

10.10

Einsetzen der gegebenen Größen

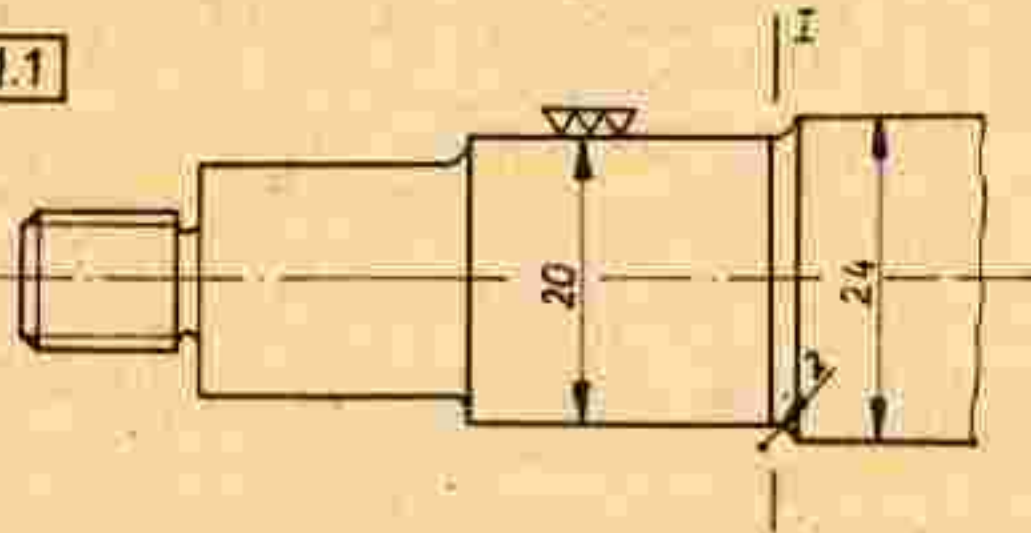
$$\sigma_d = \frac{1 \text{ N/mm}^2 \cdot 500 \text{ mm}}{2 \cdot 10 \text{ mm}}$$

$$\underline{\underline{\sigma_d = 25 \text{ N/mm}^2}}$$

$$\sigma_f = \frac{1 \text{ N/mm}^2 \cdot 500}{10 \text{ mm}}$$

$$\underline{\underline{\sigma_f = 50 \text{ N/mm}^2}}$$

- 4) a) Die sprunghafte Änderung der Ringspannungen führt zu zusätzlichen Biegespannungen.
 b) Die Druckspannungen im Übergangsbogen können bei dünnwandigen Schalen zu einer Faltenbildung (Instabilität) führen.

11.1

Tretlagerwelle eines Fahrrades durch wechselndes Biegemoment und schwellegendes Torsionsmoment belastet

Geg. $M_b = 104 \text{ Nm}$ $M_t = 136 \text{ Nm}$ an Stelle I

Werkstoff 34 Cr 4

Ges. Sicherheitsnachweis für den Querschnitt I nach TGL 19340

11.1

Lösung: Die benötigten Kenngrößen sind der TGL 19340 zu entnehmen

$$\sigma_b = \sigma_{bm} \pm \sigma_{ba} = 0 \pm M_b / W_b = (0 \pm 133) \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_t = \tau_{tm} \pm \tau_{ta} = 0,5 M_{tmax} / W_t \pm 0,5 M_{tmax} / W_t = (43,3 \pm 43,3) \text{ N/mm}^2$$

Querschnittskenngrößen

$$W_b = \pi d^3 / 32 = 785 \text{ mm}^3$$

$$W_t = \pi d^3 / 16 = 1570 \text{ mm}^3$$

Sicherheit für zusammengesetzte

Beanspruchung nach TGL 19340 / 03 S.6

$$S_{v \text{ vorh.}} = \sigma_{ADK} / \sigma_{av} \quad \text{gegen Dauerbruch}$$

$$S_{v \text{ vorh.}} = \frac{\sigma_s}{\sigma_{av} + \sigma_{mv}} \quad \text{gegen bleibende Verformung}$$

Amplitude der Dauerschwingfestigkeit des Bauteils

nach TGL 19340 / 02 S. 20

$$\sigma_{ADK} = f(\text{Werkstoff, Beanspruchungsart, } \sigma_{mv}, \gamma)$$

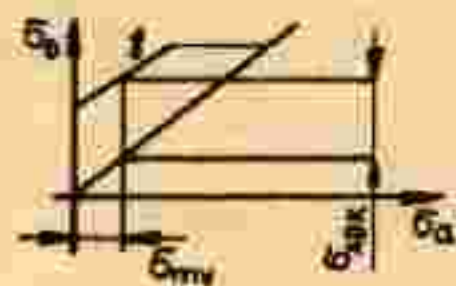
Werkstoff 34 Cr 4

Vergleichsmittelspannung nach TGL 19340/03 S.5

$$\sigma_{bm} = 0 \quad \sigma_{mv} = (\sigma_{bF} / \tau_{tF}) \tau_{tm} = 85,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\left. \begin{array}{l} \sigma_s = 800 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{bF} = 890 \text{ N/mm}^2 \\ \tau_{tF} = 450 \text{ N/mm}^2 \end{array} \right\} \text{ nach TGL 19340/02 S. 12}$$

11.1



Mit $\gamma = 2,08$ folgt aus TGL 19340/02 S.20

$$\sigma_{ADK} = 230 \text{ Nmm}^{-2}$$

Gesamteinflußfaktor γ nach TGL 19340/03 S.2

$$\gamma = \frac{\beta_K}{k \cdot O_{FK} \cdot q \cdot a_i}$$

Kerbwirkungszahl β_K nach TGL 19340/03 S.10

Formzahl α_K nach TGL 19340/03 S.15

$$\alpha_K = f(\text{Beanspruchung}, d_2/d_1, r/t) = 170$$

Biegung, abgesetzter Rundstab

$$d_2/d_1 = d/D = 0,833 \quad r/t = 2g/(D-d) = 1$$

Stützziffer n nach TGL 19340/03 S.12

$$n = f(x^*, \sigma_{bF}) = 1,04 \quad x^* = 2/e + 4/(D+d) = 1,09 \text{ mm}^{-1}$$

