



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Bautechnik

Fachmathematik Bautechnik

Formeln und Tabellen

7. Auflage

Bearbeiter der „**Fachmathematik Bautechnik**“ **Formeln und Tabellen**

Frey, Hansjörg
Herrmann, August
Kuhn, Volker
Massinger, Emil
Stemmler, Christian
Waibel, Helmuth

Dipl.-Ing.
Dipl.-Ing. (FH), Oberstudienrat a.D.
Dipl.-Ing., Architekt
Dr.-Ing., Studiendirektor a.D.
Dipl.-Gwl., Studienrat
Bauingenieur

Göppingen
Schwäbisch Gmünd
Höpfingen
Pforzheim
Wertheim-Dörlesberg
Ummendorf

Lektorat und Leitung des Arbeitskreises:
Hansjörg Frey, Dipl.-Ing., Göppingen

Bildbearbeitung:
Zeichenbüro Irene Lillich, Schwäbisch Gmünd

ISBN 978-3-8085-4237-8

7. Auflage 2014

Druck 5 4

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

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

© 2014 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz und Druck: Tutte Druckerei & Verlagsservice GmbH, Salzweg

Europa-Nr.: 42314

Inhaltsverzeichnis

1. Rechnerische Grundlagen	3	4. Pythagoras	11	8. Bautechnische Mechanik	27
1.1 Grundrechenarten	3	4.1 Lehrsatz des Pythagoras	11	8.1 Einheiten der Kraft	27
1.2 Brüche	3	4.2 Verleihung	11	8.2 Hebel, Rolle, Schiefe Ebene	28
1.3 Potenzen	5	5. Flächen	11	8.3 Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad	29
1.4 Wurzeln	5	5.1 Einheiten	11	8.4 Spannung	29
1.5 Gleichungen	6	5.2 Geradlinig begrenzte Flächen	11	8.5 Lasten am Bau	29
1.6 Prozentrechnen	6	5.3 Krummlinig begrenzte Flächen	12	8.6 Auflagerkräfte am Träger	34
1.7 Zinsrechnen	6	6. Körper	14	9. Mauerbögen	35
2. Längen	7	6.1 Einheiten	14	9.1 Rundbogen	35
2.1 Einheiten	7	6.2 Gleichdicke Körper	14	9.2 Segmentbogen	35
2.2 Gerade Längen	7	6.3 Spitze Körper	14	10. Treppen	36
2.3 Gekrümmte Längen	7	6.4 Stumpfe Körper	15	10.1 Gerade Treppen	36
2.4 Maßstäbe	8	6.5 Kugel	16	10.2 Gewendelte Treppen	36
2.6 Längenteilung	8	7. Mengenermittlung und Baustoffbedarf	17	11. Wärmeschutz	37
2.7 Mauermaße	9	7.1 Erdarbeiten	17	12. Berechnungen für Baueingaben	41
3. Neigungsverhältnisse	10	7.2 Mauerwerksbau	17	13. Abrechnung von Bauleistungen	44
3.1 Winkel	10	7.3 Betonbau	19		
3.2 Winkelfunktionen	10	7.4 Stahlbetonbau	25		
3.3 Steigung, Neigung, Gefälle	10				

Tabellenverzeichnis

Grundrechenarten	3	Zulässige Spannungen für Bauholz in MN/m ²	
Mathematische Zeichen	3	nach DIN 1052	33
Arten von Brüchen	3	Warmgewalzte schmale I-Träger	33
Berechnung von Potenzen	5	Breite I-Träger mit parallelen Flanschflächen HEB (IPB-Reihe)	33
Berechnung von Wurzeln	5	Bogendicke bei Rundbogen	35
Auflockerung bei Böden	17	Näherungswerte für Mittelpunktswinkel bei Segmentbogen	35
Baustoffbedarf für die Herstellung von 1 m ³ Mauer- mörtel nach Raumteilen	17	Bogendicke bei Segmentbogen	35
Baustoffbedarf bei Mauerwerk aus künstlichen Steinen	18	Temperaturdehnzahlen von Baustoffen	37
Mindestzementgehalt für Standardbeton	19	Wärmedurchlasswiderstand R_a von ruhenden Luftschichten	37
Grenzwerte für Zusammensetzung und Eigen- schaften von Beton	20	Belüftete Luftschichten	38
Betonrezepte für Standardbeton	21	Rohdichten und Wärmeleitfähigkeiten verschiedener Baustoffe	38
Expositionsklassen nach DIN EN 206-1	22	Bemessungswerte der Wärmeübergangs- widerstände	39
Expositionsklassen nach DIN EN 206-1	23	Mindestwerte der Wärmedurchlasswider- stände für leichte Bauteile	39
Richtwerte für Dichten und Rohdichten in kg/dm ³	24	Mindestwerte der Wärmedurchlasswider- stände für wärmeübertragende Bauteile nach DIN 4108-2	40
Konsistenzklassen nach DIN EN 206-1	24	Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten U_{max} bei Errichtung kleiner Gebäude oder bei erstmaligem Einbau, Ersatz oder Erneuerung von Bauteilen in bestehenden Gebäuden mit Innen- temperaturen $\geq 19^\circ\text{C}$ (EnEV 2014)	40
Anzahl der Mischungen je m ³ Beton bei verschiedenen Mischgrößen	24	Zulässiges Maß der baulichen Nutzung (Auszug aus § 17 der BauNVO)	41
Mindestprüfmenge je Siebung	24	Maßgebliche Höhe nach DIN 277	42
Kennwerte von Betonstabstahl	25	Kostengliederung nach DIN 276 (Auszug)	43
Anhaltswerte der Längenzugabe für Haken und Winkelhaken bei BSt 500 S	25	Aufmaß und Abrechnung bei Mauerarbeiten nach VOB/C	44
Neue Betonstahl-Lagermatten BSt 500 M mit dem Zusatzbuchstaben A	25	Aufmaß und Abrechnung bei Erdarbeiten nach VOB/C	44
Druckfestigkeitsklassen für Beton	26	Aufmaß und Abrechnung bei Betonarbeiten nach VOB/C	44
Druckfestigkeitsklassen für Leichtbeton	26		
Mindestbetondeckung für Stahlbeton	26		
Mindestwerte der Biegerollendurchmesser d_{br}	26		
Zulässige Bodenpressung bei Flachgründungen	30		
Druckspannungen für Bauteile aus unbewehrtem Beton	30		
Grundwerte der zulässigen Druckspannungen in MN/m ² von Mauerwerk aus künstlichen Steinen nach DIN 1053	30		
Lastannahmen für Bauten, Auszug aus DIN 1055	31		
Lastannahmen für Bauten, Auszug aus DIN 1055	32		

1 Rechnerische Grundlagen

1.1 Grundrechenarten

Tabelle A 3/1: Grundrechenarten

Rechenart		Rechenzeichen	Rechenvorgang mit Beispiel
Strichrechnung	Addition	+	Summand plus Summand gleich Summe $3 + 6 = 9$
	Subtraktion	-	Minuend minus Subtrahend gleich Differenz $8 - 3 = 5$
Punktrechnung	Multiplikation	·	Faktor mal Faktor gleich Produkt $7 \cdot 4 = 28$
	Division	:	Dividend geteilt durch Divisor gleich Quotient $15 : 3 = 5$

Kommen in einer Aufgabe sowohl Punkt- als auch Strichrechnungen vor, so müssen **Punktrechnungen vor den Strichrechnungen** durchgeführt werden.

Bei der **Addition einer negativen Zahl** wird die negative Zahl subtrahiert.

Bei der **Subtraktion einer negativen Zahl** wird die negative Zahl addiert.

Bei der **Multiplikation und Division von Zahlen mit gleichen Vorzeichen** wird das Ergebnis **positiv**.

Bei der **Multiplikation und Division von Zahlen mit ungleichen Vorzeichen** wird das Ergebnis **negativ**.

