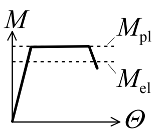
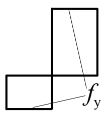
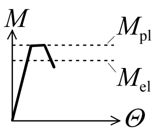
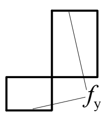
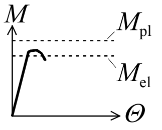
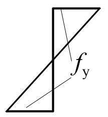
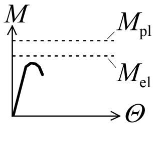
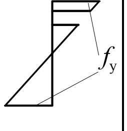
2 Bemessung *nicht* stabilitätsgefährdeter Bauteile

2.1 Klassifizierung von Querschnitten

2.1.1 Querschnittsklassen

Die Querschnitte von Stahlprofilen werden ihrem Tragverhalten entsprechend in die Querschnittsklassen (QK) 1 bis 4 eingeteilt, siehe Tafel 8.8a. Die c/t-Verhältnisse der einzelnen Querschnittsteile und die Spannungsverläufe sind maßgebend für die Zuordnung eines Querschnitts zu einer QK. Die nachfolgend dargestellte Zuordnung eines Profils zu einer QK gilt sowohl für nicht stabilitätsgefährdete als auch für stabilitätsgefährdete Bauteile.

Tafel 8.8a Querschnittsklassen [-1-1/ 5.5.2]

Querschnittsklasse	Momenten-Rotations-Verhalten	σ-Verlauf über den Querschnitt	Rotations-vermögen	Verfahren zur Bestimmung der Beanspruchungen	Verfahren zur Bestimmung der Beanspruchbarkeit	Anmerkungen
1			hoch	plas-tisch	plas-tisch	Querschnitte der QK 1 erreichen das volle plastische Moment und verfügen über ein ausgeprägtes Rotationsvermögen, so dass sich Fließgelenke einstellen können.
2			gering	elas-tisch	plas-tisch	Querschnitte der QK 2 erreichen das volle plastische Moment, verfügen aber nur über ein geringes Rotationsvermögen, so dass Fließgelenke nicht unterstellt werden dürfen.
3			keines	elas-tisch	elas-tisch	Querschnitte der QK 3 ermöglichen die Ausnutzung des elastischen Moments ohne Beulen der Querschnittsteile, das plastische Moment wird jedoch nicht erreicht.
4			keines	elas-tisch	elastisch, am effektiven Quer-schnitt	Querschnitte der QK 4 versagen durch lokales Beulen bereits vor Erreichen des elastischen Moments. Effektive Breiten nach EC 3-1-5, Kap. 5.2.2 verwenden.

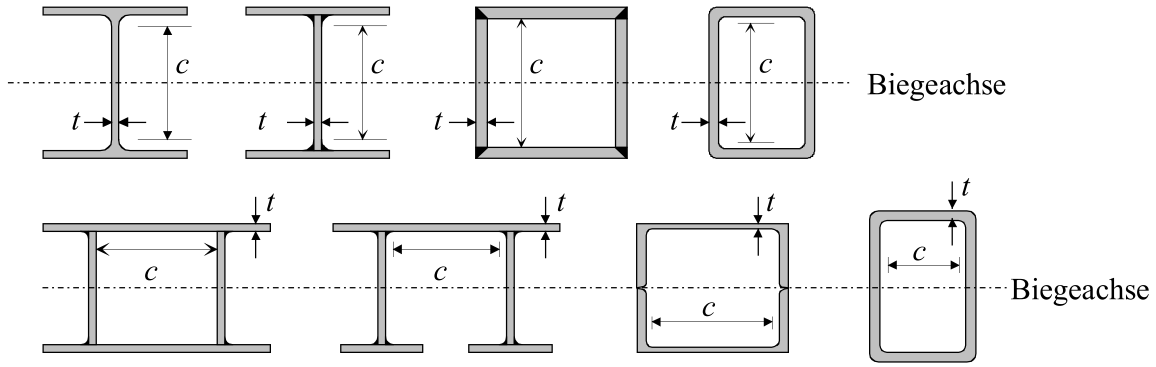
Tafel 8.8b Materialparameter ε für den Gebrauch in Tafel 8.9 ff. [-1-1/ Tab. 5.2]

