

Tipp 18/03

Querschnittsklassifizierung für biegebeanspruchte gewalzte 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. biegebeanspruchte 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

Maßgebend für die Querschnittsklassifizierung sind die druckbeanspruchten Teile des Querschnitts. Dies gilt auch für biegebeanspruchte Bauteile, bei denen ein Teil des Gesamtquerschnitts infolge der Momentenbeanspruchung als druckbeanspruchter Querschnittsteil wirkt.

Die Klassifizierung der druckbeanspruchten Teile eines biegebeanspruchten 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. Da Walzprofile jedoch i.d.R. so eingebaut werden, dass die maximale Biegetragfähigkeit bei geringem Materialeinsatz erreicht wird, ist davon auszugehen, dass die Querschnittsrichtung mit der höchsten Biegetragfähigkeit beansprucht wird.

Entsprechend [1], Tabelle 5.2 sind die folgenden Grenzwerte für die Festlegung der Querschnittsklasse bei einachsig biegebeanspruchten Querschnittsteilen zu beachten. Hier wurde berücksichtigt, dass sich in den maßgebenden Flanschen infolge Biegebeanspruchung auf dem Gesamtquerschnitt eine konstante Druckspannung einstellen kann.

Querschnittsklasse	Steg	Flansch
1	$c / t \leq 72 * \varepsilon$	$c / t \leq 9 * \varepsilon$
2	$c / t \leq 83 * \varepsilon$	$c / t \leq 10 * \varepsilon$
3	$c / t \leq 124 * \varepsilon$	$c / t \leq 14 * \varepsilon$
4	$c / t > 124 * \varepsilon$	$c / t > 14 * \varepsilon$

In diesen Gleichungen werden die folgenden Werte berücksichtigt.

- c Breite bzw. Höhe des druckbeanspruchten Querschnittsteils
- t Steg- bzw. Flanschdicke
- ε 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 Höhe des Stegs der Walzprofile nach der folgenden Gleichung ermittelt wird.

$$c_{st} = h - 2 * (t_w + r)$$

In dieser Gleichung wurden die folgenden geometrischen Größen berücksichtigt.

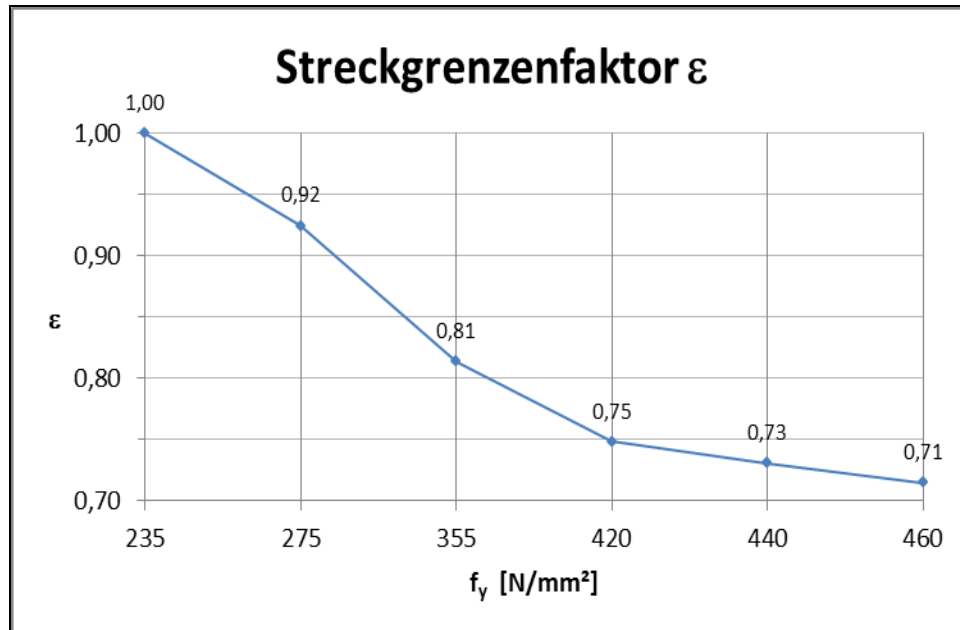
- c_{st} Höhe des beidseitig gestützten Stegs
- h Profilhöhe (aus Profiltafeln zu entnehmen)

Die Stegdicke t kann bei den Walzprofilen den entsprechenden Profiltafeln entnommen werden.

