

Thomas Krause
Bernd Ulke *Hrsg.*

Zahlentafeln für den Baubetrieb

9. Auflage

Größen, Formeln, Bemessung	Seite 1 bis 61	1
Baustoffe	Seite 63 bis 158	2
Vermessung	Seite 159 bis 177	3
Bauwirtschaft und Baurecht	Seite 179 bis 421	4
Baukosten und Finanzierung	Seite 423 bis 634	5
Leistungsbeschreibung und Bauvertrag	Seite 635 bis 961	6
Bauabrechnung und Mengenermittlung	Seite 963 bis 1027	7
Arbeitsvorbereitung und Ablaufplanung	Seite 1029 bis 1067	8
Baumaschinen	Seite 1069 bis 1163	9
Boden, Baugrube, Verbau	Seite 1165 bis 1246	10
Schalung und Gerüste	Seite 1247 bis 1296	11
Betriebsorganisation	Seite 1297 bis 1389	12
Kalkulation	Seite 1391 bis 1502	13
Schlüsselfertiges Bauen	Seite 1503 bis 1598	14
Unfallverhütung	Seite 1599 bis 1638	15
Literatur- und Sachverzeichnis	Seite 1639 bis 1669	16

Zahlentafeln für den Baubetrieb

Thomas Krause • Bernd Ulke
Herausgeber

Zahlentafeln für den Baubetrieb

9., überarbeitete und aktualisierte Auflage

 Springer Vieweg

Herausgeber
Thomas Krause
FH Aachen
Aachen, Deutschland

Bernd Ulke
FH Aachen
Aachen, Deutschland

ISBN 978-3-658-02837-4 ISBN 978-3-658-02838-1 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-658-02838-1

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Vieweg

© Springer Fachmedien Wiesbaden 1979, 1986, 1992, 1996, 1999, 2002, 2006, 2011, 2016

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften. Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

Lektorat: Karina Danulat

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Fachmedien Wiesbaden ist Teil von Springer Nature
Die eingetragene Gesellschaft ist Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg

Vorwort zur 9. Auflage

Bei den Aufgaben im Bereich Bauwesen sind grundsätzlich die Phasen Bauplanung/Konstruktion und Baubetrieb/Ausführung zu unterscheiden. In beiden Arbeitsbereichen benötigen die Beteiligten jeweils ein unterschiedliches Präsenzwissen, das handlich und in konzentrierter Form für den täglichen Gebrauch verfügbar sein sollte.

Für den Bereich Bauplanung/Konstruktion erfüllt diesen Zweck seit Jahrzehnten das bewährte Tafelwerk „Wendehorst Bautechnische Zahlentafeln“.

Den Bereich Baubetrieb/Bauausführung umfasst das hier in der 9. Auflage vorliegende Werk „Zahlentafeln für den Baubetrieb“. Dieses Buch ist auf dem deutschen Markt nach wie vor das einzige, das den Bereich Baubetrieb in Form eines Nachschlagewerkes umfassend behandelt. Es hat sich durch mittlerweile acht Auflagen beim Studium der Fachrichtungen Bauingenieurwesen und Architektur sowie bei den bauausführenden Praktikern bewährt.

Die 9. Auflage wurde in einer Zeit bearbeitet, in der wieder viele Neuerungen und Weiterentwicklungen im Baubetrieb eingeführt worden sind. Deshalb wurde das Buch nach dem neuesten Stand der DIN-Normen und den einschlägigen deutschen Rechtsnormen bearbeitet. Soweit sinnvoll, wurden auch europäische Normen und Vergaberichtlinien entsprechend berücksichtigt.

Die Entwicklung im Baubetrieb wird insbesondere durch die Neuaufnahme des Abschnitts *Schlüsselfertiges Bauen* berücksichtigt und auch die Abschnitte *Baustoffe* und *Boden, Baugrube, Verbau* wurden durch den Wechsel in der Autorenschaft vollständig überarbeitet.

Nachdem Prof. Hoffmann die „Zahlentafeln für den Baubetrieb“ zusammen mit Prof. Kremer mit der 1. Auflage im Jahre 1979 ins Leben gerufen und bis zur 8. Auflage als Herausgeber betreut hat, haben wir, Prof. Krause und Prof. Ulke nun die Herausgeberschaft übernommen und werden sie gemeinsam für die 9. und weitere Auflagen nach den Intentionen der ersten Herausgeber fortsetzen. Prof. Hoffmann gilt unser besonderer Dank, ebenso allen Autoren der aktuellen Auflage wie auch den ausgeschiedenen Autoren für die zum großen Teil langjährige, konstruktive und angenehme fachliche Zusammenarbeit.

Viele Anregungen der Leser sind in der neuen Auflage umgesetzt worden. Dafür bedanken wir uns. Wir hoffen auch weiterhin auf eine kritische Resonanz. Fachkollegen,

Verbänden und Fachverlagen danken wir für die Überlassung von Unterlagen aus dem im Literaturverzeichnis aufgeführten Schrifttum.

Unser besonderer Dank gilt dem Verlag für die wieder gute Zusammenarbeit bei der Gestaltung des Werkes.

Aachen, Herbst 2015

Thomas Krause
Bernd Ulke

Autorenverzeichnis

Prof. Dr.-Ing. Thomas Krause studierte an der RWTH Aachen Bauingenieurwesen. Nach seiner Promotion am dortigen Institut für Wasserbau war er über acht Jahre für einen großen deutschen Baukonzern tätig, zunächst als Konstrukteur und Statiker, später als Bauleiter auf den verschiedensten Baustellen. Es folgten fünf Jahre bei einer mittelständischen Bauunternehmung als Assistent der Geschäftsleitung und Oberbauleiter. Seit 1995 ist er Professor an der FH Aachen für die Lehrgebiete Baukonstruktion, Schlüsselfertiges Bauen und Bauverfahrenstechnik, insbesondere Schalung und Rüstung.

Prof. Dr.-Ing. Dipl. Wirt.-Ing. Bernd Ulke studierte an der RWTH Aachen Bauingenieurwesen. Im Anschluss an das Studium folgte eine knapp fünfjährige Tätigkeit bei der Philipp Holzmann AG (Bauleitung ICE Neubaustrecke Köln-Rhein/Main). Um im Bereich der Geotechnik zu promovieren, erfolgte ein Wechsel zurück an die RWTH Aachen. Nach seiner Promotion war er bei einem großen Energieversorgungsunternehmen im Bereich des Kraftwerksneubaus in der Bauleitung tätig. Es folgte der Ruf an die Hochschule Mainz im Jahre 2012 für die Lehrgebiete Baubetrieb und Bauwirtschaft. Im Jahr 2015 erfolgte ein Wechsel an die FH Aachen für die Lehrgebiete Baubetrieb und Tiefbautechnik. Er ist von der Ing.-Kammer Rh.-Pf. öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Baupreisermittlung und Abrechnung im Hoch- und Ingenieurbau.

Prof. Dr.-Ing. W. Fix ist freiberuflich als beratender Ingenieur und öbuv Sachverständiger tätig und leitet seit 1989 das Ingenieurbüro für Bauberatung & Bauphysik – ibb in 46514 Schermbeck. Schwerpunkt der gutachterlichen und beratenden Aufgaben sind der Schutz und die Instandsetzung von Stahlbetonbauteilen sowie bauphysikalische Problemstellungen, insbesondere zu Fragen der Abdichtung. Er ist seit 1993 als Professor für das Fach Baustofflehre an der Fachhochschule Münster tätig.

Dipl.-Ing. Jörg Lemke studierte Bergbau an der RWTH Aachen. Nach seinem Studium war er zunächst als Bauleiter im Tiefbau tätig. Seit 1998 ist er als Aufsichtsperson bei der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft beschäftigt. 2013 bekam er einen Lehrauftrag an der Fachhochschule Aachen und war vorher schon als Lehrbeauftragter der Fachhochschule Wiesbaden tätig.

Dipl.-Ing. Dipl.-Kfm. Joachim Martin studierte nach einer Ausbildung zum Baustoffkaufmann und Stuckateur an der FH Aachen Bauingenieurwesen und an der RWTH Aachen Wirtschaftswissenschaften. Danach war er in verantwortlichen Positionen für Bauunternehmen und einer Unternehmensberatung mit Schwerpunkt Bauwirtschaft beschäftigt. Heute ist er als Berater und Dozent im Bauwesen tätig und seit 1997 Lehrbeauftragter an der FH Aachen in baubetrieblichen und betriebswirtschaftlichen Fächern.

