .	344	7.9.7	Mengenberechnung im Erdbau . . . . .	455
7.2.4	Bemessung für Querkraft . . . . .	346	<b>7.10 Wasserbau und Hydraulik . . . . .</b>	<b>456</b>	
7.2.5	Allgemeine Bewehrungsregeln . . . . .	348	7.10.1	Hydrostatik . . . . .	456
7.2.6	Querschnittstafeln für Balken- und Plattenbewehrung . . . . .	357	7.10.2	Hydrodynamik . . . . .	458
7.2.7	Konstruktionshinweise für Balken und Platten . . . . .	359	7.10.3	Flüssigkeitsbewegung in vollen Rohren . . . . .	458
7.2.8	Bemessen und Bewehren . . . . .	362	7.10.4	Gerinnehydraulik . . . . .	459
7.2.9	Spannbetonbau . . . . .	373	7.10.5	Bemessung von Rohren für Freigefälleleitungen . . . . .	460
<b>7.3 Holzbau . . . . .</b>	<b>374</b>				
7.3.1	Einstufungen im Holzbau . . . . .	374	<b>8 BAUBETRIEB . . . . .</b>	<b>461</b>	
7.3.2	Festigkeitswerte . . . . .	376	<b>8.1 Vermessung und Bauabsteckung . . . . .</b>	<b>462</b>	
7.3.3	Bemessungsregeln . . . . .	377	8.1.1	Vermessungsgeräte . . . . .	462
7.3.4	Querschnittswerte . . . . .	379	8.1.2	Grundlagen . . . . .	463
7.3.5	Versatze . . . . .	380	8.1.3	Lagermessungen . . . . .	464
7.3.6	Zimmermannsmäßige Holzverbindungen . . . . .	381	8.1.4	Zeichen im Vermessungswesen . . . . .	465
7.3.7	Holzkonstruktionen . . . . .	383	8.1.5	Höhenmessungen . . . . .	467
7.3.8	Verbindungsmittel . . . . .	389	8.1.6	Koordinatenberechnungen . . . . .	469
<b>7.4 Dächer/Flachdächer . . . . .</b>	<b>397</b>		8.1.7	Polygonzugberechnung . . . . .	469
7.4.1	Planungsgrundlagen für Dachdeckungen . . . . .	398	8.1.8	Gebäudeabsteckung . . . . .	470
7.4.2	Dachflächenfenster . . . . .	400	8.1.9	Bogenabsteckung . . . . .	471
7.4.3	Dachabdichtungen . . . . .	401	<b>8.2 Kostengliederung, Grundflächen und Rauminhalte . . . . .</b>	<b>473</b>	
7.4.4	Dachrinnen und Regenfallrohre . . . . .	404	8.2.1	Kosten von Hochbauten . . . . .	473
<b>7.5 Stahlbau . . . . .</b>	<b>405</b>		8.2.2	Grundflächen und Rauminhalte . . . . .	476
7.5.1	Rechenverfahren . . . . .	405	8.2.3	Wohnungen und Wohnflächen . . . . .	479
7.5.2	Profiltabellen . . . . .	407	8.2.4	Wohnflächenverordnung . . . . .	480
7.5.3	Schraubenverbindungen . . . . .	408	<b>8.3 Baurecht . . . . .</b>	<b>481</b>	
7.5.4	Schweißverbindungen . . . . .	410	8.3.1	Baugesetzbuch . . . . .	481
7.5.5	Knicken . . . . .	411	8.3.2	Elemente des Baurechts . . . . .	482
<b>7.6 Fertigteilbau . . . . .</b>	<b>412</b>		8.3.3	Landesbauordnungen . . . . .	484
<b>7.7 Rohrleitungsbau . . . . .</b>	<b>414</b>		8.3.4	Baunutzungsverordnung und Planzeichenverordnung . . . . .	484
7.7.1	Versorgung . . . . .	414	8.3.5	Kataster und Grundbuch . . . . .	486
7.7.2	Entsorgung . . . . .	420	8.3.6	Auswahl wichtiger Rechtsbegriffe . . . . .	486
<b>7.8 Geotechnik, Bodenmechanik und Grundbau . . . . .</b>	<b>427</b>		<b>8.4 Baustoffbedarf und Arbeitszeitbedarf . . . . .</b>	<b>487</b>	
7.8.1	Baugrundkundung . . . . .	427	<b>8.5 Kalkulation . . . . .</b>	<b>489</b>	
7.8.2	Bodenklassifikation . . . . .	430	<b>8.6 Bauvertragsrecht . . . . .</b>	<b>492</b>	
7.8.3	Bodenkennwerte . . . . .	434	<b>8.7 Bauplanung . . . . .</b>	<b>497</b>	
7.8.4	Korngrößenverteilung . . . . .	436	<b>8.8 Schalungsbau und Gerüstbau . . . . .</b>	<b>501</b>	
7.8.5	Verdichtungsprüfungen . . . . .	439	8.8.1	Schalungsbau . . . . .	501
7.8.6	Flächengründungen . . . . .	440	8.8.2	Gerüstbau . . . . .	505
7.8.7	Gebäudesicherung, Bodenaushubgrenzen, Unterfangung . . . . .	442	<b>8.9 Baugruben . . . . .</b>	<b>509</b>	
7.8.8	Erddruck . . . . .	443	<b>8.10 Baustellenabsicherung . . . . .</b>	<b>512</b>	
<b>7.9 Straßenbau . . . . .</b>	<b>444</b>		<b>Quellen – Anschriften – Internetadressen . . . . .</b>	<b>514</b>	
7.9.1	Einteilung der Straßen . . . . .	444	<b>Sachwortverzeichnis . . . . .</b>	<b>515</b>	
7.9.2	Linieneinführung . . . . .	445			
7.9.3	Querschnitte . . . . .	446			
7.9.4	Höhenplan . . . . .	448			
7.9.5	Querneigung . . . . .	449			

# 1 MATHEMATIK



<b>1.1 Zeichen, Begriffe und Tafeln</b>	8
■ Zahlenwerte	■ Konstanten
■ Umwandlungstabellen	■ Auf- und Abrunden
■ Winkelfunktionswerte	■ Kreisabschnittswerte
<b>1.2 Rechenarten</b>	14
■ Grundrechenarten	■ Klammerregeln
■ Bruchrechnung	■ Dreisatz
■ Potenzen	■ Wurzeln
■ Zahlemengen	
<b>1.3 Prozentrechnung und Zinsrechnung</b>	19
■ Grundwert	■ Prozentwert
■ Prozentsatz	■ Kapital und Zinsen
<b>1.4 Längen und Winkel</b>	20
■ Längenteilungen	
■ Winkel und Winkeleinteilung	
<b>1.5 Flächen</b>	21
■ Viereck	■ Dreieck
■ Vieleck	■ Kreis
■ Kreisteile	■ Ellipse
<b>1.6 Körper</b>	24
■ Gerade Körper	■ Spitzige Körper
■ Runde Körper	■ Reguläre Polyeder
■ Rampe	
<b>1.7 Geometrie</b>	27
1.7.1 Rechtwinklige Dreiecke	27
1.7.2 Winkelfunktionen	28
1.7.3 Schiefwinklige Dreiecke	29
1.7.4 Steigung	32
1.7.5 Strahlensätze und Ähnlichkeiten	33
<b>1.8 Gleichungen und Ungleichungen</b>	34
■ Äquivalenzumformung	■ Ungleichungen
■ Beträge	■ Lineare Gleichungen
■ Quadratische Gleichungen	
■ Lineare Gleichungssysteme	
<b>1.9 Taschenrechner und DV-Grundlagen</b>	37
■ Grafikfähiger Taschenrechner	38
<b>1.10 Funktionen</b>	40
■ Koordinatensystem	■ Lineare Funktionen
■ Quadratische Funktionen	
■ Polynomfunktionen und Nullstellenberechnung	
■ Trigonometrische Funktionen	
■ Logarithmusfunktionen	■ Exponentialfunktionen
■ Diagramme mit quantitativer Darstellung	
■ Diagramme mit qualitativer Darstellung	
<b>1.11 Differenzialrechnung</b>	44
■ Ableitung einer Funktion	■ Ableitungsregeln
<b>1.12 Integralrechnung</b>	45
■ Integrationsregeln	
■ Integrale elementarer Funktionen	
<b>1.13 Folgen und Reihen</b>	47
<b>1.14 Statistik</b>	48

# 1 MATHEMATIK

## 1.1 Zeichen, Begriffe und Tafeln

Technische und naturwissenschaftliche Zusammenhänge werden meist in ihrer kürzesten Form durch Formeln beschrieben. Basisgrößen, Basiseinheiten und die Vorsätze vor Einheiten werden in der DIN 1301 benannt, allgemeine Formelzeichen werden *kursiv* geschrieben und in DIN 1304 festgesetzt.

