

Ausnutzungsfaktor α_{fi} bei der Brandbemessung

1. Einleitung

Der Nachweis der Tragfähigkeit im Brandfall ist im Geschossbau ein wichtiger Teil der Bemessung.

Der für den Mauerwerksbau abgeleitete Ausnutzungsfaktor wird gemäß DIN EN 1996-1-2/NA [1] ermittelt. In allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen und Bauartgenehmigungen wird der Ausnutzungsfaktor unmittelbar mit α_{fi} angegeben.

Dieser Faktor wird aufgrund von Brandversuchen festgelegt, die für die Inverkehrbringung der Mauerziegel durchgeführt wurden.

In diesem Bericht werden einige Aspekte für die zu treffende Ermittlung des Ausnutzungsfaktors α_{fi} dargestellt.

2. Ausnutzungsfaktor α_{fi} im Brandfall

Nach DIN EN 1996-1-2/NA [1] wird der Ausnutzungsfaktor im Brandfall zu

$$\alpha_{fi} = N_{Ed,fi}/N_{Rd} \quad (1)$$

mit

$N_{Ed,fi}$ Bemessungswert der Einwirkungen im Brandfall

N_{Rd} zugehöriger Bemessungswert des Widerstands im Brandfall

ermittelt.

3. Ermittlung des Bemessungswerts der Einwirkung $N_{Ed,fi}$

Der Bemessungswert der Einwirkungen $N_{Ed,fi}$ wird gemäß DIN EN 1991-1-2 [3] zu:

$$N_{Ed,fi} = \eta_{fi} * N_{Ed} \quad (2.1)$$

ermittelt. Dabei kann vereinfachend und auf der sicheren Seite liegend der Abminderungsbeiwert $\eta_{fi} = 0,7$ angesetzt.

$$N_{Ed,fi} = 0,7 * N_{Ed} \quad (2.2)$$

Für $N_{Ed} = N_{Rd}$ kann α_{fi} damit maximal zu 0,7 werden.

Nach [3] und DIN EN 1996-1-2/NA [1] kann der Abminderungsbeiwert η_{fi} jedoch in Abhängigkeit vom

Verhältnis von veränderlichen und ständigen Lasten nach Bild 1 (aus DIN EN 1996-1-2/NA) auch genauer ermittelt werden und ist dann meist deutlich kleiner als 0,7.

4. Genauere Ermittlung des Abminderungsbeiwerts η_{fi}

Anstelle der vereinfachten Annahme des Abminderungsbeiwerts $\eta_{fi} = 0,7$ für die Bemessungslast im Brandfall ist auch eine genauere Ermittlung zulässig. Hierfür sieht DIN EN 1996-1-2 [5] eine Berechnungsgleichung vor, nach welcher der Abminderungsbeiwert η_{fi} wie folgt ermittelt werden darf:

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} \cdot Q_{k,1}}{\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1}} \quad (3)$$

Mit

G_k charakteristischer Wert der ständigen Einwirkungen

$Q_{k,1}$ charakteristischer Wert der Leiteinwirkung der veränderlichen Einwirkungen

ψ_{fi} Kombinationsbeiwert für häufige Werte

γ_G Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen

$\gamma_{Q,1}$ Teilsicherheitsbeiwert für die Leiteinwirkung der veränderlichen Einwirkungen

Für den Kombinationsbeiwert ψ_{fi} wird üblicherweise auf der sicheren Seite liegend der Wert ψ_1 für Nutzlasten in Wohn- und Bürogebäuden zu $\psi_{fi} = 0,5$ gemäß DIN EN 1990/NA, Tab. NA.A.1.1 [6] für die häufige Einwirkungskombination verwendet.

Gleichung (3) kann auch dann angewendet werden, wenn bei der Schnittgrößenermittlung im Grenzzustand der Tragfähigkeit der Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft gemäß DIN EN 1996-1-1/NA, Abs. 2.4.2 (NA.2) [2] ohne Berücksichtigung eines Kombinationsbeiwertes bestimmt wird.

Auf diese Weise ist je nach Verhältnis zwischen veränderlicher und ständiger Last eine signifikante Reduzierung des Abminderungsbeiwerts η_{fi} für die Bemessungslast im Brandfall möglich.

