

## Tipp 18/02

### Querschnittsklassifizierung für druckbeanspruchte gewalzten I-Profile 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]

Entsprechend [1], Abschnitt 5.5.2 können z.B. druckbeanspruchte Bauteile den nachfolgend aufgeführten vier verschiedenen Querschnittsklassen zugeordnet werden. Mit dieser Klassifizierung der Querschnitte soll die Begrenzung der Beanspruchbarkeit und Rotationskapazität durch lokales Beulen der Querschnittsteile dieser Querschnitte festgelegt werden. Die vier Querschnittsklassen sind wie folgt charakterisiert.

- Klasse 1 Querschnitte können plastische Gelenke oder Fließzonen mit ausreichender plastischer Momententragfähigkeit und Rotationskapazität für die plastische Berechnung ausbilden, d.h. es darf eine plastische Bemessung (Berechnung nach der Plastizitätstheorie) mit Umlagerung der Schnittgrößen durchgeführt werden
- Klasse 2 Querschnitte können eine plastische Momententragfähigkeit entwickeln, haben aber nur eine begrenzte Rotationskapazität auf Grund örtlichen Beulens, d.h. plastische Querschnittsreserven dürfen ausgenutzt werden
- Klasse 3 Querschnitte erreichen für eine elastische Spannungsverteilung die Streckgrenze in der ungünstigsten Querschnittsfaser, können aber auf Grund örtlichen Beulens die plastische Momententragfähigkeit nicht erreichen, d.h. im Druckbereich des Querschnitts darf nur elastisch bis zu der um den Teilsicherheitsbeiwert reduzierten Streckgrenze bemessen werden, wobei jedoch im Zugbereich des Querschnitts die vorhandene Dehnung die Fließdehnung überschreiten darf
- Klasse 4 Querschnitte bei denen örtliches Beulen vor dem Erreichen der Streckgrenze in mindestens einem Querschnittsteil eintritt, d.h. die Bemessung erfolgt im Wesentlichen nach den Vorgaben aus DIN EN 1993-1-5

Die Klassifizierung der druckbeanspruchten Teile eines Querschnitts erfolgt durch das Verhältnis der Breite bzw. Höhe  $c$  und der Dicke  $t$  dieses Querschnittsteils ( $c/t$ -Verhältnis). Theoretisch könnten sich für den Steg und die Flansche eines Querschnitts verschiedene Querschnittsklassen ergeben. Jedoch wird der Querschnitt eines Profils durch die höchste, d.h. ungünstigste, Querschnittsklasse seiner druckbeanspruchten Querschnittsteile klassifiziert.

Entsprechend [1], Tabelle 5.2 sind die folgenden Grenzwerte für die Festlegung der Querschnittsklasse bei druckbeanspruchten Querschnittsteilen von I-Profilen zu beachten.

Querschnittsklasse	Steg	Flansch
1	$c/t \leq 33 \cdot \epsilon$	$c/t \leq 9 \cdot \epsilon$
2	$c/t \leq 38 \cdot \epsilon$	$c/t \leq 10 \cdot \epsilon$
3	$c/t \leq 42 \cdot \epsilon$	$c/t \leq 14 \cdot \epsilon$
4	$c/t > 42 \cdot \epsilon$	$c/t > 14 \cdot \epsilon$

In diesen Gleichungen werden die folgenden Werte berücksichtigt.

- $c$  Breite bzw. Höhe des druckbeanspruchten Querschnittsteils unter Berücksichtigung des Ausrundungsradius
- $t$  Dicke des druckbeanspruchten Querschnittsteils
- $\epsilon$  Faktor in Abhängigkeit von der Streckgrenze  $f_y$  des Materials (bezogene Streckgrenze)

Die Breite bzw. Höhe  $c$  des Querschnittsteils kann bei den Walzprofilen den entsprechenden Profiltafeln entnommen werden.

Dabei ist jedoch darauf zu achten, dass dieser Wert bei den einseitig gestützten Flanschen der Walzprofile nach der folgenden Gleichung ermittelt wird.

$$c_f = (b - t_w) / 2 - r$$

In dieser Gleichung wurden die folgenden geometrischen Größen berücksichtigt.