1

2

3

4

5

6

7

8

Mathem. Zeichen	Sprechweise	Mathem. Zeichen	Sprechweise	Mathem. Zeichen	Sprechweise
=	gleich	$\Sigma$	Summe von, Summe aller	$L, M, \dots$	Menge $L, M, \dots$
$\neq$	ungleich	$\Pi$	Produkt von, Produkt aller	$x \in M$	$x$ ist Element von $M$
$\stackrel{:=}{=}$	definitionsgemäß gleich	$\sqrt{\phantom{x}}$	Quadratwurzel aus	$x \notin M$	$x$ ist nicht Element von $M$
$\approx$	ungefähr gleich	$\sqrt[n]{\phantom{x}}$	$n$ -te Wurzel aus	$L \subset M$	$L$ ist Teilmenge von $M$
$\dots$	usw., bis	$n!$	$n$ -Fakultät	$L \cup M$	$L$ vereinigt mit $M$
$\triangleq$	entspricht	$\binom{n}{k}$	$n$ über $k$	$L \cap M$	$L$ geschnitten mit $M$
<	kleiner als	$\lim$	Limes von ...	$L \setminus M$	$L$ vermindert um $M$
$\leq$	kleiner oder gleich	$f(x)$	$f$ (Funktion) von $x$	$A \Leftarrow B$	wenn $A$ , dann $B$
>	größer als	$\gamma$	Ypsilon-Strich	$A \Leftrightarrow B$	A genau dann, wenn $B$ nicht, und, oder
$\geq$	größer oder gleich	$\int \dots dx$	Integral über ... $dx$	$\neg, \wedge, \vee$	Strecke
$\gg$	sehr groß gegen	$\Delta x$	Delta-x	$\overline{AB}$	Bogen
$\ll$	sehr klein gegen	$\%$	Prozent	$\vec{AB}, \vec{a}$	Vektor
$\approx$	asymptotisch gleich	$\%$	Promille	$g$	Gerade
$\sim$	proportional	$\pi$	pi (= 3,14159...)	$\hat{x}$	Winkel
$\cong$	kongruent zu	$e$	$e$ (= 2,71828...)	$\angle, \hat{\angle}$	rechter Winkel, gemessen
$\perp$	senkrecht auf	$\infty$	unendlich	$m$	Steigung
$\parallel$	parallel zu	$\mathbb{N}^*$	Menge der natürlichen,	$P, O$	Punkte
$ x $	Betrag von $x$	$\mathbb{Z}, \mathbb{Q}$	ganzen, rationalen und	$x, y, z$	Koordinaten
+	plus	$\mathbb{R}$	reellen Zahlen	$l$	Länge
-	minus	$\{ \dots \}$	Menge der Elemente ...	$A$	Fläche
$\times, \cdot$	mal	$\emptyset, \{\}$	leere Menge	$V$	Volumen
$\cdot, /$	durch, geteilt durch				

### Römische Zahlen

### Deutsches Alphabet

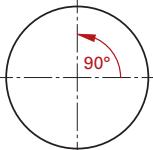
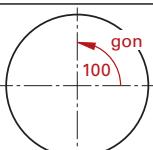
I = 1	XL = 40	Ö ö	ß ß	Ł ł	Ը Ծ	Ը Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ
II = 2	L = 50	A a	B b	C c	D d	E e	F f	G g	H h
III = 3	LX = 60	Ј ј	Ӆ Ӯ	Ӆ Ӯ	Ӆ Ӯ	Ӯ Ӯ	Ӯ Ӯ	Ӯ Ӯ	Ӯ Ӯ
IV = 4	LXX = 70	J j	K k	L l	M m	N n	O o	P p	Q q
V = 5	LXXX = 80	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ
VI = 6	XC = 90	S s	T t	U u	V v	W w	X x	Y y	Z z
VII = 7	C = 100	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ
VIII = 8	CCC = 300	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ
IX = 9	CD = 400	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ
X = 10	D = 500	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ
XI = 11	DCCC = 800	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ
XIV = 14	CM = 900	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ
XIX = 19	XM = 990	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ
XX = 20	IM = 999	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ
XXI = 21	M = 1000	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ	Ծ Ծ

### Große Zahlen

### Griechisches Alphabet

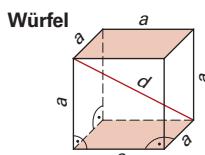
$10^6$ = Million	$A \alpha$ Alpha	$B \beta$ Beta	$\Gamma \gamma$ Gamma	$\Delta \delta$ Delta	$E \varepsilon$ Epsilon	$Z \zeta$ Zeta	$H \eta$ Eta	$\Theta \vartheta$ Theta
$10^9$ = Milliarde	$\Omega \omega$ Omega	$\Psi \psi$ Psi	$\Xi \xi$ Xi	$O \circ$ Omicron	$\Pi \pi$ Pi			
$10^{12}$ = Billion	$I \iota$ Iota	$K \kappa$ Kappa	$\Lambda \lambda$ Lambda	$M \mu$ My	$N \nu$ Ny	$\Xi \xi$ Xi	$O \circ$ Omicron	$\Pi \pi$ Pi
$10^{18}$ = Trillion	$P \rho$ Rho	$Z \varsigma$ Sigma	$T \tau$ Tau	$\Upsilon \upsilon$ Ypsilon	$\Phi \varphi$ Phi	$X \chi$ Chi	$\Psi \psi$ Psi	$\Omega \omega$ Omega
$10^{24}$ = Quadrillion								
$10^{30}$ = Quintillion								
$10^{36}$ = Sextillion								

# 1.1 Zeichen, Begriffe und Tafeln

Umwandlungstabellen				
Längeneinheiten		$1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$		
$\Rightarrow$	$\times 10$	$\times 10$	$\times 10$	
1 m	10 dm	100 cm	1000 mm	
0,1 m	1 dm	10 cm	100 mm	
0,01 m	0,1 dm	1 cm	10 mm	
0,001 m	0,01 dm	0,1 cm	1 mm	
	: 10	: 10	: 10	$\Leftarrow$
Flächeneinheiten		$1 \text{ km}^2 = 1000000 \text{ m}^2$		
$\Rightarrow$	$\times 100$	$\times 100$	$\times 100$	
1 $\text{m}^2$	100 $\text{dm}^2$	10000 $\text{cm}^2$	1000000 $\text{mm}^2$	
0,01 $\text{m}^2$	1 $\text{dm}^2$	100 $\text{cm}^2$	10000 $\text{mm}^2$	
0,0001 $\text{m}^2$	0,01 $\text{dm}^2$	1 $\text{cm}^2$	100 $\text{mm}^2$	
0,000001 $\text{m}^2$	0,0001 $\text{dm}^2$	0,01 $\text{cm}^2$	1 $\text{mm}^2$	
	: 100	: 100	: 100	$\Leftarrow$
Volumeneinheiten		$1 \text{ km}^3 = 1000000000 \text{ m}^3$		
$\Rightarrow$	$\times 1000$	$\times 1000$	$\times 1000$	
1 $\text{m}^3$	1000 $\text{dm}^3$	1000000 $\text{cm}^3$	1000000000 $\text{mm}^3$	
0,001 $\text{m}^3$	1 $\text{dm}^3$	1000 $\text{cm}^3$	1000000 $\text{mm}^3$	
0,000001 $\text{m}^3$	0,001 $\text{dm}^3$	1 $\text{cm}^3$	1000 $\text{mm}^3$	
0,000000001 $\text{m}^3$	0,000001 $\text{dm}^3$	0,001 $\text{cm}^3$	1 $\text{mm}^3$	
	: 1000	: 1000	: 1000	$\Leftarrow$
Zeiteinheiten				
(Jahr)	1 a = 365 d	(Tag)	1 d = 24 h	
(Monat)	1 m = (1/12) a	(Stunde)	1 h = 60'	
		(Minute)	1' = 60"	
		(Sekunde)	1" = (1/60)'	
Umrechnung WinkelEinheiten				
$180^\circ \triangleq 200\text{gon}$				
<b>Grad</b> ( $^\circ$ ; auch Altgrad, Taschenrechneranzeige: DEG von englisch Degree) Vollkreis = $4 \times 90^\circ = 360^\circ$ Unterteilungen: $1^\circ = 60'$ (Minuten, Winkel-Minuten) $1' = 60''$ (Sekunden, Winkel-Sekunden)				
 Umrechnungen: $1,4^\circ = 1^\circ + 0,4^\circ \cdot \frac{60'}{1^\circ} = 1^\circ + 24' = 1^\circ 24'$ $1^\circ 24' = 1^\circ + 24' \cdot \frac{1'}{60''} = 1^\circ + 0,4'' = 1,4''$				
<b>Gon</b> ( $\text{gon}$ ; auch Neugrad, Taschenrechneranzeige: GRAD) <span style="float: right;">► S. 37</span> Vollkreis = $4 \times 100\text{gon} = 400\text{gon}$ Umrechnungen: $1\text{gon} = \frac{360^\circ}{400\text{gon}} \cdot 1\text{gon} = 0,9^\circ$ $1,4\text{gon} = 1,4\text{gon} \cdot 90/10\text{gon} = 1,26^\circ$ <span style="float: right;">1,26° = 1,26 · 10gon/9° = 1,4gon</span>				
 <b>Radian</b> oder Bogenmaß (rad, Taschenrechneranzeige: RAD) <span style="float: right;">► S. 37</span> Definition $\alpha = \frac{\hat{b}}{r}$ Vollkreis $\alpha = 2\pi = 6,28 \dots$ Umrechnungen: $1 \text{ rad} = 180^\circ/\pi = 57,296^\circ$ $1^\circ = \pi/180^\circ = 0,0175 \text{ rad}$ $1\text{gon} = \pi/200\text{gon} = 0,0157 \text{ rad}$				
<b>Besondere Längeneinheiten</b>		<b>Besondere Flächeneinheiten</b>		<b>Besondere Volumeneinheiten</b>
1 Zoll ("") = 2,54 cm	1 $\text{km}^2$ = 100 ha	1 hl = 100 l		
1 inch = 1 Zoll	1 ha = 100 a	1 barrel = 1,59 hl		
1 mile = 1609 m	1 a = 100 $\text{m}^2$	1 gallone = 4,546 l		
1 mil = 0,0245 mm	1 Morgen = 25 a	1 l = 1 dm <sup>3</sup>		
1 ft = 0,3048 m (foot)	1 sq in = 6,452 $\text{cm}^2$	1 cu in = 16,39 $\text{cm}^3$ (cubic inch)		
1 yd = 0,9144 m (yard)	1 sq ft = 0,0929 $\text{m}^2$			