$$\sigma_{bF} = 890 \text{ Nmm}^{-2}$$

Größeneinflußfaktor k nach TGL 19340/03 S.7

$$k = k_1 \cdot k_2 = 0,94 \quad k_1 = 0,97$$

$$k_2 = 0,97 \text{ nach TGL 19340/03 S.8}$$

Oberflächeneinflußfaktor O_{FK} nach TGL 19340/03 S.9

$$O_{FK} = O_F + (1 - O_F) \left(\frac{\alpha_K - 1}{\alpha_K} \right)^2 = 0,83$$

$$O_F = f(\sigma_B, \text{Rauigkeit}) = 0,80$$

Querschnittsfaktor q nach TGL 19340/03 S.10

$$q = 1 \quad (\text{Kreisquerschnitt, Umlaufbiegung})$$

11.1

a_n Isotropiefaktor a_i nach TGL 19340/03 S.6

$$a_i = 1$$

Amplitude der wirkenden Spannung nach TGL 19340/03 S.5

$$\sigma_{av} = \sqrt{\sigma_a^2 + (\sigma_{ADK} / \tau_{ADK})^2 \tau_a^2} = 143 \text{ Nmm}^{-2}$$

Torsions-Dauerschwingfestigkeit nach TGL 19340/02 S.20

$$\tau_{ADK} = f(\text{Werkstoff}, \tau_{mv}, \gamma) \quad \tau_{mv} = \tau_{tm} = 43,3 \text{ Nmm}^{-2}$$

$$\alpha_K = 1,35 \text{ nach TGL 19340/03 S.17}$$

$$n = 1,08 \text{ mit}$$

$$\left. \begin{array}{l} \alpha_K = 1,35 \\ n = 1,08 \end{array} \right\} \beta_K = 1,25$$

$$x^* = 1/5 + 4/(D+d) = 0,59 \text{ mm}^{-1} \text{ nach TGL 19340/03 S.12}$$

$$\tau_F = 450 \text{ Nmm}^{-2}$$

$$O_{FKt} = 0,58 O_{FK} + 0,42 = 0,90 \text{ nach TGL 19340/03 S.9}$$

k, q, a_i wie bei Biegung

$$\gamma = 1,47 \text{ nach TGL 19340/03 S.2}$$

$$\tau_{ADK} = 190 \text{ Nmm}^{-2}$$

Vergleichsspannung σ_{mv} nach TGL 19340/03 S.5

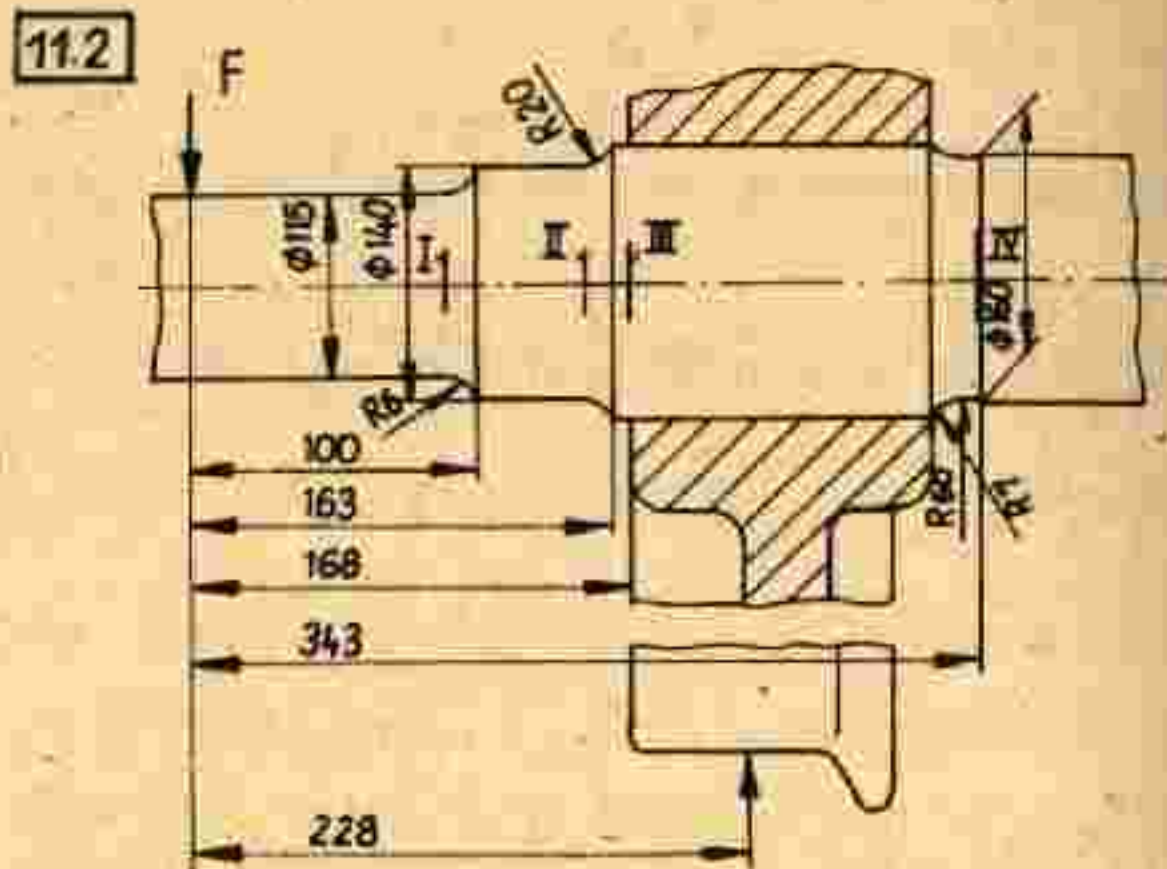
$$\sigma_{mv} = \sqrt{\sigma_m^2 + (\sigma_{bF} / \tau_F)^2 \tau_m^2} = 170 \text{ mm}^2$$

Damit endgültig nach TGL 19340/03 S.6 die

Sicherheit gegen

$$\text{Dauerbruch: } S_{v\text{vorh}} = \frac{\sigma_{ADK}}{\sigma_{av}} = \frac{230 \text{ Nmm}^{-2}}{143 \text{ Nmm}^{-2}} = 1,6$$

