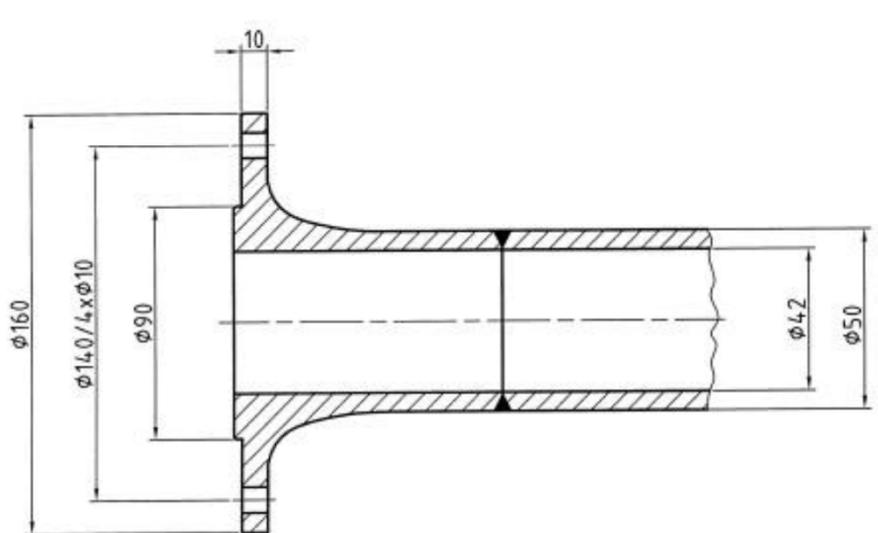


Übungsaufgabe SW 001

E-SW 1 Der dargestellte Vorschweißflansch aus St 37 wird mit einem schwellenden Torsionsmoment von 140 Nm belastet. Die Güte der Schweißnaht entspricht der Bewertungsgruppe B. Ist die Schweißnaht ausreichend dimensioniert?

Kennzeichnen Sie ggf. verwendete Tabellenwerte.



E-SW Formelsammlung:

Vorhandene Spannung bei Kehlnähten:

Belastung		Nahtform	Nahtnennspannung	Nahtfläche bzw. Widerstandsmoment
Biegung			$\sigma_b = M_b / W_b$	$W_b = \frac{a \cdot l^2}{6}$ hochkant $W_b = \frac{a^2 \cdot l}{6}$ flachkant
Schub + Biegung			Vergleichsspannung aus σ_b und τ_s	$\sigma_v = \frac{(\sigma_b + \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \cdot \tau_s^2})}{2}$ $W_b = \frac{[(s + 2 \cdot a) \cdot (h + 2 \cdot a)^3 - s \cdot h^3]}{6 \cdot (h + 2 \cdot a)}$
Torsion			$\tau_t = \frac{T}{W_p}$	$W_p = \frac{\pi \cdot (d + 2 \cdot a)^4 - d^4}{16 \cdot d + 2 \cdot a}$
Torsion + Biegung			Vergleichsspannung aus σ_b und τ_t	$\sigma_v = \frac{(\sigma_b + \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \cdot \tau_t^2})}{2}$ $W_b = \frac{\pi \cdot (d + 2 \cdot a)^4 - d^4}{32 \cdot d + 2 \cdot a}$

$\sigma_{z,d}, \sigma_b, \tau_s, \tau_t, \sigma_v$ = Spannungen
 T = Torsionsmoment
 W_b = Biege-Widerstandsmoment
 W_p = Polares Widerstandsmoment

A = Nahtquerschnitt
 $\sigma_{zul N/A}$ = zulässige Spannungen
 M_b = Biegemoment
 $F_{z,d}, F_q$ = Zug-/Druckkraft, Querkraft

Zulässige Spannung:

$$\sigma_{zulN} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_N \cdot \beta \cdot \sigma_{Grenz}}{S}$$

$$\sigma_{zulA} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_A \cdot \beta \cdot \sigma_{Grenz}}{S}$$

(τ_{zul} entsprechend)

α_0 = Beiwert für die Bewertungsgruppe der Schweißnaht

$\alpha_0 = 1$ (Bew.-Gruppe A, nicht mehr genormt)

$\alpha_0 = 0,8$ Bewertungsgruppe B

$\alpha_0 = 0,5$ Bewertungsgruppe C, D

$\beta = 0,9$ Beiwert für Schrupfspannungen (d. h. Eigen-
spannungen $\approx 10\%$ der Grenzspannung gesetzt)

S = Sicherheit

$S = 1,5 \dots 2$ bei schwellender Belastung

$S = 2$ bei wechselnder Belastung

α_N = Formzahl der Naht gemäß Bild unten

α_A = Formzahl des Anschlussquerschnitts gemäß Bild unten

σ_{Grenz} = Grenzspannung, abhängig von der Belastungsart

= σ_{sch} bei schwellender Zug-/Druckbelastung

= σ_w bei wechselnder Zug-/Druckbelastung

= $\sigma_{b\ sch} \approx 1,2 \dots 1,4 \cdot \sigma_{sch}$ schw. Biegebelastung

= $\sigma_{b\ w} \approx 1,3 \cdot \sigma_w$ wechselnde Biegebelastung

= $\tau_{sch} \approx 0,8 \cdot \sigma_{sch}$ schwellende Schubbelastung

= $\tau_w \approx 0,8 \cdot \sigma_w$ wechselnde Schubbelastung

Kennwerte für σ_{Grenz} in N/mm^2 :

	σ_{sch}	σ_w	$\sigma_{b\ sch}$	$\sigma_{b\ w}$	τ_{sch}	τ_w
1.0037 (St 37)	230	130	300	160	140	100
1.0052 (St 52)	320	180	400	210	230	120

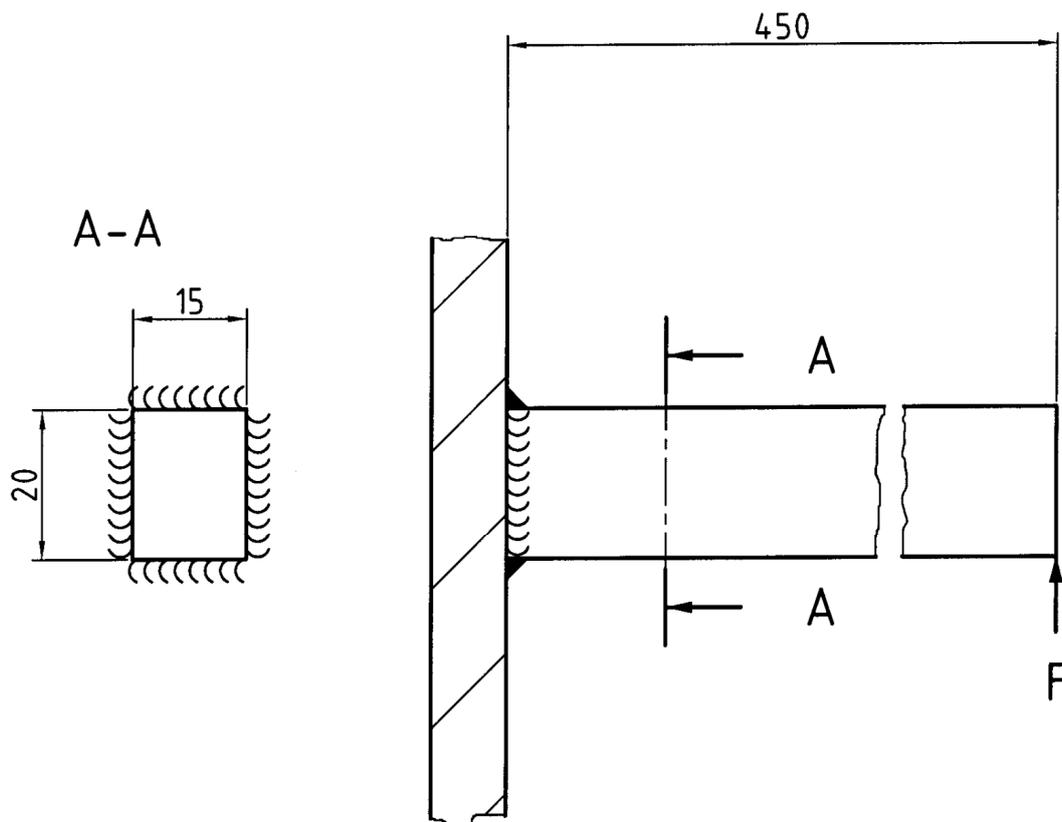
Dauerfestigkeitskennwerte und Formzahlen:

Nahtart (Symbol)	Bild	Kennwerte für 1.0037 (St 37)				Zug/Druck		Biegung/Schub	
		Naht		Anschluss		Naht	Anschluss	Biegung	Schub
		$\alpha_N \cdot \sigma_{sch}$	$\alpha_N \cdot \sigma_w$	$\alpha_A \cdot \sigma_{sch}$	$\alpha_A \cdot \sigma_w$	α_N	α_A	α_N	α_N
V-Naht (V)		100	55	100	55	0,4..0,5		0,5..0,6	0,35
V-Naht, wurzelverschweißt DV-Naht (X)		180	100	180	100	0,7..0,8		0,8..0,9	0,5..0,7
V-Naht, bearbeitet		210	118	210	118	0,92		1,0	0,73
Flachkehlnaht		80	50	130	75	0,35	0,56	0,5	0,35
Hohlkehlnaht		80	50	160	95	0,35	0,7	0,85	0,45
Doppel-HV-Naht, Doppel-HY-Naht (K-Naht)		130	73	140	78	0,56	0,6	0,8	0,45
Doppel-HV-Naht, Doppel-HY-Naht (K-Naht); hohl		160	91	184	104	0,7	0,7..0,8	0,85	0,45
Flachkehlnaht einseitig		57	32	-	-	0,25	-	0,12	0,2
HV-Naht, hohl		137	78	-	-	0,6	-	0,7	0,5
Flankenkehlnaht ohne/ mit Entkrater-Bearbeitung		150 160	84 91	70 110	50 70	- -	0,35 0,5	- -	0,65 0,7
Rundnaht		$\alpha_N \cdot \tau_{schN}$ $\alpha_N \cdot \tau_{t w N}$ 70..110 50..60		-	-	-	-	Formzahl für Verdrehbeanspruchung $\alpha_N \approx 0,5$	

Übungsaufgabe SW 002

E-SW 1 Der dargestellte Hebel aus St 52 wird mit einer schwellenden Kraft von 900 N belastet. Die Schweißnahtdicke beträgt 5 mm. Die Güte der Schweißnaht entspricht der Bewertungsgruppe B. Ist die Schweißnaht ausreichend dimensioniert?

Kennzeichnen Sie ggf. verwendete Tabellenwerte.



E-SW Formelsammlung:

Vorhandene Spannung bei Kehlnähten:

Belastung		Nahtform	Nahtnennspannung	Nahtfläche bzw. Widerstandsmoment
Biegung			$\sigma_b = M_b / W_b$	$W_b = \frac{a \cdot l^2}{6}$ hochkant $W_b = \frac{a^2 \cdot l}{6}$ flachkant
Schub + Biegung			Vergleichsspannung aus σ_b und τ_s	$\sigma_v = \frac{(\sigma_b + \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \cdot \tau_s^2})}{2}$ $W_b = \frac{[(s + 2 \cdot a) \cdot (h + 2 \cdot a)^3 - s \cdot h^3]}{6 \cdot (h + 2 \cdot a)}$
Torsion			$\tau_t = \frac{T}{W_p}$	$W_p = \frac{\pi \cdot (d + 2 \cdot a)^4 - d^4}{16 \cdot d + 2 \cdot a}$
Torsion + Biegung			Vergleichsspannung aus σ_b und τ_t	$\sigma_v = \frac{(\sigma_b + \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \cdot \tau_t^2})}{2}$ $W_b = \frac{\pi \cdot (d + 2 \cdot a)^4 - d^4}{32 \cdot d + 2 \cdot a}$

$\sigma_{z,d}, \sigma_b, \tau_s, \tau_t, \sigma_v$ = Spannungen
 T = Torsionsmoment
 W_b = Biege-Widerstandsmoment
 W_p = Polares Widerstandsmoment

A = Nahtquerschnitt
 $\sigma_{zul N/A}$ = zulässige Spannungen
 M_b = Biegemoment
 $F_{z,d}, F_q$ = Zug-/Druckkraft, Querkraft

Zulässige Spannung:

$$\sigma_{zulN} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_N \cdot \beta \cdot \sigma_{Grenz}}{S}$$

$$\sigma_{zulA} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_A \cdot \beta \cdot \sigma_{Grenz}}{S}$$

(τ_{zul} entsprechend)

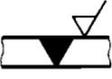
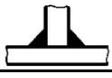
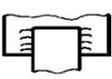
α_0 = Beiwert für die Bewertungsgruppe der Schweißnaht
 $\alpha_0 = 1$ (Bew.-Gruppe A, nicht mehr genormt)
 $\alpha_0 = 0,8$ Bewertungsgruppe B
 $\alpha_0 = 0,5$ Bewertungsgruppe C, D
 $\beta = 0,9$ Beiwert für Schrupfspannungen (d. h. Eigen-
spannungen $\approx 10\%$ der Grenzspannung gesetzt)
 S = Sicherheit
 $S = 1,5 \dots 2$ bei schwellender Belastung
 $S = 2$ bei wechselnder Belastung

α_N = Formzahl der Naht gemäß Bild unten
 α_A = Formzahl des Anschlussquerschnitts gemäß Bild unten
 σ_{Grenz} = Grenzspannung, abhängig von der Belastungsart
 $= \sigma_{sch}$ bei schwellender Zug-/Druckbelastung
 $= \sigma_w$ bei wechselnder Zug-/Druckbelastung
 $= \sigma_{b sch} \approx 1,2 \dots 1,4 \cdot \sigma_{sch}$ schw. Biegebelastung
 $= \sigma_{b w} \approx 1,3 \cdot \sigma_w$ wechselnde Biegebelastung
 $= \tau_{sch} \approx 0,8 \cdot \sigma_{sch}$ schwellende Schubbelastung
 $= \tau_w \approx 0,8 \cdot \sigma_w$ wechselnde Schubbelastung

Kennwerte für σ_{Grenz} in N/mm²:

	σ_{sch}	σ_{w}	$\sigma_{\text{h sch}}$	$\sigma_{\text{h w}}$	$\tau_{\text{t sch}}$	$\tau_{\text{t w}}$
1.0037 (St 37)	230	130	300	160	140	100
1.0052 (St 52)	320	180	400	210	230	120

Dauerfestigkeitskennwerte und Formzahlen:

Nahtart (Symbol)	Bild	Kennwerte für 1.0037 (St 37)				Zug/Druck		Biegung/Schub	
		Naht		Anschluss		Naht	Anschluss	Biegung	Schub
		$\alpha_N \cdot \sigma_{\text{sch}}$	$\alpha_N \cdot \sigma_{\text{w}}$	$\alpha_A \cdot \sigma_{\text{sch}}$	$\alpha_A \cdot \sigma_{\text{w}}$	α_N	α_A	α_N	α_N
V-Naht (V)		100	55	100	55	0,4..0,5		0,5..0,6	0,35
V-Naht, wurzelverschweißt DV-Naht (X)		180	100	180	100	0,7..0,8		0,8..0,9	0,5..0,7
V-Naht, bearbeitet		210	118	210	118	0,92		1,0	0,73
Flachkehlnaht		80	50	130	75	0,35	0,56	0,5	0,35
Hohlkehlnaht		80	50	160	95	0,35	0,7	0,85	0,45
Doppel-HV-Naht, Doppel-HY-Naht (K-Naht)		130	73	140	78	0,56	0,6	0,8	0,45
Doppel-HV-Naht, Doppel-HY-Naht (K-Naht); hohl		160	91	184	104	0,7	0,7..0,8	0,85	0,45
Flachkehlnaht einseitig		57	32	-	-	0,25	-	0,12	0,2
HV-Naht, hohl		137	78	-	-	0,6	-	0,7	0,5
Flankenkehlnaht ohne/ mit Entkrater-Bearbeitung		150 160	84 91	70 110	50 70	- -	0,35 0,5	- -	0,65 0,7
Rundnaht		$\alpha_N \cdot \tau_{\text{t sch N}}$ $\alpha_N \cdot \tau_{\text{t w N}}$ 70..110 50..60		-	-	-	-	Formzahl für Verdrehbeanspruchung $\alpha_N \approx 0,5$	

Übungsaufgabe SW003

E-SW 1 Zu welchen Zwecken werden Schweißverfahren eingesetzt.

E-SW 2 Wie werden die abgebildeten Schweißnähte bezeichnet.



E-SW 3 Welche drei Bewertungsgruppen für Schweißnähte gibt es? Nennen Sie für jede Bewertungsgruppe einen Einsatzfall.

E-SW 4 Welcher Stoff beeinflusst im Wesentlichen die Schweißbarkeit von Stählen?

Welcher der Werkstoffe hat die beste Schweißbeignung?

St52 (SR355JR)

C22

St 37 (SR235JR)

C45

GG45

GG20

Welcher der Werkstoffe hat die schlechteste Schweißbeignung?

St52 (SR355JR)

C22

St 37 (SR235JR)

C45

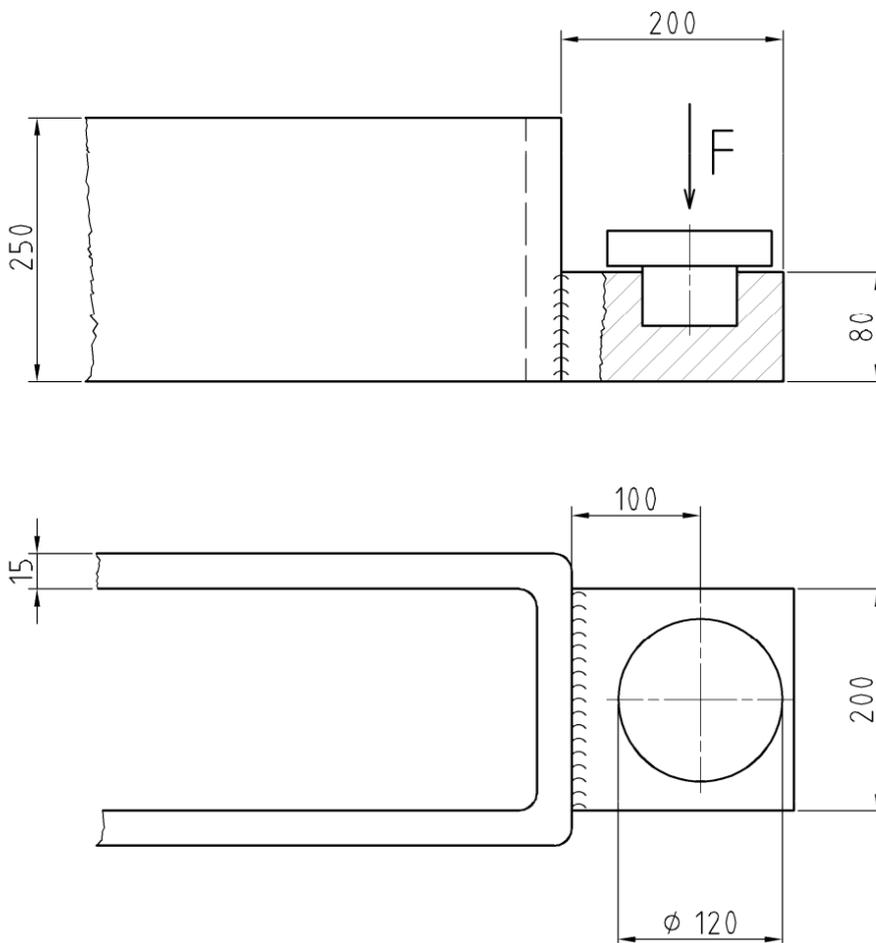
GG45

GG20

Übungsaufgabe SW 004

- E-SW 1** Der dargestellte Arm einer Hebevorrichtung für Güterwaggons aus St 37 kann mit einer Gewichtskraft von 300.000 N belastet werden. Die Platte zur Kraftaufnahme wird mittels Abrennstumpfschweißen mit dem U-Eisen verschweißt. Bei diesem Verfahren wird die gesamte Berührungsfläche verschweißt, d. h. die Fläche der Schweißnaht entspricht der Seitenfläche der Halteplatte. Die Güte der Schweißnähte erfüllt die Kriterien der Bewertungsgruppe B. Die Abrennstumpfnahnt entspricht in ihrer Nahtart der Doppel-HV-Naht. Ist die Schweißnaht ausreichend dimensioniert?

Kennzeichnen Sie ggf. verwendete Tabellenwerte.