**1.6 Körper**

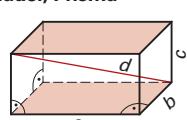
1



**Würfel**  
 $a$  Grundfläche  
 $V$  Volumen  
 $O$  Oberfläche  
 $a$  Seitenlänge  
 $d$  Raumdiagonale

$$\begin{aligned} A &= a^2 \\ V &= A \cdot a \\ V &= a^3 \\ O &= 6 \cdot a^2 \\ d &= \sqrt{3} \cdot a \\ d &\approx 1,732 \cdot a \end{aligned}$$

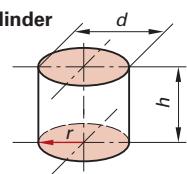
2



**Quader, Prisma**  
 $A$  Grundfläche  
 $V$  Volumen  
 $O$  Oberfläche  
 $a, b, c$  Seitenlängen  
 $d$  Raumdiagonale

$$\begin{aligned} A &= a \cdot b \\ V &= A \cdot c \\ V &= a \cdot b \cdot c \\ O &= 2 \cdot (a \cdot b + b \cdot c + c \cdot a) \\ d &= \sqrt{a^2 + b^2 + c^2} \end{aligned}$$

3

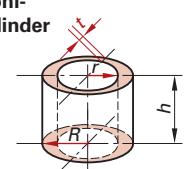


**Zylinder**  
 $A$  Grundfläche  
 $V$  Volumen  
 $M$  Mantelfläche  
 $O$  Oberfläche  
 $r$  Radius  
 $d$  Durchmesser  
 $h$  Höhe

**Viereder Körper = Grundfläche × Höhe**

$$\begin{aligned} A &= \pi \cdot r^2 \\ V &= A \cdot h \\ V &= \pi \cdot r^2 \cdot h \\ M &= 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h \\ O &= 2 \cdot \pi \cdot r \cdot (r+h) \\ d &= 2 \cdot r \end{aligned}$$

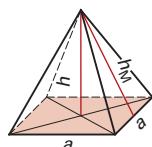
4



**Hohlzylinder**  
 $A$  Grundfläche  
 $V$  Volumen  
 $O$  Oberfläche  
 $R$  Außenradius  
 $r$  Innenradius  
 $t$  Wanddicke  
 $h$  Höhe

$$\begin{aligned} A &= \pi \cdot (R^2 - r^2) \\ V &= A \cdot h \\ V &= \pi \cdot h \cdot (R^2 - r^2) \\ V &= \pi \cdot h \cdot t \cdot (R+r) \\ t &= R-r \\ O &= 2 \cdot \pi \cdot h \cdot (R+r) + 2 \cdot \pi \cdot (R^2 - r^2) \\ O &= 2 \cdot \pi \cdot (R+r) \cdot (h+t) \end{aligned}$$

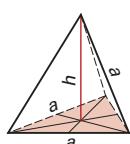
5



**Pyramide**  
 $V$  Volumen  
 $A$  Grundfläche  
 $U$  Grundumfang  
 $h_M$  Mantelhöhe  
 $O$  Oberfläche  
 $M$  Mantelfläche  
 $h$  Höhe  
 $a$  Seitenlänge

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{3} \cdot A \cdot h \\ M &= \frac{1}{2} \cdot U \cdot h_M \\ A &= a^2 \\ O &= M + A \\ U &= 4 \cdot a \end{aligned}$$

6

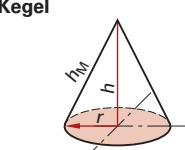


**Tetraeder**  
 $V$  Volumen  
 $A$  Grundfläche  
 $a$  Seitenlänge  
 $h$  Höhe  
 $M$  Mantelfläche  
 $O$  Oberfläche

**Spitzer Körper =  $\frac{1}{3}$  Grundfläche × Höhe**

$$\begin{aligned} V &= \frac{\sqrt{2}}{12} \cdot a^3 \approx 0,118 \cdot a^3 \\ O &= \sqrt{3} \cdot a^2 \approx 1,732 \cdot a^2 \\ M &= \frac{3}{4} \cdot O \approx 1,299 \cdot a^2 \\ A &= \frac{1}{4} \cdot O \approx 0,433 \cdot a^2 \\ h &= \frac{\sqrt{6}}{3} \cdot a \approx 0,816 \cdot a \end{aligned}$$

7

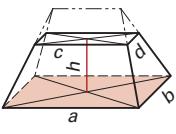
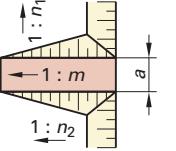
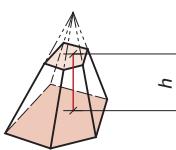
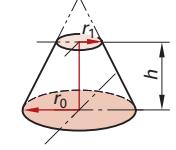
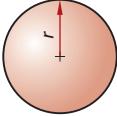
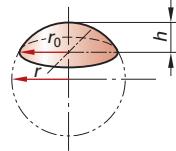
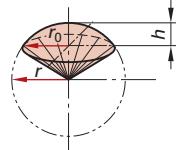


**Kegel**  
 $V$  Volumen  
 $A$  Grundfläche  
 $r$  Radius  
 $h$  Höhe  
 $h_M$  Mantelhöhe  
 $M$  Mantelfläche  
 $O$  Oberfläche

$$\begin{aligned} A &= \pi \cdot r^2 \\ V &= \frac{1}{3} \cdot A \cdot h = \frac{\pi}{3} \cdot r^2 \cdot h \\ M &= \pi \cdot r \cdot h_M \\ O &= \pi \cdot r \cdot (h_M + r) \\ h_M &= \sqrt{r^2 + h^2} \\ h &= \sqrt{h_M^2 - r^2} \end{aligned}$$

