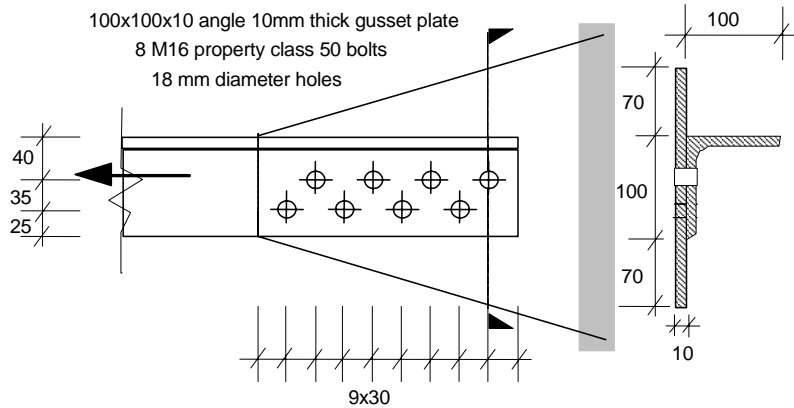




Nr.	Blatt	1 von 6	Index	B
Titel ECSC Stainless Steel Valorisation Project				
Inhalt Bemessungsbeispiel 6 – Geschraubter Anschluss				
Auftraggeber ECSC	Aufgestellt	IR	Datum	Okt. 2002
	Geprüft	FH/NB	Datum	Okt. 2002
	Korrigiert	MEB	Datum	April 2006

BEMESSUNGSBEISPIEL 6 – GESCHRAUBTER ANSCHLUSS

Ein zugbeanspruchtes Winkelprofil 100×100×10 muss mit einem 10 mm dicken Knotenblech verbunden werden. Sowohl für das Winkelprofil als auch für das Anschlussblech wird die Edelstahlorte 1.4401 verwendet. Es werden acht austenitische Bolzen mit dem Durchmesser 16 mm und der Festigkeitsklasse 50 in versetzt angeordneter Reihe vorgesehen, um einen Schenkel des Winkels mit dem Anschlussblech zu verbinden. Der Entwurf der Verbindung ist der folgenden Abbildung zu entnehmen. Der Bemessungswiderstand der Verbindung ist zu bestimmen.



Die Verbindung wird Kategorie A zugeordnet: Lochleibungsverbindung. Die Bemessungslast im Grenzzustand der Tragfähigkeit darf weder die Schertragfähigkeit noch den Lochleibungswiderstand überschreiten.

Materialeigenschaften

Der Winkel und die Platte bestehen aus der Edelstahlorte 1.4401:

The 0,2% Streckgrenze = 220 N/mm² und die Zugfestigkeit ist = 530 N/mm²
 f_y als 0,2% Streckgrenze = 220 N/mm² und f_u = 530 N/mm²

Die Bolzen bestehen aus Material der Festigkeitsklasse 50.

Wähle f_{yb} als die 0,2% Streckgrenze = 210 N/mm² und f_{ub} = 500 N/mm²

Teilsicherheitsbeiwerte

Teilsicherheitsbeiwert des Brutto-Querschnittswiderstands: $\gamma_{M0} = \gamma_{M1} = 1,1$

Teilsicherheitsbeiwert des Netto Querschnittswiderstands: $\gamma_{M2} = 1,25$

Teilsicherheitsbeiwert für Bolzenwiderstand hinsichtlich

Abscheren und Lochleibung : $\gamma_{M2} = 1,25$

Position und Größe der Bohrungen

Für M16 Bolzen ist ein Bohrungsdurchmesser $d_0 = 18$ mm erforderlich.

Randabstände $e_1 = 30$ mm und Eckabstände $e_2 = 25$ mm

e_1 und $e_2 < 4t + 40 = 80$ mm und $> 1,2d_0 = 1,2 \times 18 = 21,6$ mm

EN 1993-1-8,
Satz 3.4.1

Tabelle 3.1
Abschnitt
3.2.4

Tabelle 3.3

Tabelle 2.1

Abschnitt
6.2.3



Nr.	Blatt	2 von 6	Index	B
Titel ECSC Stainless Steel Valorisation Project				
Inhalt Bemessungsbeispiel 6 – Geschraubter Anschluss				
Auftraggeber ECSC	Aufgestellt	IR	Datum	Okt. 2002
	Geprüft	FH/NB	Datum	Okt. 2002
	Korrigiert	MEB	Datum	April 2006

