

Bemessung von Ziegelmauerwerk im Brandfall nach DIN EN 1996-1-2/NA und nach allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen

1. Einleitung

In diesem Bericht werden die neu definierten Ausnutzungsfaktoren und die Regelungen in bauaufsichtlichen Zulassungen sowie allgemeine Auslegungsfragen erläutert. Zudem wird das grundsätzliche Vorgehen bei der Brandschutzbemessung nach DIN EN 1996-1-2/NA anhand von Beispielen dargestellt.

2. Ausnutzungsfaktoren im Brandfall

Die Tragfähigkeit von Bauteilen ist im Brandfall neben weiteren Faktoren insbesondere auch von der vorhandenen Auflast abhängig (Bild 1).

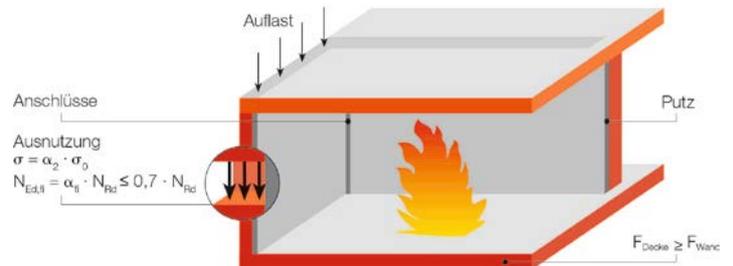


Bild 1: Einflüsse auf den Feuerwiderstand

In DIN 4102-4, DIN EN 1996-1-2/NA und in allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen des DIBt sind für Mauerwerk drei verschiedene Ausnutzungsfaktoren geregelt, deren Definition in der Tabelle 1 zusammen gestellt ist.

Tabelle 1: Definition der Ausnutzungsfaktoren

Ausnutzungsfaktor	Definition	Erläuterung
α_2	$\alpha_2 = 1,0$ entspricht der vollen Tragfähigkeit bei einer Bemessung nach dem vereinfachten Berechnungsverfahren in DIN 1053-1	Der Wert wird in DIN 4102-4 und in allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen verwendet
α_{fi}	$\alpha_{fi} = 0,7$ entspricht der vollen Tragfähigkeit bei einer Bemessung nach DIN EN 1996-1-1/NA bzw. nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung mit den Bemessungsregeln nach DIN EN 1996-1-1/NA	Der Wert für die volle Ausnutzung beträgt nicht 1,0, da die Einwirkung im Brandfall gegenüber der kalten Bemessung entsprechend abgemindert werden darf; Der Wert wird in den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen anstelle des Ausnutzungsfaktors $\alpha_{6,fi}$ verwendet
$\alpha_{6,fi}$	$\alpha_{6,fi} = 0,7$ entspricht der im Brandfall maximal zulässigen Beanspruchung eines Mauerwerksbauteils bei einer Bemessung nach DIN EN 1996.	Die maximal zulässige Beanspruchung entspricht in der Regel der vollen Tragfähigkeit bei einer Bemessung nach dem vereinfachten Berechnungsverfahren der DIN 1053-1; Der Wert wird in DIN EN 1996-1-2/NA für alle Steinarten verwendet

3. Ausnutzungsfaktoren bei einer Bemessung nach DIN EN 1996-1-2/NA

3.1 Ausnutzungsfaktor $\alpha_{6,fi}$

In DIN EN 1996-1-2/NA wird bei allen dort geregelten Steinarten und -sorten der Ausnutzungsfaktor $\alpha_{6,fi}$ verwendet.

Die Definition eines neuen Ausnutzungsfaktors $\alpha_{6,fi}$ als Ersatz für den aus DIN 4102-4 bekannten Ausnutzungsfaktor α_2 wurde erforderlich, da die umfangreichen Tabellenwerte in DIN 4102-4 ohne neue Versuche nicht ohne Weiteres auf eine Bemessung nach DIN EN 1996-1-1/NA übertragen werden konnten.