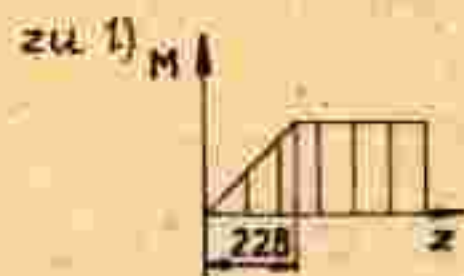
$$\text{bleibende Verformung: } S_{v\text{vorh}} = \frac{\sigma_s}{\sigma_{av} + \sigma_{mv}} = \frac{800}{143 + 170} = 2,55$$



Radachse eines D-Zug-Wagens

Geg: Anteilige Wagenmasse pro Lagerstelle 10,2t
(Horizontalkräfte, Schwingungskräfte, Achsmasse werden vernachlässigt) Werkstoff St 50

Ges: 1. Nennbiegespannungen in den kritischen Querschnitten I... IV
2. Sicherheitsnachweis für Querschnitt I nach TGL 19340 (Querkraftschub vernachlässigt)



$$M = F \cdot z$$

$$M = M_{\max}$$

$$228 \leq z \leq 1728 \text{ mm}$$

$$M_{\max} = e \cdot F = 228 \text{ mm} \cdot 10,2 \text{ t} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{1 \text{ N}}{\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{t}}$$

$$M_{\max} = 22,8 \cdot 10^3 \text{ Nm}$$

11.2

$$\sigma_b(z) = M(z) / W(z)$$

$$W_{\text{KREIS}} = \pi d^3 / 32$$

Querschnitt	I	II	III	IV
z in m	0,094	0,143	0,168	>0,228
M in Nm	9400	14300	16800	22800
d in mm	115	140	185	180
W in cm^3	149	269	618	402
$\pm \sigma_b$ in Nmm^{-2}	63	53	27	57

z. B.
$$\sigma_{bI} = \frac{9400 \text{ Nm}}{149 \text{ cm}^3} \cdot \frac{10^3 \text{ mm}}{1 \text{ m}} \cdot \frac{\text{cm}^3}{10^3 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma_{bI} = 63 \text{ Nmm}^{-2}$$

zu 2)

Die benötigten Kenngrößen sind der TGL 19340 zu entnehmen
Vorhandene Beanspruchung

$$\sigma_b = \sigma_{bm} \pm \sigma_{ba} = 0 \pm 63 \text{ Nmm}^{-2}$$

Sicherheit für die Biegebeanspruchung nach TGL 19340/03
S.6

$$s_{\text{vorh}} = \sigma_{\text{ADK}} / \sigma_a \quad \text{gegen Dauerbruch}$$

$$s_{\text{vorh}} = \frac{\sigma_s}{\sigma_a + \sigma_m} \quad \text{gegen Streckgrenze}$$

$$\sigma_s = 300 \text{ Nmm}^{-2} \quad \text{nach TGL 19340/02} \quad \text{S.1}$$

Amplitude der Dauerschwingfestigkeit des Bauteils
nach TGL 19340/02 S.5

Werkstoff St50, Biegung, $\sigma_m = 0$, $\gamma = 2,9$

(wird nachfolgend berechnet)

11.2

daraus folgt $\sigma_{ADK} = 85 \text{ Nmm}^{-2}$

Gesamteinflußfaktor γ nach TGL 19340/03 S.2

$$\gamma = \frac{\beta_K}{K \cdot O_{FK} \cdot q \cdot a}$$

Kerbwirkungszahl β_K nach TGL 19340/03 S.10

$$\beta_K = \alpha_K / n = 1,93$$

Formzahl α_K nach TGL 19340/03 S.15

$$\alpha_K = f(\text{Beanspruchung, } d_2/d_1, r/t) = 2,05$$

Biegung, abgesetzter Rundstab

$$d_2/d_1 = 115/140 = 0,82 \quad r/t = 6/12,5 = 0,48$$

Stützziffer n nach TGL 19340/03 S.12

$$n = f(x^*, \sigma_{bF}) = 1,06$$

Biege - Fließgrenze nach TGL 19340/03 S.1

$$\sigma_{bF} = 370 \text{ Nmm}^{-2}$$

Bezogenes Spannungsgefälle x^* nach TGL 19340/03 S.12

$$x^* = 2/r + 4/(d_1 + d_2) = 0,35 \text{ mm}^{-1}$$

Größeneinflußfaktor k nach TGL 19340/03 S.7-8

$$K = K_1 \cdot K_2 = 0,76 \quad K_1 = 0,95 \quad K_2 = 0,8$$

Oberflächeneinflußfaktor O_{FK} nach TGL 19340/03 S.9

$$O_{FK} = O_F + (1 - O_F) \left(\frac{\alpha_K - 1}{\alpha_K} \right)^2 = 0,91$$

