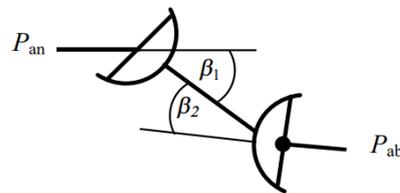


Übungsaufgabe KB 001

Aufgabenstellung

- E-KB 1** Nennen und skizzieren Sie drei unterschiedliche Bauformen von reibschlüssigen Bremsen. Erläutern Sie kurz die Funktionsweise und zeichnen Sie sowohl Reibungs- als auch Betätigungskräfte in die Skizze ein.
- E-KB 2** An einem Getriebeprüfstand wurde eine Kreuzgelenkwelle gemäß der unten dargestellten Skizze 1 eingebaut. Bei der Inbetriebnahme zeigte sich eine starke Geräusentwicklung. Nennen Sie Ursachen hierfür und geben Sie Möglichkeiten zur Abhilfe an.

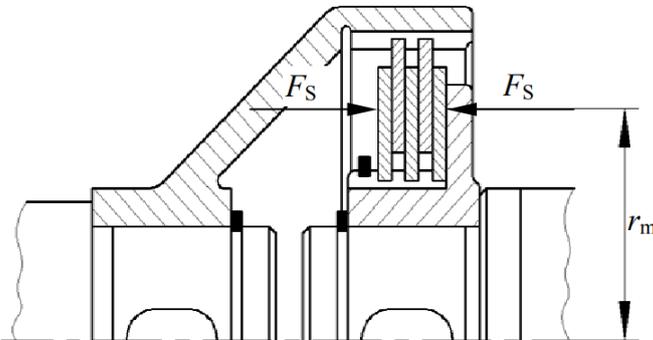


Skizze 1: Kreuzgelenkwelle

Übungsaufgabe KB 002

Aufgabenstellung

Die abgebildete Skizze zeigt die Kupplung eines Mofamotors in vereinfachter Darstellung. Die gesamte Vorspannkraft F_S wird durch drei gleiche Druckfedern aufgebracht (nicht eingezeichnet). Als Sicherheit soll $S = 2$ angenommen werden.



Leistungsdaten:

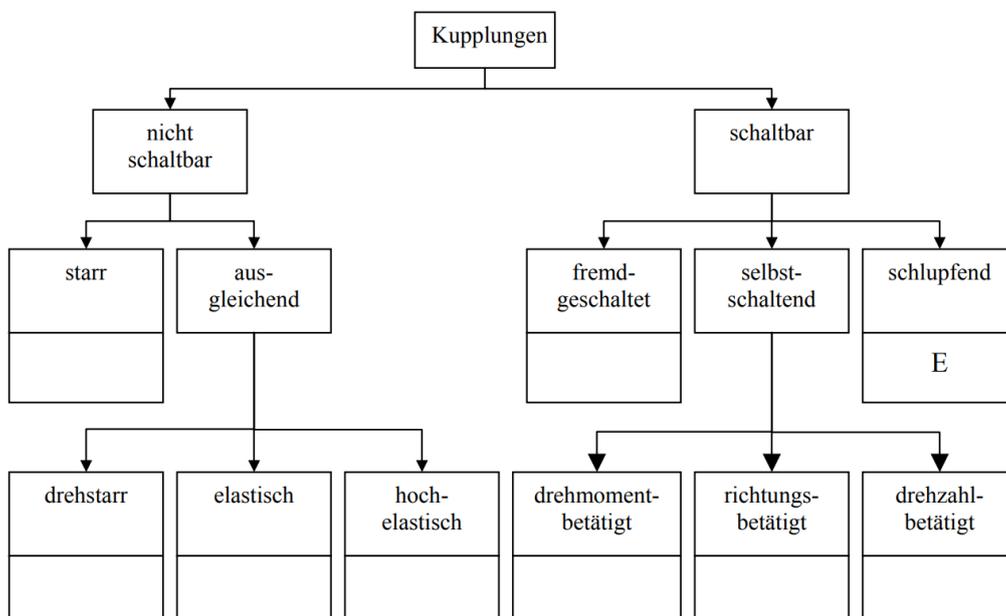
Nennleistung	$P = 1 \text{ kW}$
Nenn Drehzahl	$n = 4200 \text{ min}^{-1}$
Reibwert	$\mu = 0,3$
Wirksamer Reibdurchmesser	$d_m = 44 \text{ mm}$
Anzahl der Kupplungsfedern	$i = 3$

E-KB 1 Berechnen Sie die Vorspannkraft einer einzelnen Feder!

E-KB 2 Ein Bastler hat die Leistung des Motors auf $P' = 2,5 \text{ kW}$ bei Nenn Drehzahl $n' = 6600 \text{ min}^{-1}$ erhöht, ohne die Kupplung zu verändern. Kann die Kupplung das Drehmoment bei Nenn Drehzahl bei einer Sicherheit von $S' = 1,8$ übertragen? Unterstützen Sie Ihre Begründung durch eine Berechnung.

E-KB 3 Ordnen Sie die nachfolgenden Kupplungsarten dem angegebenen Ordnungsschema zu (siehe Beispiel).

A	Sperrklinke
B	Lamellenschaltkupplung
C	Bogenzahnkupplung
D	Gummibolzenkupplung
E	Wirbelstromkupplung
F	Fliehkraftkupplung
G	Brechbolzenkupplung
H	Schalenkupplung
I	Gummimantelkupplung



Übungsaufgabe KB 003

E-KB 1.1 Geben Sie die Bezeichnung der in **Bild 1** dargestellten Kupplung an. (Vgl. „Gummimantelkupplung“)

E-KB 1.2 Benennen Sie die Art der dargestellten Kupplung entsprechend der Einteilung nach VDI 2240. (Vgl. „nicht schaltbar, starr“)

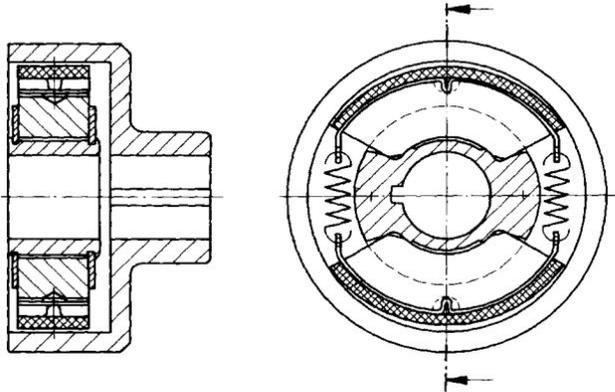


Bild 1: Kupplung

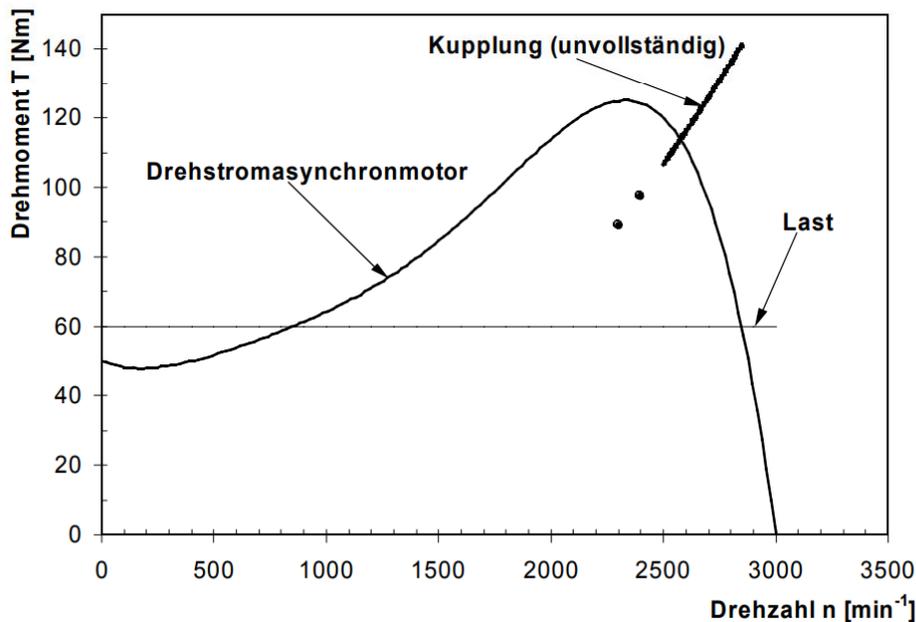


Bild 2: Kennlinien von Motor, Kupplung und Last

E-KB 2 Vervollständigen Sie zeichnerisch die prinzipielle Kupplungskennlinie (Bild 2) um den fehlenden Bereich bei kleinen Drehzahlen ($< 2500 \text{ min}^{-1}$).

E-KB 3 Zeichnen Sie in Bild 2 den **stabilen Arbeitspunkt** des Antriebssystems, bestehend aus Asynchronmotor, Kupplung und Last, ein.

