

## Konstruktions-/Zeichenaufgabe 4M WS 02/03

### Konstruieren einer Spindellagerung für eine Tischfräse

#### Technische Daten der Tischfräse:

|                   |                        |
|-------------------|------------------------|
| Antriebsleistung: | 6,3 KW                 |
| Nennzahl:         | 3000 Umdrehungen / min |
| Spindellänge:     | 200 mm                 |

#### Aufgabenbeschreibung:

Konstruktion einer Spindellagerung für eine Waagerechttischfräse. Die Spindellagerung soll in einem Gussgehäuse untergebracht werden und für die vorgegebenen Technische Daten ausgelegt sein. Bei der Konstruktion sind auch die Arbeitsbedingungen in der Holzverarbeitenden Industrie zu berücksichtigen.

# **Inhaltsverzeichnis:**

## **1. Zeichnungen**

|     |  |   |
|-----|--|---|
| 1.1 | Handzeichnung der Spindellagerung mit Änderungsbeschreibung..... | 2 |
| 1.2 | Zusammenbauzeichnung der Spindellagerung.....                    | 3 |
| 1.3 | Einzelteilzeichnung der Antriebsspindel.....                     | 4 |
| 1.4 | Zusammenbauzeichnung mit Stückliste.....                         | 5 |
| 1.5 | Informationen über Kaufteile.....                                | 6 |
| 1.6 | Montagebeschreibung.....   | 7 |

## **2. Berechnungen**

|     |   |       |
|-----|---|-------|
| 2.1 | Vorab Berechnung des Wellendurchmessers.....                                      | 8     |
| 2.2 | Berechnung der Riemenkraft, des Torsionsmomentes und der Kraft auf die Welle..... | 8-9   |
| 2.3 | Berechnung der Auflagerkräfte, Torsions- und Biegemomente.....                    | 9-10  |
| 2.4 | Berechnung der Lagerlebensdauer der Lagerung.....                                 | 10    |
| 2.5 | Berechnung der Gestaltfestigkeit der Welle.....                                   | 11-14 |
| 2.6 | Berechnung der Passfederverbindung.....   | 14    |
| 2.7 | Berechnung der Kegelverbindung .....  | 15    |
| 2.8 | Tabellen und Diagramme die zur Berechnung verwendet wurden.....                   | 16-19 |

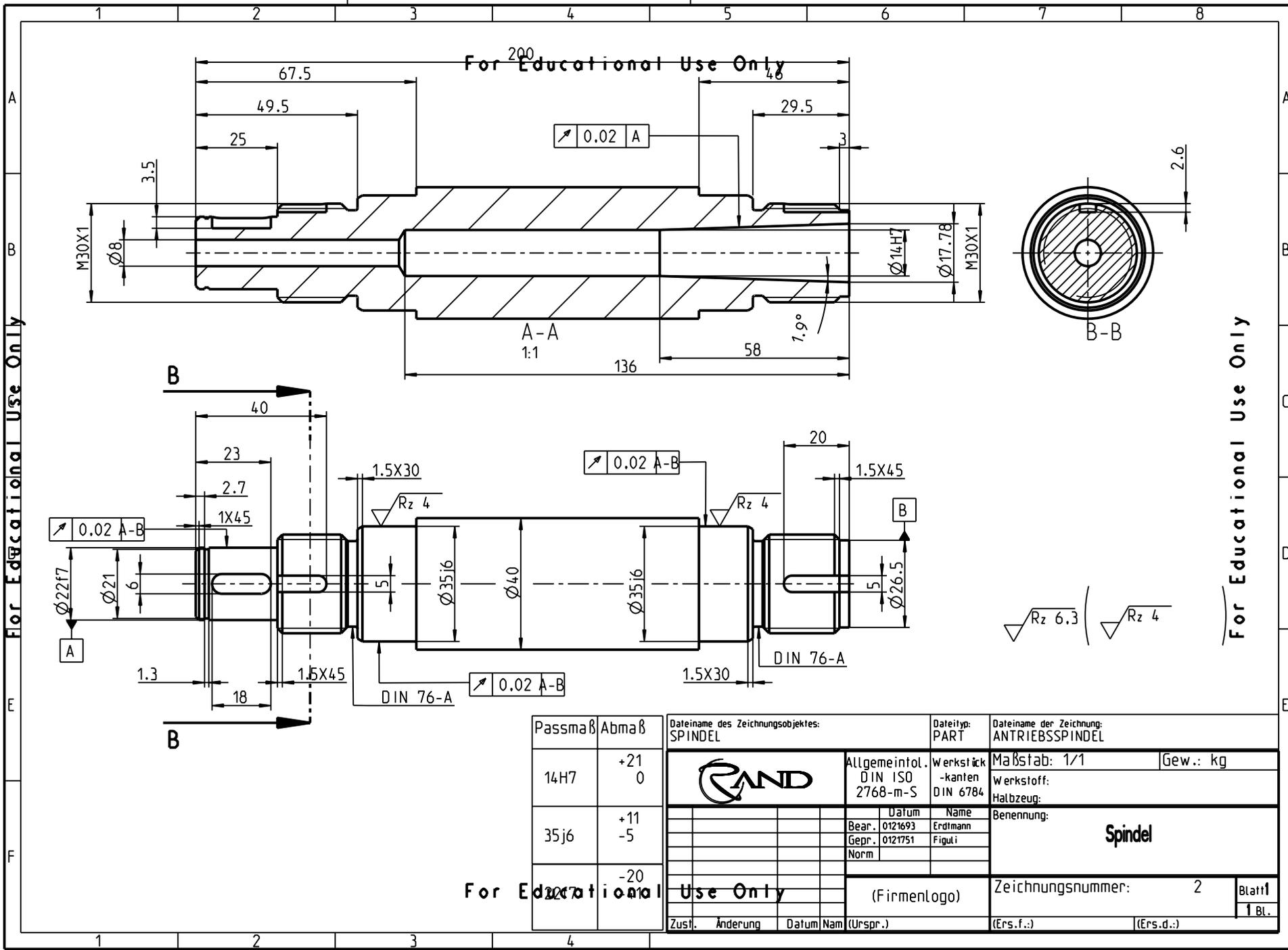
## **3. Zusammenfassung**

|     |   |       |
|-----|---|-------|
| 3.1 | Diskussion der Ergebnisse.....                              | 20-21 |
| 3.2 | Auflistung verwendeter Literatur und Computerprogramme..... | 22    |