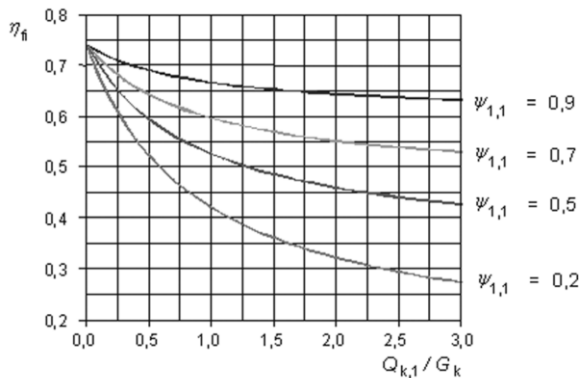


Bild 1: Abminderungsbeiwert η_{fi} in Abhängigkeit vom Verhältnis $Q_{k,1}/G_k$ für verschiedene Kombinationsbeiwerte $\psi_{1,1}$ aus [5]

Für ein übliches Verhältnis von $Q_{k,1}/G_k = 0,5$ ergibt sich aus Bild 1 z. B. ein deutlich geringerer Abminderungsbeiwert von $\eta_{fi} = 0,60$.

5. Ermittlung des Bemessungswerts des Widerstands N_{Rd} im Brandfall

Der Widerstand im Brandfall wird zu:

$$N_{Rd,fi} = \phi * A * f_{d,fi} \quad (4)$$

Mit

- ϕ Abminderungsbeiwert
- A Bruttoquerschnittsfläche des nachzuweisenden Wandquerschnitts
- $f_{d,fi}$ Bemessungswert der Druckfestigkeit im Brandfall nach Gl. (5)

$$f_{d,fi} = \zeta * f_k / \gamma_M \quad (5)$$

mit:

- ζ Beiwert zur Berücksichtigung festigkeitsmindernder Langzeiteinflüsse auf das Mauerwerk, da die Brandbeanspruchung eine kurzzeitige Einwirkung ist, ist $\zeta = 1,0$ anzusetzen [7].
- f_k charakteristische Mauerwerkdruckfestigkeit
- γ_M Teilsicherheitsbeiwert für Materialeigenschaften

Die maximalen Ausnutzungsfaktoren α_{fi} in den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen werden für die Bemessung nach DIN EN 1996-1-1/NA [2] angegeben.

Eine Bemessung nach DIN EN 1996-3/NA [4] liegt demgegenüber immer auf der sicheren Seite. Die ermittelten Tragfähigkeiten sind für übliche Wanddicken von monolithischem Mauerwerk zwischen 6 und 18 % geringer als bei Bemessung nach DIN EN 1996-1-1/NA [2], siehe auch Bild 2 aus [7].

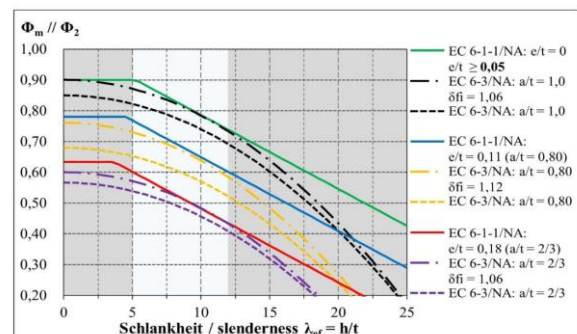


Bild 2: Vergleich der Abminderungsbeiwerte Φ_m nach DIN EN 1996-1-1/NA und Φ_2 nach DIN EN 1996-3/NA für verschiedene Verhältnisse a/t [7]

Erfolgt also die Bemessung des Bauteils nach DIN EN 1996-3/NA können die berechneten Ausnutzungsfaktoren um diesen Faktor reduziert werden, wenn in der entsprechenden Zulassung/Bauartgenehmigung die Bemessung nach DIN EN 1996-1-1/NA auch geregelt ist.

7. Beispiel

Der Nachweis des Feuerwiderstands soll für eine 2,75 m hohe tragende, raumabschließende Außenwand ($t = 365$ mm) erfolgen. Die Deckenauflagerhöhe a beträgt 285 mm ($a/t = 0,78$).

Aus der kalten Bemessung nach DIN EN 1996-1-1/NA erhält man eine Normalkraft-Ausnutzung von 100 % ($N_{Ed} = N_{Rd}$).