Geben Sie für diesen Punkt Drehmoment (**T**) und Drehzahl (**n**) an.

E-KB 4 Nennen Sie vier Kupplungsarten (Bezeichnung vgl. E-KB 1), die sowohl einen axialen als auch einen radialen Versatz sowie einen Differenzwinkel zwischen zwei zu verbindenden Wellen ausgleichen können. Des weiteren sollen die Kupplungen starke Drehschwingungen dämpfen.

E-KB 5 Skizzieren Sie mögliche Anordnungen einer Gelenkwelle zur Übertragung einer gleichförmigen Winkelgeschwindigkeit und benennen Sie diese.

Übungsaufgabe KB 004

Ein Verbrennungsmotor treibt über eine Fliehkraftkupplung ein Förderband an, welches unabhängig von der Drehzahl ein konstantes Drehmoment von 20 Nm benötigt. Die Daten der Fliehkraftkupplung sind in **Abb. 1** angegeben. Für den Reibwert μ zwischen dem Reibbelag und dem Außenteil der Kupplung ist ein Wert von 0,3 anzunehmen. Jede der beiden eingesetzten, ungespannten Federn besitzt eine Federsteifigkeit c von 14.036 N/m.

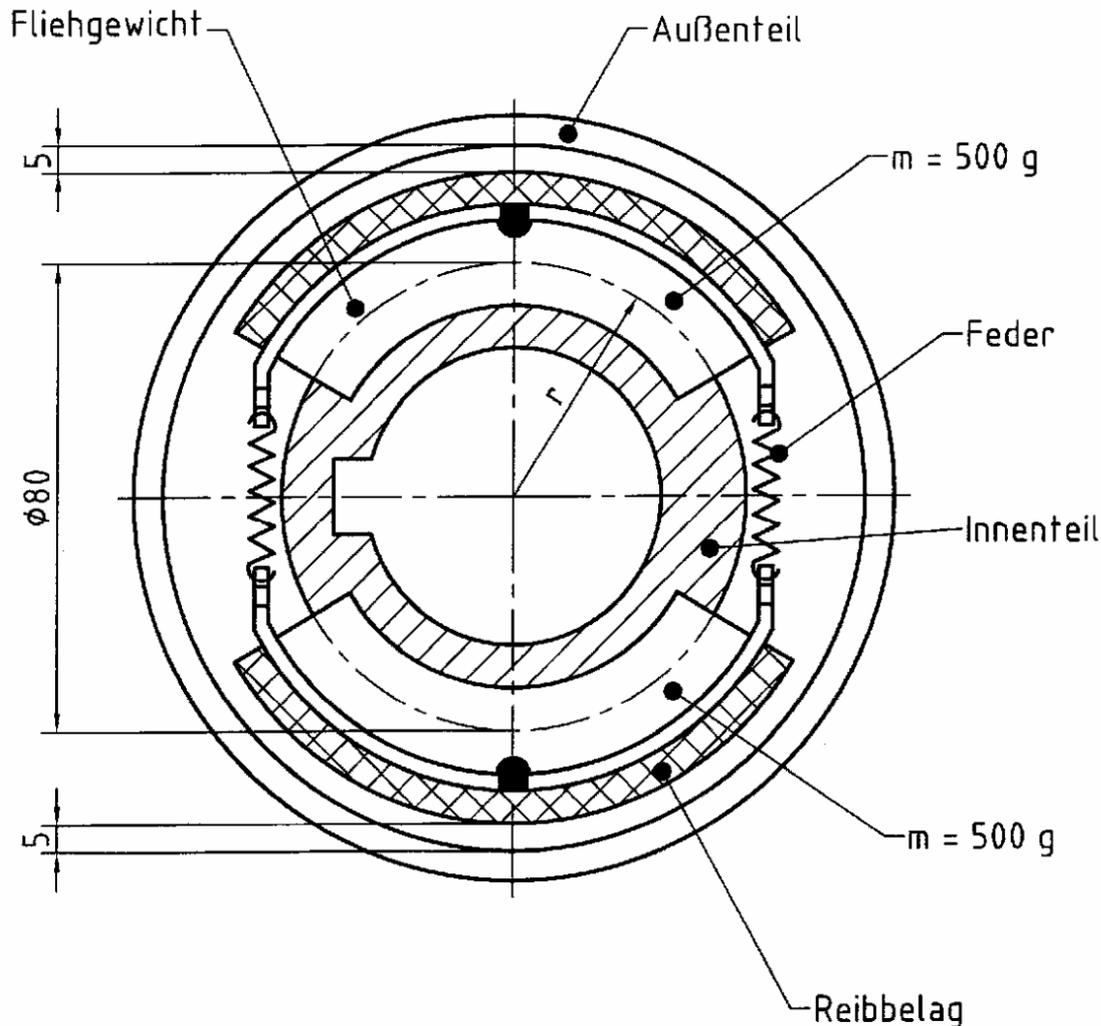


Abb. 1: Schematische Darstellung einer Fliehkraftkupplung

E-KB 1 Wird der Verbrennungsmotor bei seiner Leerlaufdrehzahl betrieben, liegen die Fliehkörper mit ihren Reibbelägen gerade eben an dem Außenteil der Kupplung an. Um welchen Betrag Δl wird jede der beiden eingesetzten Federn dabei gegenüber der dargestellten Position gelängt?

E-KB 2 Wie groß ist die Federkraft $F_{F,ges.}$, die von beiden Federn aufgebracht wird? **Anmerkung:** Die Federkraft F_F einer Feder lässt sich nach folgender Formel berechnen: $F_F = c \cdot \Delta l$.

E-KB 3 Bei welcher Drehzahl n [min^{-1}] des Motors setzt sich das Förderband erstmals in Bewegung? Zu diesem Zeitpunkt ist das von der Kupplung übertragbare Moment identisch mit dem unabhängig von der Drehzahl konstanten Drehmoment, das das Förderband benötigt. **Anmerkung:** Das von der Fliehkraftkupplung übertragbare Reibmoment M_R berechnet sich mit der Formel: $M_R = \mu \cdot r \cdot (F_\omega - F_{F,ges.})$. Für die auf die Reibelemente wirkende Fliehkraft F_ω gilt: $F_\omega = m_{ges.} \cdot r \cdot \omega^2$. Falls Sie **E-KB 2** nicht gelöst haben, rechnen Sie mit einer Federkraft $F_{F,ges.}$ von 300 N.