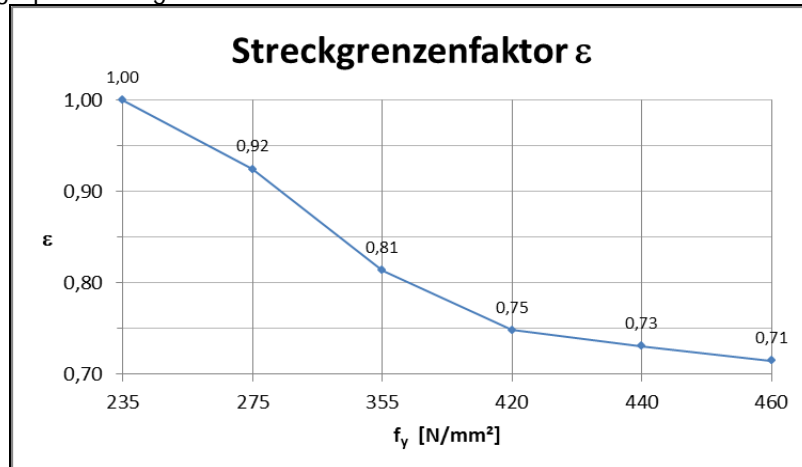
- $c_f$  Breite des druckbeanspruchten, einseitig gestützten Flanschabschnitts
- $b$  Breite des gesamten Flanschs (aus Profiltafeln zu entnehmen)
- $t_w$  Dicke des Profilstegs (aus Profiltafeln zu entnehmen)
- $r$  Ausrundungsradius an Übergang vom Profilsteg zum –flansch (aus Profiltafeln zu entnehmen)

Die Dicke  $t$  des Querschnittsteils kann bei den Walzprofilen den entsprechenden Profiltafeln entnommen werden.

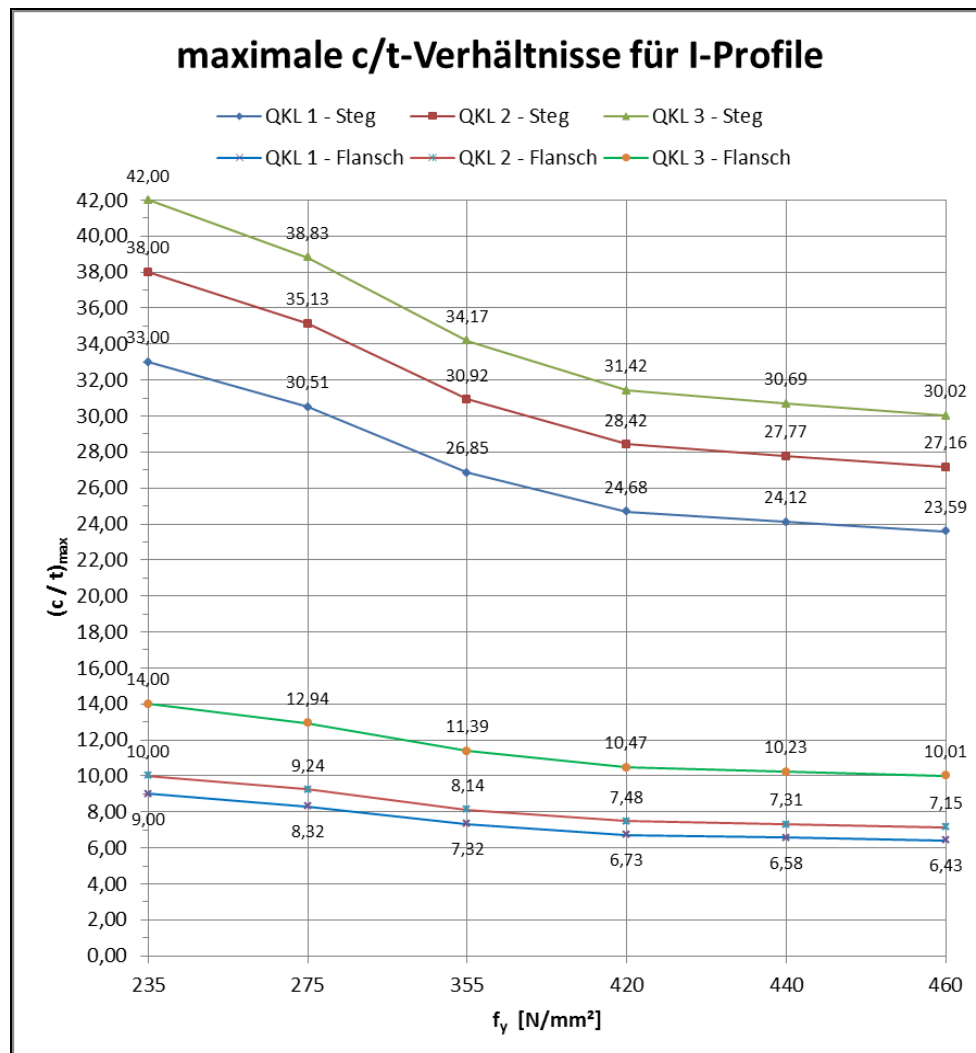
Der Faktor  $\varepsilon$  in Abhängigkeit von der Streckgrenze  $f_y$  des Materials ist entsprechend der folgenden Gleichung zu berechnen.

