

## Tipp 19/03

### Momenten-Normalkraft-Interaktion bei Rechteckquerschnitten der Querschnittsklassen 1 und 2 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]

Bei einer gleichzeitigen Beanspruchung von Querschnitten durch Biegung und Normalkraft kommt es zu einer Interaktion dieser Beanspruchungen. Nach [1] wird diese gegenseitige Beeinflussung durch die Berücksichtigung der Normalkrafteinwirkung bei der Ermittlung der Momentenbeanspruchbarkeit erfasst. Somit wird der zu führende Nachweis auf einen reinen Momentennachweis der folgenden Form reduziert.

$$\frac{M_{Ed}}{M_{N,Rd}} \leq 1$$

In dieser Gleichung werden die folgenden Werte berücksichtigt.

$M_{Ed}$  einwirkendes Biegemoment

$M_{N,Rd}$  abgeminderter Bemessungswert der plastischen Momentenbeanspruchbarkeit

Das auf den Querschnitt einwirkende Biegemoment  $M_{Ed}$  kann aus der Schnittgrößenermittlung entnommen werden.

Für rechteckige Vollquerschnitte ohne Schraubenlöcher wird der durch den Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft abgeminderte Bemessungswert der plastischen Momentenbeanspruchbarkeit  $M_{N,Rd}$ , entsprechend [1], nach der folgenden Gleichung ermittelt.

$$M_{N,Rd} = M_{pl,Rd} * \left[ 1 - \left( \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \right)^2 \right]$$

In dieser Gleichung werden die folgenden Werte berücksichtigt.

$M_{pl,Rd}$  Bemessungswert der plastischen Momentenbeanspruchbarkeit

$N_{Ed}$  Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft

$N_{pl,Rd}$  Bemessungswert der plastischen Normalkrafttragfähigkeit

Der Bemessungswert der plastischen Momentenbeanspruchbarkeit  $M_{pl,Rd}$  eines rechteckigen Vollquerschnitts der Querschnittsklassen 1 und 2 ohne Schraubenlöcher wird nach den Grundlagen der Festigkeitslehre wie folgt ermittelt.

$$M_{pl,Rd} = W_{pl} * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{b * h^2 * f_y}{4 * \gamma_{M0}}$$

In dieser Gleichung werden die folgenden Werte berücksichtigt.

$W_{pl}$  plastisches Widerstandsmoment der Querschnitts

$f_y$  Streckgrenze des Stahls nach [1], Tabelle 3.1

|               |  |
|---------------|--|
| $\gamma_{M0}$ | Teilsicherheitsbeiwert für einen Querschnittsnachweis ohne Stabilitätsversagen |
| b             | Breite des Rechteckquerschnitts  |
| h             | Höhe des Rechteckquerschnitts  |

Die auf den Querschnitt einwirkende Normalkraft  $N_{Ed}$  kann aus der Schnittgrößenermittlung entnommen werden.

Der Bemessungswert der plastischen Normalkraftbeanspruchbarkeit  $N_{pl,Rd}$  eines rechteckigen Vollquerschnitts der Querschnittsklassen 1 und 2 ohne Schraubenlöcher wird ebenfalls nach den Grundlagen der Festigkeitslehre wie folgt ermittelt.