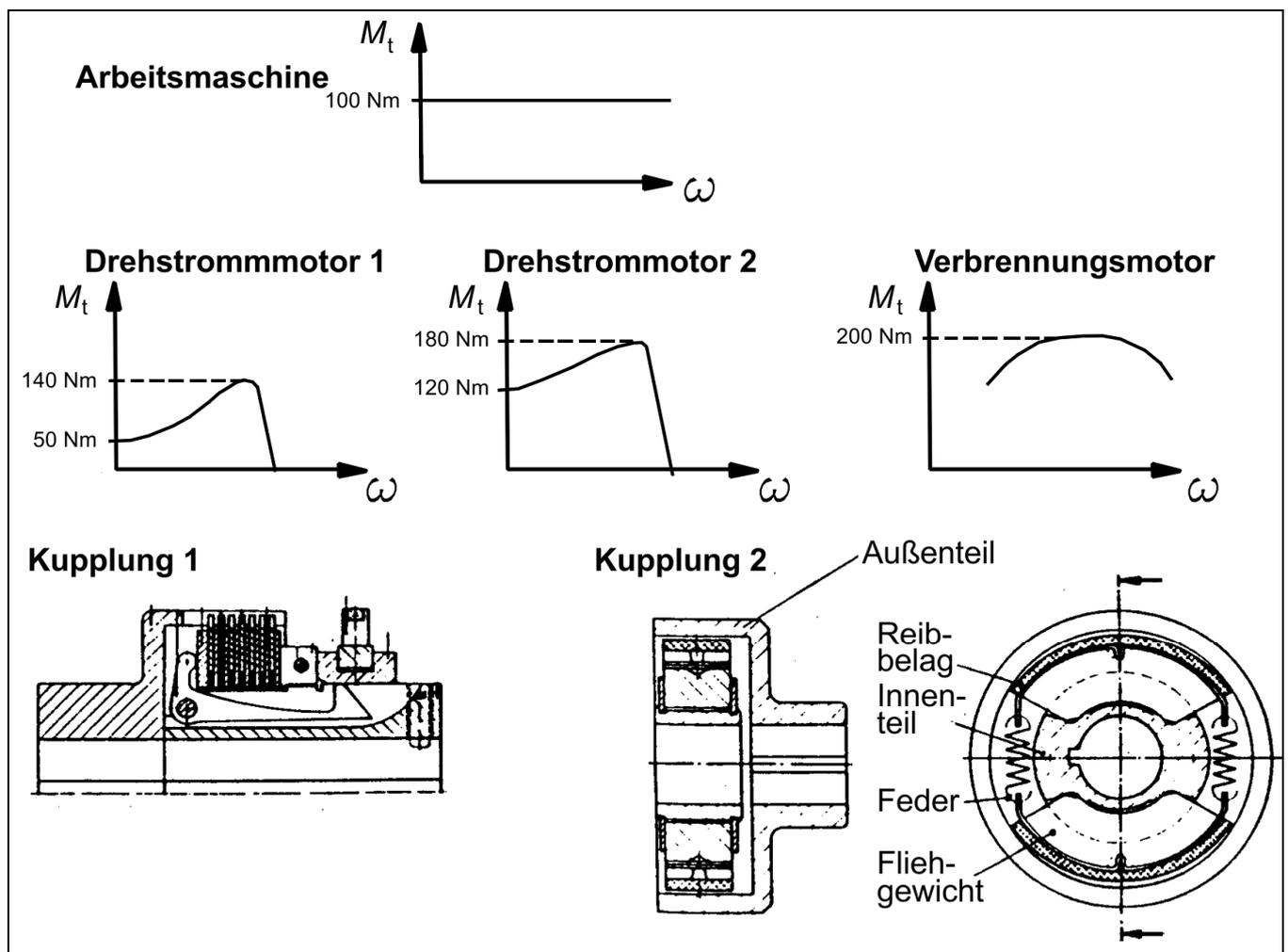
Übungsaufgabe KB 005

Eine Arbeitsmaschine besitzt die dargestellte Kennlinie. Zum Antrieb stehen drei Motoren zur Verfügung, deren Kennlinien dargestellt sind. Darüber hinaus stehen zwei Kupplungen zur Auswahl, die bei Bedarf verwendet werden können.

E-KB1 Welcher Motor könnte ohne Kupplung verwendet werden (mit Begründung)?

E-KB2 Geben Sie die Bezeichnung der beiden Kupplungen an und beschreiben Sie kurz deren Funktionsweise.

E-KB3 Wie würde der Anlaufvorgang beim Einsatz der beiden anderen Motoren ablaufen? Welche der Kupplungen könnte eingesetzt werden?



Übungsaufgabe KB 006

Aufgabenstellung

Für einen Lastenaufzug (Kennlinie Abb. 1) soll ein geeignetes Antriebskonzept ausgelegt werden. Es stehen drei unterschiedliche Motoren (Kennlinie Abb. 2-4) und zwei Kupplungen (Abb. 5-6) zur Verfügung.

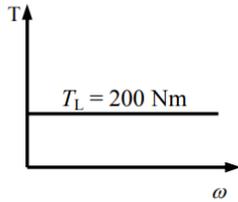


Abb. 1: Lastkennlinie

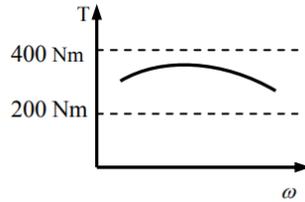


Abb. 2: Dieselmotor

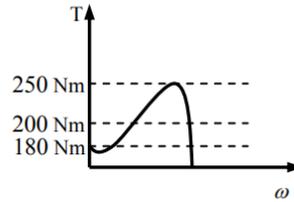


Abb. 3: Drehstrommotor A

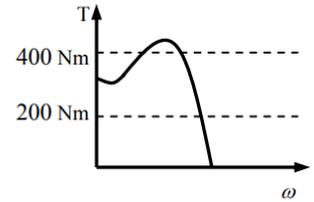


Abb. 4: Drehstrommotor B

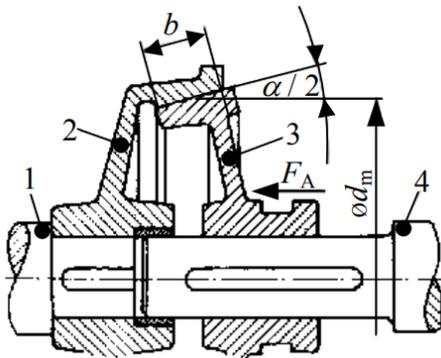


Abb. 5: Kupplung 1

- 1: Antriebswelle 2: Außenteil
3: Innenteil 4: Abtriebswelle

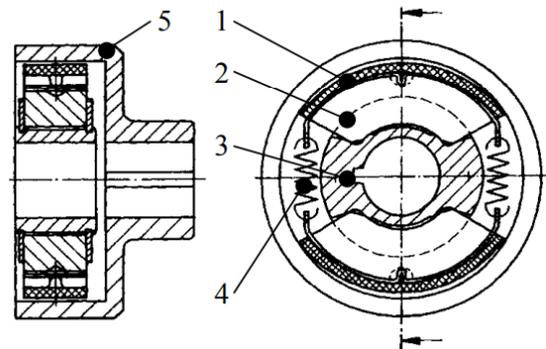


Abb. 6: Kupplung 2

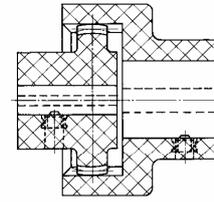
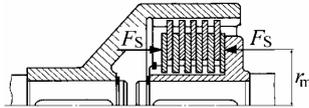
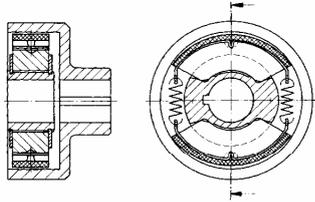
- 1: Reibbela 2: Fliehgewicht 3: Innenteil
4: Feder 5: Außenteil

- E-KB 1** Geben Sie die Bezeichnung der beiden Kupplungen an und erläutern Sie kurz deren Funktionsweise.
- E-KB 2** Mit welchem Motor lässt sich der Aufzug ohne Kupplung betreiben (Begründung)?
- E-KB 3** Wie würde der Anlaufvorgang beim Einsatz der anderen Motoren ablaufen? Welche der Kupplungen könnte eingesetzt werden (Begründung)?
- E-KB 4** Berechnen Sie für Kupplung 1 (Abb. 5) das übertragbare Drehmoment T_R mit den nachfolgenden Werten.

Betätigungskraft	$F_A = 1950 \text{ N}$
mittlerer Reibdurchmesser	$d_m = 880 \text{ mm}$
Reibbeiwert	$\mu = 0,3$
Kegelwinkel	$\alpha = 80^\circ$

Übungsaufgabe KB 007

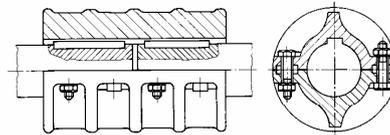
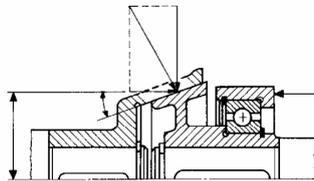
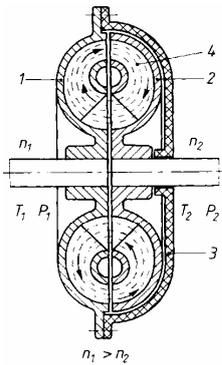
E-KB 1 Tragen Sie die Bezeichnung der dargestellten Kupplungen in das Textfeld unter der Abbildung ein.



1 Fliehkraftkupplung

2

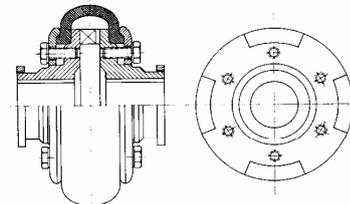
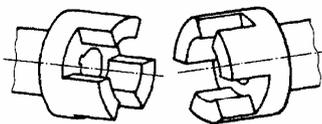
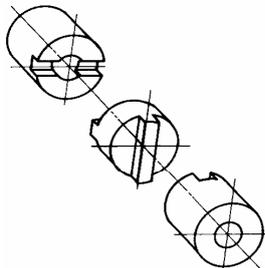
3



4

5

6



7

8

9

E-KB 2 Welche der auf der vorherigen Seite abgebildeten Kupplungen eignet sich für die Anwendungsfälle a-c (Mehrfachnennung möglich, Kennziffer 1-9 eintragen)?

- Schwingungsdämpfung
- Anlaufkupplung (selbstschaltend o. fremdbetätigt)
- Ausgleichskupplung bei **radialem** Versatz

E-KB 3 Das nachfolgende Diagramm 1 zeigt die Kennlinie der Fliehkraftkupplung aus Abbildung 1. Nennen Sie mindestens drei Maßnahmen zur Erhöhung des übertragbaren Drehmoments bei einer vorgegebenen Drehzahl.