Tabelle A3/2: Mathematische Zeichen

Zeichen	Bezeichnung	Beispiel	Zeichen	Bezeichnung	Beispiel
+	plus	$5 + 3 = 8$	$\neq$	ungleich	$8 \neq 13$
-	minus	$9 - 5 = 4$	$\approx$	entspricht	$1 \text{ kg} \approx 10 \text{ N}$
·	multipliziert	$3 \cdot 6 = 18$	$\approx$	nahezu gleich	$\frac{1}{3} \approx 0,33$
:	dividiert	$21 : 7 = 3$	<	kleiner als	$5 < 8$
=	gleich	$6 + 4 = 10$	>	größer als	$7 > 2$

1.2 Brüche

Tabelle A3/3: Arten von Brüchen

Art	Bedingung	Beispiele
Echter Bruch	Zähler ist kleiner als Nenner	$\frac{1}{3}, \frac{4}{5}, \frac{7}{8}$
Unechter Bruch	Zähler ist größer als Nenner	$\frac{4}{3}, \frac{9}{5}, \frac{17}{8}$
Gleichnamige Brüche	Nenner sind gleich	$\frac{1}{5}, \frac{2}{5}, \frac{4}{5}$
Ungleichnamige Brüche	Nenner sind nicht gleich	$\frac{1}{3}, \frac{2}{7}, \frac{3}{5}$
Gemischte Zahl	Ganze Zahl mit Bruch	$3\frac{1}{3}, 2\frac{1}{5}, 7\frac{5}{9}$
Dezimalbruch	Nenner ist 10 oder ein Vielfaches	$\frac{9}{10}, \frac{12}{100}, \frac{25}{1000}$

Erweitern heißt Zähler und Nenner mit der gleichen Zahl multiplizieren.

Kürzen heißt Zähler und Nenner mit der gleichen Zahl dividieren.

Summanden im Zähler und Nenner dürfen **nicht** gekürzt werden.

Bei **gleichnamigen Brüchen** werden die Zähler addiert oder subtrahiert und der Nenner beibehalten.

Multiplikation von Brüchen

Bruch mit ganzer Zahl

Die ganze Zahl wird mit dem Zähler multipliziert. Der Nenner bleibt unverändert.

Bruch mit Bruch

Zähler wird mit Zähler und Nenner mit Nenner multipliziert.

Gemischte Zahl

Gemischte Zahlen werden zuerst in unechte Brüche verwandelt und dann miteinander multipliziert.

Beispiele:

$$\frac{4}{9} \cdot 7 = \frac{4 \cdot 7}{9} = \frac{28}{9} = 3\frac{1}{9}$$

$$\frac{3}{5} \cdot \frac{4}{7} = \frac{3 \cdot 4}{5 \cdot 7} = \frac{12}{35}$$

$$2\frac{1}{2} \cdot 3\frac{2}{3} = \frac{5}{2} \cdot \frac{11}{3} = \frac{5 \cdot 11}{2 \cdot 3} = \frac{55}{6} = 9\frac{1}{6}$$

Division von Brüchen

Bruch durch Bruch (Doppelbruch)

Erster Bruch wird mit dem Kehrwert des zweiten Bruches multipliziert.

Bruch durch ganze Zahl

Die ganze Zahl wird als Bruch geschrieben und dessen Kehrwert mit dem ersten Bruch multipliziert.

Ganze Zahl durch Bruch

Die ganze Zahl wird mit dem Kehrwert des Bruches multipliziert.

Gemischte Zahl

Gemischte Zahlen sind in unechte Brüche umzuwandeln. Der erste Bruch wird mit dem Kehrwert des zweiten Bruches multipliziert.

Beispiele:

$$\frac{\frac{5}{8}}{\frac{4}{3}} = \frac{5}{8} \cdot \frac{3}{4} = \frac{5 \cdot 3}{8 \cdot 4} = \frac{15}{32}$$

$$\frac{7}{9} : 4 = \frac{7}{9} \cdot \frac{1}{4} = \frac{7 \cdot 1}{9 \cdot 4} = \frac{7}{36}$$

$$7 : \frac{3}{4} = 7 \cdot \frac{4}{3} = \frac{7 \cdot 4}{3} = \frac{28}{3}$$

$$4\frac{1}{2} : 1\frac{1}{4} = \frac{9}{2} \cdot \frac{4}{5} = \frac{9 \cdot 4}{2 \cdot 5} = \frac{36}{10} = \frac{18}{5}$$

Hauptnenner

Der Hauptnenner ist das kleinste gemeinsame Vielfache (kgV).

Beispiele:

$$\frac{1}{2} + \frac{2}{3} = \frac{1 \cdot 3}{2 \cdot 3} + \frac{2 \cdot 2}{3 \cdot 2} = \frac{3+4}{6} = \frac{7}{6} \quad \frac{2}{5} - \frac{1}{10} + \frac{3}{2} = \frac{2 \cdot 2}{5 \cdot 2} - \frac{1}{10} + \frac{3 \cdot 5}{2 \cdot 5} = \frac{4-1+15}{10} = \frac{18}{10} = \frac{9}{5}$$

$$\frac{47}{12} + 2\frac{7}{9} - \frac{23}{18} + 3 = \frac{47 \cdot 3}{12 \cdot 3} + \frac{25 \cdot 4}{9 \cdot 4} - \frac{23 \cdot 2}{18 \cdot 2} + \frac{3 \cdot 36}{1 \cdot 36}$$

$$= \frac{141 + 100 - 46 + 108}{36}$$

$$= \frac{303}{36}$$

$$= \frac{101}{12}$$

Nenner	Faktoren	Erweiterungsfaktor
12	2 2 3	$\frac{36}{12} = 3$
9	3 3	$\frac{36}{9} = 4$
18	2 3 3	$\frac{36}{18} = 2$

Haupt- $\nabla \nabla \nabla \nabla$
nenner $2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 3 = 36$

1.3 Potenzen

$a^n = c$
 $a^n = a \cdot a \cdot a \dots a$ a kommt n -mal als Faktor vor

a Grundzahl
 n Hochzahl c Potenzwert

Tabelle A 5/1: Berechnung von Potenzen

Regel	allgemeine Form	Zahlenbeispiele
Jede Potenz mit der Basis 1 hat auch den Potenzwert 1	$1^n = 1$	$1^3 = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$
Jede Potenz mit der Basis 0 und einem ganzen positiven Exponenten hat den Potenzwert 0	$0^n = 0$	$0^2 = 0 \cdot 0 = 0$
Jede Potenz mit dem Exponent 0 hat den Potenzwert 1	$a^0 = 1$	$(+5)^0 = 1 \quad (-5)^0 = 1$
Jede Potenz mit dem Exponent 1 hat den gleichen Potenzwert wie die Basis	$a^1 = a$	$(+3)^1 = 3 \quad (-3)^1 = -3$
Eine Potenz mit negativer Basis und geradem Exponent hat immer einen positiven Potenzwert	$(-a)^{2n} = +a^{2n}$	$(-6)^2 = (-6) \cdot (-6) = +36$
Eine Potenz mit negativer Basis und ungeradem Exponent hat immer einen negativen Potenzwert	$(-a)^{2n+1} = -a^{2n+1}$	$(-4)^3 = (-4) \cdot (-4) \cdot (-4) = -64$
Eine Potenz mit negativem Exponent kann als Bruch mit der Basis und positivem Exponent im Nenner geschrieben werden	$a^{-n} = \frac{1}{a^n}$	$3^{-2} = \frac{1}{3^2} = \frac{1}{9}$
Zehnerpotenzen mit positivem Exponent sind größer als 1	$a \cdot 10^n$	$2,5 \cdot 10^3 = 2,5 \cdot 1000 = 2500$
Zehnerpotenzen mit negativem Exponent sind kleiner als 1	$a \cdot 10^{-n}$	$25 \cdot 10^{-2} = \frac{25}{100} = 0,25$

1.4 Wurzeln

$\sqrt[n]{a} = c$
 $a^n = a \cdot a \cdot a \dots a$ a kommt n -mal als Faktor vor

$\sqrt[n]{a}$ Wurzelzeichen n Wurzelexponent
 a Radikand c Wurzelwert

Tabelle A 5/2: Berechnung von Wurzeln

Regel	allgemeine Form	Zahlenbeispiel
Jede Wurzel aus dem Radikand 1 ergibt den Wurzelwert 1	$\sqrt[n]{1} = 1$	$\sqrt{1} ; \sqrt[3]{1}$
Jede Wurzel aus dem Radikand 0 ergibt den Wurzelwert 0	$\sqrt[n]{0} = 0$	$\sqrt{0} ; \sqrt[3]{0}$
Die Quadratwurzel aus einem positiven Radikanden ergibt einen Wurzelwert mit positivem und negativem Vorzeichen	$\sqrt{a^2} = \pm a$	$\sqrt{9} = \sqrt{(\pm 3)^2}$ $\sqrt{9} = \pm 3$
Die Quadratwurzel aus einem negativen Radikanden kann nicht gezogen werden	—	$\sqrt{-9}$
Beim Ziehen der Quadratwurzel werden beim Radikanden immer 2 Stellen abgestrichen. Diese ergeben beim Wurzelwert jeweils 1 Stelle	—	$\sqrt{1\ 00\ 00} = 100$ $\sqrt{0,00\ 01} = 0,01$
Ist beim Wurzelziehen der Radikand keine Quadratzahl, die aufgeht, so versucht man den Radikanden in solche reinen Quadratzahlen zu zerlegen und daraus teilweise die Wurzel zu ziehen	$\sqrt{a^2 b} = a \sqrt{b}$	$\sqrt{10\ 00} = \sqrt{10 \cdot 100}$ $\sqrt{1000} = 10 \sqrt{10}$

1.5 Gleichungen

Eine Gleichung bleibt im Gleichgewicht, wenn auf beiden Seiten die gleichen Rechenoperationen vorgenommen werden.