Prof. Dipl.-Ing. Stefan Oerder studierte an der RWTH Aachen Bauingenieurwesen, Vertieferrichtung Konstruktiver Ingenieurbau mit dem Schwerpunkt Stahlbau. Seine Tätigkeit im Bereich der Stahlbauforschung setzte er danach für kurze Zeit in einem Ingenieurbüro fort. Anschließend war er mehr als zwölf Jahre für ein großes Bauunternehmen in verantwortungsvoller Position – zuletzt als Oberbauleiter – im Schlüsselfertigbau tätig. Seit 2012 ist er Professor an der TH Köln am Institut für Baubetrieb und Vermessung. Schwerpunkte seines Lehrgebiets sind die Bauverfahren im Hoch- und Schlüsselfertigbau sowie die Kostenrechnung.

Prof. Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt-Ing. Karl-Helmut Schlösser studierte an der RWTH Aachen zunächst Bauingenieurwesen. Anschließend absolvierte er ein wirtschaftswissenschaftliches Aufbaustudium, während er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Baumaschinen und Baubetrieb der TH Aachen tätig war. Es folgten mehrjährige Beschäftigungen im Ausland als Projektleiter im Bereich Planung, Bau und Betrieb von Straßen in Botswana, Tansania und Namibia wie auch leitende Tätigkeiten in Consultingbüros in Deutschland. Seit 1996 arbeitet er im Rahmen der internationalen Zusammenarbeit in der Entwicklung als Gutachter und Consultant in vielen Ländern. 1998 wurde er als Professor für Construction Economics an die FH Lippe und 2000 für Bauorganisation an die Fachhochschule Aachen berufen.

Prof. Dipl.-Ing. Wilfried Streit studierte an der RWTH Aachen Bauingenieurwesen mit der Vertieferrichtung Konstruktiver Ingenieurbau. Anschließend war er 20 Jahre für die große Bau-Aktiengesellschaft tätig, erst im technischen Büro, dann als Bauleiter für Schlüsselfertigbau. Seit 2004 ist er Professor an der FH Aachen für Baukalkulation und Projektmanagement.

Prof. Dr.-Ing. Norbert Winkler Studium an der TU München mit Abschluss als Diplomingenieur im Studiengang Vermessungsingenieurwesen. Nach einjähriger Baustellenpraxis Rückkehr zur TU München an das Institut für Photogrammetrie und Kartografie. Promotion über ein Thema aus der Photogrammetrie. Anschließend Projektleiter in Ingenieurbüros des Bau- und Vermessungswesens im In- und Ausland. Seit 1985 Professor für Vermessungskunde im Fachbereich Bauingenieurwesen an der FH Aachen.

Inhaltsverzeichnis

1	Größen, Formeln, Bemessung	1
	Bearbeitet von Dipl.-Ing. Dipl.-Kfm. Joachim Martin und Dipl.-Ing. Angelika Martin	
2	Baustoffe	63
	Bearbeitet von Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Fix	
3	Vermessung	159
	Bearbeitet von Prof. Dr.-Ing. Norbert Winkler	
4	Bauwirtschaft und Baurecht	179
	Bearbeitet von Prof. Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Karl-H. Schlösser	
5	Baukosten und Finanzierung	423
	Bearbeitet von Prof. Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Karl-H. Schlösser	
6	Leistungsbeschreibung und Bauvertrag	635
	Bearbeitet von Prof. Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Karl-H. Schlösser	
7	Bauberechnung und Mengenermittlung	963
	Bearbeitet von Prof. Dr.-Ing. Thomas Krause	
8	Arbeitsvorbereitung und Ablaufplanung	1029
	Bearbeitet von Prof. Dipl.-Ing., Dipl.-Wirt.-Ing. Karl-Helmut Schlösser	
9	Baumaschinen	1069
	Bearbeitet von Prof. Dr.-Ing. Thomas Krause und M. Eng. Britta Oettel	
10	Boden, Baugrube, Verbau	1165
	Bearbeitet von Prof. Dr.-Ing. Bernd Ulke	
11	Schalung und Gerüste	1247
	Bearbeitet von Prof. Dr.-Ing. Thomas Krause und Dipl.-Ing. Norbert Kremer	
12	Betriebsorganisation	1297
	Bearbeitet von Dipl.-Ing. Dipl.-Kfm. Joachim Martin	

13	Kalkulation	1391
	Bearbeitet von Prof. Dipl.-Ing. Wilfried Streit	
14	Schlüsselfertiges Bauen	1503
	Bearbeitet von Prof. Dipl.-Ing. Stefan Oerder	
15	Unfallverhütung, Arbeits- und Gesundheitsschutz	1599
	Bearbeitet von Dipl.-Ing. Jörg Lemke	
	Literaturverzeichnis	1639
	Sachverzeichnis	1655

Bearbeitet von Dipl.-Ing. Dipl.-Kfm. Joachim Martin
und Dipl.-Ing. Angelika Martin

Inhaltsverzeichnis

1.1	Größen, Einheiten, Zeichen	3
1.2	Mathematik	8
1.2.1	Winkelfunktionen	8
1.2.2	Trigonometrie	9
1.2.3	Zinseszins- und Rentenrechnung	10
1.2.4	Potenzen, Wurzeln, Logarithmen	12
1.2.5	Flächenberechnung	13
1.2.6	Volumenberechnung	14
1.3	Lastannahmen, Einwirkungen	15
1.3.1	Wichten und Flächenlasten (= Eigenlasten) von Baustoffen, -teilen und Lagerstoffen	15
1.3.2	Nutzlasten für Hochbauten	17
1.3.3	Windlasten	18
1.3.4	Schneelasten	20
1.3.5	Hauptlasten für Straßen- und Wegbrücken	23
1.4	Statik	24
1.4.1	Querschnittswerte	24
1.4.2	Elastizitätsmoduln E in $\text{N/mm}^2 = \text{MN/m}^2$	24
1.4.3	Durchbiegung bei häufigen Fällen	25

J. Martin • A. Martin (✉)
Frechen, Deutschland
e-mail: Karina.Danulat@springer.com

* s. auch Wendehorst, Bautechnische Zahlentafeln, 35. Aufl. Wiesbaden, Springer-Vieweg-Verlag 2015 [1.01]

1.4.4	Einfache ebene statisch bestimmte Träger	26
1.5	Mauerwerk	27
1.5.1	Baustoffe	27
1.5.2	Vereinfachtes Berechnungsverfahren für unbewehrtes Mauerwerk	28
1.6	Holzbau	29
1.6.1	Materialeigenschaften	30
1.6.2	Querschnittswerte	33
1.6.3	Einteilige Druckstäbe mit mittigem Kraftangriff	37
1.6.4	Nachweis für einfache Biegung	40
1.7	Stahlbau	41
1.7.1	Charakteristische Werte und Nachweisverfahren	41
1.7.2	Stahlbauprofile	45
1.8	Stahlbetonbau	55
1.8.1	Beton	55
1.8.2	Betonstahl	55
1.8.3	Bemessung für Biegung mit Längskraft	57

1.1 Größen, Einheiten, Zeichen

Zur Gewährung der Einheitlichkeit dürfen im geschäftlichen und amtlichen Verkehr nach der Neufassung des Gesetzes über Einheiten im Messwesen vom 22.2.1985 nur noch die empfohlenen Einheiten des Internationalen Einheitensystems verwendet werden.

Diese **SI-Einheiten** bestehen aus insgesamt 7 Basiseinheiten und den aus ihnen mit dem Faktor 1 abgeleiteten Einheiten.

SI-Basiseinheiten

Basisgröße	Basiseinheit	
	Name	Zeichen
Länge (<i>l</i>)	der Meter	m
Masse (<i>m</i>)	das Kilogramm	kg
Zeit (<i>t</i>)	die Sekunde	s
elektr. Stromstärke (<i>I</i>)	das Ampere	A
Temperatur (<i>T</i>)	das Kelvin	K
Lichtstärke (<i>I</i>)	die Candela	cd
Stoffmenge	das Mol	mol

Dezimale Vielfache oder Teile von Einheiten erhalten international festgelegte Vorsätze.

SI-Vorsätze

Vorsatz			Vorsatz		
Name	Zeichen	Faktor	Name	Zeichen	Faktor
Exa	E	10^{18}	Dezi	d	10^{-1}
Peta	P	10^{15}	Zenti	c	10^{-2}
Tera	T	10^{12}	Milli	m	10^{-3}
Giga	G	10^9	Mikro	μ	10^{-6}
Mega	M	10^6	Nano	n	10^{-9}
Kilo	k	10^3	Piko	p	10^{-12}
Hekto	h	10^2	Femto	f	10^{-15}
Deka	da	10^1	Atto	a	10^{-18}

Um Missverständnisse zu vermeiden, ist das Einheitenzeichen m (Meter) in abgeleiteten Einheiten **hinter** anderen Einheiten zu setzen: mN bedeutet Millinewton, Nm bedeutet Newtonmeter.

kg (Kilogramm) ist die einzige Basiseinheit, die bereits mit einem Vorsatz versehen ist.