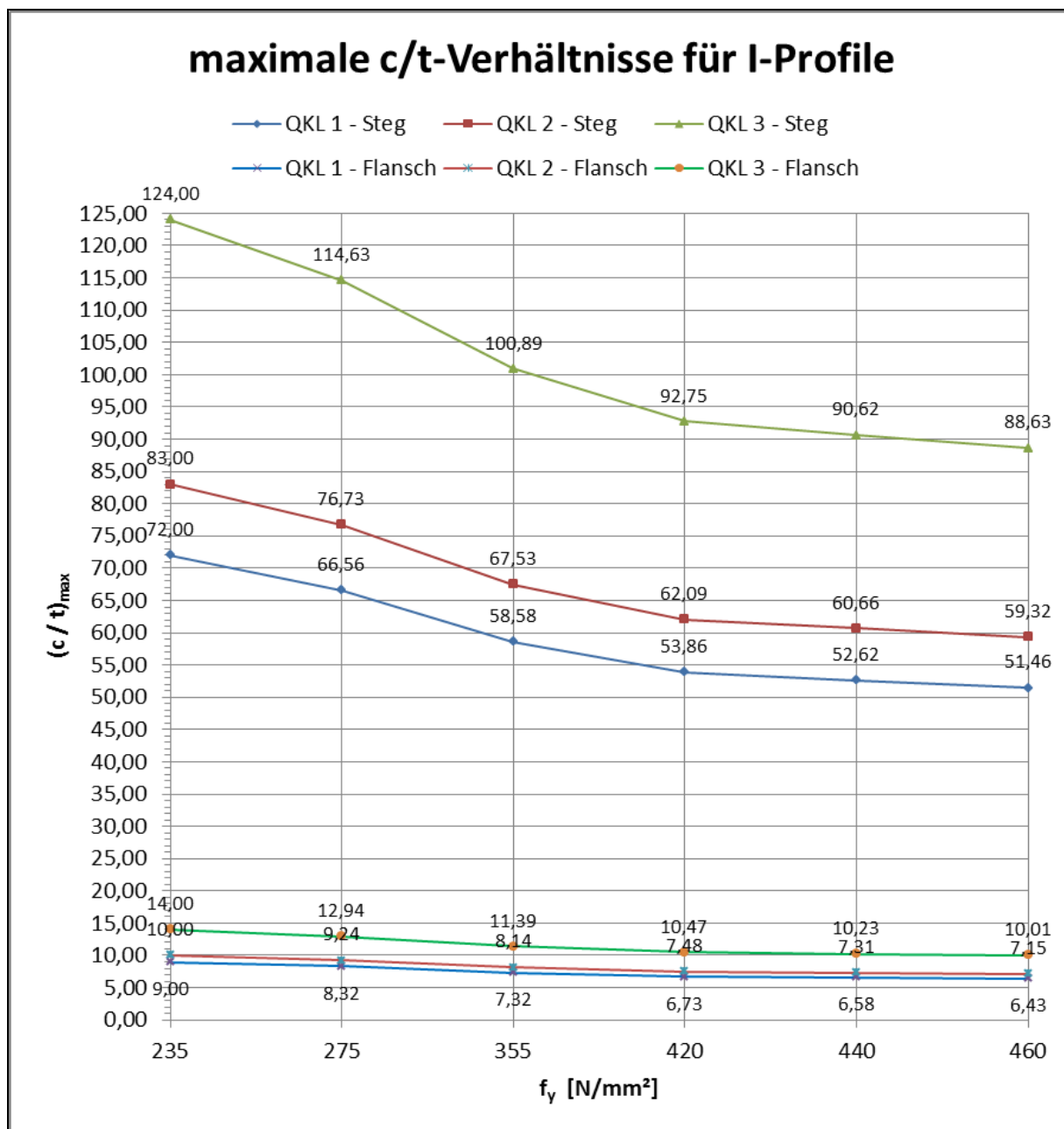
Der Faktor ε in Abhängigkeit von der Streckgrenze f_y des Materials ist entsprechend der folgenden Gleichung zu berechnen.

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

Die Auswertung dieser Gleichung wurde nachfolgend für die Streckgrenzen $f_y = 235, 275, 355, 420, 440$ und 460 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 der Streckgrenze $f_y = 235, 275, 355, 420, 440$ und 460 N/mm^2 ermittelt werden. Eine entsprechende graphische Auswertung wurde im folgenden Diagramm vorgenommen.



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

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

vorgenommen wurde.

Die Angaben der jeweiligen Querschnittsklassen für den Gesamtquerschnitt des Walzprofils in der Tabelle 3 ergeben sich aus der jeweils ungünstigsten, d.h. größeren Querschnittsklasse der Tabellen 1 und 2. In allen Tabellen werden die Querschnittsklasse 3 (blau) und 4 (rot) farblich hervorgehoben.

Tabelle 1 Querschnittsklassifizierung für den Steg des Walzprofils unter einachsiger Biegebeanspruchung

Profil	Material- streck- grenze f_y [N/mm ²]	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	-	-	-	-	-	
	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	-	-	-	-	-	
IPE	235	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	-	-	-	-	-		
	355	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	-	-	-	-	-		
	440	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	-	-	-	-	-		
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		
	275	-	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		
	420	-	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		
	460	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2		
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		
	275	-	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		
	420	-	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		
	460	-	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		
	275	-	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		
	420	-	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		
	460	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		

Tabelle 2 Querschnittsklassifizierung für die Flansche des Walzprofils unter einachsiger Biegebeanspruchung

Profil	Material- streck- grenze f _y [N/mm ²]	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	-	-	-	-	-	
	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	-	-	-	-	-	
IPE	235	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	-	-	-	-	-		
	355	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	-	-	-	-	-		
	440	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	-	-	-	-	-		
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		
	275	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	2	2	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		
	420	-	1	1	1	2	3	3	3	3	3	-	3	3	3	-	2	2	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		
	460	-	1	1	2	2	3	3	3	3	3	-	3	3	3	-	3	2	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			
	275	-	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			
	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			
HEM	235	-	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			
	355	-	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			
	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			

Tabelle 3 Querschnittsklassifizierung für den Gesamtquerschnitt des Walzprofils unter einachsiger Biegebeanspruchung

Profil	Material- streck- grenze f _y [N/mm ²]	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	-	-	-	-	-
	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	-	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	-	-	-	-	-	
	355	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	-	-	-	-	-
	440	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	-	-	-	-	-
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	
	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	
	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	
	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	
	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	
	460	-	1	1	2	2	3	3	3	3	3	-	3	3	3	-	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	
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		
	275	-	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		
	420	-	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		
	460	-	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		
	275	-	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		
	420	-	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		
	460	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		

An Hand dieser Tabellen kann sehr einfach die Querschnittsklasse eines einachsig biegebeanspruchten Walzprofils mit druckbeanspruchten Querschnittsteilen in Abhängigkeit von der Streckgrenze des verwendeten Materials ermittelt werden. Es wird auch ersichtlich, dass die Querschnittsklasse 4 bei den hier aufgelisteten Profilen nicht relevant wird.

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 |

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