8

## 1.6 Körper

<b>Prismatoid und Keil (d = 0) (Obelisk)</b>  <p><math>V</math> Volumen  <math>a, b</math> Seitenlängen der Grundfläche  <math>c, d</math> Seitenlängen der Deckfläche  <math>h</math> Höhe  <math>A_0</math> Grundfläche  <math>A_1</math> Deckfläche</p>	$V = \frac{h}{6} \cdot [a \cdot b + c \cdot d + (a+c) \cdot (b+d)]$ $A_0 = a \cdot b$ $A_1 = c \cdot d$ <b>Sonderfall Keil/Walmdach:</b> $d = 0$ $V = \frac{1}{6} \cdot h \cdot b \cdot (2 \cdot a + c)$	1
<b>Rampe</b>  <p><math>1 : m</math> Steigung der Rampe  <math>1 : n_1</math> Steigung der Böschung</p>	$V = \frac{h^2}{6} \cdot \left(3 \cdot a + 2 \cdot n_1 \cdot h \cdot \frac{m-n_2}{m}\right) \cdot (m-n_2)$ für $n_2 = 0$ (z.B. lotrechte Wand) $V = \frac{h^2}{6} \cdot (3 \cdot a + 2 \cdot n_1 \cdot h) \cdot m$	2
<b>Pyramidenstumpf</b>  <p><math>V</math> Volumen  <math>A_0</math> Grundfläche  <math>A_1</math> Deckfläche  <math>h</math> Höhe  <math>A_m</math> ist der zur Grundfläche parallele Querschnitt in halber Höhe</p>	$V = \frac{h}{3} \cdot (A_0 + A_1 + \sqrt{A_0 \cdot A_1})$ $V \approx \frac{h}{2} \cdot (A_0 + A_1)$ $A_m = \frac{1}{4} \cdot (A_0 + A_1 + 2 \cdot \sqrt{A_0 \cdot A_1})$ $V = \frac{h}{6} \cdot (A_0 + A_1 + 4 \cdot A_m)$	3
<b>Kegelstumpf</b>  <p><math>V</math> Volumen  <math>r_0</math> Radius der Grundfläche  <math>r_1</math> Radius der Deckfläche  <math>h</math> Höhe  <math>h_M</math> Mantelhöhe  <math>M</math> Mantelfläche  <math>O</math> Oberfläche</p>	$V = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h \cdot (r_0^2 + r_0 \cdot r_1 + r_1^2)$ $h_M = \sqrt{(r_0 - r_1)^2 + h^2}$ $M = \pi \cdot h_M \cdot (r_0 + r_1)$ $O = \pi \cdot (r_0^2 + r_1^2 + h_M \cdot r_0 + h_M \cdot r_1)$ Mantelfläche = Oberfläche – Deckfläche – Grundfläche	4
<b>Kugel</b>  <p><math>V</math> Volumen  <math>O</math> Oberfläche  <math>r</math> Radius  <math>d</math> Durchmesser</p>	$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$ $V \approx 4,189 \cdot r^3$ $O = 4 \cdot \pi \cdot r^2$ $d = 2 \cdot r$ $d = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot V}{\pi}}$	5
<b>Kugelabschnitt</b>  <p><math>V</math> Volumen  <math>M</math> Mantelfläche (Kugelkappe)  <math>O</math> Oberfläche  <math>h</math> Höhe  <math>r</math> Kugelradius  <math>r_0</math> Radius der Grundfläche</p>	$V = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h^2 \cdot (3 \cdot r - h)$ $M = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h$ $O = \pi \cdot (h^2 + 2 \cdot r_0^2)$ $O = \pi \cdot (4 \cdot r \cdot h - h^2)$ $r_0 = \sqrt{h \cdot (2 \cdot r - h)}$	6
<b>Kugelausschnitt</b>  <p><math>V</math> Volumen  <math>O</math> Oberfläche  <math>h</math> Höhe  <math>r</math> Kugelradius  <math>r_0</math> Ausschnittradius</p>	$V = \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot r^2 \cdot h$ $O = \pi \cdot r \cdot (2 \cdot h + r_0)$ $r_0 = \sqrt{h \cdot (2 \cdot r - h)}$	7

## 4.9 Treppen

### Grundlagen

► S. 101, 369

Bequemlichkeit und Sicherheit beim Begehen einer Treppe sind vom Steigungsverhältnis (dem Verhältnis von Auftrittsbreite  $a$  zur Steigungshöhe  $s$ ) und der Treppenneigung abhängig. Dem Steigungsverhältnis ist eine durchschnittliche Schrittänge von 63 cm zugrunde gelegt. Anzahl der Steigungen  $n$  und Steigungshöhe  $s$  richten sich nach dem zu überwindenden Höhenunterschied. Als Orientierung für die Planungsmaße sollten die gewählten Abmessungen in allen Fällen der Schrittmaßformel und der Gehsicherheitsformel entsprechen. Gebäudetreppen sind nach DIN 18065: 2015-03 auszuführen.

#### Schrittmaßformel (DIN 18065)

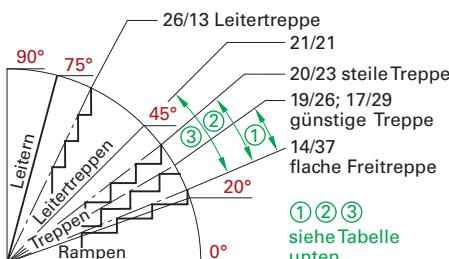
$$\begin{aligned} 2 \text{ Steigungen} + 1 \text{ Auftritt} &= 59 \text{ cm bis } 65 \text{ cm} \\ 2s + a &= 63 \text{ cm (üblich)} \end{aligned}$$

#### Gehsicherheitsformel (Empfehlung)

$$\begin{aligned} \text{Auftrittsbreite} + \text{Steigung} &= 46 \text{ cm } (\pm 1 \text{ cm}) \\ a + s &= 46 \text{ cm (üblich)} \end{aligned}$$

#### Bequemlichkeitsregel (Empfehlung)

$$\begin{aligned} \text{Auftrittsbreite} - \text{Steigung} &= 12 \text{ cm} \\ a - s &= 12 \text{ cm} \end{aligned}$$

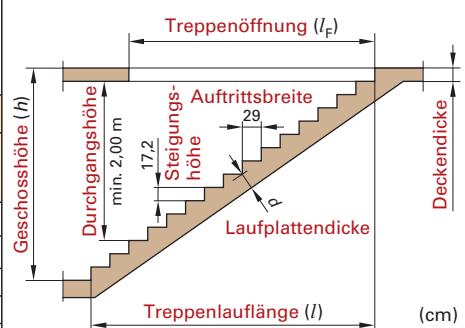
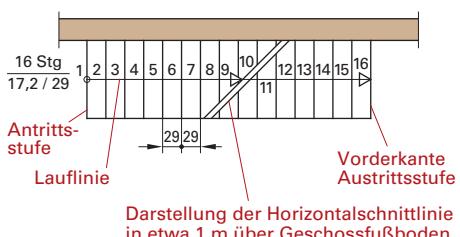


$$\text{Steigungsverhältnis} = \frac{\text{Steigungshöhe}}{\text{Auftrittsbreite}}$$

$$\text{Anzahl der Steigungen } n = \frac{\text{Geschosshöhe}}{\text{Steigungshöhe}}$$

$$\text{Anzahl der Aufritte} = \text{Anzahl der Steigungen} - 1$$

$$\text{Lauflänge} = \text{Anzahl der Aufritte} \times \text{Auftrittsbreite}$$



#### Richtwerte für Wohnhaustreppen

Geschosshöhe ( $h$ )	Steigungsanzahl ( $n$ )	Steigungshöhe ( $s$ ) cm	Auftrittsanzahl ( $n-1$ )	Auftrittsbreite ( $a$ ) cm	Lauflänge ( $l$ ) m
2,25 m Kellertreppen	12	18,7	11	25	2,75
	13	17,3	12	26	3,12
2,75 m	14	19,6	13	23,9	3,11
	15	18,3	14	26,5	3,71
	16	17,2	15	28,8	4,32

#### Maßliche Anforderungen (DIN 18065) (Fertigmaße im Endzustand)

Maße in cm

Gebäudeart	Treppenart	min. nutzbare Laufbreite	Steigung $s$ min.	Steigung $s$ max.	Auftritt $a$ min.	Auftritt $a$ max.
Grenzmaße für Gebäude und Wohngebäude im Allgemeinen	baurechtlich notwendige Treppen	100	14	19	26	37
	baurechtlich nicht notwendige (zusätzliche) Treppen	50	14	21	21	37
Grenzmaße für Wohngebäude bis 2 Wohnungen und innerhalb von Wohnungen	baurechtlich notwendige Treppen	80	14	20	23	37
	baurechtlich nicht notwendige (zusätzliche) Treppen	50	14	21	21	37

Durch die Toleranzen dürfen die angegebenen Minimal- und Maximalmaße nicht unterschritten und/oder überschritten werden. Bei notwendigen Treppen ist sicherzustellen, dass die Maße im fertigen Zustand den Transport von Personen durch den Rettungsdienst erlauben.

## 4.9 Treppen

Treppen – Vereinfachte Darstellung (DIN 1356: 1995-02)			
einläufige Treppen	Treppenlauf gerade einläufige Treppe Draufsicht	oberstes Geschoss	
	Treppenlauf horizontal geschnitten mit darunter- liegendem Lauf		
	Treppenlauf horizontal geschnitten mit Darstellung oberhalb der Schnittebene		
zweiläufige Treppen	Treppenlauf zweiläufig gegenläufige Treppe mit Zwischenpodest	dreiläufige Treppe	
	Treppenlauf horizontal geschnitten mit darunter- liegendem Lauf		
gewendelte Treppe	Treppenlauf horizontal geschnitten mit Darstellung oberhalb der Schnittebene	Rampen	
	Treppenlauf horizontal geschnitten mit Darstellung oberhalb der Schnittebene		

## 4.9 Treppen

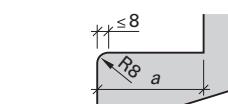
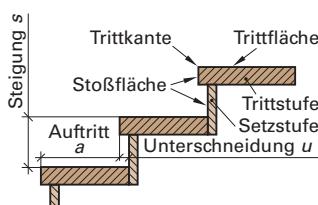
### Berechnung gerader Treppen

#### Geschosshöhe =

Lichte Geschosshöhe  
+ Dicke der Decke  
+ Fußbodenaufbau EG  
– Fußbodenaufbau UG

Die Zahl der Aufritte ist um 1 kleiner als die Zahl der Steigungen. Das optimale **Steigungsverhältnis** ergibt bei einer Steigung von 17 cm und einem Auftritt von 29 cm einen Steigungswinkel von 30°.