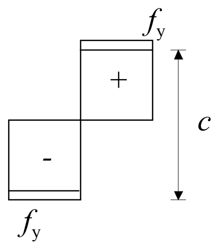
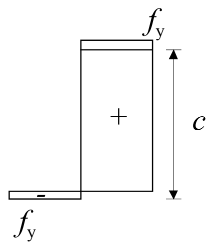
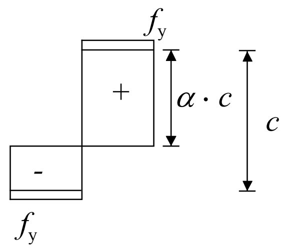
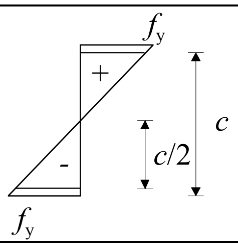
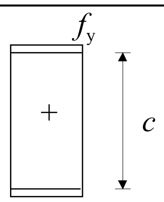
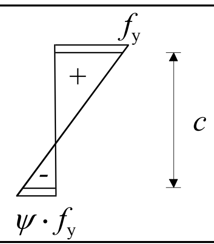
$\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$	f_y in N/mm²	235	275	355	420	460
	ε	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

Bei der Bestimmung der Querschnittsklasse (QK) ist zu beachten:

- Die QK hängt stets von der Querschnittsform und dem Belastungszustand des Querschnitts ab. Mit der QK für reine Druckbeanspruchung liegt man für alle anderen möglichen Schnittgrößenkombinationen auf der sicheren Seite. Diese Annahme kann jedoch unwirtschaftlich sein.
- Rein zugbeanspruchte Querschnitte oder Querschnittsteile werden nicht einer Querschnittsklasse zugeordnet, da kein lokales Ausbeulen zu befürchten ist.

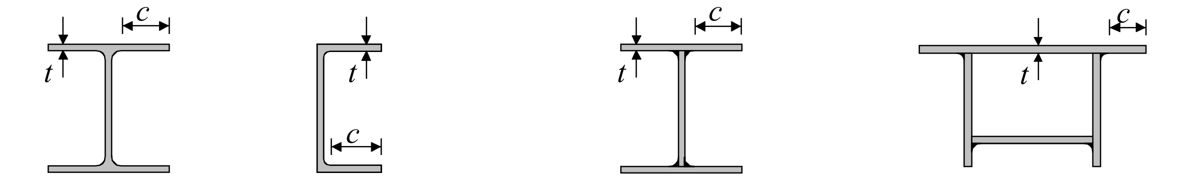
Tafel 8.9 QK für *beidseitig* (!) gestützte, druckbeanspruchte Querschnittsteile [-1-1/Tab.5.2]

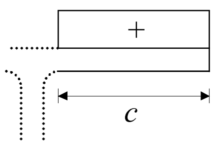
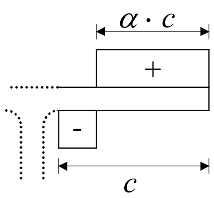
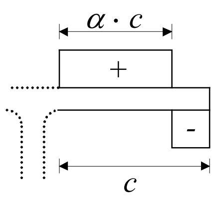
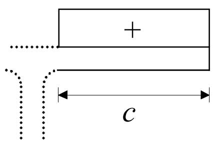
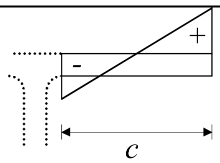
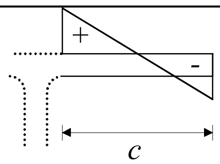


Querschnittsklasse	auf Biegung beanspruchte Querschnittsteile	auf Druck beanpruchte Querschnittsteile	auf Druck und Biegung beanspruchte Querschnittsteile
Spannungsverteilung über das Querschnittsteil (Druck positiv)			
1	$c/t \leq 72 \cdot \varepsilon$	$c/t \leq 33 \cdot \varepsilon$	$\alpha > 0{,}5: c/t \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1}$ $\alpha \leq 0{,}5: c/t \leq \frac{36 \cdot \varepsilon}{\alpha}$
2	$c/t \leq 83 \cdot \varepsilon$	$c/t \leq 38 \cdot \varepsilon$	$\alpha > 0{,}5: c/t \leq \frac{456 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1}$ $\alpha \leq 0{,}5: c/t \leq \frac{41{,}5 \cdot \varepsilon}{\alpha}$
Spannungsverteilung über das Querschnittsteil (Druck positiv)			
3	$c/t \leq 124 \cdot \varepsilon$	$c/t \leq 42 \cdot \varepsilon$	$\psi > -1: c/t \leq \frac{42 \cdot \varepsilon}{0{,}67 + 0{,}33 \cdot \psi}$ $\psi \leq -1$[1]$: c/t \leq 62 \cdot \varepsilon \cdot (1-\psi)\sqrt{-\psi}$

