

Bemessung von Mauerwerkswänden mit Tragfähigkeitstafeln

Die bauaufsichtliche Einführung des Eurocodes 6 (DIN EN 1996) führt seitens der Tragwerksplaner sowie auch der Hersteller von Mauersteinen zu dem Wunsch nach Hilfsmitteln für eine schnelle und effiziente Nachweisführung, um die Planung von Mauerwerksbauteilen ökonomisch erfolgreich bewerkstelligen zu können. Hierfür wurden sogenannte Tragfähigkeitstafeln entwickelt. Damit kann ein normengerechter Nachweis der Tragfähigkeit unbewehrter Mauerwerkswände auf Grundlage der vereinfachten Berechnungsmethoden gemäß DIN EN 1996-3/NA [1] erfolgen.

Im Allgemeinen erfolgt die Ermittlung des Bemessungswertes der aufnehmbaren Drucknormalkraft pro Laufmeter Wandlänge n_{Rd} gemäß den vereinfachten Berechnungsmethoden nach DIN EN 1996-3/NA Abschnitt 4 in Abhängigkeit des Traglastfaktors $\Phi_{1/2}$, der Wanddicke t und des Bemessungswertes der Mauerwerkdruckfestigkeit f_d . Letzterer setzt sich aus dem Dauerstandsfaktor ζ , dem Teilsicherheitsbeiwert für das Material γ_M sowie der charakteristischen Mauerwerksdruckfestigkeit f_k zusammen, so dass sich für die Tragfähigkeit ergibt:

$$n_{Rd} = \Phi_{1/2} \cdot t \cdot \frac{\zeta \cdot f_k}{\gamma_M} \quad \text{Gl. (1)}$$

Der Traglastfaktor $\Phi_{1/2}$ errechnet sich aus dem kleineren der beiden Traglastfaktoren am Wandkopf bzw. -fuß Φ_1 und dem Traglastfaktor in Wandhöhenmitte Φ_2 . Dabei erfasst der Traglastfaktor Φ_1 die Auswirkungen der Deckenverdrehung in Abhängigkeit der Deckenstützweite l_f . Der Traglastfaktor Φ_2 berücksichtigt die Auswirkungen nach Theorie II. Ordnung infolge des Einflusses der Schlankheit h_{ef}/t . Beide Traglastfaktoren können zudem eine nur teilweise aufliegende Decke über das Verhältnis von Deckenauflagertiefe zu Wanddicke (a/t) erfassen.

$$\Phi_{1/2} = \min \left\{ \begin{array}{l} \Phi_1 = 1,6 - \frac{l_f}{6} \leq 0,9 \cdot \frac{a}{t} \quad \text{für } f_k \geq 1,8 \frac{N}{mm^2} \\ \text{bzw. } 0,333 \text{ im obersten Geschoss} \\ \Phi_2 = 0,85 \cdot \frac{a}{t} - 0,0011 \cdot \left(\frac{h_{ef}}{t} \right)^2 \end{array} \right\} \quad \text{Gl. (2)}$$

Die Vorgehensweise zur Bestimmung des Bemessungswertes der Tragfähigkeit (Gln. (1) und (2)) lässt sich mit Tragfähigkeitstafeln vereinfachen. In den Tragfähigkeitstafeln ist ein Tafelwert T angegeben, welcher mit der charakteristischen Druckfestigkeit f_k in N/mm^2 vervielfacht den Bemessungswert der aufnehmbaren Drucknormalkraft (n_{Rd}) in kN pro Laufmeter Wandlänge (kN/m) ergibt. Ist der Bemessungswert der einwirkenden Druckkraft kleiner oder gleich dem Bemessungswert der aufnehmbaren Drucknormalkraft, so ist der Nachweis der Standsicherheit erbracht.

$$n_{Ed} \leq n_{Rd} \left[\frac{kN}{m} \right] = T \cdot f_k \left[\frac{N}{mm^2} \right] \quad \text{Gl. (3)}$$

Der Tafelwert T berücksichtigt dabei den für die ständige und vorübergehende Bemessungssituation üblichen Dauerstandsfaktor von $\zeta = 0,85$, den Teilsicherheitsbeiwert auf der Widerstandsseite von $\gamma_M = 1,5$ sowie die Tragfähigkeitsreduzierung infolge der Deckenverdrehung und den Schlankheitseinfluss, welcher normalerweise durch den Traglastfaktor Φ_2 erfasst wird. Bei letzterem wird auch die zulässige Reduzierung der Knicklänge infolge einer aufliegenden Stahlbetondecke für eine 2-seitig gehaltene Mauerwerkswand integral erfasst.

