

## Tech-News 07/04 – Fachgebiet Stahlbeton

Von Dipl.-Ing. Manfred Eisele  
Prüfingenieur für Baustatik VPI  
Maybachstr. 34, 73760 Ostfildern

### Imperfektionen nach DIN 1045-1

#### A.) Abschnitt 7.2 Imperfektionen des gesamten Tragwerks

Mit der Einhaltung der Anforderungen des Abschnitts 7.2 der DIN 1045-1 soll die räumliche Stabilität des Gesamtragwerks bzw. von Teilen davon gewährleistet werden. Durch die im folgenden angegebenen Schiefstellungen gegenüber der Sollachse werden die unvermeidbaren Ungenauigkeiten der Bauausführung erfasst. Diese Imperfektionen sind neben den Einwirkungen bei der Bemessung mit einzubeziehen.

Ungünstige Auswirkungen von Imperfektionen sind beim Nachweis der Tragfähigkeit am unverformten System zu berücksichtigen. Dies erfolgt durch Ansatz geometrischer Ersatz-Imperfektionen. Die Gleichung (4) der DIN 1045-1 ist mit der Gleichung (5) der DIN 1045:1978 vergleichbar, sie enthält keine neuen Erkenntnisse, nur die Bezeichnungen der einzelnen Begriffe wurden geändert.

Imperfektionen sind im Grenzzustand der Tragfähigkeit ( außer in der außergewöhnlichen Bemessungssituation) zu berücksichtigen.

1. Beim Nachweis der **vertikalen aussteifenden Bauteile** ist die Schiefstellung des gesamten Tragwerks

mit dem Winkel  $\alpha_{a1} = \frac{1}{100\sqrt{h_{\text{ges}}}} \leq \frac{1}{200}$  zu berücksichtigen

$h_{\text{ges}}$  = Gesamthöhe des Tragwerks.

Die Auswertung der o.a. Gleichung ergibt, dass bei eingeschossigen Gebäuden bis zu 4 m Höhe die Schiefstellung 1/200 beträgt. Erst bei einer größeren Gesamthöhe  $h_{\text{ges}}$  wird die zusätzliche Schiefstellung kleiner.

Gegenüber der DIN 1045:1978 wird ein Abminderungsfaktor  $\alpha_n$  für n nebeneinander angeordnete, d.h. gleichsinnig wirkende, Bauteile eingeführt.

$\alpha_{a1}$  darf mit dem Faktor  $\alpha_n = \sqrt{\frac{1+1/n}{2}}$  abgemindert werden. Dabei ist n die Anzahl der senkrechten lastabtragenden Bauteile in einem Geschoss

Mitgezählt werden alle Bauteile, für deren Bemessungswert der Längskraft gilt:

$$N_{Ed,m} \geq 0,7 \times F_{Ed}/n$$

Hier ist  $F_{Ed}$  der Bemessungswert der gesamten Vertikallast und  $n$  die Anzahl aller vertikalen Bauteile in einem Geschoss.

Beispiel:

Bei einem eingeschossigen Bauwerk ( $h = 8,50$  m) werden an den aussteifenden Kern mit  $N = 1200$  kN insgesamt 10 weitere Stützen (Pendelstützen) angehängt, 3 Stützen mit je 300 kN und 7 Stützen mit je 1000 kN. Der Mittelwert beträgt somit

$$\frac{(1200 + 3 \times 300 + 7 \times 1000)}{11} = 827,3 \text{ kN.} \quad 300 \text{ kN} < 0,70 \times 827,3 = 579 \text{ kN.}$$

$$\alpha_n = \sqrt{(0,5 \cdot (1 + 1/8))} = 0,75$$

$$\alpha_{a1} = 1/(100 \cdot \sqrt{8,50}) = 0,0034$$

Die Abweichungen von der Sollachse können auch durch äquivalente Horizontalkräfte ersetzt werden, siehe Bild 1b und 1d. Die in der Legende angegebene Formel für  $\Delta H_j$  bezieht sich auf die Bilder 1b und 1d, siehe Hinweis im Heft 525 DAfStb.

