

Grundsätzliches

Um sichere, tragfähige Bauteile herstellen zu können, sind Kenntnisse über deren Bemessung erforderlich. Dabei steht die **Sicherheit** im Vordergrund. Statische Berechnungen und Bemessungen von Bauteilen durchzuführen ist die Aufgabe von Bautechnikern und Bauingenieuren. Das Tabellenbuch BAU will einen kleinen Einblick in dieses Gebiet ermöglichen, um die Zusammenhänge zwischen Belastungen, Baustofffestigkeiten und Bemessungsfestigkeiten verstehen zu lernen.

Begriffe, Formelzeichen, Einheiten

Begriff	Formelzeichen	Einheit
Teilsicherheitsbeiwert	γ	–
Spannung	σ	MPa
Bemessungsfestigkeit	f_d	$\left(= \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = \frac{\text{MN}}{\text{m}^2} \right)$
charakteristische Festigkeit	f_k	
ständige Last z. B. Eigenlast	G	N, kN, MN
veränderliche Last z. B. Nutzlast	Q	

Lasten treten auch streckenbezogen (als Streckenlasten in kN/m) oder flächenbezogen (als Flächenlasten in kN/m²) auf.

Ermittlung der Lasten

Die Belastungen eines Bauteils können sich trotz genauer und gewissenhafter Ermittlung verändern. Eine Schneelast kann sich z.B. durch Verwehungen ungünstig verändern oder die Eigenlast eines Baustoffes kann sich erhöhen, wenn er durchfeuchtet. Ebenso kann sich eine Nutzlast auf eine Decke erhöhen, wenn auf der Decke mehr Lasten abgesetzt werden als ursprünglich in der Berechnung angenommen wurde. Um derartigen Problemen gerecht zu werden, müssen die Lasten (ständige und veränderliche Lasten) mit einem Teilsicherheitsbeiwert multipliziert werden.

Die zunächst ermittelten Lasten werden als „charakteristische“ Lasten bezeichnet. Die Bemessungslasten entstehen durch Multiplikation mit den Teilsicherheitsbeiwerten.

Charakteristische Lasten:
ständige Last G_k
veränderliche Last Q_k

Bemessungslast = $\gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_k$
(bei nur einer veränderlichen Last)
Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_G = 1,35$
Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_Q = 1,50$

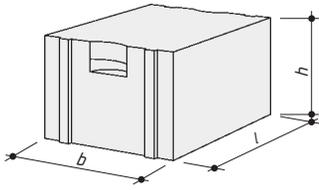
Vereinfacht:

$$\text{Bemessungslast} \approx 1,40 \cdot (G_k + Q_k)$$

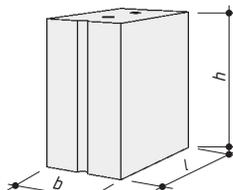
Berechnung der Bemessungsfestigkeiten f_d

Baustoff	Angaben dazu siehe	charakteristische Festigkeit f_k	Bemessungsfestigkeit f_d
Beton (unbewehrt)	Tabellen Seite 37	1. Zahlenwert der Betonbezeichnung z. B. für C 16/20 $f_k = 16 \text{ MPa} \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)$	$f_d = 0,85 \cdot \frac{f_k}{1,80} = \frac{f_k}{2,12}$
Beton (für Stahlbeton)	Tabellen Seite 37	1. Zahlenwert der Betonbezeichnung z. B. für C 25/30 $f_k = 25 \text{ MPa} \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)$	$f_d = 0,85 \cdot \frac{f_k}{1,50} = \frac{f_k}{1,76}$
Betonstahl	Tabelle Seite 54	B 500 $f_k = 500 \text{ MPa} \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)$	$f_d = \frac{f_k}{1,15} = 435 \text{ MPa} \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)$
Baustahl	Tabellen Seite 94	S 235 $f_k = 240 \text{ MPa} \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)$	$f_d = \frac{f_k}{1,10} = 218 \text{ MPa} \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)$
		S 355 $f_k = 360 \text{ MPa} \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)$	$f_d = \frac{f_k}{1,10} = 327 \text{ MPa} \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)$
Bauholz, überdacht eingebaut und bei Langzeitbelastung	Tabellen Seiten 137, 138	unterschiedliche f_k -Werte bei Nadelholz, Laubholz und Brettschichtholz	$f_d = 0,60 \cdot \frac{f_k}{1,30} = \frac{f_k}{2,17}$
Mauerwerk aus künstlichen Steinen aus natürlichen Steinen	Tabellen Seiten 84, 85 Tabelle Seite 93	bei Mauerpfeilern mit $A < 1000 \text{ cm}^2$ $k_0 = 1,25$, sonst 1,0	$f_d = 0,85 \cdot \frac{f_k}{1,50 \cdot k_0} = \frac{f_k}{1,76 \cdot k_0}$