E-SW Formelsammlung:

Vorhandene Spannung bei Kehlnähten:

Belastung		Nahtform	Nahtnennspannung	Nahtfläche bzw. Widerstandsmoment
Biegung			$\sigma_b = M_b / W_b$	$W_b = \frac{a \cdot l^2}{6}$ hochkant $W_b = \frac{a^2 \cdot l}{6}$ flachkant
Schub + Biegung			Vergleichsspannung aus σ_b und τ_s	$\sigma_v = \frac{(\sigma_b + \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \cdot \tau_s^2})}{2}$ $W_b = \frac{[(s + 2 \cdot a) \cdot (h + 2 \cdot a)^3 - s \cdot h^3]}{6 \cdot (h + 2 \cdot a)}$
Torsion			$\tau_t = \frac{T}{W_p}$	$W_p = \frac{\pi \cdot (d + 2 \cdot a)^4 - d^4}{16 \cdot d + 2 \cdot a}$
Torsion + Biegung			Vergleichsspannung aus σ_b und τ_t	$\sigma_v = \frac{(\sigma_b + \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \cdot \tau_t^2})}{2}$ $W_b = \frac{\pi \cdot (d + 2 \cdot a)^4 - d^4}{32 \cdot d + 2 \cdot a}$

$\sigma_{z,d}, \sigma_b, \tau_s, \tau_t, \sigma_v$ = Spannungen
 T = Torsionsmoment
 W_b = Biege-Widerstandsmoment
 W_p = Polares Widerstandsmoment

A = Nahtquerschnitt
 $\sigma_{zul N/A}$ = zulässige Spannungen
 M_b = Biegemoment
 $F_{z,d}, F_q$ = Zug-/Druckkraft, Querkraft

Zulässige Spannung:

$$\sigma_{zulN} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_N \cdot \beta \cdot \sigma_{Grenz}}{S}$$

$$\sigma_{zulA} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_A \cdot \beta \cdot \sigma_{Grenz}}{S}$$

(τ_{zul} entsprechend)

α_0 = Beiwert für die Bewertungsgruppe der Schweißnaht
 $\alpha_0 = 1$ (Bew.-Gruppe A, nicht mehr genormt)
 $\alpha_0 = 0,8$ Bewertungsgruppe B
 $\alpha_0 = 0,5$ Bewertungsgruppe C, D
 $\beta = 0,9$ Beiwert für Schrumpfspannungen (d. h. Eigen-spannungen $\approx 10\%$ der Grenzspannung gesetzt)
 S = Sicherheit
 $S = 1,5 \dots 2$ bei schwellender Belastung
 $S = 2$ bei wechselnder Belastung

α_N = Formzahl der Naht gemäß Bild unten
 α_A = Formzahl des Anschlussquerschnitts gemäß Bild unten
 σ_{Grenz} = Grenzspannung, abhängig von der Belastungsart
 $= \sigma_{sch}$ bei schwellender Zug-/Druckbelastung
 $= \sigma_w$ bei wechselnder Zug-/Druckbelastung
 $= \sigma_{b sch} \approx 1,2 \dots 1,4 \cdot \sigma_{sch}$ schw. Biegebelastung
 $= \sigma_{b w} \approx 1,3 \cdot \sigma_w$ wechselnde Biegebelastung
 $= \tau_{sch} \approx 0,8 \cdot \sigma_{sch}$ schwellende Schubbelastung
 $= \tau_w \approx 0,8 \cdot \sigma_w$ wechselnde Schubbelastung

Kennwerte für σ_{Grenz} in N/mm²:

	σ_{sch}	σ_{w}	$\sigma_{\text{h sch}}$	$\sigma_{\text{h w}}$	$\tau_{\text{t sch}}$	$\tau_{\text{t w}}$
1.0037 (St 37)	230	130	300	160	140	100
1.0052 (St 52)	320	180	400	210	230	120

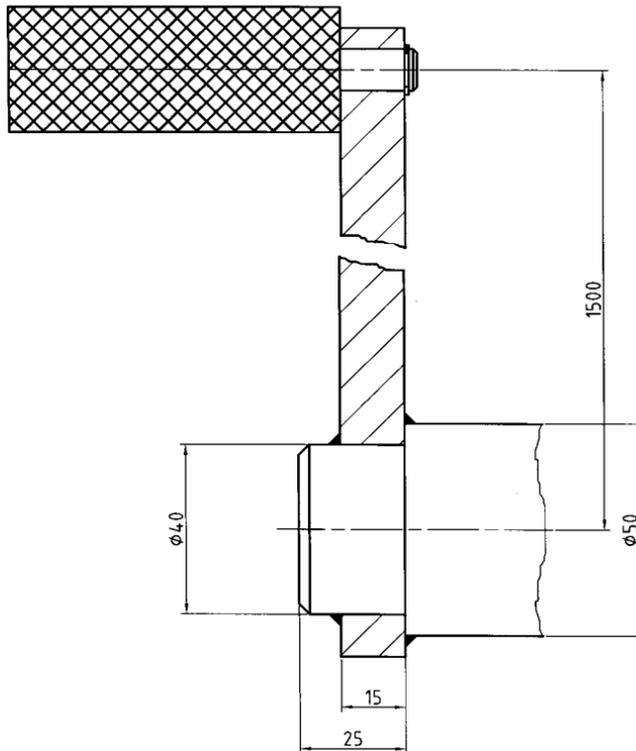
Dauerfestigkeitskennwerte und Formzahlen:

Nahtart (Symbol)	Bild	Kennwerte für 1.0037 (St 37)				Zug/Druck		Biegung/Schub	
		Naht		Anschluss		Naht	Anschluss	Biegung	Schub
		$\alpha_{\text{N}} \cdot \sigma_{\text{sch}}$	$\alpha_{\text{N}} \cdot \sigma_{\text{w}}$	$\alpha_{\text{A}} \cdot \sigma_{\text{sch}}$	$\alpha_{\text{A}} \cdot \sigma_{\text{w}}$	α_{N}	α_{A}	α_{N}	α_{N}
V-Naht (V)		100	55	100	55	0,4..0,5		0,5..0,6	0,35
V-Naht, wurzelverschweißt DV-Naht (X)		180	100	180	100	0,7..0,8		0,8..0,9	0,5..0,7
V-Naht, bearbeitet		210	118	210	118	0,92		1,0	0,73
Flachkehlnaht		80	50	130	75	0,35	0,56	0,5	0,35
Hohlkehlnaht		80	50	160	95	0,35	0,7	0,85	0,45
Doppel-HV-Naht, Doppel-HY-Naht (K-Naht)		130	73	140	78	0,56	0,6	0,8	0,45
Doppel-HV-Naht, Doppel-HY-Naht (K-Naht); hohl		160	91	184	104	0,7	0,7..0,8	0,85	0,45
Flachkehlnaht einseitig		57	32	-	-	0,25	-	0,12	0,2
HV-Naht, hohl		137	78	-	-	0,6	-	0,7	0,5
Flankenkehlnaht ohne/ mit Entkrater-Bearbeitung		150 160	84 91	70 110	50 70	- -	0,35 0,5	- -	0,65 0,7
Rundnaht		$\alpha_{\text{N}} \cdot \tau_{\text{t sch}} \quad \alpha_{\text{N}} \cdot \tau_{\text{t w}}$ 70..110 50..60		-	-	-	-	Formzahl für Verdrehbeanspruchung $\alpha_{\text{N}} \approx 0,5$	

Übungsaufgabe SW 005

- E-SW 1** Die dargestellte Kurbel aus St 37 wird von Hand mit einer wechselnden Kraft von 200 N belastet. Die Schweißnahtdicke beträgt 3 mm und die Güte der Schweißnähte entspricht der Bewertungsgruppe C. Sind die Schweißnähte ausreichend dimensioniert?

Kennzeichnen Sie ggf. verwendete Tabellenwerte.



E-SW Formelsammlung:

Vorhandene Spannung bei Kehlnähten:

Belas- tung		Nahtform	Nahtenn- spannung	Nahtfläche bzw. Widerstandsmoment
Biegung			$\sigma_b = M_b / W_b$	$W_b = \frac{a \cdot l^2}{6}$ hochkant $W_b = \frac{a^2 \cdot l}{6}$ flachkant
Schub + Biegung			Vergleichs- spannung aus σ_b und τ_s	$\sigma_v = \frac{(\sigma_b + \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \cdot \tau_s^2})}{2}$ $W_b = \frac{[(s + 2 \cdot a) \cdot (h + 2 \cdot a)^3 - s \cdot h^3]}{6 \cdot (h + 2 \cdot a)}$
Torsion			$\tau_t = \frac{T}{W_p}$	$W_p = \frac{\pi}{16} \cdot \frac{(d + 2 \cdot a)^4 - d^4}{d + 2 \cdot a}$
Torsion + Biegung			Vergleichs- spannung aus σ_b und τ_t	$\sigma_v = \frac{(\sigma_b + \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \cdot \tau_t^2})}{2}$ $W_b = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{(d + 2 \cdot a)^4 - d^4}{d + 2 \cdot a}$

$\sigma_{z,d}, \sigma_b, \tau_s, \tau_t, \sigma_v$ = Spannungen
 T = Torsionsmoment
 W_b = Biege-Widerstandsmoment
 W_p = Polares Widerstandsmoment

A = Nahtquerschnitt
 $\sigma_{zul N/A}$ = zulässige Spannungen
 M_b = Biegemoment
 $F_{z,d}, F_q$ = Zug-/Druckkraft, Querkraft

Zulässige Spannung:

$$\sigma_{zulN} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_N \cdot \beta \cdot \sigma_{Grenz}}{S}$$

$$\sigma_{zulA} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_A \cdot \beta \cdot \sigma_{Grenz}}{S}$$

(τ_{zul} entsprechend)

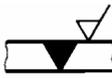
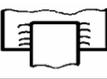
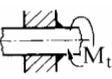
α_0 = Beiwert für die Bewertungsgruppe der Schweißnaht
 $\alpha_0 = 1$ (Bew.-Gruppe A, nicht mehr genormt)
 $\alpha_0 = 0,8$ Bewertungsgruppe B
 $\alpha_0 = 0,5$ Bewertungsgruppe C, D
 $\beta = 0,9$ Beiwert für Schrumpfspannungen (d. h. Eigen-
spannungen $\approx 10\%$ der Grenzspannung gesetzt)
 S = Sicherheit
 $S = 1,5 \dots 2$ bei schwellender Belastung
 $S = 2$ bei wechselnder Belastung

α_N = Formzahl der Naht gemäß Bild unten
 α_A = Formzahl des Anschlussquerschnitts gemäß Bild unten
 σ_{Grenz} = Grenzspannung, abhängig von der Belastungsart
 $= \sigma_{sch}$ bei schwellender Zug-/Druckbelastung
 $= \sigma_w$ bei wechselnder Zug-/Druckbelastung
 $= \sigma_{b sch} \approx 1,2 \dots 1,4 \cdot \sigma_{sch}$ schw. Biegebelastung
 $= \sigma_{b w} \approx 1,3 \cdot \sigma_w$ wechselnde Biegebelastung
 $= \tau_{sch} \approx 0,8 \cdot \sigma_{sch}$ schwellende Schubbelastung
 $= \tau_w \approx 0,8 \cdot \sigma_w$ wechselnde Schubbelastung

Kennwerte für σ_{Grenz} in N/mm²:

	σ_{sch}	σ_{w}	$\sigma_{\text{h sch}}$	$\sigma_{\text{h w}}$	$\tau_{\text{t sch}}$	$\tau_{\text{t w}}$
1.0037 (St 37)	230	130	300	160	140	100
1.0052 (St 52)	320	180	400	210	230	120

Dauerfestigkeitskennwerte und Formzahlen:

Nahtart (Symbol)	Bild	Kennwerte für 1.0037 (St 37)				Zug/Druck		Biegung/Schub		
		Naht		Anschluss		Naht	Anschluss	Biegung	Schub	
		$\alpha_N \cdot \sigma_{\text{sch}}$	$\alpha_N \cdot \sigma_{\text{w}}$	$\alpha_A \cdot \sigma_{\text{sch}}$	$\alpha_A \cdot \sigma_{\text{w}}$	α_N	α_A	α_N	α_N	
V-Naht (V)		100	55	100	55	0,4..0,5		0,5..0,6	0,35	
V-Naht, wurzelverschweißt DV-Naht (X)		180	100	180	100	0,7..0,8		0,8..0,9	0,5..0,7	
V-Naht, bearbeitet		210	118	210	118	0,92		1,0	0,73	
Flachkehlnaht		80	50	130	75	0,35	0,56	0,5	0,35	
Hohlkehlnaht		80	50	160	95	0,35	0,7	0,85	0,45	
Doppel-HV-Naht, Doppel-HY-Naht (K-Naht)		130	73	140	78	0,56	0,6	0,8	0,45	
Doppel-HV-Naht, Doppel-HY-Naht (K-Naht); hohl		160	91	184	104	0,7	0,7..0,8	0,85	0,45	
Flachkehlnaht einseitig		57	32	-	-	0,25	-	0,12	0,2	
HV-Naht, hohl		137	78	-	-	0,6	-	0,7	0,5	
Flankenkehlnaht ohne/ mit Entkrater-Bearbeitung		150 160	84 91	70 110	50 70	- -	0,35 0,5	- -	0,65 0,7	
Rundnaht		$\alpha_N \cdot \tau_{\text{t sch N}}$ 70..110		$\alpha_N \cdot \tau_{\text{t w N}}$ 50..60		-	-	-	-	Formzahl für Verdrehbeanspruchung $\alpha_N \approx 0,5$

Übungsaufgabe SW 006

- E-SW 1** Der abgebildete Träger wird mit einer schwellenden Zugkraft von 10.000 N belastet. Die Kraft wird an der vorderen Kante in der Mitte des Profils eingeleitet. Die Punkt der Kräfteinleitung 250 mm von der Schweißnaht entfernt. Die Schweißnahtdicke beträgt 5 mm. Die Güte der Schweißnähte entspricht der Bewertungsgruppe B. Als Werkstoff wird St 37 verwendet. Sind die Schweißnähte ausreichend dimensioniert?

Kennzeichnen Sie ggf. verwendete Tabellenwerte.

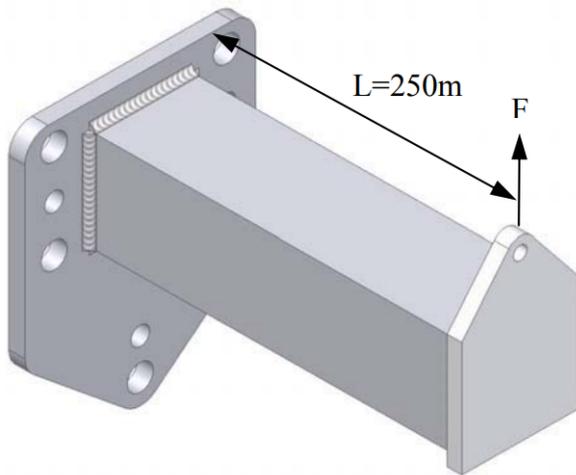


Bild 01: Träger

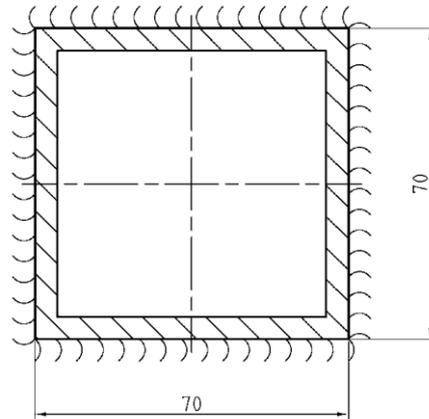


Bild 02: Abmessungen

E-SW Formelsammlung:

Vorhandene Spannung bei Kehlnähten:

Belastung		Nahtform	Nahtnennspannung	Nahtfläche bzw. Widerstandsmoment
Biegung			$\sigma_b = M_b / W_b$	$W_b = \frac{a \cdot l^2}{6}$ hochkant $W_b = \frac{a^2 \cdot l}{6}$ flachkant
Schub + Biegung			Vergleichs- spannung aus σ_b und τ_s	$\sigma_v = \frac{(\sigma_b + \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \cdot \tau_s^2})}{2}$ $W_b = \frac{[(s + 2 \cdot a) \cdot (h + 2 \cdot a)^3 - s \cdot h^3]}{6 \cdot (h + 2 \cdot a)}$
Torsion			$\tau_t = \frac{T}{W_p}$	$W_p = \frac{\pi}{16} \cdot \frac{(d + 2 \cdot a)^4 - d^4}{d + 2 \cdot a}$
Torsion + Biegung			Vergleichs- spannung aus σ_b und τ_t	$\sigma_v = \frac{(\sigma_b + \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \cdot \tau_t^2})}{2}$ $W_b = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{(d + 2 \cdot a)^4 - d^4}{d + 2 \cdot a}$

$\sigma_{z,d}, \sigma_b, \tau_s, \tau_t, \sigma_v$ = Spannungen
 T = Torsionsmoment
 W_b = Biege-Widerstandsmoment
 W_p = Polares Widerstandsmoment

A = Nahtquerschnitt
 $\sigma_{zul N/A}$ = zulässige Spannungen
 M_b = Biegemoment
 $F_{z,d}, F_q$ = Zug-/Druckkraft, Querkraft

Zulässige Spannung:

$$\sigma_{zulN} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_N \cdot \beta \cdot \sigma_{Grenz}}{S}$$

$$\sigma_{zulA} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_A \cdot \beta \cdot \sigma_{Grenz}}{S}$$

(τ_{zul} entsprechend)

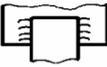
α_0 = Beiwert für die Bewertungsgruppe der Schweißnaht
 $\alpha_0 = 1$ (Bew.-Gruppe A, nicht mehr genormt)
 $\alpha_0 = 0,8$ Bewertungsgruppe B
 $\alpha_0 = 0,5$ Bewertungsgruppe C, D
 $\beta = 0,9$ Beiwert für Schrumpfspannungen (d. h. Eigen-
spannungen $\approx 10\%$ der Grenzspannung gesetzt)
 S = Sicherheit
 $S = 1,5 \dots 2$ bei schwellender Belastung
 $S = 2$ bei wechselnder Belastung

α_N = Formzahl der Naht gemäß Bild unten
 α_A = Formzahl des Anschlussquerschnitts gemäß Bild unten
 σ_{Grenz} = Grenzspannung, abhängig von der Belastungsart
 $= \sigma_{sch}$ bei schwellender Zug-/Druckbelastung
 $= \sigma_w$ bei wechselnder Zug-/Druckbelastung
 $= \sigma_{b sch} \approx 1,2 \dots 1,4 \cdot \sigma_{sch}$ schw. Biegebelastung
 $= \sigma_{b w} \approx 1,3 \cdot \sigma_w$ wechselnde Biegebelastung
 $= \tau_{sch} \approx 0,8 \cdot \sigma_{sch}$ schwellende Schubbelastung
 $= \tau_w \approx 0,8 \cdot \sigma_w$ wechselnde Schubbelastung

Kennwerte für σ_{Grenz} in N/mm²:

	σ_{sch}	σ_{w}	$\sigma_{\text{h sch}}$	$\sigma_{\text{h w}}$	$\tau_{\text{t sch}}$	$\tau_{\text{t w}}$
1.0037 (St 37)	230	130	300	160	140	100
1.0052 (St 52)	320	180	400	210	230	120

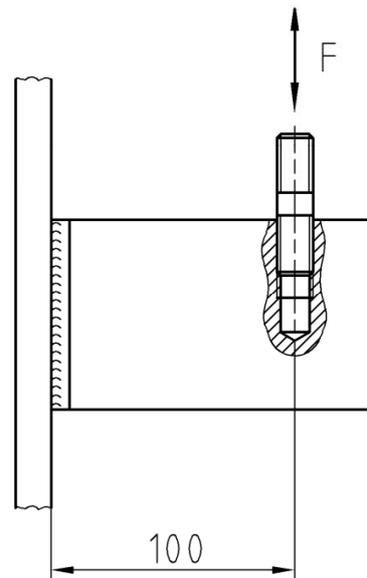
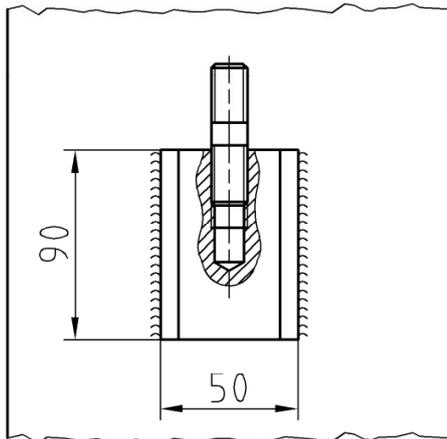
Dauerfestigkeitskennwerte und Formzahlen:

Nahtart (Symbol)	Bild	Kennwerte für 1.0037 (St 37)				Zug/Druck		Biegung/Schub	
		Naht		Anschluss		Naht	Anschluss	Biegung	Schub
		$\alpha_N \cdot \sigma_{\text{sch}}$	$\alpha_N \cdot \sigma_{\text{w}}$	$\alpha_A \cdot \sigma_{\text{sch}}$	$\alpha_A \cdot \sigma_{\text{w}}$	α_N	α_A	α_N	α_N
V-Naht (V)		100	55	100	55	0,4..0,5		0,5..0,6	0,35
V-Naht, wurzelverschweißt DV-Naht (X)		180	100	180	100	0,7..0,8		0,8..0,9	0,5..0,7
V-Naht, bearbeitet		210	118	210	118	0,92		1,0	0,73
Flachkehlnaht		80	50	130	75	0,35	0,56	0,5	0,35
Hohlkehlnaht		80	50	160	95	0,35	0,7	0,85	0,45
Doppel-HV-Naht, Doppel-HY-Naht (K-Naht)		130	73	140	78	0,56	0,6	0,8	0,45
Doppel-HV-Naht, Doppel-HY-Naht (K-Naht); hohl		160	91	184	104	0,7	0,7..0,8	0,85	0,45
Flachkehlnaht einseitig		57	32	-	-	0,25	-	0,12	0,2
HV-Naht, hohl		137	78	-	-	0,6	-	0,7	0,5
Flankenkehlnaht ohne/ mit Entkrater-Bearbeitung		150	84	70	50	-	0,35	-	0,65
		160	91	110	70	-	0,5	-	0,7
Rundnaht		$\alpha_N \cdot \tau_{\text{t sch N}}$ 70..110		$\alpha_N \cdot \tau_{\text{t w N}}$ 50..60		-	-	-	-
									Formzahl für Verdrehbeanspruchung $\alpha_N \approx 0,5$

Übungsaufgabe SW 007

- E-SW 1** Der dargestellte Gewindestift einer Motorhalterung aus St37 wird mit einer wechselnden Kraft von 2500 N belastet. Die Halterung ist mit zwei Schweißnähten ($a = 4$ mm) an einem Blech aus St37 befestigt. Die Güte der Schweißnähte entspricht der Bewertungsgruppe C. Ist die Schweißnaht ausreichend dimensioniert? Die Schubspannungen sind zu vernachlässigen!

