

## Schraubenauslegung für die Verbindung Halteblech zu Siebträgeraufnahme

Hochschule für  
angewandte  
Wissenschaften München

Die Siebträgeraufnahme wird mithilfe von jeweils 12 M4x22 Senkkopfschrauben und Senkkopfmutterhülsen aus Edelstahl (A2-70 bzw. A4-70 -> Streckgrenze 450 N/mm<sup>2</sup>) zwischen Halte- und Versteifungsblech befestigt. Dazu werden die Senkkopfmutterhülsen immer abwechselnd von oben und unten in die Durchgangsbohrung geführt und anschließend mit einer Senkkopfschraube von der jeweils anderen Seite verschraubt. Auf diese Weise werden die entstehenden Querkräfte kompensiert.

Fakultät für Maschinenbau  
Fahrzeugtechnik  
Flugzeugtechnik  
Dachauer Straße 98 b  
80335 München

Felix Kistler  
19.06.2023

Der Außendurchmesser der Siebträgeraufnahme beträgt 98 mm, das Halteblech sollte das nicht überschreiten. Der Lochkreisdurchmesser für die Verschraubung Halteblech/Siebträgeraufnahme wird dadurch 91 mm.

Über die beiden Flügel am Siebträger müssen 5000 N Druckkraft aufgenommen werden und es werden 5000 N Klemmkraft benötigt, damit das System bis 16 bar dicht bleibt.

Die Kräfte werden durch 2 x 4 Schrauben auf 3 Uhr und 9 Uhr Position aufgebracht und durch 2 x 2 Schrauben auf 0 und 6 Uhr zusätzlich fixiert. Das Halteblech benötigt die Senkungen für die Schraubenköpfe, das eliminiert die Spannstifte.

Positionen der Schrauben:

3 Uhr / 9 Uhr: Abweichend davon - 30 ° - 10 ° + 10 ° + 30 °

0 Uhr / 6 Uhr: Abweichend davon - 10 ° + 10 °

Eine M4 Schraube benötigt Durchmesser 7 mm für die Wandstärke und 3,2 mm Mutterhöhe bei 0,7 mm Gewindesteigung.

Die Senkkopfschraube hat einen 9 mm Schraubenkopfdurchmesser, damit kann man die Schrauben auch im Abstand von 10 mm setzen. Die Rechnung oben ist mit ca. 16 mm.

Der Brühgruppeneinsatz wird ebenfalls von unten an das Halteblech gesetzt und mit 4 oder 6 M4 Senkkopfschrauben bei einem Lochkreis 48 mm verschraubt.

Überprüfung des Spannungsquerschnittes anhand der Vorauslegung nach Kübler.

$$A_S = \frac{F_B + F_{Kl}}{\frac{R_{p0,2}}{\kappa \cdot k_A} - \beta \cdot E \cdot \frac{f_Z}{l_K}}$$

Für die Auslegung wird angenommen bzw. angesetzt:

$$F_B = 5000/8 \text{ N} = 625 \text{ N}$$

$$F_{Kl} = 5000/8 \text{ N} = 625 \text{ N}$$

$$R_{p0,2,A2-70} = 450 \text{ N/mm}^2$$

Reduktionsfaktor  $\kappa = 1,19$  (normale Schraube bei üblichen Reibwerten)

Anziehungsfaktor  $k_A = 1,6$  (messender Drehmomentschlüssel)

Reduktionsfaktor  $\beta = 1,1$  (Schaftschraube als der ungünstigere Fall)

$E = 210000 \text{ N/mm}^2$  (Stahl)

$f_Z = 0,009 \text{ mm}$  (eine Trennfuge, keine Mutter sondern Einschraubverbindung)

$l_K = 31 \text{ mm}$  (Höhe der Siebträgeraufnahme + Blechstärke Halteblech)

Das ergibt einen erforderlichen Spannungsquerschnitt  $A_S = 7,38 \text{ mm}^2$  und bestätigt die bisher angenommenen 8 Stck. tragenden M4 x 22 Verschraubungen.