Eine Gleichung bleibt im Gleichgewicht, wenn eine Zahl von der einen Seite zur anderen Seite mit umgekehrtem Rechenzeichen gebracht wird.

Beispiele:

$$\begin{aligned} x + 5 &= 15 \\ x + 5 - 5 &= 15 - 5 \\ x &= 10 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x - 5 &= 15 \\ x - 5 + 5 &= 15 + 5 \\ x &= 20 \end{aligned}$$

$$5 \cdot x = 15$$

$$\frac{x}{5} = 15$$

$$\frac{5 \cdot x}{5} = \frac{15}{5}$$

$$\frac{x \cdot 5}{5} = 15 \cdot 5$$

$$x = 3$$

$$x = 75$$

1.6 Prozentrechnen

Prozentwert = Grundwert · Prozentsatz

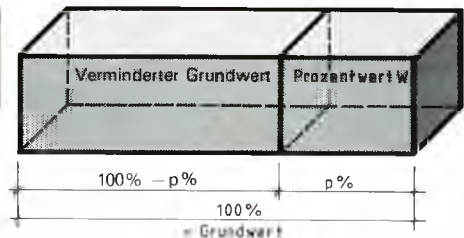
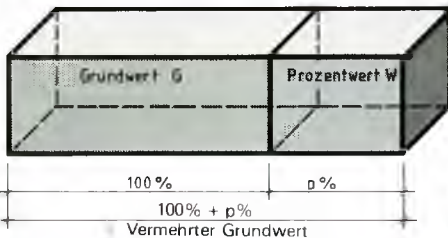
$$W = \frac{G \cdot p}{100}$$

$$\text{Prozentsatz} = \frac{100 \% \cdot \text{Prozentwert}}{\text{Grundwert}}$$

$$p = \frac{100 \% \cdot W}{G}$$

$$\text{Grundwert} = \frac{\text{Prozentwert} \cdot 100}{\text{Prozentsatz}}$$

$$G = \frac{W \cdot 100}{p}$$



vermehrter Grundwert = Grundwert + Prozentwert

verminderter Grundwert = Grundwert - Prozentwert

1.7 Zinsrechnen

$$\text{Zins} = \frac{\text{Kapital} \cdot \text{Zinssatz} \cdot \text{Laufzeit}}{100}$$

$$Z = \frac{K \cdot p \cdot t}{100}$$

$$\text{Kapital} = \frac{\text{Zins} \cdot 100}{\text{Zinssatz} \cdot \text{Laufzeit}}$$

$$\text{Zinssatz} = \frac{\text{Zins} \cdot 100}{\text{Kapital} \cdot \text{Laufzeit}}$$

$$\text{Laufzeit} = \frac{\text{Zins} \cdot 100}{\text{Kapital} \cdot \text{Zinssatz}}$$

$$K = \frac{Z \cdot 100}{p \cdot t}$$

$$p = \frac{Z \cdot 100}{K \cdot t}$$

$$t = \frac{Z \cdot 100}{K \cdot p}$$

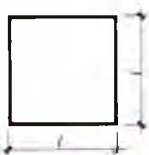
2 Längen

2.1 Einheiten: Meter (m); Dezimeter (dm), Zentimeter (cm) Millimeter (mm) und Kilometer (km)

Multiplikator	· 1 000	· 10	· 10	· 10	von Einheit zu Einheit	
—	km	m	dm	cm	mm	—
km	1	1 000	10 000	100 000	1 000 000	km
m	0,001	1	10	100	1 000	m
dm	0,000 1	0,1	1	10	100	dm
cm	0,000 01	0,01	0,1	1	10	cm
mm	0,000 001	0,001	0,01	0,1	1	mm
von Einheit zu Einheit	: 1 000	: 10	: 10	: 10	: 10	Teiler

2.2 Gerade Längen

Quadrat



$$U = 4 \cdot l$$

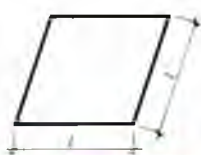
Rechteck



$$U = 2 \cdot l + 2 \cdot b$$

$$U = 2 (l + b)$$

Raute



$$U = 4 \cdot l$$

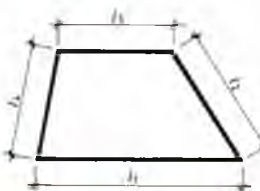
Parallelogramm



$$U = 2 \cdot l_1 + 2 \cdot l_2$$

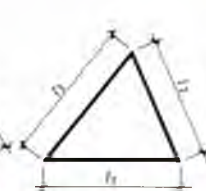
$$U = 2 (l_1 + l_2)$$

Trapez



$$U = l_1 + l_2 + l_3 + l_4$$

Dreieck



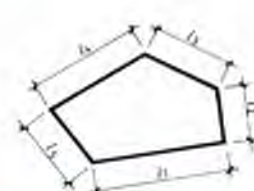
$$U = l_1 + l_2 + l_3$$

Regelmäßiges
Sechseck



$$U = 6 \cdot l$$

Unregelmäßiges Fünfeck



$$U = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5$$

2.3 Gekrümmte Längen



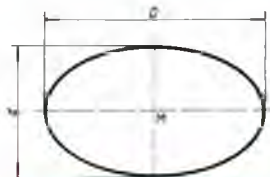
Kreisumfang

$$U = \pi \cdot d \quad d = \frac{U}{\pi}$$



Kreisbogen

$$b = \pi \cdot d \cdot \frac{\alpha}{360^\circ}$$



Ellipsenumfang

$$U \approx \pi \cdot \frac{D+d}{2}$$

2.4 Maßstäbe

$$\text{Länge in der Zeichnung} = \frac{\text{wirkliche Länge}}{\text{Verhältniszahl}}$$

Beispiel: Wirkliche Länge 1,24 m, M1 : 20

Lösung:
 $\text{Länge in der Zeichnung} = \frac{1240 \text{ mm}}{20} = 62 \text{ mm}$

$$\text{Wirkliche Länge} = \text{Länge in der Zeichnung} \cdot \text{Verhältniszahl}$$

Beispiel: Länge in der Zeichnung 3,5 cm M1 : 50

Lösung: Wirkliche Länge = 3,5 cm · 50 = 175 cm

$$\text{Verhältniszahl} = \frac{\text{wirkliche Länge}}{\text{Länge in der Zeichnung}}$$

Beispiel: Wirkliche Länge 8,00 m
 Länge in der Zeichnung 40 mm

Lösung: Verhältniszahl = $\frac{8000 \text{ mm}}{40 \text{ mm}} = 200$

Maßstab	Rechen-vorteil	Beispiel	Lösung
1 : 5	$\frac{1}{5} = \frac{2}{10}$	wirkliche Länge 75 cm Länge in der Zeichnung 14 mm	$\text{Länge in der Zeichnung} = \frac{75 \text{ cm} \cdot 2}{10} = \frac{150 \text{ cm}}{10} = 15 \text{ cm}$ $\text{Wirkliche Länge} = \frac{14 \text{ mm} \cdot 10}{2} = \frac{140 \text{ mm}}{2} = 70 \text{ mm}$
1 : 50	$\frac{1}{50} = \frac{2}{100}$	Wirkliche Länge 3,35 m Länge in der Zeichnung 28,6 cm	$\text{Länge in der Zeichnung} = \frac{3350 \text{ mm} \cdot 2}{100} = \frac{6700 \text{ mm}}{100} = 67 \text{ mm}$ $\text{Wirkliche Länge} = \frac{286 \text{ mm} \cdot 100}{2} = \frac{28600 \text{ mm}}{2} = 14300 \text{ mm} = 14,30 \text{ m}$