## Änderungen an der Vorabzeichnung:

Der Hauptgrund für die Änderung unserer 1. Zeichnung besteht darin, dass wir am Anfang von einer vertikalen Gebrauchslage der Antriebsspindel ausgegangen sind und uns für eine andere Werkzeugaufnahme entschieden haben. Durch die Änderung der Werkzeugaufnahme hat sich die ganze Geometrie unseres Bauteils verändert. Als Werkzeugaufnahme haben wir uns für einen Morsekegel 2 entschieden der den Wellendurchmesser an der Arbeitsseite vergrößert hat. Durch geringere Abstufungsabstände der Welle ist der max. Wellendurchmesser trotzdem nur 40 mm. Um das Werkzeug aus dem Morsekegel austreiben zu können haben wir die Welle mit einer Querbohrung versehen, in die eine Austreibspindel integriert ist. Bei unserer neuen Konstruktion legten wir mehr Wert auf die Gestaltung des Gussgehäuses und versuchten die Wandstärken im Bereich von 6- 8 mm zu halten. Die Labyrinthdichtung und die Lagerung haben wir beibehalten und sie an die neue Gebrauchslage und Gehäusegeometrie angepasst. Als Antrieb haben wir uns für eine Keilriemenscheibe entschieden.

## 1.2 Zusammenbauzeichnung der Spindellagerung



For Educational Use Only

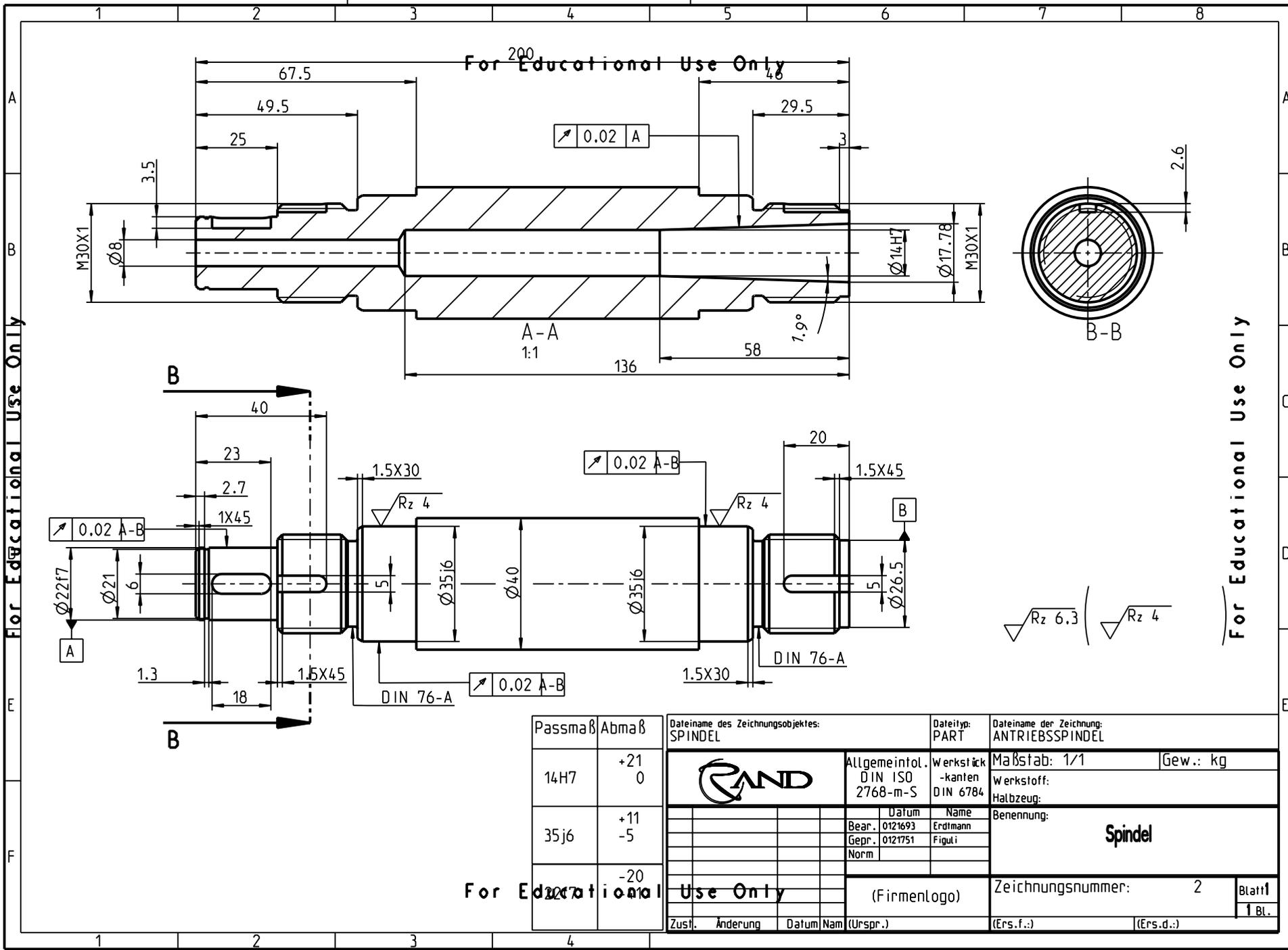
For Educational Use Only

For Educational Use Only

| Passmaß | Abmaß     |
|---------|-----------|
| 14H7    | +21<br>0  |
| 35j6    | +11<br>-5 |
|         | -20       |

|   |  |                                      |   |                                    |
|---|--|--------------------------------------|---|------------------------------------|
| Dateiname des Zeichnungsobjektes:<br>SPINDEL  |  | Dateityp:<br>PART                    | Dateiname der Zeichnung:<br>ANTRIEBSSPINDEL |                                    |
|  |  | Allgemeintol.<br>DIN ISO<br>2768-m-S | Werkstück<br>-kanten<br>DIN 6784            |                                    |
|   |  |                                      | Maßstab: 1/1 Gew.: kg                       |                                    |
| Zust.   |  | Datum                                | Name  | Benennung:<br><br><b>Spindel</b>   |
| Änderung  |  | Bear. 0121693                        | Erdmann                                     |                                    |
| Datum   |  | Gepr. 0121751                        | Figuli                                      |                                    |
| Norm  |  |                                      |   | Zeichnungsnummer: 2 Blatt<br>1 Bl. |
| (Firmenlogo)  |  |                                      |   |                                    |
| Zust.   |  | (Ers.f.):                            |   | (Ers.d.):                          |