$$O_F = f(\sigma_b, \text{Rauigkeit}) = 0,88$$

$\sigma_b = 500 \text{ Nmm}^{-2}$ nach TGL 19340/03 S.1

Lagerstelle: geschliffen - geschlichtet

11.2

Querschnittsfaktor q nach TGL 19340/03 S.10

$$q = 1 \quad (\text{Kreisquerschnitt, Umlaufbiegung})$$

Anisotropiefaktor a_i nach TGL 19340/03 S.6

$$a_i = 1$$

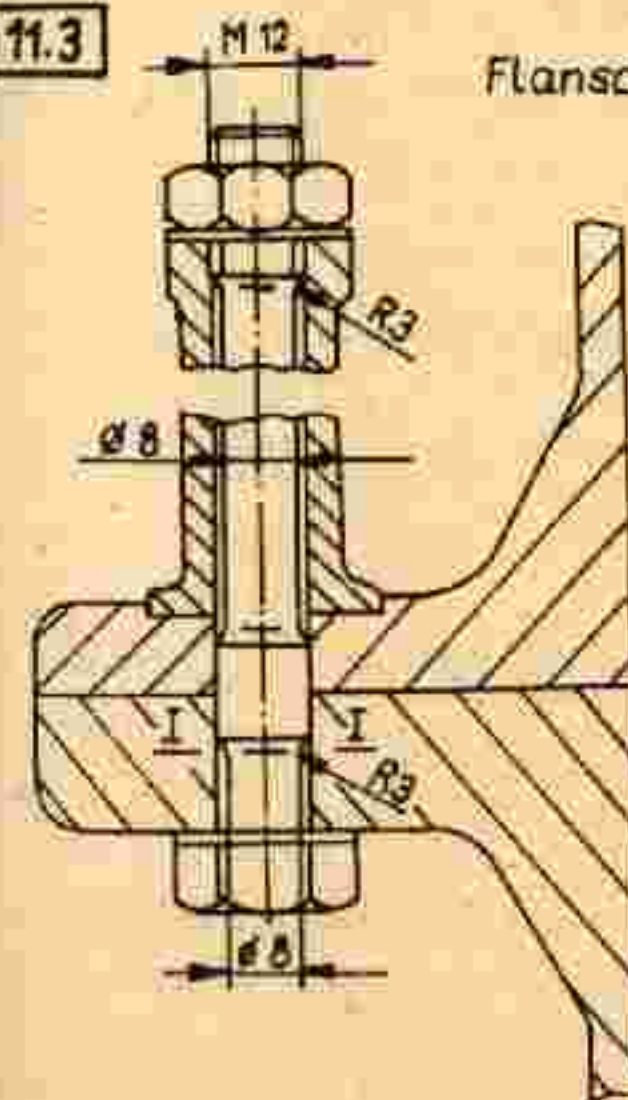
Sicherheit gegen

$$\text{Dauerbruch: } S_{\text{vorh}} = \frac{85 \text{ Nmm}^{-2}}{63 \text{ Nmm}^{-2}} = 1,3$$

$$S_{\text{vorh}} = \frac{300 \text{ Nmm}^{-2}}{63 \text{ Nmm}^{-2}} = 4,8$$

Die untersuchte Stelle des Bauteils ist mit der vorgegebenen Belastung für den Dauerbetrieb geeignet.

11.3



Flanschschraube für Hochdruckgefäße

Bel.: Längskräfte der Schraube

min 30000 N

max 35000 N

momentenfreie

Beanspruchung

Werkstoff 34 Cr 4

Hohlkehle poliert

Ges.: Sicherheitsnachweis

für Querschnitt I

nach TGL 19340

11.3

Lösung:

Die benötigten Kenngrößen sind der TGL 19340 zu entnehmen.

Nennspannung

$$\bar{\sigma}_z = \bar{\sigma}_{zm} \pm \bar{\sigma}_{za} = \frac{1}{2} \frac{F_{max} + F_{min}}{A} \pm \frac{1}{2} \frac{F_{max} - F_{min}}{A} = \frac{(650 \pm 50)}{N/mm^2}$$

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2 = 50 \text{ mm}^2$$

vorhandene Sicherheit gegen Dauerbruch $s_{vor} = \bar{\sigma}_{ADK} / \bar{\sigma}_a$

nach TGL 19340/03 S.6 gegen bleibende Verformung

$$s_{vor} = \frac{\bar{\sigma}_s}{\bar{\sigma}_a + \bar{\sigma}_m}$$

Amplitude der Dauerschwingfestigkeit des Bauteils

$\bar{\sigma}_{ADK} = f(\text{Werkstoff, Beanspruchung, } \bar{\sigma}_m, \gamma)$ nach TGL 19340/02 S.20

34Cr4, Zugbeanspruchung, $\bar{\sigma}_m = 650 \text{ N/mm}^2$

Gesamteinflußfaktor γ nach TGL 19340/03 S.2

$$\gamma = \frac{\beta_k}{k \cdot 0_{FK} \cdot q \cdot a_i} = 1,35 \quad (\text{wird nachfolgend berechnet})$$

Kerbwirkungszahl β_k nach TGL 19340/03 S.10

$$\beta_k = \frac{\alpha_k}{n} = \frac{1,4}{1,04} = 1,35$$

Formzahl α_k nach TGL 19340/03 S.16

$\alpha_k = f(\text{Beanspruchung, } d_2/d_1, r/t) = 1,4$

Zug, abgesetzter Rundstab

$r = 3 \text{ mm}$, $d_2 = 8 \text{ mm}$, $d_1 = 12 \text{ mm}$ (Aufgabenstell.)

$d_2/d_1 = 0,67$ $r/t = 1,5$

Stützziffer n nach TGL 19340/03 S.12

$$n = f(x^*, \bar{\sigma}_s) = 1,04$$

11.3

bezogenes Spannungsgefälle x^* nach TGL 19340/03 S.12

$$x^* = 2/r = 0,67 \text{ mm}^{-1}$$

Streckgrenze $\bar{\sigma}_s$ nach TGL 19340/02 S.12

$$\bar{\sigma}_s = 800 \text{ N/mm}^2$$

Größeneinflußfaktor k nach TGL 19340/03 S.7

$$k = k_1 = 1$$

Oberflächeneinflußfaktor 0_{FK} nach TGL 19340/03 S.9

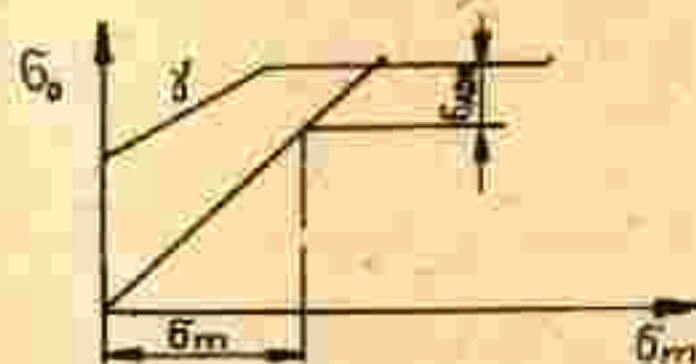
$0_{FK} = 1$ (polierte Oberfläche)

Querschnittsfaktor q nach TGL 19340/03 S.10

$q = 1$ (Zug im Kreisquerschnitt)

Anisotropiefaktor a_i nach TGL 19340/03 S.6

$a_i = 1$ (Beanspruchung in Walzrichtung)



