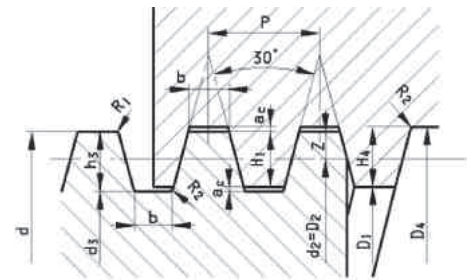


## Technologie der Trapezgewindetriebe

### Metrisches ISO-Trapezgewinde nach DIN 103

|                                                                                  |                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Nenn-Ø .....                                                                     | $d$                                    |
| Steigung bei eingängigen Gewinden und<br>Teilung bei mehrgängigen Gewinden ..... | $P$                                    |
| Steigung bei mehrgängigen Gewinden .....                                         | $P_h$                                  |
| Gangzahl .....                                                                   | $n = P_h : P$                          |
| Kern-Ø des Bolzensgewindes .....                                                 | $d_3 = d - (P + 2 \times a_c)$         |
| Außen-Ø des Muttergewindes .....                                                 | $D_4 = d + 2 \times a_c$               |
| Kern-Ø des Muttergewindes .....                                                  | $D_1 = d - P$                          |
| Flanken-Ø des Gewindes .....                                                     | $d_2 = D_2 = d - 0,5 \times P$         |
| Gewindetiefe des Bolzen u. Muttergewindes .....                                  | $h_3 = H_4 = 0,5 \times P + a_c$       |
| Flankenüberdeckung .....                                                         | $H_1 = 0,5 \times P$                   |
| Zahnkopfhöhe .....                                                               | $z = 0,25 \times P$                    |
| Spitzenspiel .....                                                               | $a_c$                                  |
| Rundungen .....                                                                  | $R_1$ und $R_2$                        |
| Drehmeißelbreite .....                                                           | $b = 0,366 \times P - 0,54 \times a_c$ |
| Flankenwinkel .....                                                              | $\alpha = 30^\circ$                    |

Muttergewinde



Bolzengewinde

| Maß   | für Steigungen P in mm |       |        |         |
|-------|------------------------|-------|--------|---------|
|       | 1                      | 2...5 | 6...12 | 14...44 |
| $a_c$ | 0,15                   | 0,25  | 0,5    | 1       |
| $R_1$ | 0,075                  | 0,125 | 0,25   | 0,5     |
| $R_2$ | 0,15                   | 0,25  | 0,5    | 1       |

### Gewinde (Maße in mm)

|    | Gewindebezeichnung<br>$dxP$ | Flanken-Ø<br>$d_2 = D_2$ | Kern-Ø<br>Bolzen $d_3$ | Kern-Ø<br>Mutter $D_1$ | Außen-Ø<br>$D_4$ | Gewindeteile<br>$h_3 = H_4$ | Drehmeißelbreite<br>$b$ |
|----|-----------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Tr | 10x2                        | 9                        | 7,5                    | 8                      | 10,5             | 1,25                        | 0,597                   |
| Tr | 12x3                        | 10,5                     | 8,5                    | 9                      | 12,5             | 1,75                        | 0,963                   |
| Tr | 14x3                        | 12,5                     | 10,5                   | 11                     | 14,5             | 1,75                        | 0,963                   |
| Tr | 16x4                        | 14                       | 11,5                   | 12                     | 16,5             | 2,25                        | 1,329                   |
| Tr | 18x4                        | 16                       | 13,5                   | 14                     | 18,5             | 2,25                        | 1,329                   |
| Tr | 20x4                        | 18                       | 15,5                   | 16                     | 20,5             | 2,25                        | 1,329                   |
| Tr | 22x5                        | 19,5                     | 16,5                   | 17                     | 22,5             | 2,75                        | 1,695                   |
| Tr | 24x5                        | 21,5                     | 18,5                   | 19                     | 24,5             | 2,75                        | 1,695                   |
| Tr | 28x5                        | 25,5                     | 22,5                   | 23                     | 28,5             | 2,75                        | 1,695                   |
| Tr | 30x6                        | 27                       | 23                     | 24                     | 31               | 3,5                         | 1,926                   |
| Tr | 32x6                        | 29                       | 25                     | 26                     | 33               | 3,5                         | 1,926                   |
| Tr | 36x6                        | 33                       | 29                     | 30                     | 37               | 3,5                         | 1,926                   |
| Tr | 40x7                        | 36,5                     | 32                     | 33                     | 41               | 4                           | 2,292                   |
| Tr | 44x7                        | 40,5                     | 36                     | 37                     | 45               | 4                           | 2,292                   |
| Tr | 48x8                        | 44                       | 39                     | 40                     | 49               | 4,5                         | 2,658                   |
| Tr | 52x8                        | 48                       | 43                     | 44                     | 53               | 4,5                         | 2,658                   |
| Tr | 60x9                        | 55,5                     | 50                     | 51                     | 61               | 5                           | 3,024                   |
| Tr | 70x10                       | 65                       | 59                     | 60                     | 71               | 5,5                         | 3,39                    |
| Tr | 80x10                       | 75                       | 69                     | 70                     | 81               | 5,5                         | 3,39                    |
| Tr | 90x12                       | 84                       | 77                     | 78                     | 91               | 6,5                         | 4,122                   |
| Tr | 100x12                      | 94                       | 87                     | 88                     | 101              | 6,5                         | 4,122                   |
| Tr | 120x14                      | 113                      | 104                    | 106                    | 122              | 8                           | 4,584                   |