For Educational Use Only



For Educational Use Only

For Educational Use Only

| Passmaß | Abmaß     |
|---------|-----------|
| 14H7    | +21<br>0  |
| 35j6    | +11<br>-5 |
|         | -20       |

|   |          |                                      |   |                              |           |
|---|----------|--------------------------------------|---|------------------------------|-----------|
| Dateiname des Zeichnungsobjektes:<br>SPINDEL  |          | Dateityp:<br>PART                    | Dateiname der Zeichnung:<br>ANTRIEBSSPINDEL |                              |           |
|  |          | Allgemeintol.<br>DIN ISO<br>2768-m-S | Werkstück                                   | Maßstab: 1/1                 | Gew.: kg  |
|   |          |                                      | -kanten<br>DIN 6784                         | Werkstoff:                   | Halbzeug: |
|   |          | Datum                                | Name  | Benennung:<br><b>Spindel</b> |           |
|   |          | Bear. 0121693                        | Erdmann                                     |                              |           |
|   |          | Gepr. 0121751                        | Figuli                                      |                              |           |
|   |          | Norm                                 |   |                              |           |
|   |          | (Firmenlogo)                         |   | Zeichnungsnummer: 2          | Blatt 1   |
| Zust.   | Änderung | Datum                                | Nam (Urspr.)                                | (Ers.f.):                    | (Ers.d.): |

For Educational Use Only

## 1.5 Informationen über Kaufteile

## 1.6 Montagebeschreibung

## 2.1 Vorab Berechnung des Wellendurchmessers

$$\tau_t = M_t / W_t \geq \tau_{tzul}$$

$$\Rightarrow 0,2 * d^3 = W_t \geq M_t / \tau_{tzul}$$

$$\Rightarrow d \geq \sqrt[3]{\frac{M_t}{0,2 * \tau_{tzul}}} = \sqrt[3]{\frac{20050 N / mm^2}{0,2 * 82,5 N / mm^2}} \approx 10,7 \text{ mm}$$

$$\tau_{tzul} = \tau_{tw} / S_D * k\tau = 330 \text{ N} / \text{mm}^2 / (2 * 2) = \underline{\underline{82,5 \text{ N} / \text{mm}^2}}$$

$$\sigma_b = Mb / Wb \geq \sigma_{bzul}$$

$$\sigma_{bzul} = \sigma_{bw} / S_D * k\tau = 550 \text{ N} / \text{mm}^2 / (2 * 2) = \underline{\underline{137,5 \text{ N} / \text{mm}^2}}$$

$$\Rightarrow d \geq \sqrt[3]{\frac{Mb}{0,2 * \sigma_{bzul}}} = \sqrt[3]{\frac{44658 N / mm^2}{0,1 * 137,5 N / mm^2}} \approx 14,8 \text{ mm}$$

Die Berechnungen sind für den max. auftretenden Biege- und Torsionsmoment berechnet und werden bei Vollwellen verwendet.

## 2.2 Berechnung der Riemenkraft, des Torsionsmomentes und der Kraft auf die Welle

### **Berechnung des Torsionsmomentes:**

$$M_t = P / \omega = \frac{6300W}{\frac{\pi * 3000}{30s}} = \underline{\underline{20,05 \text{ Nm}}}$$

### **Berechnung der Riemenkraft:**

$$F_t = M_t * 2 / d = 20,05 \text{ Nm} * 2 / 0,1 \text{ m} = \underline{\underline{401 \text{ N}}}$$

### **Berechnung der Kraft auf die Welle:**

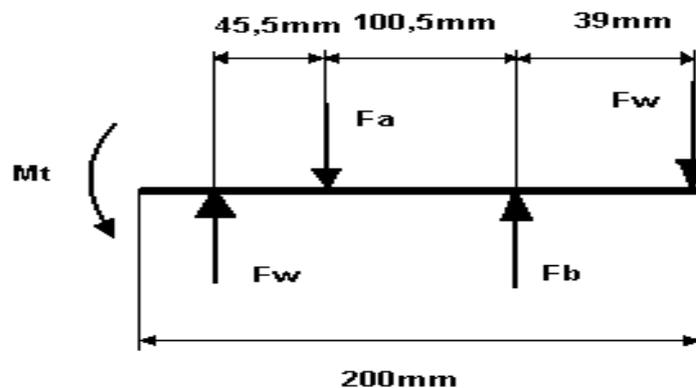
$$F_w = k * F_t$$

Reibfaktor  $\mu = 0,5$  aus Tabelle 16.1 für Riemenwerkstoff (mehrlagige Baumwoll-, Polyamidfasern).  $k = 1,6$  aus Tabelle 16.5 für  $\beta_1 = 180^\circ$  entnommen.

$$F_w = k * F_t = 1.6 * 401 \text{ N} = \underline{\underline{641,5 \text{ N}}}$$

## 2.3 Berechnung der Auflagerkräfte, Torsions- und Biegemomente

**Berechnung der Auflagerkräfte:**



$$M_t = 20,05 \text{ Nm} ; F_w = 641,5 \text{ N}$$

Im Lager B gibt es noch eine X- Komponente die durch die Spannkraft der Feder verursacht wird. Die Federkraft haben wir mit 150 N festgelegt.

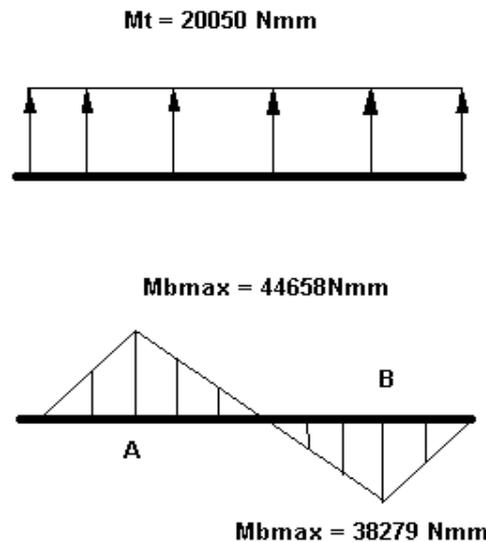
$$\Sigma M_B = 0 = F_A * 100,5 \text{ mm} - F_w * 146 \text{ mm} - F_w * 39 \text{ mm} + M_t$$

$$\Rightarrow F_A = (F_w * 185 \text{ mm} - M_t) / 100,5 \text{ mm} = \underline{\underline{981,5 \text{ N}}}$$

$$\uparrow \Sigma F_y = 0 = F_w - F_w - F_A + F_B$$

$$\Rightarrow F_B = F_A = \underline{\underline{981,5 \text{ N}}}$$

**Daraus ergibt sich dann folgender Momentenverlauf:**



## 2.4 Berechnung der Lagerlebensdauer der Lagerung

$C = 16 \text{ KN}$        $p = 3$  für Rillenkugellager

$$L = (C / P)^p$$

$$P = x \cdot F_r + y \cdot F_a \quad ; \quad F_a = F_f \quad ; \quad F_r = F_A$$