Für versetzte Bolzenreihen:

- Zwischenraum $p_1 = 60 \text{ mm} > 2,2d_0 = 39,6 \text{ mm}$
- Abstand zwischen zwei Bolzen in versetzten Reihen
 $\sqrt{30^2 + 35^2} = 46,1 \text{ mm} > 2,4d_0 = 43,2 \text{ mm}$
- somit ist der Zwischenraum zwischen versetzten Reihen $p_2 = 35 \text{ mm} > 1,2d_0 = 21,6 \text{ mm}$

Anmerkung: Für Druckbelastung sollten e_2 und p_1 hinsichtlich lokaler Knickanforderungen jeweils für auskragende Teilflächen und innenliegende Teilflächen untersucht werden. Untersuchungen sowohl des Winkels als auch des Anschlussbleches sind erforderlich.

Bemessungstragfähigkeit des Bruttoquerschnitts des zugbeanspruchten Stahlwinkels

Abschnitt
6.2.3

Bruttoquerschnittsfläche des Winkels $A_g = 1915 \text{ mm}^2$

Plastischer Bemessungswiderstand

$$N_{pl, Rd} = \frac{A_g f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1915 \times 220}{1,1 \times 10^3} = 383 \text{ kN}$$

Gleich. 6.4

Bemessungszugwiderstand des Nettoquerschnitts des Winkels

Abschnitt
4.6.4

Für versetzt angeordnete Bohrungen sollte die Netto-Querschnittsfläche als der kleiner Wert angenommen werden von:

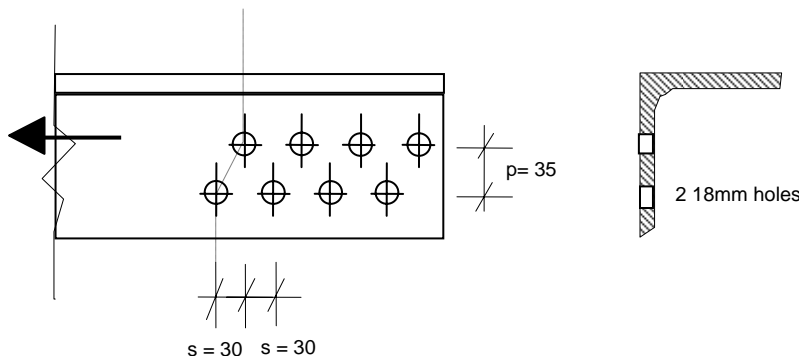
- Bruttoquerschnitt weniger Abzug für nicht versetzt angeordnete Bohrungen
- $A_g - t \left(nd_0 - \sum \frac{s^2}{4p} \right)$

Abzug für nicht versetzt angeordnete Bohrungen

$$A_g - td_0 = 1915 - 10 \times 18 = 1735 \text{ mm}^2$$

Netto Querschnittsfläche durch zwei versetzt angeordnete Bohrungen, $n = 2$, $s = 30 \text{ mm}$ und $p = 35 \text{ mm}$:

Abschnitt
4.6.4



$$\begin{aligned} A_{net} &= A_g - t \left(nd_0 - \sum \frac{s^2}{4p} \right) = 1915 - 10 \left((2 \times 18) - \frac{30^2}{4 \times 35} \right) \\ &= 1915 - 10(36 - 6.4) = 1619 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$



Nr.	Blatt	3 von 6	Index	B
Titel ECSC Stainless Steel Valorisation Project				
Inhalt Bemessungsbeispiel 6 – Geschraubter Anschluss				
Auftraggeber ECSC	Aufgestellt	IR	Datum	Okt. 2002
	Geprüft	FH/NB	Datum	Okt. 2002
	Korrigiert	MEB	Datum	April 2006

Somit $A_{net} = 1619 \text{ mm}^2$

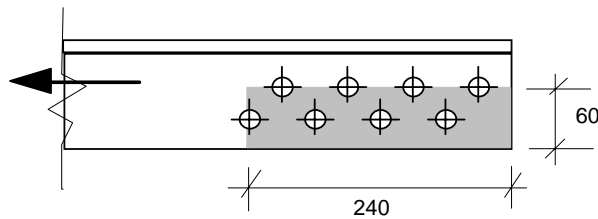
Auf der sicheren Seite liegend kann der Reduktionsfaktor für einen Stahlwinkel, der mit einem Schenkel durch eine einreihige Bolzenverbindung verbunden wird, angewendet werden. Durch Interpolation für mehr als 3 Bolzen in einer Reihe: $\beta_3 = 0,57$.

