

## Tipp 18/07

### Bemessungswert der Zugbeanspruchbarkeit eines Querschnitts 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]

Der Nachweis der Zugbeanspruchung eines Querschnitts wird in [1], Abschnitt 6.2.3 definiert. Das Nachweisformat lautet wie folgt.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,0$$

Nach dieser Gleichung sind die folgenden Werte zu berücksichtigen.

|            |                                                          |
|------------|----------------------------------------------------------|
| $N_{Ed}$   | Bemessungswert der einwirkenden Zugkraft                 |
| $N_{t,Rd}$ | Bemessungswert der Zugbeanspruchbarkeit des Querschnitts |

Der Bemessungswert der einwirkenden Zugkraft  $N_{Ed}$  ergibt sich aus den projektbezogenen Einwirkungen und kann der statischen Berechnung entnommen werden.

Der Bemessungswert der Zugbeanspruchbarkeit eines Querschnitts  $N_{t,Rd}$  ist grundsätzlich entsprechend der folgenden Gleichung zu bestimmen.

$$N_{t,Rd} = \text{MIN} \begin{cases} N_{pl,Rd} \\ N_{u,Rd} \end{cases}$$

In dieser grundsätzlichen Gleichung werden

|             |                                                                                                               |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $N_{pl,Rd}$ | Bemessungswert der plastischen Beanspruchbarkeit des Bruttoquerschnitts                                       |
| $N_{u,Rd}$  | Bemessungswert der Zugbeanspruchbarkeit des Nettoquerschnitts längs der kritischen Risslinie durch die Löcher |

berücksichtigt. An dieser Stelle sei auch darauf hingewiesen, dass für eine Kapazitätsbemessung nach DIN EN 1998 oder für Schraubenverbindungen der Kategorie C (hochfeste vorgespannte Schrauben der Festigkeit 8.8 und 10.9, bei denen im Grenzzustand der Tragfähigkeit kein Gleiten auftreten darf) oder für Anschlüsse von Querschnitten über Schenkel weitere Nachweise bzw. Einschränkungen relevant werden können.

Der Bemessungswert der plastischen Beanspruchbarkeit des Bruttoquerschnitts darf mit der folgenden Gleichung ermittelt werden.

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

In dieser Gleichung werden die folgenden Werte berücksichtigt.

|               |                                                                                |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| $A$           | Bruttoquerschnittsfläche                                                       |
| $f_y$         | Streckgrenze des Stahls nach [1], Tabelle 3.1                                  |
| $\gamma_{M0}$ | Teilsicherheitsbeiwert für einen Querschnittsnachweis ohne Stabilitätsversagen |

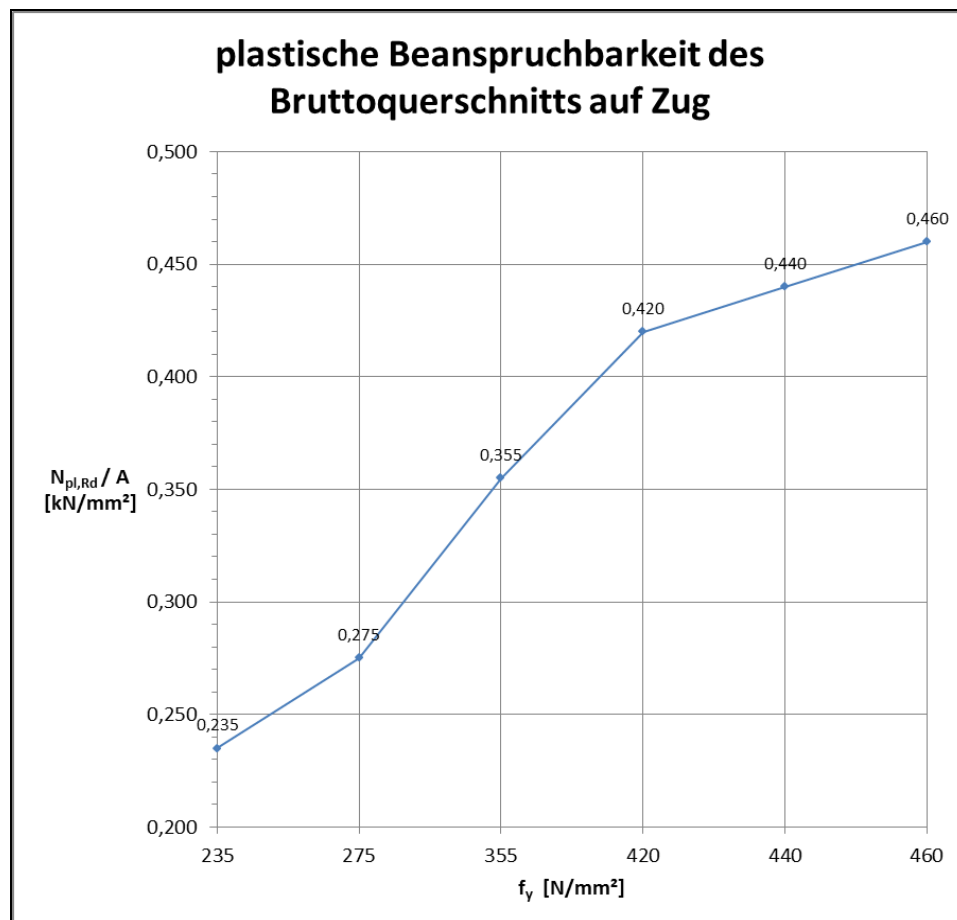
Entsprechend [1], Tabelle 3.1 sind sechs verschiedene Werte für die Streckgrenze des Baustahls ( $235 \text{ N/mm}^2 \leq f_y \leq 460 \text{ N/mm}^2$ ) möglich.