$$F_a / C = 981,5 \text{ N} / 160000 \text{ N} = 0,09375 \quad \text{nach Tb. 14-3}$$

$$\Rightarrow e = 0,22$$

$$F_a / F_r = 150 \text{ N} / 981,5 \text{ N} = 0,153 < e \Rightarrow x = 1 \text{ und } y = 0$$

$$P = 1 \cdot 981,5 \text{ N} = \underline{981,5 \text{ N}}$$

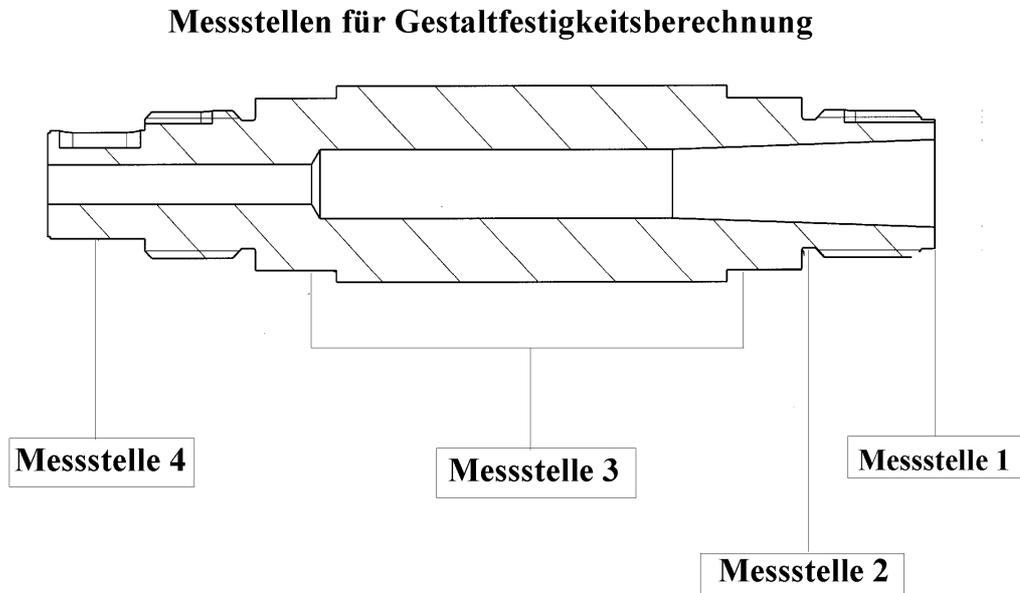
$$L = (16000 \text{ N} / 981,5 \text{ N})^3 = \underline{4332}$$

$$L_{10h} = \frac{L \cdot 10^6 h}{n \cdot 60 \text{ min}} = \frac{4332 \cdot 10^6 h}{3000 \cdot 1 / \text{min} \cdot 60 \text{ min}} = \underline{24067 \text{ h}}$$

$$f_L = \frac{C}{P} \cdot \sqrt[p]{\frac{33,333}{n}} = \frac{16000 \text{ N}}{981,5 \text{ N}} \cdot \sqrt[3]{\frac{33,333}{3000}} = \underline{3,64}$$

## 2.5 Berechnung der Gestaltfestigkeit der Welle

$\tau_{tw} = 330 \text{ N / mm}^2$  ;  $\sigma_{bw} = 550 \text{ N / mm}^2$  ; nach Tb.1-1 für 20MnCr5



### **Messstelle 1:**

$$\tau_t = M_t / W_t = \frac{20050 \text{ Nmm}}{\frac{\pi}{16} * \left( \frac{D^4 - d^4}{D} \right)} = \frac{20050 \text{ Nmm}}{\frac{\pi}{16} * \left( \frac{25,65 \text{ mm}^4 - 17,8 \text{ mm}^4}{25,65 \text{ mm}} \right)} = \underline{\underline{7,88 \text{ N / mm}^2}}$$

Tabellenwerte für Messstelle 1:

$$K_t = 0,8 ; K_g = 0,92 ; K_\alpha = 0,96 ; K_o = 0,87 ; \beta_k = 2,0$$

$$K_g = K_t * K_g * K_\alpha = 0,8 * 0,92 * 0,96 = \underline{\underline{0,71}}$$

$$K_\sigma = \left( \frac{\beta_k}{K_g} + \frac{1}{K_o} - 1 \right) = \left( \frac{2}{0,71} + \frac{1}{0,87} - 1 \right) = \underline{\underline{2,97}}$$

$$\tau_{\sigma} = \tau_{tw} / K_{\sigma} = 330 \text{ N / mm}^2 / 2,97 = \underline{\underline{111 \text{ N / mm}^2}}$$

$$S_D = \tau_{\sigma} / \tau_t = 111 \text{ N / mm}^2 / 7,88 \text{ N / mm}^2 \approx \underline{\underline{14}}$$

## Messstelle 2:

$$\tau_t = M_t / W_t = \frac{20050 \text{ Nmm}}{\frac{\pi}{16} * \left( \frac{D^4 - d^4}{D} \right)} = \frac{20050 \text{ Nmm}}{\frac{\pi}{16} * \left( \frac{26 \text{ mm}^4 - 16 \text{ mm}^4}{26 \text{ mm}} \right)} = \underline{\underline{6,78 \text{ N / mm}^2}}$$

$$\sigma_b = Mb / Wb = \frac{44658,25 \text{ Nmm}}{\frac{\pi}{16} * \left( \frac{D^4 - d^4}{D} \right)} = \frac{44658,25 \text{ Nmm}}{\frac{\pi}{16} * \left( \frac{26 \text{ mm}^4 - 16 \text{ mm}^4}{26 \text{ mm}} \right)} = \underline{\underline{30,21 \text{ N / mm}^2}}$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 * (\alpha * \tau)^2} = \sqrt{(30,21 \text{ N / mm}^2)^2 + 3 * (0,7 * (6,78 \text{ N / mm}^2))^2} = \underline{\underline{31,31 \text{ N / mm}^2}}$$