In der Regel werden Einheiten so gewählt, dass die Zahlenwerte physikalischer Größen zwischen 0,1 und 1000 liegen bzw. Vielfache von 10^3 , 10^6 usw. sind.

Einheiten technischer Größen (Auswahl aus DIN 1301 (2.78) und anderen DIN-Normen)

Größe	SI-Einheiten	andere Einheiten	Beziehungen
Name und (Zeichen)	Name und (Zeichen)	Name und (Zeichen)	
Länge (l)	Meter (m)	Zoll (")	1" = 25,4 mm; 1 mm = 0,0394"
Fläche (A)	Quadratmeter (m ²)	Ar (a); Hektar (ha)	1 a = 10 ² m ² ; 1 ha = 10 ⁴ m ²
Volumen (V)	Kubikmeter (m ³)	Liter (l)	1 l = 10 ⁻³ m ³ = 1 dm ³
Dehnung (ε)	m/m		m/m (einheitenlos)
Gefälle (J)	m/m		cm/m = ‰; mm/m = ‰
Winkel (α, β, \dots)	Radian (rad)	Gon (gon) Grad (°); Minute ('); Sekunde (")	1 rad = 1 m/m 1 gon = ($\pi/200$) rad 1° = 60' = 3600" = ($\pi/180$) rad
Masse (m)	Kilogramm (kg)	Gramm (g); Tonne (t)	1 g = 10 ⁻³ kg; 1 t = 10 ³ kg
Dichte (ρ)	(kg/m ³)	(kg/dm ³); g/cm ³	Rohdichte = Volumen einschl. Hohlräume
Zeit (t)	Sekunde (s)	Minute (min); Stunde (h) Tag (d); Jahr (a)	1 min = 60 s; 1 h = 60 min; 1 d = 24 h; 1 a = 365 d Angabe von Zeitpunkt: z. B. 3 h 36 m 12 s
Drehzahl (n)	(1/s)	(1/min) auch U/min	1/min = 1/60 s
Geschwindigkeit (v)	(m/s)	(km/h); km = Kilometer	1 m/s = 3,6 km/h
Beschleunigung (a)	(m/s ²)		
Kraft (F)	Newton (N)	Kilonewton (kN) Meganewton (MN)	1 N = 1 kg m/s ² ; 1 kN = 10 ³ N; 1 MN = 10 ⁶ N
Moment (M)	Newtonmeter (Nm); Joule (J)		1 Nm = 1 J = 1 Ws
Spannung (σ, τ)	(N/m ²) oder Pascal (Pa)		1 N/m ² = 1 Pa 1 N/cm ² = 0,1 mN/m ² = 0,1 mPa
Druck (p)	Pascal (Pa)	Bar (bar)	1 bar = 10 ⁵ Pa = 0,1 MPa
		Phys. Atmosphäre (atm)	1 atm = 101,3 · 10 ³ Pa = 1,013 bar = 760 Torr
		Techn. Atmosphäre (at)	1 at = 1 kp/cm ² = 9,81 · 10 ⁴ Pa = 0,981 bar
		Torr (T) = mm Hg	1 Torr = 1 mm Hg = 1,36 · 10 ⁻³ kp/cm ² = 133 Pa
Arbeit, Energie (W) Wärmemenge (Q)	Joule (J)	kWh	1 J = 1 Nm = 1 Ws = 1 kg m ² /s ² 1 kWh = 860 kcal; kWh = 3600 kJ
Leistung (P)	Watt (W)	Pferdestärke (PS)	1 W = 1 J/s = 1 Nm/s = 0,1 kpm/s 1 PS = 736 W = 75 kpm/s

Größe	SI-Einheiten	andere Einheiten	Beziehungen
Name und (Zeichen)	Name und (Zeichen)	Name und (Zeichen)	
el. Stromstärke (I)	Ampere (A)	Kilowattstunde (kWh)	$1 \text{ V} = 1 \text{ W/A}$ $1 \Omega = 1 \text{ V/A}$ $1 \text{ J} = 1 \text{ Ws}$; $1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}$ $1 \text{ W} = 1 \text{ V} \cdot \text{A} = 1 \text{ J/s} = 1 \text{ Nm/s}$
el. Spannung (U)	Volt (V)		
el. Widerstand (R)	Ohm (Ω)		
el. Arbeit (P)	Joule (J)		
el. Leistung (W)	Watt (W)		
Temperatur (T)	Kelvin (K)	Grad Celsius ($^{\circ}\text{C}$)	$T = \theta + 273,15 \text{ K}$
Temperatur (θ)			$\theta = T - 273,15 \text{ K}$ mit $1 \text{ K} = 1^{\circ}\text{C}$

Umrechnung von deutschen und englischen (bzw. amerikanischen) Maßeinheiten nach [1.02]

Längen

inch (Zoll)	foot (ft)	yard (yrd)	mile (engl.)	m	km
1	0,083	0,028	–	0,0254	–
12	1	0,333	–	0,305	–
36	3	1	–	0,914	–
–	–	1760	1	–	1,609
39,37	3,281	1,094	–	1	–
–	–	–	0,621	–	1

Flächen

inch ²	ft ²	yard ²	cm ²	m ²
1	–	–	6,451	–
144	1	0,111	–	0,093
1296	9	1	–	0,836
0,155	–	–	1	–
1550	10,764	1,196	–	1

ha	a	Morgen	km ²	m ²
1	100	4	0,01	10.000
0,01	1	0,04	–	100
0,25	25	1	–	2500
100	10.000	400	1	–

Raummaße

inch ³	ft ³	yard ³	Pint (engl.)	Gallon (engl.)	Gallon (am.)	Barrel (engl.)	Barrel (am.)	cm ³	m ³	Liter (auch engl.)
1	–	–	–	–	–	–	–	16,387	–	–
1728,0	1	0,037	–	–	–	–	–	–	0,0283	28,317
–	27,0	1	–	–	–	–	–	–	0,765	764,55
34,682	0,02	–	1	0,125	–	–	–	568,3	–	0,568
–	–	–	8,0	8,0	1,2	–	–	–	–	4,546
–	–	–	–	0,833	1	–	–	–	–	3,785
–	5,77	0,215	288,0	36,0	–	1	1,028	–	–	163,566
–	5,62	0,208	–	–	42,0	0,972	1	–	–	158,98
0,061	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–
–	35,315	1,308	–	–	–	–	–	–	1	–
–	–	–	1,760	0,22	0,264	–	–	–	–	1

Bezugsmaße auf Flächeneinheiten

lbs/inch ²	lbs/ft ²	lbs/yard ²		kg/cm ²	kg/cm ²
1	144	–	–	0,0703	–
–	1	9	–	–	4,882
–	0,111	1	–	–	0,542
14,226	–	–	–	1	–
–	0,205	1,844	–	–	1

gall/ft ² (engl.)	gall/yard ² (engl.)	gall/ft ² (amer.)	gall/yard ² (amer.)	Liter/m ²
1	9	–	–	48,94
0,111	1	–	–	5,44
–	–	1	9	40,77
–	–	0,111	1	4,53
0,020	0,184	0,025	0,221	1

Liter/ft ²	Liter/yard ²	Liter/m ²
1	9	9,18
0,111	1	1,02
0,093	0,836	1

Massen

Ounce	Engl. Pfund (lb)	long ton	short ton	kg	g
1	0,063	–	–	–	28,35
16	1	–	–	0,454	453,6
–	2240	1	1,120	1016,05	–
–	2000	0,893	1	907,19	–

Temperatur

Celsius in Fahrenheit	°F = 32 + 9/5 °C
Fahrenheit in Celsius	°C = 5/9 (°F – 32)

Geschwindigkeit

mile/Stunde (engl.)	yard/Sek	km/Stunde	m/Sek
1	0,489	1,609	0,447
2,040	1	3,292	0,915
0,622	0,304	1	0,278
2,237	1,093	3,600	1

Bei Statischen Berechnungen empfiehlt es sich, die Einheiten nur in beschränkter Auswahl anzuwenden:

- **Kraft, Einzellast, Schnittkraft:** 1 kN = 1000 N = 0,001 MN
1 MN = 10³ kN = 10⁶ N
- **Moment:** 1 kNm = 100 kNcm
- **Einwirkung, Last, Wichte:** kN; kN/m; kN/m²; kN/m³
- **Spannung, Festigkeit:** 1 MN/m² = 1 N/mm² = 0,1 kN/cm²

Einige früher übliche Einheiten sind nicht mehr zulässig und müssen in gesetzliche Einheiten umgerechnet werden. Dabei wird im Bauwesen die Erdbeschleunigung vereinfacht mit $g = 10 \text{ m/s}^2$ angesetzt.