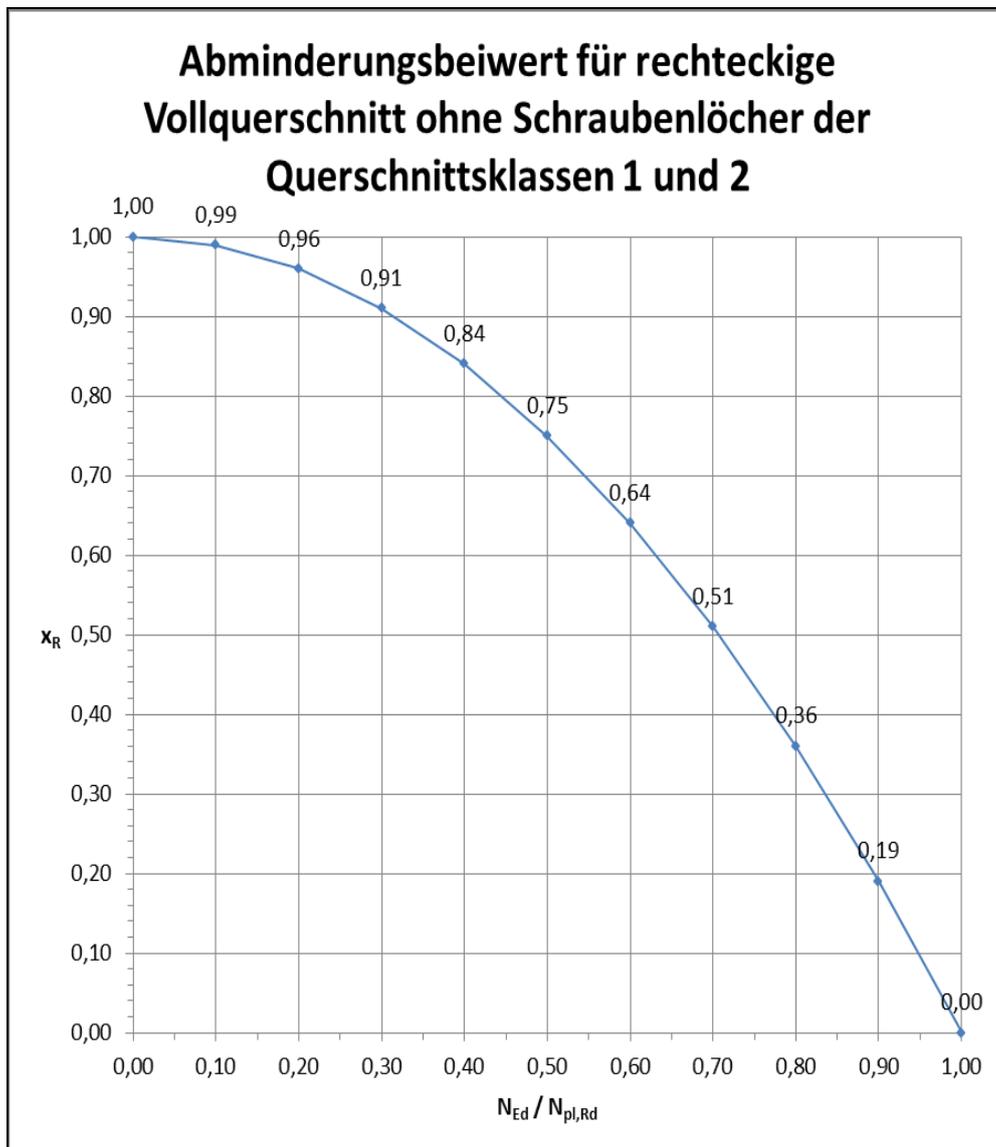
$$N_{pl,Rd} = A * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{b * h * f_y}{\gamma_{M0}}$$

In dieser Gleichung wird auch die Querschnittsfläche A des Vollprofils berücksichtigt.

Der abgeminderte Bemessungswert der plastischen Momentenbeanspruchbarkeit  $M_{N,Rd}$  wird mit Hilfe eines Abminderungsfaktors aus der plastischen Momentenbeanspruchbarkeit des Vollquerschnitts  $M_{pl,Rd}$  ermittelt. Dieser Abminderungsfaktor wird nachfolgend als  $\chi_R$  bezeichnet. Somit ergibt sich die folgende Gleichung.