Kennzeichnen Sie ggf. verwendete Tabellenwerte.



- E-SW 2** Wie kann die Schweißnaht so verbessert werden, dass sie den Belastungen standhält? Geben Sie eine Verbesserungsmöglichkeit an und führen Sie hierfür den rechnerischen Nachweis. Die Schubspannungen sind zu vernachlässigen!

E-SW Formelsammlung:

Vorhandene Spannung bei Kehlnähten:

Belastung		Nahtform	Nahtnennspannung	Nahtfläche bzw. Widerstandsmoment
Biegung			$\sigma_b = M_b / W_b$	$W_b = \frac{a \cdot l^2}{6}$ hochkant $W_b = \frac{a^2 \cdot l}{6}$ flachkant
Schub + Biegung			Vergleichs- spannung aus σ_b und τ_s	$\sigma_v = \frac{(\sigma_b + \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \cdot \tau_s^2})}{2}$ $W_b = \frac{[(s + 2 \cdot a) \cdot (h + 2 \cdot a)^3 - s \cdot h^3]}{6 \cdot (h + 2 \cdot a)}$
Torsion			$\tau_t = \frac{T}{W_p}$	$W_p = \frac{\pi}{16} \cdot \frac{(d + 2 \cdot a)^4 - d^4}{d + 2 \cdot a}$
Torsion + Biegung			Vergleichs- spannung aus σ_b und τ_t	$\sigma_v = \frac{(\sigma_b + \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \cdot \tau_t^2})}{2}$ $W_b = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{(d + 2 \cdot a)^4 - d^4}{d + 2 \cdot a}$

$\sigma_{z,d}, \sigma_b, \tau_s, \tau_t, \sigma_v$ = Spannungen
 T = Torsionsmoment
 W_b = Biege-Widerstandsmoment
 W_p = Polares Widerstandsmoment

A = Nahtquerschnitt
 $\sigma_{zul N/A}$ = zulässige Spannungen
 M_b = Biegemoment
 $F_{z,d}, F_q$ = Zug-/Druckkraft, Querkraft

Zulässige Spannung:

$$\sigma_{zulN} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_N \cdot \beta \cdot \sigma_{Grenz}}{S}$$

$$\sigma_{zulA} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_A \cdot \beta \cdot \sigma_{Grenz}}{S}$$

(τ_{zul} entsprechend)

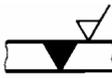
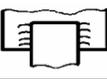
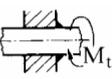
α_0 = Beiwert für die Bewertungsgruppe der Schweißnaht
 $\alpha_0 = 1$ (Bew.-Gruppe A, nicht mehr genormt)
 $\alpha_0 = 0,8$ Bewertungsgruppe B
 $\alpha_0 = 0,5$ Bewertungsgruppe C, D
 $\beta = 0,9$ Beiwert für Schrumpfspannungen (d. h. Eigen-
spannungen $\approx 10\%$ der Grenzspannung gesetzt)
 S = Sicherheit
 $S = 1,5 \dots 2$ bei schwellender Belastung
 $S = 2$ bei wechselnder Belastung

α_N = Formzahl der Naht gemäß Bild unten
 α_A = Formzahl des Anschlussquerschnitts gemäß Bild unten
 σ_{Grenz} = Grenzspannung, abhängig von der Belastungsart
 $= \sigma_{sch}$ bei schwellender Zug-/Druckbelastung
 $= \sigma_w$ bei wechselnder Zug-/Druckbelastung
 $= \sigma_{b sch} \approx 1,2 \dots 1,4 \cdot \sigma_{sch}$ schw. Biegebelastung
 $= \sigma_{b w} \approx 1,3 \cdot \sigma_w$ wechselnde Biegebelastung
 $= \tau_{sch} \approx 0,8 \cdot \sigma_{sch}$ schwellende Schubbelastung
 $= \tau_w \approx 0,8 \cdot \sigma_w$ wechselnde Schubbelastung

Kennwerte für σ_{Grenz} in N/mm²:

	σ_{sch}	σ_{w}	$\sigma_{\text{h sch}}$	$\sigma_{\text{h w}}$	$\tau_{\text{t sch}}$	$\tau_{\text{t w}}$
1.0037 (St 37)	230	130	300	160	140	100
1.0052 (St 52)	320	180	400	210	230	120

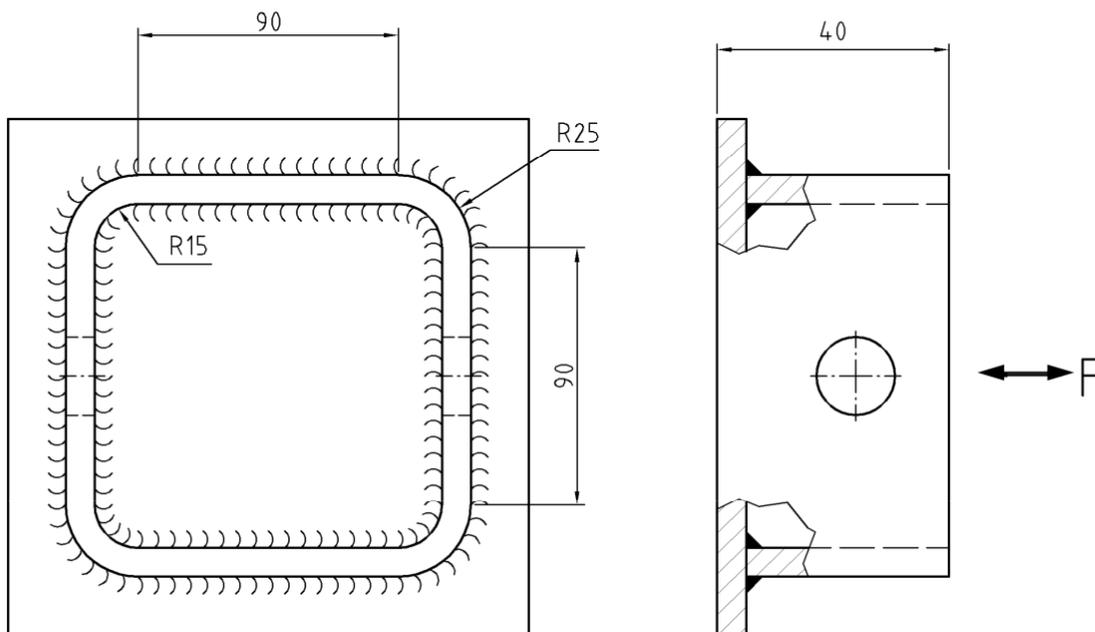
Dauerfestigkeitskennwerte und Formzahlen:

Nahtart (Symbol)	Bild	Kennwerte für 1.0037 (St 37)				Zug/Druck		Biegung/Schub	
		Naht		Anschluss		Naht	Anschluss	Biegung	Schub
		$\alpha_N \cdot \sigma_{\text{sch}}$	$\alpha_N \cdot \sigma_{\text{w}}$	$\alpha_A \cdot \sigma_{\text{sch}}$	$\alpha_A \cdot \sigma_{\text{w}}$	α_N	α_A	α_N	α_N
V-Naht (V)		100	55	100	55	0,4..0,5		0,5..0,6	0,35
V-Naht, wurzelverschweißt DV-Naht (X)		180	100	180	100	0,7..0,8		0,8..0,9	0,5..0,7
V-Naht, bearbeitet		210	118	210	118	0,92		1,0	0,73
Flachkehlnaht		80	50	130	75	0,35	0,56	0,5	0,35
Hohlkehlnaht		80	50	160	95	0,35	0,7	0,85	0,45
Doppel-HV-Naht, Doppel-HY-Naht (K-Naht)		130	73	140	78	0,56	0,6	0,8	0,45
Doppel-HV-Naht, Doppel-HY-Naht (K-Naht); hohl		160	91	184	104	0,7	0,7..0,8	0,85	0,45
Flachkehlnaht einseitig		57	32	-	-	0,25	-	0,12	0,2
HV-Naht, hohl		137	78	-	-	0,6	-	0,7	0,5
Flankenkehlnaht ohne/ mit Entkrater-Bearbeitung		150	84	70	50	-	0,35	-	0,65
		160	91	110	70	-	0,5	-	0,7
Rundnaht		$\alpha_N \cdot \tau_{\text{t sch N}}$ 70..110		$\alpha_N \cdot \tau_{\text{t w N}}$ 50..60		-	-	-	-
								Formzahl für Verdrehbeanspruchung $\alpha_N \approx 0,5$	

Übungsaufgabe SW 008

- E-SW 1** Der abgebildete Träger wird mit einer wechselnden Kraft von 40.000 N belastet. Die Kraft wird über einen Bolzen an den dargestellten Bohrungen eingeleitet. Die Konstruktion ist als so steif anzusehen, dass keine Torsions- und Biegemomente in den Schweißnähten entstehen. Die Schweißnahtdicke der Flachkehlnähte beträgt 3 mm. Die Güte der Schweißnähte entspricht der Bewertungsgruppe C. Als Werkstoff wird St 52 verwendet. Die Schweißnähte werden wechselnd belastet. Sind die Schweißnähte ausreichend dimensioniert?

Kennzeichnen Sie ggf. verwendete Tabellenwerte.



- E-SW 2** Die Sicherheit der Schweißnähte soll durch Auswahl einer anderen Nahtart erhöht werden (ohne die Konstruktion wesentlich ändern zu müssen). Welche Nahtart würden Sie wählen? Welche Sicherheit weisen die Schweißnähte mit der neuen Nahtart auf?

E-SW Formelsammlung:

Vorhandene Spannung bei Kehlnähten:

Belastung		Nahtform	Nahtnennspannung	Nahtfläche bzw. Widerstandsmoment
Biegung			$\sigma_b = M_b / W_b$	$W_b = \frac{a \cdot l^2}{6}$ hochkant $W_b = \frac{a^2 \cdot l}{6}$ flachkant
Schub + Biegung			Vergleichs- spannung aus σ_b und τ_s	$\sigma_v = \frac{(\sigma_b + \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \cdot \tau_s^2})}{2}$ $W_b = \frac{[(s + 2 \cdot a) \cdot (h + 2 \cdot a)^3 - s \cdot h^3]}{6 \cdot (h + 2 \cdot a)}$
Torsion			$\tau_t = \frac{T}{W_p}$	$W_p = \frac{\pi}{16} \cdot \frac{(d + 2 \cdot a)^4 - d^4}{d + 2 \cdot a}$
Torsion + Biegung			Vergleichs- spannung aus σ_b und τ_t	$\sigma_v = \frac{(\sigma_b + \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \cdot \tau_t^2})}{2}$ $W_b = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{(d + 2 \cdot a)^4 - d^4}{d + 2 \cdot a}$

$\sigma_{z,d}, \sigma_b, \tau_s, \tau_t, \sigma_v$ = Spannungen
 T = Torsionsmoment
 W_b = Biege-Widerstandsmoment
 W_p = Polares Widerstandsmoment

A = Nahtquerschnitt
 $\sigma_{zul N/A}$ = zulässige Spannungen
 M_b = Biegemoment
 $F_{z,d}, F_q$ = Zug-/Druckkraft, Querkraft

Zulässige Spannung:

$$\sigma_{zulN} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_N \cdot \beta \cdot \sigma_{Grenz}}{S}$$

$$\sigma_{zulA} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_A \cdot \beta \cdot \sigma_{Grenz}}{S}$$

(τ_{zul} entsprechend)

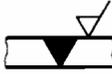
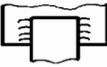
α_0 = Beiwert für die Bewertungsgruppe der Schweißnaht
 $\alpha_0 = 1$ (Bew.-Gruppe A, nicht mehr genormt)
 $\alpha_0 = 0,8$ Bewertungsgruppe B
 $\alpha_0 = 0,5$ Bewertungsgruppe C, D
 $\beta = 0,9$ Beiwert für Schrumpfspannungen (d. h. Eigen-
spannungen $\approx 10\%$ der Grenzspannung gesetzt)
 S = Sicherheit
 $S = 1,5 \dots 2$ bei schwellender Belastung
 $S = 2$ bei wechselnder Belastung

α_N = Formzahl der Naht gemäß Bild unten
 α_A = Formzahl des Anschlussquerschnitts gemäß Bild unten
 σ_{Grenz} = Grenzspannung, abhängig von der Belastungsart
= σ_{sch} bei schwellender Zug-/Druckbelastung
= σ_w bei wechselnder Zug-/Druckbelastung
= $\sigma_{b sch} \approx 1,2 \dots 1,4 \cdot \sigma_{sch}$ schw. Biegebelastung
= $\sigma_{b w} \approx 1,3 \cdot \sigma_w$ wechselnde Biegebelastung
= $\tau_{sch} \approx 0,8 \cdot \sigma_{sch}$ schwellende Schubbelastung
= $\tau_w \approx 0,8 \cdot \sigma_w$ wechselnde Schubbelastung

Kennwerte für σ_{Grenz} in N/mm²:

	σ_{sch}	σ_{w}	$\sigma_{\text{h sch}}$	$\sigma_{\text{h w}}$	$\tau_{\text{t sch}}$	$\tau_{\text{t w}}$
1.0037 (St 37)	230	130	300	160	140	100
1.0052 (St 52)	320	180	400	210	230	120

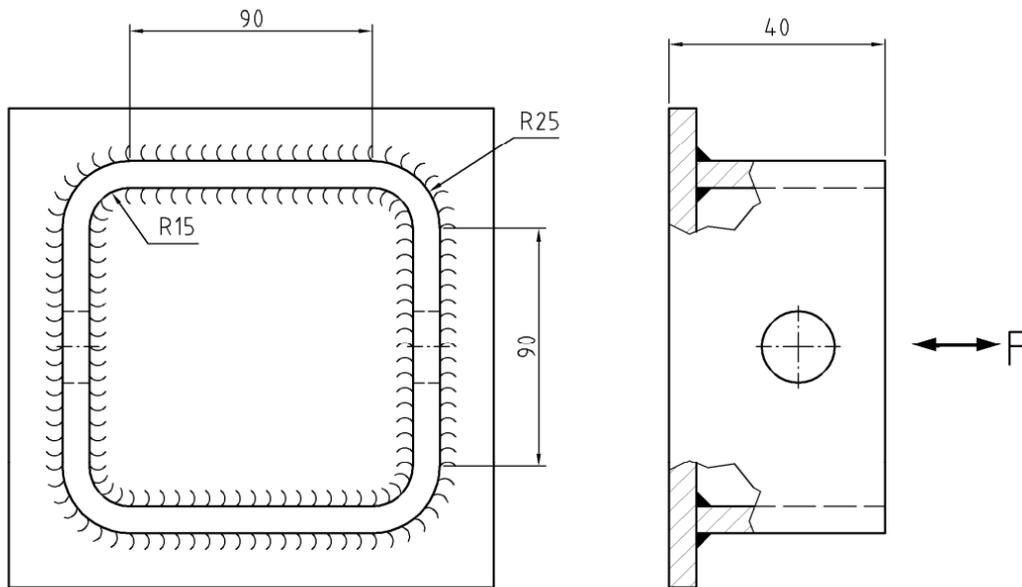
Dauerfestigkeitskennwerte und Formzahlen:

Nahtart (Symbol)	Bild	Kennwerte für 1.0037 (St 37)				Zug/Druck		Biegung/Schub		
		Naht		Anschluss		Naht	Anschluss	Biegung	Schub	
		$\alpha_N \cdot \sigma_{\text{sch}}$	$\alpha_N \cdot \sigma_{\text{w}}$	$\alpha_A \cdot \sigma_{\text{sch}}$	$\alpha_A \cdot \sigma_{\text{w}}$	α_N	α_A	α_N	α_N	
V-Naht (V)		100	55	100	55	0,4..0,5		0,5..0,6	0,35	
V-Naht, wurzelver- schweißt DV-Naht (X)		180	100	180	100	0,7..0,8		0,8..0,9	0,5..0,7	
V-Naht, bearbeitet		210	118	210	118	0,92		1,0	0,73	
Flachkehlnaht		80	50	130	75	0,35	0,56	0,5	0,35	
Hohlkehlnaht		80	50	160	95	0,35	0,7	0,85	0,45	
Doppel-HV-Naht, Dop- pel-HY-Naht (K-Naht)		130	73	140	78	0,56	0,6	0,8	0,45	
Doppel-HV-Naht, Dop- pel-HY-Naht (K-Naht); hohl		160	91	184	104	0,7	0,7..0,8	0,85	0,45	
Flachkehlnaht einseitig		57	32	-	-	0,25	-	0,12	0,2	
HV-Naht, hohl		137	78	-	-	0,6	-	0,7	0,5	
Flankenkehlnaht ohne/ mit Entkrater- Bearbeitung		150 160	84 91	70 110	50 70	- -	0,35 0,5	- -	0,65 0,7	
Rundnaht		$\alpha_N \cdot \tau_{\text{t sch N}}$ 70..110		$\alpha_N \cdot \tau_{\text{t w N}}$ 50..60		-	-	-	-	Formzahl für Verdrehbean- spruchung $\alpha_N \approx 0,5$

LÖSUNG zu Übungsaufgabe SW 008

E-SW 1 Der abgebildete Träger wird mit einer wechselnden Kraft von 40.000 N belastet. Die Kraft wird über einen Bolzen an den dargestellten Bohrungen eingeleitet. Die Konstruktion ist als so steif anzusehen, dass keine Torsions- und Biegemomente in den Schweißnähten entstehen. Die Schweißnahtdicke der Flachkehlnähte beträgt 3 mm. Die Güte der Schweißnähte entspricht der Bewertungsgruppe C. Als Werkstoff wird St 52 verwendet. Die Schweißnähte werden wechselnd belastet. Sind die Schweißnähte ausreichend dimensioniert?

Kennzeichnen Sie ggf. verwendete Tabellenwerte.