Dabei ist zu berücksichtigen, dass bei der Berechnung des Widerstands im Brandfall $N_{Rd,fi}$ der Dauerstandfaktor $\zeta = 1,0$ (für die kurzzeitige Einwirkung Brandlast) anzusetzen ist, s. auch [7].

$$N_{Rd,fi} = N_{Rd} / 0,85 = 1,176 N_{Rd} \quad (6.1)$$

bzw.

$$N_{Rd} = 0,85 N_{Rd,fi} \quad (6.2)$$

Die Ermittlung des Ausnutzungsfaktors $\alpha_{fi} = N_{Ed,fi}/N_{Rd,fi}$ im Brandfall kann nun wie folgt durchgeführt werden:

Ermittlung des Abminderungsbeiwerts η_{fi}

Das Verhältnis zwischen veränderlichen und ständigen Lasten beträgt im Beispiel 0,5. Aus Bild 1 ergibt sich damit für den Kombinationsbeiwert $\psi_{1,1} = 0,5$ ein Abminderungsbeiwert $\eta_{fi} = 0,6$:

$$N_{Ed,fi} = \eta_{fi} * N_{Ed} = 0,6 * N_{Ed} \quad (7)$$

Der Ausnutzungsfaktor α_{fi} für die betrachtete Wand beträgt damit unter Berücksichtigung von Gl. (6.1) und Gl. (7)

$$\alpha_{fi} = N_{Ed,fi}/N_{Rd,fi} = 0,6 * N_{Ed} / 1,176 N_{Rd} = 0,51 \quad (8)$$

Dieser Wert ist nun mit dem Höchstwert der Zulassung zu vergleichen. Es ist nachzuweisen

$$\alpha_{fi} \leq \alpha_{fi,abZ/aBG} \quad (9)$$

Berücksichtigung der Bemessung nach DIN EN 1996-3/NA

Für die gewählten Randbedingungen (Schlankheit $h/t = 2,75/0,365 = 7,5$, $a/t = 0,78$) ergäbe sich nach [7] bei Bemessung nach DIN EN 1996-1-1/NA eine um 11 % höhere Tragfähigkeit als bei Bemessung nach DIN EN 1996-3/NA:

$$N_{Rd,fi(DIN\ EN\ 1996-1-1)} = 1,11 * N_{Rd,fi(DIN\ EN\ 1996-3)} \quad (10)$$

Für die volle „kalte“ Tragfähigkeit nach DIN EN 1996-3/NA

$$N_{Ed(1996-3/NA)} = N_{Rd(1996-3/NA)} \quad (11)$$

ergibt sich der Ausnutzungsfaktor α_{fi} für die betrachtete Wand damit zu

$$\alpha_{fi(1996-3/NA)} = N_{Ed,fi}/N_{Rd,fi} \\ = 0,6 * N_{Rd} / (1,176 * 1,11) N_{Rd} = 0,46 \quad (12)$$

8. Zusammenfassung

Bei der Ermittlung des Ausnutzungsfaktors α_{fi} im Brandfall können durch den Ansatz des zutreffenden Dauerstandfaktors $\zeta = 1,0$ im Brandfall, die genauere Ermittlung des Abminderungsbeiwerts η_{fi} sowie die Berücksichtigung des Bemessungsverfahrens im Brandfall wirtschaftliche Bemessungsergebnisse erzielt werden.

Literatur

- [1] DIN EN 1996-1-2/NA 2013-06: Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall
- [2] DIN EN 1996-1-1/NA/A2 2015-01: Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk; Änderung A2
- [3] DIN EN 1991-1-2/NA 2015-09: Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen - Brandeinwirkungen auf Tragwerke
- [4] DIN EN 1996-3/NA/A2 2015-01: Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Teil 3: Vereinfachte Berechnungsmethoden für unbewehrte Mauerwerksbauten; Änderung A2
- [5] DIN EN 1996-1-2 2011-04: Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall; Deutsche Fassung EN 1996-1-2:2005 + AC:2010
- [6] DIN EN 1990/NA 2010-12: Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung
- [7] Graubner, C.-A.; Purkert, B.: Nachweis des Feuerwiderstands von Ziegelmauerwerk – Tipps für eine effiziente Bemessung. Mauerwerk 05/ 2019