Tab. 14

## Berechnungsgrundlagen von Trapezgewindetrieben

### Erforderliches Antriebsdrehmoment eines Gewindetriebes

Das erforderliche Antriebsdrehmoment an der Spindel ergibt sich aus der Axiallast, der Steigung der Spindel und dem Wirkungsgrad von Gewindetrieb und Lagerung. Bei kurzen Anlaufzeiten und hohen Geschwindigkeiten ist zusätzlich das Beschleunigungsmoment, bei Gleitführungen das Losbrechmoment zu berücksichtigen.

#### Rechengang:

- 1) Bestimmung des Steigungswinkels  $\alpha$  aus Tabellenbuch/DIN-Blatt oder durch Berechnung.
- 2) Bestimmung des Reibwertes  $\mu$  aus Tabelle.
- 3) Errechnen des effektiven Reibungswinkels  $\rho'$ .
- 4) Errechnen des Wirkungsgrades  $\eta$ .
- 5) Errechnen des Drehmoments  $M_d$ .

#### Wichtig:

Auf das Ergebnis sollte noch ca. 10% für Verluste durch die Lagerung aufgeschlagen werden. Zusätzliche Reibung durch eventuelle Linearführungen und eventuelle Rotationskräfte sind mit einem entsprechenden Zuschlag zu berücksichtigen. Dies kann auch bei der Berechnung der Antriebsleistung erfolgen.

#### Berechnung:

- 1) Steigungswinkel  $\alpha$  errechnen aus:

$$\tan \alpha = \frac{P}{d_2 \cdot \pi}$$

- 2) Reibwert  $\mu$  aus Tabelle auswählen.

- 3) Effektiven Reibungswinkel  $\rho'$  errechnen aus:

$$\tan \rho' \approx \mu \cdot 1,07$$

- 4) Wirkungsgrad  $\eta$  errechnen:

$$\eta = \frac{\tan \alpha}{\tan (\alpha + \rho')}$$

- 5) Drehmoment  $M_d$  in Nm errechnen:

$$M_d = \frac{F \cdot P}{2000 \cdot \pi \cdot \eta}$$

### Drehmoment infolge einer Axiallast

Viele Trapezgewindetriebe sind aufgrund ihres Wirkungsgrades nicht selbsthemmend, d. h. eine aufliegende Axiallast bewirkt ein Spindeldrehmoment. Der Wirkungsgrad ist in diesem Fall geringer als bei der Umwandlung der Drehbewegung in eine Längsbewegung.

Rechengang: wie bei Umwandlung von Drehbewegung in Längsbewegung, jedoch mit  $M_d'$  und  $\eta'$ .