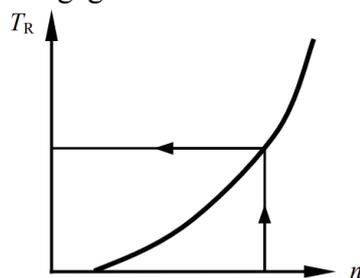


Diagramm 1

Übungsaufgabe KB 008

Die Antriebsanlage eines Fährschiffs besteht aus einer Gasturbine (1) mit einer Nennleistung von 27.500 kW bei einer Nenndrehzahl von 3.800 U/min. Diese Gasturbine ist über eine Lamellenkupplung (2) und eine weitere Kupplung (3) mit einem Getriebe (4) verbunden, welches das Drehmoment der Gasturbine an die Schiffswelle (5) weiterleitet. (Abb. 1 und 2).

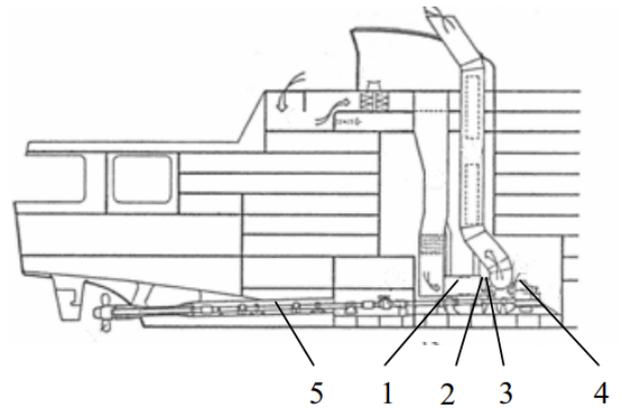


Abb. 1: Antriebsanlage der FINNJET

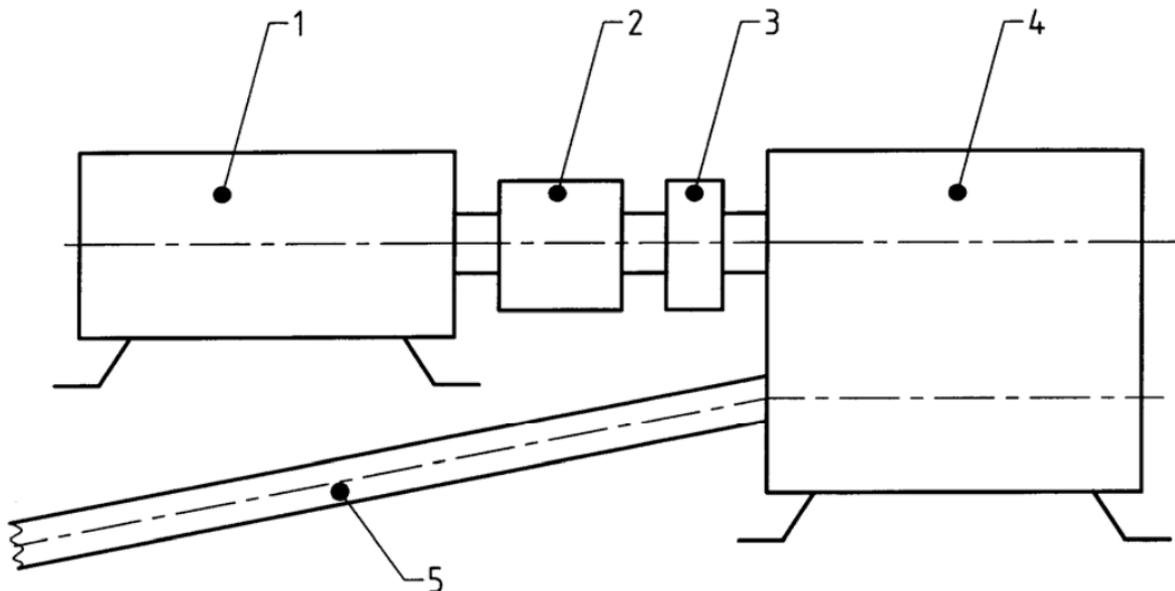


Abb. 2: Antriebsanlage der FINNJET (schematisch)

E-KB 1 Die Lamellenkupplung (2) soll aus insgesamt 11 Lamellen bestehen, wobei die mit der Antriebsseite der Kupplung verbundenen Lamellen aus Stahl, die mit der Abtriebsseite der Kupplung verbundenen Lamellen aus Sintermetall hergestellt sind. Zeichnen Sie die noch fehlenden Lamellen in **Abb. 3** ein.

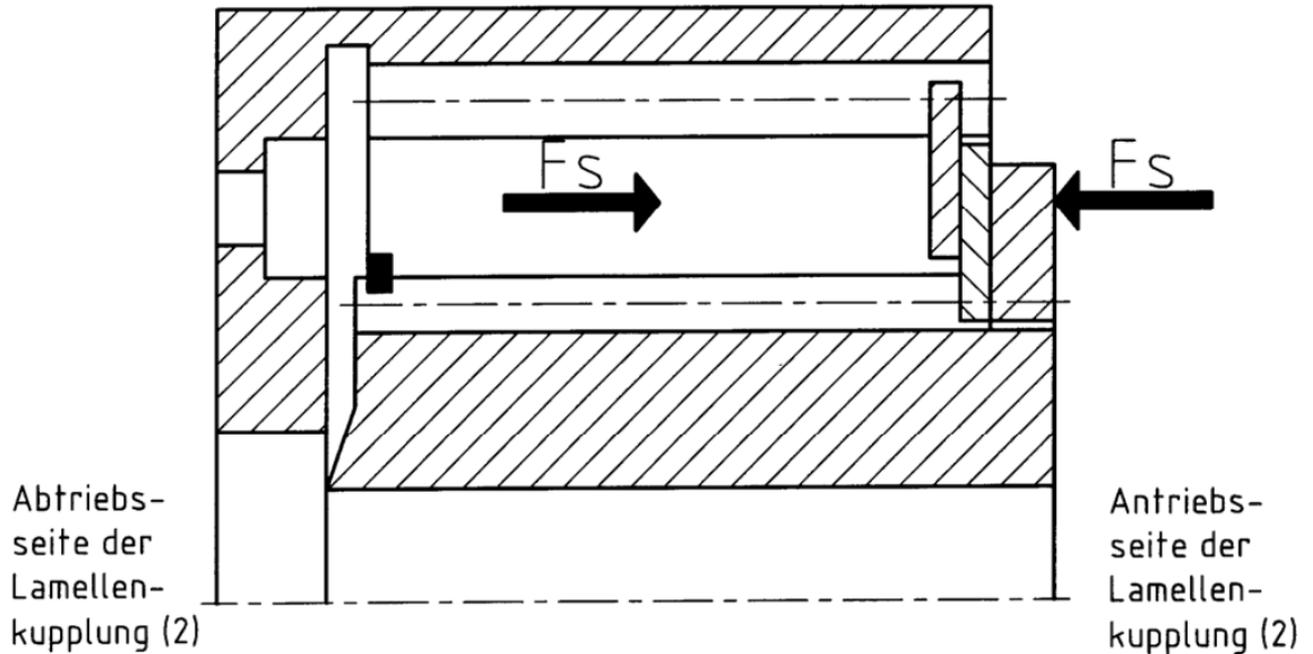


Abb 3: Schematische Darstellung der Lamellenkupplung (2)

E-KB 2 Ermitteln Sie die Anzahl z der wirksamen Reibflächenpaarungen.

E-KB 3 Wie groß ist der Reibwert μ , wenn davon auszugehen ist, dass die Kupplung zur Kühlung von Öl durchlaufen wird?

Reibpaarung	Reibwerte etwa	
	μ trocken	μ in Öl
St/St	-	0,003 ... 0,05
St/Sintermetall	0,15 ... 0,2	0,05
St/Kunstharz	0,25 ... 0,5	0,08 ... 0,12
St/Papier	-	0,1 ... 0,13

Abb. 4: Reibwerte für unterschiedliche Reibpaarungen

E-KB 4 Welches Drehmoment muss die Lamellenkupplung übertragen, wenn die Gasturbine im Nennbetriebspunkt läuft?

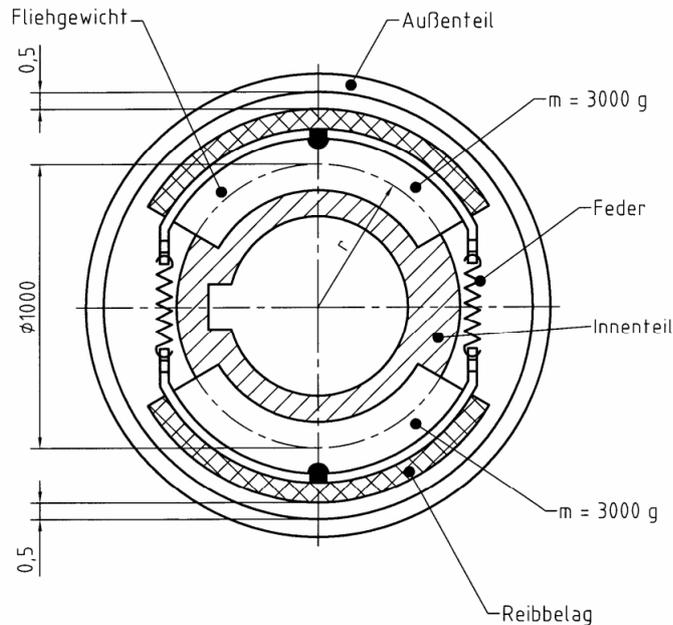
E-KB 5 Bei einer ähnlichen Anordnung soll ein Drehmoment von 80.000 Nm übertragen werden. Wie groß muss der mittlere Reibradius r_m mindestens sein, wenn zum Aufbringen der Schaltkraft F_s (**Abb. 3**) ein Hydraulikzylinder zum Einsatz kommen soll, der eine maximale Druckkraft von 150 kN besitzt?