Bemessungswiderstand des Netto-Querschnitts des Winkels im Grenzzustand der Tragfähigkeit:

$$N_{u,Rd} = \frac{\beta_3 A_{net} f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,57 \times 1619 \times 530}{1,25 \times 10^3} = 391,3 \text{ kN}$$

Bemessungswiderstand des Winkels gegen Ausknöpfen

Die Ausdrücke für Ausknöpfen sind der EN 1993-1-8 entnommen, eher als der EN 1993-1-1, da EN 1993-1-8 explizit Winkel abdeckt.



Bemessungswiderstand gegen Ausknöpfen bei Bewertung der Reihen als versetzt angeordnet:

$$V_{eff,2,Rd} = \frac{0,5 f_u A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y A_{nv}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$$

$$= \frac{0,5 \times 530 \times (60 - 18) \times 10}{1,25 \times 10^3} + \frac{220 \times (240 - 4 \times 18) \times 10}{\sqrt{3} \times 1,1 \times 10^3} = 89 + 194 = 283 \text{ kN}$$

EN 1993-1-8,
Satz
3.10.2(3)
Gleich. 3.10

Bemessungswiderstand gegen Ausknöpfen bei Bewertung der Reihen als nicht versetzt angeordnet:

$$V_{eff,2,Rd} = \frac{0,5 f_u A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y A_{nv}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$$

$$= \frac{0,5 \times 530 \times (60 - 18 - 9) \times 10}{1,25 \times 10^3} + \frac{220 \times (240 - 3 \times 18 - 9) \times 10}{\sqrt{3} \times 1,1 \times 10^3}$$

$$= 70 + 204 = 274 \text{ kN}$$


EN 1993-1-8,
Satz
3.10.2(2)
Gleich. 3.9

Bemessung der Brutto-Querschnittsfläche des Knotenblechs

Bruttoquerschnittsfläche am Ende des Stahlwinkels:

$$A_g = 10 \times (100 + 70 + 70) = 2400 \text{ mm}^2$$

Abschnitt
4.7.2

 Centre Technique Industriel de la Construction Métallique 102, Route de Limours F-78471 St Rémy Lès Chevreuse Cedex France Tel : +33 (0)1 30 85 25 00 Fax : +33 (0)1 30 52 75 38 Statikpapier	Nr.	Blatt	4 von 6	Index	B
	Titel ECSC Stainless Steel Valorisation Project				
	Inhalt Bemessungsbeispiel 6 – Geschraubter Anschluss				
	Auftraggeber ECSC	Aufgestellt	IR	Datum	Okt. 2002
Geprüft		FH/NB	Datum	Okt. 2002	
Korrigiert		MEB	Datum	April 2006	

