

Tipp 17/06

Tragwerksnachweise nach Theorie I. oder II. Ordnung für Rahmen 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]

Vorgaben bzgl. der Berücksichtigung der Einflüsse der Tragwerksverformung bei der Untersuchung des Gesamttragwerkes sind in [1], Abschnitt 5.2.1 verankert. In diesem Abschnitt sind für Hallenrahmen mit geringer Dachneigung ($\leq 26^\circ$) und Rahmentragwerke des Geschossbaus spezielle Regelungen enthalten. So dürfen diese Tragwerke gegen Versagen mit seitlichen Ausweichen nach Theorie I. Ordnung nachgewiesen werden, wenn die folgenden, grundsätzlichen Bedingungen für jedes Stockwerk eingehalten werden.

- $\alpha_{cr} = \frac{F_{cr}}{F_{Ed}} \geq 10$ für die Berechnung nach der Elastizitätstheorie
- $\alpha_{cr} = \frac{F_{cr}}{F_{Ed}} \geq 15$ für die Berechnung nach der Plastizitätstheorie

In diesen Gleichungen sind die folgenden Werte berücksichtigt.

- α_{cr} Faktor, mit dem die Bemessungswerte der Belastung erhöht werden müssen, um die ideale Verzweigungslast des Gesamttragwerkes zu erreichen
- F_{cr} ideale Verzweigungslast des Gesamttragwerkes
- F_{Ed} Bemessungslast der Einwirkungen auf das Tragwerk

Für Hallenrahmen mit geringer Dachneigung und Rahmentragwerke des Geschossbaus darf der Erhöhungsfaktor α_{cr} jedoch abweichend von obigen Gleichungen nach der folgenden Gleichung ermittelt werden.

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

In dieser Gleichung werden 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}

Diese Gleichung gilt für verschiebliche Rahmentragwerke. Es ist bei der Anwendung der Gleichung zu beachten, dass H_{Ed} und $\delta_{H,Ed}$ immer zugehörig sein müssen. Das bedeutet, dass bei beiden Größen die Imperfektionen entweder berücksichtigt sind oder aber nicht berücksichtigt werden. Eine Berücksichtigung der Imperfektionen nur bei einer dieser Größen ist nicht zulässig.

Bei der Anwendung der speziellen Berechnungsgleichung für Rahmentragwerke ist zu beachten, dass die Auswirkung der Druckkraft in den Trägern oder Riegeln berücksichtigt werden muss, wenn die folgende Ungleichung erfüllt ist. Wird diese Ungleichung jedoch nicht erfüllt, darf die Riegedruckkraft vernachlässigt werden.

$$\bar{\lambda} \geq 0,3 * \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{Ed}}}$$

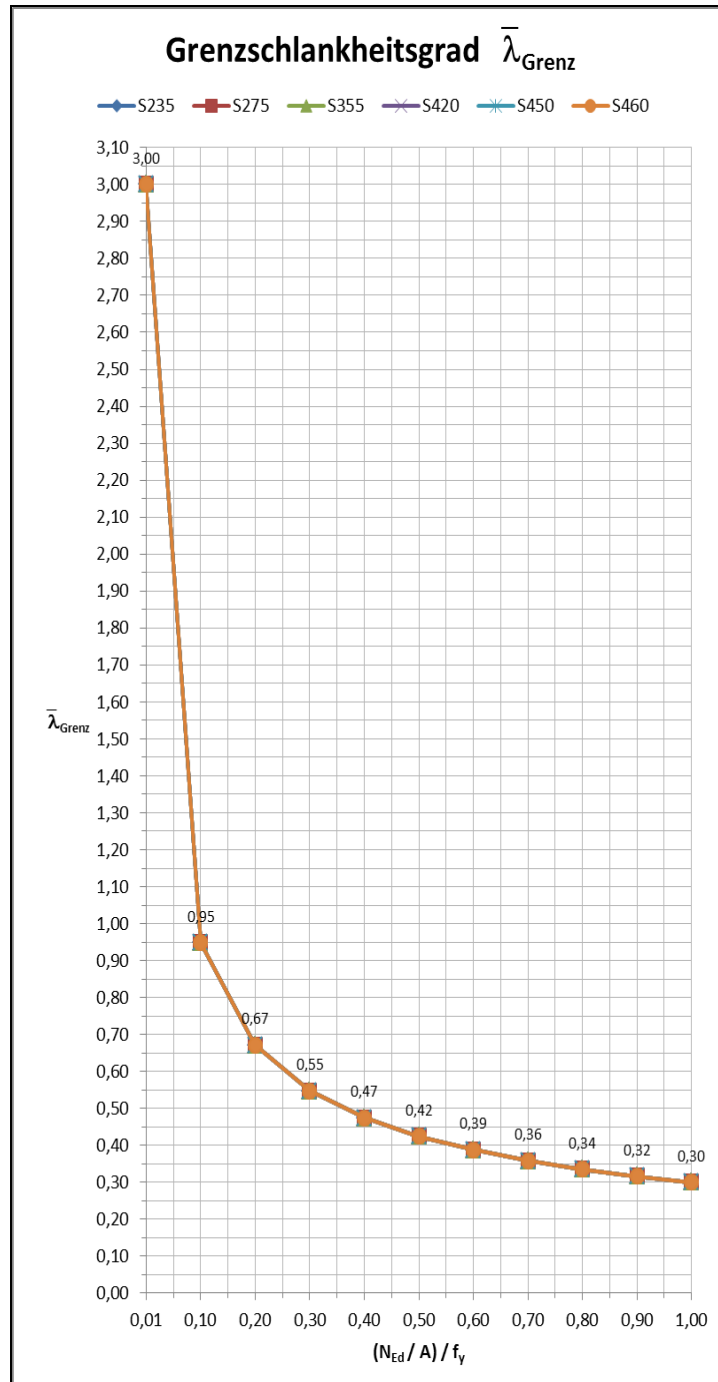
In dieser Gleichung werden die folgenden Werte berücksichtigt.