In [3] wird der Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M0}$  für die ständige und vorübergehende Bemessungssituation, aber auch für die außergewöhnliche Bemessungssituation, mit  $\gamma_{M0} = 1,0$  definiert.

Nach der Umformung der obigen Gleichung kann die maximal aufnehmbare, plastische Spannung

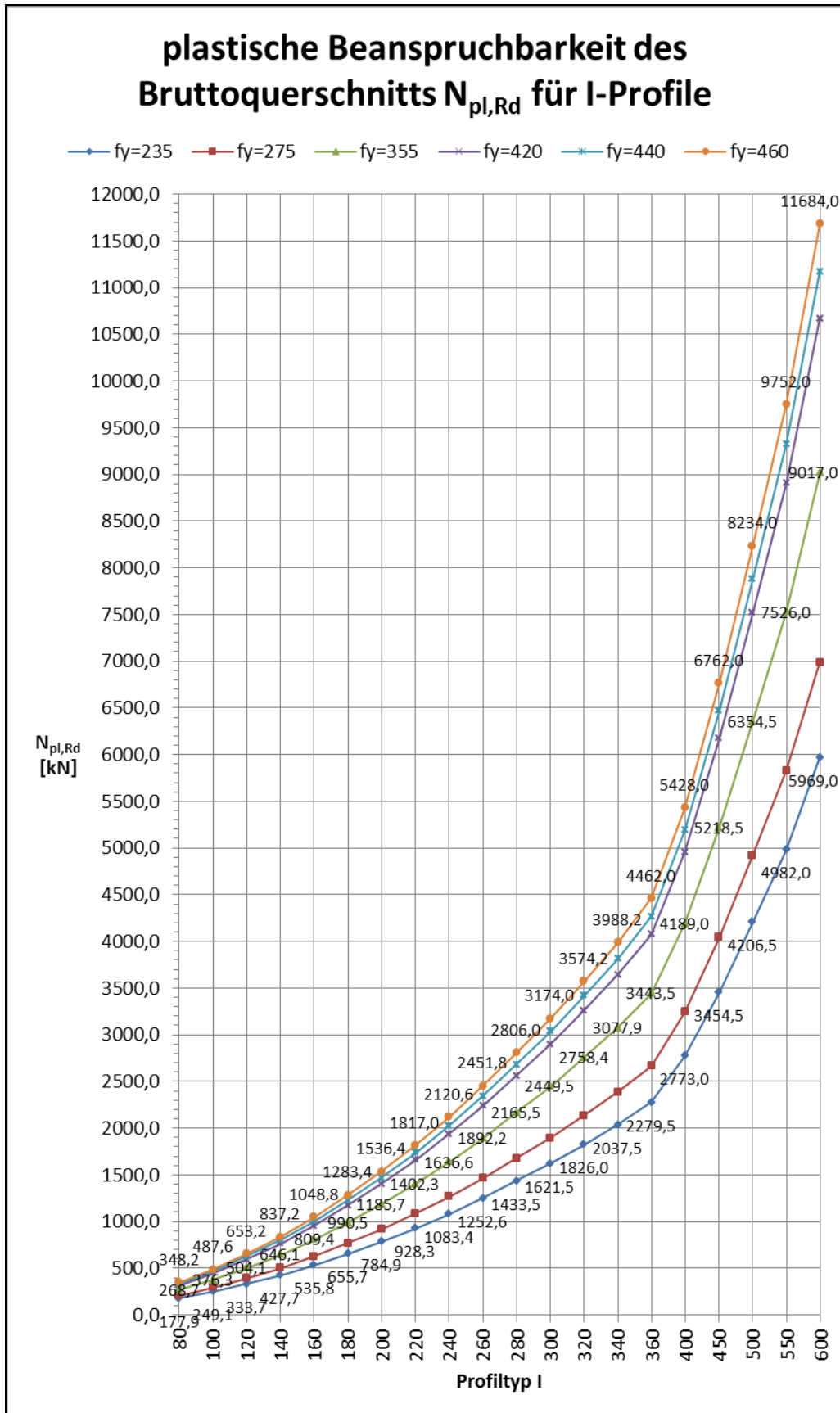
$\sigma_{pl,Rd} = \frac{N_{pl,Rd}}{A}$  ermittelt werden. Diese plastische Beanspruchbarkeit ist im folgenden Diagramm in