Tabellenwerte für Messstelle 2:

$$\beta_k = 1 + C_b * (\beta_{k2.0} - 1) = 1 + 0,5 * (2,5 - 1) = \underline{\underline{1,75}}$$

$$K_t = 0,82 ; K_g = 0,91 ; K_{\alpha} = 0,98 ; K_o = 0,87 ; \beta_k = 1,75$$

$$K_g = K_t * K_g * K_{\alpha} = 0,82 * 0,91 * 0,98 = \underline{\underline{0,73}}$$

$$K_{\sigma} = \left( \frac{\beta_k}{K_g} + \frac{1}{K_o} - 1 \right) = \left( \frac{1,75}{0,73} + \frac{1}{0,87} - 1 \right) = \underline{\underline{2,55}}$$

$$\sigma_g = \sigma_{bw} / K_{\sigma} = 550 \text{ N / mm}^2 / 2,55 = \underline{\underline{215,7 \text{ N / mm}^2}}$$

$$S_D = \sigma_v / \tau_t = 215,7 \text{ N / mm}^2 / 7,88 \text{ N / mm}^2 \approx \underline{\underline{27}}$$

### Messstelle 3:

$$\tau_t = M_t / W_t = \frac{20050 \text{ Nmm}}{\frac{\pi}{16} * \left( \frac{D^4 - d^4}{D} \right)} = \frac{20050 \text{ Nmm}}{\frac{\pi}{16} * \left( \frac{35 \text{ mm}^4 - 14 \text{ mm}^4}{35 \text{ mm}} \right)} = \underline{\underline{2,44 \text{ N / mm}^2}}$$

$$\sigma_b = Mb / Wb = \frac{44658,25 \text{ Nmm}}{\frac{\pi}{16} * \left( \frac{D^4 - d^4}{D} \right)} = \frac{44658,25 \text{ Nmm}}{\frac{\pi}{16} * \left( \frac{35 \text{ mm}^4 - 14 \text{ mm}^4}{35 \text{ mm}} \right)} = \underline{\underline{10,89 \text{ N / mm}^2}}$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 * (\alpha * \tau)^2} = \sqrt{(10,98 \text{ N / mm}^2)^2 + 3 * (0,7 * (2,5 \text{ N / mm}^2))^2} = \underline{\underline{11,28 \text{ N / mm}^2}}$$

Tabellenwerte für Messstelle 3:

$$\beta_k = 1 + C_b * (\beta_{k2.0} - 1) = 1 + 0,3 * (2,75 - 1) = \underline{\underline{1,525}}$$

$$K_t = 0,77 ; K_g = 0,89 ; K_\alpha = 0,975 ; K_o = 0,87 ; \beta_k = 1,525$$

$$K_g = K_t * K_g * K_\alpha = 0,82 * 0,91 * 0,98 = \underline{\underline{0,67}}$$

$$K_\sigma = \left( \frac{\beta_k}{K_g} + \frac{1}{K_o} - 1 \right) = \left( \frac{1,525}{0,67} + \frac{1}{0,87} - 1 \right) = \underline{\underline{2,42}}$$

$$\sigma_g = \sigma_{bw} / K_\sigma = 550 \text{ N / mm}^2 / 2,42 = \underline{\underline{186 \text{ N / mm}^2}}$$

$$S_D = \sigma_g / \sigma_v = 186 \text{ N / mm}^2 / 11,28 \text{ N / mm}^2 \approx \underline{\underline{16,5}}$$

#### Messstelle 4:

$$\tau_t = M_t / W_t = \frac{20050 \text{ Nmm}}{\frac{\pi}{16} * \left( \frac{D^4 - d^4}{D} \right)} = \frac{20050 \text{ Nmm}}{\frac{\pi}{16} * \left( \frac{18,5 \text{ mm}^4 - 15 \text{ mm}^4}{18,5 \text{ mm}} \right)} = \underline{\underline{28,4 \text{ N / mm}^2}}$$

Tabellenwerte für Messstelle 4:

$K_t = 0,88$  ;  $K_g = 0,93$  ;  $K_\alpha = 0,975$  ;  $K_o = 0,87$  ;  $\beta k = 2,2$  für Passfedernut

$$K_g = K_t * K_g * K_\alpha = 0,88 * 0,93 * 0,975 = \underline{\underline{0,8}}$$

$$K_\sigma = \left( \frac{\beta k}{K_g} + \frac{1}{K_o} - 1 \right) = \left( \frac{2,2}{0,8} + \frac{1}{0,87} - 1 \right) = \underline{\underline{2,9}}$$

$$\tau_\sigma = \tau_{tw} / K_\sigma = 330 \text{ N / mm}^2 / 2,9 = \underline{\underline{113,8 \text{ N / mm}^2}}$$

$$S_D = \tau_\sigma / \tau_t = 113,8 \text{ N / mm}^2 / 28,4 \text{ N / mm}^2 \approx \underline{\underline{4}}$$

## 2.6 Berechnung der Passfederverbindung

$$p_m = F_t / (h' * l')$$

$$l' = l - b = 18 \text{ mm} - 6 \text{ mm} = \underline{\underline{12 \text{ mm}}}$$

$$h' = h * 0,45 = 6 \text{ mm} * 0,45 = \underline{\underline{2,7 \text{ mm}}}$$

$$p_m = 681,7 \text{ N} / (12 \text{ mm} * 2,7 \text{ mm}) = \underline{\underline{21,04 \text{ N / mm}^2}}$$

$$p_{mzul} = R_m / S_B = 200 \text{ N / mm}^2 / 2 = \underline{\underline{100 \text{ N / mm}^2}}$$

$$S_D = p_{mzul} / p_m = 100 \text{ N / mm}^2 / 21,04 \text{ N / mm}^2 = \underline{\underline{4,75 \Rightarrow i. O.}}$$

## 2.7 Berechnung der Kegelerbindung

Sicherheit für die Übertragung des Drehmomentes:

Tabellenwerte:

$$\alpha / 2 = 1,431^\circ ; l = 58 \text{ mm} ; d_m = 16,43 \text{ mm} ; M8 \Rightarrow A_s = 36,6 \text{ mm}^2 ; M_t = 20050 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$R_e = 730 \text{ N} / \text{mm}^2 ; \mu = 0,1 \text{ nach Tb. 12.6}$$

$$\text{Reibungswinkel } \tan \rho = \mu \Rightarrow \mu = \arctan \rho = \arctan 0,1 = \underline{\underline{5,71^\circ}}$$

$$F_e = 0,7 * R_e * A_s = 0,7 * 730 \text{ N} / \text{mm}^2 * 36,6 \text{ mm}^2 = \underline{\underline{18703 \text{ N}}}$$

$$v_H = \frac{F_e * d_m * \mu * \cos \rho}{2 * M_t * C_b * \sin(\alpha / 2 + \rho)} = \frac{18703 \text{ N} * 16,43 \text{ mm} * 0,1 * \cos 5,71}{2 * 20050 \text{ N} / \text{mm}^2 * 2 * \sin(1,431 + 5,71)} = \underline{\underline{3,05 \Rightarrow \text{i.O.}}}$$