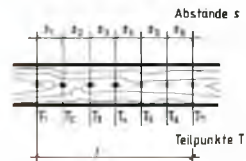
Wichtige Maßstäbe in der Bautechnik sind

M1 : 1000;	M1 : 500	für Lagepläne
M1 : 200		für Vorentwurfszeichnungen
M1 : 100		für Baueingabepläne
M1 : 50		für Werkpläne
M1 : 20;	M1 : 10; M1 : 5; M1 : 1	für Einzelheiten

2.5 Längenteilung

$$\text{Anzahl der Teilpunkte} = \text{Anzahl der Abstände} + 1$$

$$\text{Anzahl der Abstände} = \text{Anzahl der Teilpunkte} - 1$$



$$\text{Abstand zwischen 2 Teilpunkten} = \frac{\text{Gesamtlänge}}{\text{Anzahl der Abstände}}$$

oder

$$\text{Abstand zwischen 2 Teilpunkten} = \frac{\text{Gesamtlänge}}{\text{Anzahl der Teilpunkte} - 1}$$

2.6 Mauermaße

Baurichtmaß = Anzahl der am · 12,5cm

Beispiele:

Anzahl der am 3

Baurichtmaß $3 \text{ am} \cdot 12,5 \text{ cm} = 37,5 \text{ cm}$

Anzahl der am $1 \frac{1}{2}$

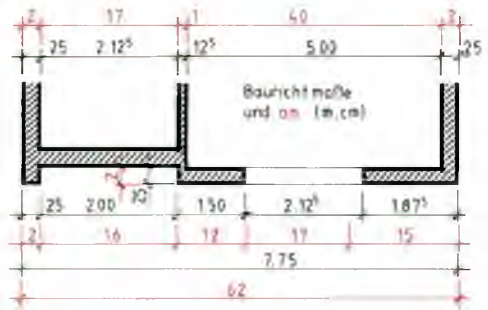
Baurichtmaß $1 \frac{1}{2} \text{ am} \cdot 12,5 \text{ cm} = 18,75 \text{ cm}$

Baurichtmaß 87,5cm

Anzahl der am $87,5 \text{ cm} : 12,5 \text{ cm} = 7$

Baurichtmaß 6,25cm

Anzahl der am $6,25 \text{ cm} : 12,5 \text{ cm} = \frac{1}{2}$

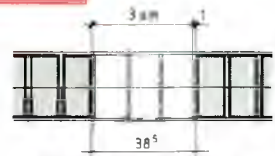


Rohbaumaß bei Öffnungen = Anzahl der Köpfe · 12,5cm + 1 Stoßfuge

Beispiel: Maueröffnung mit 3 Köpfen

Lösung: Rohbaumaß = 3 Köpfe · 12,5cm + 1cm

Rohbaumaß = 38,5cm

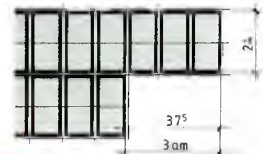


Rohbaumaß bei Vorlagen = Anzahl der am · 12,5cm

Beispiel: Mauervorlage mit 3 am

Lösung: Rohbaumaß = 3 am · 12,5cm

Rohbaumaß = 37,5cm

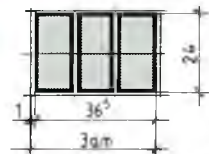


Rohbaumaß bei Pfeilern = Anzahl der am · 12,5cm — 1 Stoßfuge

Beispiel: Mauerpfeiler mit 3 am

Lösung: Rohbaumaß = 3 am · 12,5cm — 1cm

Rohbaumaß = 36,5cm



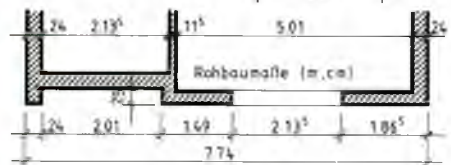
Die **Rohbaumaße** sind die am Bau vorhandenen Maße. Sie werden zur Bemaßung von Werkplänen und Detailplänen verwendet.

Mauerhöhe = Anz. d. Schichten · Schichthöhe

Beispiel: Es werden 10 Schichten im Format 2DF gemauert. Wie hoch ist die Mauer?

Lösung:

Mauerhöhe = 10 Schichten · 12,5cm = **125cm**



Anzahl der Schichten = $\frac{\text{Mauerhöhe}}{\text{Schichthöhe}}$

Beispiel: Wieviele Schichten sind für eine 2,49m hohe Wand mit NF Steinen zu mauern?

Lösung: Anzahl der Schichten = $\frac{2,49 \text{ m}}{0,125 \text{ m}} = 19,92$

Anzahl der Schichten = 20

Steinformat und Steinmaße	DF	NF	2 DF	10 DF
50 cm			3 DF	16 DF
			5 DF	
Steine mit Fugen				
25 cm				
12 cm				
Steinhöhen in cm	57	71	111	236
Schichthöhe in cm	62,5	83,3	12,5	25
Schichten je m	16	12	8	4

3 Neigungsverhältnisse

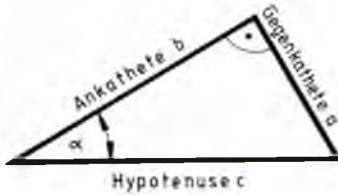
3.1 Winkel

Die Einheiten der Winkel sind das **Grad** (°) und das **Gon** (gon).

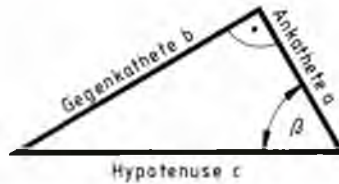
$$\begin{aligned}
 1^\circ &= 60' &= 3600'' & \quad 1 \text{ gon} = 10 \text{ dgon} &= 100 \text{ cgon} = 1000 \text{ mgon} \\
 1^\circ &= \frac{400}{360} \text{ gon} &= 1,111 \text{ gon} & \quad 1 \text{ gon} = \left(\frac{360}{400}\right)^\circ &= 0,9^\circ
 \end{aligned}$$

3.2 Winkelfunktionen

Ankathete und Gegenkathete
bezogen auf den Winkel α



Ankathete und Gegenkathete
bezogen auf den Winkel β



Seitenverhältnisse	bezogen auf den Winkel α	bezogen auf den Winkel β
Sinus $\alpha; \beta = \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Hypotenuse}}$	$\sin \alpha = \frac{a}{c} \quad a = c \cdot \sin \alpha \quad c = \frac{a}{\sin \alpha}$	$\sin \beta = \frac{b}{c} \quad b = c \cdot \sin \beta \quad c = \frac{b}{\sin \beta}$
Cosinus $\alpha; \beta = \frac{\text{Ankathete}}{\text{Hypotenuse}}$	$\cos \alpha = \frac{b}{c} \quad b = c \cdot \cos \alpha \quad c = \frac{b}{\cos \alpha}$	$\cos \beta = \frac{a}{c} \quad a = c \cdot \cos \beta \quad c = \frac{a}{\cos \beta}$
Tangens $\alpha; \beta = \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Ankathete}}$	$\tan \alpha = \frac{a}{b} \quad a = b \cdot \tan \alpha \quad b = \frac{a}{\tan \alpha}$	$\tan \beta = \frac{b}{a} \quad b = a \cdot \tan \beta \quad a = \frac{b}{\tan \beta}$
Cotangens $\alpha; \beta = \frac{\text{Ankathete}}{\text{Gegenkathete}}$	$\cot \alpha = \frac{b}{a} \quad b = a \cdot \cot \alpha \quad a = \frac{b}{\cot \alpha}$	$\cot \beta = \frac{a}{b} \quad a = b \cdot \cot \beta \quad b = \frac{a}{\cot \beta}$