E-KB 6 Nennen Sie eine geeignete Kupplung, die an **Pos. 3** in **Abb. 2** einzusetzen ist, damit ein einwandfreier Lauf des Antriebsstrangs gewährleistet werden kann? Begründen Sie ihre Antwort!

Übungsaufgabe KB 009

Ein Schiffsdiesel treibt über eine Fliehkraftkupplung einen Propeller an. Die Daten der Fliehkraftkupplung sind in **Abb. 1** angegeben. Für den Reibwert μ zwischen dem Reibbelag und dem Außenteil der Kupplung ist ein Wert von 0,3 anzunehmen. Jede der beiden eingesetzten, ungespannten Federn besitzt eine Federsteifigkeit c von 10^7 N/m.

Hilfe: Fliehkraft $F_\omega = m \cdot r \cdot \omega^2$, Federkraft $F_F = c \cdot \Delta l$ und Reibmoment $T_R = \mu \cdot r \cdot (F_\omega - F_F)$

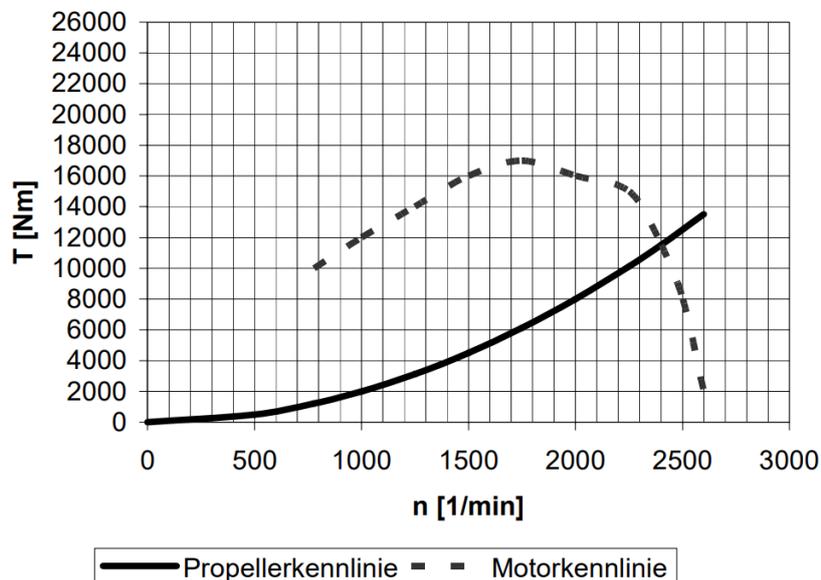


Schematische Darstellung einer Fliehkraftkupplung

E-KB 1 Welche Leerlaufdrehzahl n_0 darf der Schiffsdiesel maximal haben, damit die Kupplung gerade eben noch kein Drehmoment überträgt? Angabe bitte in $[\text{min}^{-1}]$!

E-KB 2 Welches Drehmoment T_R überträgt die Kupplung bei der Maximaldrehzahl des Schiffsdiesels von $n_{\text{max.}} = 2.400 \text{ min}^{-1}$?

E-KB 3 In dem folgenden Diagramm ist die Kennlinie des Schiffspropellers und des Schiffsdiesels dargestellt.



Bei einer ähnlichen Kupplung darf der Schiffsdiesel eine maximale Drehzahl von 1.000 min^{-1} haben, damit die Kupplung eben noch kein Drehmoment überträgt. Bei $n_{\max.} = 2.400 \text{ min}^{-1}$ überträgt diese Kupplung 26.000 Nm .

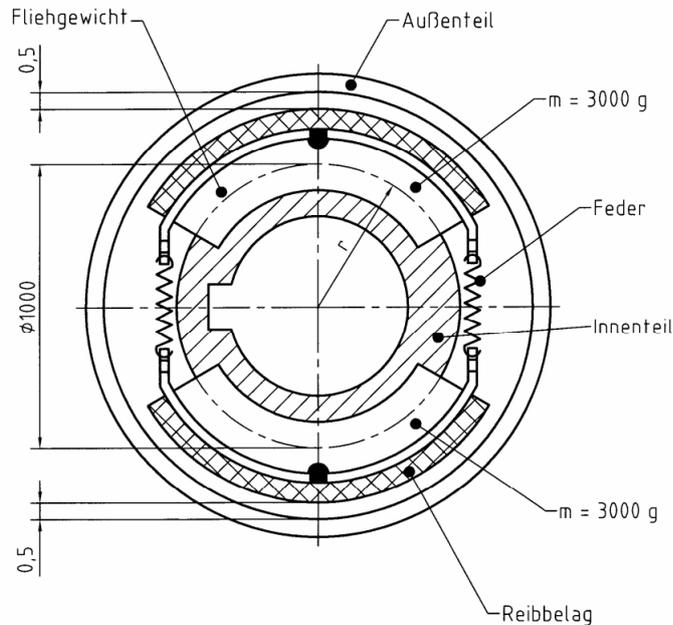
- a) Zeichnen Sie die Kennlinie dieser Fliehkraftkupplung qualitativ unter Nutzung der gegebenen Werte in das oben dargestellte Diagramm ein.
- b) Kennzeichnen Sie im Diagramm die Motor- bzw. Kupplungsdrehzahl, bei der sich der Propeller in Bewegung setzt.
- c) Kennzeichnen Sie im Diagramm die Drehzahl, bis zu der die Kupplung rutscht.
- d) Welche Drehzahl erreicht der Motor, der über die Fliehkraftkupplung den Propeller antreibt, maximal?

Anmerkung: Markieren Sie alle Punkte in dem oben dargestellten Diagramm!

LÖSUNG zu Übungsaufgabe KB 009

Ein Schiffsdiesel treibt über eine Fliehkraftkupplung einen Propeller an. Die Daten der Fliehkraftkupplung sind in **Abb. 1** angegeben. Für den Reibwert μ zwischen dem Reibbelag und dem Außenteil der Kupplung ist ein Wert von 0,3 anzunehmen. Jede der beiden eingesetzten, ungespannten Federn besitzt eine Federsteifigkeit c von 10^7 N/m.

Hilfe: Fliehkraft $F_\omega = m \cdot r \cdot \omega^2$, Federkraft $F_F = c \cdot \Delta l$ und Reibmoment $T_R = \mu \cdot r \cdot (F_\omega - F_F)$



Schematische Darstellung einer Fliehkraftkupplung

E-KB 1 Welche Leerlaufdrehzahl n_0 darf der Schiffsdiesel maximal haben, damit die Kupplung gerade eben noch kein Drehmoment überträgt? Angabe bitte in $[\text{min}^{-1}]$!

Lösung:

$$F_\omega = m \cdot r \cdot \omega^2;$$

$$F_F = c \cdot \Delta l$$

$$\Rightarrow F_\omega = F_F \qquad m \cdot r \cdot \omega^2 = 2 \cdot c \cdot \Delta l$$

$$\Leftrightarrow (2 \cdot \pi \cdot n_0)^2 = \frac{2 \cdot c \cdot \Delta l}{m \cdot r} \Leftrightarrow 2 \cdot \pi \cdot n_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot c \cdot \Delta l}{m \cdot r}} \Rightarrow n_0 = \frac{\sqrt{2 \cdot c \cdot \Delta l}}{2 \cdot \pi}$$

$$\Rightarrow n_0 = \frac{\sqrt{\frac{2 \cdot 10^7 \text{ N/m} \cdot 2 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{6 \text{ kg} \cdot 0,5 \text{ m}}}}{2 \cdot \pi}$$

$$\Rightarrow n_0 = 12,99 \text{ s}^{-1} = 779,7 \text{ min}^{-1}$$

E-KB 2 Welches Drehmoment T_R überträgt die Kupplung bei der Maximaldrehzahl des Schiffsdiesels von $n_{\max.} = 2.400 \text{ min}^{-1}$?