Wirkungsgrad  $\eta'$  errechnen:

$$\eta' = \frac{\tan (\alpha - \rho')}{\tan \alpha}$$

Drehmoment  $M_d'$  in Nm errechnen:

$$M_d' = \frac{F \cdot P \cdot \eta'}{2000 \cdot \pi}$$

### Legende

$\alpha$  (alpha) ist der Steigungswinkel des Gewindes.  
 $\eta$  (eta) ist der Wirkungsgrad für die Umwandlung einer Drehbewegung in eine Längsbewegung.  
 $\eta'$  ist der Wirkungsgrad für die Umwandlung einer Längsbewegung in eine Drehbewegung.  
 $\mu$  (mü) ist der Reibwert.  
 $\pi$  (pi) ist  $\sim 3,14$ .

$d_2$  ist der mittlere Flankendurchmesser.  
 $F$  ist die gesamte Axiallast in N.  
 $M_d$  ist das Antriebsdrehmoment am Spindelende in Nm.  
 $M_d'$  ist das von der Axialkraft erzeugte Drehmoment in Nm.  
 $n$  ist die Drehzahl in  $\text{min}^{-1}$ .  
 $P$  ist die Spindelsteigung in mm.  
 $\rho'$  ist der effektive Reibungswinkel.

#### Erforderliche Antriebsleistung eines Gewindetriebes:

Die Leistung (in kW) lässt sich aus dem Antriebsdrehmoment  $M_d$  und der Spindeldrehzahl  $n$  (in  $\text{min}^{-1}$ ) errechnen:

$$\text{Antriebsleistung} = \frac{M_d \times n}{9550}$$

#### Wichtig:

Zur Berücksichtigung der Verluste durch die Lagerung und sonstiger Reibungsverluste sowie der erforderlichen Leistung für die rotatorische Beschleunigung sollte die ausgewählte Leistung des Antriebs um 60 bis 100 % über dem errechneten Wert liegen.

### Selbsthemmung von Trapezgewindetrieben

Die Selbsthemmung hängt ab vom Reibwert (bestimmt durch Materialpaarung Spindel/Mutter, Oberflächengüte, Schmierung) und vom Steigungswinkel. Wenn der Steigungswinkel kleiner als der Reibungswinkel ist, ist der Spindeltrieb selbsthemmend.

Unterschieden wird zwischen statischer und dynamischer Selbsthemmung. Bei statischer Selbsthemmung bleibt eine ruhende Mutter bewegungslos, solange sie nicht durch sonstige Einflüsse in Bewegung gesetzt wird.

Bei dynamischer Selbsthemmung kommt eine sich bewegende Mutter zum Stillstand, wenn sie nicht mehr angetrieben wird.

Statisch selbsthemmend sind theoretisch alle aufgeführten eingängigen Spindeltriebe, da der Steigungswinkel kleiner als der Reibungswinkel ist, mit Ausnahme der Kunststoffmutter. Dabei kann jedoch eine minimale Vibration ausreichen, um die Mutter in Bewegung zu setzen.

Dynamisch selbsthemmend ist nur Größe 70x10, da nur hier der Steigungswinkel klein genug ist (Reibwert  $0,05 = 2,86^\circ$ ).

#### Bitte Vorsicht:

Die Aussagen gelten unter der Annahme, dass die Reibwerte gemäß Katalog auch tatsächlich zutreffend sind. In der Praxis sind Abweichungen durch Oberflächenzustand und Art der Schmierung und des Schmierstoffs möglich. Zur Sicherheit ist daher eine Feststellvorrichtung (Klemmvorrichtung) vorzusehen. In Verbindung mit Kunststoffmutter sind alle aufgeführten Spindeltriebe nicht selbsthemmend.