3.3 Steigung, Neigung, Gefälle

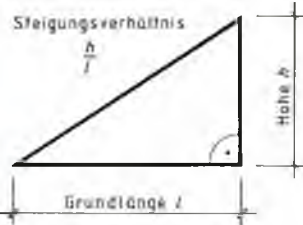
Bestimmung der Steigung als Steigungsverhältnis

$$\text{Steigungsverhältnis} = \frac{\text{Höhe}}{\text{Grundlänge}}$$

$$S_v = \frac{h}{l}$$

$$h = S_v \cdot l$$

$$l = \frac{h}{S_v}$$



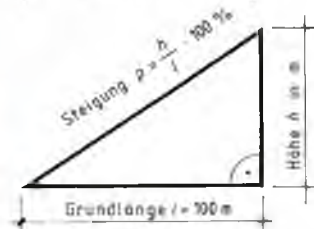
Bestimmung der Steigung als Prozentsatz

$$\text{Steigung (\%)} = \frac{\text{Höhe} \cdot 100 \%}{\text{Länge}}$$

$$p (\%) = \frac{h \cdot 100 \%}{l}$$

$$h = \frac{p (\%) \cdot l}{100 \%}$$

$$l = \frac{h \cdot 100 \%}{p (\%)}$$



4. Pythagoras

4.1 Der Lehrsatz des Pythagoras

Im rechtwinkligen Dreieck ist das Quadrat über der Hypotenuse gleich der Summe der Quadrate über den Katheten.

$$c^2 = a^2 + b^2$$

$$a^2 = c^2 - b^2$$

$$b^2 = c^2 - a^2$$

Für die Berechnung der Seitenlängen gilt:

$$c = \sqrt{a^2 + b^2} \quad a = \sqrt{c^2 - b^2} \quad b = \sqrt{c^2 - a^2}$$

4.2 Verreihung

Ein Dreieck mit dem Seitenverhältnis $a : b : c = 3 : 4 : 5$ ist ein **rechtwinkliges** Dreieck.

5 Flächen

5.1 Einheiten: Quadratmeter (m²); Quadratdezimeter (dm²), Quadratzentimeter (cm²), Quadratmillimeter (mm²), Ar (a), Hektar (ha) und Quadratkilometer (km²)

	$\cdot 100$	$\cdot 100$	$\cdot 100$	$\cdot 100$	$\cdot 100$	$\cdot 100$	Multiplikator von Einheit zu Einheit
	km ²	ha	a	m ²	dm ²	cm ²	mm ²
km ²	1	100	10000	1000000	100000000	10000000000	1000000000000
ha	0,01	1	100	10000	1000000	100000000	10000000000
a	0,0001	0,01	1	100	10000	1000000	100000000
m ²	0,000001	0,0001	0,01	1	100	10000	1000000
dm ²	0,00000001	0,000001	0,0001	0,01	1	100	10000
cm ²	0,0000000001	0,00000001	0,0000001	0,0001	0,01	1	100
mm ²	0,000000000001	0,0000000001	0,000000001	0,0000001	0,0001	0,01	1
Teiler von Einheit zu Einheit	$\cdot 100$	$\cdot 100$	$\cdot 100$	$\cdot 100$	$\cdot 100$	$\cdot 100$	$\cdot 100$

5.2 Geradlinig begrenzte Flächen

Quadrat



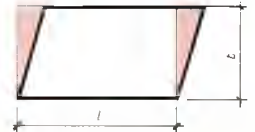
Rechteck



Raute



Parallelogramm



Flächeninhalt = Länge · Breite

$$A = l \cdot b$$

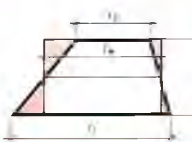
Länge = $\frac{\text{Flächeninhalt}}{\text{Breite}}$

$$l = \frac{A}{b}$$

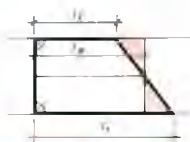
Breite = $\frac{\text{Flächeninhalt}}{\text{Länge}}$

$$b = \frac{A}{l}$$

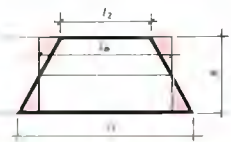
unregelmäßiges Trapez



rechtwinkliges Trapez



gleichschenkliges Trapez



Flächeninhalt = Mittlere Länge · Breite

$$A = l_m \cdot b$$

Mittlere Länge = $\frac{\text{Länge 1} + \text{Länge 2}}{2}$

$$l_m = \frac{l_1 + l_2}{2}$$

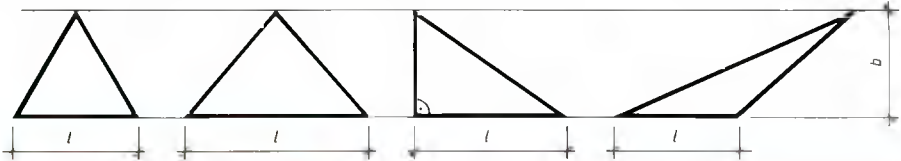
Dreieck

gleichseitig

gleichschenkelig

rechtwinklig

unregelmäßig



$$\text{Flächeninhalt} = \frac{\text{Länge} \cdot \text{Breite}}{2}$$

$$A = \frac{l \cdot b}{2}$$

$$\text{Länge} = \frac{2 \cdot \text{Flächeninhalt}}{\text{Breite}}$$

$$l = \frac{2 \cdot A}{b}$$

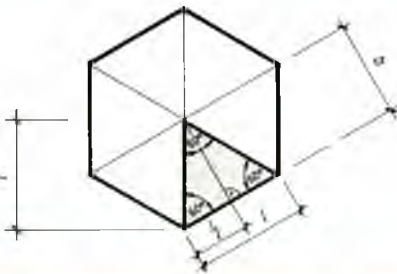
$$\text{Breite} = \frac{2 \cdot \text{Flächeninhalt}}{\text{Länge}}$$

$$b = \frac{2 \cdot A}{l}$$

Regelmäßige Vielecke

Sechseck

Achteck



$$\text{Flächeninhalt}_{\text{Vieleck}} = \text{Eckenzahl} \cdot \text{Flächeninhalt}_{\text{Teildreieck}}$$

$$A_{\text{Vieleck}} = n \cdot \frac{l \cdot a}{2}$$

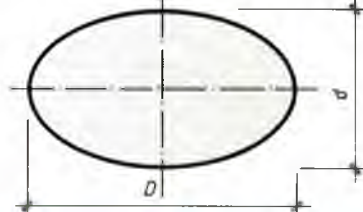
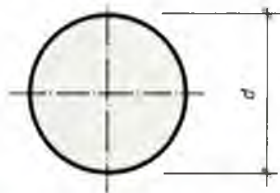
$$l = \frac{2 \cdot A}{n \cdot a}$$

$$a = \frac{2 \cdot A}{n \cdot l}$$

5.3 Krummlinig begrenzte Flächen

Kreis

Ellipse



Kreisumfang

$$U = \pi \cdot d$$

Kreisfläche

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

$$A \approx 0,785 \cdot d^2$$

Kreisdurchmesser

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}}$$

Fläche der Ellipse

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot D \cdot d$$

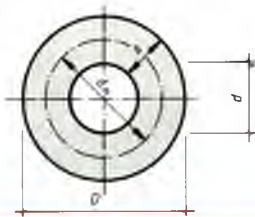
$$A \approx 0,785 \cdot D \cdot d$$

Ellipsendurchmesser

$$D = \frac{4 \cdot A}{\pi \cdot d}$$

$$d = \frac{4 \cdot A}{\pi \cdot D}$$

Kreisring



$$A_{\text{Kreisring}} = A_{\text{Außenkreis}} - A_{\text{Innenkreis}}$$

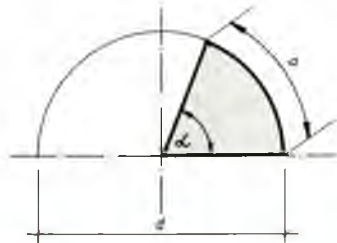
$$A_{\text{Kreisring}} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 - \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

$$A_{\text{Kreisring}} = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2)$$

$$A_{\text{Kreisring}} = \pi \cdot \text{Dicke} (\text{äußerer Durchmesser} - \text{Dicke})$$

$$A_{\text{Kreisring}} = \pi \cdot s \cdot (D - s)$$

Kreisausschnitt



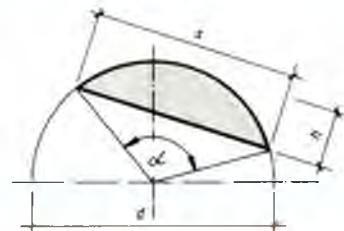
$$A_{\text{Kreisausschnitt}} = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot \frac{\alpha}{360^\circ}$$

$$A_{\text{Kreisausschnitt}} \approx 0,785 \cdot d^2 \cdot \frac{\alpha}{360^\circ}$$

$$A_{\text{Kreisausschnitt}} = \frac{b \cdot d}{4}$$

$$\text{Bogenlänge } b = \pi \cdot d \cdot \frac{\alpha}{360^\circ}$$

Kreisabschnitt



$$A_{\text{Kreisabschnitt}} = A_{\text{Kreisausschnitt}} - A_{\text{Dreieck}}$$

$$A_{\text{Kreisabschnitt}} = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot \frac{\alpha}{360^\circ} - \frac{s \cdot (r - h)}{2}$$