Lösung:

$$\alpha_o = 0,5$$

Bewertungsgruppe C

$$\alpha_N = 0,35$$

beidseitige Flachkehlnaht

$$\beta = 0,9$$

Beiwert für Schrumpfspannungen

$$\sigma_{\text{Grenz}} = 180 \text{ N/mm}^2$$

Tabellenwert

$$s = 2$$

bei wechselnder Belastung

$$\sigma_{\text{bzul}} = 14,175 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{Z/D} = \frac{F}{A}$$

$$A = 4 \cdot 90 \text{ mm} \cdot 3 \text{ mm} + \pi \cdot (28^2 - 25^2) \text{ mm}^2 + 4 \cdot 90 \text{ mm} \cdot 3 \text{ mm} + \pi \cdot (15^2 - 12^2) \text{ mm}^2$$

$$A = 8 \cdot 90 \text{ mm} \cdot 3 \text{ mm} + \pi \cdot (28^2 + 15^2 - 25^2 - 12^2) \text{ mm}^2 = 2.913,98 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{Z/D} = \frac{40.000 \text{ N}}{2.913,98 \text{ mm}^2} = 13,73 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{Z/D} < \sigma_{\text{zul}} \quad \rightarrow \text{Schweißnaht hält!!!}$$

E-SW 2 Die Sicherheit der Schweißnähte soll durch Auswahl einer anderen Nahtart erhöht werden (ohne die Konstruktion wesentlich ändern zu müssen). Welche Nahtart würden Sie wählen? Welche Sicherheit weisen die Schweißnähte mit der neuen Nahtart auf?

Lösung:

HV Naht, dann $\alpha_N = 0,56$ für beidseitige Flachkehlnaht.

Sicherheit berechnen:

$$\sigma_{Z/D} = \sigma_{zul}$$

$$s = \frac{0,5 \cdot 0,56 \cdot 0,9 \cdot 180 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{13,72 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 3,3$$

oder aus Teil 1 $s_{alt} = 2$,

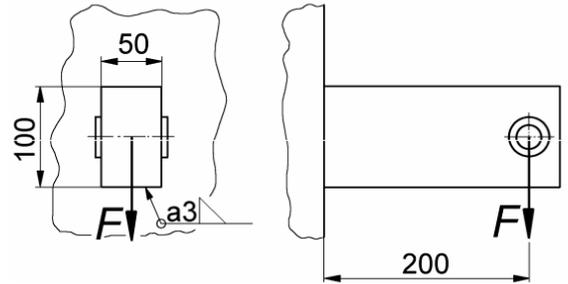
da vorhandene Spannung \approx zulässige Spannung

$$\Rightarrow s_{neu} = s_{alt} = \frac{0,56}{0,53} = 3,2$$

Übungsaufgabe SW 009

E-SW 1

Der abgebildete Träger aus Rechteckrohr, Werkstoff S235 (St 37), wird mit einer konstanten Kraft von $F = 3.938 \text{ N}$ belastet, die an der dargestellten Buchse eingeleitet wird. Der Träger ist mit einer umlaufenden **Flachkehlnaht**, Bewertungsgruppe C, an ein Gestell geschweißt. Führen Sie den Spannungsnachweis. Beachten Sie dabei folgendes:



- Spannungsnachweis für die Schweißnaht und den Anschlussquerschnitt erforderlich (Werte für Zug/Druck verwenden); Sicherheit 1,8; sind die Teile ausreichend dimensioniert?
- die Scherspannung darf nicht vernachlässigt werden; es sind nur die senkrechten Nähte zu berücksichtigen
- Kennzeichnen Sie ggf. verwendete Tabellenwerte (s. nächste Seiten).

E-SW 2

Die Konstruktion soll bei gleichen Bauteilen und gleicher Schweißnahtstärke höher belastet werden. Schlagen Sie zwei Maßnahmen zur Erhöhung der Belastbarkeit vor.

E-SW Formelsammlung:

Vorhandene Spannung bei Kehlnähten:

Belas- tung		Nahtform	Nahtenn- spannung	Nahtfläche bzw. Widerstandsmoment
Biegung			$\sigma_b = M_b / W_b$	$W_b = \frac{a \cdot l^2}{6}$ hochkant $W_b = \frac{a^2 \cdot l}{6}$ flachkant
Schub + Biegung			Vergleichs- spannung aus σ_b und τ_s	$\sigma_v = \frac{(\sigma_b + \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \cdot \tau_s^2})}{2}$ $W_b = \frac{[(s + 2 \cdot a) \cdot (h + 2 \cdot a)^3 - s \cdot h^3]}{6 \cdot (h + 2 \cdot a)}$
Torsion			$\tau_t = \frac{T}{W_p}$	$W_p = \frac{\pi}{16} \cdot \frac{(d + 2 \cdot a)^4 - d^4}{d + 2 \cdot a}$
Torsion + Biegung			Vergleichs- spannung aus σ_b und τ_t	$\sigma_v = \frac{(\sigma_b + \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \cdot \tau_t^2})}{2}$ $W_b = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{(d + 2 \cdot a)^4 - d^4}{d + 2 \cdot a}$

$\sigma_{z,d}, \sigma_b, \tau_s, \tau_t, \sigma_v$ = Spannungen
 T = Torsionsmoment
 W_b = Biege-Widerstandsmoment
 W_p = Polares Widerstandsmoment

A = Nahtquerschnitt
 $\sigma_{zul N/A}$ = zulässige Spannungen
 M_b = Biegemoment
 $F_{z,d}, F_q$ = Zug-/Druckkraft, Querkraft

Zulässige Spannung:

$$\sigma_{zulN} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_N \cdot \beta \cdot \sigma_{Grenz}}{S}$$

$$\sigma_{zulA} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_A \cdot \beta \cdot \sigma_{Grenz}}{S}$$

(τ_{zul} entsprechend)

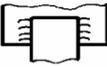
α_0 = Beiwert für die Bewertungsgruppe der Schweißnaht
 $\alpha_0 = 1$ (Bew.-Gruppe A, nicht mehr genormt)
 $\alpha_0 = 0,8$ Bewertungsgruppe B
 $\alpha_0 = 0,5$ Bewertungsgruppe C, D
 $\beta = 0,9$ Beiwert für Schrumpfspannungen (d. h. Eigen-
spannungen $\approx 10\%$ der Grenzspannung gesetzt)
 S = Sicherheit
 $S = 1,5 \dots 2$ bei schwellender Belastung
 $S = 2$ bei wechselnder Belastung

α_N = Formzahl der Naht gemäß Bild unten
 α_A = Formzahl des Anschlussquerschnitts gemäß Bild unten
 σ_{Grenz} = Grenzspannung, abhängig von der Belastungsart
 $= \sigma_{sch}$ bei schwellender Zug-/Druckbelastung
 $= \sigma_w$ bei wechselnder Zug-/Druckbelastung
 $= \sigma_{b sch} \approx 1,2 \dots 1,4 \cdot \sigma_{sch}$ schw. Biegebelastung
 $= \sigma_{b w} \approx 1,3 \cdot \sigma_w$ wechselnde Biegebelastung
 $= \tau_{sch} \approx 0,8 \cdot \sigma_{sch}$ schwellende Schubbelastung
 $= \tau_w \approx 0,8 \cdot \sigma_w$ wechselnde Schubbelastung

Kennwerte für σ_{Grenz} in N/mm²:

	σ_{sch}	σ_{w}	$\sigma_{\text{h sch}}$	$\sigma_{\text{h w}}$	$\tau_{\text{t sch}}$	$\tau_{\text{t w}}$
1.0037 (St 37)	230	130	300	160	140	100
1.0052 (St 52)	320	180	400	210	230	120

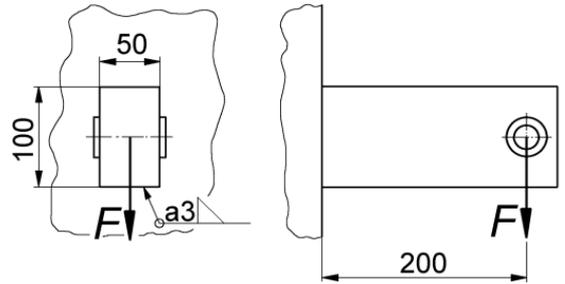
Dauerfestigkeitskennwerte und Formzahlen:

Nahtart (Symbol)	Bild	Kennwerte für 1.0037 (St 37)				Zug/Druck		Biegung/Schub	
		Naht		Anschluss		Naht	Anschluss	Biegung	Schub
		$\alpha_N \cdot \sigma_{\text{sch}}$	$\alpha_N \cdot \sigma_{\text{w}}$	$\alpha_A \cdot \sigma_{\text{sch}}$	$\alpha_A \cdot \sigma_{\text{w}}$	α_N	α_A	α_N	α_N
V-Naht (V)		100	55	100	55	0,4..0,5		0,5..0,6	0,35
V-Naht, wurzelverschweißt DV-Naht (X)		180	100	180	100	0,7..0,8		0,8..0,9	0,5..0,7
V-Naht, bearbeitet		210	118	210	118	0,92		1,0	0,73
Flachkehlnaht		80	50	130	75	0,35	0,56	0,5	0,35
Hohlkehlnaht		80	50	160	95	0,35	0,7	0,85	0,45
Doppel-HV-Naht, Doppel-HY-Naht (K-Naht)		130	73	140	78	0,56	0,6	0,8	0,45
Doppel-HV-Naht, Doppel-HY-Naht (K-Naht); hohl		160	91	184	104	0,7	0,7..0,8	0,85	0,45
Flachkehlnaht einseitig		57	32	-	-	0,25	-	0,12	0,2
HV-Naht, hohl		137	78	-	-	0,6	-	0,7	0,5
Flankenkehlnaht ohne/ mit Entkrater-Bearbeitung		150	84	70	50	-	0,35	-	0,65
		160	91	110	70	-	0,5	-	0,7
Rundnaht		$\alpha_N \cdot \tau_{\text{t sch N}}$ 70..110		$\alpha_N \cdot \tau_{\text{t w N}}$ 50..60		-	-	-	-
									Formzahl für Verdrehbeanspruchung $\alpha_N \approx 0,5$

LÖSUNG zu Übungsaufgabe SW 009

E-SW 1

Der abgebildete Träger aus Rechteckrohr, Werkstoff S235 (St 37), wird mit einer konstanten Kraft von $F = 3.938 \text{ N}$ belastet, die an der dargestellten Buchse eingeleitet wird. Der Träger ist mit einer umlaufenden **Flachkehlnaht**, Bewertungsgruppe C, an ein Gestell geschweißt. Führen Sie den Spannungsnachweis. Beachten Sie dabei folgendes:



- Spannungsnachweis für die Schweißnaht und den Anschlussquerschnitt erforderlich (Werte für Zug/Druck verwenden); Sicherheit 1,8; sind die Teile ausreichend dimensioniert?
- die Scherspannung darf nicht vernachlässigt werden; es sind nur die senkrechten Nähte zu berücksichtigen
- Kennzeichnen Sie ggf. verwendete Tabellenwerte (s. nächste Seiten).

Lösung:

$$M_b = F \cdot l = 3.938 \text{ N} \cdot 200 \text{ mm} = 787.600 \text{ Nmm}$$

$$W_b = \frac{(s + 2 \cdot a) \cdot (h + 2 \cdot a)^3 - s \cdot h^3}{6 \cdot (h + 2 \cdot a)} = \frac{56 \cdot 106^3 - 50 \cdot 100^3}{6 \cdot 106} \text{ mm}^3 = 26.253 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} = \frac{787.600 \text{ Nmm}}{26.253 \text{ mm}^3} = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_s = \frac{F}{2 \cdot 3 \text{ mm} \cdot 100 \text{ mm}} = \frac{3.938 \text{ N}}{600 \text{ mm}^2} = 6,56 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_v = \frac{1}{2} \cdot (\sigma_b + \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \cdot \tau_s^2}) = \frac{1}{2} \cdot (30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} + \sqrt{(30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2})^2 + 4 \cdot (6,56 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2})^2}) = 31,37 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{\text{zulA}} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_A \cdot \beta \cdot \sigma_{\text{bsch}}}{S} = \frac{0,5 \cdot 0,56 \cdot 0,9 \cdot 300 \text{ N/mm}^2}{1,8} = 42 \text{ N/mm}^2$$

hält

$$\sigma_{\text{zulN}} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_N \cdot \beta \cdot \sigma_{\text{bsch}}}{S} = \frac{0,5 \cdot 0,35 \cdot 0,9 \cdot 300 \text{ N/mm}^2}{1,8} = 26,25 \text{ N/mm}^2$$

hält nicht

E-SW 2

Die Konstruktion soll bei gleichen Bauteilen und gleicher Schweißnahtstärke höher belastet werden. Schlagen Sie zwei Maßnahmen zur Erhöhung der Belastbarkeit vor.

Lösung:

- Höherfester Zusatzwerkstoff (Schweißdraht) ($>300 \text{ N/mm}^2$)
- Andere Naht (Hohlkehlnaht $\rightarrow \alpha_A$ größer, Doppel-HV-Naht $\rightarrow \alpha_N$ größer)

Schub + Biegung			Vergleichs- spannung aus σ_b und τ_s	6					
				$\sigma_v = \frac{(\sigma_b + \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \cdot \tau_s^2})}{2}$	$W_b = \frac{[(s + 2 \cdot a) \cdot (h + 2 \cdot a)^3 - s \cdot h^3]}{6 \cdot (h + 2 \cdot a)}$				
Flachkehlnaht		80	50	130	75	0,35	0,56	0,5	0,35

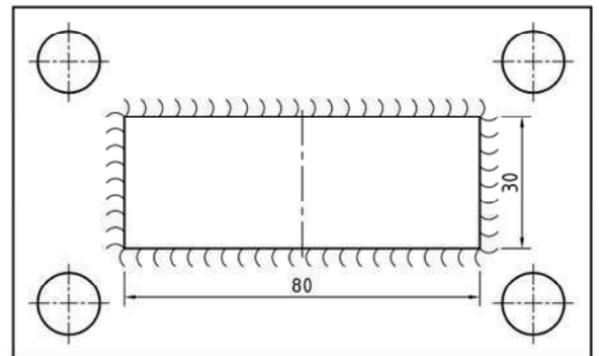
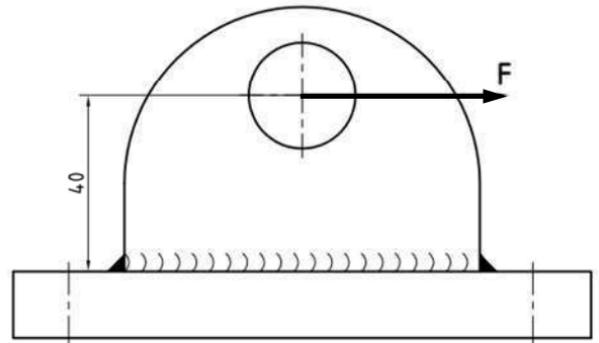
Übungsaufgabe SW 010

E-SW

Die abgebildete Halterung zur Ladungssicherung aus S235 (St 37) wird mit einer wechselnden Kraft von $F = 8.500 \text{ N}$ belastet. Die Halterung ist mit einer umlaufenden Flachkehlnaht ($a = 4 \text{ mm}$), Bewertungsgruppe B, an eine Grundplatte geschweißt und wird auf **Schub** und **Biegung** beansprucht.

Ist die Schweißnaht hinreichend dimensioniert?

Kennzeichnen Sie ggf. verwendete Tabellenwerte (s. nächste Seiten).



E-SW Formelsammlung:

Vorhandene Spannung bei Kehlnähten:

Belas- tung		Nahtform	Nahtenn- spannung	Nahtfläche bzw. Widerstandsmoment
Biegung			$\sigma_b = M_b / W_b$	$W_b = \frac{a \cdot l^2}{6}$ hochkant $W_b = \frac{a^2 \cdot l}{6}$ flachkant
Schub + Biegung			Vergleichs- spannung aus σ_b und τ_s	$\sigma_v = \frac{(\sigma_b + \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \cdot \tau_s^2})}{2}$ $W_b = \frac{[(s + 2 \cdot a) \cdot (h + 2 \cdot a)^3 - s \cdot h^3]}{6 \cdot (h + 2 \cdot a)}$
Torsion			$\tau_t = \frac{T}{W_p}$	$W_p = \frac{\pi}{16} \cdot \frac{(d + 2 \cdot a)^4 - d^4}{d + 2 \cdot a}$
Torsion + Biegung			Vergleichs- spannung aus σ_b und τ_t	$\sigma_v = \frac{(\sigma_b + \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \cdot \tau_t^2})}{2}$ $W_b = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{(d + 2 \cdot a)^4 - d^4}{d + 2 \cdot a}$

$\sigma_{z,d}, \sigma_b, \tau_s, \tau_t, \sigma_v$ = Spannungen
 T = Torsionsmoment
 W_b = Biege-Widerstandsmoment
 W_p = Polares Widerstandsmoment

A = Nahtquerschnitt
 $\sigma_{zul N/A}$ = zulässige Spannungen
 M_b = Biegemoment
 $F_{z,d}, F_q$ = Zug-/Druckkraft, Querkraft

Zulässige Spannung:

$$\sigma_{zulN} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_N \cdot \beta \cdot \sigma_{Grenz}}{S}$$

$$\sigma_{zulA} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_A \cdot \beta \cdot \sigma_{Grenz}}{S}$$

(τ_{zul} entsprechend)

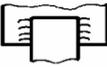
α_0 = Beiwert für die Bewertungsgruppe der Schweißnaht
 $\alpha_0 = 1$ (Bew.-Gruppe A, nicht mehr genormt)
 $\alpha_0 = 0,8$ Bewertungsgruppe B
 $\alpha_0 = 0,5$ Bewertungsgruppe C, D
 $\beta = 0,9$ Beiwert für Schrumpfspannungen (d. h. Eigen-
spannungen $\approx 10\%$ der Grenzspannung gesetzt)
 S = Sicherheit
 $S = 1,5 \dots 2$ bei schwellender Belastung
 $S = 2$ bei wechselnder Belastung

α_N = Formzahl der Naht gemäß Bild unten
 α_A = Formzahl des Anschlussquerschnitts gemäß Bild unten
 σ_{Grenz} = Grenzspannung, abhängig von der Belastungsart
= σ_{sch} bei schwellender Zug-/Druckbelastung
= σ_w bei wechselnder Zug-/Druckbelastung
= $\sigma_{b sch} \approx 1,2 \dots 1,4 \cdot \sigma_{sch}$ schw. Biegebelastung
= $\sigma_{b w} \approx 1,3 \cdot \sigma_w$ wechselnde Biegebelastung
= $\tau_{sch} \approx 0,8 \cdot \sigma_{sch}$ schwellende Schubbelastung
= $\tau_w \approx 0,8 \cdot \sigma_w$ wechselnde Schubbelastung

Kennwerte für σ_{Grenz} in N/mm²:

	σ_{sch}	σ_{w}	$\sigma_{\text{h sch}}$	$\sigma_{\text{h w}}$	$\tau_{\text{t sch}}$	$\tau_{\text{t w}}$
1.0037 (St 37)	230	130	300	160	140	100
1.0052 (St 52)	320	180	400	210	230	120

Dauerfestigkeitskennwerte und Formzahlen:

Nahtart (Symbol)	Bild	Kennwerte für 1.0037 (St 37)				Zug/Druck		Biegung/Schub		
		Naht		Anschluss		Naht	Anschluss	Biegung	Schub	
		$\alpha_N \cdot \sigma_{\text{sch}}$	$\alpha_N \cdot \sigma_{\text{w}}$	$\alpha_A \cdot \sigma_{\text{sch}}$	$\alpha_A \cdot \sigma_{\text{w}}$	α_N	α_A	α_N	α_N	
V-Naht (V)		100	55	100	55	0,4..0,5		0,5..0,6	0,35	
V-Naht, wurzelverschweißt DV-Naht (X)		180	100	180	100	0,7..0,8		0,8..0,9	0,5..0,7	
V-Naht, bearbeitet		210	118	210	118	0,92		1,0	0,73	
Flachkehlnaht		80	50	130	75	0,35	0,56	0,5	0,35	
Hohlkehlnaht		80	50	160	95	0,35	0,7	0,85	0,45	
Doppel-HV-Naht, Doppel-HY-Naht (K-Naht)		130	73	140	78	0,56	0,6	0,8	0,45	
Doppel-HV-Naht, Doppel-HY-Naht (K-Naht); hohl		160	91	184	104	0,7	0,7..0,8	0,85	0,45	
Flachkehlnaht einseitig		57	32	-	-	0,25	-	0,12	0,2	
HV-Naht, hohl		137	78	-	-	0,6	-	0,7	0,5	
Flankenkehlnaht ohne/ mit Entkrater-Bearbeitung		150 160	84 91	70 110	50 70	- -	0,35 0,5	- -	0,65 0,7	
Rundnaht		$\alpha_N \cdot \tau_{\text{t sch N}}$ 70..110		$\alpha_N \cdot \tau_{\text{t w N}}$ 50..60		-	-	-	-	Formzahl für Verdrehbeanspruchung $\alpha_N \approx 0,5$

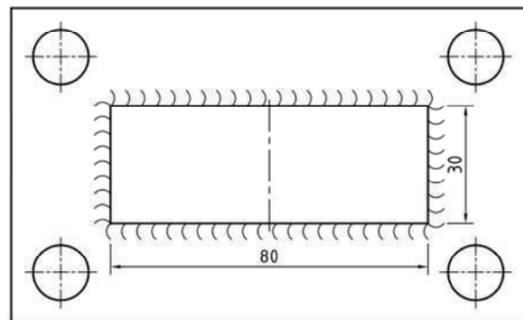
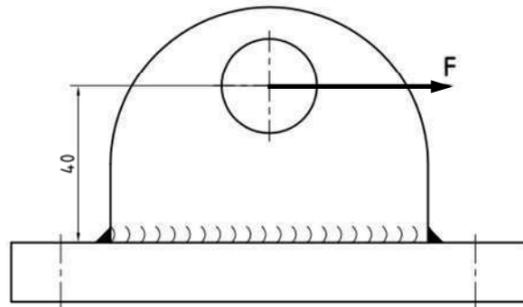
LÖSUNG zu Übungsaufgabe SW 010

E-SW

Die abgebildete Halterung zur Ladungssicherung aus S235 (St 37) wird mit einer wechselnden Kraft von $F = 8.500 \text{ N}$ belastet. Die Halterung ist mit einer umlaufenden Flachkehlnaht ($a = 4 \text{ mm}$), Bewertungsgruppe B, an eine Grundplatte geschweißt und wird auf **Schub** und **Biegung** beansprucht.