**Zweigängige Spindeltriebe sind aufgrund der großen Steigung generell nicht selbsthemmend.**

## Wirkungsgrad der Trapezgewindetriebe

### eingängig

| d   | P  | Gusseisen trocken | Gusseisen geschmiert | CuSn, CuZn trocken | CuSn, CuZn geschmiert | Kunststoff trocken | Kunststoff geschmiert |
|-----|----|-------------------|----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|
| 10  | 2  | .227              | .375                 | .262               | .375                  | .375               | .592                  |
| 12  | 3  | .268              | .427                 | .307               | .427                  | .427               | .643                  |
| 14  | 3  | .239              | .391                 | .276               | .391                  | .391               | .608                  |
| 16  | 4  | .268              | .427                 | .307               | .427                  | .427               | .643                  |
| 18  | 4  | .246              | .399                 | .283               | .399                  | .399               | .616                  |
| 20  | 4  | .227              | .375                 | .262               | .375                  | .375               | .592                  |
| 22  | 5  | .25               | .405                 | .287               | .405                  | .405               | .622                  |
| 24  | 5  | .234              | .384                 | .27                | .384                  | .384               | .601                  |
| 26  | 5  | .221              | .366                 | .255               | .366                  | .366               | .582                  |
| 28  | 5  | .208              | .349                 | .241               | .349                  | .349               | .564                  |
| 30  | 6  | .227              | .375                 | .262               | .375                  | .375               | .592                  |
| 32  | 6  | .216              | .36                  | .25                | .36                   | .36                | .576                  |
| 36  | 6  | .197              | .334                 | .229               | .334                  | .334               | .547                  |
| 40  | 7  | .205              | .344                 | .238               | .344                  | .344               | .559                  |
| 44  | 7  | .19               | .323                 | .221               | .323                  | .323               | .536                  |
| 50  | 8  | .191              | .325                 | .222               | .325                  | .325               | .537                  |
| 55  | 9  | .195              | .33                  | .226               | .33                   | .33                | .543                  |
| 60  | 9  | .182              | .311                 | .211               | .311                  | .311               | .521                  |
| 70  | 10 | .175              | .301                 | .203               | .301                  | .301               | .509                  |
| 80  | 10 | .156              | .273                 | .183               | .273                  | .273               | .476                  |
| 90  | 12 | .165              | .286                 | .193               | .286                  | .286               | .492                  |
| 95  | 12 | .158              | .276                 | .184               | .276                  | .276               | .479                  |
| 100 | 12 | .151              | .265                 | .177               | .265                  | .265               | .466                  |
| 120 | 14 | .148              | .26                  | .173               | .26                   | .26                | .459                  |

Tab. 15

### zweigängig

| d   | P  | Gusseisen trocken | Gusseisen geschmiert | CuSn, CuZn trocken | CuSn, CuZn geschmiert | Kunststoff trocken | Kunststoff geschmiert |
|-----|----|-------------------|----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|
| 10  | 4  | .364              | .54                  | .41                | .54                   | .54                | .741                  |
| 12  | 6  | .414              | .592                 | .461               | .592                  | .592               | .779                  |
| 14  | 6  | .38               | .557                 | .426               | .557                  | .557               | .753                  |
| 16  | 8  | .414              | .592                 | .461               | .592                  | .592               | .779                  |
| 18  | 8  | .388              | .565                 | .434               | .565                  | .565               | .759                  |
| 20  | 8  | .364              | .54                  | .41                | .54                   | .54                | .741                  |
| 22  | 10 | .393              | .57                  | .439               | .57                   | .57                | .763                  |
| 24  | 10 | .373              | .55                  | .419               | .55                   | .55                | .748                  |
| 26  | 10 | .356              | .531                 | .401               | .531                  | .531               | .733                  |
| 28  | 10 | .34               | .513                 | .384               | .513                  | .513               | .719                  |
| 30  | 12 | .364              | .54                  | .41                | .54                   | .54                | .741                  |
| 32  | 12 | .35               | .525                 | .395               | .525                  | .525               | .728                  |
| 36  | 12 | .325              | .497                 | .369               | .497                  | .497               | .705                  |
| 40  | 14 | .336              | .509                 | .38                | .509                  | .509               | .715                  |
| 44  | 14 | .316              | .486                 | .358               | .486                  | .486               | .696                  |
| 50  | 16 | .317              | .487                 | .36                | .487                  | .487               | .697                  |
| 55  | 18 | .322              | .492                 | .365               | .492                  | .492               | .701                  |
| 60  | 18 | .304              | .471                 | .345               | .471                  | .471               | .683                  |
| 70  | 20 | .294              | .459                 | .335               | .459                  | .459               | .673                  |
| 80  | 20 | .268              | .427                 | .307               | .427                  | .427               | .643                  |
| 90  | 24 | .28               | .443                 | .32                | .443                  | .443               | .658                  |
| 95  | 24 | .27               | .43                  | .309               | .43                   | .43                | .646                  |
| 100 | 24 | .26               | .418                 | .298               | .418                  | .418               | .634                  |
| 120 | 28 | .255              | .411                 | .292               | .411                  | .411               | .628                  |

Tab. 16

## Wirkungsgrad der Trapezgewindetriebe

Der Wirkungsgrad von Trapezspindeln ist wegen der Gleitreibung gegenüber von Kugelgewindespindeln wesentlich geringer.