#### Bezeichnung an Stufen

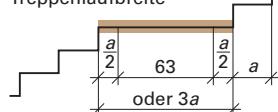


Der Auftritt wird gemessen von der Vorderkante einer Stufe zur Vorderkante der nachfolgenden Stufe, bis zu einer Tiefe des Kantenprofils von maximal 8 mm (R 8). Ansonsten wird der Auftritt bis zur Profiltiefe gemessen.

**Podestflächen:** Am An- bzw. Austritt von Treppenläufen sowie bei längeren Treppenläufen nach mehr als 18 Steigungen erforderlich.

$$\text{Podestlänge} = (a + 2s) + a$$

7 Podestlänge = mindestens Treppenlaufbreite



8 Die lichte **Treppendurchgangshöhe** muss mindestens **200 cm** betragen.

#### Schrittmaßformel 2 s + a = 63 mm

Geschoss- höhe in cm	Anzahl der Steigun- gen	Steigun- gung s cm	Anzahl der Auftritte	Auftritts- breite a cm	Treppenlauf- Grund- maß cm	Grundmaß- bereich cm
272	14	19,43	13	24,14	314	288 ... 342
	15	18,13	14	26,73	374	343 ... 403
	16	17,00	15	29,00	435	404 ... 465
273	14	19,50	13	24,00	312	286 ... 341
	15	18,20	14	26,60	372	342 ... 401
	16	17,06	15	28,88	433	402 ... 463
275	14	19,64	13	23,72	308	284 ... 339
	15	18,33	14	26,34	369	340 ... 399
	16	17,19	15	28,62	429	400 ... 461
279	15	18,60	14	25,80	361	333 ... 390
	16	17,44	15	28,13	422	391 ... 451
	17	16,41	16	30,18	483	452 ... 515
280	15	18,67	14	25,67	359	331 ... 388
	16	17,50	15	28,00	420	389 ... 449
	17	16,47	16	30,06	481	450 ... 513
281	15	18,73	14	25,53	357	329 ... 386
	16	17,56	15	27,88	418	387 ... 447
	17	16,53	16	29,94	479	448 ... 511
290	15	19,33	14	24,33	341	313 ... 369
	16	18,13	15	26,75	401	370 ... 430
	17	17,06	16	28,88	462	431 ... 494
291	15	19,40	14	24,20	339	311 ... 368
	16	18,19	15	26,63	399	369 ... 428
	17	17,12	16	28,76	460	429 ... 492
292	15	19,47	14	24,07	337	309 ... 366
	16	18,25	15	26,50	398	367 ... 426
	17	17,18	16	28,65	458	427 ... 490
293	15	19,53	14	23,93	335	307 ... 364
	16	18,31	15	26,38	396	365 ... 425
	17	17,24	16	28,53	456	426 ... 488
300	16	18,75	15	25,50	338	353 ... 411
	17	17,65	16	27,71	443	412 ... 472
	18	16,67	17	29,67	504	473 ... 538
301	16	18,81	15	25,38	381	351 ... 410
	17	17,71	16	27,59	441	411 ... 471
	18	16,72	17	29,56	502	472 ... 536
302	16	18,88	15	25,25	379	349 ... 408
	17	17,76	16	27,47	440	409 ... 469
	18	16,78	17	29,44	501	470 ... 535
305	16	19,06	15	24,88	373	343 ... 402
	17	17,94	16	27,12	434	403 ... 463
	18	16,94	17	29,11	495	464 ... 529
306	16	19,13	15	24,75	371	341 ... 400
	17	18,00	16	27,00	432	401 ... 461
	18	17,00	17	29,00	493	462 ... 527
307	16	19,19	15	24,63	396	339 ... 398
	17	18,06	16	26,88	430	399 ... 459
	18	17,06	17	28,89	491	460 ... 525

### Verziehen von Treppen

Funktionalität und Bauweise eines Gebäudes fordern oft eine Abweichung von geradlinig verlaufenden Treppen. Auf alle von der Grundform (einläufig gerade Treppe) abweichenden Planungen sind ebenfalls die genannten Richtwerte und Planungsgrößen anzuwenden.

DIN 18065 legt die **Toleranzen** für  $s$  und  $a$  mit maximal  $\pm 0,5$  cm fest. Bei gewendelten Treppen darf davon abgewichen werden.

Wird es erforderlich, eine Treppe durch Verziehen der Stufen zu wendeln, ergibt sich eine kreisbogenförmige Krümmung der Lauflinie. Die Auftrittsbreite erfährt weder im geraden Teilbereich der Lauflinie noch im gekrümmten eine Reduzierung. Keilförmige Auftritte ergeben sich im gewendelten Treppenbereich durch unterschiedliche Abmessungen an Innen- und Außenwange.

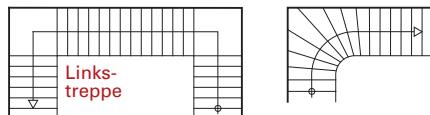
Die Stufen sind so zu verziehen, dass ein gleichförmiger Übergang entsteht. Um symmetrische Anordnung zu erzielen, sollte die Anzahl der zu verziehenden Stufen ungerade sein. Bei **viertelgewendelten Treppen** sind i.d.R. 7 Stufen, bei **halbgewendelten Treppen** 13 Stufen zu verziehen. Je größer die Anzahl der verzogenen Stufen, desto sicherer wird die Benutzung der Treppe.

DIN 18065 legt die **Anforderungen** fest:

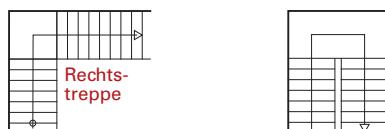
- In Wohngebäuden mit bis zu zwei Wohnungen müssen Wendelstufen an der schmalsten Stelle der Innenwange einen Auftritt von  $a' \geq 50$  mm, in allen übrigen Gebäuden einen Auftritt von  $a' \geq 100$  mm aufweisen.
- Gemessen wird das Sehnenmaß, unabhängig ob Bogen- oder Winkelausführung vorliegt.
- Im geraden Teil eines gewendelten Treppenlaufes dürfen höchstens bis zu einer Länge von 3,5 Auftritten verzogene Stufen angeordnet werden.

#### Arbeitsschritte (zeichnerisches Verziehen)

- Umrisse der Treppe, Lauflinie, Treppenachse und Eckstufe einzeichnen
- Von der Eckstufe aus nach links und rechts die Auftrittsbreiten auf der Lauflinie antragen und nummerieren
- Vorder- und Hinterkante der Eckstufe verlängern ergibt den Punkt A auf der Treppenachse.
- Erste und letzte gerade Steigungslinie (2 und 11) festlegen und verlängern ergibt Punkt F.
- Strecke AF im Verhältnis  $1 : 2 : 3 : 4 \dots$  teilen ► S. 133 beim Verziehen von 9 Stufen mit 10 dazugehörigen Steigungslinien; **Anzahl der Teile** entspricht der Anzahl verzogener Steigungslinien, plus erste und letzte gerade Steigungslinie der Draufsicht.



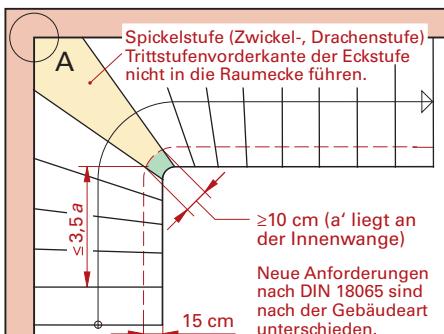
dreiläufige abgewinkelte Treppe mit Zwischenpodesten    einläufige viertel-gewendelte Treppe



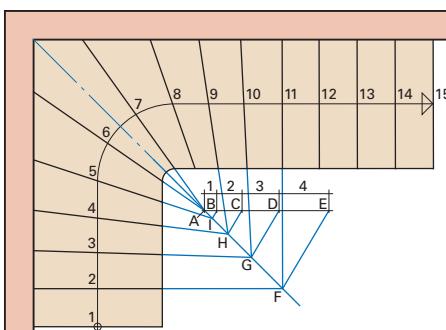
zweiläufige gewinkelte bzw. gegenläufige Treppe mit Zwischenpodest (links Viertelpodium, rechts Halbpodium)



einläufige halbge-wendelte Treppe    Wendeltreppe (volle Wendelung, Spindeltreppe)



In der Praxis bewährte Konstruktion: Einläufige viertel-gewendelte Treppe mit 15 Steigungen und 14 Auftritten