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

Die Auswertung dieser Gleichung wurde nachfolgend für die Streckgrenzen  $f_y = 235, 275, 355, 420, 440$  und  $460 \text{ N/mm}^2$  graphisch vorgenommen.



Unter Berücksichtigung dieser Vorgaben kann der Maximalwert des  $c/t$ -Verhältnisses für die Querschnittsklassen 1 bis 3 in Abhängigkeit von den Streckgrenzen  $f_y = 235, 275, 355, 420, 440$  und  $460 \text{ N/mm}^2$  ermittelt werden. Eine entsprechende graphische Auswertung wurde im folgenden Diagramm vorgenommen.



Eine Auswertung der obigen, allgemeingültigen Gleichungen für druckbeanspruchte Querschnitte der Profilreihen I, IPE, HEA, HEB und HEM mit den Streckgrenzen  $f_y = 235, 275, 355, 420, 440$  und  $460$  N/mm<sup>2</sup> ergibt die folgenden tabellarischen Zusammenstellungen. Dabei ist zu beachten, dass

- in der Tabelle 1 diese Auswertung nur für die Profilstege von Walzprofilen
- in der Tabelle 2 diese Auswertung nur für die Profilflansche von Walzprofilen
- in der Tabelle 3 diese Auswertung für den Gesamtquerschnitt des Walzprofils

vorgenommen wurde.

Die Angaben der jeweiligen Querschnittsklasse des Walzprofils in der Tabelle 3 ergeben sich aus der jeweils ungünstigsten, d.h. größeren, Querschnittsklasse der Tabellen 1 und 2 für den Gesamtquerschnitt dieses Walzprofil.

In allen Tabellen werden die Querschnittsklassen 3 (blau) und 4 (rot) farblich hervorgehoben.

Tabelle 1 Querschnittsklassifizierung für die Stege des Walzprofils unter Druckbeanspruchung

Profil	Material- streck- grenze $f_y$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Nennhöhe [mm]																											
		80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	270	280	300	320	330	340	360	400	450	500	550	600	650	700	800	900	1000	
I	235	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	
	275	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	
	355	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	
	420	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-
	440	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-
	460	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-
IPE	235	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	2	-	2	-	2	-	2	3	3	3	4	4	-	-	-	-	-	
	275	1	1	1	1	1	1	1	1	2	-	2	-	2	-	3	-	3	3	4	4	4	4	-	-	-	-	-	
	355	1	1	1	1	1	2	2	2	2	-	3	-	4	-	4	-	4	4	4	4	4	4	-	-	-	-	-	
	420	1	1	1	1	2	2	2	3	3	-	4	-	4	-	4	-	4	4	4	4	4	4	-	-	-	-	-	
	440	1	1	1	1	2	2	3	3	3	-	4	-	4	-	4	-	4	4	4	4	4	4	4	-	-	-	-	-
	460	1	1	1	2	2	3	3	4	4	-	4	-	4	-	4	-	4	4	4	4	4	4	4	-	-	-	-	-
HEA	235	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	2	2	3	3	4	4	4	
	275	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	2	2	3	4	4	4	4	4	
	355	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	
	420	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	2	-	2	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	
	440	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	2	2	2	-	2	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	
	460	-	1	1	1	1	1	1	1	1	2	-	2	2	2	-	2	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	
HEB	235	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	2	2	3	3	4		
	275	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	2	2	2	3	4	4		
	355	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	2	2	3	3	4	4	4		
	420	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4		
	440	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	2	2	3	4	4	4	4	4		
	460	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	2	2	3	4	4	4	4	4		
HEM	235	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3		
	275	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4		
	355	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	4		
	420	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	2	2	4	4	4		
	440	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	2	2	4	4	4		
	460	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	2	3	4	4	4		