Umrechnung in gesetzliche Einheiten

Größe	Einheit		Umrechnung im Bauwesen
	Nicht mehr zulässig	Gesetzlich vorgeschrieben	
Kraft	kp (Kilopond)	N (Newton)	0,1 kp = 1 N
			1 kp = 10 N
			100 kp = 1 kN

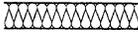
Größe	Einheit		Umrechnung im Bauwesen
	Nicht mehr zulässig	Gesetzlich vorgeschrieben	
Moment	kpm	Nm	0,1 kpm = 1 Nm
			1 kpm = 10 Nm
			100 kpm = 1 kNm
Spannung, Festigkeit	kp/cm ²	N/mm ²	0,1 kp/cm ² = 10 kN/m ²
			1 kp/cm ² = 0,1 N/mm ²
			10 kp/cm ² = 1 N/mm ²

Umrechnung von Grad in Gon ($\pi \approx 3,1416$)

	Grad	Gon	Radian
1 pla = 1 Vollwinkel = 2π rad	360	400	6,28318 ...
1° = 1 Grad	1	$1,1\bar{1}$	$17,45329 \dots 10^{-3}$
1 g = 1 Gon	0,9	1	$15,70796 \dots 10^{-3}$
1 rad = 1 Radian = $180/\pi$	$\frac{180}{\pi} = 57,2955$	$\frac{200}{\pi} = 63,6620$	1

Bauzeichnungen: Kennzeichnung der Schnittflächen von geschnittenen Stoffen nach DIN 1356 (2.95)

Zeile	Anwendungsbereich	Kennzeichnung
1	Boden	
2	Kies	
3	Sand	
4	Beton (unbewehrt)	
5	Beton (bewehrt)	
6	Mauerwerk	
7	Holz, quer zur Faser geschnitten	
8	Holz, längs zur Faser geschnitten	
9	Metall	

Zeile	Anwendungsbereich	Kennzeichnung
10	Mörtel, Putz	
11	Dämmstoffe	
12	Abdichtungen	
13	Dichtstoffe, z. B. Gussasphalt	

1.2 Mathematik

1.2.1 Winkelfunktionen

(Argument in Gradmaß)

$\frac{x}{\text{Grad}}$	$\sin x$	$\tan x$		$\frac{x}{\text{Grad}}$	$\sin x$	$\tan x$	
0	0,0000	0,0000	90	45	0,70711	1,0000	45
1	0,01745	0,01746	89	46	0,71934	1,03553	44
2	0,03490	0,03492	88	47	0,73135	1,07237	43
3	0,05234	0,05241	87	48	0,74314	1,11061	42
4	0,06976	0,06993	86	49	0,75471	1,15037	41
5	0,08716	0,08749	85	50	0,76604	1,19175	40
6	0,10453	0,10510	84	51	0,77715	1,23490	39
7	0,12187	0,12278	83	52	0,78801	1,27994	38
8	0,13917	0,14054	82	53	0,79864	1,32704	37
9	0,15643	0,15838	81	54	0,80902	1,37638	36
10	0,17365	0,17633	80	55	0,81915	1,42815	35
11	0,19081	0,19428	79	56	0,82904	1,48256	34
12	0,20791	0,21256	78	57	0,83867	1,53986	33
13	0,22495	0,23087	77	58	0,84805	1,60033	32
14	0,24192	0,24933	76	59	0,85717	1,66428	31
15	0,25882	0,26795	75	60	0,86603	1,73205	30
16	0,27564	0,28675	74	61	0,87462	1,80405	29
17	0,29237	0,30573	73	62	0,88295	1,88073	28
18	0,30902	0,32492	72	63	0,89101	1,96261	27
19	0,32557	0,34433	71	64	0,89879	2,05030	26
20	0,34202	0,36397	70	65	0,90631	2,14451	25
21	0,35837	0,38386	69	66	0,91355	2,24604	24
22	0,37461	0,40403	68	67	0,92050	2,35585	23
23	0,39073	0,42447	67	68	0,92718	2,47509	22
24	0,40674	0,44523	66	69	0,93358	2,60509	21
25	0,42262	0,46631	65	70	0,93969	2,74748	20
26	0,43837	0,48773	64	71	0,94552	2,90421	19

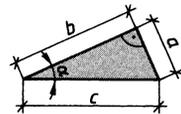
$\frac{x}{\text{Grad}}$	$\sin x$	$\tan x$		$\frac{x}{\text{Grad}}$	$\sin x$	$\tan x$	
27	0,45399	0,50953	63	72	0,95106	3,07768	18
28	0,46947	0,53171	62	73	0,95630	3,27085	17
29	0,48481	0,55431	61	74	0,96126	3,48741	16
30	0,50000	0,57735	70	75	0,96593	3,73205	15
31	0,51504	0,60086	59	76	0,97030	4,01078	14
32	0,52992	0,62487	58	77	0,97437	4,33148	13
33	0,54464	0,64941	57	78	0,97815	4,70463	12
34	0,55919	0,67451	56	79	0,98163	5,14455	11
35	0,57358	0,70021	55	80	0,98481	5,67128	10
36	0,58779	0,72654	54	81	0,98769	6,31375	9
37	0,60182	0,75355	53	82	0,99027	7,11537	8
38	0,61566	0,78129	52	83	0,99255	8,14435	7
39	0,62932	0,80978	51	84	0,99452	9,51436	6
40	0,64279	0,83910	50	85	0,99619	11,43005	5
41	0,65606	0,86929	49	86	0,99756	14,30067	4
42	0,66913	0,90040	48	87	0,99863	19,08114	3
43	0,68200	0,93252	47	88	0,99939	28,63625	2
44	0,69466	0,96569	46	89	0,99985	57,28996	1
45	0,70711	1,00,000	45	90	1,00,000	∞	0
	$\cos x$	$\cot x$	$\frac{x}{\text{Grad}}$		$\cos x$	$\cot x$	$\frac{x}{\text{Grad}}$

1 grad = 10/9 gon

1.2.2 Trigonometrie

Rechtwinkliges Dreieck

$$\sin \alpha = \frac{a}{c} \quad \cos \alpha = \frac{b}{c} \quad \tan \alpha = \frac{a}{b} \quad \cot \alpha = \frac{b}{a}$$



Schiefwinkliges Dreieck

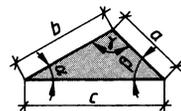
R = Radius des Umkreises

$$s = \frac{1}{2} (a + b + c)$$

r = Radius des Inkreises

Sinussatz

$$a : b : c = \sin \alpha : \sin \beta : \sin \gamma \quad \frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma} = 2R$$



Cosinussatz

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos \alpha \quad (\text{zyklische Vertauschung})$$

Tangenssatz

$$\frac{a+b}{a-b} = \frac{\tan \frac{\alpha+\beta}{2}}{\tan \frac{\alpha-\beta}{2}} \quad \frac{b+c}{b-c} = \frac{\tan \frac{\beta+\gamma}{2}}{\tan \frac{\beta-\gamma}{2}} \quad \frac{a+c}{a-c} = \frac{\tan \frac{\alpha+\gamma}{2}}{\tan \frac{\alpha-\gamma}{2}}$$

Halbwinkelsatz

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{(s-b)(s-c)}{s(s-a)}} \quad \tan \frac{\beta}{2} = \sqrt{\frac{(s-a)(s-c)}{s(s-b)}} \quad \tan \frac{\gamma}{2} = \sqrt{\frac{(s-a)(s-b)}{s(s-c)}}$$

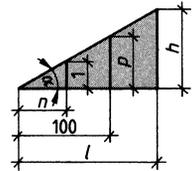
Flächensatz

$$2A = ab \sin \gamma = bc \sin \alpha = ac \sin \beta = 4R^2 \sin \alpha \sin \beta \sin \gamma = \frac{abc}{2R}$$

Neigungsangaben

$$\tan \alpha = 1 : n = \frac{p[\%]}{100} = \frac{h}{l}$$

$$\text{z. B.: } \tan 45^\circ = \tan 50g = 1 : 1 = 100 \%$$

**Trigonometrische Funktionen**

$$\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$\cot \alpha = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$\sin \alpha = \cos(90^\circ - \alpha)$$

$$\cos \alpha = \sin(90^\circ - \alpha)$$

$$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cdot \cos \beta \pm \cos \alpha \cdot \sin \beta$$

$$\cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cdot \cos \beta \mp \sin \alpha \cdot \sin \beta$$

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$$

$$\tan \alpha \cdot \cot \alpha = 1$$

1.2.3 Zinseszins- und Rentenrechnung

Es gibt 6 Grundfälle; in den Formeln werden folgende Bezeichnungen verwendet:

p = Zinsfuß in %; $q = 1 + p/100$ = Zinsfaktor; $i = p/100$.