- $\bar{\lambda}$ Schlankheitsgrad des Trägers oder Riegels in der Nachweisebene, unter Ansatz einer beidseitig gelenkigen Lagerung
- A Querschnittsfläche des Träger- oder Riegelprofils
- f_y Streckgrenze des Träger- oder Riegematerials
- N_{Ed} Bemessungswert der einwirkenden Drucknormalkraft im Träger- oder Riegelprofil (Druckkraft ist positiv anzusetzen)

Somit bleibt festzuhalten, wenn der Schlankheitsgrad $\bar{\lambda}$ des Trägers oder Riegels den definierten Grenzschlankheitsgrad $\bar{\lambda}_{Grenz}$ unterschreitet, darf eine wirkende Träger- oder Riegedruckkraft vernachlässigt werden.

Eine entsprechende Ermittlung des Grenzschlankheitsgrades $\bar{\lambda}_{Grenz}$ in Abhängigkeit der Spannungs-

auslastung des Träger- oder Riegelquerschnitts $\frac{N_{Ed}}{A}$ wurde vorgenommen und für alle in [1] enthaltenen Stahlsorten in dem folgenden Diagramm graphisch ausgewertet.



Naturgemäß sind alle Graphen der Grenzschlankheitsfunktionen für die verschiedenen Stahlsorten identisch.

Mit Hilfe dieser Darstellung kann sehr schnell auf der Grundlage der Spannungsauslastung des Querschnitts der Grenzschlankheitsgrad ermittelt werden.

