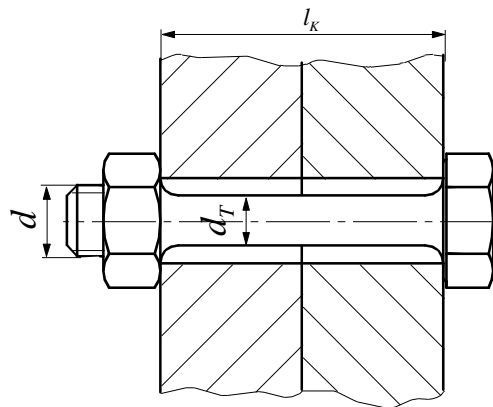


## 1 Schraubenberechnung

Eine Dehnschraubenverbindung (Taillenschraube!) wird mit einem einfachen Drehmomentschlüssel angezogen. Damit soll eine Vorspannkraft  $F_V = 60 \text{ kN}$  erreicht werden. Durch Schwankungen der Reibungszahlen und Ungenauigkeiten des Anziehverfahrens können Abweichungen der geforderten Vorspannkraft von bis zu  $\pm 25\%$  auftreten. Das Setzen der Schraubenverbindung wird vernachlässigt.

Die Schraubenverbindung ist im Betrieb mit einer schwellenden Betriebskraft  $F_A = 25 \text{ kN}$  belastet, die direkt unter Schraubenkopf und Mutter angreift.



Nenn Durchmesser:	$d$	=	16	mm
Tailendurchmesser:	$d_T$	=	12	mm
Kerndurchmesser:	$d_3$	=	13,546	mm
Klemmlänge:	$l_K$	=	65	mm
Ersatzquerschnitt:	$A_{ers}$	=	503,6	mm <sup>2</sup>
Nachgiebigkeit des Schraubenkopf:	$\delta_K$	=	$1,5 \cdot 10^{-7}$	mm/N
Nachgiebigkeit des eingeschraubten Gewindeteils und der Mutter:	$\delta_{GM}$	=	$3,9 \cdot 10^{-7}$	mm/N
Zulässige Ausschlagspannung:	$\sigma_A$	=	90	N/mm <sup>2</sup>
Material von Schraube und Platte:	Stahl			
			I	

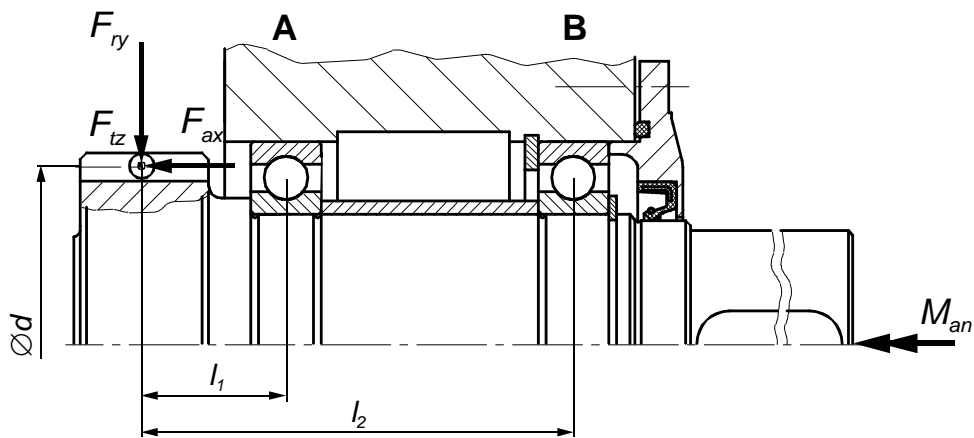
- a) Zeichnen Sie ein maßstäbliches Verspannungsschaubild und prüfen sie nach, ob die erforderliche Mindestklemmkraft  $F_{KR\text{ erf}} = 20 \text{ kN}$  auch unter ungünstigen Verhältnissen vorhanden ist.
- b) Berechnen Sie die Sicherheit der Schraube gegen Dauerbruch.

## 2 Wälzlagerberechnung

Für die dargestellte fliegend gelagerte Ritzelwelle sind die Lagerlebensdauern zu bestimmen.