Damit endgültig Sicherheit gegen

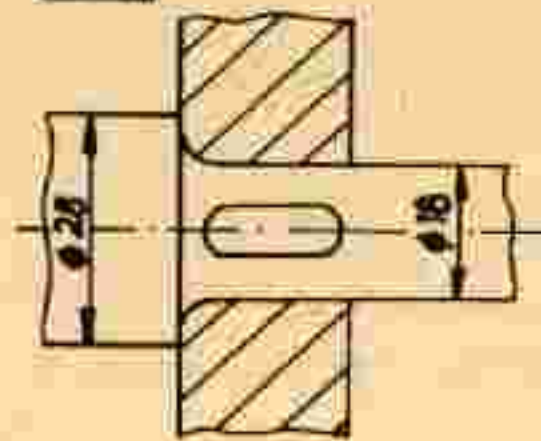
$$\text{Dauerbruch } s_{vorh} = \frac{\bar{\sigma}_{ADK}}{\bar{\sigma}_a} = \frac{150 \text{ N/mm}^2}{50 \text{ N/mm}^2} = 3$$

bleibende Verformung

$$s_{vorh} = \frac{\bar{\sigma}_s}{\bar{\sigma}_a + \bar{\sigma}_m} = \frac{800 \text{ N/mm}^2}{700 \text{ N/mm}^2} = 1,14$$

Der untersuchte Querschnitt ist für den Dauerbetrieb geeignet, in der Praxis ist auch der Gewindeauslauf zu überprüfen (Überlagern der Gewinde- und Übergangskerben)

11.4



Geg: Kerbstelle: Paßfeder-Verbindung

Schnittgrößen an der Kerbstelle

$$F_L = 3,85 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$M_b = 62,2 \text{ Nm Umlaufbiegung}$$

$$M_t = 53 \text{ Nm} = \text{konst.}$$

Werkstoff: 34 Cr 4

Ges: Nachweis der Gestaltfestigkeit

für die Wellen-Naben-Verbindung nach TGL 19340

Lösung:

1. Vorhandene Spannungen

$$\sigma_L = \frac{F_L}{A} = \frac{3850 \text{ N}}{254 \text{ mm}^2} = 15,13 \text{ N/mm}^2 = \sigma_m$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} = \frac{62,2 \text{ Nm}}{576 \text{ mm}^3} = 107,70 \text{ N/mm}^2 = \sigma_a$$

$$\tau_t = \frac{M_t}{W_t} = \frac{53 \text{ Nm}}{1152 \text{ mm}^3} = 46,00 \text{ N/mm}^2 = \tau_m$$

Vergleichsspannung σ_{bF}, τ_F nach TGL 19340/03 S.5

$$\sigma_{mv} = \sqrt{\sigma_m^2 + \left(\frac{\sigma_{bF}}{\tau_F}\right)^2 \tau_m^2} = \sqrt{229 + (3,9) 2120} \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 92,0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\tau_{mv} = \sqrt{\left(\frac{\tau_F}{\sigma_{bF}}\right)^2 \sigma_m^2 + \tau_m^2} = \sqrt{\frac{229}{3,9} + 2120} \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 46,60 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{av} = \sqrt{\sigma_a^2 + \frac{\sigma_{ADK}(\sigma_{mv})}{\tau_{ADK}(\tau_{mv})} \tau_a^2} = \sigma_a = 107,70 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \tau_a = 0$$

Sicherheit gegen Dauerbruch nach TGL 19340/03 S.6

$$S_{\text{vorh}} = \frac{\sigma_{ADK}}{\sigma_{av}}$$

Gesamteinflußfaktor γ nach TGL 19340/03 S.2

11.4

$$\gamma = \frac{\beta_K}{\sigma_{FK} K q a}$$

Kerbwirkungszahl β'_{kbw} nach TGL 19340/04 S.4

$$\beta'_{kbw} = 2,35$$

$$\beta_{kbw} = \beta'_{kbw} \frac{K_3(15 \text{ mm})}{K_3(18 \text{ mm})} \approx \beta'_{kbw}$$

K_3 nach TGL 19340/03 S.8

Oberflächeneinflußfaktor σ_{FK} nach TGL 19340/03 S.9

$\sigma_{FK} = 1$ da β_K für $R_z = 10 \mu\text{m}$ bestimmt wurde

Größeneinflußfaktor K nach TGL 19340/03 S.7 u. S.8

$$K = K_1 \cdot K_2 = 0,97 \cdot 0,97 = 0,94$$

Querschnittsfaktor q nach TGL 19340/03 S.10

$$q = 1$$

Anisotropiefaktor a nach TGL 19340/03 S.6

$a = 1$ (Beanspruchung in Walzrichtung)

damit ergibt sich

$$\gamma = 2,5$$

Aus TGL 19340/02 S.20: $\sigma_{ADK} = 186 \text{ N/mm}^2$
 $\sigma_{bF} = 890 \text{ N/mm}^2$

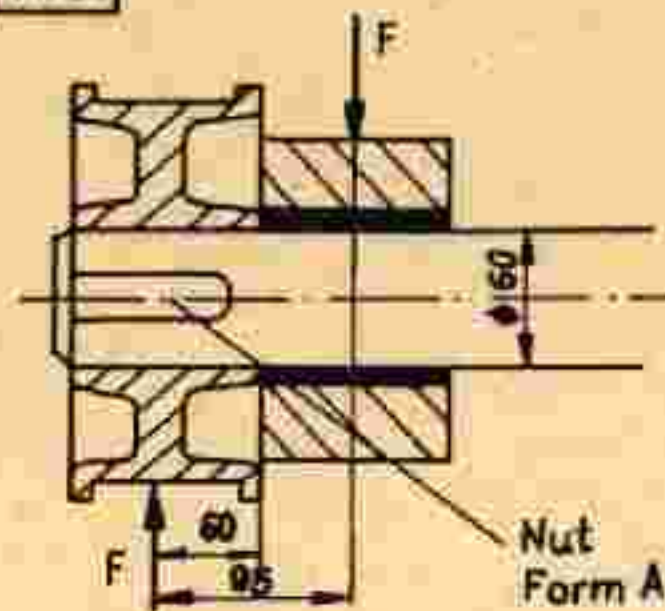
$$S_{\text{vorh}} = \frac{\sigma_{ADK}}{\sigma_{av}} = \frac{186 \text{ N/mm}^2}{108 \text{ N/mm}^2} = 1,73$$

Sicherheit gegen Streckgrenze

$$S_{\text{vorh}} = \frac{\sigma_s}{\sigma_{av} + \sigma_{mv}} = \frac{800}{107,7 + 92,0} = 4,0$$

Die Verbindung ist für Dauerbetrieb ausreichend dimensioniert.