Ist die Schweißnaht hinreichend dimensioniert?

Kennzeichnen Sie ggf. verwendete Tabellenwerte (s. nächste Seiten).



Lösung:

$$\sigma_{b \text{ zul}} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_N \cdot \beta \cdot \sigma_{b w}}{s} = \frac{0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,9 \cdot 160 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{2}$$

$$\sigma_{b \text{ zul}} = 28,8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$M_b = F \cdot l = 8.500 \text{ N} \cdot 40 \text{ mm}$$

$$M_b = 340.000 \text{ Nmm}$$

$$W_b = \frac{[(s+2 \cdot a) \cdot (h+2 \cdot a)^3 - s \cdot h^3]}{6 \cdot (h+2 \cdot a)} = \frac{[(30 \text{ mm} + 2 \cdot 4 \text{ mm}) \cdot (80 \text{ mm} + 2 \cdot 4 \text{ mm})^3 - 30 \text{ mm} \cdot 80^3 \text{ mm}^3]}{6 \cdot (80 \text{ mm} + 2 \cdot 4 \text{ mm})}$$

$$W_b = 19.954 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} = \frac{340.000 \text{ Nmm}}{19.954 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma_b = 17,04 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Nur die seitlichen Nähte mit $l = 80 \text{ mm}$ werden auf Schub beansprucht

$$\tau_s = \frac{F}{A} \quad \text{mit } A = 2 \cdot 80 \text{ mm} \cdot 4 \text{ mm} = 640 \text{ mm}^2$$

$$\tau_s = \frac{F}{A} = \frac{8.500 \text{ N}}{640 \text{ mm}^2}$$

$$\tau_s = 13,28 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_v = 0,5 \cdot \left(\sigma_b + \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \cdot \tau_s^2} \right) = 0,5 \cdot \left(17,04 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} + \sqrt{\left(17,04 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)^2 + 4 \cdot \left(13,28 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)^2} \right)$$

$$\sigma_v = 24,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$\sigma_v < \sigma_{b \text{ zul}}$ *Schweißnaht hält!*

Schub + Biegung			Vergleichs- spannung aus σ_b und τ_s	$W_b = \dots$ flachkant $\sigma_v = \frac{\left(\sigma_b + \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \cdot \tau_s^2} \right)}{2}$ $W_b = \frac{(s + 2 \cdot a) \cdot (h + 2 \cdot a)^3 - s \cdot h^3}{6 \cdot (h + 2 \cdot a)}$
			$\tau = \frac{T}{\dots}$	$\dots \pi (d + 2 \cdot a)^4 - d^4$

Zulässige Spannung:

$$\sigma_{zulN} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_N \cdot \beta \cdot \sigma_{Grenz}}{S}$$

$$\sigma_{zulA} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_A \cdot \beta \cdot \sigma_{Grenz}}{S}$$

(τ_{zul} entsprechend)

α_0 = Beiwert für die Bewertungsgruppe der Schweißnaht

$\alpha_0 = 1$ (Bew.-Gruppe A, nicht mehr genormt)

$\alpha_0 = 0,8$ Bewertungsgruppe B

$\alpha_0 = 0,5$ Bewertungsgruppe C, D

$\beta = 0,9$ Beiwert für Schrumpfspannungen (d. h. Eigen-
spannungen $\approx 10\%$ der Grenzspannung gesetzt)

S = Sicherheit

$S = 1,5 \dots 2$ bei schwellender Belastung

$S = 2$ bei wechselnder Belastung

α_N = Formzahl der Naht gemäß Bild unten

α_A = Formzahl des Anschlussquerschnitts gemäß Bild unten

σ_{Grenz} = Grenzspannung, abhängig von der Belastungsart

= σ_{sch} bei schwellender Zug-/Druckbelastung

= σ_w bei wechselnder Zug-/Druckbelastung

= $\sigma_{b \text{ sch}} \approx 1,2 \dots 1,4 \cdot \sigma_{sch}$ schw. Biegebelastung

= $\sigma_{b \text{ w}} \approx 1,3 \cdot \sigma_w$ wechselnde Biegebelastung

= $\tau_{sch} \approx 0,8 \cdot \sigma_{sch}$ schwellende Schubbelastung

= $\tau_w \approx 0,8 \cdot \sigma_w$ wechselnde Schubbelastung

Kennwerte für σ_{Grenz} in N/mm^2 :

	σ_{sch}	σ_w	$\sigma_{b \text{ sch}}$	$\sigma_{b \text{ w}}$	τ_{sch}	τ_w
1.0037 (St 37)	230	130	300	160	140	100
1.0052 (St 52)	320	180	400	210	230	120

Flachkehlnaht		80	50	130	75	0,35	0,56	0,5	0,35
---------------	--	----	----	-----	----	------	------	-----	------

Übungsaufgabe SW 011

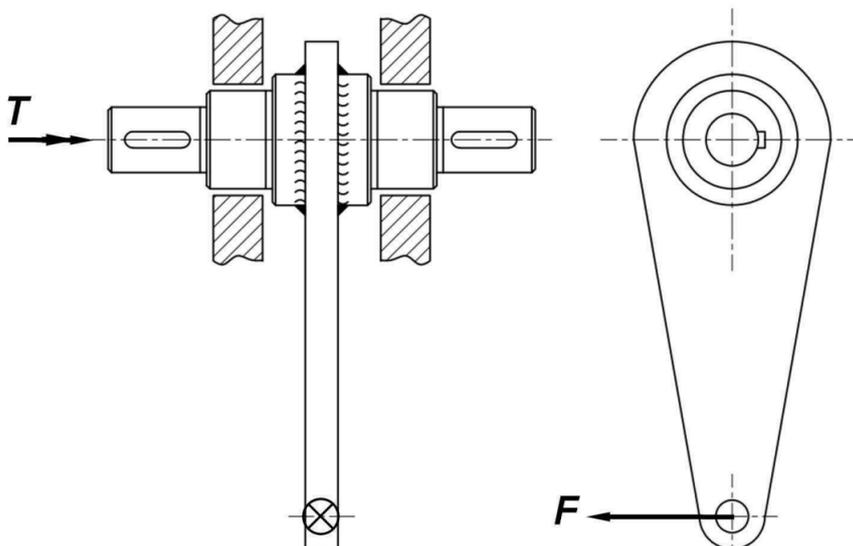
E-SW 1 a) Nennen Sie jeweils **vier** Vor- und Nachteile einer Schweißverbindung gegenüber anderen Verbindungsverfahren!

Vorteile	Nachteile

b) Welche **äußeren** Merkmale werden durch die Bewertungsgruppen B, C und D für Schweißverbindungen toleriert? Nennen Sie mindestens **vier**!

1.	
2.	
3.	
4.	
5.	

E-SW 2 Für die unten dargestellte Welle aus S235 (St37) ist die maximal übertragbare Kraft F zu ermitteln. An den größten Wellenabsatz von $d = 35$ mm ist ein Hebel angeschlossen (Nahtdicke $a = 3$ mm, Bewertungsgruppe C). Der Hebelarm hat eine Länge von $l = 180$ mm. Die Sicherheit ist $S = 2$.



E-SW Formelsammlung:

Vorhandene Spannung bei Kehlnähten:

Belas- tung		Nahtform	Nahtenn- spannung	Nahtfläche bzw. Widerstandsmoment
Biegung			$\sigma_b = M_b / W_b$	$W_b = \frac{a \cdot l^2}{6}$ hochkant $W_b = \frac{a^2 \cdot l}{6}$ flachkant
Schub + Biegung			Vergleichs- spannung aus σ_b und τ_s	$\sigma_v = \frac{(\sigma_b + \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \cdot \tau_s^2})}{2}$ $W_b = \frac{(s + 2 \cdot a) \cdot (h + 2 \cdot a)^3 - s \cdot h^3}{6 \cdot (h + 2 \cdot a)}$
Torsion			$\tau_t = \frac{T}{W_p}$	$W_p = \frac{\pi}{16} \cdot \frac{(d + 2 \cdot a)^4 - d^4}{d + 2 \cdot a}$
Torsion + Biegung			Vergleichs- spannung aus σ_b und τ_t	$\sigma_v = \frac{(\sigma_b + \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \cdot \tau_t^2})}{2}$ $W_b = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{(d + 2 \cdot a)^4 - d^4}{d + 2 \cdot a}$

$\sigma_{z,d}, \sigma_b, \tau_s, \tau_t, \sigma_v$ = Spannungen
 T = Torsionsmoment
 W_b = Biege-Widerstandsmoment
 W_p = Polares Widerstandsmoment

A = Nahtquerschnitt
 $\sigma_{zul N/A}$ = zulässige Spannungen
 M_b = Biegemoment
 $F_{z,d}, F_q$ = Zug-/Druckkraft, Querkraft

Zulässige Spannung:

$$\sigma_{zulN} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_N \cdot \beta \cdot \sigma_{Grenz}}{S}$$

$$\sigma_{zulA} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_A \cdot \beta \cdot \sigma_{Grenz}}{S}$$

(τ_{zul} entsprechend)

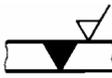
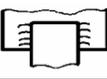
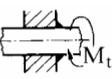
α_0 = Beiwert für die Bewertungsgruppe der Schweißnaht
 $\alpha_0 = 1$ (Bew.-Gruppe A, nicht mehr genormt)
 $\alpha_0 = 0,8$ Bewertungsgruppe B
 $\alpha_0 = 0,5$ Bewertungsgruppe C, D
 $\beta = 0,9$ Beiwert für Schrumpfspannungen (d. h. Eigen-
spannungen $\approx 10\%$ der Grenzspannung gesetzt)
 S = Sicherheit
 $S = 1,5 \dots 2$ bei schwellender Belastung
 $S = 2$ bei wechselnder Belastung

α_N = Formzahl der Naht gemäß Bild unten
 α_A = Formzahl des Anschlussquerschnitts gemäß Bild unten
 σ_{Grenz} = Grenzspannung, abhängig von der Belastungsart
 $= \sigma_{sch}$ bei schwellender Zug-/Druckbelastung
 $= \sigma_w$ bei wechselnder Zug-/Druckbelastung
 $= \sigma_{b sch} \approx 1,2 \dots 1,4 \cdot \sigma_{sch}$ schw. Biegebelastung
 $= \sigma_{b w} \approx 1,3 \cdot \sigma_w$ wechselnde Biegebelastung
 $= \tau_{sch} \approx 0,8 \cdot \sigma_{sch}$ schwellende Schubbelastung
 $= \tau_w \approx 0,8 \cdot \sigma_w$ wechselnde Schubbelastung

Kennwerte für σ_{Grenz} in N/mm²:

	σ_{sch}	σ_{w}	$\sigma_{\text{h sch}}$	$\sigma_{\text{h w}}$	$\tau_{\text{t sch}}$	$\tau_{\text{t w}}$
1.0037 (St 37)	230	130	300	160	140	100
1.0052 (St 52)	320	180	400	210	230	120

Dauerfestigkeitskennwerte und Formzahlen:

Nahtart (Symbol)	Bild	Kennwerte für 1.0037 (St 37)				Zug/Druck		Biegung/Schub	
		Naht		Anschluss		Naht	Anschluss	Biegung	Schub
		$\alpha_N \cdot \sigma_{\text{sch}}$	$\alpha_N \cdot \sigma_{\text{w}}$	$\alpha_A \cdot \sigma_{\text{sch}}$	$\alpha_A \cdot \sigma_{\text{w}}$	α_N	α_A	α_N	α_N
V-Naht (V)		100	55	100	55	0,4..0,5		0,5..0,6	0,35
V-Naht, wurzelverschweißt DV-Naht (X)		180	100	180	100	0,7..0,8		0,8..0,9	0,5..0,7
V-Naht, bearbeitet		210	118	210	118	0,92		1,0	0,73
Flachkehlnaht		80	50	130	75	0,35	0,56	0,5	0,35
Hohlkehlnaht		80	50	160	95	0,35	0,7	0,85	0,45
Doppel-HV-Naht, Doppel-HY-Naht (K-Naht)		130	73	140	78	0,56	0,6	0,8	0,45
Doppel-HV-Naht, Doppel-HY-Naht (K-Naht); hohl		160	91	184	104	0,7	0,7..0,8	0,85	0,45
Flachkehlnaht einseitig		57	32	-	-	0,25	-	0,12	0,2
HV-Naht, hohl		137	78	-	-	0,6	-	0,7	0,5
Flankenkehlnaht ohne/ mit Entkrater-Bearbeitung		150	84	70	50	-	0,35	-	0,65
		160	91	110	70	-	0,5	-	0,7
Rundnaht		$\alpha_N \cdot \tau_{\text{t sch N}}$ 70..110		$\alpha_N \cdot \tau_{\text{t w N}}$ 50..60		-	-	-	-
								Formzahl für Verdrehbeanspruchung $\alpha_N \approx 0,5$	

LÖSUNG zu Übungsaufgabe SW 011

E-SW 1 a) Nennen Sie jeweils **vier** Vor- und Nachteile einer Schweißverbindung gegenüber anderen Verbindungsverfahren!

Lösung:

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • <i>universell anwendbar und werkstoffsparend</i> • <i>einfach, kostengünstig, gut automatisierbar</i> • <i>Fügen auch geringer Wanddicken möglich</i> • <i>Gut konstruktiv anpassungsfähig, hohe gestalterische Freiheit</i> • <i>Keine Gießform nötig → weniger Kosten</i> • <i>Stahl hat größeren E-Modul als Grauguss → höhere Steifigkeit</i> • <i>Keine Überlappungen (Gewichtseinsparung)</i> • <i>Keine Nietlöcher und damit keine Querschnittsschwächungen</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Eigenspannungen und Schrumpfungen</i> • <i>Korrosion</i> • <i>Besonders bei hochlegierten Stählen Versprödung</i> • <i>Schweißverbindungen bilden metallurgische Kerben, Kerbwirkung nur schwer erfassbar, da stark von Ausführung abhängig</i> • <i>Qualitätskontrolle schwierig</i> • <i>Hohe Anforderungen an Schweißer</i> • <i>Schweißaufwand bei großen Bauteilen und in Serienfertigung relativ hoch</i>

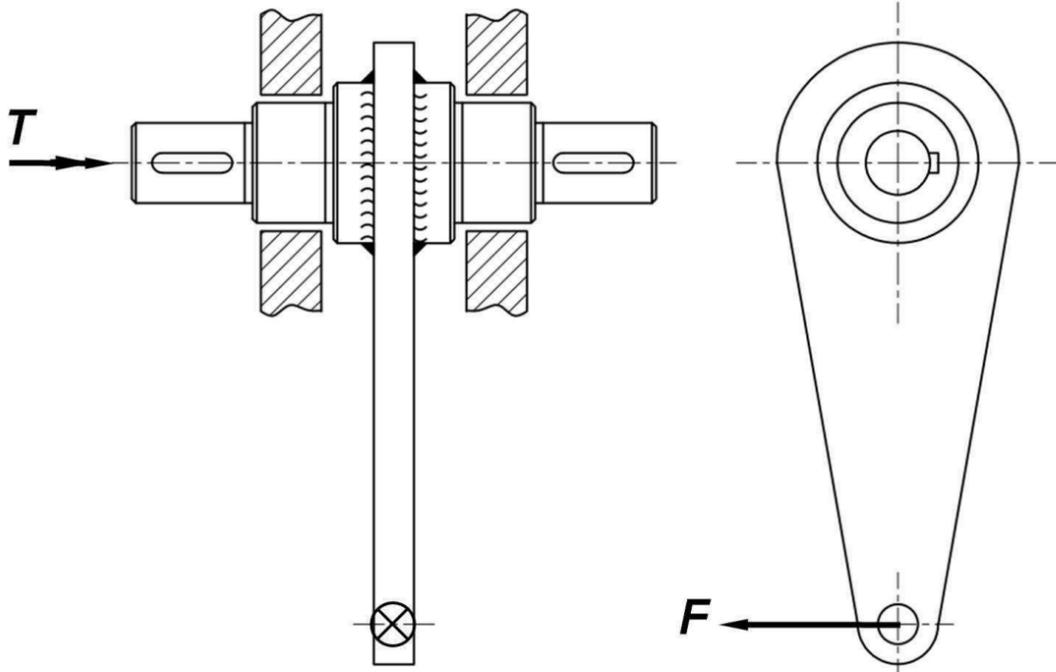
b) Welche **äußeren** Merkmale werden durch die Bewertungsgruppen B, C und D für Schweißverbindungen toleriert? Nennen Sie mindestens **vier**!

Lösung:

1.	<i>Nahtwölbung</i>
2.	<i>Kantenversatz</i>
3.	<i>Wurzelüberhöhung</i>
4.	<i>Nahtdickenunterschreitung</i>
5.	<i>Einbrandtiefe</i>

Weitere: *Ungleichschenkligkeit, sichtbare Poren, offene Endkrater und -lunker, Schlackeeinschlüsse, Wurzelkerben, äußere Risse*

E-SW 2 Für die unten dargestellte Welle aus S235 (St37) ist die maximal übertragbare Kraft F zu ermitteln. An den größten Wellenabsatz von $d = 35$ mm ist ein Hebel angeschlossen (Nahtdicke $a = 3$ mm, Bewertungsgruppe C). Der Hebelarm hat eine Länge von $l = 180$ mm. Die Sicherheit ist $S = 2$.