K_0 = Anfangskapital $\hat{=}$ Barwert, wenn man von einem künftigen Zeitpunkt auf die Gegenwart zurückrechnet.

K_n = Kapital nach n Jahren $\hat{=}$ Endwert einer Rente.

r = Einzelbetrag einer Reihe gleich großer Zahlungen.

n = Anzahl der Verzinsungszeiträume, i. d. R. in Jahren.

Gegeben	Gesucht	Formel	Bezeichnung	Darstellung
K_0 $r = 0$	K_n	$K_n = K_0 \cdot q^n$	Aufzinsung einer einmaligen Einlage (Aufzinsung)	
K_n $r = 0$	K_0	$K_0 = K_n \cdot q^{-n}$	Barwert bei Zinseszins (Abzinsung)	
K_n $K_0 = 0$	r	$r = K_n \cdot \frac{i}{q^n - 1}$	Annuität bei bekanntem Rentenendwert (Rentenabzinsung)	
K_0 $K_n = 0$	r	$r = K_0 \cdot \frac{i \cdot q^n}{q^n - 1}$	Tilgungsrate (Kapitaltilgung)	
r $K_0 = 0$	K_n	$K_n = r \cdot \frac{q^n - 1}{i}$	Rentenendwert	
r $K_n = 0$	K_0	$K_0 = r \cdot \frac{q^n - 1}{i \cdot q^n}$	Barwert einer Rente	

Aufzinsungsfaktoren $q^n = (1 + p/100)^n$

p%	n=															
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70	75	80	90	100
3,00	1,159	1,344	1,558	1,806	2,094	2,427	2,814	3,262	3,782	4,384	5,892	7,918	9,179	10,64	14,30	19,22
3,25	1,173	1,377	1,616	1,896	2,225	2,610	3,063	3,594	4,217	4,949	6,814	9,382	11,01	12,92	17,79	24,49
3,50	1,188	1,411	1,675	1,990	2,363	2,807	3,334	3,959	4,702	5,585	7,878	11,11	13,20	15,68	22,11	31,19
3,75	1,202	1,445	1,737	2,088	2,510	3,017	3,627	4,360	5,242	6,301	9,105	13,16	15,82	19,01	27,47	39,70
4,00	1,217	1,480	1,801	2,191	2,666	3,243	3,946	4,801	5,841	7,107	10,52	15,57	18,95	23,05	34,12	50,50
4,25	1,231	1,516	1,867	2,299	2,831	3,486	4,292	5,285	6,508	8,013	12,15	18,42	22,68	27,93	42,35	64,21
4,50	1,246	1,553	1,935	2,412	3,005	3,745	4,667	5,816	7,248	9,033	14,03	21,78	27,15	33,83	52,54	81,59
5,00	1,276	1,629	2,079	2,653	3,386	4,322	5,516	7,040	8,985	11,4	18,68	30,43	38,83	49,56	80,73	131,5
5,50	1,307	1,708	2,232	2,918	3,813	4,984	6,514	8,513	11,13	14,54	24,84	42,43	55,45	72,48	123,8	211,5
6,00	1,338	1,791	2,397	3,207	4,299	5,743	7,686	10,29	13,76	18,42	32,99	59,08	79,06	105,8	189,5	339,3
7	1,403	1,967	2,759	3,870	5,427	7,612	10,68	14,97	21,00	29,46	57,95	114,0	159,9	224,2	441,1	867,7
8	1,469	2,159	3,172	4,661	6,848	10,06	14,79	21,72	31,92	46,90	101,3	218,6	321,2	472,0	1019	2200
9	1,539	2,367	3,642	5,604	8,623	13,27	20,41	31,41	48,33	74,36	176,0	416,7	641,2	986,6	2336	5529
10	1,611	2,594	4,177	6,727	10,83	17,45	28,10	45,26	72,89	117,4	304,5	789,7	1272	2048	5313	13.781

1.2.4 Potenzen, Wurzeln, Logarithmen

Potenzen

$$a^n = a \cdot a \cdot a \cdot \dots \cdot a \quad (n = \text{Anzahl der Faktoren})$$

$$a^n = \text{Potenz} \qquad a = \text{Basis} \qquad n = \text{Potenzexponent} = \text{Hochzahl}$$

$$a^{-n} = \frac{1}{a^n} \quad (a \neq 0)$$

$$a^1 = a$$

$$a^0 = 1$$

$$p \cdot a^n \pm q \cdot a^n = (p \pm q) \cdot a^n$$

$$a^m \cdot a^n = a^{m+n}$$

$$a^n \cdot b^n = (a \cdot b)^n$$

$$(a^m)^n = a^{m \cdot n}$$

$$\frac{a^m}{a^n} = a^{m-n}$$

$$\frac{a^n}{b^n} = \left(\frac{a}{b}\right)^n$$

Wurzeln

$$\text{aus } a^n = b \text{ folgt: } \sqrt[n]{b} = a$$

$$a = \text{Wurzel}$$

$$b = \text{Radikand}$$

$$n = \text{Wurzelexponent}$$

$$p \cdot \sqrt[n]{b} \pm q \cdot \sqrt[n]{b} = (p \pm q) \cdot \sqrt[n]{b}$$

$$\sqrt[n]{b} \cdot \sqrt[n]{b} = \sqrt[n]{b^{m+n}}$$

$$\sqrt[n]{a} \cdot \sqrt[n]{b} = \sqrt[n]{a \cdot b}$$

$$\sqrt[m]{\sqrt[n]{b}} = \sqrt[m+n]{b}$$

$$\frac{\sqrt[n]{b}}{\sqrt[n]{b}} = \sqrt[m-n]{b^{n-m}}$$

$$\frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}} = \sqrt[n]{\frac{a}{b}}$$

Logarithmen

$$\text{aus } a^n = b \text{ folgt: } \log_a b = n$$

$$a = \text{Basis} \quad b = \text{Numerus} \quad n = \text{Logarithmus} = \text{Exponent}$$

$\log_{10} = \lg$ heißen dekadische oder Brigg'sche Logarithmen

$\log_e = \ln$ heißen natürliche oder Neper'sche Logarithmen mit $e = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{n}\right)^n \approx 2,7183$

Rechenregeln für Basis 10 (dekadisch) gelten für alle anderen Basiszahlen ebenfalls:

$$\lg(a \cdot b) = \lg a + \lg b \qquad \lg\left(\frac{a}{b}\right) = \lg a - \lg b$$

$$\lg(a^n) = n \cdot \lg a \qquad \lg \sqrt[n]{a^m} = \frac{m}{n} \cdot \lg a$$

$$\ln b \cong 2,3026 \cdot \lg b$$

$$\lg b \cong 0,4343 \cdot \ln b$$

Binome

$$(a \pm b)^2 = a^2 \pm 2 \cdot ab + b^2 \qquad a^2 - b^2 = (a + b)(a - b)$$

$$\text{Quadratische Gleichung} \quad x^2 + px + q = 0 \quad x_{1,2} = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{p}{2}\right)^2 - q}$$

Reihen

Arithmetische Reihe: Differenz zwischen 2 benachbarten Gliedern ist konstant:

$$a_1 + (a_1 + d) + (a_1 + 2d) + \dots$$

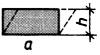
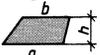
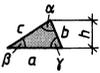
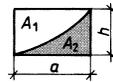
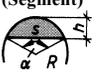
arithmetisches Mittel: $a_i = \frac{a_{i-1} + a_{i+1}}{2}$