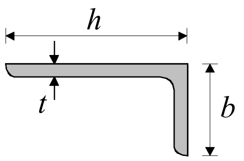
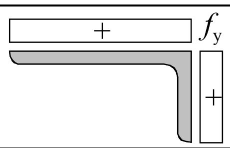
[1] Es gilt $\psi \leq -1$, falls entweder die Druckspannungen $\sigma \leq f_y$ oder die Dehnungen infolge Zug $\varepsilon_y > f_y / E$ sind.

Tafel 8.10a QK für *einseitig* (!) gestützte, druckbeanspruchte Bleche [-1-1/Tab.5.2]

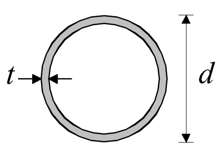


Gewalzte Querschnitte		Geschweißte Querschnitte	
Querschnittsklasse	auf Druck beanspruchte Querschnittsteile	auf Druck und Biegung beanspruchte Querschnittsteile: freier Rand im Druckbereich	auf Druck und Biegung beanspruchte Querschnittsteile: freier Rand im Zugbereich
Spannungsverteilung über das Querschnittsteil (Druck positiv)			
1	$c/t \le 9 \cdot \varepsilon$	$c/t \le \dfrac{9 \cdot \varepsilon}{\alpha}$	$c/t \le \dfrac{9 \cdot \varepsilon}{\alpha \cdot \sqrt{\alpha}}$
2	$c/t \le 10 \cdot \varepsilon$	$c/t \le \dfrac{10 \cdot \varepsilon}{\alpha}$	$c/t \le \dfrac{10 \cdot \varepsilon}{\alpha \cdot \sqrt{\alpha}}$
Spannungsverteilung über das Querschnittsteil (Druck positiv)			
3	$c/t \le 14 \cdot \varepsilon$	$c/t \le 21 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_\sigma}$ k_σ nach EC 3-1-5, siehe auch Tafel 8.47	

Tafel 8.10b QK von druckbeanspruchten Winkelprofilen [-1-1/Tab.5.2]

	• Siehe auch „einseitig gestützte Bleche“ nach Tafel 8.10a. • Diese Tabelle gilt nicht für Winkel mit über die Länge durchgehender Verbindung zu anderen Bauteilen.
Querschnittsklasse	Auf Druck beanspruchte Winkelschenkel
Spannungsverteilung über das Querschnittsteil (Druck positiv)	
3	$h/t \le 15 \cdot \varepsilon$ und gleichzeitig $\dfrac{b+h}{2 \cdot t} \le 11{,}5 \cdot \varepsilon$

Tafel 8.10c QK von druckbeanspruchten, runden Hohlprofilen [-1-1/Tab.5.2]

Querschnittsklasse		Auf Druck beanspruchte, runde Hohlprofile
1	$d/t \le 50 \cdot \varepsilon^2$	
2	$d/t \le 70 \cdot \varepsilon^2$	
3	$d/t \le 90 \cdot \varepsilon^2$ (Für $d/t > 90 \cdot \varepsilon^2$ siehe EC 3-1-6.)	