Tabelle 2 Querschnittsklassifizierung für die Flansche des Walzprofils unter Druckbeanspruchung

Profil	Material- streck- grenze $f_y$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Nennhöhe [mm]																												
		80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	270	280	300	320	330	340	360	400	450	500	550	600	650	700	800	900	1000		
I	235	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-		
	275	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	
	355	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	
	420	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-
	440	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-
	460	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-
IPE	235	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	-	1	-	1	-	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	
	275	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	-	1	-	1	-	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	
	355	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	-	1	-	1	-	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	
	420	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	-	1	-	1	-	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-
	440	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	-	1	-	1	-	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-
	460	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	-	1	-	1	-	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-
HEA	235	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	275	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	2	2	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	355	-	1	1	1	1	2	2	2	2	3	-	3	3	2	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	420	-	1	1	1	2	3	3	3	3	3	-	3	3	3	-	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	440	-	1	1	1	2	3	3	3	3	3	-	3	3	3	-	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	460	-	1	1	2	2	3	3	3	3	3	-	3	3	3	-	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
HEB	235	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
	275	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
	355	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
	420	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
	440	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
	460	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
HEM	235	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
	275	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
	355	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
	420	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
	440	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
	460	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		

Tabelle 3 Querschnittsklassifizierung für den Gesamtquerschnitt des Walzprofils unter Druckbeanspruchung

Profil	Material- streck- grenze $f_y$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Nennhöhe [mm]																											
		80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	270	280	300	320	330	340	360	400	450	500	550	600	650	700	800	900	1000	
I	235	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	
	275	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	
	355	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	
	420	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-
	440	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-
	460	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-
IPE	235	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	2	-	2	-	2	-	2	3	3	3	4	4	-	-	-	-	-	
	275	1	1	1	1	1	1	1	1	2	-	2	-	2	-	3	-	3	3	4	4	4	4	-	-	-	-	-	
	355	1	1	1	1	1	2	2	2	2	-	3	-	4	-	4	-	4	4	4	4	4	4	-	-	-	-	-	
	420	1	1	1	1	2	2	2	3	3	-	4	-	4	-	4	-	4	4	4	4	4	4	4	-	-	-	-	-
	440	1	1	1	1	2	2	3	3	3	-	4	-	4	-	4	-	4	4	4	4	4	4	4	-	-	-	-	-
	460	1	1	1	2	2	3	3	4	4	-	4	-	4	-	4	-	4	4	4	4	4	4	4	-	-	-	-	-
HEA	235	-	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	2	2	3	3	4	4	4	
	275	-	1	1	1	1	1	1	1	1	-	2	2	1	-	1	1	1	1	1	2	2	3	4	4	4	4	4	
	355	-	1	1	1	1	2	2	2	2	3	-	3	3	2	-	1	1	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	
	420	-	1	1	1	2	3	3	3	3	3	-	3	3	3	-	2	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	
	440	-	1	1	1	2	3	3	3	3	3	-	3	3	3	-	2	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	
	460	-	1	1	2	2	3	3	3	3	3	-	3	3	3	-	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	
HEB	235	-	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	3	4		
	275	-	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	4	4		
	355	-	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	2	2	3	3	4	4	4	4		
	420	-	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	
	440	-	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	
	460	-	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	
HEM	235	-	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3		
	275	-	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4		
	355	-	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	4	4		
	420	-	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	2	2	4	4	4		
	440	-	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	2	2	4	4	4		
	460	-	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	4	4		

An Hand dieser Tabellen kann sehr einfach die Querschnittsklasse eines gewalzten I-Profiles mit druckbeanspruchten Querschnittsteilen in Abhängigkeit von der Streckgrenze des verwendeten Materials ermittelt 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 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 Hochbau – 1. Änderung  |
| [3] | DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08 | Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten<br>Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau |

## 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