Mittels Gl. (1) lässt sich der Tafelwert unter Berücksichtigung von Gl. (3) wie folgt ausdrücken:

$$T = \Phi_{1/2} \cdot t \cdot \frac{\zeta}{\gamma_M} \quad \text{Gl. (4)}$$

Damit wird offensichtlich, dass die Tafelwerte T der Tragfähigkeitstabellen eine Rückrechnung der Tragfähigkeit der vereinfachten Berechnungsmethoden nach DIN EN 1996-3/NA darstellen. Dementsprechend ergeben sich bei der Bemessung mit den Tragfähigkeitstabellen, bis auf etwaige Rundungsungenauigkeiten, identische Tragfähigkeiten wie bei einer Bemessung nach der vereinfachten Bemessungsmethode (Gln. (1) und (2)). Somit sind die Tragfähigkeitstabellen uneingeschränkt für eine schnelle, normgerechte und dennoch effiziente Bemessung von Mauerwerkswänden verwendbar.

Nach DIN EN 1996-3/NA ist neben dem Bemessungswert der aufnehmbaren Normalkraft bei windbeanspruchten Außenwänden mit geringer Auflast aus Decken und Dächern – z. B. bei parallel zur Wand gespannten Decken – stets eine von der Bemessungswindlast w_a , der Auflagertiefe a und der lichten Wandhöhe h abhängige Mindestauflast nachzuweisen. In den Windzonen 1 und 2 im Binnenland können in aller Regel die praxisüblichen lichten Geschosshöhen problemlos realisiert werden, d. h. der Nachweis der Mindestauflast kann in diesen Windzonen üblicherweise entfallen.

Neben den Tragfähigkeitstabellen sind nachfolgend Beispiele für Bemessung von Außen- und Innenwänden gemäß der vereinfachten Berechnungsmethode nach DIN EN 1996-3/NA Abschnitt 4 dargestellt. Die Tragfähigkeitstabellen beinhalten auch die im Vergleich zu DIN EN 1996-3/NA erhöhten zulässigen lichten Wandhöhen gemäß [2] und [3], welche für die Bemessung von Kalksandsteinmauerwerk nach DIN EN 1996-3/NA für definierte Randbedingungen gültig sind. Insbesondere ist zu beachten, dass die Deckenstützweiten nach DIN EN 1992-1-1/NA 7.4.2 zu begrenzen sind.

Literatur

- [1] DIN EN 1996-3:2010-12 Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten. Teil 3: Vereinfachte Berechnungsmethoden für unbewehrte Mauerwerkswände; in Verbindung mit: DIN EN 1996-3/NA:2012-01; DIN EN 1996-3/NA/A1:2014-03 und DIN EN 1996-3/NA/A2:2015-01. Berlin: Beuth-Verlag
- [2] Graubner, C.-A.; Förster, V.: Erweiterung des vereinfachten Nachweisverfahren von DIN EN 1996-3/NA für hohe Wände aus Kalksandstein. Forschungsbericht F15-13-2014, Institut für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt, 2014.
- [3] Förster, V.; Graubner, C.-A.: Erweiterung des Anwendungsbereichs der vereinfachten Berechnungsmethoden gemäß DIN EN 1996-3/NA für Kalksandsteinmauerwerkswände im obersten Geschoss. Stellungnahme Az 180133, KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft mbH & Co. KG, Frankfurt/Main, 2018.
- [4] Graubner, C.-A.; Förster, V.: Tragfähigkeitstabellen für die Bemessung von Außen- und Innenwänden gemäß den vereinfachten Berechnungsmethoden nach DIN EN 1996-3/NA. Stellungnahme Az 170284, KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft mbH & Co. KG, Frankfurt/Main, 2018.

Autoren

Univ.-Prof. Dr.-Ing. C.-A. Graubner
Dr.-Ing. Valentin Förster
KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft mbH & Co. KG
Stresemannallee 30
60596 Frankfurt / Main

Beispiel Außenwand

Gegeben:	Außenwand unterhalb einer Geschossdecke mit vollaufliegender Decke ($a/t = 1,0$) aus Kalksandsteinplanelementen KS XL (Steinfestigkeitsklasse 12)	
	charakteristische Druckfestigkeit:	$f_k = 9,4 \text{ N/mm}^2$
	Wanddicke	$t = 17,5 \text{ cm}$
	lichte Geschoßhöhe	$h = 2,50 \text{ m}$
	Deckenspannweite	$l_f = 6,00 \text{ m}$
	Bemessungswert der Einwirkung je lfm am Wandfuß	$n_{Ed} = 500 \text{ kN/m}$

Aus Tragfähigkeitstafel abgelesener Tafelwert: $T = 59$

Bemessungswert der aufnehmbaren Drucknormalkraft je Laufmeter Wandlänge am Wandfuß:

$$n_{Rd} = 59 \cdot 9,4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 555 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Nachweis der Tragfähigkeit:

$$n_{Ed} = 500 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \leq n_{Rd} = 555 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Nachweis erbracht!}$$

Beispiel Innenwand

Gegeben:	Innenwand aus Kalksandsteinplanelementen KS XL (Steinfestigkeitsklasse 20)	
	charakteristische Druckfestigkeit:	$f_k = 12,9 \text{ N/mm}^2$
	Wanddicke	$t = 15,0 \text{ cm}$
	lichte Geschoßhöhe	$h = 2,50 \text{ m}$
	Bemessungswert der Einwirkung je lfm	$n_{Ed} = 625 \text{ kN/m}$

Aus Tragfähigkeitstafel abgelesener Tafelwert: $T = 57$

Bemessungswert der aufnehmbaren Drucknormalkraft je Laufmeter Wandlänge am Wandfuß:

$$n_{Rd} = 57 \cdot 12,9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 735 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Nachweis der Tragfähigkeit:

$$n_{Ed} = 625 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \leq n_{Rd} = 735 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Nachweis erbracht!}$$

Tragfähigkeitstafel zur Berechnung der aufnehmbaren Normalkraft pro Laufmeter n_{Rd}										
n_{Rd} [in kN/m] = Tafelwert · f_k [in N/mm ²]										
lichte Wandhöhe h in m	Wanddicke t in cm	Innen- wand	Außenwand							
			Geschossdecke					Dachdecke		
			a/t = 1,0					a/t = 2/3	a/t = 1,0	a/t = 2/3
			Deckenspannweite l_f in m							
			≤ 6,00	4,50	5,00	5,50	6,00	≤ 6,00	≤ 6,00	≤ 6,00
2,50	11,5 ¹⁾²⁾	36	36					-	21	-
	15,0 ²⁾	57	57				51	22	28	22
	17,5	71	71			67	59	33	33	33
	20,0	80	80			77	68	44	37	37
	24,0	102	102			92	81	60	45	45
	30,0	131	131	130	116	102	83	56	56	
	36,5	165	165	158	141	124	106	68	68	
2,75	11,5 ¹⁾²⁾	32	32					-	21	-
	15,0 ²⁾	54	54				51	16	28	16
	17,5	69	69			67	59	29	33	29
	20,0	77	77			77	68	40	37	37
	24,0	99	99			92	81	57	45	45
	30,0	128	128			116	102	80	56	56
	36,5	162	162	158	141	124	104	68	68	
3,00 ³⁾	11,5 ¹⁾²⁾	27	27 ⁸⁾					-	21	-
	15,0 ²⁾	51	51 ⁵⁾					-	28	-
	17,5	66	66				59	-	33	-
	20,0	73	73				68	-	37	-
	24,0	96	96			92	81	-	45	-
	30,0	125	125			116	102	77	56	56
	36,5	160	160	158	141	124	101	68	68	
3,25 ³⁾	11,5 ¹⁾²⁾	23	23 ⁹⁾					-	21	-
	15,0 ²⁾	47	47 ⁶⁾					-	28	-
	17,5	63	63 ⁴⁾				59 ⁴⁾	-	33	-
	20,0	69	69				68	-	37	-
	24,0	93	93			92	81	-	45	-
	30,0	122	122			116	102	74	56	56
	36,5	157	157			141	124	99	68	68
3,50 ³⁾	11,5 ¹⁾²⁾	18	18 ¹⁰⁾					-	18	-
	15,0 ²⁾	43	43 ⁶⁾					-	28	-
	17,5	59	59 ⁵⁾					-	33	-
	20,0	65	65					-	37	-
	24,0	89	89				81	-	45	-
	30,0	119	119			116	102	70	56	56
	36,5	154	154			141	124	96	68	68
3,60 ³⁾	11,5 ¹⁾²⁾	15	15 ¹⁰⁾					-	15	-
	15,0 ²⁾	41	41 ⁷⁾					-	28	-
	17,5	58	58 ⁵⁾					-	33	-
	20,0	63	63					-	37	-
	24,0	88	88				81	-	45	-
	30,0	117	117			116	102	69	56	56
	36,5	153	153			141	124	95	68	68
3,75	24,0	86	-					-	-	-
	30,0	115	-					-	-	-
	36,5	151	151			141	124	93	68	68