11.5



Radachse einer
Laufkatze

Geg.: $F = 16,5 \cdot 10^3 \text{ N}$

Ges.: Nachweis der
Gestaltfestigkeit

Werkstoff: St 50

$R_z = 40 \mu\text{m}$

Lösung:

Gefährdeter Querschnitt zwischen Nabe und Lager

$$M_b = 16,5 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot 50 \text{ mm} = 825 \text{ Nm}$$

$$W_b = \pi \cdot 216 \cdot 10^3 \cdot 32^{-1} \text{ mm}^3 = 21,3 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_b = \frac{825 \text{ Nm}}{21,3 \cdot 10^3 \text{ mm}^3} = 38,9 \text{ Nmm}^{-2} \quad \sigma_m = 0; \tau = 0; \sigma_a = \sigma_b$$

Werkstoffkennwerte $\sigma_b = 500 \text{ Nmm}^{-2}$ $\sigma_{bW} = 240 \text{ Nmm}^{-2}$

Gesamteinflußfaktor γ nach TGL 19340/03 S.2

$$\gamma = \frac{\beta_K}{O_{FK} \cdot K \cdot q \cdot a}$$

Kerbwirkungszahl β_K nach TGL 19340/04 S.4

$$\beta_K' = 1,48 \quad \beta_K = \beta_K' \cdot \frac{K_2(60 \text{ mm})}{K_2(16 \text{ mm})} = 1,48 \cdot \frac{0,90}{0,94} = 1,41$$

TGL 19340 an dieser Stelle nicht eindeutig

(Umrechnung auf andere Größe nach TU Dresden)

Oberflächenfaktor O_{FK} nach TGL 19340/03 S.9

$$O_F = 0,89 \quad (R_z = 10 \mu\text{m}) \quad O_F = 0,85 \quad (R_z = 40 \mu\text{m})$$

$$O_F = \frac{O_F 40}{O_F 10} = 0,955$$

$$O_{FK} = 0,955 + 0,045 \cdot \frac{1}{3} \approx 0,96$$

11.5

Querschnittsfaktor q nach TGL 19340/03 S.10 $q = 1$

Anisotropiefaktor a_i nach TGL 19340/03 S.6 $a_i = 1$

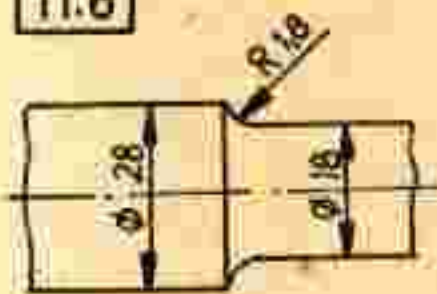
$$\gamma = \frac{1,41}{0,82 \cdot 0,96} = 1,98 \quad \sigma_{wK} = \frac{\sigma_{bW}}{\gamma} = \frac{240 \text{ Nmm}^{-2}}{1,98} = 121 \text{ Nmm}^{-2}$$

$$s_{\text{vorh}} = \frac{\sigma_{wK}}{\sigma_a} = \frac{121}{38,9} = 3,11$$

(Wegen $\sigma_m = 0$ ist $\sigma_{ADK} = \sigma_{wK}$)

Die untersuchte Stelle ist für Dauerbeanspruchung
ausreichend dimensioniert (überdimensioniert)

11.6



Geg.: gezeichneter Wellenabsatz
aus 34Cr4

Sicherheit: statisch 1,5

schwingend 2

$R = 10 \mu\text{m}$

Ges.: maximal zulässige Kräfte bzw. Momente zu den
in der Tabelle aufgeführten Beanspruchungs-
arten:

Beanspruchungsart	Belastungscharakter
Zug Biegung Torsion	statisch
Zug Biegung Torsion	wechselnd
Zug	schwellend

11.6

Lösung

1. statische Belastbarkeit

$$F_z = \frac{\sigma_s \cdot A \cdot K_1}{S_F} = 135\,900 \text{ N} \quad K_1 \approx 1$$

$$M_{b\text{stat}} = \frac{\sigma_{bF} \cdot W_b \cdot K_1}{S_F} = 339 \text{ Nm mit } S_F \approx 1,5$$

$$M_{t\text{stat}} = \frac{\tau_{tF} \cdot W_t \cdot K_1}{S_F} = 334 \text{ Nm}$$

2. Wechselbelastung

Gesamteinflußfaktor γ nach TGL 19340/03 S.2

$$\gamma = \frac{\beta_K}{k \cdot O_{FK} \cdot q \cdot \alpha_i}$$

Kerbwirkungszahl β_K nach TGL 19340/03 S.10

$$\beta_K = \frac{\alpha_K}{r}$$

Formzahl α_K nach TGL 19340/03 S.15, S.16, S.17

$$\alpha_{Kz} = 2,15 \quad \alpha_{Kb} = 1,9 \quad \alpha_{Kt} = 1,45$$

mit $r/t = 0,36$ und $t/d_1 = 0,178$ Bezogenes Spannungsgefälle x^* nach TGL 19340/03 S.12

$$x_z^* = 1,11 \quad x_b^* = 1,197 \quad x_t^* = 0,643$$

Stützziffer n nach TGL 19340/03 S.12

$$n_z = 1,055 \quad n_b = 1,035 \quad n_t = 1,075$$

damit erhält man

$$\beta_{Kz} = 2,05 \quad \beta_{Kb} = 1,83 \quad \beta_{Kt} = 1,35$$

11.6

Oberflächeneinflußfaktor O_{FK} nach TGL 19340/03 S.9

$$O_F = 0,8$$

$$O_{FK} = O_F + (1 - O_F) \left(\frac{\alpha_K - 1}{\alpha_K} \right)^2 \quad \begin{array}{l} \text{Biegung} \\ \text{Zug-Druck} \end{array}$$

$$O_{FKz} = 0,58 \quad O_{FKb} = 0,42$$

$$O_{FKz} = 0,857 \quad O_{FKb} = 0,827 \quad O_{FKt} = 0,92$$

Größeneinflußfaktor k nach TGL 19340/03 S.7 und 8

$$k \approx 1 \text{ mit } d = 18 \text{ mm}$$

Querschnittsfaktor q nach TGL 19340/03 S.10 $q = 1$ Anisotropiefaktor α_i nach TGL 19340/03 S.6 $\alpha_i = 1$

damit erhält man:

$$\gamma_z = 2,39 \quad \gamma_b = 2,22 \quad \gamma_t = 1,47$$

$$F_{zw} = \frac{\sigma_{zw} \cdot A}{\gamma_z \cdot S_D} = 20\,200 \text{ N}$$

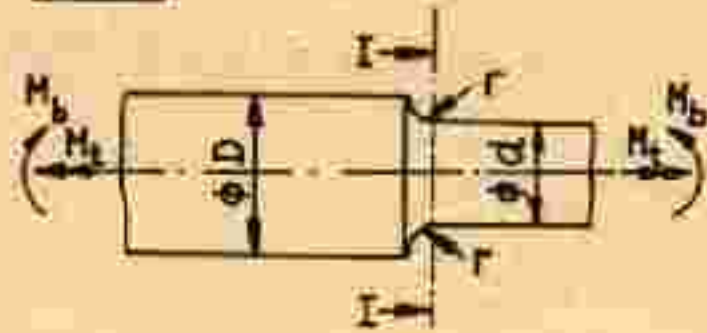
$$M_{bw} = \frac{\sigma_{bw} \cdot W_b}{\gamma_b \cdot S_D} = 63,5 \text{ Nm}$$

$$M_{tw} = \frac{\tau_{tw} \cdot W_t}{\gamma_t \cdot S_D} = 108,8 \text{ Nm}$$

3. Schwellbelastung

$$F_{z\text{schw}} = \frac{\sigma_{z\text{schw}} \cdot A}{\gamma_z \cdot S_D} = 33\,000 \text{ N}$$

11.7



Die skizzierte Welle wird im Schnitt I-I durch das wechselnde Biegemoment M_b und das wechselnde Torsionsmoment M_t (Lastfall III für beide Momente) stoßartig beansprucht.

Geg: $M_b = 2 \cdot 10^4 \text{ Nmm}$; $M_t = 5 \cdot 10^4 \text{ Nmm}$

$d = 20 \text{ mm}$; $D = 28 \text{ mm}$; $r = 2 \text{ mm}$

Werkstoff St 60; Hohlkehle geschliffen

$\sigma_{bw} = 280 \text{ Nmm}^{-2}$; $\tau_{tw} = 160 \text{ Nmm}^{-2}$

$\beta_{kb} = 1,35$ Kerbwirkungszahl bei Biegung

$\beta_{kt} = 1,18$ Kerbwirkungszahl bei Torsion

$K = 0,9$ Faktor des Größeneinflusses

$O_F = 0,92$ Faktor der Oberflächenbeschaffenheit bei Biegung

$\varphi = 1,3$ Stoßzahl

Ges: Sicherheit gegen Dauerbruch

Lös: Sicherheit zusammengesetzter Beanspruchung

$S_{\text{vorh}} = \frac{\sigma_{ADK}}{\sigma_{av}}$ nach TGL 19340/03 S.6

Bei Biegung und Torsion gilt nach TGL 19340/03 S.5

$$\sigma_{av} = \sqrt{\sigma_a^2 + \left[\frac{\sigma_{ADK}(\sigma_{mv})}{\tau_{ADK}(\tau_{mv})} \right]^2 \tau_a^2}$$

$$\sigma_{ADK} = \frac{\sigma_w}{\gamma} = \frac{\sigma_{bw}}{\gamma} \quad \tau_{ADK} = \frac{\tau_w}{\gamma} = \frac{\tau_{tw}}{\gamma}$$

11.7

Gesamteinflußfaktor γ nach TGL 19340/03 S.2

$$\gamma_b = \frac{\beta_{kb}}{K \cdot O_{FK} \cdot q} = \frac{1,35}{0,9 \cdot 0,92 \cdot 1,0} = 1,6304$$

Querschnittsform q nach TGL 19340/03 S.9 $q=1$

$$\gamma_t = \frac{\beta_{kt}}{K \cdot O_{FK} \cdot q} = \frac{1,18}{0,9 \cdot 0,92 \cdot 1,0} = 1,4251$$

$$\sigma_{ADK} = \frac{280 \text{ Nmm}^{-2}}{1,6304} = 171,74 \text{ Nmm}^{-2}$$

$$\tau_{ADK} = \frac{160 \text{ Nmm}^{-2}}{1,4251} = 112,27 \text{ Nmm}^{-2}$$

$$\sigma_a = \frac{M_b}{W_b} \cdot \varphi = \frac{2 \cdot 10^4 \cdot 1,3}{\frac{\pi \cdot 20^3}{32}} \text{ Nmm}^{-2} = 33,10 \text{ Nmm}^{-2}$$

$$\tau_a = \frac{M_t}{W_t} \cdot \varphi = \frac{5 \cdot 10^4 \cdot 1,3}{\frac{\pi \cdot 20^3}{16}} \text{ Nmm}^{-2} = 41,38 \text{ Nmm}^{-2}$$

$$\sigma_{av} = \sqrt{33 \cdot 10^2 + \left[\frac{171,74}{112,27} \right]^2 \cdot 41,38^2} \text{ Nmm}^{-2}$$