Näherungsformel

$$A_{\text{Kreisabschnitt}} \approx \frac{2}{3} \cdot \text{Sehne} \cdot \text{Höhe}$$

$$A_{\text{Kreisabschnitt}} \approx \frac{2}{3} \cdot s \cdot h$$

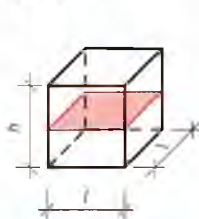
6 Körper

6.1 Einheiten: Kubikmeter (m³), Kubikdezimeter (dm³), Kubikzentimeter (cm³), Kubikmillimeter (mm³)

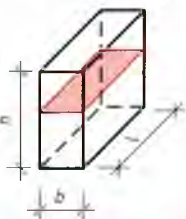
	- 1000	- 1000	- 1000	Multiplikator von Einheit zu Einheit
	m³	dm³	cm³	mm³
m³	1	1000	1000000	1000000000
dm³	0,001	1	1000	1000000
cm³	0,000001	0,001	1	1000
mm³	0,000000001	0,000001	0,001	1
Teiler von Einheit zu Einheit		- 1000	- 1000	- 1000

6.2 Gleichdicke Körper

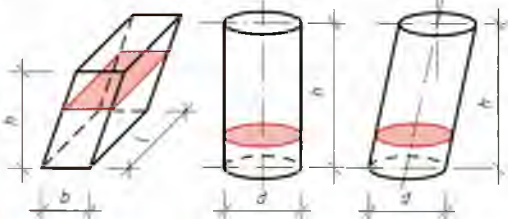
Würfel



Quader



Zylinder



Volumen = Grundfläche · Körperhöhe

$$V = A \cdot h$$

$$\text{Körperhöhe} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Grundfläche}}$$

$$h = \frac{V}{A}$$

$$\text{Grundfläche} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Körperhöhe}}$$

$$A = \frac{V}{h}$$

Oberfläche = Mantelfläche + Grundfläche + Deckfläche

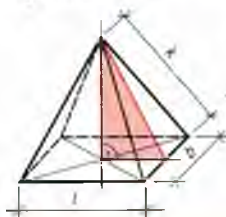
$$O = M + A_{\text{Grundfläche}} + A_{\text{Deckfläche}}$$

Mantelfläche = Körperumfang · Körperhöhe

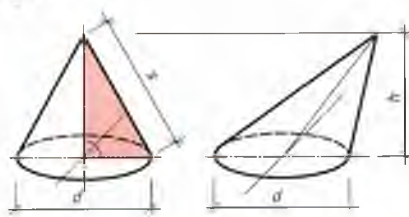
$$M = U \cdot h$$

6.3 Spitze Körper

Pyramide



Kegel



Volumen = $\frac{1}{3}$ · Grundfläche · Körperhöhe

$$V = \frac{1}{3} \cdot A \cdot h$$

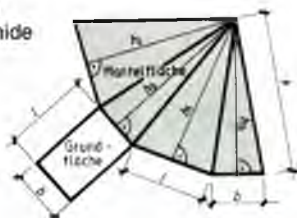
$$\text{Körperhöhe} = \frac{3 \cdot \text{Volumen}}{\text{Grundfläche}}$$

$$h = \frac{3 \cdot V}{A}$$

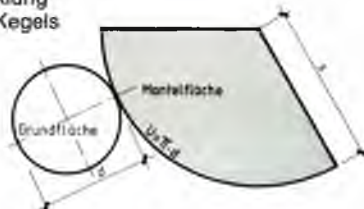
$$\text{Grundfläche} = \frac{3 \cdot \text{Volumen}}{\text{Körperhöhe}}$$

$$A = \frac{3 \cdot V}{h}$$

Abwicklung einer Pyramide



Abwicklung eines Kegels



$$\text{Oberfläche} = \text{Mantelfläche} + \text{Grundfläche}$$

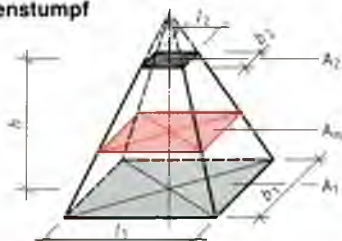
$$O = M + A$$

$$\text{Mantelfläche} = \text{Fläche}_{\text{Kreisausschnitt}}$$

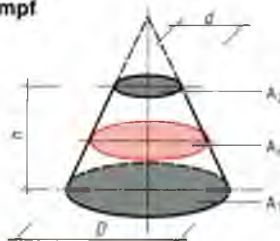
$$M = \frac{\pi \cdot d \cdot s}{2}$$

6.4 Stumpfe Körper

Pyramidenstumpf



Kegelstumpf



$$V_{\text{Pyramidenstumpf}} = V_{\text{ganze Pyramide}} - V_{\text{abgeschnittene Pyramidenspitze}}$$

$$V_{\text{stumpfer Körper}} = \frac{\text{Körperhöhe}}{3} \cdot (\text{Grundfläche} + \text{Deckfläche} + \sqrt{\text{Grundfläche} \cdot \text{Deckfläche}})$$

$$V = \frac{h}{3} \cdot (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \cdot A_2})$$

Pyramidenstumpf mit rechteckiger Grund- und Deckfläche

$$V = \frac{h}{3} \cdot (l_1 \cdot b_1 + l_2 \cdot b_2 + \sqrt{l_1 \cdot b_1 \cdot l_2 \cdot b_2})$$

Kegelstumpf

$$V = \frac{\pi \cdot h}{12} \cdot (D^2 + d^2 + D \cdot d)$$

$$V = 0,262h \cdot (D^2 + d^2 + D \cdot d)$$

Simpsonsche Formel

$$V_{\text{stumpfer Körper}} = \frac{\text{Körperhöhe}}{6} \cdot (\text{Grundfläche} + \text{Deckfläche} + 4 \cdot \text{mittlere Fläche})$$

$$V = \frac{h}{6} \cdot (A_1 + A_2 + 4 \cdot A_m)$$

$$\text{mittlere Fläche} = \text{mittlere Länge} \cdot \text{mittlere Breite}$$

$$A_m = \frac{l_1 + l_2}{2} \cdot \frac{b_1 + b_2}{2}$$

Näherungsweise Berechnung des Volumens

$V_{\text{stumpfer Körper}} \approx \text{mittlere Fläche} \cdot \text{Körperhöhe}$

$$V \approx A_m \cdot h$$

mittlere Fläche $\approx$ mittlere Länge $\cdot$ mittlere Breite

$$A_m \approx l_m \cdot b_m$$

$$l_m = \frac{l_1 + l_2}{2} \quad b_m = \frac{b_1 + b_2}{2}$$

$$V_{\text{Pyramidenstumpf}} = \frac{l_1 + l_2}{2} \cdot \frac{b_1 + b_2}{2} \cdot h$$

mittlere Fläche $\approx 0,785 \cdot (\text{mittlerer Durchmesser})^2$

$$A_m \approx 0,785 \cdot d_m^2$$

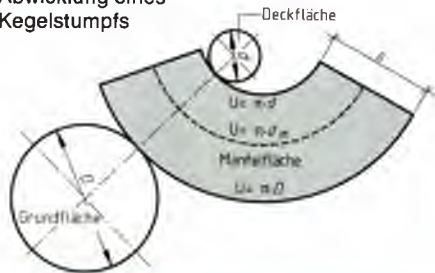
$$d_m = \frac{D + d}{2}$$

$$V_{\text{Kegelstumpf}} \approx 0,785 \cdot \left(\frac{D + d}{2}\right)^2 \cdot h$$