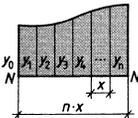
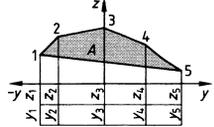
geometrische Reihe: Quotient zwischen 2 benachbarten Gliedern ist konstant:

$$a_1 + a_1 \cdot q + a_1 \cdot q^2 + a_1 \cdot q^3 \dots$$

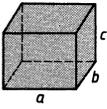
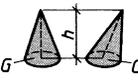
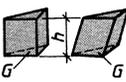
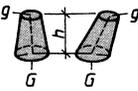
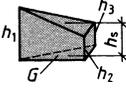
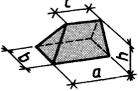
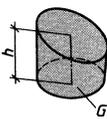
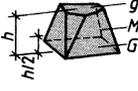
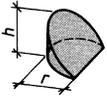
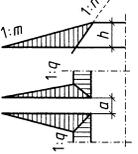
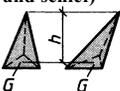
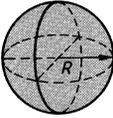
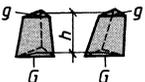
geometrisches Mittel: $a_i = \sqrt{a_{i-1} \cdot a_{i+1}}$

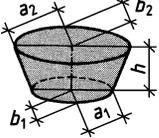
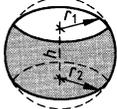
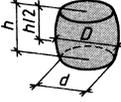
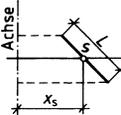
1.2.5 Flächenberechnung

<p>Rechteck, Parallelogramm</p>  <p>$A = a \cdot h$</p>	<p>Kreisringstück</p>  <p>$A = \frac{(R^2 - r^2) \cdot \pi \cdot \alpha}{360^\circ}$ $A = \frac{\hat{b} + \hat{b}}{2} (R - r)$</p>																																
<p>Trapez</p>  <p>$A = \frac{a + b}{2} \cdot h$</p>	<p>Klothoidenabschnitt im Straßebau</p>  <p>$R_m = \frac{2}{1/R_1 + 1/R_2}; \alpha = 2 \arcsin \frac{s}{2R_m}$ $A = \frac{R_m^2 \cdot \pi \cdot \alpha}{400} - \frac{s}{2} \sqrt{R_m^2 - \left(\frac{s}{2}\right)^2}; \alpha \text{ in gon}$</p>																																
<p>Dreieck</p>  <p>$A = \frac{a \cdot h}{2}$</p> <p>Heronische Formel</p> <p>$s = \frac{1}{2}(a + b + c) = \text{halber Umfang}$ $A = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$</p> <p>mittels Winkel</p> <p>$A = \frac{1}{2} \cdot a \cdot b \cdot \sin \gamma$ $= \frac{1}{2} \cdot a \cdot c \cdot \sin \beta$ $= \frac{1}{2} \cdot b \cdot c \cdot \sin \alpha$</p>	<p>Regelmäßige Vielecke (n-Ecke)</p>  <p>$A = n \cdot \frac{s \cdot r}{2} = a \cdot s^2$ $= b \cdot R^2 = c \cdot r^2$</p>																																
<p>Kreis</p>  <p>$A = R^2 \cdot \pi$</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>n</th> <th>a</th> <th>b</th> <th>c</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3</td> <td>0,4330</td> <td>1,2990</td> <td>5,1962</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>1,0000</td> <td>2,0000</td> <td>4,0000</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>1,7205</td> <td>2,3776</td> <td>3,6327</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>2,5981</td> <td>2,5981</td> <td>3,4641</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>4,8284</td> <td>2,8284</td> <td>3,3137</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>7,6942</td> <td>2,9389</td> <td>3,2492</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>11,1960</td> <td>3,0000</td> <td>3,2154</td> </tr> </tbody> </table>	n	a	b	c	3	0,4330	1,2990	5,1962	4	1,0000	2,0000	4,0000	5	1,7205	2,3776	3,6327	6	2,5981	2,5981	3,4641	8	4,8284	2,8284	3,3137	10	7,6942	2,9389	3,2492	12	11,1960	3,0000	3,2154
n	a	b	c																														
3	0,4330	1,2990	5,1962																														
4	1,0000	2,0000	4,0000																														
5	1,7205	2,3776	3,6327																														
6	2,5981	2,5981	3,4641																														
8	4,8284	2,8284	3,3137																														
10	7,6942	2,9389	3,2492																														
12	11,1960	3,0000	3,2154																														
<p>Elipse</p>  <p>$A = a \cdot b \cdot \pi$</p>	 <p>Quadratische Parabel</p> <p>$A_1 = \frac{2}{3} a \cdot h; A_2 = \frac{1}{3} a \cdot h$</p>																																
<p>Kreisabschnitt (Segment)</p>  <p>$A = \frac{R^2 \cdot \pi \cdot \alpha}{360^\circ} - \frac{s}{2} (R - h)$ $A_{\text{flach}} \approx \frac{2}{3} s \cdot h; A_{\text{steil}} \approx \frac{3}{4} s \cdot h$</p>	<p>Kubische Parabel</p> <p>$A_1 = \frac{3}{4} a \cdot h; A_2 = \frac{1}{4} a \cdot h$</p>																																
<p>Kreisausschnitt (Sektor)</p>  <p>$A = \frac{R^2 \cdot \pi \cdot \alpha}{360^\circ} = \frac{R \cdot \hat{b}}{2}$</p>																																	

<p>Beliebige Fläche:</p>  <p>Simpson-Regel: Fläche von beliebiger Achse NN aus in gerade Anzahl gleichbreiter Streifen zerlegen.</p> <p>y_0 bis $y_n \perp NN$</p> $A = \frac{x}{3} [y_0 + y_n + 2(y_2 + y_4 + \dots) + 4(y_1 + y_3 + \dots)]$ <p>Näherungsformel für Erdmassen usw.</p> $A = x \cdot \left[\frac{y_0 + y_n}{2} + \sum (y_1 + \dots + y_{n-1}) \right]$	 <p>Gauß'sche Flächenformeln im Querprofil</p> <p>Dreiecksformeln:</p> $2A = - \sum y_n (z_{n+1} - z_{n-1})$ $2A = \sum z_n (y_{n+1} - y_{n-1})$ <p>günstiger für programmierbare Taschenrechner sind Trapezformeln:</p> $2A = \sum (y_n + y_{n+1})(z_n - z_{n+1})$ $2A = \sum (y_{n+1} - y_n)(z_n + z_{n+1})$
---	--

1.2.6 Volumeberechnung

<p>Quader</p>  $V = a \cdot b \cdot c$	<p>Kegel (gerade und schief)</p>  $V = G \frac{h}{3}$
<p>Prisma (gerade und schief)</p>  $V = G \cdot h$	<p>Kegelstumpf (gerade und schief)</p>  $V = \frac{h}{3} G + \sqrt{G \cdot g} + g$ $V \approx \frac{h}{2} (G + g)$
<p>Prisma (gerade, schief abgeschnitten)</p>  $V = G \cdot h_s$ <p>h_s = Höhe im Schwerpunkt</p> $h_s = \frac{h_1 + h_2 + h_3}{3}$	<p>Keil, Dach</p>  $V = \frac{h \cdot b}{6} (2a + c)$
<p>Zylinder</p>  $V = G \cdot h$	<p>Prismatoid</p>  <p>(Die beliebig geformten Grundflächen liegen in parallelen Ebenen. M ist der zur Grundfläche parallele Querschnitt in halber Höhe.)</p> $V = \frac{h}{6} (G + 4M + g)$
<p>Zylinderhuf</p>  $V = \frac{2 \cdot r^2 \cdot h}{3}$	<p>Rampe</p>  $V = \frac{h}{6} \cdot (m - n) \cdot \left(3 \cdot a + 2 \cdot q \cdot h \cdot \frac{m - n}{m} \right)$
<p>Pyramide (gerade und schief)</p>  $V = G \frac{h}{3}$	<p>Kugel</p>  $V = \frac{4}{3} R^3 \cdot \pi$
<p>Pyramidenstumpf (gerade und schief)</p>  $V = \frac{h}{3} \left(G + \sqrt{G \cdot g} + g \right)$ $V \approx \frac{h}{2} (G + g)$	

<p>Kugelabschnitt (Segment)</p>  $V = \frac{\pi h^2}{3}(3R - h)$ $V = \frac{\pi h}{6}(3r^2 + h^2)$ <p>mit $r = \sqrt{h \cdot (2R - h)}$</p>	<p>Elliptischer Kübel</p>  $V = \frac{\pi h}{6} [(2a_1 + a_2) \cdot b_1 + (2a_2 + a_1) \cdot b_2]$
<p>Kugelschicht</p>  $V = \frac{1}{6}\pi h \cdot (3r_1^2 + 3r_2^2 + h^2)$	<p>Fass</p>  $V = \frac{\pi h}{12}(2D^2 + d^2)$
<p>Drehkörper (Guldin'sche Regel)</p>  <p>$V = \text{erzeugende Fläche mal Weg des Schwerpunkts der Fläche}$</p> $V = A \cdot 2\pi \cdot x_s$	