Sicherheit gegen Aufplatzen der Nabe ( Flächenpressung):

$$p = \frac{F_e}{d_m * \pi * l * \tan(\alpha / 2 + \rho)} = \frac{18703 \text{ N}}{16,43 \text{ mm} * \pi * 58 \text{ mm} * \tan(1,431 + 5,71)} = \underline{\underline{50 \text{ N} / \text{mm}^2}}$$

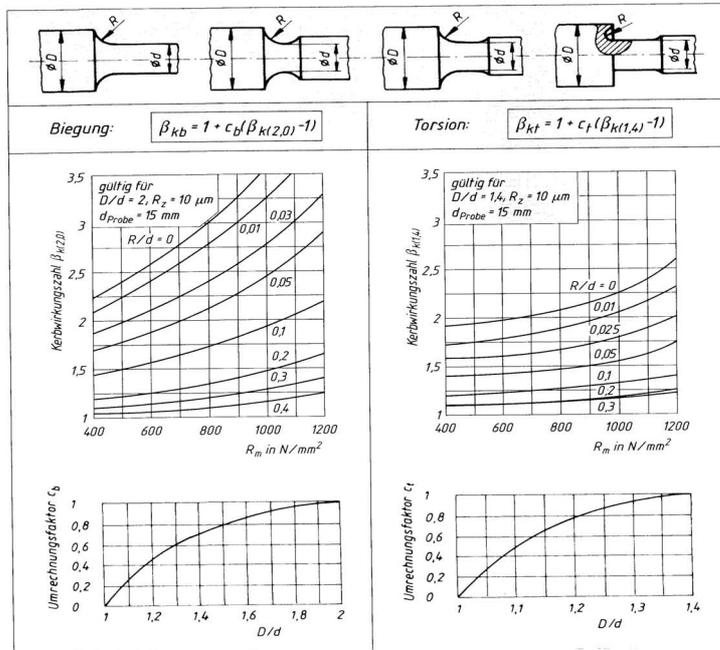
$$p_{zul} = R_e / 2 = 730 \text{ N} / \text{mm}^2 / 2 = \underline{\underline{365 \text{ N} / \text{mm}^2}}$$

$$S_D = p_{zul} / p = 365 \text{ N} / \text{mm}^2 / 50 \text{ N} / \text{mm}^2 = \underline{\underline{7,3 \Rightarrow \text{i.O.}}}$$

## 2.8 Tabellen und Diagramme die zur Berechnung verwendet wurden.

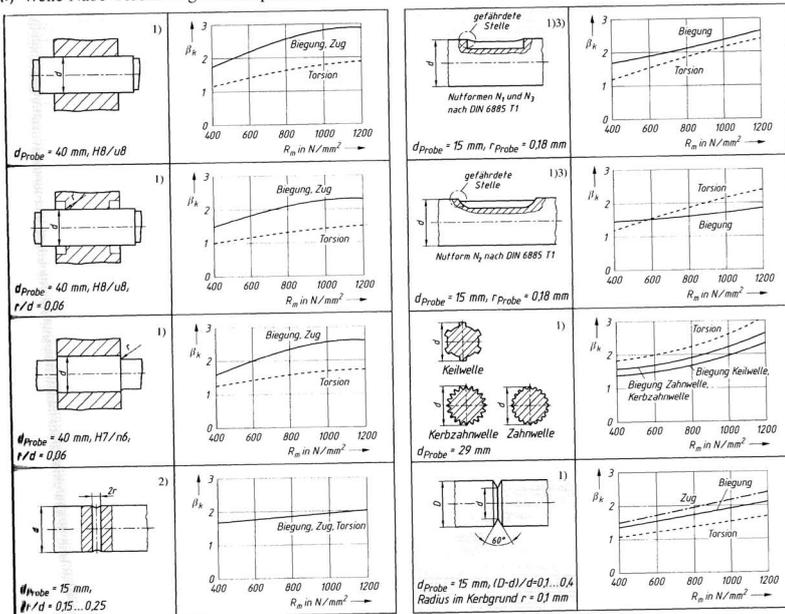
TB 3-9 Kerbwirkungszahlen für

a) abgesetzte Rundstäbe

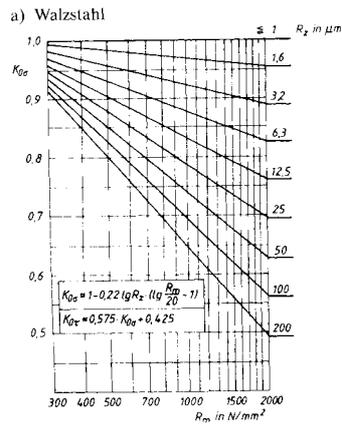


TB 3-9 Fortsetzung

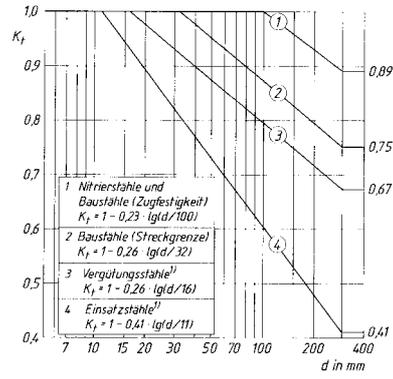
b) Welle-Nabe-Verbindungen und Spitzkerbe



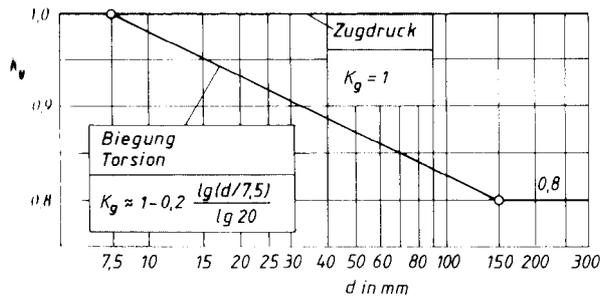
TB 3-11 Faktoren K für den Größeneinfluss