Konstruktives Verziehen einer einläufigen viertelgewendelten Treppe nach der Verhältnismethode

4

5

6

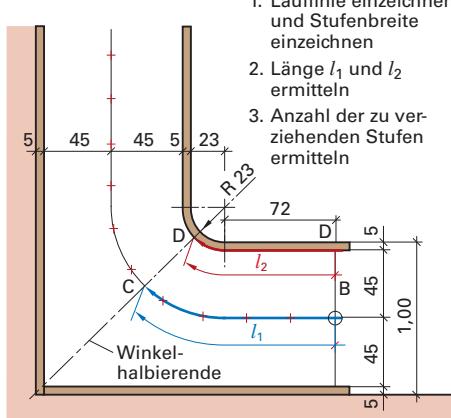
7

8

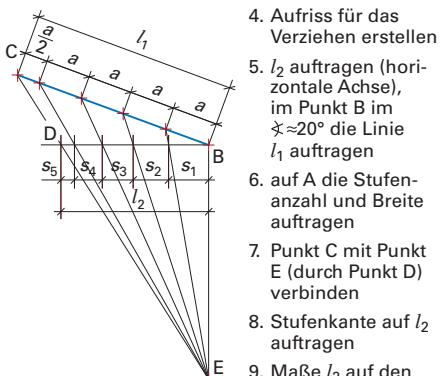
## 4.9 Treppen

### Verziehen von Treppen

#### Trittstufenverziehen nach der Winkelmethode



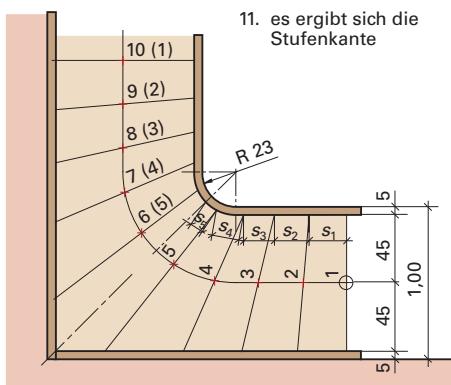
4



5

4. Aufriss für das Verziehen erstellen
5.  $l_2$  auftragen (horizontale Achse), im Punkt B im  $\approx 20^\circ$  die Linie  $l_1$  auftragen
6. auf A die Stufenanzahl und Breite auftragen
7. Punkt C mit Punkt E (durch Punkt D) verbinden
8. Stufenkante auf  $l_2$  auftragen
9. Maße  $l_2$  auf den Auftriss übertragen
10. Maße  $l_2$  mit den Punkten auf der Lauflinie (Maße von  $l_1$ ) verbinden
11. es ergibt sich die Stufenkante

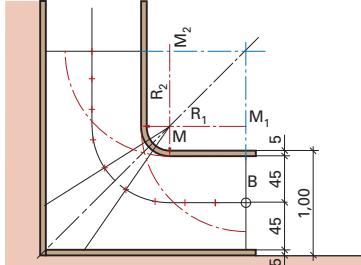
6



7

8

#### Trittstufenverziehen nach der Kreismethode



1. wie bei der Winkelmethode 1 ... 4 ► vgl. links
2. die Schnittpunkte  $M_1$  und  $M_2$  markieren (Verlängerung der ersten und letzten geraden Stufe)
3. von den Punkten  $M_1$  und  $M_2$  je einen Viertelkreis schlagen
4. die Sprickelschnittpunkte am Krümmung werden auf die Bögen gelotet (Ende des Viertelkreises)
5. Bogenteillängen durch die Anzahl der Stufen teilen und einzeichnen
6. die Punkte winklig zur Wangenninnenseite loten
7. diese Punkte mit den Punkten auf der Lauflinie verbinden und nach außen verlängern
8. es ergibt sich die Stufenkante

#### Rechnerische Verziehung

- y Faktor, der die Art der Wendelung angibt:  
 bei viertelgewendelten Treppen 1  
 bei halbgewendelten Treppen 2  
 bei dreiviertelgewendelten Treppen 3  
 bei voll gewendelten Treppen 4
- b Abstand der Lauflinie von der Innenkante der Freiwange oder der 15-cm-Hilfslinie
- a Auftrittsbreite einer nicht verzogenen Stufe  
 a' schmalste Auftrittsbreite in cm
- m Anzahl der zu verziehenden Stufen

#### Schmalste Auftrittsbreite a'

$$a' = a - \frac{y \cdot b \cdot \pi}{m+1} \quad (\text{Maße in cm})$$

## 4.9 Treppen

### Beispiel für die Berechnung gewendelter Treppen

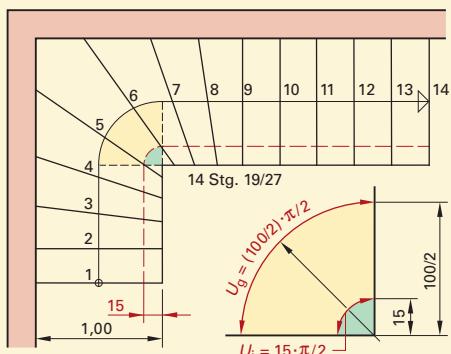
Eine viertelgewendelte Treppe in einem Einfamilienhaus mit 14 Steigungen wird als Winkeltreppe ausgeführt. Es sind die Stufen 2 bis 8 zu verziehen. Die auszugleichende Differenz zwischen der Laufliniellänge und der Innenwangenlänge entspricht der Differenz der Viertelkreise von Lauflinie und Innenwange:

$$\Delta l = \frac{\pi \cdot 2 \cdot r_g}{4} - \frac{\pi \cdot 2 \cdot r_i}{4} = \frac{\pi}{2} (r_g - r_i)$$

$$\Delta l = \frac{\pi}{2} (50 \text{ cm} - 15 \text{ cm}) = 55 \text{ cm}$$

$$\frac{\Delta l}{16} = 3,44 \text{ cm}$$

Stufe	Verjüngung um einzeln	zusammen
5	4 Teile	4 Teile
4 und 6	je 3 Teile	6 Teile
3 und 7	je 2 Teile	4 Teile
2 und 8	je 1 Teil	2 Teile
7 Stufen verzogen		<b>16 Teile</b>



Die Stufe 5 wird um  $4 \cdot 3,44 \text{ cm}$  von 27 cm auf **13,2 cm** Randbreite verkürzt; die anderen Stufen entsprechend weniger verzogen (vgl. Formel ► S. 158).

$$a' = 27,0 \text{ cm} - \frac{1 \cdot 50,0 \text{ cm} \cdot \pi}{7 + 1} = 7,4 \text{ cm}$$

Konstruktion nach DIN zulässig.

### Treppen-Lichtraumprofil, Maße und Benennung (DIN 18065)

#### Gehbereiche, Lauflinie

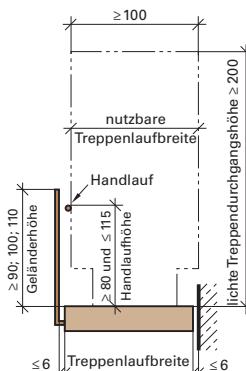
Die lichte Treppendurchgangshöhe richtet sich nach der Landesbauordnung bzw. der DIN.

Bei nutzbaren Laufbreiten bis 100 cm hat der Gehbereich eine Breite von 2/10 der Laufbreite und liegt im Mittelbereich der Treppen. Krümmungsradien der Begrenzungslinien des Gehbereiches müssen mindestens 30 cm betragen.

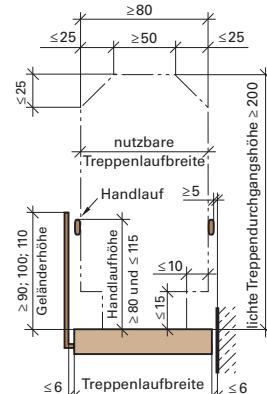
Bei Laufbreiten über 100 cm (außer Spindeltreppen) beträgt die Breite des Gehbereiches 20 cm. Der Abstand des Gehbereiches von der inneren Begrenzung der Laufbreite beträgt 40 cm. Der Auftritt ist in der Lauflinie zu messen. Im Krümmungsbereich der Lauflinie ist der Auftritt gleich der Sehne, die sich durch die Schnittpunkte der gekrümmten Lauflinie mit den Stufenvorderkanten ergibt.

Die Lauflinie kann vom Planer bei Treppen mit gewendelten Läufen frei innerhalb des Gehbereiches gewählt werden. Sie ist stetig und hat keine Knickpunkte. Ihre Richtung entspricht der Laufrichtung der Treppe. Krümmungsradien der Lauflinie müssen mindestens 30 cm betragen. Nach höchstens 18 Stufen soll ein Zwischenpodest eingeplant werden.