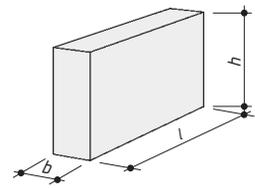
Anwendungsübliche Abmessungen von Porenbetonprodukten



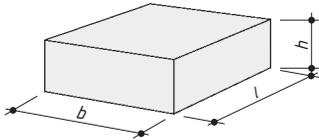
Planstein



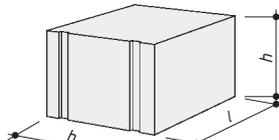
Planelement



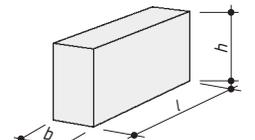
Planbauplatte



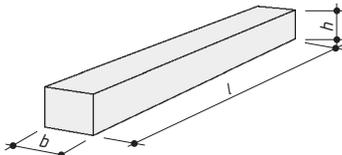
Höhenausgleichsstein



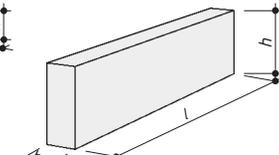
Eckstein



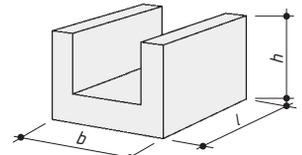
Deckenrandstein



Flachsturz



Tragender Sturz



U-Stein/U-Schale

Produkt	Abmessungen in mm		
	Länge l	Breite b	Höhe h
Planstein	304, 499, 599, 624	115...500	249
Planelement	499, 599, 624, 999	115...365	499, 624
Planbauplatte	499, 599, 624	50... 150	249, 399, 499, 599, 624
Höhenausgleichsstein	499, 599, 624	115...500	100, 124, 199
Eckstein	304, 499, 624		249
Deckenrandstein	499, 599, 624	50... 115	160, 180, 200, 240, 250
Flachsturz	≤ 3000	115, 150, 175 (Auflagertiefe ≥ 115)	124 (+ Übermauerung)
Tragender Sturz	1250...2250	175...365	249
Nichttragender Sturz	1250	75... 150	249
U-Stein	500...625	175...500	249
U-Schale	2500...6000	175...365	

Bedarf an Porenbetonsteinen je m² Mauerwerk

Mit Stoßfugenvermörtelung (Dünnbettmörtel)							
Wanddicke in mm		50		75		100	
Steinabmessungen in mm		Anzahl Steine/m ²	Mörtel ≈ kg/m ²	Anzahl Steine/m ²	Mörtel ≈ kg/m ²	Anzahl Steine/m ²	Mörtel ≈ kg/m ²
Höhe	Länge						
249	599	6,7	0,8	6,7	1,2	6,7	1,5
	624	6,4	0,8	6,4	1,2	6,4	1,5

Ohne Stoßfugenvermörtelung (Dünnbettmörtel)							
Wanddicke in mm		115		150		175	
Steinabmessungen in mm		Anzahl Steine/m ²	Mörtel ≈ kg/m ²	Anzahl Steine/m ²	Mörtel ≈ kg/m ²	Anzahl Steine/m ²	Mörtel ≈ kg/m ²
249	499	–	–	–	–	–	–
	599	6,7	1,6	6,7	2,0	6,7	2,2
	624	6,4	1,6	6,4	2,0	6,4	2,2
499	499	–	–	–	–	4,0	0,9
	599	–	–	–	–	3,3	0,9
624	249	–	–	–	–	6,4	0,75
	374	–	–	–	–	4,3	0,75
	624	–	–	–	–	2,6	0,75

Wanddicke in mm		200		240		300	
Steinabmessungen in mm		Anzahl Steine/m ²	Mörtel ≈ kg/m ²	Anzahl Steine/m ²	Mörtel ≈ kg/m ²	Anzahl Steine/m ²	Mörtel ≈ kg/m ²
249	499	–	–	8,0	3,0	8,0	3,6
	599	6,7	2,5	6,7	2,9	6,7	3,5
	624	6,4	2,5	6,4	2,9	6,4	3,5
499	499	–	–	4,0	1,2	4,0	1,5
	599	–	–	3,3	1,2	3,3	1,5
624	249	–	–	6,4	1,0	6,4	1,3
	374	–	–	4,3	1,0	4,3	1,3
	624	–	–	2,6	1,0	2,6	1,3