1.3 Lastannahmen, Einwirkungen

1.3.1 Wichten und Flächenlasten (= Eigenlasten) von Baustoffen, -teilen und Lagerstoffen

Auswahl nach DIN EN 1991-1-1 (12.2010)

Gegenstand	Wichte [kN/m ³]	Gegenstand	Wichte [kN/m ³]
Beton:		Metalle:	
Für Frischbeton sind die Werte um 1 kN/m ³ zu erhöhen		Aluminium	27,0
Leichtbeton:		Aluminiumlegierung	28,0
Rohdichte 0,5 bis 2,0 g/cm ³	5,0 bis 20,0	Blei	114,0
Stahlleichtbeton:		Kupfer-Zinn-Legierung	85,0
Rohdichte 0,5 bis 2,0 g/cm ³	9,0 bis 21,0	Gusseisen	72,5
Normalbeton	24,0	Kupfer	89,0
Stahlbeton	25,0	Magnesium	18,5
Schwerbeton	> 28,0	Kupfer-Zink-Legierung	85,0
Mauerwerk aus künstlichen Steinen:		Nickel	89,0
einschließlich Fugenmörtel und Feuchte		Stahl	78,5
Rohdichte 0,35–0,70 g/cm ³	5,5 bis 9,0	Zink	72,0
Rohdichte 0,80–1,4 g/cm ³	10,0 bis 16,0	Zinn	74,0
Rohdichte 1,6–2,4 g/cm ³	16,0 bis 24,0	Natursteine und Mauerwerk aus Natursteinen:	
Bauplatten und Planbauplatten aus unbewehrtem Porenbeton (DIN 4166):		Amphibolit	30,0
einschließlich Fugenmörtel und Feuchte		Basalt	29,0
Rohdichte 0,35–0,80 g/cm ³	4,5 bis 9,0	Diaba, Diorit	29,0
Dach-, Wand- und Deckenplatten aus bewehrtem Porenbeton (DIN 4223):		Gabbro	29,0
Rohdichte 0,40–0,60 g/cm ³	5,2 bis 7,2	Gneis, Granulit	30,0
Rohdichte 0,65 g/cm ³	7,8	Granit, Syenit, Porphy	28,0
Rohdichte 0,70 g/cm ³	8,4	Grauwacke, Quarzit	27,0
Rohdichte 0,80 g/cm ³	9,5	Kalkstein, dicht, und Dolomit einschließlich	
		Marmor und Muschelkalk	28,0
		Sandstein	27,0

Gegenstand	Wichte [kN/m ³]
Konglomerate	26,0
Ryolith, Trachyt, Travertin	26,0
Schiefer, Syenit	28,0
Tuffstein	20,0
Holz: (halbtrockener Zustand) einschließlich Zuschläge für kleinere Stahlteile, Hartholzteile und Anstriche	
Nadelholz	5,0
Laubholz D 30 bis D 40	7,0
Laubholz D 60	9,0
Laubholz D 70	11,0
Holzwerkstoffe:	
Spanplatten (DIN 68763)	6,0
Baufurniersperrholz nach DIN 68705-3	6,0
Baufurniersperrholz nach DIN 68705-5	8,0
Holzfaserverplatten, Typ HFM nach DIN 68754-1	7,0
Holzfaserverplatten, Typ HFH nach DIN 68754-1	10,0
Flüssigkeiten:	
Benzin	8,0
Erdöl, Dieselöl, Heizöl	10,0
Faulschlamm mit bis 30 % Volumenanteil an Wasser	12,5
über 50 % Volumenanteil an Wasser	11,0
Petroleum	8,0
Wasser	10,0
Gegenstand	Flächenlast je cm Dicke [kN/m ² /cm]
Wandbauplatten aus Gips und Gipskartonplatten (DIN 18180):	
Rohdichteklasse 0,7	0,07
Rohdichteklasse 0,9	0,09
Gipskartonplatten	0,09
Fußboden- und Wandbeläge:	
Asphaltbeton	0,24
Asphaltmastix	0,18
Gussasphalt	0,23
Werksteinplatten, Terrazzo	0,24
Gipsestrich	0,20
Industrieestrich	0,24
Kunstharzestrich	0,22
Zementestrich	0,22
Glasscheiben	0,25
Keramische Wandfliesen	0,19
Keramische Bodenfliesen	0,22
Kunststoff-Bodenbelag	0,15
Linoleum	0,13
Natursteinplatten	0,30
Teppichboden	0,03
Sperr-, Dämm- und Füllstoffe:	
Lose Stoffe:	
Bimskies, geschüttet	0,07
Bläherperlite	0,01

Gegenstand	Flächenlast je cm Dicke [kN/m ² /cm]
Blähschiefer und Blähton	0,15
Faserdämmstoffe	0,01
Hochfenschlackschlacke	0,14
Schaumkunststoffe	0,01
Platten, Matten und Bahnen:	
Asphaltplatten	0,22
Holzwohle-Leichtbau- Platten nach DIN 1101	
Plattendicke ≤ 100 mm	0,06
Plattendicke > 100 mm	0,04
Perliteplatten	0,02
Schaumkunststoffplatten nach DIN V 18164-1 und DIN 18164-2	0,004
Putze ohne und mit Putzträgern: Drahtputz (Rabitzdecken und Verkleidungen), 30 mm Mörteldicke aus	
Gipsmörtel	0,50
Kalk-, Gipskalk-, Gipsandmörtel	0,60
Zementmörtel	0,80
Gipskalkputz auf Putzträgern bei	
30 mm Mörteldicke	0,50
auf Holzwohle-Leicht-Bauplatten bei 20 mm Mörteldicke und	
d = 15 mm	0,35
d = 25 mm	0,45
Gipsputz, Dicke 15 mm	0,18
Kalk-, Kalkgips- und Gipsand- mörtel,	
Dicke 20 mm	0,35
Kalkzementmörtel	
Dicke 20 mm	0,40
Wärmedämmputzsystem:	
Dämmputz, Dicke 20 mm	0,24
Dämmputz, Dicke 60 mm	0,32
Dämmputz, Dicke 100 mm	0,40
Zementmörtel, 20 mm	0,42
Baustoffe als Lagerstoffe:	
Wichte [kN/m³]	
Betonit, lose	8,0
Betonit, gerüttelt	11,0
Blähton, -schiefer (max.)	15,0
Braunkohlenfilterasche	15,0
Flugasche	10,0
Gips, gemahlen	15,0
Glas, in Tafeln	25,0
Drahtglas	26,0
Acrylglas	12,0
Hochofenstückschlacke	17,0
Hochofenschlacke granuliert (Hüttensand)	13,0
Hüttenbims, Naturbims	9,0
Kalk	13,0
Kunststoffe als Granulat	6,5
Zement, gemahlen	16,0
Zementklinker	18,0
Ziegelsand, erdfeucht	15,0

1.3.2 Nutzlasten für Hochbauten

Lotrechte Nutzlasten für Decken, Treppen und Balkone

Auswahl nach DIN EN 1991-1-1 (12.2010)