Lösung:

gegeben: Wellendurchmesser $d = 35$ mm
Nahtdicke $a = 3$ mm
Werkstoff: St 37
Hebelarmlänge $l = 180$ mm

Bewertungsgruppe C
schwellende Belastung
Sicherheit $S = 2$

Es gilt bei Torsionsbelastung:

$$\tau_t = \frac{T}{W_p} \Rightarrow T = F \cdot l = \tau_t \cdot W_p \Rightarrow F = \frac{\tau_t \cdot W_p}{l}$$

Laut Aufgabenstellung muss angenommen werden:

$$\tau_t = \tau_{zul N} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_N \cdot \beta \cdot \sigma_{Grenz}}{S}$$

Mit $\alpha_0 = 0,5$ (Bewertungsgruppe C), $\beta = 0,9$, und $\alpha_N \cdot \sigma_{Grenz} = \alpha_N \cdot \tau_{1sch N} = 70 \frac{N}{mm^2}$

(beachte: Formulierung „mindestens“ in Aufgabenstellung!) folgt:

$$\tau_t = 15,75 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Siehe Formelsammlung:

$$W_p = \frac{\pi}{16} \cdot \frac{(d+2a)^4 - d^4}{d+2a} \cdot 2 \quad (2 \text{ Schweißnähte})$$

$$\Rightarrow W_p = \frac{\pi}{16} \cdot \frac{(35+2 \cdot 3)^4 - 35^4}{35+2 \cdot 3} \text{mm}^3 \cdot 2$$

$$\Rightarrow W_p = 12692,2 \text{mm}^3$$

$$F = \frac{\tau_t \cdot W_p}{L} = \frac{15,75 \text{N} \cdot 12692,2 \text{mm}^3}{\text{mm}^2 \cdot 180 \text{mm}} = 1110,6 \text{N}$$

Torsion 	$\tau_t = \frac{T}{W_p}$	$W_p = \frac{\pi}{16} \cdot \frac{(d+2 \cdot a)^4 - d^4}{d+2 \cdot a}$
-------------	--------------------------	--

α_0 = Beiwert für die Bewertungsgruppe der Schweißnaht

$\alpha_0 = 1$ (Bew.-Gruppe A, nicht genormt)

$\alpha_0 = 0,8$ Bewertungsgruppe B

$\alpha_0 = 0,5$ Bewertungsgruppe C, D

$\beta = 0,9$ Beiwert für Schrumpfspannungen (d. h. Eigenspannungen $\approx 10\%$ der Grenzspannung gesetzt)

S = Sicherheit

S = 1,5...2 bei schwellender Belastung

S = 2 bei wechselnder Belastung

Kennwerte für σ_{Grenz} in N/mm²:

α_N = Formzahl der Naht gemäß Bild unten

α_A = Formzahl des Anschlussquerschnitts gemäß Bild unten

σ_{Grenz} = Grenzspannung, abhängig von der Belastungsart

= σ_{sch} bei schwellender Zug-/Druckbelastung

= σ_w bei wechselnder Zug-/Druckbelastung

= $\sigma_{b \text{ sch}} \approx 1,2..1,4 \cdot \sigma_{\text{sch}}$ schw. Biegebelastung

= $\sigma_{b w} \approx 1,3 \cdot \sigma_w$ wechselnde Biegebelastung

= $\tau_{\text{sch}} \approx 0,8 \cdot \sigma_{\text{sch}}$ schwellende Schubbelastung

= $\tau_w \approx 0,8 \cdot \sigma_w$ wechselnde Schubbelastung

Dauerfestigkeitskennwerte und Formzahlen:

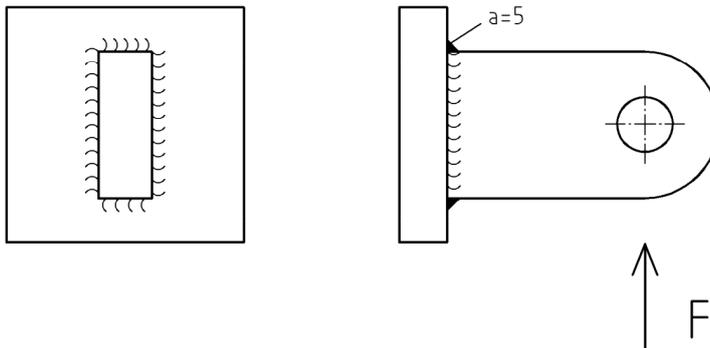
Nahtart (Symbol)	Bild	Kennwerte für 1.0037 (St 37)				Zug/Druck		Biegung/Schub	
		Naht		Anschluss		Naht	Anschluss	Biegung	Schub
		$\alpha_N \cdot \sigma_{\text{sch}}$	$\alpha_N \cdot \sigma_w$	$\alpha_A \cdot \sigma_{\text{sch}}$	$\alpha_A \cdot \sigma_w$	α_N	α_A	α_N	α_N
V-Naht (V)		100	55	100	55	0,4	0,5	0,5	0,6
Bearbeitung									
Rundnaht		$\alpha_N \cdot \tau_{\text{sch}}$	$\alpha_N \cdot \tau_w$	-	-	-	-	Formzahl für Verdrehbeanspruchung $\alpha_N \approx 0,5$	
		70..110	50..60						

Übungsaufgabe SW 012

E-SW 1 Das dargestellte Bauteil aus St52 wird wechselnd belastet. Die Flachkehlnaht wird dabei mit einer maximalen Biegespannung von $\sigma_{b/w \max} = 35 \text{ N/mm}^2$ belastet. Die Güte der Schweißnaht entspricht nach DIN EN 25817 der Bewertungsgruppe B. Ist die Schweißnaht ausreichend dimensioniert?

Kennzeichnen Sie ggf. verwendete Tabellenwerte.

A-B



Zulässige Spannung:

$$\sigma_{zulN} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_N \cdot \beta \cdot \sigma_{Grenz}}{S}$$

$$\sigma_{zulA} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_A \cdot \beta \cdot \sigma_{Grenz}}{S}$$

(τ_{zul} entsprechend)

α_0 = Beiwert für die Bewertungsgruppe der Schweißnaht

$\alpha_0 = 1$ (Bew.-Gruppe A, nicht mehr genormt)

$\alpha_0 = 0,8$ Bewertungsgruppe B

$\alpha_0 = 0,5$ Bewertungsgruppe C, D

$\beta = 0,9$ Beiwert für Schrumpfspannungen (d. h. Eigenspannungen $\approx 10\%$ der Grenzspannung gesetzt)

S = Sicherheit

$S = 1,5 \dots 2$ bei schwellender Belastung

$S = 2$ bei wechselnder Belastung

α_N = Formzahl der Naht gemäß Bild unten

α_A = Formzahl des Anschlussquerschnitts gemäß Bild unten

σ_{Grenz} = Grenzspannung, abhängig von der Belastungsart

= σ_{sch} bei schwellender Zug-/Druckbelastung

= σ_w bei wechselnder Zug-/Druckbelastung

= $\sigma_{b \text{ sch}}$ $\approx 1,2 \dots 1,4 \cdot \sigma_{sch}$ schw. Biegebelastung

= $\sigma_{b \text{ w}}$ $\approx 1,3 \cdot \sigma_w$ wechselnde Biegebelastung

= τ_{sch} $\approx 0,8 \cdot \sigma_{sch}$ schwellende Schubbelastung

= τ_w $\approx 0,8 \cdot \sigma_w$ wechselnde Schubbelastung

Kennwerte für σ_{Grenz} in N/mm^2 :

	σ_{sch}	σ_w	$\sigma_{b \text{ sch}}$	$\sigma_{b \text{ w}}$	$\tau_{t \text{ sch}}$	$\tau_{t \text{ w}}$
1.0037 (St 37)	230	130	300	160	140	100
1.0052 (St 52)	320	180	400	210	230	120

Dauerfestigkeitskennwerte und Formzahlen:

Nahtart (Symbol)	Bild	Kennwerte für 1.0037 (St 37)				Zug/Druck		Biegung/Schub	
		Naht		Anschluss		Naht	Anschluss	Biegung	Schub
		$\alpha_N \cdot \sigma_{sch}$	$\alpha_N \cdot \sigma_w$	$\alpha_A \cdot \sigma_{sch}$	$\alpha_A \cdot \sigma_w$	α_N	α_A	α_N	α_N
V-Naht (V)		100	55	100	55	0,4..0,5		0,5..0,6	0,35
V-Naht, wurzelverschweißt DV-Naht (X)		180	100	180	100	0,7..0,8		0,8..0,9	0,5..0,7
V-Naht, bearbeitet		210	118	210	118	0,92		1,0	0,73
Flachkehlnaht		80	50	130	75	0,35	0,56	0,5	0,35
Hohlkehlnaht		80	50	160	95	0,35	0,7	0,85	0,45
Doppel-HV-Naht, Doppel-HY-Naht (K-Naht)		130	73	140	78	0,56	0,6	0,8	0,45

E-SW 2 Nennen Sie 3 Pressschweißverfahren nach DIN 1910.

Nennen Sie 3 Schmelzschweißverfahren nach DIN 1910.

E-SW 3 Nennen Sie 4 Vorteile der Schweißtechnik.

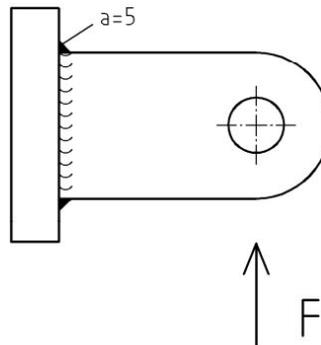
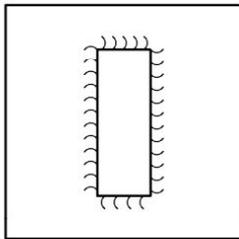
Nennen Sie 4 Nachteile der Schweißtechnik.

LÖSUNG zu Übungsaufgabe SW 012

E-SW 1 Das dargestellte Bauteil aus St52 wird wechselnd belastet. Die Flachkehlnaht wird dabei mit einer maximalen Biegespannung von $\sigma_{b/w \max} = 35 \text{ N/mm}^2$ belastet. Die Güte der Schweißnaht entspricht nach DIN EN 25817 der Bewertungsgruppe B. Ist die Schweißnaht ausreichend dimensioniert?

Kennzeichnen Sie ggf. verwendete Tabellenwerte.

A-B



Lösung:

$$\sigma_{bzul} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_N \cdot \beta \cdot \sigma_{Grenz}}{S}$$

$$\alpha_0 = 0,8; \text{ Bewertungsgruppe B}$$

$$\alpha_N = 0,5; \text{ Flachkehlnaht Biegung}$$

$$\beta = 0,9; \text{ Beiwert für Schrumpfspannungen}$$

$$\sigma_{Grenz} = 210 \text{ N/mm}^2; \text{ Tabellenwert}$$

$$S = 2; \text{ bei wechselnder Belastung}$$

$$\sigma_{bzul} = 37,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{b/w \max} < \sigma_{bzul} \Rightarrow \text{SN hält!}$$

Richtig übernommene Werte, die nicht gekennzeichnet sind, ergeben die Hälfte der Punkte!!!!!!!!!!

E-SW 2 Nennen Sie 3 Pressschweißverfahren nach DIN 1910.

Lösung:

- Gaspressschweißen
- Widerstandspunktschweißen
- Rollnahtschweißen
- Abbrennstumpfschweißen
- Reibschweißen
- Buckelschweißen ...

Nennen Sie 3 Schmelzschweißverfahren nach DIN 1910.

- Gasschmelzschweißen
- Lichtbogenhandschweißen
- Metallnertgasschweißen
- Metalaktivgasschweißen
- Wolframinnertgasschweißen
- Laserstrahlschweißen ...

E-SW 3 Nennen Sie 4 Vorteile der Schweißtechnik.

Lösung:

- universell anwendbar und werkstoffsparend
- einfach, kostengünstig, gut automatisierbar
- Fügen auch geringer Wanddicken möglich
- konstruktiv anpassungsfähig, hohe gestalterische Freiheit
- keine Gießform nötig \Rightarrow weniger Kosten
- Stahl hat größeren E-Modul als Grauguss \Rightarrow höhere Steifigkeit
- keine Überlappungen (Gewichtseinsparung)
- keine Nietlöcher und damit keine Querschnittsschwächungen

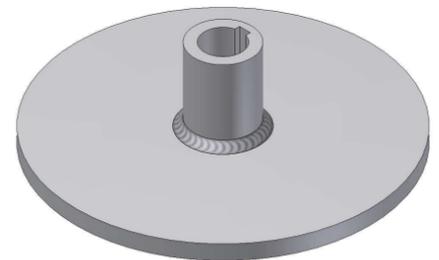
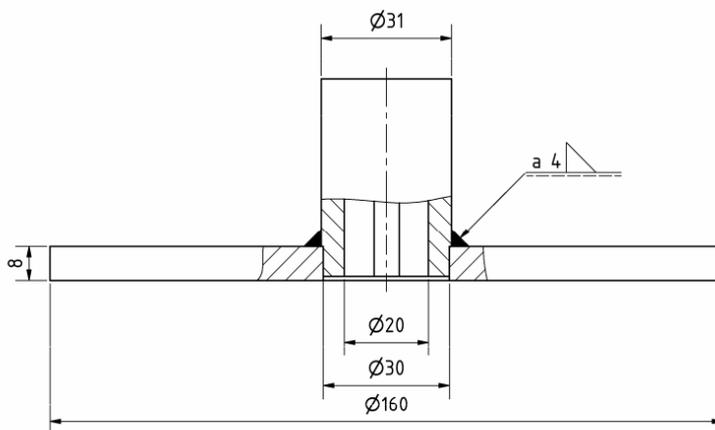
Nennen Sie 4 Nachteile der Schweißtechnik.

- Eigenspannungen und Schrumpfungen
- Korrosion
- Besonders bei hochlegierten Stählen Versprödung
- Schweißverbindungen bilden metallurgische Kerben, Kerbwirkung nur schwer erfassbar, da stark von Ausführung abhängig
- Qualitätskontrolle schwierig
- hohe Anforderungen an Schweißer
- Schweißaufwand bei großen Bauteilen und in Serienfertigung relativ hoch

Übungsaufgabe SW 013

- E-SW 1** Der abgebildete Teller einer Reinigungsbürste für Flugzeuge wird mit einem schwellenden Torsionsmoment von 20 Nm belastet. Aufgrund von Kippkräften ergibt sich zusätzlich ein an der Schweißnaht wechselnd wirkendes Biegemoment von 30 Nm. Die Güte der Flachkehlnähte entspricht der Bewertungsgruppe C. Als Werkstoff wird St 52 verwendet. Sind die Schweißnähte ausreichend dimensioniert, wenn eine Sicherheit von 2 gefordert ist?

Kennzeichnen Sie ggf. verwendete Tabellenwerte.



E-SW 2

- Skizzieren Sie eine geeignete Maßnahme um die in der Schweißnaht vorhandene Biegespannung zu vermeiden.
- Nennen Sie ein geeignetes Schweißverfahren für die Schweißnaht. Das gewählte Verfahren soll sehr gut automatisierbar sein.

E-SW Formelsammlung:

Vorhandene Spannung bei Kehlnähten:

Belas- tung		Nahtform	Nahtenn- spannung	Nahtfläche bzw. Widerstandsmoment
Biegung			$\sigma_b = M_b / W_b$	$W_b = \frac{a \cdot l^2}{6}$ hochkant $W_b = \frac{a^2 \cdot l}{6}$ flachkant
Schub + Biegung			Vergleichs- spannung aus σ_b und τ_s	$\sigma_v = \frac{(\sigma_b + \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \cdot \tau_s^2})}{2}$ $W_b = \frac{[(s + 2 \cdot a) \cdot (h + 2 \cdot a)^3 - s \cdot h^3]}{6 \cdot (h + 2 \cdot a)}$
Torsion			$\tau_t = \frac{T}{W_p}$	$W_p = \frac{\pi \cdot (d + 2 \cdot a)^4 - d^4}{16 \cdot d + 2 \cdot a}$
Torsion + Biegung			Vergleichs- spannung aus σ_b und τ_t	$\sigma_v = \frac{(\sigma_b + \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \cdot \tau_t^2})}{2}$ $W_b = \frac{\pi \cdot (d + 2 \cdot a)^4 - d^4}{32 \cdot d + 2 \cdot a}$

$\sigma_{z,d}, \sigma_b, \tau_s, \tau_t, \sigma_v$ = Spannungen
 T = Torsionsmoment
 W_b = Biege-Widerstandsmoment
 W_p = Polares Widerstandsmoment

A = Nahtquerschnitt
 $\sigma_{zul N/A}$ = zulässige Spannungen
 M_b = Biegemoment
 $F_{z,d}, F_q$ = Zug-/Druckkraft, Querkraft

Zulässige Spannung:

$$\sigma_{zulN} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_N \cdot \beta \cdot \sigma_{Grenz}}{S}$$

$$\sigma_{zulA} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_A \cdot \beta \cdot \sigma_{Grenz}}{S}$$

(τ_{zul} entsprechend)

α_0 = Beiwert für die Bewertungsgruppe der Schweißnaht
 $\alpha_0 = 1$ (Bew.-Gruppe A, nicht mehr genormt)
 $\alpha_0 = 0,8$ Bewertungsgruppe B
 $\alpha_0 = 0,5$ Bewertungsgruppe C, D
 $\beta = 0,9$ Beiwert für Schrumpfspannungen (d. h. Eigen-
spannungen $\approx 10\%$ der Grenzspannung gesetzt)
 S = Sicherheit
 $S = 1,5 \dots 2$ bei schwellender Belastung
 $S = 2$ bei wechselnder Belastung

α_N = Formzahl der Naht gemäß Bild unten
 α_A = Formzahl des Anschlussquerschnitts gemäß Bild unten
 σ_{Grenz} = Grenzspannung, abhängig von der Belastungsart
= σ_{sch} bei schwellender Zug-/Druckbelastung
= σ_w bei wechselnder Zug-/Druckbelastung
= $\sigma_{b sch} \approx 1,2 \dots 1,4 \cdot \sigma_{sch}$ schw. Biegebelastung
= $\sigma_{b w} \approx 1,3 \cdot \sigma_w$ wechselnde Biegebelastung
= $\tau_{sch} \approx 0,8 \cdot \sigma_{sch}$ schwellende Schubbelastung
= $\tau_w \approx 0,8 \cdot \sigma_w$ wechselnde Schubbelastung

Kennwerte für σ_{Grenz} in N/mm²:

	σ_{sch}	σ_{w}	$\sigma_{\text{h.sch}}$	$\sigma_{\text{h.w}}$	τ_{sch}	τ_{w}
1.0037 (St 37)	230	130	300	160	140	100
1.0052 (St 52)	320	180	400	210	230	120

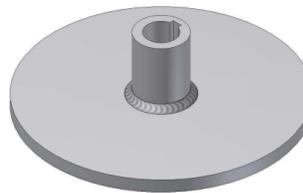
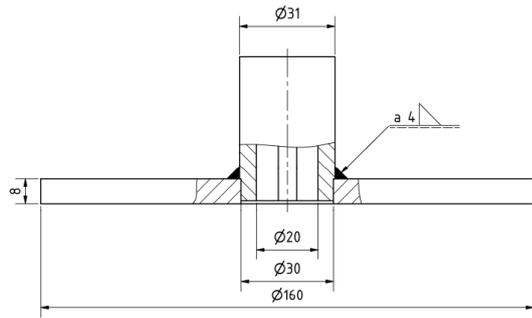
Dauerfestigkeitskennwerte und Formzahlen:

Nahtart (Symbol)	Bild	Kennwerte für 1.0037 (St 37)				Zug/Druck		Biegung/Schub	
		Naht		Anschluss		Naht	Anschluss	Biegung	Schub
		$\alpha_N \cdot \sigma_{\text{sch}}$	$\alpha_N \cdot \sigma_{\text{w}}$	$\alpha_A \cdot \sigma_{\text{sch}}$	$\alpha_A \cdot \sigma_{\text{w}}$	α_N	α_A	α_N	α_N
V-Naht (V)		100	55	100	55	0,4..0,5		0,5..0,6	0,35
V-Naht, wurzelverschweißt DV-Naht (X)		180	100	180	100	0,7..0,8		0,8..0,9	0,5..0,7
V-Naht, bearbeitet		210	118	210	118	0,92		1,0	0,73
Flachkehlnaht		80	50	130	75	0,35	0,56	0,5	0,35
Hohlkehlnaht		80	50	160	95	0,35	0,7	0,85	0,45
Doppel-HV-Naht, Doppel-HY-Naht (K-Naht)		130	73	140	78	0,56	0,6	0,8	0,45
Doppel-HV-Naht, Doppel-HY-Naht (K-Naht); hohl		160	91	184	104	0,7	0,7..0,8	0,85	0,45
Flachkehlnaht einseitig		57	32	-	-	0,25	-	0,12	0,2
HV-Naht, hohl		137	78	-	-	0,6	-	0,7	0,5
Flankenkehlnaht ohne/ mit Entkrater-Bearbeitung		150 160	84 91	70 110	50 70	- -	0,35 0,5	- -	0,65 0,7
Rundnaht		$\alpha_N \cdot \tau_{\text{sch N}}$ $\alpha_N \cdot \tau_{\text{w N}}$ 70..110 50..60		-	-	-	-	Formzahl für Verdrehbeanspruchung $\alpha_N \approx 0,5$	

LÖSUNG zu Übungsaufgabe SW 013

E-SW 1 Der abgebildete Teller einer Reinigungsbürste für Flugzeuge wird mit einem schwellenden Torsionsmoment von 20 Nm belastet. Aufgrund von Kippkräften ergibt sich zusätzlich ein an der Schweißnaht wechselnd wirkendes Biegemoment von 30 Nm. Die Güte der Flachkehlnähte entspricht der Bewertungsgruppe C. Als Werkstoff wird St 52 verwendet. Sind die Schweißnähte ausreichend dimensioniert, wenn eine Sicherheit von 2 gefordert ist?

Kennzeichnen Sie ggf. verwendete Tabellenwerte.