Abwicklung eines
Pyramidenstumpfs



Abwicklung eines
Kegelstumpfs



$O_{\text{stumpfe Körper}} = \text{Mantelfläche} + \text{Grundfläche} + \text{Deckfläche}$

$$O = M + A_1 + A_2$$

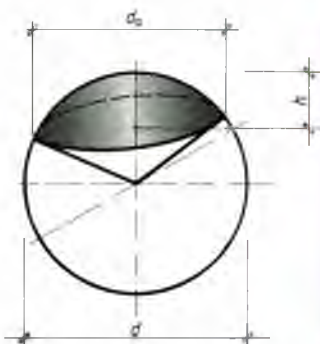
Mantelfläche = Summe der Trapezflächen

Mantelfläche = $\pi \cdot \text{Länge}_{\text{mittlerer Bogen}} \cdot \text{Seitenlinie}$

$$M = \pi \cdot d_m \cdot s \quad \text{oder}$$

$$M = \frac{\pi \cdot s}{2} \cdot (D + d)$$

6.5 Kugel



$$V_{\text{Kugel}} = \frac{\pi}{6} \cdot d^3 \quad V \approx 0,524 \cdot d^3$$

$$O_{\text{Kugel}} = \pi \cdot d^2 \quad O \approx 3,14 \cdot d^2$$

$$V_{\text{Kugelausschnitt}} = \frac{\pi}{6} \cdot d^2 \cdot h \quad V \approx 0,534 \cdot d^2 \cdot h$$

$$O_{\text{Kugelausschnitt}} = \frac{\pi}{4} \cdot d \cdot (4h + d_0) \quad O \approx 0,785 \cdot d \cdot (4h + d_0)$$

$$V_{\text{Kugelaabschnitt}} = \pi \cdot h^2 \cdot \left(\frac{d}{2} - \frac{h}{3}\right) \quad V \approx 3,14 \cdot h^2 \cdot \left(\frac{d}{2} - \frac{h}{3}\right)$$

$$M_{\text{Kugelaabschnitt}} = \pi \cdot d \cdot h \quad M \approx 3,14 \cdot d \cdot h$$

7 Mengenermittlung und Baustoffbedarf

7.1 Erdarbeiten

Tabelle A 17/1: Auflockerung bei Böden, Anhaltswerte

Bodenklassen nach DIN 18300	Beschreibung	Auflockerung	
		in %	Faktor
1 Oberboden	Oberste Schicht des Bodens	15	1,15
2 Fließende Bodenarten	Flüssiger bis breiger Boden, wasserhaltend	–	–
3 Leicht lösbare Bodenarten	Nichtbindige bis schwachbindige Böden	15	1,15
4 Mittelschwer lösbare Bodenarten	Gemische von Sand, Kies, Schluff und Ton	20–25	1,20–1,25
5 Schwer lösbare Bodenarten	Bodenarten der Klassen 3 und 4 mit mehr als 30% Steinen von über 63 mm Korngröße	30–35	1,30–1,35
6 Leicht lösb. Fels u. vergleichb. Bodenarten	Felsarten, die stark klüftig, brüchig oder verwittert sind		
7 Schwer lösbarer Fels	Felsarten mit hoher Gefügesteifigkeit	40–50	1,40–1,50

7.2 Mauerwerksbau

$$\text{Ausbeute in \%} = \frac{\text{Mörtelmenge in l} \cdot 100\%}{\text{lose Masse in l}}$$

$$\text{Ausbeute als VZ} = \frac{\text{lose Masse in l}}{\text{Mörtelmenge in l}}$$

Tabelle A 17/2: Baustoffbedarf für die Herstellung von 1 m³ (1000 Liter) Baustellenmörtel (Normalmörtel) nach Raumteilen (Anhaltswerte)

Mörtel- gruppe MG	Mörtel	Bindemittel – Baukalk (DIN 1060) – Zement (DIN 1164) – Putz- und Mauer- binder (DIN 4211)	Mischungsverhältnis nach Raumteilen			Bindemittelgehalt				Natursand feucht	
						Kalk		Zement			
			Kalk	Zement	Sand	l	kg	l	kg	l	kg
I	Kalkmörtel	Kalkteig	1	–	4	305	380	–	–	1220	1585
		Kalkhydrat	1	–	3	400	200	–	–	1200	1560
		Hydraulischer Kalk HL 2	1	–	3	390	390	–	–	1170	1520
		Hydraulischer Kalk HL 5, Putz- u. Mauerbinder MC 5	1	–	4,5	270	270	–	–	1210	1575
II	Kalk- Zement- Mörtel	Kalkteig	1,5	1	8	220	275	150	180	1180	1535
		Kalkhydrat	2	1	8	280	140	140	168	1120	1455
		Hydraulischer Kalk HL 2	2	1	8	280	225	140	168	1120	1455
		Hydraulischer Kalk HL 5, Putz- u. Mauerbinder MC 5	1	–	3	390	390	–	–	1170	1520
IIa		Kalkhydrat	1	1	6	195	98	195	234	1170	1520
		Hydraulischer Kalk HL 5, Putz- u. Mauerbinder MC 5	2	1	8	280	280	140	168	1120	1455
III	Zement- mörtel	Zement	–	1	4	–	–	300	360	1200	1560
IIIa		Zement	–	1	4	–	–	300	360	1200	1560

Den Tabellenwerten liegen mittlere Schütt- bzw. Rohdichten in kg/dm³ zugrunde, z. B. für Kalkteig und Hydraulischen Kalk 1,25 kg/dm³, Kalkhydrat 0,5 kg/dm³, Hydraulischer Kalk, z. B. HL 5, sowie Putz- und Mauerbinder 1,0 kg/dm³, Zement 1,2 kg/dm³ und lagerfeuchter Sand (3% Feuchte) 1,3 kg/dm³.

An den Zuschlag der Mörtelgruppe IIIa werden erhöhte Anforderungen gestellt.

$$\text{Umrechnung von kg in l:} = \frac{\text{Gewicht in kg}}{\text{Dichte in kg/l}}$$

$$\text{Umrechnung von l in kg:} = \frac{\text{Volumen in l} \cdot \text{Dichte in kg/l}}$$

Tabelle A 18/1: Baustoffbedarf für Mauerwerk aus künstlichen Steinen (Anhaltswerte)

Wand- dicke in cm	Format Kurz- zeichen	Steinmaße $l \times b \times h$ in cm			Anzahl der Schichten je m Höhe	Baustoffbedarf			
						je m ² Wand		je m ³ Wand	
						Steine Stück	Mörtel Liter	Steine Stück	Mörtel Liter
11,5	DF	24	11,5	5,2	16	66	29	—	—
	NF	24	11,5	7,1	12	50	27	—	—
	2 DF	24	11,5	11,3	8	33	19	—	—
	4 DF	24	11,5	23,8	4	16	16	—	—
	8 DF	49	11,5	23,8	4	8	10	—	—
17,5	3 DF	24	17,5	11,3	8	33	29	190	160
	6 DF	24	17,5	23,8	4	16	21	94	120
	7,5 DF	30	17,5	23,8	4	13	18	74	96
	12 DF	49	17,5	23,8	4	8	16	47	91
24	DF	24	11,5	5,2	16	132	70	550	292
	NF	24	11,5	7,1	12	99	65	416	274
	2 DF	24	11,5	11,3	8	66	50	276	210
	4 DF	24	24	11,3	8	33	40	137	167
	6 DF	36,5	24	11,3	8	23	38	88	148
	8 DF	24	24	23,8	4	16	26	68	109
	12 DF	36,5	24	23,8	4	11	23	47	96
	16 DF	49	24	23,8	4	8	21	34	88
30	2 DF + 3 DF	24	$\frac{11,5}{17,5}$	11,3	8	33 + 33	60	110 + 110	200
	5 DF	24	30	11,3	8	32	50	110	167
	10 DF	24	30	23,8	4	16	38	55	127
	15 DF	36,5	30	23,8	4	11	31	38	103
	20 DF	49	30	23,8	4	8	28	27	93
36,5	DF	24	11,5	5,2	16	198	114	541	311
	NF	24	11,5	7,1	12	148	100	405	280
	2 DF	24	11,5	11,3	8	98	80	270	220
	2 DF + 3 DF	24	$\frac{11,5}{17,5}$	11,3	8	33 + 45	75	90 + 126	208
	12 DF	24	36,5	23,8	4	16	46	45	126
	15 DF	30	36,5	23,8	4	13	39	37	107
	18 DF	36,5	36,5	23,8	4	11	33	31	92
	24 DF	49	36,5	23,8	4	8	21	23	58
49	DF	24	11,5	5,2	16	264	148	539	302
	NF	24	11,5	7,1	12	198	139	404	284
	2 DF	24	11,5	11,3	8	132	112	269	228
	16 DF	49	24	23,8	4	16	57	33	116
	20 DF	30	49	23,8	4	13	46	26	92

7.3 Betonbau

$$\text{Körnungsziffer } K = \frac{\text{Summe aller Rückstände}}{100}$$

$$D\text{-Summe} = \text{Summe aller Durchgänge}$$

ohne Berücksichtigung des 0,125 mm-Siebes und des Auffangkastens

$$\text{Zugabewasser} = \text{Wasseranspruch} - \text{Oberflächenfeuchte des Zuschlags}$$

$$\text{Wasserzementwert} = \frac{\text{Gewicht des Wassers}}{\text{Gewicht des Zementes}}$$

$$w/z\text{-Wert} = \frac{w}{z}$$

$$\text{Gewicht des Wassers} = \text{Gewicht des Zementes} \cdot \text{Wasserzementwert}$$

$$w = z \cdot w/z\text{-Wert}$$

$$\text{Gewicht des Zementes} = \frac{\text{Gewicht des Wassers}}{\text{Wasserzementwert}}$$

$$z = \frac{w}{w/z\text{-Wert}}$$

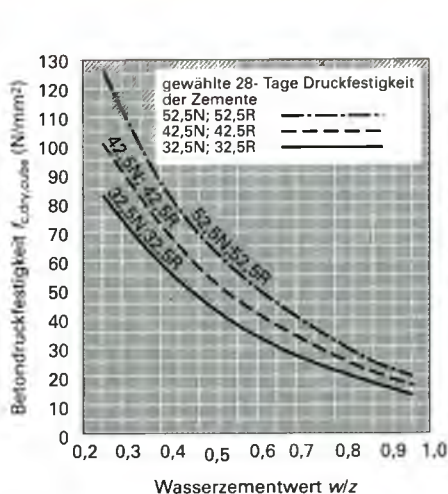


Bild 19/1: Zusammenhang zwischen Beton- und Druckfestigkeit und Wasserzementwert (nach Walz)

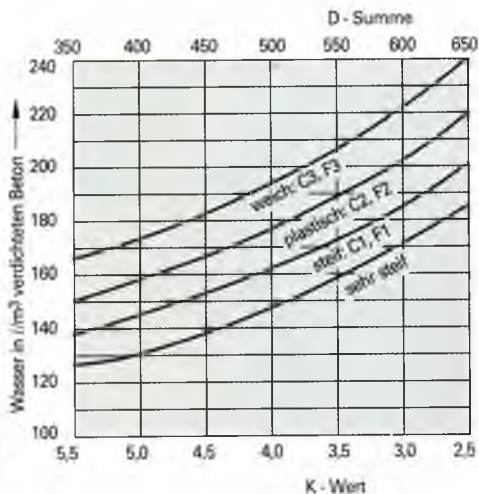


Bild 19/2: Wasseranspruch (bezogen auf oberflächentrockenen Zuschlag)

Tabelle A19/1: Mindestzementgehalt für Standardbeton mit einem Größtkorn von 32 mm und Zement der Festigkeitsklasse 32,5 nach DIN EN 197-1

Druckfestigkeits- klasse	Mindestzementgehalt in kg/m³ für Konsistenzbezeichnungen		
	steif	plastisch	weich
C8/10	210	230	260
C12/15	270	300	330
C16/20	290	320	360

Der Zementgehalt muss vergößert werden um

- 10% bei einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 16 mm,
- 20% bei einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 8 mm.

Der Zementgehalt darf verringert werden um

- höchstens 10% bei Zement der Festigkeitsklasse 42,5 und
- höchstens 10% bei einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 63 mm.

Tabelle A 20/1: Grenzwerte für Zusammensetzung und Eigenschaften von Beton

	Kein Angriffsrisiko durch Korrosion	Bewehrungskorrosion									
		durch Karbonatisierung verursachte Korrosion				durch Chloride verursachte Korrosion					
						Chloride außer aus Meerwasser			Chloride aus Meerwasser		
Expositionsklassen	X0 ^a	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XS1	XS2	XS3
Höchstzulässiger w/z	–	0,75		0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	Siehe XD1	Siehe XD2	Siehe XD3
Mindestdruckfestigkeitsklasse ^c	C8/10	C16/20		C20/25	C25/30	C30/37 ^a	C35/45 ^a	C35/45 ^a			
Mindestzementgehalt ^d in kg/m ³	–	240		260	280	300	320 ^b	320 ^b			
Mindestzementgehalt ^d bei Anrechnung von Zusatzstoffen in kg/m ³	–	240		240	270	270	270	270			
Mindestluftgehalt in %	–	–		–	–	–	–	–			
Andere Anforderungen	–	–									

^a Nur für Beton ohne Bewehrung oder eingebettetes Metall.

^b Für massive Bauteile (kleinste Bauteilabmessung 80 cm) gilt der Mindestzementgehalt von 300 kg/m³.

^c Gilt nicht für Leichtbeton.

^d Bei einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 63 mm darf der Zementgehalt um 30 kg/m³ reduziert werden. In diesem Fall darf^b nicht angewendet werden.

^e Bei Verwendung von Luftporenbeton, z. B. aufgrund gleichzeitiger Anforderungen aus der Expositionsklasse XF, eine Festigkeitsklasse niedriger.

Tabelle A 20/2: Grenzwerte für Zusammensetzung und Eigenschaften von Beton

	Betonangriff												
	Frostangriff						Aggressive chemische Umgebung			Verschleißangriff ^a			
Expositionsklassen	XF1	XF2		XF3		XF4	XA1	XA2	XA3	XM1	XM2		XM3
Höchstzulässiger w/z	0,60	0,55 ^a	0,55 ^a	0,55	0,50	0,50 ^a	0,60	0,50	0,45	0,55	0,55	0,45	0,45
Mindestdruckfestigkeitsklasse ^c	C25/30	C25/30	C35/45	C25/30	C35/45	C30/37	C25/30	C35/45 ^a	C35/45 ^a	C30/37 ^a	C30/37 ^a	C35/45 ^a	C35/45 ^a
Mindestzementgehalt ^d in kg/m ³	280	300	320	300	320	320	280	320	320	300	300	320	320
Mindestzementgehalt ^d bei Anrechnung von Zusatzstoffen in kg/m ³	270	^e	^e	270	270	^e	270	270	270	270	270	270	270
Mindestluftgehalt in %	–	^f	–	^f	–	^f	–	–	–	–	–	–	–
Andere Anforderungen	Gesteinskörnungen mit Regelanforderungen und zusätzlich Widerstand gegen Frost bzw. Frost und Taumittel (siehe DIN 4226-1)						–	–	–	–	Oberflächenbehandlung des Betons ^k	–	Hartstoffe nach DIN 1100
	F ₄	MS ₂₅		F ₂		MS ₁₈							

^a Siehe Fußnoten in Tabelle A 20/1.

^b Siehe Fußnoten in Tabelle A 20/1.

^c Siehe Fußnoten in Tabelle A 20/1.

^d Der mittlere Luftgehalt im Frischbeton unmittelbar vor dem Einbau muss bei einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 8 mm > 5,5% Volumenanteil, 16 mm > 4,5% Volumenanteil, 32 mm > 4,0% Volumenanteil und 63 mm > 3,5% Volumenanteil betragen. Einzelwerte dürfen diese Anforderungen um höchstens 0,5% Volumenanteil unterschreiten.

^e Zusatzstoffe des Types II dürfen zugesetzt, aber nicht auf den Zementgehalt oder den w/z angerechnet werden.

^f Die Gesteinskörnung bis 4 mm Größtkorn müssen überwiegend aus Quarz oder aus Stoffen mindestens gleicher Härte bestehen, das gröbere Korn aus Gestein oder künstlichen Stoffen mit hohem Verschleißwiderstand. Die Körner aller Gesteinskörnungen sollen mäßig raue Oberflächen und gedrungene Gestalt haben. Das Gesteinskörnungsgemisch soll möglichst grobkörnig sein.

¹ Höchstzementgehalt 360 kg/m³, jedoch nicht bei hochfesten Betonen.

² Erdfeuchter Beton mit w/z < 0,40 darf ohne Luftproben hergestellt werden.

³ z.B. Vakuumieren und Flügelfläten des Betons.