Nutzung	Beispiel	Flächenlast q_k [kN/m ²]	Einzellast Q_k [kN]
Spitzböden	für Wohnzwecke nicht geeigneter, aber zugänglicher Dachraum bis 1,80 m lichter Höhe	1,0	1,0
Wohn- und Aufenthaltsräume	Decken mit ausreichender Querverteilung der Lasten, Räume und Flure in Wohngebäuden, Bettenräume im Krankenhaus, Hotelzimmer	1,5	–
Wohn- und Aufenthaltsräume	wie vorher, jedoch ohne ausreichende Querverteilung der Lasten	2,0	1,0
Büroflächen, Arbeitsflächen, Flure	Flure im Bürogebäude, Büroflächen, Arztpraxen ohne schweres Gerät, Stationsräume, Aufenthaltsräume	2,0	2,0
	Flure und Küchen im Krankenhaus, Hotel, Altenheim, Internat usw., Behandlungsraum im Krankenhaus einschl. Operationsraum ohne schweres Gerät, Kellerräume im Wohngebäude	3,0	3,0
	wie vorher, jedoch mit schwerem Gerät	5,0	4,0
Versammlungsräume und Räume, die der Ansammlung von Personen dienen können	Flächen mit Tischen, z. B. Kindertagesstätten und -krippen, Schulräume, Cafés, Restaurants, Speisesäle, Empfangsräume, Lesesäle, Lehrerzimmer	3,0	4,0
	Flächen mit fester Bestuhlung, z. B. in Kirchen, Theatern oder Kinos, Wartesäle, Hörsäle, Kongresssäle	4,0	4,0
	Frei begehbare Flächen, z. B. Eingangsbereiche in öffentlichen Gebäuden und Hotels, Museumsflächen, Ausstellungsflächen sowie Flure zu den Versammlungsräumen	5,0	4,0
	Sport- und Spielflächen, z. B. Tanzsäle, Sporthallen, Kraftsporträume, Bühnen	5,0	7,0
	Flächen für große Menschenansammlungen, z. B. in Gebäuden von Konzertsälen, Terrassen und Eingangsbereichen	5,0	4,0
Verkaufsräume	Flächen von Verkaufsräumen bis 50 m ² Grundfläche in Wohn- und Bürogebäuden	2,0	2,0
	Flächen in Einzelhandelsgeschäften und Warenhäusern	5,0	4,0
	wie vorher, jedoch mit erhöhten Einzellasten infolge hoher Lagerregale	5,0	7,0
Treppen und Treppendeste	in Gebäuden mit Wohn-, Aufenthalts-, Büro- und Stationsräumen ohne nennenswerten Publikumsverkehr	3,0	2,0
	in Gebäuden mit erheblichem Publikumsverkehr, in Krankenhäusern, Restaurants, Theater usw. sowie alle Treppen, die als Fluchtweg dienen	5,0	2,0
	Zugänge und Treppen von Tribünen ohne feste Sitzplätze, die als Fluchtweg dienen	7,5	3,0
Zugänge, Balkone und Ähnliches	Dachterrassen, Laubengänge, Loggien usw., Balkone, Ausstiegspodeste	4,0	2,0

Der Nachweis der örtlichen Mindesttragfähigkeit ist mit dem charakteristischen Wert für die Einzellast Q_k ohne Überlagerung mit der Flächenlast q_k zu führen.

Der Einfluss unbelasteter leichter Trennwände darf durch einen gleichmäßig verteilten Zuschlag ($0,8 \text{ kN/m}^2$ bei Wandlasten bis zu 3 kN/m) berücksichtigt werden.

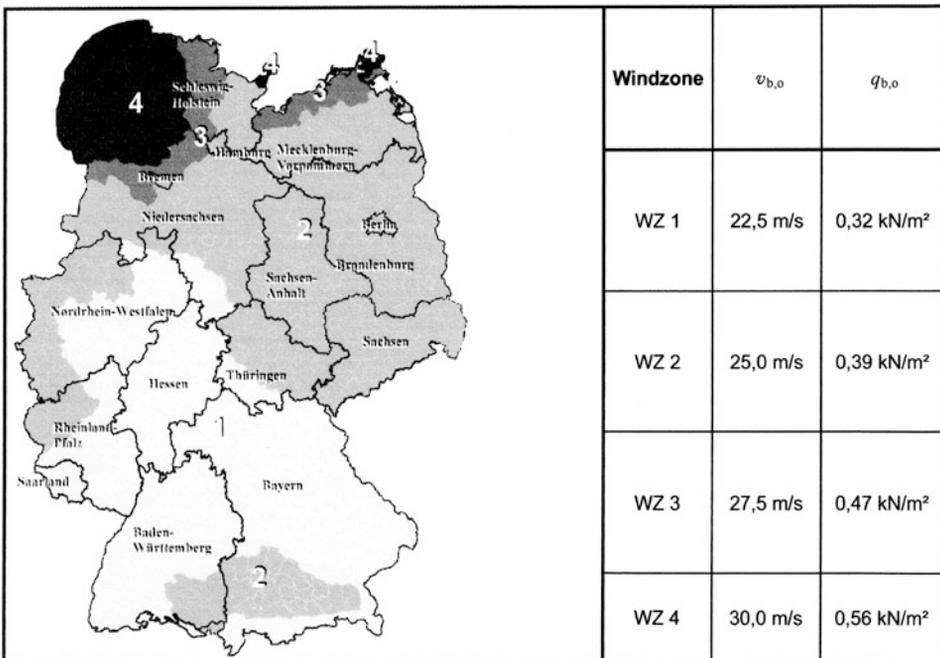
Bei Nutzlasten von 5 kN/m^2 und mehr ist dieser Zuschlag nicht erforderlich.

1.3.3 Windlasten

Windlasten werden als veränderliche und unabhängige Einwirkungen betrachtet und als **Windkräfte** (auf das gesamte Bauwerk wirkend) und als **Winddrücke** (auf Oberflächen von Baukörpern wirkend) erfasst. Sie sind stets senkrecht zur getroffenen Fläche anzusetzen.

Windzonenkarte für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland

Auszug aus DIN EN 1991-1-4 (12.2010):



Die in der Windzonenkarte angegebenen Windgeschwindigkeiten $v_{b,0}$ sind zeitlich gemittelte Werte, die zugehörigen charakteristischen Geschwindigkeitsdrücke $q_{b,0}$ gelten für eine Mittelung über einen Zeitraum von 10 Minuten.

Für die Windlastermittlung nicht schwingungsanfälliger Konstruktionen muss mit einem höheren **Böengeschwindigkeitsdruck** q in Abhängigkeit von der Höhe z über Baugrund und von der Bodenrauigkeit in der Umgebung des Bauwerksstandortes gerechnet werden.

Die Bodenrauigkeit wird über die Einteilung in vier **Geländekategorien** sowie zwei Mischprofile erfasst

Geländekategorie I: Offene See; Seen mit mindestens 5 km freier Fläche in Windrichtung; glattes, flaches Land ohne Hindernisse, $z_0 = 0,01$ m

Geländekategorie II: Gelände mit Hecken, einzelnen Gehöften, Häusern oder Bäumen, z. B. landwirtschaftliches Gebiet, $z_0 = 0,05$ m

Geländekategorie III: Vorstädte, Industrie- oder Gewerbegebiete, Wälder, $z_0 = 0,30$ m

Geländekategorie IV: Stadtgebiete, bei denen mindestens 15 % der Fläche mit Gebäuden bebaut sind, deren mittlere Höhe 15 m überschreitet, $z_0 = 1,00$ m

Mischprofil Küste: Übergangsbereich zwischen Geländekategorie I und II

Mischprofil Binnenland: Übergangsbereich zwischen Geländekategorie II und III

Vereinfachter Böengeschwindigkeitsdruck q_p für Bauwerke bis 25 m Höhe:

Windzone/Geländekategorie		Geschwindigkeitsdruck q_p in kN/m^2 bei einer Gebäudehöhe h in den Grenzen von		
		$h \leq 10$ m	$10 \text{ m} < h \leq 18$ m	$18 \text{ m} < h \leq 25$ m
1	Binnenland	0,50	0,65	0,75
2	Binnenland	0,65	0,80	0,90
	Küste und Inseln der Ostsee	0,85	1,00	1,10
3	Binnenland	0,80	0,95	1,10
	Küste und Inseln der Ostsee	1,05	1,20	1,30
4	Binnenland	0,95	1,15	1,30
	Küste und Inseln der Ostsee, Küste der Nordsee	1,25	1,40	1,55
	Inseln der Nordsee	1,40	–	–

Höhenabhängiger Böengeschwindigkeitsdruck q_p für Bauwerke bis 300 m Höhe:

Geländekategorie	Höhe über Grund	Böengeschwindigkeitsdruck q_p
Binnenland (Mischprofil II u. III)	$z \leq 7$ m	$q_p(z) = 1,5 \cdot q_b$
	$7 \text{ m} < z \leq 50$ m	$q_p(z) = 1,7 \cdot q_b \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,37}$
	$50 \text{ m} < z \leq 300$ m	$q_p(z) = 2,1 \cdot q_b \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,24}$
Küstennahe Gebiete und auf den Inseln der Ostsee (Mischprofil I u. II)	$z \leq 4$ m	$q_p(z) = 1,8 \cdot q_b$
	$4 \text{ m} < z \leq 50$ m	$q_p(z) = 2,3 \cdot q_b \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,27}$
	$50 \text{ m} < z \leq 300$ m	$q_p(z) = 2,6 \cdot q_b \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,19}$
Auf den Inseln der Nordsee (Geländekategorie I)	$z \leq 2$ m	$q_p(z) = 1,1 \text{ kN/m}^2$
	$2 \text{ m} < z \leq 300$ m	$q_p(z) = 1,5 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,19} \text{ kN/m}^2$