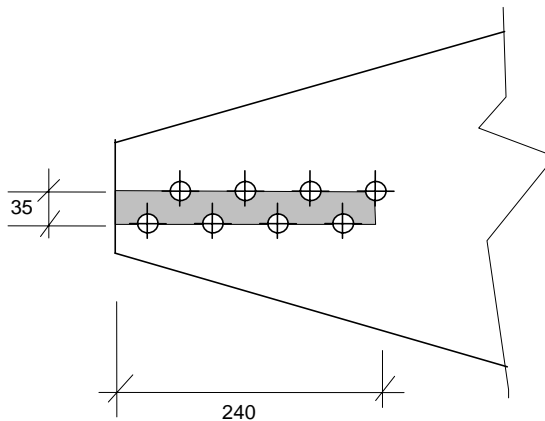
<p>Plastischer Bemessungswiderstand</p> $N_{pl,Rd} = \frac{A_g f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2400 \times 220}{1,1 \times 10^3} = 480 \text{ kN}$ <p>Bemessung der Netto-Querschnittsfläche des Knotenblechs</p> <p>Nettoquerschnittsfläche am Ende des Stahlwinkels (wo die aufgebrachte Last am größten ist) durch eine Bohrung in nicht symmetrischer Lage und einer Querschnittsbreite von:</p> $b = 100 + 70 + 70 = 240 \text{ mm:}$ $A_{net} = A_g - d_0 t = 2400 - 18 \times 10 = 2220 \text{ mm}^2$ <p>Nettoquerschnittsfläche am Ende des Stahlwinkels durch zwei versetzt angeordnete Bohrungen mit</p> $s = 30 \text{ mm and } p = 35 \text{ mm :}$ $A_{net} = A_g - 2d_0 t + \frac{s^2 t}{4p} = 2400 - 2 \times 18 \times 10 + \frac{30^2 \times 10}{4 \times 35}$ $= 2400 - 360 + 64 = 2104 \text{ mm}^2$ <p>Somit $A_{net} = 2104 \text{ mm}^2$</p> <p>Bemessungswiderstand der Netto-Querschnittsfläche des Knotenblechs nahe des Winkelendes:</p> $N_{u,Rd} = \frac{k_r A_{net} f_u}{\gamma_{M2}}$ <p>Reduktionsfaktor k_r :</p> $k_r = [1 + 3r(d_0/u - 0,3)] \text{ aber } < 1,0$ $u = 2e_2 \leq p_2 \text{ dafür, } u = 35 \text{ mm}$ $k_r = \left[1 + 2 \times \frac{2}{8} \times \left(\frac{18}{35} - 0,3 \right) \right] = 1,16 > 1,0$ <p>Es gilt $k_r = 1,0$</p> $N_{u,Rd} = \frac{1,0 \times 2104 \times 530}{1,25 \times 10^3} = 892,1 \text{ kN}$ <p>Es wird empfohlen, den Netto-Querschnittswiderstand in zwischenliegenden Bereichen des Querschnitts entlang des Knotenbleches zu überprüfen.</p> <p><u>Querschnitt am 1. Bolzenloch nahe der Knotenbleckecke</u> (Wo $b = 100 + 30/240 \times 140 = 117,5 \text{ mm}$)</p> $A_{net} = A_g - d_0 t = 117,5 \times 10 - 18 \times 10 = 995 = 995 \text{ mm}^2$ <p>Dieser Querschnitt muss in der Lage sein, die Last aus einem Bolzen zu übertragen.</p> <p>Tragfähigkeit im Schnitt:</p> $N_{u,Rd} = \frac{k_r A_{net} f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{1,0 \times 995 \times 530}{1,25 \times 10^3} = 421,88 \text{ kN}$	<p>Gleich. 4.22</p> <p>Abschnitt 4.7.2</p> <p>Gleich. 4.23</p> <p>Gleich. 4.24</p> <p>Abschnitt 4.6.4</p> <p>Gleich. 4.23</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



Nr.	Blatt	5 von 6	Index	B
Titel ECSC Stainless Steel Valorisation Project				
Inhalt Bemessungsbeispiel 6 – Geschraubter Anschluss				
Auftraggeber ECSC	Aufgestellt	IR	Datum	Okt. 2002
	Geprüft	FH/NB	Datum	Okt. 2002
	Korrigiert	MEB	Datum	April 2006

Es ist offensichtlich, dass kein weiterer Schnitt des Knotenbleches untersucht werden muss, da die aufgebrachte Last den Bemessungswiderstand des Stahlwinkels nicht überschreiten kann und der wie oben gezeigt wurde, kleinere Tragfähigkeiten aufweist.

Bemessungswiderstand des Knotenblechs hinsichtlich Ausknöpfen



Bemessungswiderstand gegen Ausknöpfen bei Bewertung der Reihen als versetzt angeordnet:

$$\begin{aligned}
 V_{\text{eff},1,\text{Rd}} &= \frac{f_u A_{\text{nt}}}{\gamma_{\text{M2}}} + \frac{f_y A_{\text{nv}}}{\sqrt{3} \gamma_{\text{M0}}} \\
 &= \frac{530 \times (35 - 9) \times 10}{1,25 \times 10^3} + \frac{220 \times (240 - 4 \times 18 + 240 - 3 \times 18 - 9) \times 10}{\sqrt{3} \times 1,1 \times 10^3} \\
 &= 110,2 + 398,4 = 508,6 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

EN 1993-1-8,
Satz
3.10.2(2)
Gleich. 3.9

Bemessungswiderstand gegen Ausknöpfen bei Bewertung der Reihen als nicht versetzt angeordnet:

$$\begin{aligned}
 V_{\text{eff},1,\text{Rd}} &= \frac{f_u A_{\text{nt}}}{\gamma_{\text{M2}}} + \frac{f_y A_{\text{nv}}}{\sqrt{3} \gamma_{\text{M0}}} \\
 &= \frac{530 \times (35 - 2 \times 9) \times 10}{1,25 \times 10^3} + \frac{220 \times (2 \times 240 - 6 \times 18 - 2 \times 9) \times 10}{\sqrt{3} \times 1,1 \times 10^3} \\
 &= 72,1 + 408,8 = 480,9 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

EN 1993-1-8,
Satz
3.10.2(2)
Gleich. 3.9

Bemessungswiderstand der Bolzen gegen Abscheren

Es handelt sich um eine einschnittige Verbindung. Bewertung des Abscherens im Bereich des Gewindes.