#### Treppen-Lichtraumprofil



① Gebäude allgemein



② Wohngebäude bis zu 2 Wohnungen und innerhalb von Wohnungen

#### Nutzbare Treppenlaufbreite (Gebäude allgemein)

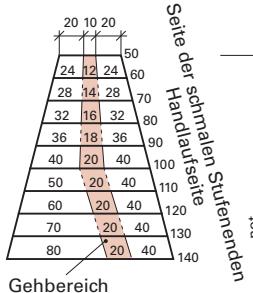


Diagramm des Gehbereichs für gewendelte Treppen

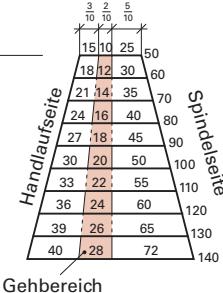
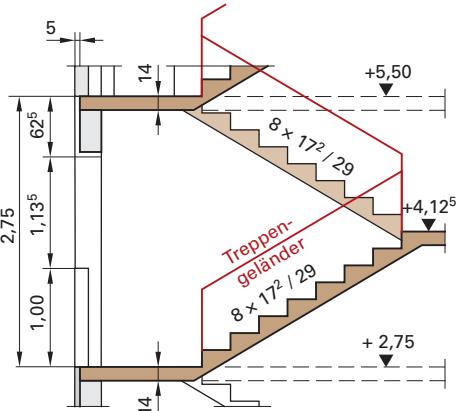
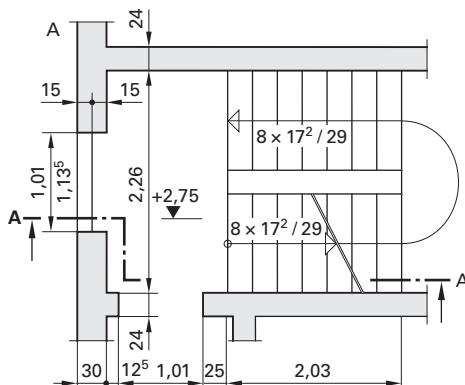


Diagramm des Gehbereichs für Spindeltreppen

## 4.9 Treppen

### Beispiel Treppenhaus



### 4 Treppengeländer und Treppenhandläufe (DIN 18065 und LBO)

**4 Treppengeländer** sind als Abschluss freier Treppen vorgeschrieben und bestehen aus **Handlauf** und **Geländerfüllung**. Die lotrechte Höhe des Handlaufes muss mindestens 90 cm betragen, gemessen von der vorderen Kante der Trittstufe. Senkrechte Geländerfüllungen dürfen einen lichten Abstand von 12 cm nicht überschreiten. In Treppenneigung verlaufende Geländerfüllungen dürfen untereinander einen maximalen Abstand von 12 cm nicht überschreiten.

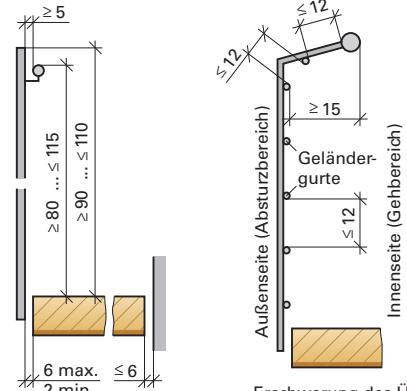
Ein Treppengeländer mit  $H > 115$  cm benötigt einen gesonderten, tieferliegenden Handlauf.

#### 5 Handlaufunterbrechungen bei gewendeten Treppen

weiterführender Handlauf ①; mindestens auf gleicher Höhe mit ankommendem Handlauf ②; generell sollen Handläufe durchgehend ausgeführt werden.



#### 6 Maßliche Anforderungen



Gebäudearten		Absturzhöhe	Treppengeländerhöhe $H$
--------------	--	-------------	-------------------------

Gebäude allgemein	Gebäude, die nicht der Arbeitsstättenverordnung unterliegen	$\leq 12$ m	$\geq 90$ cm <sup>1)</sup>
	Arbeitsstätten	$\leq 12$ m	$\geq 100$ cm <sup>2)</sup>
	für alle Gebäudearten	$> 12$ m	$\geq 110$ cm

Wohngebäude mit bis zu 2 Wohnungen und innerhalb von Wohnungen	$\leq 12$ m	$\geq 90$ cm
	$> 12$ m <sup>3)</sup>	$\geq 110$ cm <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> nach Bauordnungsrecht

<sup>2)</sup> nach Arbeitsstättenrecht (ASR A1.8)

<sup>3)</sup> bei Treppenaußenbreite < 20 cm gelten die Anforderungen nach dem Bauordnungsrecht

Alle Treppen mit mehr als 3 Stufen müssen an freien Stellen mit Geländer versehen sein.

## 6 TECHNOLOGIE DER BAUSTOFFE

<b>6.1</b>	<b>Natürliche Gesteine</b>	<b>221</b>	6.7.8	Betonzusätze.....	265
	■ Einteilung .....	221	6.7.9	Betonzusammensetzung – Mischungsentwurf .....	266
	■ Mineralien .....	221	6.7.10	Betonprüfungen .....	267
	■ Eigenschaften.....	222	6.7.11	Verantwortlichkeiten .....	268
<b>6.2</b>	<b>Künstliche Steine</b>	<b>224</b>	6.7.12	Nachbehandlung von Beton .....	268
6.2.1	Ziegel und Klinker .....	224	6.7.13	Betonüberwachung .....	269
6.2.2	Kalksandsteine .....	227	6.7.14	Transportbeton .....	270
6.2.3	Mauersteine aus Beton / Betonsteine .....	229	6.7.15	Betondeckung der Bewehrung .....	271
6.2.4	Porenbetonsteine .....	230	<b>6.8</b>	<b>Stahl, Betonstahl und Baumetalle</b> .....	<b>272</b>
6.2.5	Hüttensteine .....	230	6.8.1	Eisenwerkstoffe .....	272
6.2.6	Gipsplatten .....	231	6.8.2	Betonstähle .....	273
6.2.7	Dachsteine und Dachziegel .....	232	6.8.3	Betonstahlmatten .....	275
<b>6.3</b>	<b>Fliesen, Platten und Pflastersteine</b> .....	<b>233</b>		■ Lager-, Listen-, Vorratsmatten .....	275
6.3.1	Keramische Fliesen und Platten .....	233	6.8.4	Sondermetalle .....	277
6.3.2	Natursteinplatten .....	234	<b>6.9</b>	<b>Holz</b> .....	<b>278</b>
6.3.3	Betonwerksteinplatten .....	234	6.9.1	Aufbau des Holzes und Bauholzarten .....	279
6.3.4	Asphaltplatten .....	234		■ Alte und neue Kurzzeichen .....	279
6.3.5	Pflastersteine .....	235		■ Holzfehler .....	280
6.3.6	Bordsteine .....	236	6.9.2	Eigenschaften .....	281
6.3.7	Kanalklinker .....	236	6.9.3	Bauschnittholz und Konstruktionsvollholz .....	282
<b>6.4</b>	<b>Bindemittel</b> .....	<b>237</b>		■ Nadelholz .....	284
6.4.1	Zemente .....	237		■ Laubholz .....	285
	■ Übersicht ■ Prüfung .....	238		■ Konstruktionsvollholz .....	286
6.4.2	Baukalke .....	240		■ DUO- und TRIO-Balken..	287
	■ Übersicht ■ Prüfung .....	241	6.9.4	Holzwerkstoffe .....	288
6.4.3	Calciumsulfat-Binder.....	241		■ Bausperrholz .....	289
6.4.4	Baugipse.....	242		■ Holzspanwerkstoffe .....	290
<b>6.5</b>	<b>Gesteinskörnungen</b> .....	<b>243</b>		■ Holzfaserwerkstoffe .....	291
	■ Begriffe .....	243	6.9.5	Holzschutz .....	293
6.5.1	Arten und Anforderungen .....	244		■ Holzschädlinge .....	293
6.5.2	Eigenschaften und Anforderungen .....	245		■ Holzschutzmittel .....	294
6.5.3	Alkali-Empfindlichkeit von Gesteinskörnungen .....	246	<b>6.10</b>	<b>Kunststoffe</b> .....	<b>296</b>
6.5.4	Kornzusammensetzung für Betone .....	247	<b>6.11</b>	<b>Befestigungssysteme</b> .....	<b>298</b>
6.5.5	Wasseranspruch .....	250	6.11.1	Befestigungstechnik .....	298
6.5.6	Mehlkorngehalt .....	250	6.11.2	Befestigungs-Systemplan .....	300
<b>6.6</b>	<b>Mörtel</b> .....	<b>251</b>	6.11.3	Befestigungen am Bauwerk .....	302
6.6.1	Mauermortel .....	251	<b>6.12</b>	<b>Bauglas, Glas</b> .....	<b>304</b>
6.6.2	Putzmörtel .....	253	<b>6.13</b>	<b>Ungebundene Schichten im Verkehrswegebau</b> .....	<b>306</b>
	■ Putzsysteme .....	254	<b>6.14</b>	<b>Bitumige Stoffe</b> .....	<b>307</b>
6.6.3	Estrichmörtel .....	255	6.14.1	Bitumen .....	307
6.6.4	Dünnbettmörtel und Klebstoffe .....	256	6.14.2	Teer und Pech .....	309
6.6.5	Spezialmörtel .....	257	6.14.3	Asphalt .....	309
<b>6.7</b>	<b>Beton</b> .....	<b>258</b>	6.14.4	Dachpappen, Dachbahnen und Dichtungsbahnen .....	311
	■ Begriffe .....	258	<b>6.15</b>	<b>Anstrichstoffe</b> .....	<b>312</b>
6.7.1	Einteilung des Betons in Klassen .....	259	<b>6.16</b>	<b>Gefahrstoffe im Bauwesen</b> .....	<b>314</b>
6.7.2	Beton nach Expositionsklassen .....	259		■ Gefahrenpiktogramme .....	314
6.7.3	Konsistenzklassen des Frischbetons .....	261		■ Sicherheitskennzeichnung .....	315
6.7.4	Druckfestigkeitsklassen des Festbetons .....	262		■ Datensicherheitsblätter .....	317
6.7.5	Wasserzementwert .....	262		■ Gefahrenhinweise H & R .....	318
6.7.6	Feuchtigkeitsklassen und Rohdichteklassen .....	263		■ Arbeitsplatzgrenzwerte AGW .....	318
6.7.7	Standardbetonrezepte .....	263			