Wanddicke in mm		365		400		423	
Steinabmessungen in mm		Anzahl Steine/m ²	Mörtel ≈ kg/m ²	Anzahl Steine/m ²	Mörtel ≈ kg/m ²	Anzahl Steine/m ²	Mörtel ≈ kg/m ²
249	499	8,0	4,2	–	–	8,0	4,8
	599	6,7	4,1	6,7	4,5	6,7	4,7
	624	6,4	4,1	–	–	–	–
499	499	4,0	1,8	–	–	–	–
	599	3,3	1,8	–	–	–	–
624	249	6,4	1,6	–	–	–	–
	374	4,3	1,6	–	–	–	–
	624	2,6	1,6	–	–	–	–

Wanddicke in mm		480		Die angegebenen Mörtelbedarfswerte sind durchschnittliche Verbrauchswerte üblicher Baustellen bei Auftrag mit einer Plankelle bzw. einem Mörtelschlitzen. Je nach Baustelle sind Mörtelverluste bzw. erhöhter Mörtelbedarf einzuplanen, z. B. für: – Vermörteln von Anschlussfugen bei Anwendung von Stumpfstoßtechnik, – planmäßiges Vermörteln der Stoßfugen, z. B. zur Herstellung der Druckzone in der Übermauerung von Stürzen, – Verschließen von unvermörtelten Stoßfugen > 5 mm.
Steinabmessungen in mm		Anzahl Steine/m ²	Mörtel ≈ kg/m ²	
249	499	8,0	6,0	
	599	6,7	5,3	
	624	–	–	
499	499	–	–	
	599	3,3	2,4	
624	249	–	–	
	374	–	–	
	624	–	–	

Grundbegriffe und physikalische Größen (DIN EN ISO 6946)

Wärmestrom ϕ : Er ist die Wärmemenge, die in jeder Sekunde durch einen Baustoff strömt. Die Einheit ist **Watt (W)**.

Wärmeleitfähigkeit λ : Sie gibt den Wärmestrom in Watt an, der sich auf einer Fläche von 1 m² bei einer 1 m dicken Schicht einstellt, wenn der Temperaturunterschied an den beiden Schichtoberflächen 1 Kelvin beträgt.

Wärmedurchlasswiderstand (Wärmeleitwiderstand) R : Er ist der Maßstab für den Wärmeschutz der Bauteile. Je größer der Wärmedurchlasswiderstand eines Bauteiles ist, umso größer ist die Wärmedämmung.

Berechnung:

$$R = \frac{d}{\lambda_B}$$

d = Bauteilschichtdicke in m

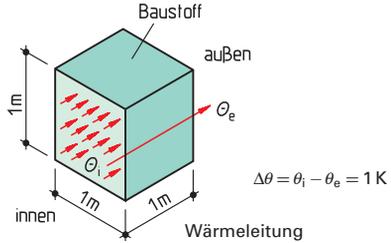
Wärmeübergangswiderstand R_s : Er stellt den Temperaturunterschied in Kelvin zwischen dem Temperaturzustand der Schichtoberfläche und dem Temperaturzustand der anliegenden Luft dar, wenn auf einer Fläche von 1 m² ein Wärmestrom von 1 Watt zugeführt wird.

Wärmedurchgangskoeffizient U : Der gesamte Wärmestrom in Watt, der bei 1 K Temperaturunterschied zwischen Wandinnen- und Wandaußenseite durch 1 m² Wandfläche strömt, wird als **Wärmedurchgangskoeffizient U** bezeichnet. Informationen zum Thema „Wärmedurchgangskoeffizient“ können auf der Webseite „www.u-wert.net“ abgerufen werden.

Gesamt-Wärmedurchgangswiderstand R_{tot} : Er ist der Kehrwert des Wärmedurchgangskoeffizienten und setzt sich zusammen aus dem Wärmedurchlasswiderstand der Konstruktion und den Wärmeübergangswiderständen an den Kontakflächen mit der Luft.