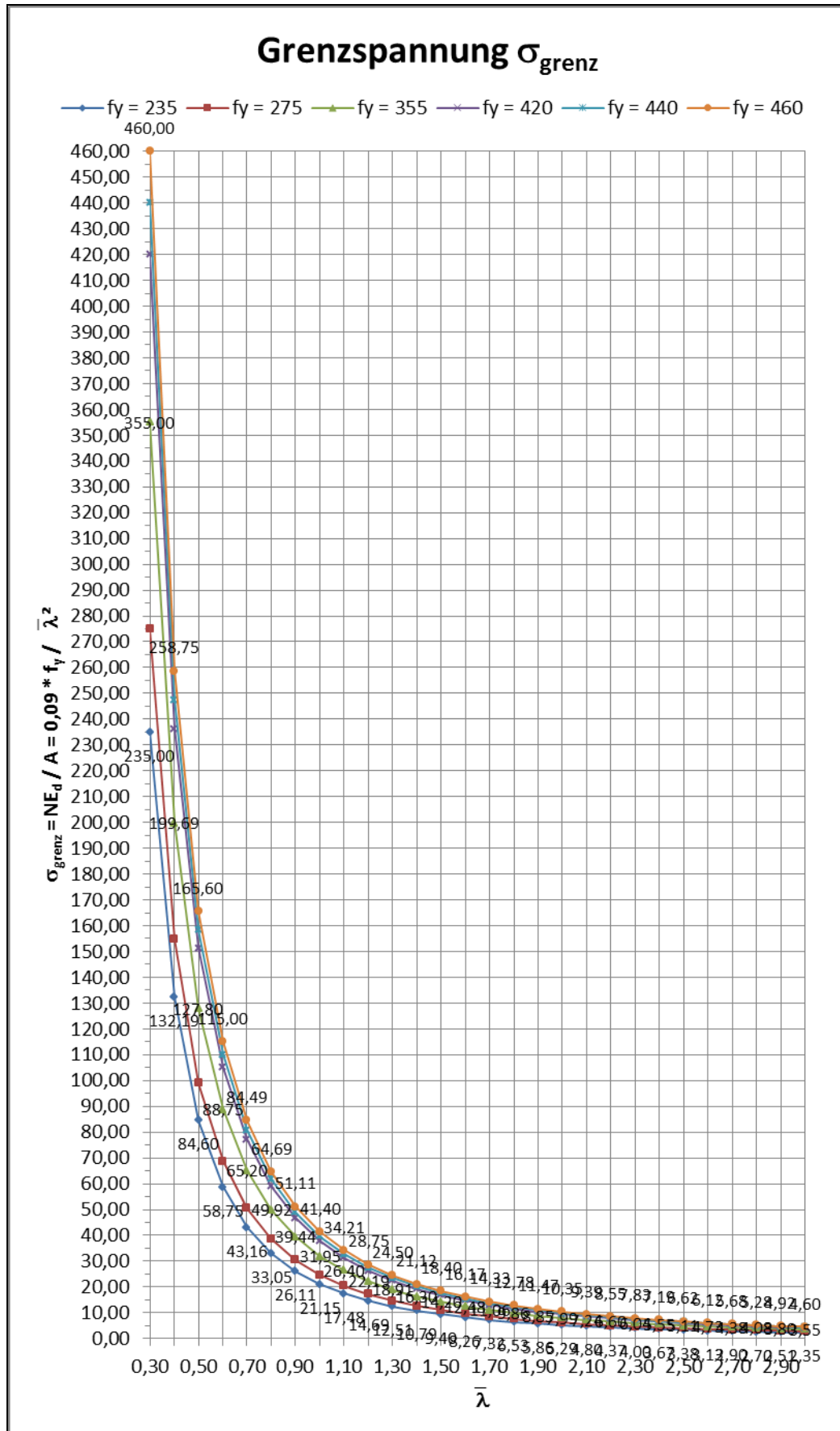
Durch die Umstellung der Ungleichung zur Berücksichtigung der Auswirkungen des Schlankheitsgrades kann die Grenzspannung σ_{Ed} in Abhängigkeit von dem Schlankheitsgrad $\bar{\lambda}$ des Trägers oder Riegels und der Streckgrenze f_y des verwendeten Material nach der folgenden Gleichung ermittelt werden.

$$\sigma_{Ed} = \frac{N_{Ed}}{A} \geq \frac{0,09 * f_y}{\bar{\lambda}^2}$$

In der folgenden Grafik sind die Graphen für die Grenzspannungen σ_{grenz} für die in [1] enthaltenen Streckgrenzen f_y in Abhängigkeit von dem Schlankheitsgrad $\bar{\lambda}$ dargestellt.

Wenn die vorhandene Normalspannung in einem Träger oder Riegel mit einer definierten Schlankheit oberhalb der dargestellten Grenzspannung liegt, muss die Druckkraft in den Träger oder Riegel berücksichtigt werden. Eine Vernachlässigung dieser Druckkraft ist nur zulässig, wenn die vorhandene Normalspannung $\sigma_{Ed} = N_{Ed} / A$ kleiner als die jeweilige Grenzspannung σ_{grenz} ist.

Dabei ist zu beachten, dass nur für die Streckgrenzen $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$, 355 N/mm^2 und 460 N/mm^2 die jeweiligen Werte der Grenzspannung σ_{grenz} in das Diagramm eingetragen wurden. Die Werte für $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$, 420 N/mm^2 und 440 N/mm^2 müssen durch ablesen aus dem Diagramm ermittelt werden.



Abschließend sei noch erwähnt, dass die Ungleichung zur Ermittlung des Schlankheitsgrades $\bar{\lambda}$ identisch mit den Vorgaben aus [4], Element (739) b) zu dem bezogenen Schlankheitsgrad ist.

Literatur:

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

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