## 6.9 Holz

Fehler im Holz					
Tierische Holzschädlinge					
Hautflügler	Holzwespe, sie legt ihre Eier vorzugsweise in saftfrisches Nadelholz. Ihre Entwicklungszeit beträgt 2 Jahre ... 4 Jahre, daher schlüpft sie oft erst aus dem verbauten Holz.				
Käfer	Hausbock, er legt seine Eier in den Rissen von verbaute Nadelholz. Die Larve frisst ihre Gänge im Splint- oder Reifholz ohne die Holzoberfläche zu zerstören. Die günstigsten Umgebungsbedingungen sind 28°C ... 30°C bei 30% Holzfeuchte.				
	Gewöhnlicher Nagekäfer (Anobium) auch Klopf- oder Pochkäfer genannt. Die Fraßgänge der Larven sind besonders im Frühholz des Splintes. Bei einer Temperatur um 22°C und einer Holzfeuchte um 23% hat er seine günstigsten Bedingungen.				
	Brauner Splintholzkäfer auch Parkettkäfer genannt. Er befällt hauptsächlich Laubholzer mit ausreichender Stärke und Eiweißanteilen im Frühholz.				
Pflanzliche Holzschädlinge – Pilze					
Echter Haus-schwamm	Das weiße, watteartige Pilzgeflecht (Mycel) wächst auf der Oberfläche und im Holz. Er befällt fast alle Holzarten, vor allem Nadelholz. Die günstigsten Bedingungen sind bei einer Temperatur von 20°C und 28% Holzfeuchte. Er ist anzeigepflichtig!				
Keller-, Warzen-schwamm	Das junge Oberflächenpilzgeflecht ist erst gelblichweiß und wird später schwarzbraun. Die besten Lebensbedingungen sind bei einer Holzfeuchte von 50% .... 60% und bei 22°C ... 24°C.				
Bläuepilz	Befällt das Splintholz von Kiefer und Fichte, selten Laubholz. Ernährt sich von den Zellinhaltsstoffen, die Zellwände werden kaum zerstört. Eine Minderung der Festigkeit tritt nicht ein, es ist keine Holzfäule. Die optimalen Bedingungen sind bei 15°C und bei 28% ... 30% Holzfeuchte. Trockenes Holz verhindert das Wachstum des Pilzes.				
Der Einbau von trockenem Holz $u \leq 20\%$ schützt weitgehend vor tierischen und pflanzlichen Holzschädlingen. Bei den Arbeiten mit Holzschutzmitteln sind die entsprechenden Vorschriften zu beachten.					
Fehler im Stammquerschnitt und der Stammform					
Abholzigkeit	Krumm-schäftigkeit	Zwieselbildung	Hohlkehligkeit	Spannrückigkeit	Exzentrischer Wuchs
Fehler im anatomischen Aufbau des Holzes					
Reaktionsholz – Druckholz	Reaktionsholz – Zugholz	Ästigkeit	Drehwuchs		
Gallen	Maserwuchs	Falschkern	Wimmerwuchs		
Fehler durch äußere Einflüsse					
Frostleiste	Mondringe	Risse	Faserstauchung		

6

7

8

## 6.9.2 Eigenschaften

### Holzfeuchtigkeit

Der Feuchtigkeitsgehalt  $u$  wird auf das Darrgewicht bezogen (Darren im Trockenschrank bei 103 °C).

#### Berechnung der Holzfeuchte

$$\text{Holzfeuchte } u = \frac{m_u - m_o}{m_o} \cdot 100 \text{ in \%}$$

$m_u$  Masse der feuchten Holzprobe

$m_o$  Masse der darrtrockenen Holzprobe

#### Beispiel

Die feuchte Holzprobe wiegt 230 g.

Die darrtrockene Holzprobe wiegt 200 g.

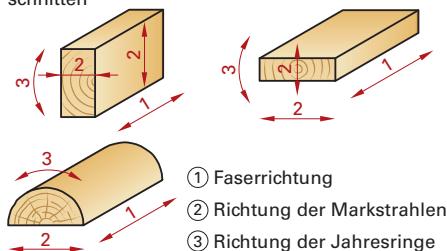
$$u = \frac{230 \text{ g} - 200 \text{ g}}{200 \text{ g}} \cdot 100 \% = \frac{30 \text{ g}}{200 \text{ g}} \cdot 100 \% = 15 \%$$

Holzfeuchte  $u = 15 \%$

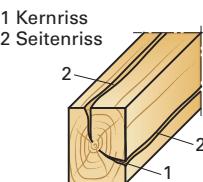
### Schwinden und Quellen (Volumen- und Formänderung durch Abgabe/Aufnahme von Wasser)

Beim Schwinden und Quellen unterhalb des Fasersättigungspunktes ( $u \leq 30 \%$ ) krümmen sich Bretter und Bohlen vom Kern weg, sodass stets die rechte Seite (dem Kern zugewandt) rund und die linke Seite (dem Kern abgewandt) hohl wird.

Schwind- und Quellrichtungen an typischen Querschnitten



#### Verformung von Kanthölzern



#### Rissbildung in einem Ganzholzquerschnitt



Schwindrichtung	maximales Schwindmaß $\beta$ in %	differenzielles Schwindmaß $q$ in % pro 1 % Feuchteänderung
axial	$\beta_l$ 0,3 %	$q_l$ 0,01 %
radial	$\beta_r$ 4 %	$q_r$ 0,13 %
tangential	$\beta_t$ 8 %	$q_t$ 0,27 %
diagonal*	$\beta_d$ 6 %	$q_d$ 0,20 %

\* Mittelwert zwischen radial und tangential

### Gleichgewichtsfeuchte

Gleichgewichtsfeuchte ist die aufgrund des hygrokopischen Gleichgewichts mit einem bestimmten Klima entstehende Holzfeuchte  $u_{gl}$ . Sie endet bei der Fasersättigung.

### Gleichgewichts-Holzfeuchte im Gebrauchszustand (DIN 68100; Auswahl)

allseitig geschlossene Bauwerke					überdeckte, offene Bauwerke		
mit Heizung	Möbel	(8 ± 2) $u_{gl}$	ohne Heizung	Holzwerkstoffe	(10 ± 2) $u_{gl}$	Holzwerkstoffe	(10 ± 2) $u_{gl}$
	Holzwerkstoffe	(8 ± 2) $u_{gl}$		Vollholz	(12 ± 3) $u_{gl}$	Vollholz	(12 ± 3) $u_{gl}$
	Vollholz	(9 ± 3) $u_{gl}$		Holzprodukte, die der Witterung allseitig ausgesetzt sind			(18 ± 6) $u_{gl}$

### Feuchtegehalt (DIN 18355 VOB/ATV)

Feuchtegehalt (DIN 18355 VOB/ATV)		mittlere Holzfeuchte (DIN EN 942)	
Verwendung	Holzfeuchte $u_{gl}$	Einsatzbedingungen	Holzfeuchte $u_{gl}$
Innenausbau; Bauteile, die nicht der Außenluft ausgesetzt sind	≤ 10 %	beheizte Gebäude, innen Raumtemperatur 12 °C ... 21 °C Raumtemperatur > 21 °C	9 % ... 13 % 6 % ... 10 %
Bauteile, die ständig der Außenluft ausgesetzt sind	≤ 15 %	unbeheizte Gebäude, innen Außenbereich	12 % ... 16 % 12 % ... 19 %

6

7

8