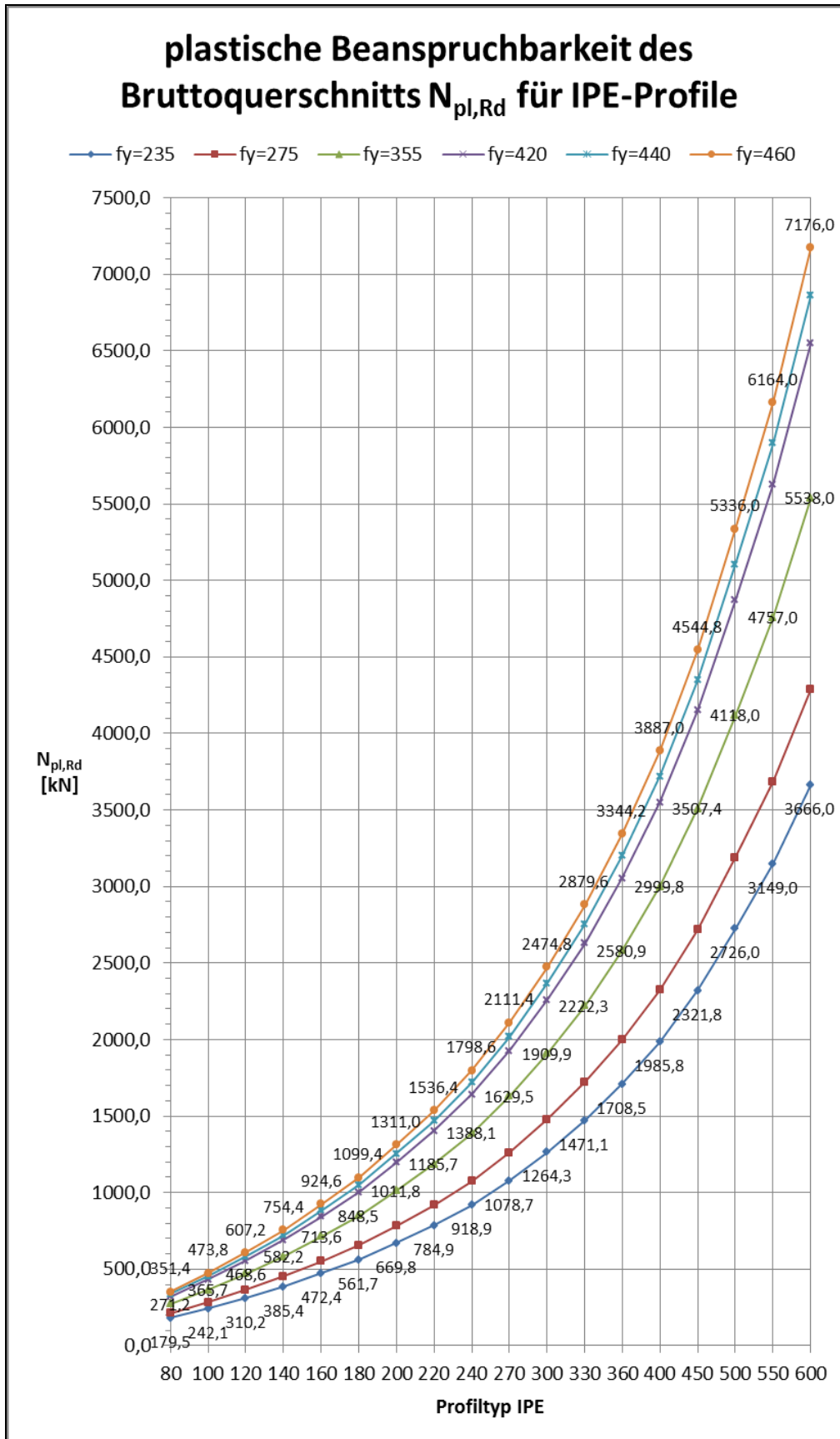
Abhängigkeit von der Streckgrenze des Baustahls  $f_y$  dargestellt.