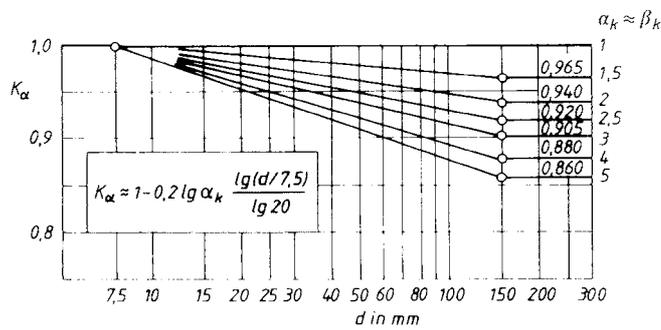
a) Technologischer Größeneinflussfaktor  $K_f$  für Walzstahl



c) Geometrischer Größeneinflussfaktor  $K_g$



d) Formzahlabhängiger Größeneinflussfaktor  $K_{\alpha}$



# Tabellen zur Berechnung der Riemenkraft:

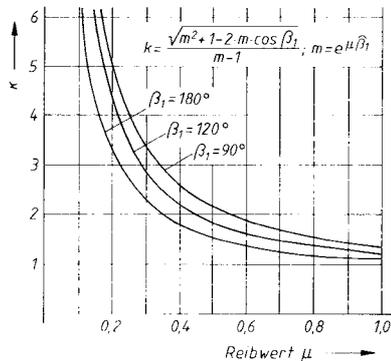
**TB 16-1** Mechanische und physikalische Kennwerte von Flachriemen-Werkstoffen (Anhaltswerte)

| Riemenwerkstoff<br>Riemensorte |   | Elastizitätsmodul<br>$E_z$   $E_b$<br>N/mm <sup>2</sup> |           | Dichte<br>$\rho$<br>kg/dm <sup>3</sup> | zul.<br>Riemen-<br>spannung<br>$\sigma_{zul}$<br>N/mm <sup>2</sup> | max.<br>Verhältnis<br>$t/d$ | max.<br>Biege-<br>häufigkeit<br>$f_{Bmax}$<br>1/s | zul. Nenn-<br>umfangs-<br>kraft<br>$F_{1max}$<br>N/mm | Riemen-<br>geschwin-<br>digkeit<br>$v_{max}$<br>m/s | Reibungszahl<br>$\mu^{(6)}$   | Tem-<br>peratur<br>$\theta_{max}$<br>°C |       |
|--------------------------------|---|---|-----------|--|--|-----------------------------|---|---|---|---|---|-------|
| Leder                          | Standard S  | 250   | 50 ... 90 | 1,0                                    | 3,6 ... 4,1  | 0,033                       | 5   | —   | 30  | Fleischseite<br>( $0,25 + 0,02 \sqrt{v}$ )<br>Haarseite<br>( $0,33 + 0,02 \sqrt{v}$ ) | 35                                      |       |
|                                | Geschmeidig G   | 350   | 40 ... 80 | 0,95                                   | 4,3 ... 5  | 0,04                        | 10  | —   | 40  |   | 45                                      |       |
|                                | Hoch-<br>geschmeidig<br>HGL<br>HGC  | 450   | 30 ... 70 | 0,9                                    | 4,3 ... 6,5  | 0,05                        | 25  | —   | 50  | —   | 70                                      |       |
|                                |   | 4,3 ... 7,5   |           |  |  |                             |   |   |   |   |   |       |
| Gewebe-                        | einlagig: Gummi-<br>Polyamid- bzw.<br>Polyesterfasern                             | 350 ... 1200  |           | 1,1 ... 1,4                            | 3,3 ... 5,4  | 0,35                        | 10 ... 50   | 100   | 80  | (0,5)   | -20                                     |       |
|                                | mehrlagig: Gummi-<br>Polyamid- bzw.<br>Polyester- oder<br>Baumwollfasern          | 900 ... 1500  |           |  |  |                             | 10 ... 20   | 300   | 20 ... 50   |   |   |       |
| Textil-                        | Baumwolle   | 500 ... 1400  | 40        | 1,3                                    | 2,3 ... 5  | 0,05                        | 40  | —   | 50  | (0,3)   | —                                       |       |
|                                | Kunstseide<br>(imprägniert)   | —   |           | 1,0                                    | 3,3 ... 5  | 0,04                        |   | —   |   | (0,35)  |   |       |
|                                | Nylon, Perlon   | 500 ... 1400  |           | 1,1                                    | 9  | 0,07                        |   | 80  |   | 60  |   | (0,3) |
| Mehrschicht-                   | Kordfäden aus<br>Polyamid oder<br>Polyester in<br>Gummi<br>gebettet <sup>1)</sup> | 600 ... 700   | 300       | 1,1 ... 1,4                            | 14 ... 25  | 0,008 ...<br>0,025          | 100   | 200   | 60 ... 120  | (0,7)   | -20                                     |       |
|                                | gebettet <sup>2)</sup>  | 500 ... 600   | 250       |  | 4 ... 12   | 0,01 ...<br>0,035           |   | 400   |   | (0,6)   |   |       |
|                                | ein oder mehrere<br>Polyamidbänder<br>geschichtet und<br>vorgereckt <sup>3)</sup> | 500 ... 600   | 250       |  | 6 ... 18   | 0,008 ...<br>0,025          |   | 800   |   | 60 (80)   |   | (0,7) |
|                                | gebettet und<br>vorgereckt <sup>4)</sup>  | 400 ... 500   | 200       |  | 4 ... 15   | 0,01 ...<br>0,035           |   | —   |   | —   |   | (0,6) |

1) Laufschrift Gummi  
2) Laufschrift Leder  
3) z. B. Extremultus 81 der Fa. Siegling, Hannover  
4) z. B. Extremultus 85/80 der Fa. Siegling, Hannover

5) nur unter günstigen Verhältnissen erreichbar;  
von den Anwendungsbedingungen abhängig  
6)  $\mu$ -Werte sind von vielen Einflussgrößen abhängig (z. B. Alter des Riemen, Laufzeit des Riemen, Umwelteinflüsse, Riemen-geschwindigkeit)

**TB 16-5** Faktor  $k$  zur Ermittlung der Wellenbelastung für Flachriementriebe  
Gilt näherungsweise auch für Keil- und Keilrippenriemen ( $\mu$  entspricht dann  $\mu'$ )