Berlin, 11.11.2019

Dr. Meyer

AMz-Bericht 06/2019

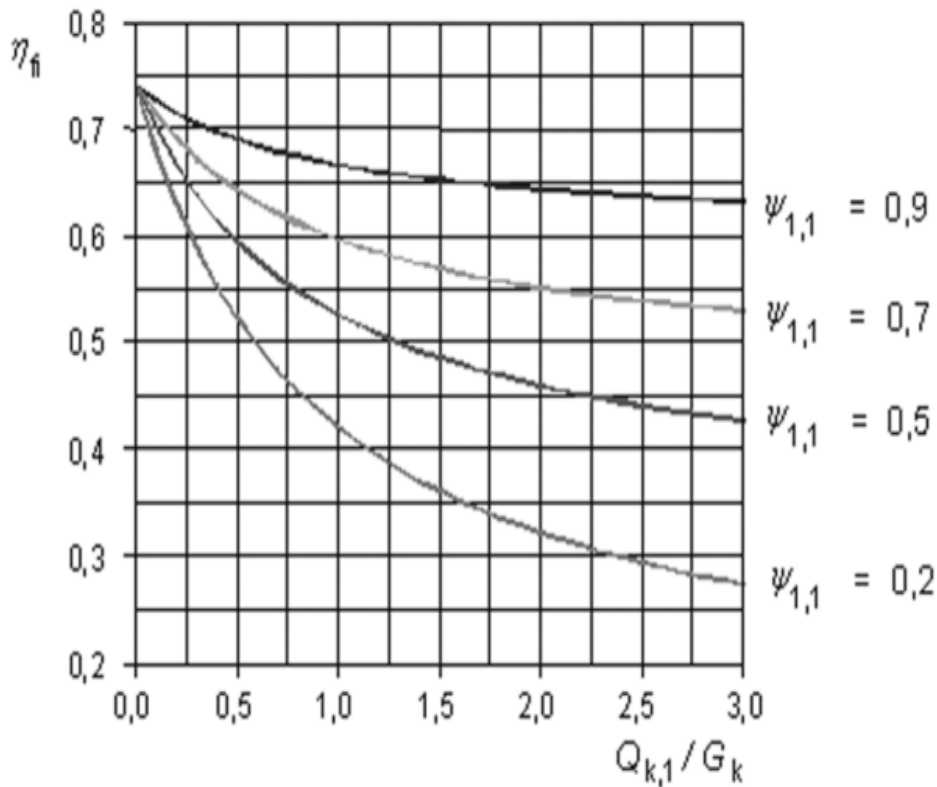


Bild 1: Abminderungsbeiwert η_{fi} in Abhängigkeit vom Verhältnis $Q_{k,1}/G_k$ für verschiedene Kombinationsbeiwerte $\psi_{1,1}$ aus [5]

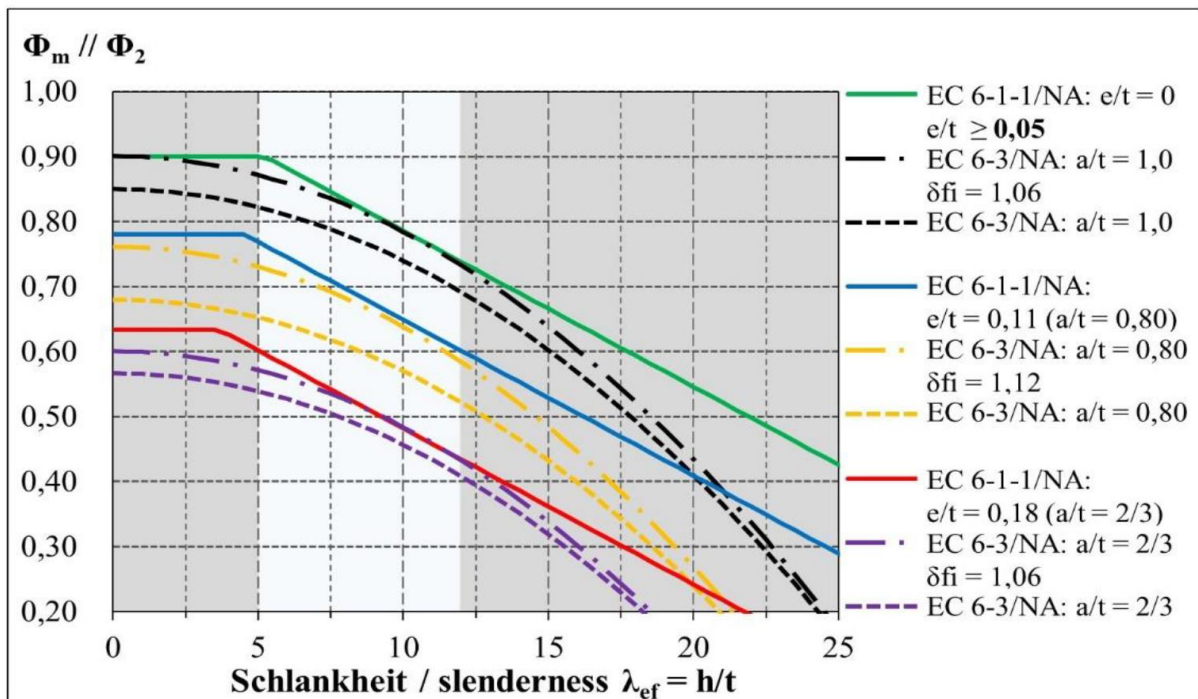


Bild 2: Vergleich der Abminderungsbeiwerte Φ_m nach DIN EN EN 1996-1-1/NA und Φ_2 nach DIN EN 1996-3/NA für verschiedene Verhältnisse a/t [7]