Lösung:

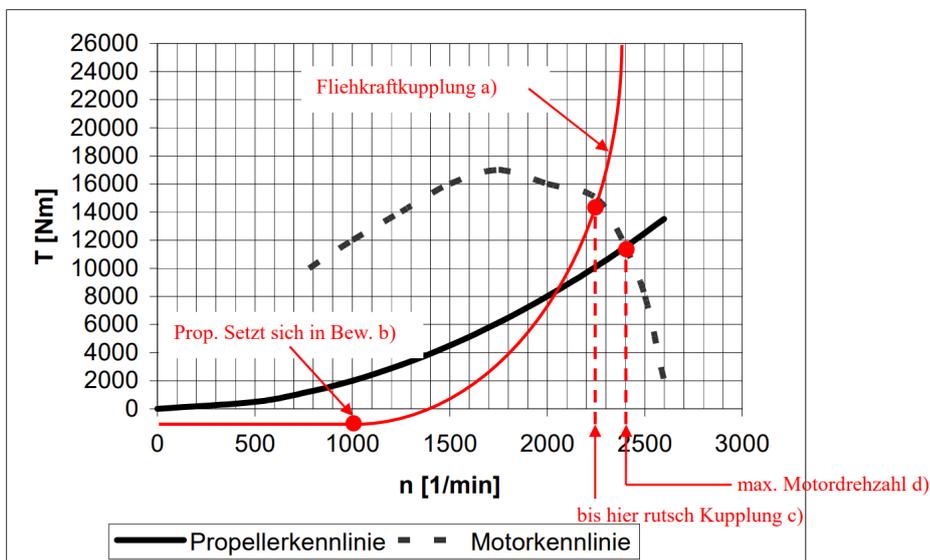
$$T_R = \mu \cdot r \cdot (F_\omega - F_F)$$

$$\Rightarrow T_R = \mu \cdot r \cdot (m \cdot r \cdot \omega^2 - 2 \cdot c \cdot \Delta l)$$

$$\Rightarrow T_R = 0,3 \cdot 0,5 \text{ m} \cdot (6 \text{ kg} \cdot 0,5 \text{ m} \cdot (2 \cdot \pi \cdot 40 \text{ s}^{-1})^2 - 2 \cdot 10^7 \text{ N/m} \cdot 2 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ m})$$

$$\Rightarrow T_R = 25.424,5 \text{ Nm}$$

E-KB 3 In dem folgenden Diagramm ist die Kennlinie des Schiffspropellers und des Schiffsdiesels dargestellt.



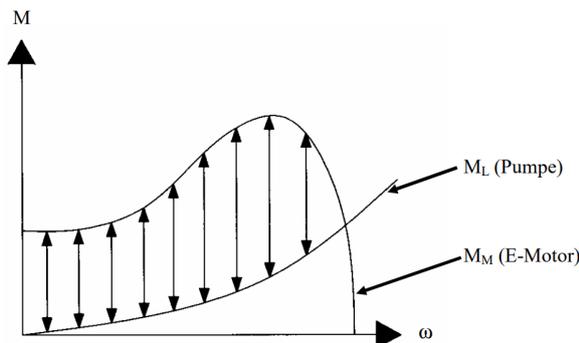
Bei einer ähnlichen Kupplung darf der Schiffsdiesel eine maximale Drehzahl von 1.000 min^{-1} haben, damit die Kupplung eben noch kein Drehmoment überträgt. Bei $n_{\max.} = 2.400 \text{ min}^{-1}$ überträgt diese Kupplung 26.000 Nm .

- Zeichnen Sie die Kennlinie dieser Fliehkraftkupplung qualitativ unter Nutzung der gegebenen Werte in das oben dargestellte Diagramm ein.
- Kennzeichnen Sie im Diagramm die Motor- bzw. Kupplungsdrehzahl, bei der sich der Propeller in Bewegung setzt.
- Kennzeichnen Sie im Diagramm die Drehzahl, bis zu der die Kupplung rutscht.
- Welche Drehzahl erreicht der Motor, der über die Fliehkraftkupplung den Propeller antreibt, maximal?

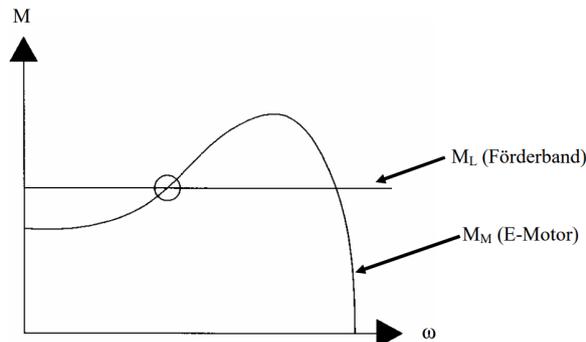
Anmerkung: Markieren Sie alle Punkte in dem oben dargestellten Diagramm!

Übungsaufgabe KB 010

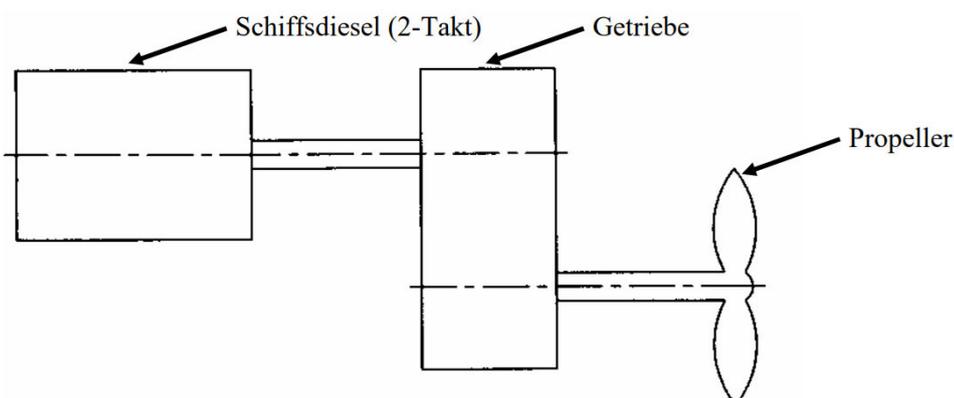
- E-KB 1** Wie bezeichnet man die im folgenden Bild dargestellte Momentendifferenz? Kennzeichnen Sie den Zusammenarbeitspunkt von Kraft- und Lastmaschine!



- E-KB 2** Wie bezeichnet man den im folgenden Bild dargestellten Arbeitspunkt? Lläuft die Anordnung, bestehend aus Kraftmaschine, starrer Kupplung und Lastmaschine, selbstständig an?



- E-KB 3** Markieren Sie in dem folgenden Bild, welches den Antriebsstrang eines Schiffes darstellt, die Stellen, an denen eine Kupplung eingebaut werden muss und benennen Sie diese!

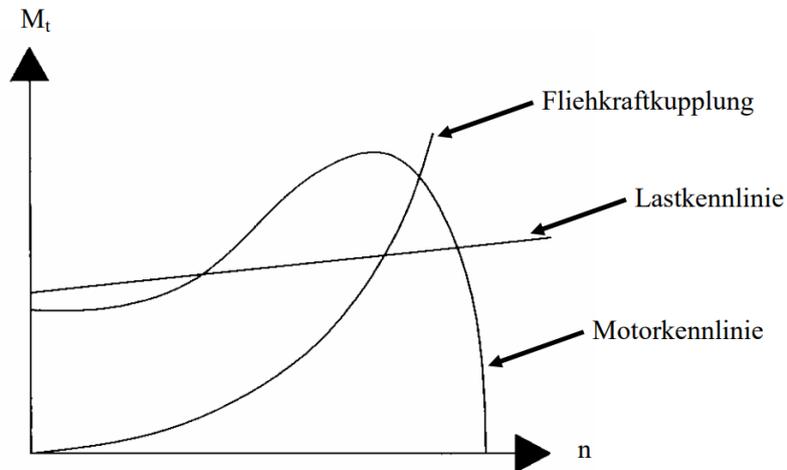


- E-KB 4** a) Nach welchem Prinzip arbeitet eine hydroviskose Kupplung? b) Nennen Sie einen typischen Einsatzort für eine solche Kupplung!