Lösung:

$$\sigma_{bzul} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_N \cdot \beta \cdot \sigma_{Grenz}}{S}$$

$$\alpha_0 = 0,5 \text{ Bewertungsgruppe C}$$

$$\alpha_N = 0,5 \text{ Flachkehlnaht Biegung}$$

$$\beta = 0,9 \text{ Beiwert für Schrumpfspannungen}$$

$$\sigma_{Grenz} = 210 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{bzul} = 23,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

$$M_{bmax} = 30 \text{ Nm}$$

$$W_b = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{(31 + 2 \cdot 4)^4 - 31^4}{31 + 2 \cdot 4} = 3498,8 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{bmax} = \frac{30.000 \text{ Nmm}}{3498,8 \text{ mm}^3} = 8,6 \text{ N/mm}^2$$

$$T_{max} = 20 \text{ Nm}$$

$$\tau_t = \frac{T}{W_p}$$

$$W_p = \frac{\pi}{16} \cdot \frac{(31 + 2 \cdot 4)^4 - 31^4}{31 + 2 \cdot 4} = 6997,7 \text{ mm}^3$$

$$\tau_t = \frac{T}{W_p} = \frac{20000 \text{ Nmm}}{6997,7 \text{ mm}^3} = 2,9 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_v = 0,5 \cdot (\sigma_b + \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \cdot \tau_t^2})$$

$$\sigma_{vbmax} = 9,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{vbmax} \leq \sigma_{bzul} \Rightarrow \text{SN hält!}$$

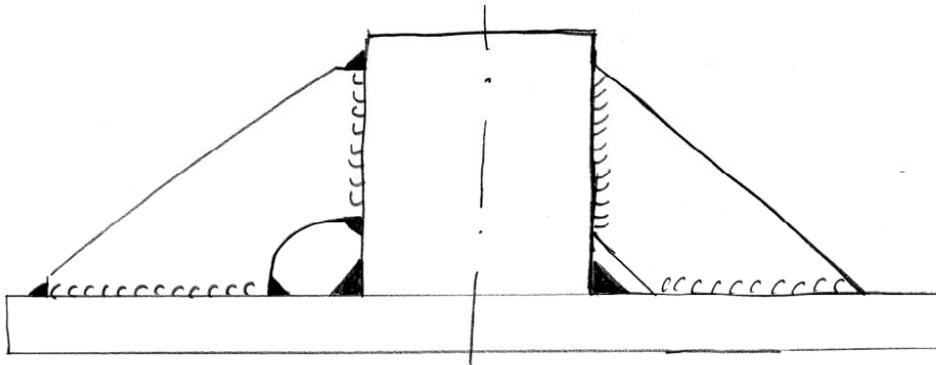
Richtig übernommene Werte, die nicht gekennzeichnet sind, ergeben die Hälfte der Punkte!!!!!!!

E-SW 2

a) Skizzieren Sie eine geeignete Maßnahme, um die in der Schweißnaht vorhandene Biegespannung zu vermeiden.

Lösung:

- *Einzeichnen der Rippe*
- *Darstellung der Schweißnähte an der Rippe*
- *Freilassung der Ecke*



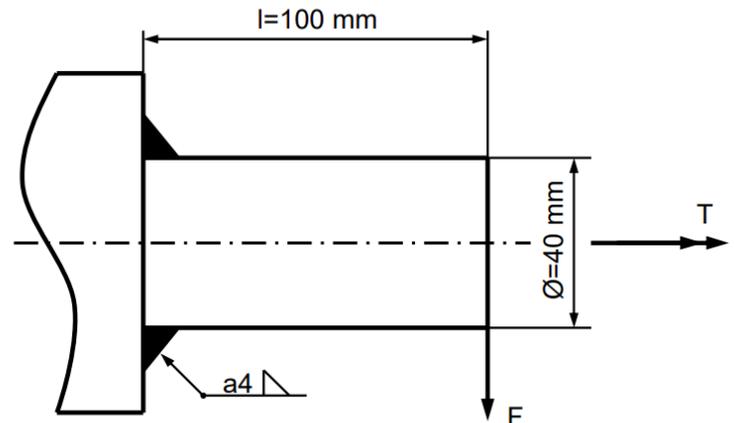
b) Nennen Sie ein geeignetes Schweißverfahren für die Schweißnaht. Das gewählte Verfahren soll sehr gut automatisierbar sein.

- MAG

Übungsaufgabe SW 014

E-SW 1

Der abgebildete Träger aus Rundstahl, Werkstoff S235 (St 37), wird mit einer konstanten Kraft von $F = 3.250 \text{ N}$ und einem konstanten Drehmoment von $T = 100 \text{ Nm}$ belastet. Der Träger ist mit einer umlaufenden **Flachkehlnaht**, Bewertungsgruppe B, an ein Gestell geschweißt. Führen Sie den Spannungsnachweis durch. Beachten Sie dabei folgendes:



- Spannungsnachweis für die Schweißnaht und den Anschlussquerschnitt erforderlich (Werte für Zug/Druck verwenden); Sicherheit 1,5; sind die Teile ausreichend dimensioniert?
- Die Scherspannung kann vernachlässigt werden.
- Kennzeichnen Sie ggf. verwendete Tabellenwerte (s. nächste Seiten).

E-SW Formelsammlung:

Vorhandene Spannung bei Kehlnähten:

Belas- tung		Nahtform	Nahtenn- spannung	Nahtfläche bzw. Widerstandsmoment
Biegung			$\sigma_b = M_b / W_b$	$W_b = \frac{a \cdot l^2}{6}$ hochkant $W_b = \frac{a^2 \cdot l}{6}$ flachkant
Schub + Biegung			Vergleichs- spannung aus σ_b und τ_s	$\sigma_v = \frac{(\sigma_b + \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \cdot \tau_s^2})}{2}$ $W_b = \frac{[(s + 2 \cdot a) \cdot (h + 2 \cdot a)^3 - s \cdot h^3]}{6 \cdot (h + 2 \cdot a)}$
Torsion			$\tau_t = \frac{T}{W_p}$	$W_p = \frac{\pi \cdot (d + 2 \cdot a)^4 - d^4}{16 \cdot d + 2 \cdot a}$
Torsion + Biegung			Vergleichs- spannung aus σ_b und τ_t	$\sigma_v = \frac{(\sigma_b + \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \cdot \tau_t^2})}{2}$ $W_b = \frac{\pi \cdot (d + 2 \cdot a)^4 - d^4}{32 \cdot d + 2 \cdot a}$

$\sigma_{z,d}, \sigma_b, \tau_s, \tau_t, \sigma_v$ = Spannungen
 T = Torsionsmoment
 W_b = Biege-Widerstandsmoment
 W_p = Polares Widerstandsmoment

A = Nahtquerschnitt
 $\sigma_{zul N/A}$ = zulässige Spannungen
 M_b = Biegemoment
 $F_{z,d}, F_q$ = Zug-/Druckkraft, Querkraft

Zulässige Spannung:

$$\sigma_{zulN} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_N \cdot \beta \cdot \sigma_{Grenz}}{S}$$

$$\sigma_{zulA} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_A \cdot \beta \cdot \sigma_{Grenz}}{S}$$

(τ_{zul} entsprechend)

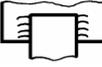
α_0 = Beiwert für die Bewertungsgruppe der Schweißnaht
 $\alpha_0 = 1$ (Bew.-Gruppe A, nicht mehr genormt)
 $\alpha_0 = 0,8$ Bewertungsgruppe B
 $\alpha_0 = 0,5$ Bewertungsgruppe C, D
 $\beta = 0,9$ Beiwert für Schrumpfspannungen (d. h. Eigen-
spannungen $\approx 10\%$ der Grenzspannung gesetzt)
 S = Sicherheit
 $S = 1,5 \dots 2$ bei schwellender Belastung
 $S = 2$ bei wechselnder Belastung

α_N = Formzahl der Naht gemäß Bild unten
 α_A = Formzahl des Anschlussquerschnitts gemäß Bild unten
 σ_{Grenz} = Grenzspannung, abhängig von der Belastungsart
= σ_{sch} bei schwellender Zug-/Druckbelastung
= σ_w bei wechselnder Zug-/Druckbelastung
= $\sigma_{b sch} \approx 1,2 \dots 1,4 \cdot \sigma_{sch}$ schw. Biegebelastung
= $\sigma_{b w} \approx 1,3 \cdot \sigma_w$ wechselnde Biegebelastung
= $\tau_{sch} \approx 0,8 \cdot \sigma_{sch}$ schwellende Schubbelastung
= $\tau_w \approx 0,8 \cdot \sigma_w$ wechselnde Schubbelastung

Kennwerte für σ_{Grenz} in N/mm²:

	σ_{sch}	σ_w	$\sigma_{h, sch}$	$\sigma_{h, w}$	τ_{sch}	τ_w
1.0037 (St 37)	230	130	300	160	140	100
1.0052 (St 52)	320	180	400	210	230	120

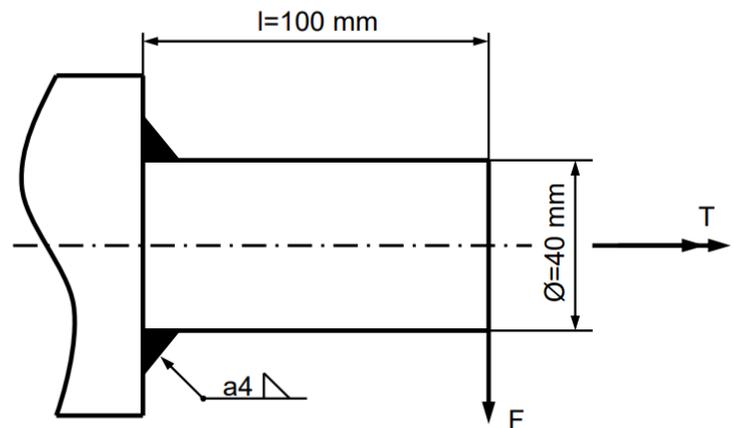
Dauerfestigkeitskennwerte und Formzahlen:

Nahtart (Symbol)	Bild	Kennwerte für 1.0037 (St 37)				Zug/Druck		Biegung/Schub	
		Naht		Anschluss		Naht	Anschluss	Biegung	Schub
		$\alpha_N \cdot \sigma_{sch}$	$\alpha_N \cdot \sigma_w$	$\alpha_A \cdot \sigma_{sch}$	$\alpha_A \cdot \sigma_w$	α_N	α_A	α_N	α_N
V-Naht (V)		100	55	100	55	0,4..0,5		0,5..0,6	0,35
V-Naht, wurzelverschweißt DV-Naht (X)		180	100	180	100	0,7..0,8		0,8..0,9	0,5..0,7
V-Naht, bearbeitet		210	118	210	118	0,92		1,0	0,73
Flachkehlnaht		80	50	130	75	0,35	0,56	0,5	0,35
Hohlkehlnaht		80	50	160	95	0,35	0,7	0,85	0,45
Doppel-HV-Naht, Doppel-HY-Naht (K-Naht)		130	73	140	78	0,56	0,6	0,8	0,45
Doppel-HV-Naht, Doppel-HY-Naht (K-Naht); hohl		160	91	184	104	0,7	0,7..0,8	0,85	0,45
Flachkehlnaht einseitig		57	32	-	-	0,25	-	0,12	0,2
HV-Naht, hohl		137	78	-	-	0,6	-	0,7	0,5
Flankenkehlnaht ohne/ mit Entkrater-Bearbeitung		150	84	70	50	-	0,35	-	0,65
		160	91	110	70	-	0,5	-	0,7
Rundnaht		$\alpha_N \cdot \tau_{sch N}$ $\alpha_N \cdot \tau_w N$ 70..110 50..60		-	-	-	-	Formzahl für Verdrehbeanspruchung $\alpha_N \approx 0,5$	

LÖSUNG zu Übungsaufgabe SW 014

E-SW 1

Der abgebildete Träger aus Rundstahl, Werkstoff S235 (St 37), wird mit einer konstanten Kraft von $F = 3.250 \text{ N}$ und einem konstanten Drehmoment von $T = 100 \text{ Nm}$ belastet. Der Träger ist mit einer umlaufenden **Flachkehlnaht**, Bewertungsgruppe B, an ein Gestell geschweißt. Führen Sie den Spannungsnachweis durch. Beachten Sie dabei folgendes:



- Spannungsnachweis für die Schweißnaht und den Anschlussquerschnitt erforderlich (Werte für Zug/Druck verwenden); Sicherheit 1,5; sind die Teile ausreichend dimensioniert?
- Die Scherspannung kann vernachlässigt werden.
- Kennzeichnen Sie ggf. verwendete Tabellenwerte (s. nächste Seiten).

Lösung:

$$M_b = F \cdot l = 3.250 \text{ N} \cdot 100 \text{ mm} = 325.000 \text{ Nmm}$$

$$W_b = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{(d + 2 \cdot a)^4 - d^4}{d + 2 \cdot a} = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{(40 \text{ mm} + 2 \cdot 4 \text{ mm})^4 - (40 \text{ mm})^4}{40 \text{ mm} + 2 \cdot 4 \text{ mm}} = 5.621,36 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} = \frac{325.000 \text{ Nmm}}{5.621,36 \text{ mm}^3} = 57,82 \text{ N/mm}^2$$

$$W_p = \frac{\pi}{16} \cdot \frac{(d + 2 \cdot a)^4 - d^4}{d + 2 \cdot a} = \frac{\pi}{16} \cdot \frac{(40 \text{ mm} + 2 \cdot 4 \text{ mm})^4 - (40 \text{ mm})^4}{40 \text{ mm} + 2 \cdot 4 \text{ mm}} = 11.242,71 \text{ mm}^3$$

$$\tau_t = \frac{T}{W_p} = \frac{100.000 \text{ Nmm}}{11.242,71 \text{ mm}^3} = 8,89 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_v = \frac{(\sigma_b + \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \cdot \tau_t^2})}{2}$$

$$\sigma_v = \frac{(57,82 \text{ N/mm}^2 + \sqrt{(57,82 \text{ N/mm}^2)^2 + 4 \cdot (8,89 \text{ N/mm}^2)^2})}{2} = 59,16 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\text{zul N}} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_N \cdot \beta \cdot \sigma_{\text{Grenz}}}{S}$$

$$\sigma_{\text{zul N}} = \frac{0,8 \cdot 0,35 \cdot 0,9 \cdot 300 \text{ N/mm}^2}{1,5} = 50,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{zulA} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_A \cdot \beta \cdot \sigma_{Grenz}}{S}$$

$$\sigma_{zulA} = \frac{0,8 \cdot 0,56 \cdot 0,9 \cdot 300 \text{ N/mm}^2}{1,5} = 80,64 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_v \geq \sigma_{zulN} \rightarrow \text{Naht hält nicht!}$$

$$\sigma_v \leq \sigma_{zulA} \rightarrow \text{Anschluss hält!}$$

$\alpha_0 = 0,8$ (Bewertungsgruppe B)

$\alpha_N = 0,35$ Wert aus Tabelle; Zug / Druck

$\alpha_A = 0,56$ Wert aus Tabelle; Zug / Druck

$\sigma_{Grenz} = \sigma_{b\text{schw}} = 300 \text{ N/mm}^2$ aus Tabelle für St37

$\beta = 0,9$ (Beiwert für Schrumpfspannungen)

Kennwerte für σ_{Grenz} in N/mm²:

	σ_{sch}	σ_w	$\sigma_{b\text{sch}}$	$\sigma_{b\text{w}}$	τ_{sch}	τ_w
1.0037 (St 37)	230	130	300	160	140	100
1.0052 (St 52)	320	180	400	210	230	120

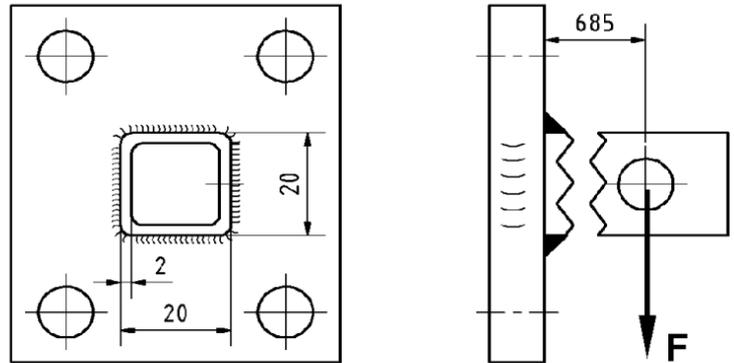
Nahtart (Symbol)	Bild	Kennwerte für 1.0037 (St 37)				Zug/Druck		Biegung/Schub	
		Naht		Anschluss		Naht	Anschluss	Biegung	Schub
		$\alpha_N \cdot \sigma_{sch}$	$\alpha_N \cdot \sigma_w$	$\alpha_A \cdot \sigma_{sch}$	$\alpha_A \cdot \sigma_w$	α_N	α_A	α_N	α_N
V-Naht (V)		100	55	100	55	0,4..0,5		0,5..0,6	0,35
V-Naht, wurzelverschweißt DV-Naht (X)		180	100	180	100	0,7..0,8		0,8..0,9	0,5..0,7
V-Naht, bearbeitet		210	118	210	118	0,92		1,0	0,73
Flachkehlnaht		80	50	130	75	0,35	0,56	0,5	0,35
Hohlkehlnaht		80	50	160	95	0,35	0,7	0,85	0,45

Übungsaufgabe SW 015

E-SW

An den abgebildeten Träger zur Wandmontage sollen Sandsäcke mit einem maximalen Gewicht von 50 kg angehängt werden.

An die Grundplatte des Trägers wird ein Vierkantrohr mit einer umlaufenden Flachkehlnaht ($a = 5 \text{ mm}$) angeschweißt. Die Schweißnähte genügen der Bewertungsgruppe B.



E-SW 1

Ist die Schweißnaht bei einer Sicherheit von 1,7 hinreichend dimensioniert, wenn der Träger auf Schub und Biegung beansprucht wird? Kennzeichnen Sie ggf. verwendete Tabellenwerte! (s. nächste Seiten).

E-SW 2

Mit welcher konstruktiven Maßnahme lässt sich das Biegemoment auf den Träger deutlich verkleinern (Skizze!)?

E-SW Formelsammlung:

Vorhandene Spannung bei Kehlnähten:

Belas- tung		Nahtform	Nahtenn- spannung	Nahtfläche bzw. Widerstandsmoment
Biegung			$\sigma_b = M_b / W_b$	$W_b = \frac{a \cdot l^2}{6}$ hochkant $W_b = \frac{a^2 \cdot l}{6}$ flachkant
Schub + Biegung			Vergleichs- spannung aus σ_b und τ_s	$\sigma_v = \frac{(\sigma_b + \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \cdot \tau_s^2})}{2}$ $W_b = \frac{[(s + 2 \cdot a) \cdot (h + 2 \cdot a)^3 - s \cdot h^3]}{6 \cdot (h + 2 \cdot a)}$
Torsion			$\tau_t = \frac{T}{W_p}$	$W_p = \frac{\pi \cdot (d + 2 \cdot a)^4 - d^4}{16 \cdot d + 2 \cdot a}$
Torsion + Biegung			Vergleichs- spannung aus σ_b und τ_t	$\sigma_v = \frac{(\sigma_b + \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \cdot \tau_t^2})}{2}$ $W_b = \frac{\pi \cdot (d + 2 \cdot a)^4 - d^4}{32 \cdot d + 2 \cdot a}$

$\sigma_{z,d}, \sigma_b, \tau_s, \tau_t, \sigma_v$ = Spannungen
 T = Torsionsmoment
 W_b = Biege-Widerstandsmoment
 W_p = Polares Widerstandsmoment

A = Nahtquerschnitt
 $\sigma_{zul N/A}$ = zulässige Spannungen
 M_b = Biegemoment
 $F_{z,d}, F_q$ = Zug-/Druckkraft, Querkraft

Zulässige Spannung:

$$\sigma_{zulN} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_N \cdot \beta \cdot \sigma_{Grenz}}{S}$$

$$\sigma_{zulA} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_A \cdot \beta \cdot \sigma_{Grenz}}{S}$$

(τ_{zul} entsprechend)

α_0 = Beiwert für die Bewertungsgruppe der Schweißnaht
 $\alpha_0 = 1$ (Bew.-Gruppe A, nicht mehr genormt)
 $\alpha_0 = 0,8$ Bewertungsgruppe B
 $\alpha_0 = 0,5$ Bewertungsgruppe C, D
 $\beta = 0,9$ Beiwert für Schrumpfspannungen (d. h. Eigen-
spannungen $\approx 10\%$ der Grenzspannung gesetzt)
 S = Sicherheit
 $S = 1,5 \dots 2$ bei schwellender Belastung
 $S = 2$ bei wechselnder Belastung

α_N = Formzahl der Naht gemäß Bild unten
 α_A = Formzahl des Anschlussquerschnitts gemäß Bild unten
 σ_{Grenz} = Grenzspannung, abhängig von der Belastungsart
= σ_{sch} bei schwellender Zug-/Druckbelastung
= σ_w bei wechselnder Zug-/Druckbelastung
= $\sigma_{b sch} \approx 1,2 \dots 1,4 \cdot \sigma_{sch}$ schw. Biegebelastung
= $\sigma_{b w} \approx 1,3 \cdot \sigma_w$ wechselnde Biegebelastung
= $\tau_{sch} \approx 0,8 \cdot \sigma_{sch}$ schwellende Schubbelastung
= $\tau_w \approx 0,8 \cdot \sigma_w$ wechselnde Schubbelastung

Kennwerte für σ_{Grenz} in N/mm²:

	σ_{sch}	σ_w	$\sigma_{h, sch}$	$\sigma_{h, w}$	τ_{sch}	τ_w
1.0037 (St 37)	230	130	300	160	140	100
1.0052 (St 52)	320	180	400	210	230	120

Dauerfestigkeitskennwerte und Formzahlen:

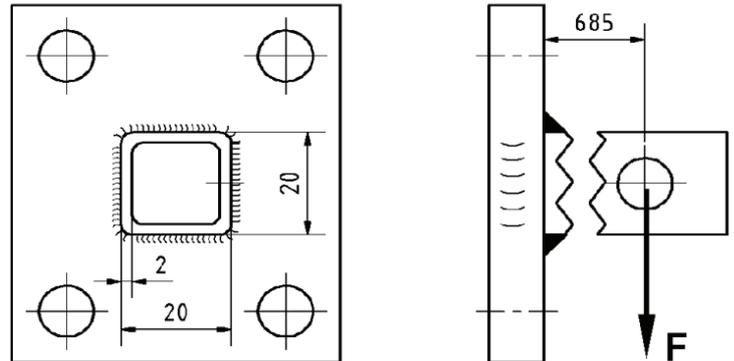
Nahtart (Symbol)	Bild	Kennwerte für 1.0037 (St 37)				Zug/Druck		Biegung/Schub	
		Naht		Anschluss		Naht	Anschluss	Biegung	Schub
		$\alpha_N \cdot \sigma_{sch}$	$\alpha_N \cdot \sigma_w$	$\alpha_A \cdot \sigma_{sch}$	$\alpha_A \cdot \sigma_w$	α_N	α_A	α_N	α_N
V-Naht (V)		100	55	100	55	0,4..0,5		0,5..0,6	0,35
V-Naht, wurzelverschweißt DV-Naht (X)		180	100	180	100	0,7..0,8		0,8..0,9	0,5..0,7
V-Naht, bearbeitet		210	118	210	118	0,92		1,0	0,73
Flachkehlnaht		80	50	130	75	0,35	0,56	0,5	0,35
Hohlkehlnaht		80	50	160	95	0,35	0,7	0,85	0,45
Doppel-HV-Naht, Doppel-HY-Naht (K-Naht)		130	73	140	78	0,56	0,6	0,8	0,45
Doppel-HV-Naht, Doppel-HY-Naht (K-Naht); hohl		160	91	184	104	0,7	0,7..0,8	0,85	0,45
Flachkehlnaht einseitig		57	32	-	-	0,25	-	0,12	0,2
HV-Naht, hohl		137	78	-	-	0,6	-	0,7	0,5
Flankenkehlnaht ohne/ mit Entkrater-Bearbeitung		150	84	70	50	-	0,35	-	0,65
		160	91	110	70	-	0,5	-	0,7
Rundnaht		$\alpha_N \cdot \tau_{sch N}$ $\alpha_N \cdot \tau_w N$ 70..110 50..60		-	-	-	-	Formzahl für Verdrehbeanspruchung $\alpha_N \approx 0,5$	

LÖSUNG zu Übungsaufgabe SW 015

E-SW

An den abgebildeten Träger zur Wandmontage sollen Sandsäcke mit einem maximalen Gewicht von 50 kg angehängt werden.