Fußnoten und Hinweise siehe nächste Seite

Fortsetzung Tabelle

Tragfähigkeitstabelle zur Berechnung der aufnehmbaren Normalkraft pro Laufmeter n_{Rd} n_{Rd} [in kN/m] = Tafelwert · f _k [in N/mm ²]	
Fußnoten:	
1)	Als einschalige Außenwand nur bei eingeschossigen Garagen und vergleichbaren Bauwerken, die nicht zum dauernden Aufenthalt von Menschen vorgesehen sind. Als Tragschale zweischaliger Außenwände und bei zweischaligen Haustrennwänden bis maximal zwei Vollgeschosse zuzüglich ausgebauten Dachgeschoss; aussteifende Querwände im Abstand ≤ 4,50 m bzw. Randabstand von einer Öffnung ≤ 2,0 m.
2)	Bei Außenwänden: Nutzlast q _k ≤ 3,0 kN/m ² einschließlich Zuschlag für nichttragende innere Trennwände.
3)	Geschosshöhen h > 2,75 m und Wanddicken t < 24,0 cm gemäß [2] u. [3] nur für Kalksandsteinmauerwerk im Regel- und obersten Geschoss mit charakteristischer Druckfestigkeit f _k ≥ 3,9 N/mm ² sowie - Stahlbetondecken ≥ C20/25, Deckendicke h ≥ 16 cm (Begrenzung der Deckenstützweite entsprechend DIN EN 1992-1-1/NA 7.4.2 ist zu beachten), - Fußbodenaufbau Δg _k ≤ 1,5 kN/m ² , - kraftschlüssiger Verbindung der Wände an den Gebäudeecken und - in Bereichen mit großem Menschengedrange (Kategorien C5, C6, T3 gemäß DIN EN 1991-1-1/NA) oder für absturzsichernde Innenwände ist ein Nachweis der Mindestauflast gemäß [3] zu führen oder die Wand ist als nichttragende Wand zu bemessen.
4)	Nur bei f _k ≥ 5,6 N/mm ² (in Windzone 1, 2 und 3 Binnenland auch f _k ≥ 3,9 N/mm ²)
5)	Nur bei f _k ≥ 8,1 N/mm ² (in Windzone 1, 2 und 3 Binnenland auch f _k ≥ 3,9 N/mm ²)
6)	Nur bei f _k ≥ 8,1 N/mm ² (in Windzone 1, 2 und 3 Binnenland auch f _k ≥ 5,6 N/mm ²)
7)	Nur bei f _k ≥ 10,5 N/mm ² (in Windzone 1, 2 und 3 Binnenland auch f _k ≥ 5,6 N/mm ²)
8)	Nur bei f _k ≥ 10,5 N/mm ² (in Windzone 1, 2 und 3 Binnenland auch f _k ≥ 8,1 N/mm ²)
9)	Nur bei f _k ≥ 12,9 N/mm ² (in Windzone 1, 2 und 3 Binnenland auch f _k ≥ 8,1 N/mm ²)
10)	Nur bei f _k ≥ 16,0 N/mm ² (in Windzone 1, 2 und 3 Binnenland auch f _k ≥ 10,5 N/mm ²)
Voraussetzungen zur Anwendung:	
- Einhaltung der Anwendungsgrenzen und Randbedingungen der vereinfachten Berechnungsmethoden nach DIN EN 1996-3/NA Kapitel 4.2 (unter Ausnahme der lichten Wandhöhen gemäß [2] u. [3])	
- Charakteristische Mauerwerksdruckfestigkeit f _k ≥ 1,8 N/mm ²	
Hinweise:	
- Keine Interpolation von Zwischenwerten zulässig	
- Die Abminderung der Knicklänge durch flächenaufgelagerte Stahlbetondecken ist integriert (Annahme: zweiseitige Halterung)	
- Teilsicherheitsbeiwert auf der Materialseite γ _M = 1,5; Dauerstandsfaktor ζ = 0,85	
- Nach DIN EN 1996-3/NA Abs. 4.2 ist neben dem Bemessungswert der aufnehmbaren Normalkraft bei windbeanspruchten Außenwänden mit geringer Auflast aus Decken und Dächern – z. B. bei parallel zur Wand gespannten Decken – stets eine Mindestauflast nachzuweisen. In den Windzonen 1 und 2 im Binnenland können die praxisüblichen lichten Geschosshöhen problemlos realisiert werden, d. h. der Nachweis der Mindestauflast kann in diesen Windzonen in aller Regel entfallen.	
- Die Tafelwerte gelten nicht für erddruckbelastete Kellerwände.	
- Alle Angaben erfolgen nach bestem Wissen und Gewissen, aber ohne Gewähr.	

Herausgeber:

Bundesverband Kalksandsteinindustrie e. V.
 Entenfangweg 15, 30419 Hannover
 Telefon: 05 11 / 279 54-0, Telefax: 05 11 / 279 54-54
info@kalksandstein.de, www.kalksandstein.de
www.facebook.com/kalksandstein