

## Tipp 17/07

### Erhöhungsfaktor bei einstöckigen Stahlrahmentragwerken nach DIN EN 1993-1-1:2010-12 [1] und DIN EN 1993-1-1/A1:2014-07 [2] in Verbindung mit DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08 [3]

Voraussetzung für die Notwendigkeit der Beachtung der folgenden Hinweise ist, dass der Einfluss der Verformung des Tragwerks entsprechend [1] Abschnitt 5.2.1 in Verbindung mit [3] berücksichtigt werden muss. Das bedeutet, die Schnittgrößenermittlung am Tragwerk soll grundsätzlich nach Theorie II. Ordnung erfolgen.

Für einstöckigen Rahmentragwerke, welche nach der Elastizitätstheorie berechnet werden und bei denen die Einflüsse aus Theorie II. Ordnung auf die seitliche Verformung dieser Tragwerke berücksichtigt werden müssen, sind spezielle Regelungen zur Erfassung der Einflüsse aus Theorie II. Ordnung in [1], Abschnitt 5.2.2(5) zu finden.

Diese Einflüsse aus Theorie II. Ordnung sind durch eine Vergrößerung der horizontalen Einwirkungen  $H_{Ed}$  und der horizontalen Ersatzlasten infolge Imperfektionen  $H_i$  sowie weiterer möglicher Schiefstellungen zu berücksichtigen.

Die entsprechenden horizontalen Einwirkungen  $H_{Ed}$ , z.B. infolge Windbelastung, sind wie üblich zu ermitteln und werden somit nachfolgend als gegeben vorausgesetzt.

Die horizontalen Ersatzlasten infolge Imperfektionen  $H_i$  sind entsprechend [1], Abschnitt 5.3.2(7) zu ermitteln. Hierfür ist die folgende Gleichung zu verwenden.

$$H_i = V_{Ed} \cdot \phi$$

In dieser Gleichung werden die vertikalen Einwirkungen  $V_{Ed}$  und der Wert der Schiefstellung  $\phi$  berücksichtigt. Wie schon oben dargelegt, resultiert der Wert der Schiefstellung aus Imperfektionen und anderen möglichen Schiefstellungen.

Um die Einflüsse aus Theorie II. Ordnung auf die seitlich verschieblichen, einstöckigen Hallenrahmen und Rahmentragwerke des Geschossbaus zu berücksichtigen, ist nach [1], Abschnitt 5.2.2(5) ein entsprechender Erhöhungsfaktor für  $H_{Ed}$  und  $H_i$  zu verwenden. Dieser Erhöhungsfaktor, welcher zum besseren Verständnis nachfolgend mit  $x$  bezeichnet wird, ist mit folgender Gleichung zu ermitteln.

$$x = \frac{1}{1 - \frac{1}{\alpha_{cr}}}$$

In dieser Gleichung wird der Vergrößerungsbeiwert  $\alpha_{cr}$  berücksichtigt. Dieser Vergrößerungsbeiwert  $\alpha_{cr}$  ist der Faktor, um dem die Bemessungswerte der Belastung erhöht werden müssen, damit die ideale Verzweigungslast des Rahmentragwerks erreicht wird. Der Vergrößerungsbeiwert kann, entsprechend [1], Abschnitt 5.2.1(4), für Hallenrahmen und Rahmentragwerke nach der folgenden Gleichung ermittelt werden, wenn die Auswirkungen der Normalkräfte in den Rahmenriegeln vernachlässigt werden dürfen.