Antriebsleistung:	$P$	=	12,5 kW
Antriebsdrehzahl:	$n$	=	240 min <sup>-1</sup>
Axialkraft am Zahnrad:	$F_{ax}$	=	1,75 kN
Radialkraft am Zahnrad:	$F_{ry}$	=	3,68 kN
Geometrische Größen:	$d$	=	100 mm
	$l_1$	=	35 mm
	$l_2$	=	120 mm
Faktor für Einsatzbedingung d.	$a_{23}$	=	0,9
Lager:			
Tragzahlen der Lager A und B:	$C_0$	=	40,5 kN
	$C_{dyn}$	=	66,3 kN

- a) Handelt es sich um eine Schräg- oder eine Geradverzahnung?
- b) Welches Lager ist das Festlager?
- c) Berechnen Sie die Lagerkräfte. Vernachlässigen Sie dabei das Kippmoment aus der Axialkraft.
- d) Was versteht man unter der *nominellen Lagerlebensdauer*  $L_{10h}$ ?
- e) Berechnen Sie die Lebensdauer  $L_{10ah}$  für Lager A und B
- f) Wie und warum würde sich die Lagerlebensdauer des Lagers A verändern, wenn man statt des Rillenkugellagers ein Zylinderrollenlager gleicher Maßreihe verwendet?



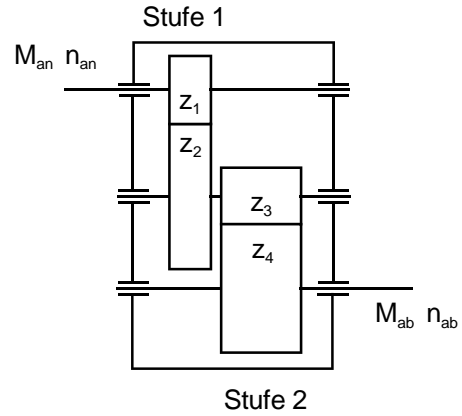
Berechnungsfaktoren X und Y für Rillenkugellager:

$F_A / C_0$	$e$	$F_A / F_r \leq e$		$F_A / F_r > e$	
		X	Y	X	Y
0,025	0,22	1	0	0,56	2
0,04	0,24	1	0	0,56	1,8
0,07	0,27	1	0	0,56	1,6
0,13	0,31	1	0	0,56	1,4
0,25	0,37	1	0	0,56	1,2
0,5	0,44	1	0	0,56	1

### 3 Zahnradgetriebe

Ein Motor mit konstanter Antriebsleistung  $P_{an}$  und Drehzahl  $n_{an}$  treibt über das skizzierte geradverzahnte Getriebe eine Arbeitsmaschine mit der Drehzahl  $n_{ab}$  an.

- Antriebsleistung:  $P_{an} = 20 \text{ kW}$
- Antriebsdrehzahl:  $n_{an} = 2500 \text{ min}^{-1}$
- Abtriebsdrehzahl:  $n_{ab} = 1000 \text{ min}^{-1}$
- Übersetzung der ersten Getriebestufe:  $i_{12} = 1,25$
- Teilkreisdurchmesser  $d_4 = 108 \text{ mm}$
- Rad 4:  
Modul aller Räder:  $m = 2 \text{ mm}$
- Getriebewirkungsgrad:  $\eta = 100 \%$



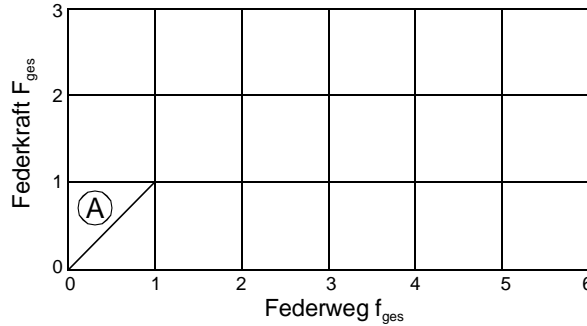
- a) Berechnen Sie das Abtriebsmoment  $M_{ab}$
- b) Berechnen Sie die Zähnezahlen  $z_3$  und  $z_4$ .
- c) Geben Sie an, wie sich die folgenden Verzahnungsgrößen bei positiver Profilverschiebung verändern.

	wird größer	bleibt gleich	wird kleiner
<i>Teilkreisdurchmesser</i>			
<i>Grundkreisdurchmesser</i>			
<i>Eingriffswinkel</i>			

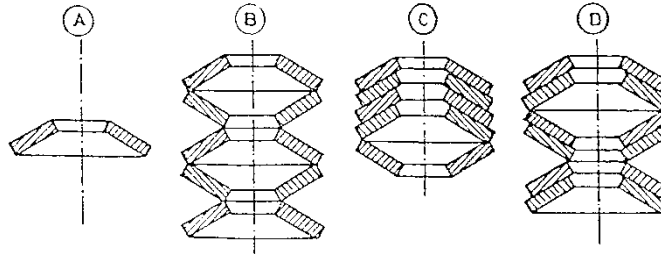
- d) Nennen Sie zwei Gründe für die Anwendung von Profilverschiebung

## 4 Federn

Im untenstehenden Diagramm ist die Kennlinie einer einzelnen Tellerfeder (A), vereinfacht linear angenommen, dargestellt.