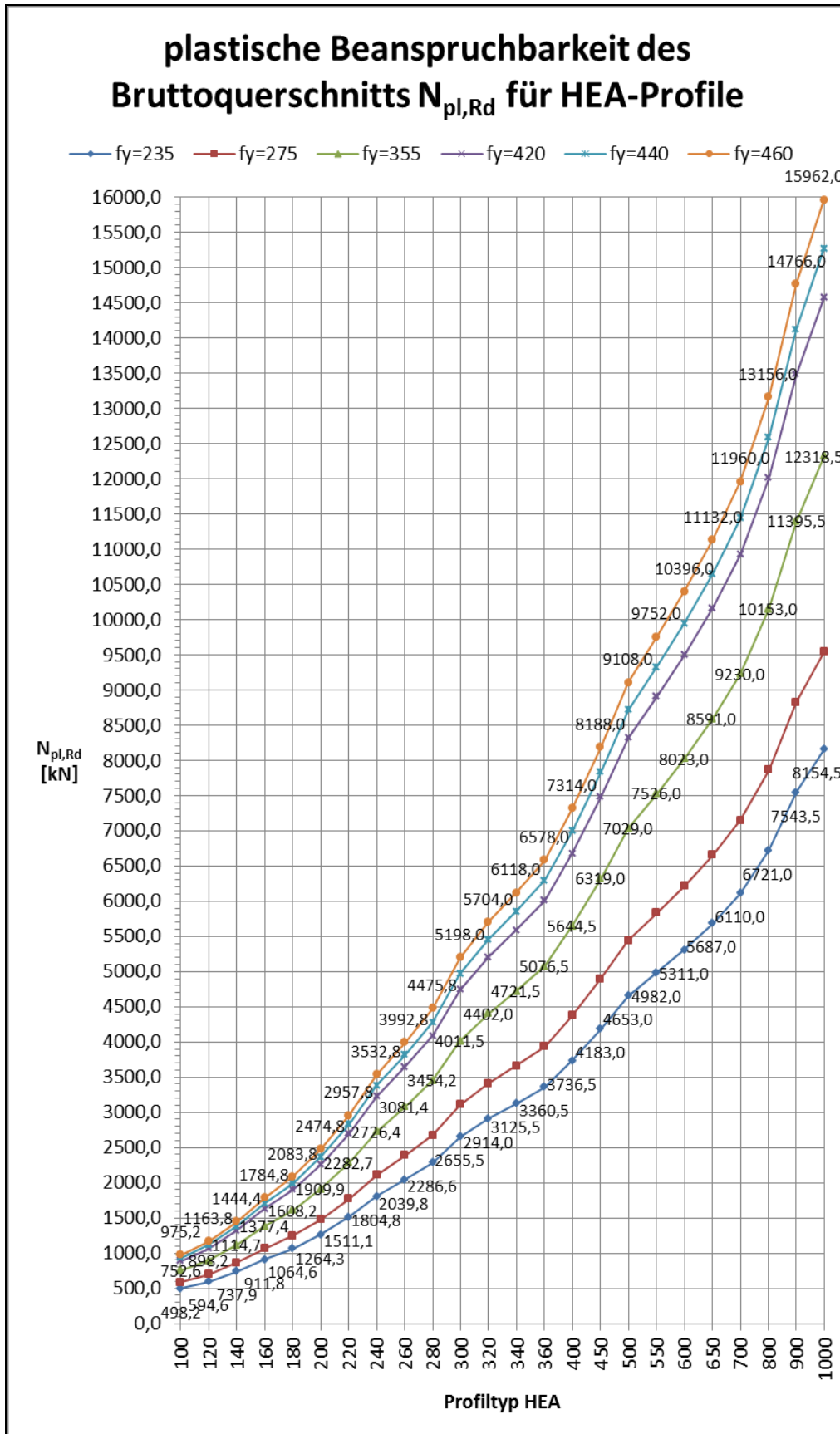


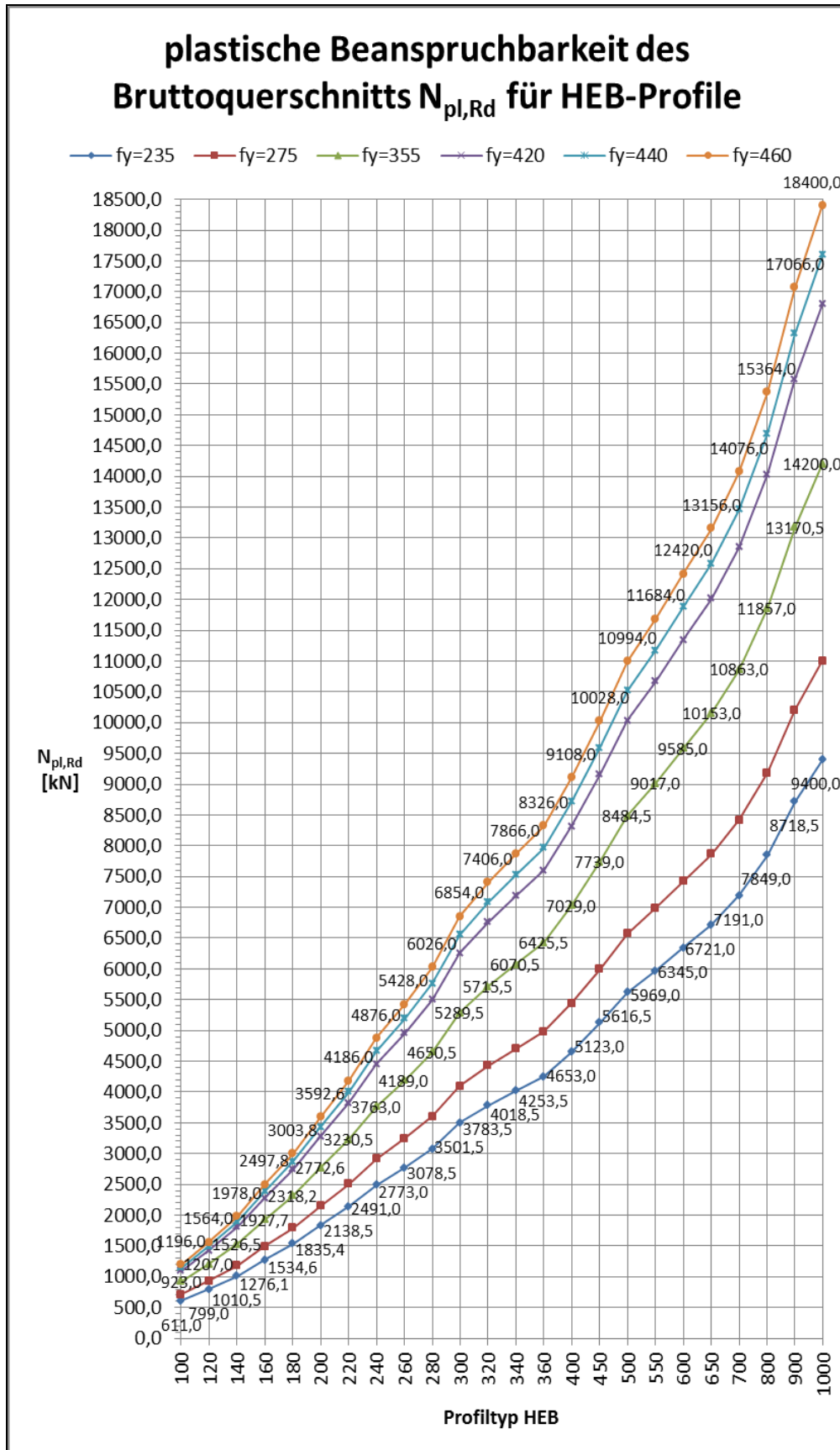
Mit Hilfe der Werte aus diesem Diagramm und dem jeweiligen Bruttoquerschnitt  $A$  des Profils kann sehr einfach der Bemessungswert der plastischen Beanspruchbarkeit des Bruttoquerschnitts  $N_{pl,Rd}$  ermittelt werden.