Der Ausnutzungsfaktor $\alpha_{6,fi}$ ist nach DIN EN 1996-1-2/NA mit den folgenden Formeln zu ermitteln:

$$\alpha_{6,fi} = \omega \cdot \frac{15}{25 - \frac{h_{ef}}{t}} \cdot \frac{N_{Ed,fi}}{l \cdot t \cdot \frac{f_k}{k_0} \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{e_{mk,fi}}{t}\right)} \leq 0,7 \quad \text{für } 10 \leq \frac{h_{ef}}{t} \leq 25 \quad (1)$$

$$\alpha_{6,fi} = \omega \cdot \frac{N_{Ed,fi}}{l \cdot t \cdot \frac{f_k}{k_0} \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{e_{mk,fi}}{t}\right)} \leq 0,7 \quad \text{für } \frac{h_{ef}}{t} < 10 \quad (2)$$

Dabei ist

- $N_{Ed,fi}$ der Bemessungswert der Normalkraft (Einwirkung) im Brandfall
- N_{Rd} der Bemessungswert des vertikalen Tragwiderstands nach DIN EN 1996-1-1/NA bzw. DIN EN 1996-3/NA
- ω ein Anpassungsfaktor der Mauerwerkskenngrößen an die verschiedenen Steinarten (Stein-Mörtel-Kombinationen) auf der Grundlage von Brandprüfungen; dieser ist tabelliert in DIN EN 1996-1-2/NA, Tabelle NA.1
- l die Wandlänge
- t die Wanddicke
- f_k die charakteristische Druckfestigkeit des Mauerwerks
- k_0 ein Faktor zur Berücksichtigung von Wandquerschnitten kleiner als $0,1 \text{ m}^2$ mit $k_0 = 1,25$

Der Ausnutzungsfaktor $\alpha_{6,fi}$ berücksichtigt, dass die maximal zulässigen Normalkräfte nach Eurocode 6 größer oder kleiner sein können als bei einer Bemessung nach dem vereinfachten Berechnungsverfahren in DIN 1053-1.

Dies ergibt sich neben der bei einer genaueren Berechnung im Regelfall ohnehin höheren rechnerischen Tragfähigkeit im Wesentlichen aus der neu definierten Berechnung der Tragfähigkeit für den Versagensfall Knicken sowie aufgrund der neu festgelegten – in einigen Fällen deutlich höheren – charakteristischen Mauerwerksdruckfestigkeiten f_k .

- $e_{mk,fi}$ die planmäßige Ausmitte von $N_{Ed,fi}$ in halber Geschosshöhe; bei Bemessung nach den vereinfachten Berechnungsmethoden nach DIN EN 1996-3/NA mit vollständig aufliegender Decke darf $e_{mk,fi}$ zu Null gesetzt werden, bei teilweise aufliegender Decke darf $(1 - 2 \cdot e_{mk,fi}/t)$ vereinfachend zu a/t angenommen werden.

h_{ef} die Knicklänge der Wand

Die gegenüber dem bisher maßgebenden Grundwert der zulässigen Druckspannung σ_0 deutlich höhere charakteristische Druckfestigkeit f_k wird unter Berücksichtigung der maximalen Ausnutzung im Brandfall nach dem Teilsicherheitskonzept durch den Anpassungsfaktor $\omega = 0,7 f_k / \sigma_0$ dargestellt, s. Tabelle 2.

Tabelle 2: Anpassungsfaktor ω Abhängigkeit der verwendeten Stein-Mörtel-Kombinationen

Zeile	Steine	Mörtel	zugehörige Tabelle in DIN EN 1996-1-1/NA: 2012-05 bzw. DIN EN 1996-3/NA:2012-01	ω	
1	Hochlochziegel HLzA, HLzB Mauertafelziegel T1 Kalksand-Loch- und Hohlblock- steine	NM	NA.4 NA.D.1	2,2	
2	Hochlochziegel HLzW Mauertafelziegel T2, T3, T4	NM	NA.5 NA.D.2	1,8	
3.1	Vollziegel Kalksand-Voll- und Blocksteine	NM	NA.6 NA.D.3	NM II	3,3
3.2				NM IIa	3,0
3.3				NM III, IIIa	2,6
5	Mauerziegel Kalksandsteine	LM	NA.8 NA.D.5	2,2	

3.2 Anwendungsbeispiel zum Ausnutzungsfaktor $\alpha_{6,fi}$

Stein-Mörtelkombination:

Hochlochziegel HLz12-1,2
Normalmauermörtel NM IIa

Wandgeometrie:

Wanddicke: $t = 175$ mm

Wandlänge: $l = 5,00$ m

Wandhöhe: $h = 2,65$ m

Parameter aus der statischen Berechnung:

Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft: $N_{Ed} = 735$ kN

Ausnutzungsfaktor im Brandfall:

$$\alpha_{6,fi} = \omega \cdot \frac{15}{25 - \frac{h_{ef}}{t}} \cdot \frac{N_{Ed,fi}}{l \cdot t \cdot \frac{f_k}{k_0} \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{e_{mk,fi}}{t}\right)}$$

$$\alpha_{6,fi} = 2,2 \cdot \frac{15}{25 - \frac{1,99}{0,175}} \cdot \frac{515}{5,00 \cdot 0,175 \cdot \frac{5,0 \cdot 10^3}{1,0} \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{0}{0,175}\right)}$$

$$\alpha_{6,fi} = 0,285$$

Knicklänge: $h_{ef} = \rho_2 \cdot h = 0,75 \cdot 2,65 = 1,99$ m

Charakteristische Mauerwerksdruckfestigkeit: $f_k = 5,0$ N/mm²

Erforderliche Parameter für die Brandschutzbemessung:

Bemessungswert der Normalkraft im Brandfall:

$N_{Ed,fi} = 0,7 \cdot 735 = 515$ kN

Anpassungsfaktor: $\omega = 2,2$ (DIN EN 1996-1-2/NA, Tabelle NA.1)

Faktor für kleine Wandquerschnitte: $k_0 = 1,0$

Planmäßige Ausmitte : $e_{mk,fi} = 0$ (voll aufliegende Decke, vereinfachtes Verfahren)

Klassifizierung als tragende, raumabschließende 1schalige Wand:

HLzB 12-1,2: DIN EN 1996-1-2/NA, Tabelle NA.B.1.2, Zeile 1.2

Feuerwiderstandsklasse REI 90
Ausnutzungsfaktor: $\alpha_{6,fi} \leq 0,42$
Mindestwanddicke: 115 mm

Die Anforderungen an die Feuerwiderstandsklasse REI 90 werden mit der vorhandenen Wanddicke von 175 mm erfüllt.

3.3 Ausnutzungsfaktor α_{fi}

Alternativ wird in allen bauaufsichtlichen Zulassungen des DIBt vereinfachend der Ausnutzungsfaktor α_{fi} verwendet.

Dieser wird ermittelt durch:

$$\alpha_{fi} = \frac{N_{Ed,fi}}{N_{Rd}} \quad (3)$$

Der Ausnutzungsfaktor α_{fi} entspricht bei $\alpha_{fi} = 0,7$ - unter Berücksichtigung des Bemessungswertes der einwirkenden Normalkraft im Brandfall mit $N_{Ed,fi} = 0,7 \cdot N_{Ed}$ - der vollen Ausnutzung bei der Kaltbemessung nach DIN EN 1996-1-1/NA (Eurocode 6, genaueres Verfahren).

Diese Werte wurden auf der Basis von aktuellen Brandversuchen mit der vollen Auflast nach DIN EN 1996-1-1/NA ermittelt.

Die erforderliche Wanddicke bei Anwendung des Faktors α_{fi} kann direkt in den Tabellen in den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung abgelesen werden.

3.4 Anwendungsbeispiel zum Ausnutzungsfaktor α_{fi}

Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung

Stein-Mörtelkombination:

Plan-Hochlochziegel PHLzB 12-1,2
Dünnbettmörtel DM

Wandgeometrie:

Wanddicke: $t = 240$ mm
Wandlänge: $l = 5,00$ m
Wandhöhe: $h = 3,00$ m

Parameter aus der statischen Berechnung (DIN EN 1996-3/NA):

Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft: $N_{Ed} = 1910$ kN

Bemessungswert des Tragwiderstandes:
 $N_{Rd} = \phi_2 * \zeta * (f_k / \gamma_M) * A = 0,711 * 0,85 * 4,7 / 1,5 * 5 * 240 = 2272$ kN

Erforderliche Parameter für die Brandschutzbemessung:

Bemessungswert der Normalkraft im Brandfall:
 $N_{Ed,fi} = 0,7 \cdot 1910 = 1337$ kN