E-KB 5 Zeichnen Sie in das folgende Bild die folgenden Punkte ein:

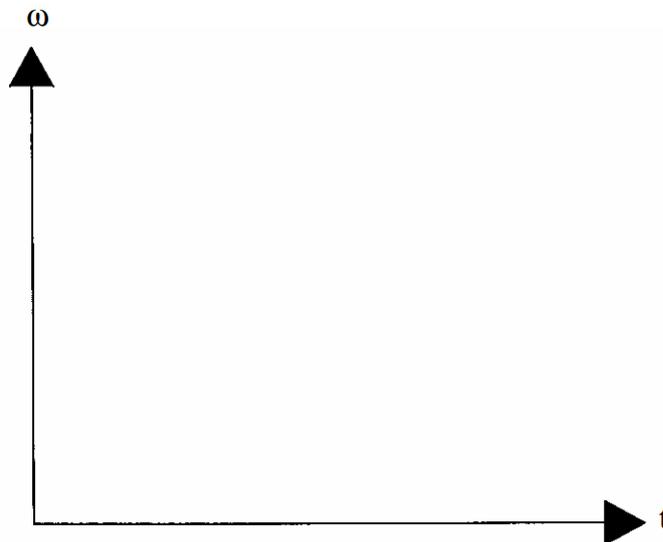
Punkt 1: Last beginnt sich zu bewegen

Punkt 2: Kupplung rutscht nicht mehr



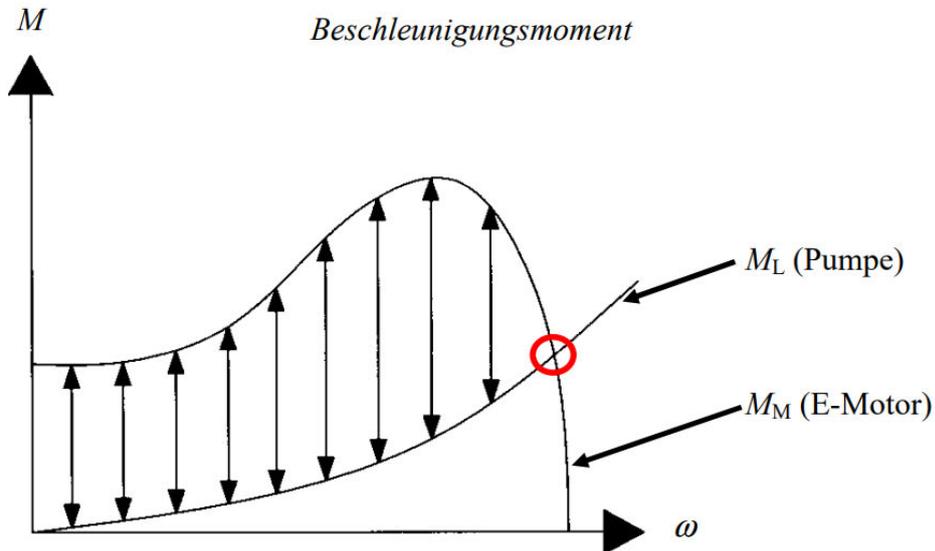
E-KB 6 Nennen Sie zwei Vorteile von Lamellenkupplungen!

E-KB 7 Skizzieren Sie im folgenden ω, t -Diagramm den Verlauf der Motor- und der Lastdrehzahl, wenn zwischen Motor und Last eine fremdgeschaltete Reibkupplung betätigt wird. Kennzeichnen Sie die Rutschzeit t_R in diesem Diagramm! **Hilfe:** Bedenken Sie, dass beim Einkuppeln die Motordrehzahl abnimmt bis der Einkuppelvorgang beendet ist. Danach beschleunigen Motor und Last auf die Betriebsdrehzahl.

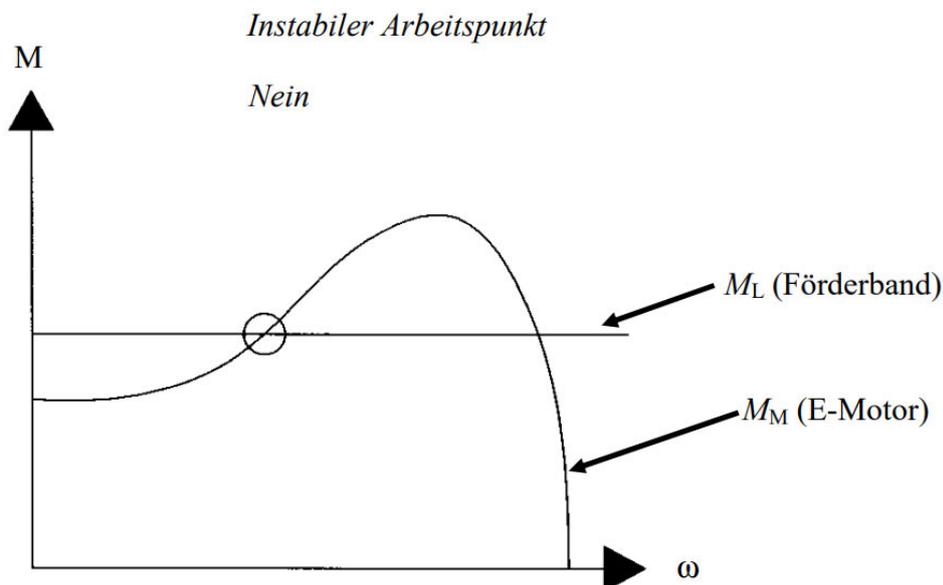


LÖSUNG zu Übungsaufgabe KB 010

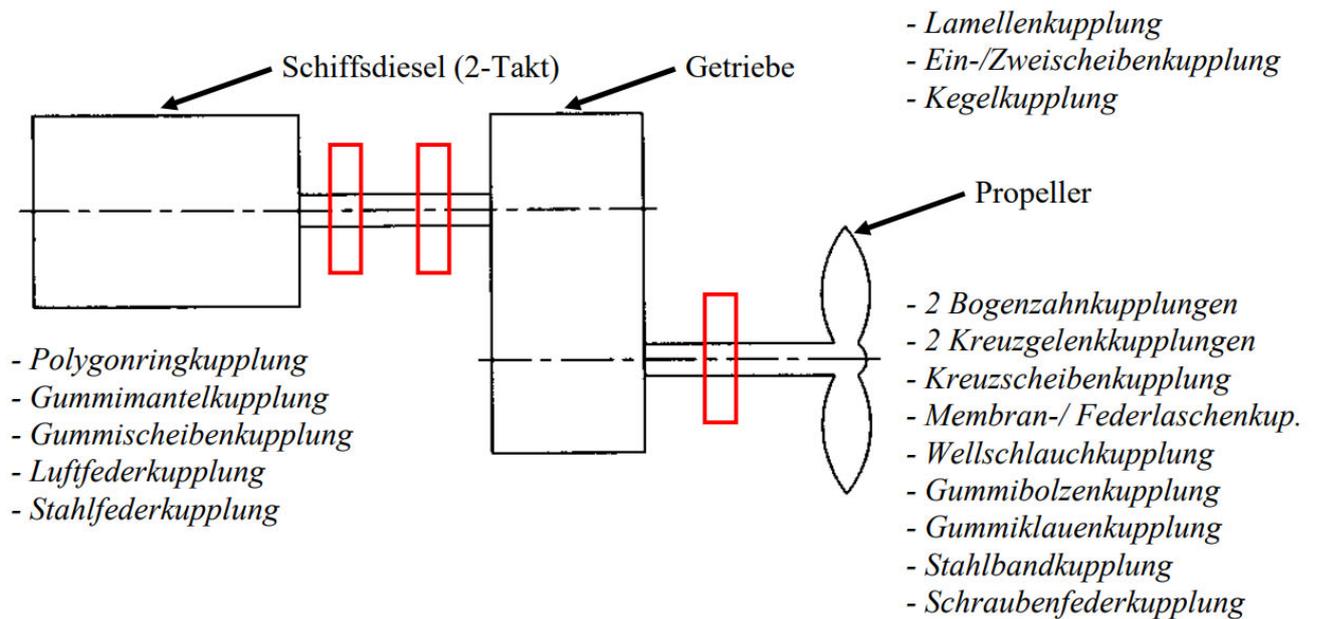
- E-KB 1** Wie bezeichnet man die im folgenden Bild dargestellte Momentendifferenz?
Kennzeichnen Sie den Zusammenarbeitspunkt von Kraft- und Lastmaschine!



- E-KB 2** Wie bezeichnet man den im folgenden Bild dargestellten Arbeitspunkt? Lläuft die Anordnung, bestehend aus Kraftmaschine, starrer Kupplung und Lastmaschine, selbstständig an?



E-KB 3 Markieren Sie in dem folgenden Bild, welches den Antriebsstrang eines Schiffes darstellt, die Stellen, an denen eine Kupplung eingebaut werden muss und benennen Sie diese!



E-KB 4 a) Nach welchem Prinzip arbeitet eine hydroviskose Kupplung? b) Nennen Sie einen typischen Einsatzort für eine solche Kupplung!