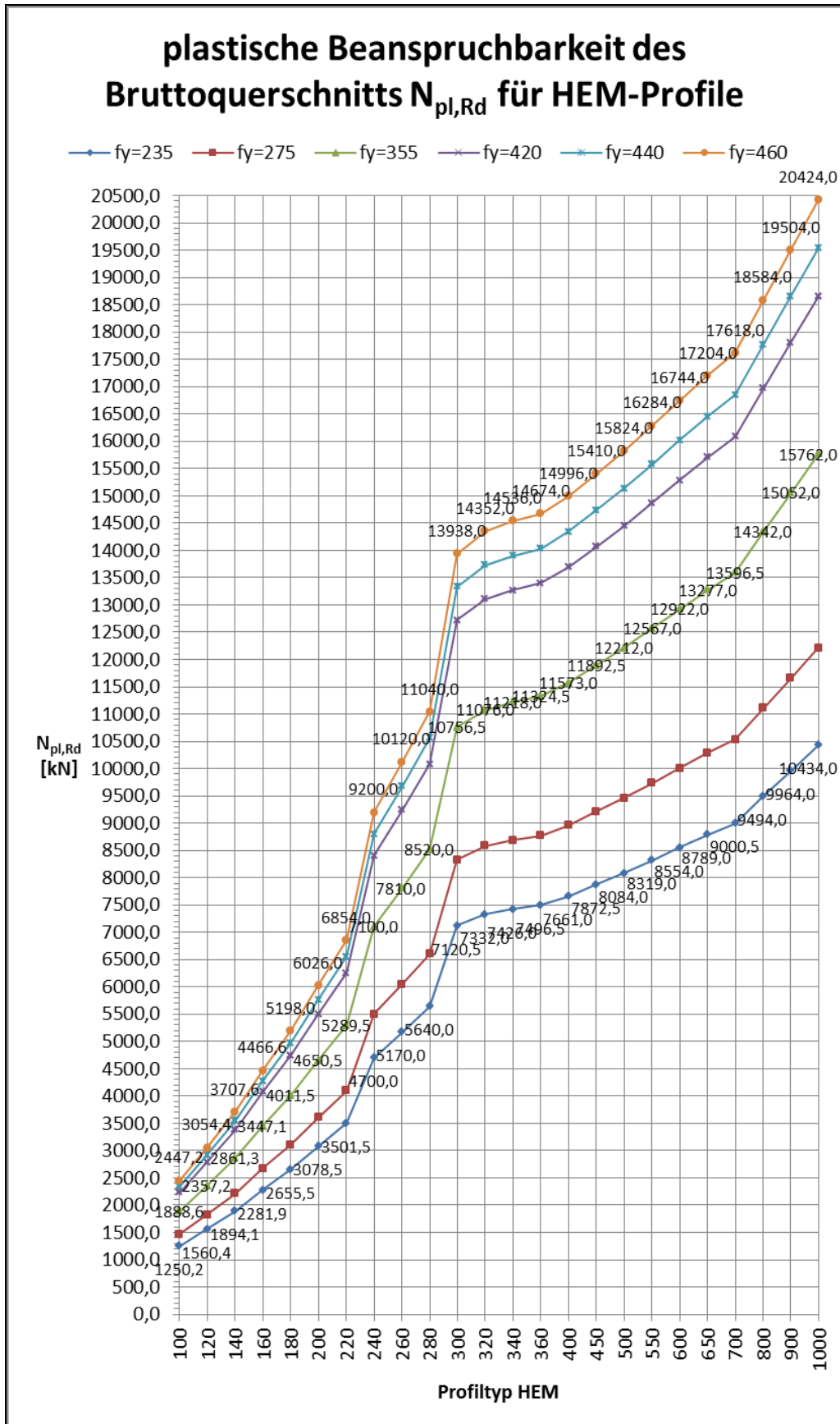
Für die Stahlbauprofile der Profilvereihen I, IPE, HEA, HEB und HEM wurden die plastischen Beanspruchbarkeiten der Bruttoquerschnitte für die verschiedenen Streckgrenzen  $f_y$ , entsprechend [1], Tabelle 3.1, ermittelt und in den folgenden fünf Diagrammen graphisch ausgewertet. Dabei wurden jeweils nur für die Streckgrenzen  $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_y = 355 \text{ N/mm}^2$  und  $f_y = 460 \text{ N/mm}^2$  die Werte der plastischen Beanspruchbarkeit der Bruttoquerschnitte in die Diagramme aufgenommen. Für die anderen Streckgrenzen sind diese Werte entweder aus den Diagrammen abzulesen oder mit Hilfe des obigen Diagramms zu ermitteln.











Da bei einer Zugbeanspruchung nicht zwangsläufig der Nachweis im Bruttoquerschnitt bemessungsrelevant ist, wurde in [1] auch der Nachweis im Nettoquerschnitt längs der kritischen Risslinie aufgenommen. Der Bemessungswert der Zugbeanspruchbarkeit des Nettoquerschnitts längs der kritischen Risslinie durch die Löcher  $N_{u,Rd}$  ist entsprechend [1] mit der folgenden Gleichung zu ermitteln.

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 * A_{net} * f_u}{\gamma_{M2}}$$

In dieser Gleichung werden die folgenden Werte berücksichtigt.