Das erforderliche Anzugsmoment berechnet sich zu

$$M_A = F_{VM} \cdot \left[ 0,159 \cdot P + \mu_{ges} \cdot \left( 0,577 \cdot d_2 + \frac{d_K}{2} \right) \right]$$

mit

$$F_{VM} = k_A \cdot \left[ F_{Kl} + F_B \cdot (1 - \Phi_K) + F_Z \right]$$

und

$$F_Z = \frac{f_Z}{\delta_S + \delta_T}$$

Womit die Nachgiebigkeiten von Schraube und Teile benötigt werden.

Die Nachgiebigkeit der Schraube setzt sich zusammen aus den Nachgiebigkeiten

- Schraubenkopf  $\delta_K$
- Schaft  $\delta_{Schaft}$
- nicht geschraubtes Gewinde  $\delta_G$
- eingeschraubtes Gewinde  $\delta_{Ge}$
- eingeschnittenes Gewinde  $\delta_M$  mit E-Modul von Messing

$$\delta_K = \frac{0,4 \cdot d}{E \cdot A_N} = 0,6061 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mm}}{\text{N}}$$

$$\delta_{Schaft} = \frac{30 \text{ mm} - 14 \text{ mm}}{E \cdot A_N} = 0,7577 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mm}}{\text{N}}$$

$$\delta_G = \frac{25 \text{ mm} - (30 \text{ mm} - 14 \text{ mm})}{E \cdot A_{3,Tab}} = 9,094 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mm}}{\text{N}}$$

$$\delta_{Ge} = \frac{0,5 \cdot d}{E \cdot A_{3,Tab}} = 1,2289 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mm}}{\text{N}}$$

$$\delta_M = \frac{0,33 \cdot d}{E \cdot A_N} = 1,08 \cdot 10^{-6} \frac{mm}{N}$$

$$\delta_S = 14,476 \cdot 10^{-6} \frac{mm}{N}$$

$$A_N = 12,57 \text{ mm}^2$$

$$A_{3,Tab} = 7,75 \text{ mm}^2$$

Für die Nachgiebigkeit der Teile gilt es festzustellen

$$d_w = 9 \text{ mm} \leq D_A = 9 \text{ mm} < d_w + l_K = 40 \text{ mm}$$

womit für den Ersatzquerschnitt

$$A_{ers} = \frac{\pi}{4} \cdot (d_w^2 - d_h^2) + \frac{\pi}{8} \cdot d_w \cdot (D_A - d_w) \cdot [(x+1)^2 - 1] = 47,71 \text{ mm}^2$$

mit

$$x = \sqrt[3]{\frac{l_K \cdot d_w}{D_A^2}} = 1,5102$$

angesetzt wird.

$$d_w = 9 \text{ mm}$$

$$d_h = 4,5 \text{ mm}$$

$$D_A = 9 \text{ mm}$$

Die Nachgiebigkeit der Teile wird dann zu

$$\delta_T = \frac{l_k}{E \cdot A_{ers}} = 3,095 \cdot 10^{-6} \frac{mm}{N}$$

Im Weiteren wird das Kraftverhältnis zu

$$\Phi_K = \frac{\delta_T}{\delta_T + \delta_S} = 0,195$$

und der Setzkraftverlust

$$F_Z = \frac{f_Z}{\delta_S + \delta_T} = 566,9 \text{ N}$$

Was zu einer erforderlichen Montagevorspannkraft

$$F_{VM} = k_A \cdot \left[ F_{KI} + F_B \cdot (1 - \Phi_K) + F_Z \right] = 2712 \text{ N}$$

führt. Die Zulässigkeit dieser Montagevorspannkraft ist noch zu überprüfen.

— Woraus sich ein Anzugsmoment von

$$M_A = F_{VM} \cdot \left[ 0,159 \cdot P + \mu_{ges} \cdot \left( 0,577 \cdot d_2 + \frac{d_K}{2} \right) \right] = 2,93 \text{ Nm}$$

mit

$$\begin{aligned} d_2 &= 8,96 \text{ mm} \\ d_k/2 &= 2,9 \text{ mm} \end{aligned}$$

—  
—  
—  
ergibt.