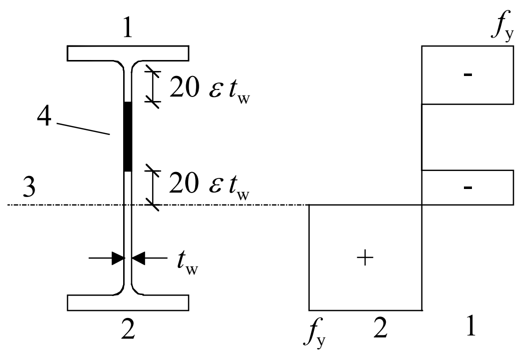
Vorgehensweise bei der Einstufung eines Querschnitts:

a) I-Walzprofile unter reiner Biegebeanspruchung oder reiner Druckbeanspruchung: QK kann Tafel 8.73 entnommen werden.

b) Beliebige, auf Druck und Biegung beanspruchte Querschnitte: Mit Hilfe der Tafeln 8.9 bis 8.10c wird jedem einzelnen Querschnittsteil eine QK zugeordnet. Querschnittsteile, die nicht mindestens die Grenzwerte der QK 3 nach Tafeln 8.9 bis 8.10c erfüllen, sind in QK 4 einzustufen. Die QK des Gesamtquerschnitts ergibt sich als die höchste QK seiner Querschnittsteile.

c) Ergänzung 1: Berücksichtigung der größten Drucknormalspannung statt f_y.
Für Querschnittsnachweise, nicht für Stabilitätsnachweise gilt: Querschnittsteile der QK 4 dürfen wie Querschnittsteile der QK 3 behandelt werden, wenn ihre Einstufung nach Tafeln 8.9 bis 8.10c mindestens in die QK 3 unter Ansatz eines mit dem Faktor $\sqrt{f_y/(\gamma_{M0}\cdot\sigma_{com,Ed})}$ vergrößerten Wertes ε möglich ist. $\sigma_{com,Ed}$ ist dabei der größte Bemessungswert der einwirkenden Druckspannung, nach Theorie I. O. oder – falls erforderlich – nach Theorie II. O. berechnet.

d) Ergänzung 2 [-1-1/5.5.2 (11) und -1-1/6.2.2.4]:
Querschnitte mit QK 3-Steg und QK 1- oder QK 2-Gurten dürfen als QK 2-Querschnitt mit einem wirksamen Steg gemäß Abbildung eingestuft werden. Dabei wird der in der Abbildung mit der Ziffer 4 bezeichnete Querschnittsteil als unwirksam betrachtet.

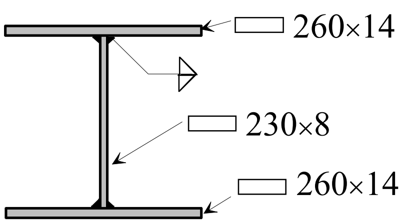


Legende:
1 gedrückter Querschnittsbereich
2 gezogener Querschnittsbereich
3 plastische Nulllinie des wirksamen Querschnitts
4 nichtwirksame Fläche

[-1-1/Bild 6.3]

e) Ergänzung 3 [-1-1/5.5.2 (12)]
Wenn der Steg nur für die Schubkraftübertragung vorgesehen ist und nicht zur Abtragung von Biegemomenten oder Normalkräften eingesetzt wird, darf der Querschnitt alleine abhängig von der Einstufung der Gurte den QK 2, 3 oder 4 zugeordnet werden. (Zu flanschinduziertem Stegbeulen siehe EC 3-1-5.)

Beispiel: Dreiblechquerschnitt S 355 unter Biegebeanspruchung; Schweißnahtdicke $a_w = 4$ mm



Materialparameter nach Tafel 8.8b:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0{,}81$$

Einstufung des Stegs: $c/t = (230 - 2\cdot 4)/8 = 27{,}8$

Nach Tafel 8.9: $c/t = 27{,}8 < 72\cdot\varepsilon = 72\cdot 0{,}81 = 58{,}3 \Rightarrow QK_{Steg} = QK\ 1$

Einstufung des Flanschs: $c/t = (b - t_w - 2\cdot a_w)/(2\cdot t_f) = (260 - 8 - 2\cdot 4)/(2\cdot 14) = 8{,}7$

Nach Tafel 8.10a: $c/t = 8{,}7 < 14\cdot\varepsilon = 14\cdot 0{,}81 = 11{,}3$

$> 10\cdot\varepsilon = 10\cdot 0{,}81 = 8{,}1 \Rightarrow QK_{Flansch} = QK\ 3$

Einstufung des Gesamtquerschnitts: $\max\{QK_{Steg}; QK_{Flansch}\} = \max\{QK\ 1; QK\ 3\} = QK\ 3$