An die Grundplatte des Trägers wird ein Vierkantrohr mit einer umlaufenden Flachkehlnaht ($a = 5 \text{ mm}$) angeschweißt. Die Schweißnähte genügen der Bewertungsgruppe B.



E-SW 1

Ist die Schweißnaht bei einer Sicherheit von 1,7 hinreichend dimensioniert, wenn der Träger auf Schub und Biegung beansprucht wird? Kennzeichnen Sie ggf. verwendete Tabellenwerte! (s. nächste Seiten).

Lösung E-SW 1

$$F = m \cdot g = 50 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 490,5 \text{ N}$$

$$M_b = F \cdot 685 \text{ mm} = 335.992,5 \text{ Nmm}$$

$$W_b = \frac{[(s + 2a) \cdot (h + 2a)^3 - sh^3]}{6 \cdot (h + 2a)} = 3611,11 \text{ mm}^3 \text{ mit } h = s = 20 \text{ mm} ; a = 5 \text{ mm}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} = 93,04 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\tau_s = \frac{F}{2 \cdot 5 \text{ mm} \cdot 20 \text{ mm}} = 2,45 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\Rightarrow \sigma_v = \frac{1}{2} (\sigma_b + \sqrt{\sigma_b^2 + 4\tau_s^2}) = 93,1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{zul} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_{A/N} \cdot \beta \cdot \sigma_{b,sch}}{S}$$

$$\text{mit } \alpha_0 = 0,8(\text{B}) ; \alpha_{N,B} = 0,5 ; \alpha_{N,S} = 0,35 ; \beta = 0,9 ; S = 1,7 ; \sigma_{b,sch} = 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ oder } 300 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\Rightarrow \sigma_{zul,N,B}(400) = 84,71 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} > \sigma_v \text{ hält nicht}$$

$$\Rightarrow \sigma_{zul,N,B}(300) = 63,53 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} > \sigma_v \text{ hält nicht}$$

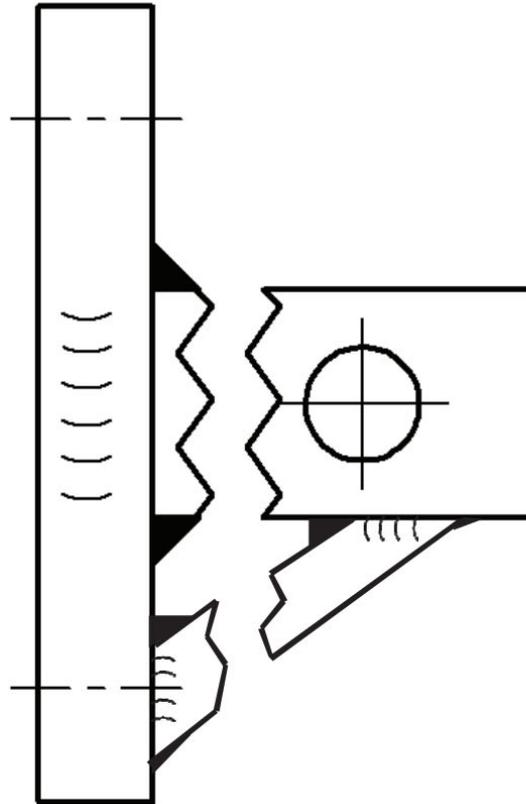
$$\Rightarrow \sigma_{zul,N,S}(400) = 59,29 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < \sigma_v \text{ hält nicht}$$

$$\Rightarrow \sigma_{zul,N,S}(300) = 44,47 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < \sigma_v \text{ hält nicht}$$

E-SW 2

Mit welcher konstruktiven Maßnahme lässt sich das Biegemoment auf den Träger deutlich verkleinern (Skizze!)?

Lösung E-SW 2



Vorhandene Spannung bei Kehlnähten:

Belastung		Nahtform	Nahtnennspannung	Nahtfläche bzw. Widerstandsmoment
Biegung			$\sigma_b = M_b / W_b$	$W_b = \frac{a \cdot l^2}{6}$ hochkant $W_b = \frac{a^2 \cdot l}{6}$ flachkant
Schub + Biegung			Vergleichs- spannung aus σ_b und τ_s	$\sigma_v = \frac{(\sigma_b + \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \cdot \tau_s^2})}{2}$ $W_b = \frac{[(s + 2 \cdot a) \cdot (h + 2 \cdot a)^3 - s \cdot h^3]}{6 \cdot (h + 2 \cdot a)}$

Zulässige Spannung:

$$\sigma_{zulN} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_N \cdot \beta \cdot \sigma_{Grenz}}{S}$$

$$\sigma_{zulA} = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_A \cdot \beta \cdot \sigma_{Grenz}}{S}$$

(τ_{zul} entsprechend)

α_0 = Beiwert für die Bewertungsgruppe der Schweißnaht
 $\alpha_0 = 1$ (Bew.-Gruppe A, nicht mehr genormt)

α_N = Formzahl der Naht gemäß Bild unten
 α_A = Formzahl des Anschlussquerschnitts gemäß Bild unten

Kennwerte für σ_{Grenz} in N/mm²:

	σ_{sch}	σ_w	$\sigma_{b, sch}$	$\sigma_{b, w}$	τ_{sch}	τ_w
1.0037 (St 37)	230	130	300	160	140	100
1.0052 (St 52)	320	180	400	210	230	120

Dauerfestigkeitskennwerte und Formzahlen:

Nahtart (Symbol)	Bild	Kennwerte für 1.0037 (St 37)				Zug/Druck		Biegung/Schub	
		Naht		Anschluss		Naht	Anschluss	Biegung	Schub
		$\alpha_N \cdot \sigma_{sch}$	$\alpha_N \cdot \sigma_w$	$\alpha_A \cdot \sigma_{sch}$	$\alpha_A \cdot \sigma_w$	α_N	α_A	α_N	α_N
V-Naht (V)		100	55	100	55	0,4..0,5	0,5..0,6	0,35	
V-Naht, wurzelverschweißt DV-Naht (X)		180	100	180	100	0,7..0,8	0,8..0,9	0,5..0,7	
V-Naht, bearbeitet		210	118	210	118	0,92	1,0	0,73	
Flachkehlnaht		80	50	130	75	0,35	0,56	0,5	0,35

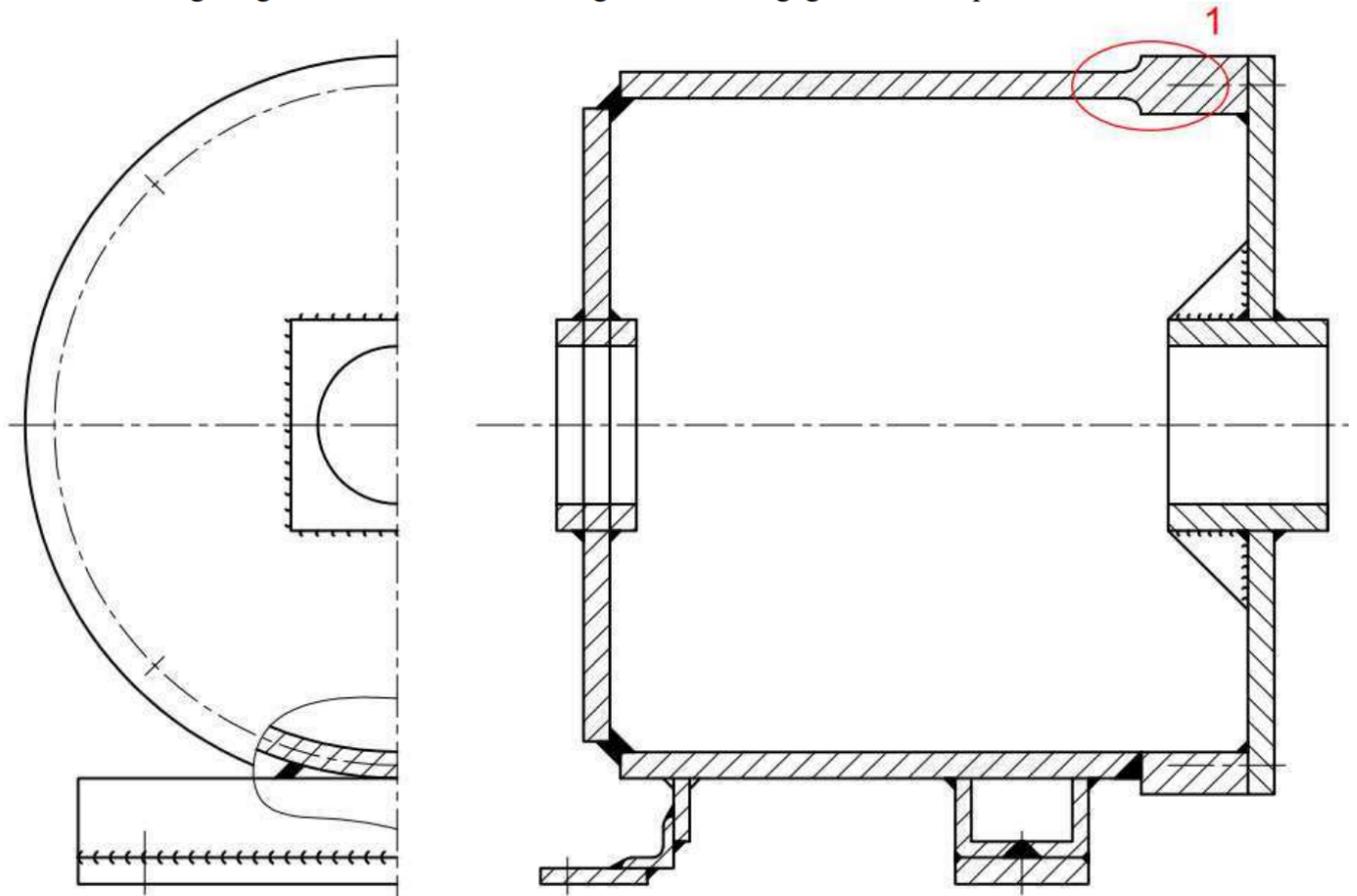


Übungsaufgabe SW 016

E-SW 1 Nennen Sie mindestens **sechs** Leitregeln für die beanspruchungsgerechte Gestaltung von Schweißverbindungen!

1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	
7.	
8.	
9.	
10.	

E-SW 2 a) Markieren und erläutern Sie mindestens **sechs** weitere gestalterische Fehler in der unten gezeigten Schweißkonstruktion gemäß dem angegebenen Beispiel!



1.	keine Schweißkonstruktion; hoher Aufwand bei spangebender Bearbeitung
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	
7.	
8.	
9.	
10.	

E-SW 2 b) Zeichnen Sie einen konstruktiven Verbesserungsvorschlag für den in Aufgabenteil a) beispielhaft angegebenen gestalterischen Fehler!

LÖSUNG zu Übungsaufgabe SW 016

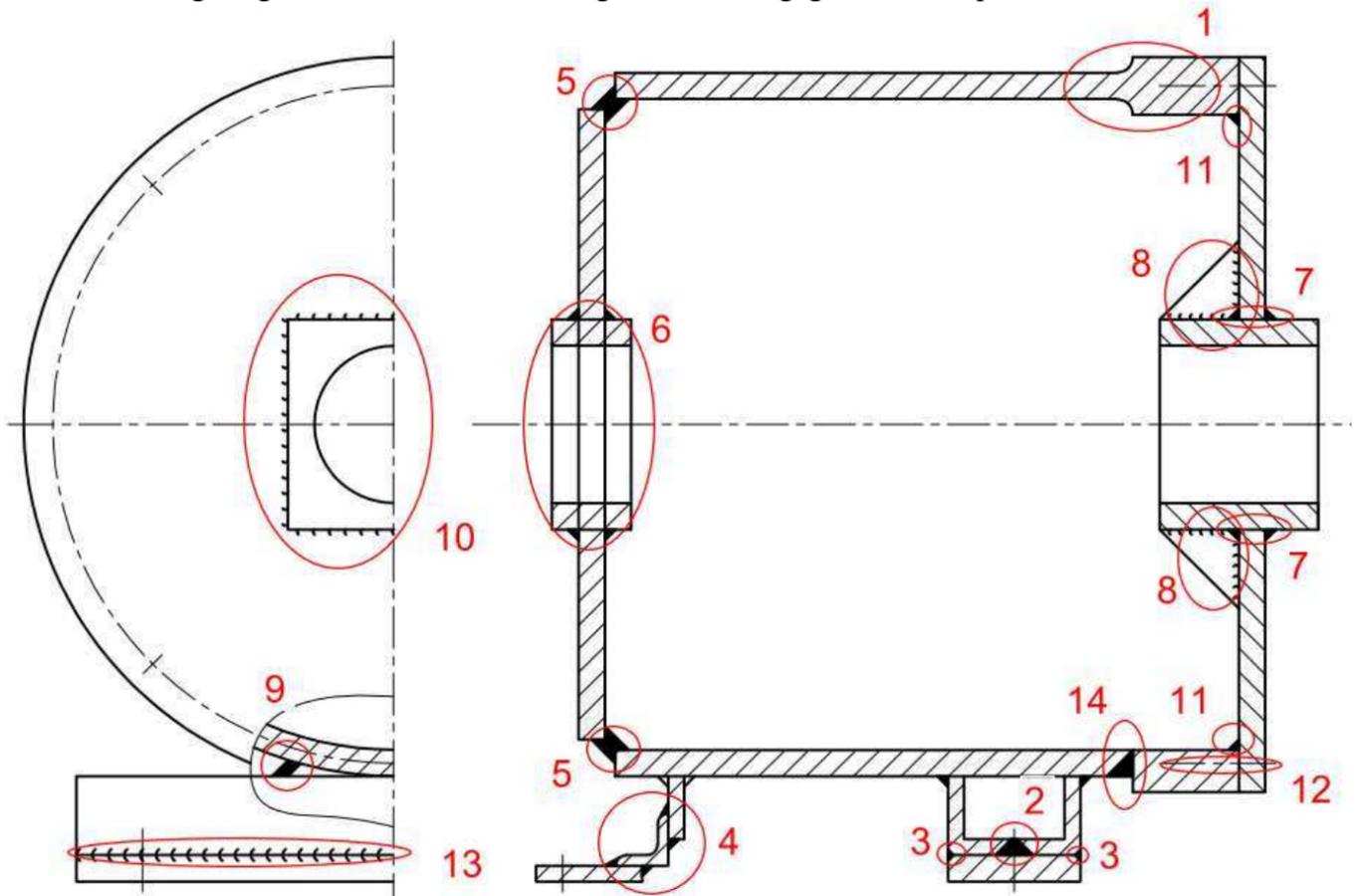
E-SW 1 Nennen Sie mindestens **sechs** Leitregeln für die beanspruchungsgerechte Gestaltung von Schweißverbindungen!

1.	<i>Möglichst wenig Schweißnähte vorsehen</i>
2.	<i>Keine Nähte in Passflächen anordnen</i>
3.	<i>Ausführbarkeit der Schweißung sicherstellen; auf Zugänglichkeit der Nähte achten</i>
4.	<i>Wannenposition anstreben (Decklage oben, waagerechtes Arbeiten)</i>
5.	<i>Möglichst wirtschaftliches Schweißverfahren und niedrige Bewertungsgruppe wählen</i>
6.	<i>Nahtüberprüfung muss durchführbar sein</i>
7.	<i>Kosten proportional zum Nahtvolumen → kurze dünne Nähte billiger als lange dicke</i>
8.	<i>Wärmebehandlung nur, wenn unbedingt nötig</i>
9.	<i>Nahthäufung und Überlagerungen vermeiden (Schrumpfung, Eigenspannungen)</i>
10.	<i>Stumpfnähte haben höhere dynamische Festigkeit als Kehlnähte (bessere Kraftleitung)</i>

Und:

- *Kehlnähte möglichst doppelseitig als Hohlkehlnähte ausführen*
- *Zugbeanspruchung in Nahtwurzel vermeiden, da empfindlich; dort nur Druckbeanspruchung*
- *Halbzeuge vermeiden, um Nähte zu vermeiden*
- *Bei Torsion Übergänge von offenen zu geschlossenen Profilen vermeiden*
- *Zug/Druck besser als Biegung/Torsion*
- *Kraftumlenkung in Schweißzone vermeiden*
- *Kraftfluss möglichst kurz halten*

E-SW 2 a) Markieren und erläutern Sie mindestens **sechs** weitere gestalterische Fehler in der unten gezeigten Schweißkonstruktion gemäß dem angegebenen Beispiel!



1.	<i>keine Schweißkonstruktion; hoher Aufwand bei spangebender Bearbeitung</i>
2.	<i>Besser U-Profil</i>
3.	<i>Nahtvorbereitung notwendig</i>
4.	<i>Nachgeahmte Nietverbindung; hoher Schweißaufwand</i>
5.	<i>Kein Spannen, Positionieren möglich</i>
6.	<i>Zentrierung schwierig; Bohrung durch Fugen unterbrochen</i>
7.	<i>Keine Schweißhilfe; Zentrierung</i>
8.	<i>Ecke nicht freigeschnitten und kein Überstand</i>
9.	<i>Nahtwurzel nicht zugänglich</i>
10.	<i>Rechteckige Fräsung</i>

11.	<i>Deckel festgeschweißt; Schweißnaht nicht zugänglich</i>
12.	<i>Fehlende Zentrierung</i>
13.	<i>Lange durchgezogene Schweißnaht; keine definierte Aufstandsfläche der Füße</i>
14.	<i>Stumpfstoß: schroffer Übergang vermeiden, wegen allmählichem Kraftfluss</i>

E-SW 2 b) Zeichnen Sie einen konstruktiven Verbesserungsvorschlag für den in Aufgabenteil a) beispielhaft angegebenen gestalterischen Fehler!

Lösung:

