

I./II.:

**Zielfunktion:**

$t_h \Rightarrow \text{MIN}$

$$t_h = \frac{l \cdot i}{v_f} = \frac{l \cdot i \cdot d \cdot \pi}{f \cdot v_c} = \frac{c}{f \cdot v_c}$$

**Restriktion:**

$t_h \blacktriangleright \Rightarrow v_c \blacktriangleright ; f \blacktriangleright$

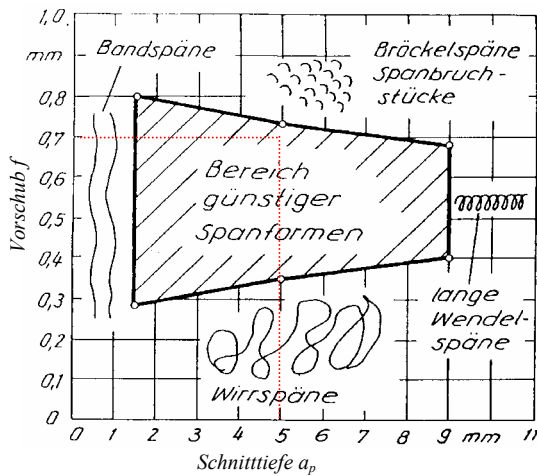
- Standzeit min. 60 min
- Oberflächenrauheit
- Spanform
- Kräfte

III.

[1.] siehe Arbeitsblatt

[2.]

[2.1.]

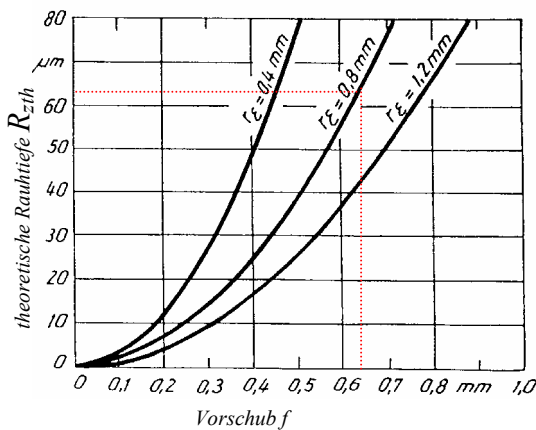


Werkstoff C45

$v_c = 100 \text{ bis } 120 \frac{\text{m}}{\text{min}}$

Werkzeug:  
Drehmeißel, bestückt  
mit einer Wende-  
schneidplatte mit  
definierter Schneid-  
teil- und Spangeom.

① Aus Spanformdiagramm für Schnitttiefe  $a_p = 5 \text{ mm} \Rightarrow f = 0,7 \text{ mm}$  gewählt!



$$R_{zth} = f(f, r_\epsilon)$$

$$R_{zth} = \frac{f^2}{8 \cdot r_\epsilon}$$

② Aus Theoretische Rautiefediagramm für  $R_{z\text{zul}} = 63 \mu\text{m}$  und  $r_\epsilon = 0,8 \Rightarrow f = 0,63 \text{ mm}$  gewählt!

$$f_{zul} = \sqrt{8 \cdot r_\varepsilon \cdot R_{zzul}} = \sqrt{8 \cdot 0,8 \text{ mm} \cdot 0,063 \text{ mm}} = \underline{0,635 \text{ mm}}$$

③ Aus Berechnung  $\Rightarrow f = 0,635 \text{ mm}$  errechnet

④ von ①  $\Rightarrow$  ③ ermittelten Werten wird der kleinste einstellbare Wert genommen!

$$\Rightarrow \underline{f_{tat} = 0,63 \text{ mm}}$$

[2.2.]

$$T = A_3 \cdot v_c^{A_2} \cdot f^{A_4} = A_1 \cdot v_c^{A_2}$$

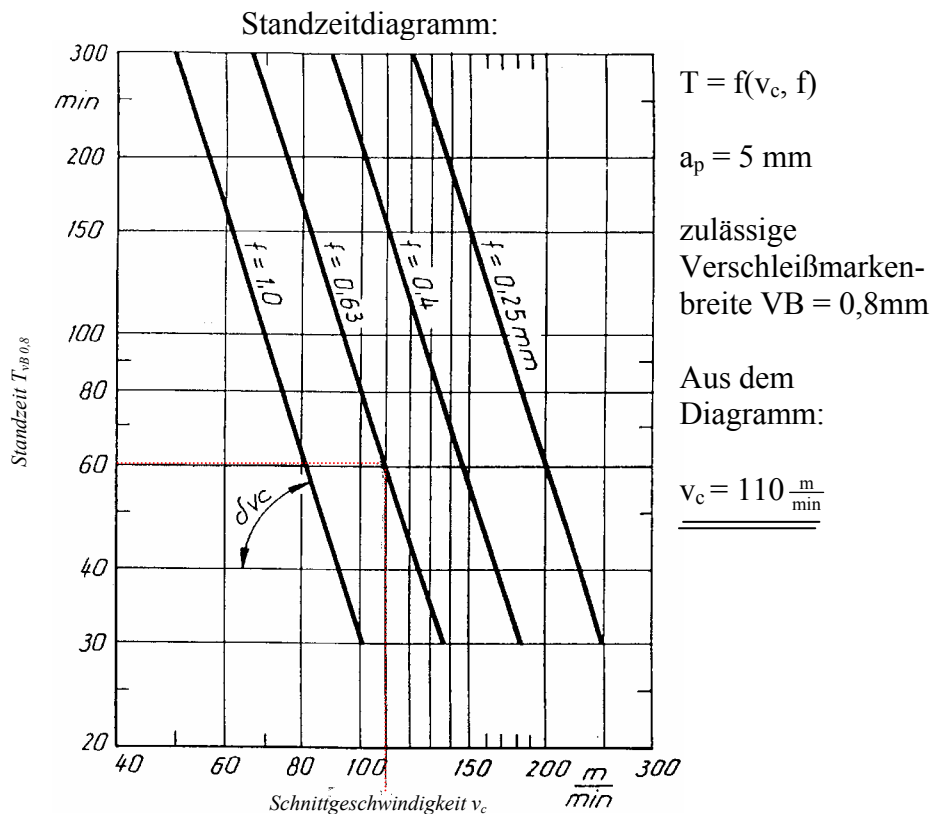
$$A_1 = A_3 \cdot f^{A_4}$$

$$A_3 = 9,84 \cdot 10^7 \frac{\text{min}^{A_2+1}}{\text{mm}^{A_2} \cdot \text{mm}^{A_4}}$$

$$\tan \delta_{vc} = |A_2|$$

$$A_2 = -3,25$$

$$A_4 = -2,1$$



Berechnung:  $T = A_3 \cdot v_c^{A_2} \cdot f^{A_4}$

$$v_c = \left[ \frac{T}{A_3 \cdot f^{A_4}} \right]^{\frac{1}{A_2}} = \left[ \frac{60 \text{ min} \cdot \text{m}^{A_2} \cdot \text{mm}^{A_4}}{9,84 \cdot 10^7 \text{ min}^{A_2} \cdot \text{min} \cdot 0,63^{-2,1} \text{ mm}^{A_4}} \right]^{-\frac{1}{-3,25}}$$

$$\underline{\underline{v_c = 110,133 \frac{\text{m}}{\text{min}}}}$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{v_c = 110 \frac{\text{m}}{\text{min}} \text{ gewählt!}}}$$

$$v_c = \pi \cdot d \cdot n$$

$$\Rightarrow n = \frac{v_c}{\pi \cdot d} = \frac{110 \frac{\text{m}}{\text{min}}}{\pi \cdot 0,1\text{m}} = \underline{\underline{350,14 \text{ min}^{-1}}}$$

$$\Rightarrow n = 350 \text{ min}^{-1} \text{ gewählt!}$$

$$v_f = f \cdot n$$

$$= 0,63\text{mm} \cdot 350 \text{ min}^{-1} = \underline{\underline{220,5 \frac{\text{mm}}{\text{min}}}}$$

[2.3.]

$$l = l_v + l_a + l_w + l_{\ddot{u}} \quad \text{mit} \quad l_v = 3\text{mm}, l_{\ddot{u}} = 3\text{mm}, l_w = 300\text{mm},$$

$$l_a = \frac{a_p}{\tan \chi_r} \quad \text{mit} \quad \chi_r = 75^\circ$$

$$l = 3\text{mm} + \frac{5\text{mm}}{\tan 75^\circ} + 300\text{mm} + 3\text{mm} = 307,34\text{mm}$$

$$t_h = \frac{l \cdot d \cdot \pi}{f \cdot v_c} = \frac{100\text{mm} \cdot \pi \cdot 307,34\text{mm}}{0,63\text{mm} \cdot 110000 \frac{\text{mm}}{\text{min}}} = 1,393 \text{ min} = \underline{\underline{1 \text{ min } 23,6\text{s}}}$$

Berechnung Q:

exakt (mit Schnittgeschwindigkeit am mittleren Durchmesser)

$$v_c = \pi \cdot d \cdot n = \pi \cdot 9,5\text{cm} \cdot 350\text{min}^{-1} = 10445,796 \frac{\text{cm}}{\text{min}}$$

$$Q = a_p \cdot f \cdot v_c = 0,5\text{cm} \cdot 0,063\text{cm} \cdot 10445,796 \frac{\text{cm}}{\text{min}} = 329 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$$

als Näherung (mit maximaler Schnittgeschwindigkeit):

$$Q = a_p \cdot f \cdot v_c = 0,5\text{cm} \cdot 0,063\text{cm} \cdot 11000 \frac{\text{cm}}{\text{min}} = 346,5 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$$

$$\text{Fehler} = \frac{\text{falsch} - \text{richtig}}{\text{richtig}} \cdot 100\% = \frac{346,5 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} - 329 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}}{329 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}} \cdot 100\% = 5,3 \%$$

Der Fehler beträgt 5,3%.

[2.4.] geg.: 500 Wellen, T = 60 min pro Schneide, 4 Schneiden pro Platte,

$$l_w = 300\text{mm}, \quad \chi_r = 75^\circ, \quad l_a = \frac{a_p}{\tan \chi_r}$$

$$l = l_a + l_w = \frac{5\text{mm}}{\tan 75^\circ} + 300\text{mm} = 301,34\text{mm}$$

$$\text{Schnittzeit } t_c = \frac{l \cdot i}{f \cdot n_c} = \frac{301,34 \text{ mm}}{0,63 \text{ mm} \cdot 350 \frac{1}{\text{min}}} = 1,367 \text{ min}$$

$$500 \cdot l_c = T \cdot 4 \cdot z \quad \Rightarrow \quad z = \frac{500 \cdot t_c}{T \cdot 4} = \frac{500 \cdot 1,367 \text{ min}}{60 \text{ min} \cdot 4}$$

$$z = 2,8$$

⇒ Es werden 3 Wendschneidplatten benötigt!

[2.5.]

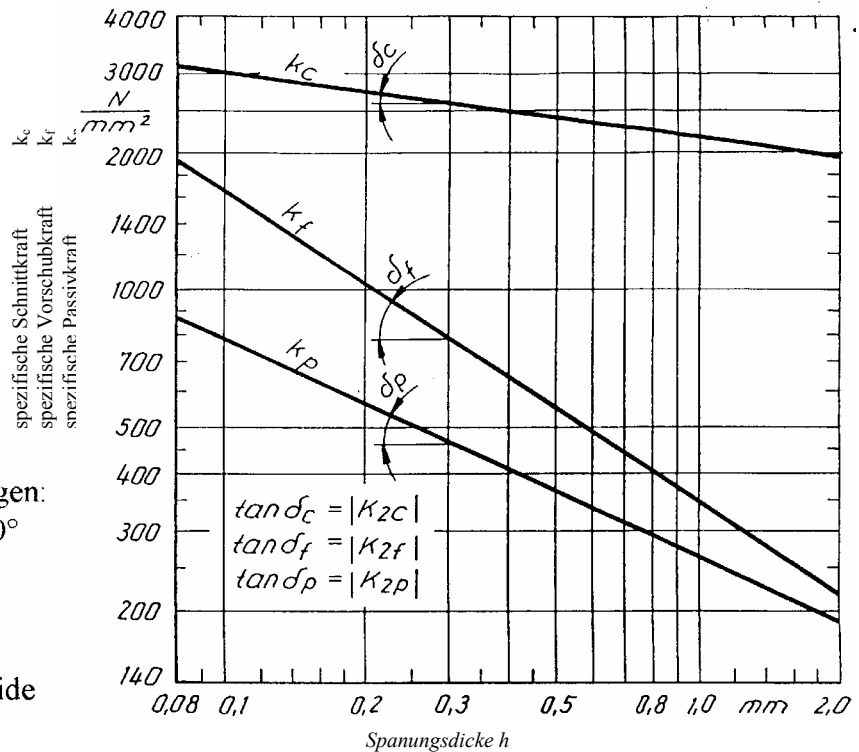
Werkstoff: C45

Gültigkeitsbedingungen:

$$\gamma_0 = 6^\circ \quad \lambda_s = 0^\circ$$

$$v_c = 90 \text{ bis } 125 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

arbeitsscharfe Schneide



$$k_c = K_{1c} \cdot h^{K_{2c}}$$

$$K_{2c} = -0,14 \quad K_{1c} = 2180 \frac{\text{N}}{\text{mm}^{2+K_{2c}}}$$

$$k_f = K_{1f} \cdot h^{K_{2f}}$$

$$K_{2f} = -0,68 \quad K_{1f} = 343 \frac{\text{N}}{\text{mm}^{2+K_{2f}}}$$

$$k_p = K_{1p} \cdot h^{K_{2p}}$$

$$K_{2p} = -0,48 \quad K_{1p} = 263 \frac{\text{N}}{\text{mm}^{2+K_{2p}}}$$

$$F_c = a_p \cdot f \cdot k_c$$

$$k_c = K_{1c} \cdot h^{K_{2c}}$$

$$F_f = a_p \cdot f \cdot k_f$$

$$k_f = K_{1f} \cdot h^{K_{2f}}$$

$$F_p = a_p \cdot f \cdot k_p$$

$$k_p = K_{1p} \cdot h^{K_{2p}}$$

$$\underline{h} = f \cdot \sin \chi = 0,63 \text{ mm} \cdot \sin 75^\circ = \underline{0,6085 \text{ mm}}$$

$$k_c = K_{1c} \cdot h^{K_2c} = 2180 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2 \cdot \text{mm}^{K_2c}} \cdot 0,6085^{-0,14} \text{mm}^{K_2c} = 2337 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$k_f = K_{1f} \cdot h^{K_2f} = 343 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2 \cdot \text{mm}^{K_2f}} \cdot 0,6085^{-0,68} \text{mm}^{K_2f} = 480,84 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$k_p = K_{1p} \cdot h^{K_2p} = 263 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2 \cdot \text{mm}^{K_2p}} \cdot 0,6085^{-0,48} \text{mm}^{K_2p} = 333,82 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$F_c = a_p \cdot f \cdot h_c = 5\text{mm} \cdot 0,63\text{mm} \cdot 2337 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 7361,55 \text{ N}$$

$$F_f = a_p \cdot f \cdot h_f = 5\text{mm} \cdot 0,63\text{mm} \cdot 480,84 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 1514,65 \text{ N}$$

$$F_p = a_p \cdot f \cdot h_p = 5\text{mm} \cdot 0,63\text{mm} \cdot 333,82 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 1051,53 \text{ N}$$

$$\underline{F} = \sqrt{F_c^2 + F_f^2 + F_p^2} = \sqrt{(7361,55\text{N})^2 + (1514,65\text{N})^2 + (1051,53\text{N})^2} = \underline{\underline{7589 \text{ N}}}$$

[2.6.]

$$E_c = F_c \cdot l_c \quad \text{mit} \quad l_c = v_{c(\text{exakt})} \cdot t_c$$

$$l_c = 104,458 \frac{\text{m}}{\text{min}} \cdot 1,393 \text{ min} = 145,51 \text{ m}$$

$$E_f = F_f \cdot l_f \quad \text{mit} \quad l_f = l_w + l_a$$

$$l_f = \frac{5\text{mm}}{\tan 75^\circ} + 300\text{mm} = 301,34\text{mm}$$

für 1 Welle:  $E_c = 7361,55 \text{ N} \cdot 145,51 \text{ m} = 1100281,141 \text{ Ws} = \underline{\underline{0,306 \text{ kWh}}}$

für 500 Wellen:  $E_c = 0,306 \text{ kWh} \cdot 500 = \underline{\underline{152,82 \text{ kWh}}}$

für 1 Welle:  $E_f = 1514,65 \text{ N} \cdot 0,30134 \text{ m} = 456,42 \text{ Ws} = \underline{\underline{0,000127 \text{ kWh}}}$

für 500 Wellen:  $E_f = 0,000127 \text{ kWh} \cdot 500 = \underline{\underline{0,0634 \text{ kWh}}}$

Anteil von  $E_c$  an  $E_l$  bei 500 Wellen: 99,96 %

Anteil von  $E_f$  an  $E_l$  bei 500 Wellen: 0,04 %

[2.7.]

$$e_c = \frac{E_c}{V} = \frac{F_c \cdot l_c}{A \cdot l_c} = \frac{E_c}{a_p \cdot f \cdot l_c}$$

$$= \frac{1100281,141 \text{ Ws}}{0,5\text{cm} \cdot 0,063\text{cm} \cdot 14551\text{cm}} = \underline{\underline{2400,5 \frac{\text{J}}{\text{cm}^3}}}$$

[2.8.]

$$P_{c_{\text{ex}}} = F_c \cdot v_{c_{\text{ex}}} = 7361,55 \text{ N} \cdot 104,458 \frac{\text{m}}{\text{min}} \cdot \frac{\text{Ws} \cdot \text{min} \cdot \text{kW}}{\text{Nm} \cdot 60\text{s} \cdot 1000\text{W}} = \underline{\underline{12,816 \text{ kW}}}$$

$$P_c = F_c \cdot v_c = 7361,55 \text{ N} \cdot 110 \frac{\text{m}}{\text{min}} \cdot \frac{\text{Ws} \cdot \text{min} \cdot \text{kW}}{\text{Nm} \cdot 60\text{s} \cdot 1000\text{W}} = \underline{\underline{13,496 \text{ kW}}}$$

$$\text{Fehler} = \frac{P_c - P_{c_{\text{ex}}}}{P_{c_{\text{ex}}}} \cdot 100\% = \frac{13,496\text{kW} - 12,816\text{kW}}{12,816\text{kW}} \cdot 100\% = \underline{\underline{5,31\%}}$$

$$P_{f_{ex}} = F_f \cdot v_f = 1514,65 \text{ N} \cdot 0,2205 \frac{\text{m}}{\text{min}} \cdot \frac{\text{Ws} \cdot \text{min} \cdot \text{kW}}{\text{Nm} \cdot 60\text{s} \cdot 1000 \text{ W}} = \underline{0,0056 \text{ kW}}$$

$$P_{l_{ex}} = P_{f_{ex}} + P_{c_{ex}} = 0,0056 \text{ kW} + 12,816 \text{ kW} = \underline{12,8216 \text{ kW}}$$

Anteil von  $P_{c_{ex}}$  an  $P_{l_{ex}}$  ca. 99,96 %

Anteil von  $P_{f_{ex}}$  an  $P_{l_{ex}}$  ca. 0,04 %

[2.9.]

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \quad \text{mit } P_{zu} = P_{motor} \quad \Leftrightarrow \quad P_{motor} = \frac{13,496 \text{ kW}}{0,7} = \underline{19,28 \text{ kW}}$$

[2.10.]

$$\text{geg.: } E = 2,1 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad I = \frac{a^4}{12} \quad l = 25 \text{ mm}$$

$$f_c = \frac{F_c \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot I} = \frac{F_c \cdot l^3 \cdot 12}{3 \cdot E \cdot a^4}$$

$$\Leftrightarrow a = \sqrt[4]{\frac{F_c \cdot l^3 \cdot 12}{3 \cdot E \cdot f_c}} = \sqrt[4]{\frac{7361,55 \text{ N} \cdot (25 \text{ mm})^3 \cdot 12}{3 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 0,05 \text{ mm}}}$$

$$\underline{a_{min} = 14,47 \text{ mm}}$$

Der genormte Schaftquerschnitt von 16x16 (in mm) sollte mindestens gewählt werden.

[2.11.]

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta \quad Q = \frac{1100,281 \text{ kJ}}{100\%} \cdot 80\% = \underline{880,225 \text{ kJ}}$$

$$m = V \cdot \rho \quad \text{mit } V = Q \cdot t_c \quad (Q \text{ aus 2.3.)}$$

$$m = 329 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \cdot 1,367 \text{ min} \cdot 0,0079 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} = \underline{3,553 \text{ kg}}$$

$$\Delta\vartheta = \frac{Q}{c \cdot m} = \frac{880,225 \text{ kJ}}{0,57 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 3,553 \text{ kg}} = \underline{415,6 \text{ K}}$$

$$\Delta\vartheta + \vartheta_{\text{Raum}} = \vartheta_{\text{Span}} \quad \text{Spantemperatur } [^\circ\text{C}]$$

$$20^\circ\text{C} + 415,6^\circ\text{C} = \underline{435,6^\circ\text{C}}$$

Die maximale Spantemperatur beträgt 435,6 °C.

[2.12.]

$$h = f \cdot \sin \chi = 0,63 \cdot \sin 45^\circ = \underline{0,445 \text{ mm}}$$

$$k_c = K_{1C} \cdot h^{K_2C} = 2180 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2 \cdot \text{mm}^{K_2C}} \cdot 0,445^{-0,14} \text{mm}^{K_2C} = \underline{2441,67 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$F_c = a_p \cdot f \cdot h_c = 5 \text{mm} \cdot 0,63 \text{mm} \cdot 2441,67 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = \underline{7691,245 \text{ N}}$$

$$E_c = F_c \cdot l_c = 7691,245 \text{ N} \cdot 145,51 \text{m} = 1119153,06 \text{ Ws} = \underline{0,31 \text{ kWh}}$$

$$e_c = \frac{E_c}{a_p \cdot f \cdot l_c} = \frac{1119153,06 \text{ J}}{0,5 \text{cm} \cdot 0,063 \text{cm} \cdot 14551 \text{cm}} = \underline{2441,67 \frac{\text{J}}{\text{cm}^3}}$$

$$P_c = F_c \cdot v_c = 7691,245 \text{ N} \cdot 110 \frac{\text{m}}{\text{min}} \cdot \frac{\text{Ws} \cdot \text{min} \cdot \text{kW}}{\text{Nm} \cdot 60 \text{s} \cdot 1000 \text{W}} = \underline{14,1 \text{ kW}}$$

$$P_{\text{mot}} = \frac{P_c}{\eta} = \frac{14,1 \text{ kW}}{0,7} = \underline{20,14 \text{ kW}}$$

$$Q = E_c + E_k = 1119153,06 \text{ J} + 456,42 \text{ J} = \underline{1119609,48 \text{ J}} \approx 1120 \text{ kJ}$$

$$\Delta \vartheta = \frac{Q}{c \cdot m} = \frac{1119,60948 \text{ kJ}}{0,57 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 3,553 \text{kg}} = 552,8 \text{ K}$$

$$\vartheta_{\text{Span}} = \Delta \vartheta + \vartheta_{\text{Raum}} = 20^\circ \text{C} + 552,8^\circ \text{C} = \underline{572,8^\circ \text{C}}$$

Die maximale Spantemperatur beträgt  $572,8^\circ \text{C}$ .

für  $\chi_r = 75^\circ$

$$k_c = 2337 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$F_c \approx 7362 \text{ N}$$

$$e_c = 2400,5 \frac{\text{J}}{\text{cm}^3}$$

$$P_{\text{Motor}} = 19,28 \text{ kW}$$

$$\vartheta_{\text{Span}} = 435,6^\circ \text{C}$$

für  $\chi_r = 45^\circ$

$$k_c = 2441,67 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$F_c \approx 7691 \text{ N}$$

$$e_c = 2441,67 \frac{\text{J}}{\text{cm}^3}$$

$$P_{\text{Motor}} = 20,14 \text{ kW}$$

$$\vartheta_{\text{Span}} = 572,8^\circ \text{C}$$

**Auswertung**

für den kleineren Winkel  $\chi_r$  ist der  $k_c$ -Wert um 4,48 % höher!

für den kleineren Winkel  $\chi_r$  ist der  $F_c$ -Wert um 4,47 % höher!

bei  $\chi_r = 45^\circ$  Anstieg von  $e_c$  um 1,72%

bei  $\chi_r = 45^\circ$  muss ein Motor mit einer 4,47 % höheren Leistung verwendet werden! ==> Energieverbrauch!!

31,5% höher ist die Spantemperatur (bei  $\chi_r = 45^\circ$ )

==> Materialbeanspruchung