Berechnung:

$$R_{tot} = R_{si} + R + R_{se}$$



Größe	Symbol	Einheit
Wärmestrom	ϕ	W
Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit	$\lambda_B^{1)}$	W/(m · K)
Nennwert der Wärmeleitfähigkeit	$\lambda_D^{2)}$	W/(m · K)
Bemessungswert des Wärmedurchlasswiderstandes	R	(m ² · K)/W
Wärmeübergangswiderstand, innen	R_{si}	(m ² · K)/W
Wärmeübergangswiderstand, außen	R_{se}	(m ² · K)/W
Gesamt-Wärmedurchgangswiderstand	R_{tot}	(m ² · K)/W
Wärmedurchlasskoeffizient	L	W/(m ² · K)
Wärmedurchgangskoeffizient	U	W/(m ² · K)
Celsius-Temperatur	θ	°C
Innentemperatur	θ_i	°C
Außentemperatur	θ_e	°C
Temperaturdifferenz	$\Delta\theta$	K
Bauteildicke	d	m
Rohdichte	ρ	kg/m ³

¹⁾ λ_B ist in Deutschland durch DIN 4108 geregelt und wird für die U -Wert-Berechnung herangezogen.

²⁾ λ_D ist ein EU-weit einheitlicher Basiswert, der nicht zur Berechnung des U -Wertes verwendet werden darf. Soll mit dem Wert gerechnet werden, ist ein Sicherheitszuschlag (siehe Tabelle Seite 110) anzusetzen.

Berechnungsbeispiel für eine Außenwand

Für Außenwände wird gefordert:

- Wärmedurchlasswiderstand $R \geq 1,2$ (m² · K)/W (siehe Tabelle Seite 105)
- Wärmedurchgangskoeffizient $U \leq 0,28$ W/(m² · K) (Referenzausführung, siehe Tabelle Seite 112)

Wandaufbau

Wärmeleitfähigkeiten in W/m K:

Kalkzementputz $\lambda_{B1} = 1,0$

Holzwoleplatte (WW) $\lambda_{B2} = 0,093$

Stahlbeton $\lambda_{B3} = 2,30$

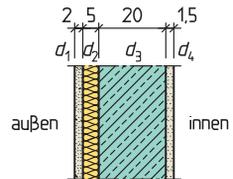
Kalkgipsputz $\lambda_{B4} = 0,70$

Wärmeübergangswiderstände in (m² · K)/W:

$R_{si} = 0,13$ $R_{se} = 0,04$ (siehe Seite 106)

$R = 0,67$ (m² · K)/W < 1,2 (m² · K)/W $U = 1,37$ W/m² K > 0,28 W/(m² · K)

Die Außenwand entspricht in ihrem Aufbau **nicht** den Anforderungen der Energieeinsparverordnung und der DIN 4108-2.



HOLZSCHUTZ

Gebrauchsklassen (GK)

Chemische Holzschutzmaßnahmen sind erforderlich, wenn das Holz der Gefahr von Bauschäden durch **Organismen** ausgesetzt ist. Organismen in diesem Zusammenhang sind Holz zerstörende Pilze, Holz verfärbende Pilze, Käfer, Termiten und marine Organismen (Meereswasserorganismen). In folgender Tabelle werden Holz und Holzprodukte je nach den Gebrauchsbedingungen sechs Gebrauchsklassen zugeordnet. Außerdem enthält die Tabelle auch Informationen über das Auftreten von Organismen.

GK	Holzfeuchte und allgemeine Gebrauchsbedingungen	Gefährdung durch
0	Trocken; Holz unter Dach, nicht der Witterung ausgesetzt	Keine Gefährdung und keine Auswaschbeanspruchung
1	Trocken; Holz unter Dach, nicht der Witterung ausgesetzt	Insekten; keine Auswaschbeanspruchung
2	Gelegentlich feucht; Holz unter Dach, eine hohe Umgebungfeuchte kann zu gelegentlicher Befuchtung führen.	Insekten, Pilze; keine Auswaschbeanspruchung
3	Holz nicht unter Dach, mit Bewitterung, aber ohne ständigen Erd- oder Wasserkontakt 3.1 Gelegentlich feucht	Insekten, Pilze; Auswaschbeanspruchung
	3.2 Häufig feucht	
4	Vorwiegend bis ständig feucht; Holz in Kontakt mit Erde und Süßwasser	Insekten, Pilze, Moderfäule; Auswaschbeanspruchung
5	Ständig feucht; Holz ständig dem Meerwasser ausgesetzt	Insekten, Pilze, Moderfäule, Holzschädlinge im Meerwasser; Auswaschbeanspruchung



VERBINDUNGEN DES INGENIEURHOLZBAUS

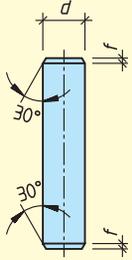
Verbindungen mit stiftförmigen metallischen Verbindungsmitteln

Stiftförmige Verbindungsmittel sind:

- Stabdübel
- Passbolzen
- Bolzen
- Gewindestangen

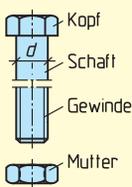
- Nägel
- Schrauben
- Klammern

Stabdübel

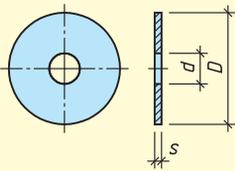
	Durchmesser d in mm	Abfasung f in mm
	6	1
	8	1
	10	1,5
	12	2
	16	2,5
	20	3
	24	3,5

Bolzen und Passbolzen (Beispiele)

(Festigkeitsklasse 3,6, 4,6, 4,8, 5,6, 5,8 und 8,8)

	Schraubenbolzen	Durchmesser d in mm
	M 12	12
	M 16	16
	M 20	20
	M 22	22
	M 24	24

Scheiben für Bolzen und Passbolzen

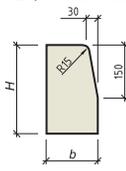
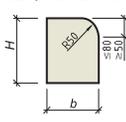
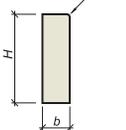
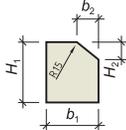
	Für Schraubenbolzen	Innendurchmesser d in mm	Außendurchmesser D in mm	Scheibendicke s in mm
	M 12	14	58	6
	M 16	18	68	6
	M 20	22	80	8
	M 22	25	92	8
	M 24	27	105	8

Anforderungen an Fahrbahndeckenbeton

Belastungs-klasse	Expositions-klasse	Feuchtigkeits-klasse	Druckfestig-keitsklasse	Kornzusammensetzung der Gesteins-körnungen
Bk100 ... Bk1,8	XF 4, XM 2*)	WS	C 30/37	– mindestens 3 (2) Korngruppen: 0/2, 2/8, > 8 mm oder 0/4, 4/8, > 8 mm oder 0/2 oder 0/4, ≤ 8 (für Größtkorn 8 mm) – Größtkorn: 8, 16, 22 oder 32 mm
Bk1,0 ... Bk0,3	XF 4, XM 1*)	WA		– mindestens 2 Korngruppen: 0/4 und > 4 mm – Größtkorn: 16, 22 oder 32 mm

*) Nur für Oberbeton

Vorzugsmaße für Bordsteine aus Beton (DIN 483)

Form	Breite b mm	Höhe H mm	Länge l mm	Form	Breite b mm	Höhe H mm	Länge l mm		
HB (Hochbordstein) 	150 180	250 300	1000 ¹⁾	RB (Rundbordstein) 	150 180	220	1000 ¹⁾		
TB (Tiefbordstein) 	80 100	200 250 300 400	1000 ¹⁾	FB (Flachbordstein) 	b ₁ 100 200 200 300	b ₂ 50 100 100 200	H ₁ 200 200 250 250	H ₂ 50 70 100 150	1000 ¹⁾

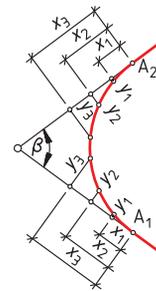
¹⁾ Als Passtücke und zur Verwendung in Kurven auch 250, 333 und 500 mm.

Abstecken von Kreisbögen

Um Kreisbögen abstecken zu können, werden in den Bogenanfängen A₁ und A₂ Tangenten angelegt. In den Abständen X₁, X₂, X₃ usw. von den Bogenanfängen werden von den Tangenten im rechten Winkel die zugehörigen Abstände Y₁, Y₂, Y₃ usw. abgetragen.

Die Y-Werte für verschiedene Radien R können berechnet werden.

$$Y = R - \sqrt{R^2 - X^2}$$



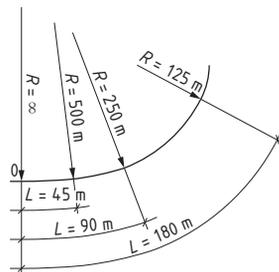
Klothoide (Übergangsbogen)

Klothoide sind Übergangsbögen, die durch stetig veränderten Radius einen kontinuierlichen Übergang zwischen Gerade und Kreisbogen ermöglichen.

Bildungsgesetz für alle Klothoide:

$$R \cdot L = A^2$$

R = Krümmungsradius an der jeweiligen Stelle
 L = Bogenlänge vom Anfangspunkt bis zur jeweiligen Stelle
 A = Klothoidenparameter (Konstante, abhängig von Planungsgeschwindigkeit)



Klothoide A 150