Ausnutzungsfaktor im Brandfall:

$$\alpha_{fi} = \frac{N_{Ed,fi}}{N_{Rd}} = \frac{1337}{2272} = 0,59$$

Klassifizierung als tragende Brandwand (REI-M 90) (z.B. Zulassung Z-17.1-868, Abschnitt 3.6.3, Tabelle 14):

Brandwand
Ausnutzungsfaktor: $\alpha_{fi} \leq 0,70$
Mindestwanddicke: 175 mm (unverputzt)

Die Anforderungen an eine Brandwand (REI-M 90) werden mit der vorhandenen Wanddicke von 240 mm erfüllt.

4. Weitere Regelungen in allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen

Die Bemessung im Brandfall ist in den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen im Abschnitt 3 enthalten.

In den Zulassungen ist häufig sowohl die Bemessung nach DIN 1053-1 als auch die Bemessung nach DIN EN 1996 geregelt. Daher werden zum Brandschutz sowohl die bekannten α_2 -Werte als auch α_{fi} -Werte angegeben.

Die Umrechnung und Überprüfung der zulässigen Tragfähigkeit mit dem Wert $\alpha_{6,fi}$ ist daher bei Mauerwerk nach Zulassungen nicht erforderlich.

Für Einstufungen, die auf „alten“ Brandversuchen mit Belastungen nach DIN 1053-1 basieren, sind ggf. Ausnutzungsfaktoren $\alpha_{fi} < 0,7$ in den Tabellen der Zulassung angegeben, wenn die „kalte“ Tragfähigkeit bei Bemessung nach DIN EN 1996-1-1 höher ist als bei Bemessung nach DIN 1053-1. Auch mit diesen Werten ist die Überprüfung der zulässigen Ausnutzung im Brandfall schnell und einfach möglich, s. Abschnitt 3.4.

5. Verputztes Mauerwerk

Als brandschutztechnisch wirksame Putze sind auch in DIN EN 1996-1-2 die „Nachfolger“ der bereits in DIN 4102-4, Abschnitt 4.5.2.10 entsprechend bewerteten Leichtputze nach DIN 18550-4 bzw. gipshaltige Putze (Mörtelgruppe P IV) nach DIN 18550-2 genannt.

Nach den europäischen Normen sind Gipsputzmörtel nach DIN EN 13279-1 oder Leichtputzmörtel LW oder T nach DIN EN 998-1 brandschutztechnisch wirksam.

Auf Ziegelmauerwerk wurden gute Ergebnisse in aktuellen Versuchen auch mit Kalk-Innenputzen GP CS II nach DIN EN 998-1 erzielt. Diese Putze sind daher in den entsprechenden Zulassungen mit aufgeführt.

Nach wie vor kann ein brandschutztechnisch wirksamer Putz auch durch eine Verblendung aus Mauerwerk oder durch eine zweite Mauerwerksschale (z. B. bei Haustrennwänden) ersetzt werden (DIN EN 1996-1-2/NA - NCI zu 4.2). Bei zweischaligen Wänden ist ein Putz nur auf den Außenseiten erforderlich, nicht-brennbare Wärmedämmschichten sind wie geeignete Putze zu bewerten.

6. Zusammenfassung

DIN EN 1996-1-2 schreibt in Verbindung mit dem nationalen Anhang den bekannten Status von DIN 4102-4 im Wesentlichen fort. In diesem Bericht werden die neu definierten Ausnutzungsfaktoren sowie die Regelungen in bauaufsichtlichen Zulassungen erläutert und das einfache, grundsätzliche Vorgehen bei der Brandschutzbemessung anhand von Beispielen gezeigt. Weitere Informationen zur Brandschutzbemessung nach DIN EN 1996-1-2/NA sind in [1, 2] zusammengestellt.

7. Literatur

[1] Brandschutz mit Mauerwerk aus Planziegeln nach DIN 105-6. Mauerwerk 17 (2013), Heft 3: Mittmann T., Meyer U..

[2] Brandschutzbemessung von Mauerwerk nach Eurocode 6. Mauerwerk 18 (2014), Heft 3/4. Schlundt A., Meyer U.

Bonn, Dezember 2014

Dr. Meyer-AMz