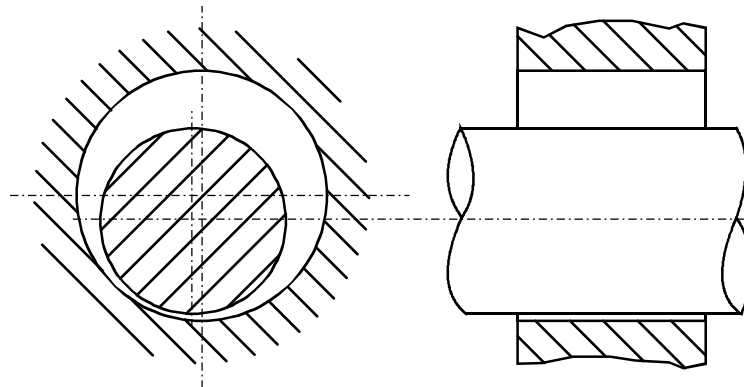


Zeichnen Sie für die Tellerfederanordnungen B, C und D die Federkennlinien ein.



## 5 Hydrodynamische Gleitlagerungen

- Zeichnen Sie qualitativ die Stribeck-Kurven für zwei unterschiedliche Lagerbelastungen ( $F_1 > F_2$ ). Beschriften Sie die Achsen und zeichnen Sie die Bereiche mit Trocken-, Misch- und Flüssigkeitsreibung ein. Geben Sie einen möglichen Betriebspunkt an.
- Zeichnen Sie in die Skizze eines stationär belasteten hydrodynamischen Gleitlagers die Druckverteilung in Axial- und Umfangsrichtung ein. Geben Sie die Drehrichtung der Welle an.



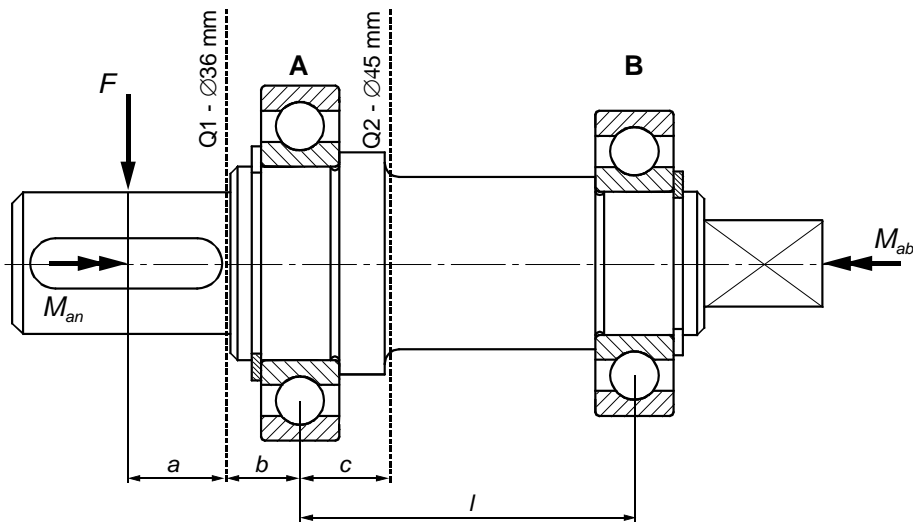
- Wie verändert sich die Exzentrizität mit steigender Drehzahl der Welle?

## 6 Welle-Nabe-Verbindungen

- a) Nennen Sie eine Welle-Nabe-Verbindung, die für eine spielfreie Übertragung von wechselnden Drehmomenten geeignet ist.
- b) Nennen Sie eine Welle-Nabe-Verbindung, die sich zerstörungsfrei demontieren lässt.
- c) Welches Wirkprinzip liegt einer Reibschweißverbindung zu Grunde?
- d) Nennen Sie das Auslegungskriterium, das für die überschlägige Berechnung einer Passfederverbindung angewendet wird und geben Sie die Auslegungsformel an.
- e) Nennen Sie zwei Möglichkeiten, wie man das übertragbare Drehmoment einer Pressverbindung steigern kann, ohne die vorgegebenen Hauptabmessungen zu verändern.