$A_{net}$  Nettoquerschnittsfläche

$f_u$  Zugfestigkeit des Stahls nach [1], Tabelle 3.1

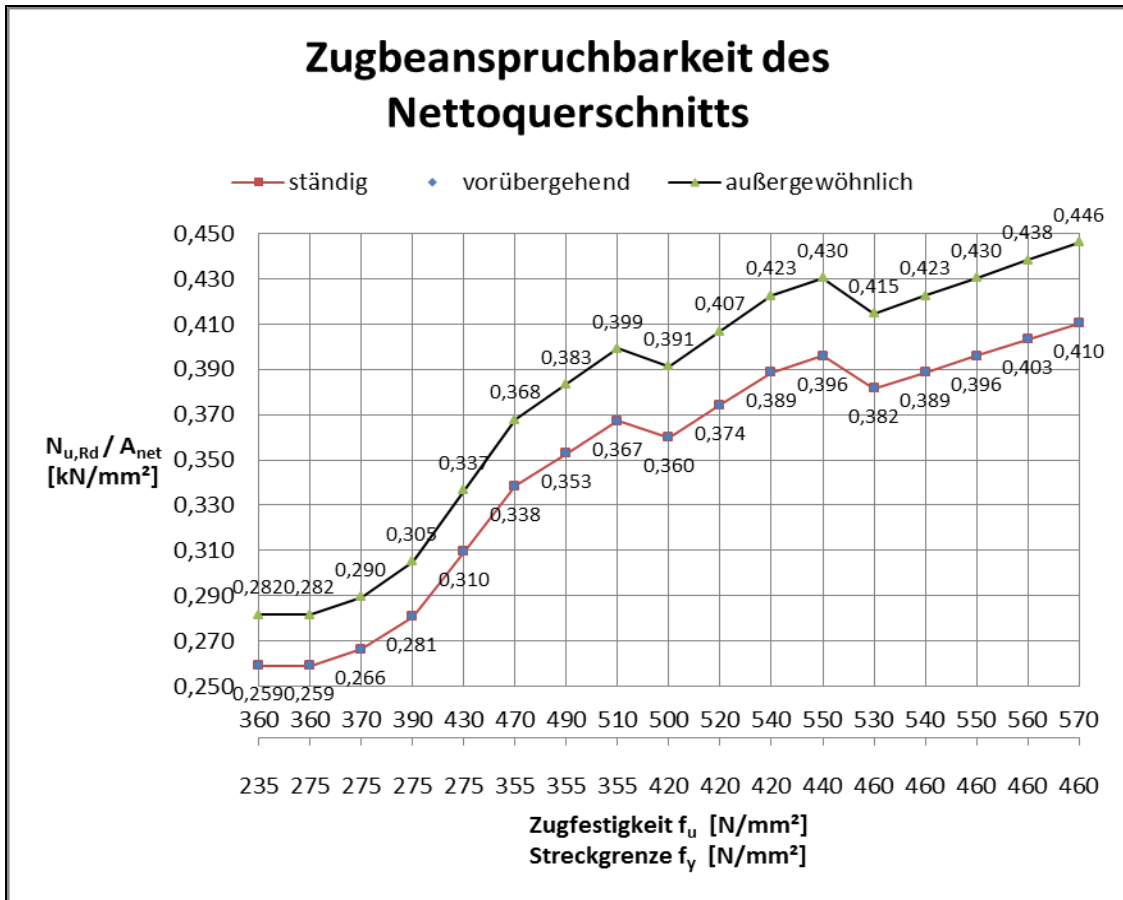
$\gamma_{M2}$  Teilsicherheitsbeiwert für einen Querschnittsnachweis bei Bruchversagen infolge Zug

Entsprechend [1], Tabelle 3.1 sind 14 verschiedene Werte für die Zugfestigkeit des Baustahls ( $360 \text{ N/mm}^2 \leq f_u \leq 570 \text{ N/mm}^2$ ) möglich. Es sind in Abhängigkeit vom Werkstoff und der Vergütung bei einer identischen Streckgrenze  $f_y$  z.T. verschiedene Zugfestigkeiten  $f_u$  möglich. Darauf wird hier eindringlich hingewiesen. Die alleinige Angabe „Stahl mit  $f_y = xxx \text{ N/mm}^2$ “ oder „Stahl mit  $f_u = yyy \text{ N/mm}^2$ “ ist somit nicht hinreichend. Mindestens die Werkstoffnorm und ggf. auch der Vergütungsgrad sind deshalb zu ergänzen.

In [3] wird der Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$  für die ständige und vorübergehende Bemessungssituation mit  $\gamma_{M2} = 1,25$  und für die außergewöhnliche Bemessungssituation mit  $\gamma_{M2} = 1,15$  definiert.

Nach Umformung der obigen Gleichung kann die maximal aufnehmbare Zugspannung des Nettoquerschnitts  $\sigma_{u,Rd} = \frac{N_{u,Rd}}{A_{net}}$  ermittelt werden. Diese Beanspruchbarkeit ist im folgenden Diagramm in Abhängigkeit von der Streckgrenze  $f_y$  und der Zugfestigkeit  $f_u$  des Baustahls für die ständige und vorübergehende sowie die außergewöhnliche Bemessungssituation dargestellt.





Mit Hilfe der Werte aus diesem Diagramm und dem jeweiligen Nettoquerschnitt  $A_{net}$  des Profils kann sehr einfach der Bemessungswert der Zugbeanspruchbarkeit des Nettoquerschnitts längs der kritischen Risslinie durch die Löcher  $N_{u,Rd}$  ermittelt werden. Es ist zu beachten, dass die Graphen für die ständige und die vorübergehende Bemessungssituation identisch sind.

Das Minimum der Bemessungswerte  $N_{pl,Rd}$  und  $N_{u,Rd}$  ist im Allgemeinen als Bemessungswert der Zugbeanspruchbarkeit des Querschnitts  $N_{t,Rd}$  anzunehmen.

Eine hiervon abweichende Regel wird in [1], Abschnitt 6.2.3(4) für Schraubenverbindungen der Kategorie C nach DIN EN 1993-1-8 vorgeschrieben. Demnach ist für diese Schraubenverbindungen der Bemessungswert der Zugbeanspruchbarkeit  $N_{t,Rd}$  grundsätzlich mit der folgenden Gleichung zu ermitteln.