Gewinde selbsthemmend.....Steigungswinkel < Reibungswinkel  
 Gewinde nicht selbsthemmend.....Steigungswinkel > Reibungswinkel

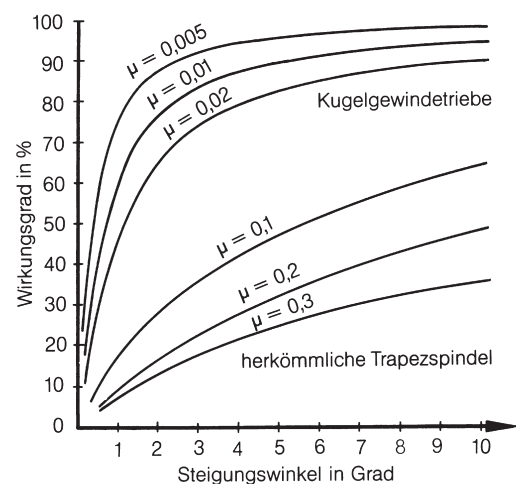
### Tabelle $\mu_G$ :

| Muttermaterial | $\mu_G$ |            |
|----------------|---------|------------|
|                | trocken | geschmiert |
| Gusseisen GG   | 0,18    | 0,1        |
| Stahl          | 0,15    | 0,1        |
| Bronze CuSn    | 0,1     | 0,05 P     |

$$\text{Steigungswinkel } \alpha = \frac{P}{d/2 \times \pi}$$

$$\text{Reibungswinkel } \tan Pq = \mu_G \text{ (lt. Tabelle)}$$

Grenzwerte können sich durch Schmierung, Oberfläche, Belastungsfall, Einbaulage etc. verschieben.



## Max. Belastung der Trapezgewindetribe bezogen auf die Mutternlänge

1

| Tr   | D2 in mm | P in mm | Mutternlänge | F in N |
|------|----------|---------|--------------|--------|
| 10x2 | 9        | 2       | 5            | 706    |
|      | 9        | 2       | 10           | 1413   |
|      | 9        | 2       | 15           | 2120   |
|      | 9        | 2       | 20           | 2827   |
|      | 9        | 2       | 25           | 3534   |
| 12x3 | 9        | 2       | 30           | 4241   |
|      | 10,5     | 3       | 6            | 989    |
|      | 10,5     | 3       | 12           | 1979   |
|      | 10,5     | 3       | 18           | 2968   |
|      | 10,5     | 3       | 24           | 3958   |
|      | 10,5     | 3       | 30           | 4948   |
| 14x3 | 10,5     | 3       | 36           | 5937   |
|      | 12,5     | 3       | 7            | 1374   |
|      | 12,5     | 3       | 14           | 2748   |
|      | 12,5     | 3       | 21           | 4123   |
|      | 12,5     | 3       | 28           | 5497   |
|      | 12,5     | 3       | 35           | 6872   |
| 16x4 | 12,5     | 3       | 42           | 8246   |
|      | 14       | 4       | 8            | 1759   |
|      | 14       | 4       | 16           | 3518   |
|      | 14       | 4       | 24           | 5277   |
|      | 14       | 4       | 32           | 7037   |
|      | 14       | 4       | 40           | 8796   |
| 18x4 | 14       | 4       | 48           | 10555  |
|      | 16       | 4       | 9            | 2261   |
|      | 16       | 4       | 18           | 4523   |
|      | 16       | 4       | 27           | 6785   |
|      | 16       | 4       | 36           | 9047   |
|      | 16       | 4       | 45           | 11309  |
| 20x4 | 16       | 4       | 54           | 13571  |
|      | 18       | 4       | 10           | 2827   |
|      | 18       | 4       | 20           | 5654   |
|      | 18       | 4       | 30           | 8482   |
|      | 18       | 4       | 40           | 11309  |
|      | 18       | 4       | 50           | 14137  |
| 24x5 | 18       | 4       | 60           | 16964  |
|      | 21,5     | 5       | 12           | 4052   |
|      | 21,5     | 5       | 24           | 8105   |
|      | 21,5     | 5       | 36           | 12157  |
|      | 21,5     | 5       | 48           | 16210  |
|      | 21,5     | 5       | 60           | 20263  |
| 30x6 | 21,5     | 5       | 72           | 24315  |
|      | 27       | 6       | 15           | 6361   |
|      | 27       | 6       | 30           | 12723  |
|      | 27       | 6       | 45           | 19085  |
|      | 27       | 6       | 60           | 25446  |
|      | 27       | 6       | 75           | 31808  |
| 32x6 | 27       | 6       | 90           | 38170  |
|      | 29       | 6       | 16           | 7288   |
|      | 29       | 6       | 32           | 14576  |
|      | 29       | 6       | 48           | 21865  |
|      | 29       | 6       | 64           | 29153  |
|      | 29       | 6       | 80           | 36442  |
|      | 29       | 6       | 96           | 43730  |