$$\alpha_{cr} = \frac{H_{Ed} * h}{V_{Ed} * \delta_{H,Ed}}$$

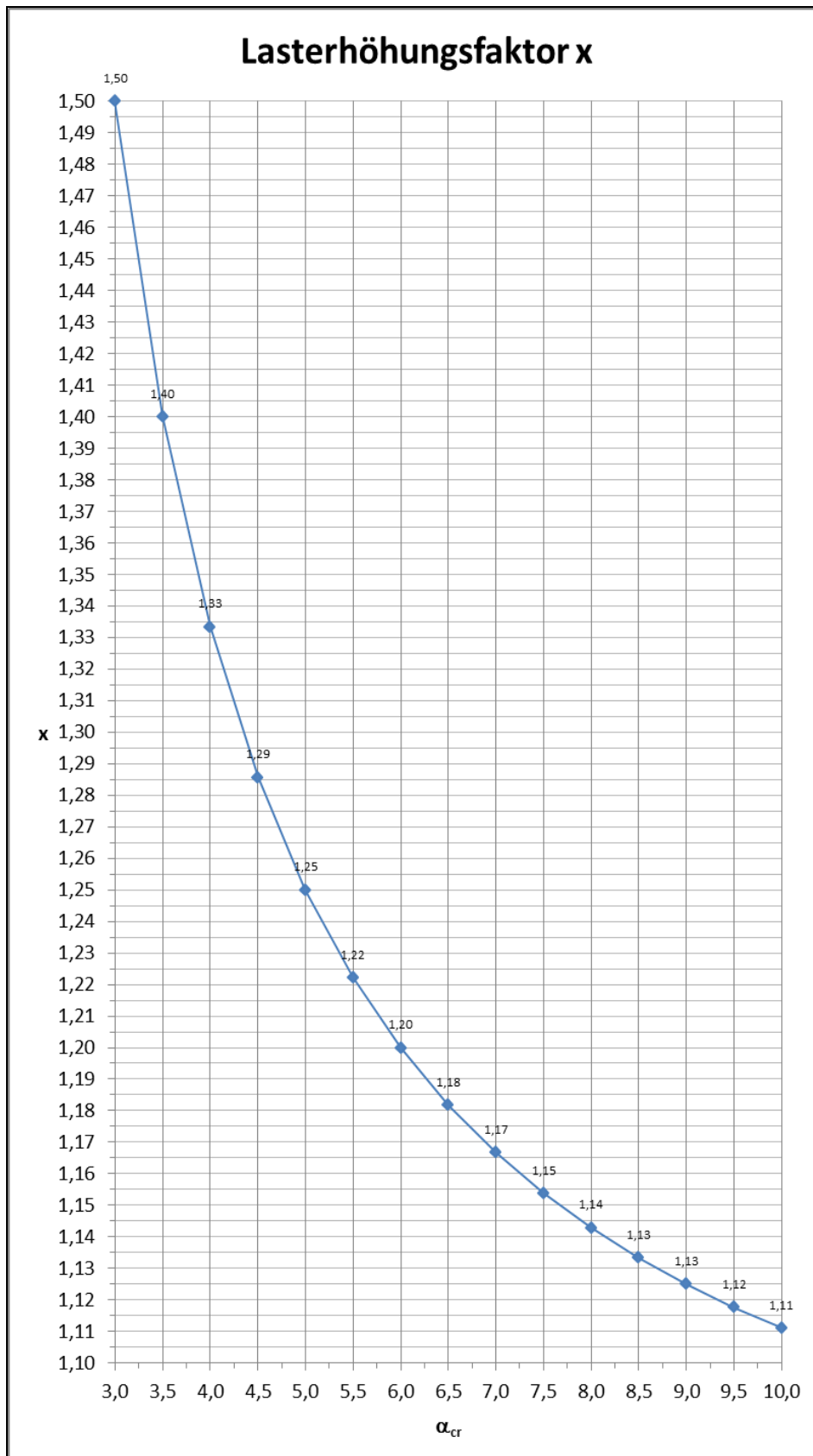
In dieser Gleichung sind die folgenden Werte berücksichtigt.

$H_{Ed}$	Bemessungswert der Summe der horizontalen Lasten, inklusive der äquivalenten horizontalen Ersatzlasten
$h$	Stockwerkshöhe
$V_{Ed}$	Bemessungswert der Summe der vertikalen Lasten
$\delta_{H,Ed}$	Horizontalverschiebung der Stockwerksknoten infolge der horizontalen Lasten $H_{Ed}$

Es ist jedoch zu beachten, dass für  $\alpha_{cr} < 3,0$  die vereinfachende Berücksichtigung der Einflüsse aus Theorie II. Ordnung durch den Erhöhungsfaktor  $x$  nicht zulässig ist. Vielmehr ist in diesen Fällen immer eine genauere Berechnung nach Theorie II. Ordnung erforderlich.

Bei der Einhaltung der Vorgabe  $\alpha_{cr} \geq 3,0$ , darf die Berücksichtigung der Einflüsse aus Theorie II. Ordnung durch Anwendung des Erhöhungsfaktors  $x$  vorgenommen werden. Dabei ist jedoch auch zu beachten, dass nach [1] eine Berechnung nach Theorie II. Ordnung bei der Tragwerksberechnung nach der Elastizitätstheorie nur durchgeführt werden muss, wenn  $\alpha_{cr} < 10$  ist. Sollte  $\alpha_{cr} \geq 10$  betragen, darf entsprechend [1], Abschnitt 5.2.1(3) grundsätzlich eine Berechnung nach Theorie I. Ordnung vorgenommen und die Berücksichtigung der Einflüsse aus Theorie II. Ordnung vernachlässigt werden.

Unter Berücksichtigung dieser Randbedingungen wurde der Erhöhungsfaktor  $x$  für den Bereich  $3,0 \leq \alpha_{cr} \leq 10$  ermittelt und nachfolgend grafisch dargestellt.



An Hand dieser Grafik kann sehr schnell der entsprechende Erhöhungsfaktor  $x$  in Abhängigkeit von  $\alpha_{cr}$  ermittelt werden.

Anschließend kann die maßgebende Horizontalkraft  $H_{Ed,II}$  unter Berücksichtigung der Einflüsse aus Theorie II. Ordnung nach der folgenden Gleichung ermittelt werden.

$$H_{Ed,II} = x \cdot (H_{Ed} + H_i)$$

Abschließend soll noch erwähnt werden, dass der Vergrößerungsbeiwert  $x$  grundsätzlich dem Vergrößerungsfaktor nach [4], Element (522) entspricht.

#### Literatur:

- |     |                            |   |
|-----|----------------------------|---|
| [1] | DIN EN 1993-1-1:2010-12    | Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten<br>Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den<br>Hochbau   |
| [2] | DIN EN 1993-1-1/A1:2014-07 | Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten<br>Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den<br>Hochbau – 1. Änderung   |
| [3] | DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08 | Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode<br>3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten<br>Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den<br>Hochbau |
| [4] | DIN 18800-2:2008-11        | Stahlbauten – Teil 2: Stabilitätsfälle – Knicken von Stäben und<br>Stabwerken   |

#### Impressum

Landesamt für Bauen und Verkehr  
Bautechnisches Prüfamt  
T. Schellenberg  
Gulbener Straße 24  
03046 Cottbus  
Telefon 03342 / 4266-3501  
Telefax 03342 / 4266-7608  
PoststelleCB@LBV.Brandenburg.de  
www.lbv.brandenburg.de