Dafür: $\alpha = 0,5$

Querschnittsfläche eines M16-Bolzens: $A_s = 157 \text{ mm}^2$

Bemessungswiderstand M16-Bolzen, Festigkeitsklasse 50 mit der Querschnittsfläche $A_s = 157 \text{ mm}^2$:

Abschnitt
6.2.4



Nr.	Blatt	6 von 6	Index	B
Titel ECSC Stainless Steel Valorisation Project				
Inhalt Bemessungsbeispiel 6 – Geschraubter Anschluss				
Auftraggeber ECSC	Aufgestellt	IR	Datum	Okt. 2002
	Geprüft	FH/NB	Datum	Okt. 2002
	Korrigiert	MEB	Datum	April 2006

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,5 \times 500 \times 157}{1,25 \times 10^3} = 31,4 \text{ kN}$$

Bemessungswiderstand einer Bolzengruppe auf Abscheren: $n_b F_{v,Rd} = 8 \times 31,4 = 251,2 \text{ kN}$

Gleich. 6.9

Bemessungswiderstand der Bolzen/Blech auf Lochleibung

Abschnitt
6.2.3

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,red} d t}{\gamma_{M2}}$$

Gleich. 6.2

Lochleibungswiderstand des 10 mm dicken Bleches des letzten M16 Bolzens mit Randabständen $e_1 = 30 \text{ mm}$, Eckabstand $e_2 = 25 \text{ mm}$ ($> 1,2d_0 = 21,6 \text{ mm}$) und Bolzenabstand $p_1 = 60 \text{ mm}$ und $p_2 = 35 \text{ mm}$

Die Verformung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit: die reduzierte Bemessungsspannung $f_{u,red}$ wird hier angesetzt, um zu groß dimensionierte Lochbohrungen zu vermeiden.

Gleich. 6.1

$$f_{u,red} = 0,5f_y + 0,6f_u \text{ but } \leq f_u$$

$$0,5 \times 220 + 0,6 \times 530 = 428 \text{ N/mm}^2 < f_u$$

$$\alpha_d = \frac{e_1}{3d_0} = \frac{30}{3 \times 18} = 0,556$$

Der Reduktionsfaktor für den Endbolzen an den Enden, wo $e_1 = 30 \text{ mm}$, $p_1 = 60 \text{ mm}$:

$$\alpha_b = \min(\alpha_d; f_{ub} / f_{u,red}; 1,0)$$

$$= \min(0,556; 500/428 = 1,17; 1,0) = 0,556$$

$$k_1 = \min\left(2,8\left(\frac{e_2}{d_0}\right) - 1,7; 2,5\right)$$

$$= \min\left(2,8\left(\frac{25}{18}\right) - 1,7 = 2,2; 2,5\right) = 2,2$$

Der Bolzen selbst ist nicht maßgebend bei der Lochleibungsuntersuchung, da $f_{ub}/f_{ur} = 500/428 = 1,17 > 1,0$

Bemessungswiderstand der Lochleibung für den Endbolzen:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,red} d t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,2 \times 0,556 \times 428 \times 16 \times 10}{1,25 \times 10^3} = 67,0 \text{ kN}$$

Gleich. 6.2

Bemessungswiderstand der Lochleibung der Verbindung: $n_b F_{b,Rd} = 8 \times 67,0 = 536 \text{ kN}$

Anmerkung: Maßgebend für alle Bolzen der Verbindung ist Abscheren.

Bemessungswiderstand der Verbindung im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Der kleinste berechnete Bemessungswiderstand war Ausknöpfen des angeschlossenen Schenkels des Winkels:

Bemessungswiderstand für Ausknöpfen des angeschlossenen Schenkels:

$$N_{Rd} = V_{eff,2,Rd} = 274 \text{ kN}$$

Blatt 3