## Anhaltswerte für Lagerlaufzeit:

**II 14-7** Richtwerte für anzustrebende  $f_L$ -Werte (nach FAG) und zugeordnete nominelle Lebensdauerwerte für Wälzlagerungen

| Nr. | Einsatzgebiet                                  | anzustrebender $f_L$ -Wert | Lebensdauer $L_{10h}$ in h <sup>1)</sup> |
|-----|--|----------------------------|--|
| 1   | Haushaltsmaschinen                             | 1,4 ... 2                  | 1400 ... 5000                            |
| 2   | Landmaschinen                                  | 1,4 ... 2                  | 1400 ... 5000                            |
| 3   | Werkzeugmaschinen                              | 3 ... 4                    | 13500 ... 50000                          |
| 4   | Hebezeuge, Fördermaschinen                     | 3 ... 4,5                  | 13500 ... 75000                          |
| 5   | Universalgetriebe (mittel)                     | 2 ... 3                    | 4000 ... 20000                           |
| 6   | Walzwerkgetriebe                               | 3 ... 4                    | 13500 ... 50000                          |
| 7   | Zentrifugen                                    | 2,5 ... 3                  | 8000 ... 20000                           |
| 8   | kleine Elektromotoren ( $\leq 4$ kW)           | 3 ... 4                    | 13500 ... 50000                          |
| 9   | mittlere Elektromotoren                        | 3,5 ... 4,5                | 21500 ... 75000                          |
| 10  | große Elektromotoren ( $> 10$ kW), Generatoren | 4 ... 5                    | 32000 ... 100000                         |
| 11  | elektrische Fahrmotoren                        | 3 ... 3,5                  | 13500 ... 32500                          |
| 12  | Motorräder, leichte Pkw                        | 1 ... 1,5                  | 500 ... 2000                             |
| 13  | schwere Pkw, leichte Lkw, Schlepper            | 1,6 ... 2,2                | 2000 ... 7000                            |
| 14  | schwere Lkw, Omnibusse                         | 1,8 ... 2,8                | 3000 ... 15500                           |
| 15  | Achslager von Straßenbahnen                    | 3,5 ... 4                  | 21500 ... 50000                          |
| 16  | Achslager von Eisenbahnwagen                   | 3 ... 3,5                  | 13500 ... 32500                          |
| 17  | Achslager von Förderwagen                      | 2,5 ... 3,5                | 8000 ... 32500                           |
| 18  | kleine Ventilatoren                            | 3,5 ... 4,5                | 21500 ... 75000                          |
| 19  | Förderseilscheiben (Bergwerke)                 | 4 ... 4,5                  | 32000 ... 75000                          |
| 20  | Spinnereimaschinen                             | 3 ... 4                    | 13500 ... 50000                          |
| 21  | Papiermaschinen                                | 5 ... 5,5                  | 62500 ... 145000                         |
| 22  | Schiffswellenlager                             | 4 ... 6                    | 32000 ... 200000                         |
| 23  | Holzbearbeitungsmaschinen                      | 3 ... 4                    | 13500 ... 50000                          |
| 24  | Druckereimaschinen                             | 4 ... 4,5                  | 32000 ... 75000                          |
| 25  | Kreiselpumpen                                  | 3 ... 4,5                  | 13500 ... 75000                          |

Zu beachten sind die, abhängig von  $f_L$ , unterschiedlichen Lebensdauerwerte bei Kugel- und Rollenlager (s. TB 14-5).

Quelle der Tabellen und Diagramme Roloff / Matek Maschinenelemente (Tabellen) 15. Auflage

### 3.1 Diskussion der Ergebnisse

Hauptergebnisse der unter 2. berechneten Werte:

Nominelle Lebensdauer der Lagerung:  $L_{10h} = 24067 \text{ h}$

Lebensdauerfaktor:  $f_L = 3,64$

Gestaltfestigkeitsberechnung ( Sicherheit gegen Dauerbruch ):

- Messpunkt1 = 14
- Messpunkt2 = 27
- Messpunkt3 = 16,5
- Messpunkt4 = 4

Sicherheit der Flächenpressung an der Passfedernut:  $S_D = 4,75$

Sicherheit der Drehmomentübertragung an der Kegelverbindung:  $v_H = 3,05$

Sicherheit gegen Aufplatzen der Nabe:  $S_D = 7,3$

Die Werte der Lagerung liegen im Bereich der vorgegebenen Werte für Holzbearbeitungsmaschinen ( Tb. 14.7 ). Für Holzbearbeitungsmaschinen liegt der Lebensdauerfaktor  $f_L$  zwischen 2 und 4 und die nominelle Lebensdauer des Lagers  $L_{10h}$  zwischen 13500 und 50000 h. Um die Werte der Lagerung zu erhöhen könnte man auch auf Spindellager der Firma FAG zurückgreifen die Baugleich mit den Rillenkugellagern sind. Das Baugleiche Spindellager hat eine dynamische Tragzahl von 19 KN und würde den Lebensdauerfaktor um ca. 0,7 erhöhen. Bei der Gestaltfestigkeit der Welle haben wir in den Ebenen 1-3 relativ hohe Sicherheitswerte gegen Dauerbruch. Man könnte in Erwägung ziehen einen kostengünstigeren Stahl für die Welle zu nehmen, aber da im Messpunkt 4 nur 4-fache Sicherheit vorliegt haben wir uns für das etwas teurere Material entschieden. Die Sicherheiten für die Passfeder- und Kegelverbindung sind für den Verwendungszweck ausreichend.

Gewählte Konstruktionselemente:

- |                     |                           |
|---------------------|---------------------------|
| - Keilriemenscheibe | DIN 2211                  |
| - Passfeder         | DIN 6885 – A – 6 x 6 x 18 |
| - Zylinderstift     | DIN 8734 – 3 x 15 – C1    |
| - Zylinderschraube  | ISO 4762 M6-20-8.8        |
| - Sicherungsring    | DIN 471 – 20 x 1,3        |
| - Nutmutter         | DIN 981 – KM6             |
| - Sicherungsblech   | DIN 5406 – MB6            |
| - Schmiernippel     | DIN 71412 – A M6 5.8      |

### Bewertung der Konstruktionsarbeit:

Nach der Berechnung liegt unsere Konstruktion in Rahmen der Aufgabenstellung. Die Spindellagerung ist sehr leicht zu montieren und zu Warten ( der leichte Austausch von Ersatzteilen ist Gewährleistet ). Durch die Berührungsfreie Dichtung ist der Verschleiß nicht sehr hoch und die Dauerfestigkeit der Lager ist eher Gewährleistet als bei Gummi oder Filzdichtungen die in regelmäßigen Abständen gewechselt werden müssen. Um die Lebensdauer der Lager noch zu erhöhen könnte man anstatt der Rillenkugellager baugleiche Spindellager einbauen. Da wir im Kostenrahmen der Konstruktion schon sehr hoch liegen haben wir uns für die billigere Variante entschieden.

## **3.2 Auflistung verwendeter Literatur und Computerprogramme**

Für unser Projekt haben wir folgende Bücher und Computerprogramme benutzt:

Computerprogramme:

- Pro Engineer 2001
- Microsoft Office 2000
- Corel Draw 7.0

Verwendete Literatur:

- Dubbel, Taschenbuch für den Maschinenbau 20. Auflage
- Roloff / Matek, Maschinenelemente 15. Auflage mit zugehöriger Formelsammlung und Tabellenbuch
- FAG- Wälzlagerkatalog Ausgabe 1999
- FAG Die Gestaltung von Wälzlagerungen
- Tabellenbuch Metall 39. Auflage