| Tr     | D2 in mm | P in mm | Mutternlänge | F in N |
|--------|----------|---------|--------------|--------|
| 36x6   | 33       | 6       | 18           | 9330   |
|        | 33       | 6       | 36           | 18661  |
|        | 33       | 6       | 54           | 27991  |
|        | 33       | 6       | 72           | 37322  |
|        | 33       | 6       | 90           | 46652  |
| 40x7   | 33       | 6       | 108          | 55983  |
|        | 36,5     | 7       | 20           | 11466  |
|        | 36,5     | 7       | 40           | 22933  |
|        | 36,5     | 7       | 60           | 34400  |
|        | 36,5     | 7       | 80           | 45867  |
|        | 36,5     | 7       | 100          | 57334  |
| 44x7   | 36,5     | 7       | 120          | 68800  |
|        | 40,5     | 7       | 22           | 13995  |
|        | 40,5     | 7       | 44           | 27991  |
|        | 40,5     | 7       | 66           | 41987  |
|        | 40,5     | 7       | 88           | 55983  |
|        | 40,5     | 7       | 110          | 69978  |
| 48x8   | 40,5     | 7       | 132          | 83974  |
|        | 44       | 8       | 24           | 16587  |
|        | 44       | 8       | 48           | 33175  |
|        | 44       | 8       | 72           | 49762  |
|        | 44       | 8       | 96           | 66350  |
|        | 44       | 8       | 120          | 82937  |
| 60x9   | 44       | 8       | 144          | 99525  |
|        | 55,5     | 9       | 30           | 26153  |
|        | 55,5     | 9       | 60           | 52307  |
|        | 55,5     | 9       | 90           | 78461  |
|        | 55,5     | 9       | 120          | 104614 |
|        | 55,5     | 9       | 150          | 130768 |
| 70x10  | 55,5     | 9       | 180          | 156922 |
|        | 65       | 10      | 35           | 35735  |
|        | 65       | 10      | 70           | 71471  |
|        | 65       | 10      | 105          | 107206 |
|        | 65       | 10      | 140          | 142942 |
|        | 65       | 10      | 175          | 178677 |
| 80x10  | 65       | 10      | 210          | 214413 |
|        | 75       | 10      | 40           | 47123  |
|        | 75       | 10      | 80           | 94247  |
|        | 75       | 10      | 120          | 141371 |
|        | 75       | 10      | 160          | 188495 |
|        | 75       | 10      | 200          | 235619 |
| 100x12 | 75       | 10      | 240          | 282748 |
|        | 94       | 12      | 50           | 73827  |
|        | 94       | 12      | 100          | 147654 |
|        | 94       | 12      | 150          | 221482 |
|        | 94       | 12      | 200          | 295309 |
|        | 94       | 12      | 250          | 369136 |
| 120x14 | 94       | 12      | 300          | 442964 |
|        | 113      | 14      | 60           | 106499 |
|        | 113      | 14      | 120          | 212999 |
|        | 113      | 14      | 180          | 319499 |
|        | 113      | 14      | 240          | 425999 |
|        | 113      | 14      | 300          | 532499 |
|        | 113      | 14      | 360          | 638999 |

Tab. 17



Diese Werte beinhalten keine Sicherheit!  
Weiters ist die Knickung zu berücksichtigen.  
Zugrundegelegte Flächenpressung 10N/mm<sup>2</sup>.