Für das o.a. Beispiel ergibt sich

$$\Delta H = (1200 + 3 \times 300 + 7 \times 1000) \cdot 0,0034 \cdot 0,75 = 23,2 \text{ kN}$$

2. Beim Nachweis der **horizontalen Bauteile** (Decken, Unterzüge) die Stabilisierungskräfte von den auszusteienden Bauteilen (z.B. Stützen) zu den aussteifenden Elementen (z.B. Kerne) abzutragen haben, ist eine zusätzliche Horizontallast

$$H_{fd} = (N_{bc} + N_{ba}) \cdot \alpha_{a2}$$

zu berücksichtigen mit  $\alpha_{a2} = 0,008 / \sqrt{2k}$  (im Bogenmaß) worin  $k$  die Anzahl der auszusteienden Bauteile im betreffenden Geschoss ist.  $N_{bc}$  und  $N_{ba}$  sind die Bemessungswerte der Längskräfte oberhalb und unterhalb der jeweiligen Decke. Für die Bemessung der aussteifenden Bauteile brauchen sie nicht berücksichtigt werden.

Beispiel :

Zweigeschossiges Gebäude,  $h_1 = 5$  m und  $h_2 = 4$  m, zwei Stützenreihen sind an den aussteifenden Treppenhauskern über einen Unterzug anzuschließen.

1. Stützenreihe nach dem Kern  $N_{b1} = 1200$  kN und  $N_{a1} = 1000$  kN,

2. Stützenreihe  $N_{b2} = 1500$  kN und  $N_{a2} = 1300$  kN.

$$\alpha_{a2} = 0,008 / \sqrt{(2 \cdot 1)} = 0,00566 \text{ für Decke zwischen 2. Stützenreihe und 1. Stützenreihe}$$

$$\alpha_{a2} = 0,008 / \sqrt{(2 \cdot 2)} = 0,0040 \text{ für Decke zwischen 1. Stützenreihe und Kern}$$

$$H_{fd,2} = (1500 + 1300) \cdot 0,0056 = 15,68 \text{ kN}$$

$$H_{fd,1} = (1500 + 1300 + 1200 + 1000) \cdot 0,0040 = 20,00 \text{ kN}$$

D.h. der Unterzug zwischen der 1. und 2. Stützenreihe ist für eine Längskraft von 15,68 kN zu bemessen und der Unterzug zwischen 1. Stützenreihe und dem Kern ist für eine Längskraft von 20,0 kN zu bemessen. In der Regel wird diese Längskraft für die Bemessung der Unterzüge vernachlässigt, aber für die Anschlüsse von Fertigteilen kann diese Kraft maßgebend werden.

Hinweis:

Die Ersatzhorizontalkräfte  $H_{fd}$  dürfen nicht durch Kombinationsfaktoren  $\psi$  abgemindert werden, da diese bereits in den Vertikalkräften  $N_{bc}$  und  $N_{ba}$  enthalten sind.

## B.) Abschnitt 8.6.4 - Imperfektionen für stabförmige Bauteile unter Längsdruck

Mit geometrischen Ersatzimperfektionen werden bei Einzeldruckgliedern die Auswirkungen geometrischer und struktureller Imperfektionen berücksichtigt, siehe auch DIN 1045-1 Abschnitt 8.6.1 Absatz 4.

Als strukturelle Imperfektionen können Ungleichmäßigkeiten der Baustoffeigenschaften oder nicht berücksichtigte Spannungumlagerungen infolge Kriechens und Schwindens und Eigenspannungen in Frage kommen..

1. Schlanke Druckglieder sind nach Theorie II. Ordnung zu bemessen. Es ist eine geometrische Ersatzimperfektion  $e_a = \alpha_{a1} \cdot l_0/2$  in ungünstigster Richtung wirkend anzunehmen.

$$\alpha_{a1} = \frac{1}{100\sqrt{h_{ges}}} \leq \frac{1}{200} \quad (\text{siehe oben})$$

$l_0$  = Ersatzstützenlänge vgl. 8.6.2(4) DIN 1045-1

$$h_{ges.} = l_{col}$$

Ist das Druckglied gleichzeitig aussteifendes Bauteil, d.h. er werden z.B. zusätzlich Pendelstützen angehängt, so ist die Bemessung maßgebend die ungünstigere Ergebnisse liefert. Zu diesem Problemkreis wird auf das Beispiel H8-7 Seite 43 vom Heft 525 DAfStb verwiesen.

Die Ersatzimperfektion  $e_a$  ist auch enthalten

- im Modellstützenverfahren (8.6.5) , siehe gesonderte Tech-News 01/04 Folge 1 + 2
- im vereinfachten Verfahren für Stützen mit zweiachsiger Biegung (8.6.6.(3)).
- bei der Bemessung unbewehrter Druckglieder (8.6.7) hier darf  $e_a = 0,5 l_0/200$  angenommen werden.