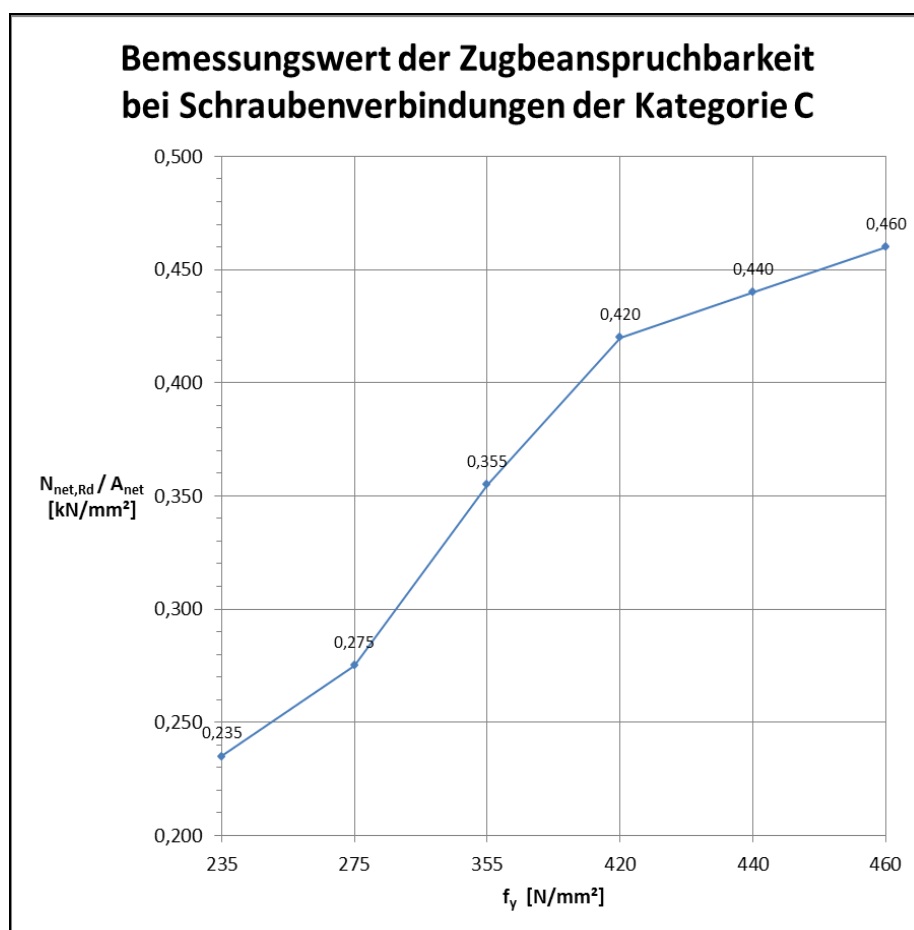
$$N_{t,Rd} = N_{net,Rd} = \frac{A_{net} * f_y}{\gamma_{M0}}$$

In dieser Gleichung werden die folgenden Werte berücksichtigt.

- $A_{net}$  Nettoquerschnittsfläche
- $f_y$  Streckgrenze des Stahls nach [1], Tabelle 3.1
- $\gamma_{M0}$  Teilsicherheitsbeiwert für einen Querschnittsnachweis ohne Stabilitätsversagen

Nach Umformung der obigen Gleichung kann die maximal aufnehmbare Zugspannung

$\sigma_{net,Rd} = \frac{N_{net,Rd}}{A_{net}}$  ermittelt werden. Diese Zugspannung ist im folgenden Diagramm in Abhängigkeit von der Streckgrenze des Baustahls  $f_y$  dargestellt.



Mit Hilfe der Werte aus diesem Diagramm und dem jeweiligen Nettoquerschnitt  $A_{net}$  des Profils kann sehr einfach der Bemessungswert der Zugbeanspruchbarkeit  $N_{t,Rd}$  bei Schraubenverbindungen der Kategorie C ermittelt werden.

Bei einem Vergleich der Werte und Verläufe der Diagramme „plastische Beanspruchbarkeit des Bruttoquerschnitts auf Zug“ und „Bemessungswert der Zugbeanspruchbarkeit bei Schraubenverbindungen der Kategorie C“ wird sehr schnell ersichtlich, dass diese identisch sind. Jedoch ist bei der Anwendung dieser Diagramme die abweichende Definition der y-Achse von entscheidender Bedeutung. Es muss, je nach Anwendungsfall, entweder der Bruttoquerschnitt oder der Nettoquerschnitt längs der kritischen Risslinie bei der Berechnung berücksichtigt werden. Dies wird auch bei einem Vergleich der jeweils zugehörigen Gleichungen ersichtlich und muss zwingend beachtet 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)