## 7 Dauerfestigkeit

An der Welle eines Stellantriebs erscheinen zwei Querschnitte als kritische Stellen. Entscheiden Sie anhand der Nennspannungen und des Kerbfalls für welchen Querschnitt ein Dauerfestigkeitsnachweis erbracht werden müsste.



Radialkraft:	$F$	=	5000	N
Antriebsdrehmoment:	$M_{an}$	=	180	Nm
Abstand:	$a$	=	20	mm
Abstand:	$b$	=	12	mm
Abstand:	$c$	=	14	mm
Lagerabstand:	$l$	=	70	mm

- a) Berechnen Sie die Lagerlasten
- b) Berechnen Sie die Verläufe von Querkraft, Biege- und Torsionsmoment und stellen Sie diese graphisch dar.
- c) Berechnen Sie die Nennspannungen an den ausgewählten Querschnitten Q1 und Q2 und entscheiden Sie anhand der Ergebnisse, welcher Querschnitt für einen Dauerfestigkeitsnachweis in Frage kommt.

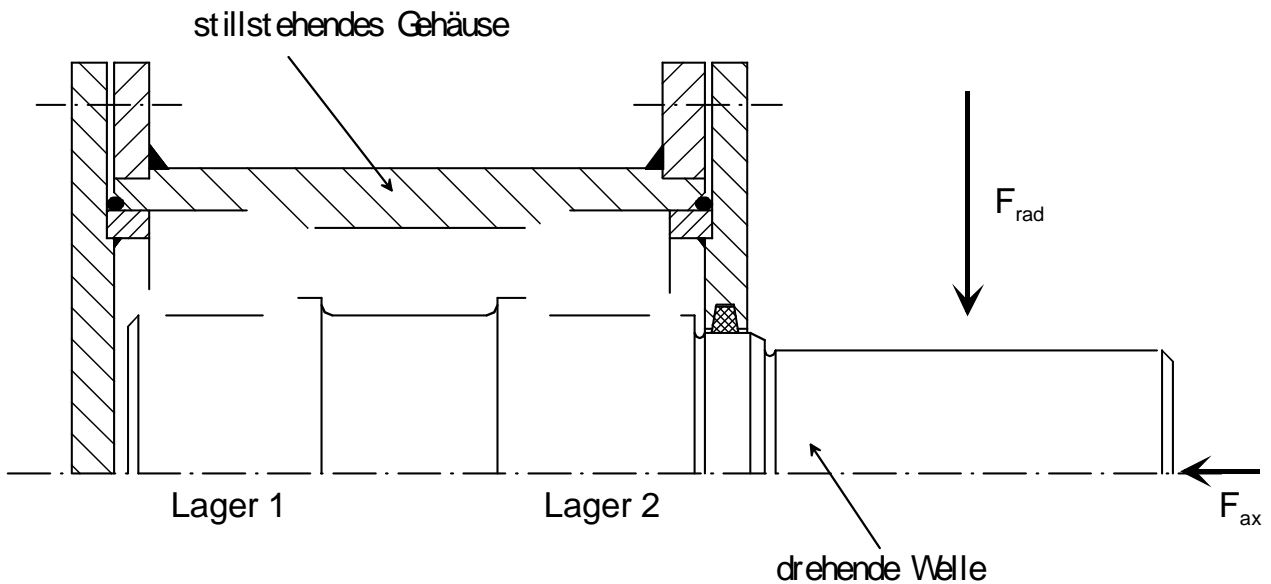
d) Markieren Sie in der folgenden Tabelle die richtige Antwort mit einem Kreuz (X).

	wird kleiner	bleibt gleich	wird größer
Wie ändert sich die ertragbare Spannungsamplitude bei Erhöhung der Mittelspannung?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wie ändert sich die Formzahl, wenn bei gleichem Kerbfall ein hochfester Stahl durch einen Baustahl ersetzt wird?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wie ändert sich die Dauerfestigkeit eines Bauteils durch Kugelstrahlen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 8 Gestaltung von Lagerungen

Die unten dargestellte Welle soll im Gehäuse gemäß dem Fest-Loslager-Prinzip gelagert werden.

a) Vervollständigen Sie bitte die Zeichnung unter Verwendung geeigneter Wälzlager so, dass die Welle nach dem Fest-Loslager-Prinzip gelagert ist.



b) Welches der beiden Lager sollte als Festlager ausgeführt werden? Begründen Sie bitte diese Entscheidung.

c) An welchem Lagerring des Loslagers sollte die axiale Verschiebbarkeit vorgesehen werden? Begründen Sie bitte diese Entscheidung.