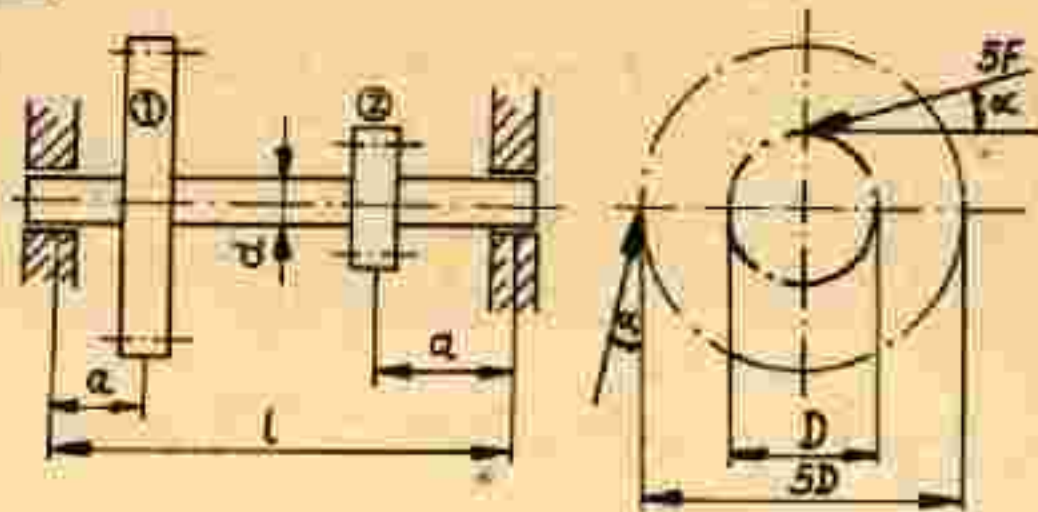
$$\sigma_{av} = 71,43 \text{ Nmm}^{-2}$$

$$S_{\text{vorh}} = \frac{\sigma_{ADK}}{\sigma_{av}} = \frac{171,74}{71,43}$$

$$S_{\text{vorh}} = 2,4$$

Die Sicherheit gegen Dauerbruch ist somit gewährleistet.

11.8



Für die skizzierte Welle, die durch die dargestellten Zahnkräfte stoßfrei belastet wird, ist ein Festigkeitsnachweis (Dauerfestigkeit) zu führen.

Geg.: $F = 1000 \text{ N}$; $D = 150 \text{ mm}$; $d = 60 \text{ mm}$; $l = 1 \text{ m}$

$a = 0,2 \text{ m}$; $\alpha = 20^\circ$; Werkstoff C45;

Oberfläche geschliffen; Verbindung Zahnradwelle mit Paßfeder

Für die Biegebeanspruchung ist der Lastfall III (wechselnd), für die Torsionsbeanspruchung der Lastfall II (schwellend) anzunehmen.

$\sigma_{bw} = 320 \text{ Nmm}^{-2}$; $\tau_{sch} = 270 \text{ Nmm}^{-2}$

$\beta_{kb} = 2,5$ Kerbwirkungszahl bei Biegung

$\beta_{kt} = 1,75$ Kerbwirkungszahl bei Torsion

$K = 0,68$ Größeneinflussfaktor

$O_F = 0,88$ Faktor der Oberflächenbeschaffenheit
(Biegung)

$O_{Ft} = 0,93$ Faktor der Oberflächenbeschaffenheit
(Torsion)

11.8

Ges.: Sicherheit gegen Dauerbruch

Lös.: Sicherheit bei zusammengesetzter Beanspruchung
nach TGL 19340/03 S.6

$$S_{\text{vorh}} = \frac{\sigma_{ADK}}{\sigma_{av}}$$

Für Biegung und Torsion gilt nach TGL 19340/03 S.5

$$\sigma_{av} = \sqrt{\sigma_a^2 + \left[\frac{\sigma_{ADK} (\sigma_{mv})}{\tau_{ADK} (\tau_{mv})} \right]^2 \cdot \tau_a^2}$$

Nach TGL 19340/03 S.3 gilt

$$\sigma_{ADK} = \frac{\sigma_w}{\gamma} = \frac{\sigma_{hw}}{\gamma} \quad \tau_{ADK} = \frac{\tau_w}{\gamma} = \frac{\tau_{hw}}{\gamma}$$

Gesamteinflussfaktor γ nach TGL 19340/03 S.2

$$\gamma_b = \frac{\beta_{kb}}{K \cdot O_{FK} \cdot q} = \frac{2,5}{0,68 \cdot 0,88 \cdot 1,0} = 4,1778$$

Querschnittsform q nach TGL 19340/03 S.9 $q = 1$

$$\gamma_t = \frac{\beta_{kt}}{K \cdot O_{Ft} \cdot q} = \frac{1,75}{0,68 \cdot 0,93 \cdot 1,0} = 2,7672$$

$$\sigma_{ADK} = \frac{320 \text{ Nmm}^{-2}}{4,1778} = 76,59 \text{ Nmm}^{-2} \quad \tau_{ADK} = \frac{270 \text{ Nmm}^{-2}}{2,7672} = 97,57 \text{ Nmm}^{-2}$$

Maximalspannungen aus der Torsionsbelastung

$$M_t = 5F \cdot \cos \alpha \cdot \frac{1}{2} D = 5000 \cdot \cos 20^\circ \cdot 75 \text{ Nmm}$$

$$M_t = 352384,73 \text{ Nmm} \quad W_t = \frac{\pi d^3}{16} = 42411,5 \text{ mm}^3$$

$$\tau_a = \frac{M_t}{W_t} = 8,3087 \text{ Nmm}^{-2}$$

11.8

Maximalspannungen aus der Biegebelastung an der Stelle der größten Belastung ②

$$M_{bx} = \frac{1}{l} a (5F \sin \alpha (l-a) - Fa \cos \alpha)$$

$$M_{bx} = \frac{200}{1000} (5000 \sin 20^\circ \cdot 800 - 1000 \cos 20^\circ \cdot 200) = 236028,4 \text{ Nmm}$$

$$M_{by} = \frac{1}{l} a (5F \cos \alpha (l-a) - Fa \sin \alpha)$$

$$M_{by} = \frac{200}{1000} (5000 \cos 20^\circ \cdot 800 - 1000 \sin 20^\circ \cdot 200) = 738073,29 \text{ Nmm}$$

$$M_{bmax} = \sqrt{M_{bx}^2 + M_{by}^2} = \sqrt{236028,4^2 + 738073,29^2} \text{ Nmm}$$

$$M_{bmax} = 774894,56 \text{ Nmm} \quad W_b = \frac{\pi d^3}{32} = 21205,76 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{av} = \sqrt{36,5417^2 + \left[\frac{76,59}{97,57} \right]^2 \cdot 8,3087^2}$$

$$\sigma_{av} = 37,12 \text{ Nmm}^{-2}$$

$$s_{vorh} = \frac{\sigma_{AKK}}{\sigma_{av}} = \frac{76,59}{37,12}$$

$$\underline{s_{vorh} = 2,06}$$

Die Sicherheit gegen Dauerbruch ist gewährleistet