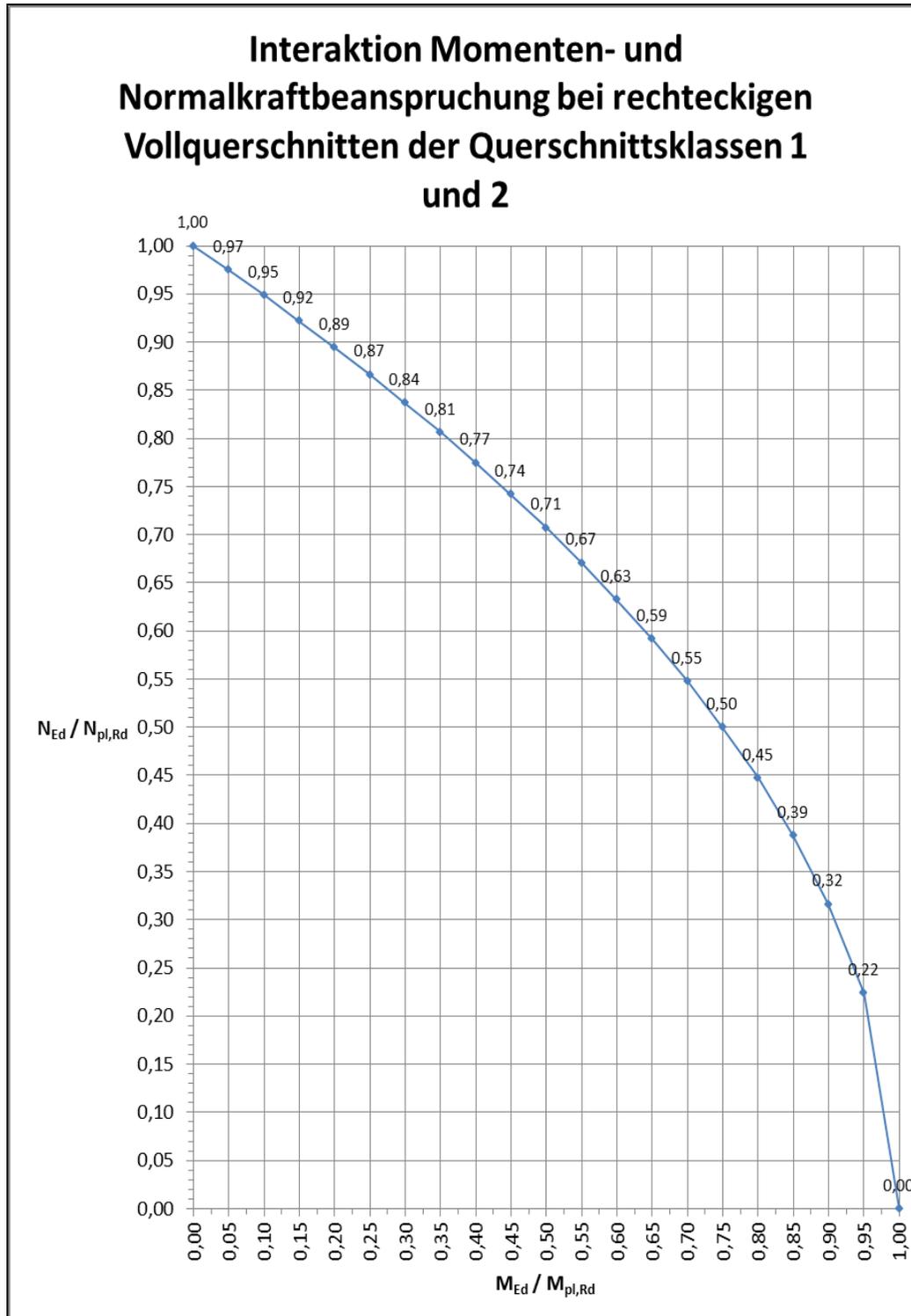
$$M_{N,Rd} = M_{pl,Rd} * \left[ 1 - \left( \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \right)^2 \right] = M_{pl,Rd} * \chi_R$$

Dieser Abminderungsfaktor  $\chi_R$  kann aus dem Verhältnis des Bemessungswertes der einwirkenden Normalkraft  $N_{Ed}$  und dem Bemessungswert der plastischen Normalkrafttragfähigkeit  $N_{pl,Rd}$  ermittelt werden. Da für diesen Verhältniswert physikalisch die untere und obere Grenze festgelegt sind, wurde eine entsprechende Auswertung für  $0 \leq N_{Ed} / N_{pl,Rd} \leq 1$  vorgenommen. Diese Auswertung ist im folgenden Diagramm graphisch dargestellt.



An Hand dieses Diagramms kann der zur Ermittlung des abgeminderten Bemessungswertes der plastischen Momentenbeanspruchung  $M_{N,Rd}$  anzusetzende Abminderungsfaktor  $x_R$  in Abhängigkeit vom Verhältnis  $\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}}$  sehr schnell bestimmt werden. Die Ermittlung des abgeminderten Bemessungswertes der plastischen Momentenbeanspruchung  $M_{N,Rd}$  ist anschließend trivial.

Die Interaktionsbeziehung von einwirkenden Biegemoment und einwirkender Normalkraft kann auf der Grundlage der obigen Gleichungen ebenfalls ermittelt werden. Hierzu ist es nur erforderlich eine entsprechende Interaktion zwischen den Verhältniswerten  $\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}}$  und  $\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}}$  herzustellen. In dem folgenden Diagramm wurde diese Interaktionsbeziehung graphisch aufbereitet.



Mit Hilfe dieses Diagramms kann sehr schnell die maximale Normalkraftauslastung infolge einer bekannten Momentenbeanspruchung oder umgekehrt bestimmt werden.

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 |

## Impressum

Landesamt für Bauen und Verkehr  
Bautechnisches Prüfamnt  
T. Schellenberg  
Gulbener Straße 24  
03046 Cottbus  
Telefon 03342 4266-3501  
Telefax 03342 4266-7608  
PoststelleCB@LBV.Brandenburg.de  
[www.lbv.brandenburg.de](http://www.lbv.brandenburg.de)