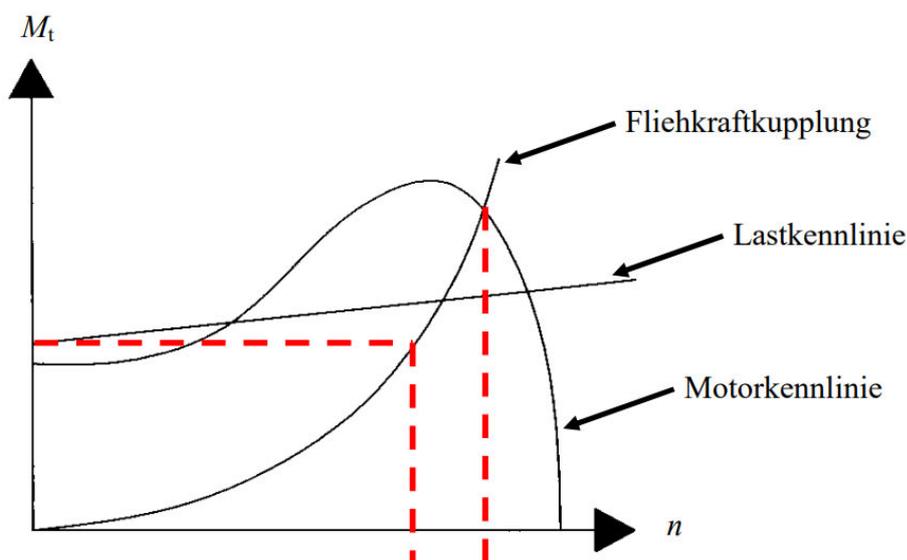
Lösung:

- a) *Mitnahme durch Ölzähigkeit*
- b) *Zwischen den Ausgleichsrädern eines Differenzials*

E-KB 5 Zeichnen Sie in das folgende Bild die folgenden Punkte ein:

Punkt 1: Last beginnt sich zu bewegen

Punkt 2: Kupplung rutscht nicht mehr

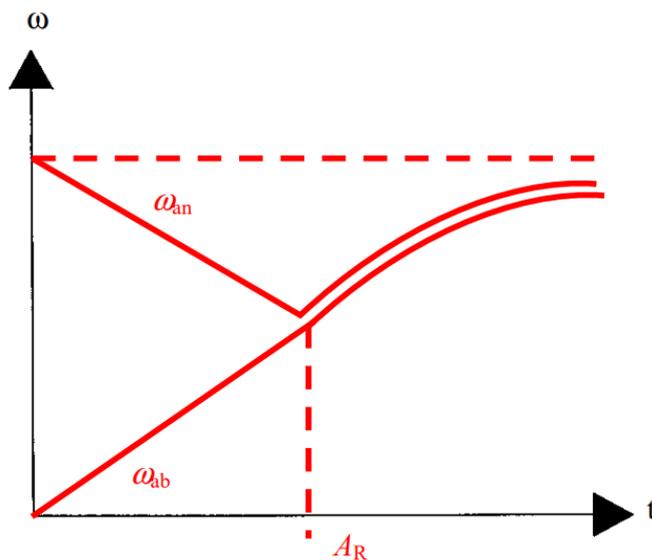


E-KB 6 Nennen Sie zwei Vorteile von Lamellenkupplungen!

Lösung:

- hohes Drehmoment
- kleiner Durchmesser

E-KB 7 Skizzieren Sie im folgenden ω, t -Diagramm den Verlauf der Motor- und der Lastdrehzahl, wenn zwischen Motor und Last eine fremdgeschaltete Reibkupplung betätigt wird. Kennzeichnen Sie die Rutschzeit t_R in diesem Diagramm! **Hilfe:** Bedenken Sie, dass beim Einkuppeln die Motordrehzahl abnimmt bis der Einkuppelvorgang beendet ist. Danach beschleunigen Motor und Last auf die Betriebsdrehzahl.



Übungsaufgabe KB 011

E-KB 1 Der Dieselmotor eines Schiffsantriebes soll über eine geeignete Gummi-Klauenkupplung mit dem Getriebe des Antriebsstranges verbunden werden. Der Dieselmotor hat bei einer Drehzahl von 800 U/min eine Leistung von 400 kW. Laut Angaben des Werftbetreibers wird im Maschinenraum eine Umgebungstemperatur von 45 °C erreicht.

- a) Wie groß ist bei den gegebenen Motordaten das Drehmoment T_N des Dieselmotors?
- b) Ermitteln Sie mit Hilfe der angegebenen Formel das Kupplungsnennmoment T_{KN} der Gummi-Klauenkupplung, wenn die Gummielemente aus Polyurethan Elastomer (PUR) hergestellt sind und die Kupplung durch den Dieselmotor mäßigen Stößen ausgesetzt ist. Die Werte für den Betriebsfaktor φ und den Temperaturfaktor S_ϑ sind den Tabellen zu entnehmen und müssen markiert werden.

Formel für das Kupplungsmoment: $T_{KN} \geq \varphi \cdot S_\vartheta \cdot T_N$

ϑ in [°C]	S_ϑ für Werkstoffmischung		
	Naturgummi (NR)	Polyurethan Elastomere (PUR)	Acrylnitril-Butadien-Kautschuk (NBR) (Perbunan N)
- 20 < ϑ > + 30	1,0	1,0	1,0
+ 30 < ϑ > + 40	1,1	1,2	1,0
+ 40 < ϑ > + 60	1,4	1,4	1,0
+ 60 < ϑ > + 80	1,6	1,8	1,2

Tabelle für den Temperaturfaktor S_ϑ

Arbeitsweise der Antriebsmaschine	Arbeitsweise der getriebenen Maschine			
	gleichmäßig	mäßige Stöße	mittlere Stöße	starke Stöße
gleichmäßig	1,00	1,1	1,25	1,50
leichte Stöße	1,25	1,35	1,50	1,75
mäßige Stöße	1,50	1,60	1,75	2,00
starke Stöße	1,75	1,85	2,00	2,25

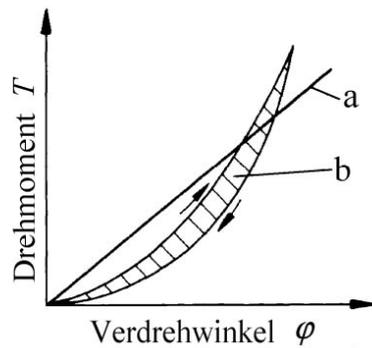
Tabelle für den Betriebsfaktor φ

- c) Markieren Sie in der unten stehenden Tabelle die zu verwendende Kupplung.

Kupplungsgröße Coupling size	T_{KN} Nm	T_{Kmax} Nm	T_{KW} (bei / with...% Vorlast / pre-load) kNm			
			25%	50%	75%	100%
200 R	2000	6000	0,48	0,87	1,27	1,66
320 R	3200	9600	0,76	1,39	2,03	2,66
500 R	5000	15000	1,19	1,90	2,60	3,31
700 R	7000	21000	1,66	2,59	3,51	4,43
1200 R	12000	36000	2,85	4,90	6,95	9,00
1600 R	16000	48000	3,80	6,77	9,73	12,7
2100 R	21000	63000	4,99	8,66	12,3	16,0
2900 R	29000	87000	6,90	12,4	17,8	23,3
3500 R	35000	105000	8,30	14,2	20,1	26,0

Kupplungstabelle der Firma Stromag /www.stromag.de/

E-KB2 Im unteren Bild ist die Drehfederkennlinie (b) einer elastischen Ausgleichskupplung dargestellt.



- Welche Auswirkungen hat die progressive Kennlinie auf das Verhalten der Kupplung bei großen und bei kleinen Drehmomenten?
- Wie sollten Elastomere möglichst belastet werden?
- Welche Belastungsart sollte vermieden werden?

E-KB3 Nennen Sie fünf Beispiele für Elastische oder Hochelastische Ausgleichskupplungen.

LÖSUNG zu Übungsaufgabe KB 011

E-KB 1

Der Dieselmotor eines Schiffsantriebes soll über eine geeignete Gummi-Klauenkupplung mit dem Getriebe des Antriebsstranges verbunden werden. Der Dieselmotor hat bei einer Drehzahl von 800 U/min eine Leistung von 400 kW. Laut Angaben des Werftbetreibers wird im Maschinenraum eine Umgebungstemperatur von 45 °C erreicht.

a) Wie groß ist bei den gegebenen Motordaten das Drehmoment T_N des Dieselmotors?

Lösung:

$$T_N = \frac{P}{\omega} = \frac{400.000 \text{ kW}}{2 \cdot \pi \cdot \frac{800}{60} \cdot \frac{1}{\text{s}}}$$

$$T_N = 4775 \text{ Nm}$$

b) Ermitteln Sie mit Hilfe der angegebenen Formel das Kupplungsnennmoment T_{KN} der Gummi-Klauenkupplung, wenn die Gummielemente aus Polyurethan Elastomer (PUR) hergestellt sind und die Kupplung durch den Dieselmotor mäßigen Stößen ausgesetzt ist. Die Werte für den Betriebsfaktor φ und den Temperaturfaktor S_ϑ sind den Tabellen zu entnehmen und müssen markiert werden.

Formel für das Kupplungsmoment: $T_{KN} \geq \varphi \cdot S_\vartheta \cdot T_N$

ϑ in [°C]	S_ϑ für Werkstoffmischung		
	Naturgummi (NR)	Polyurethan Elastomere (PUR)	Acrylnitril-Butadien-Kautschuk (NBR) (Perbunan N)
- 20 < ϑ < + 30	1,0	1,0	1,0
+ 30 < ϑ < + 40	1,1	1,2	1,0
+ 40 < ϑ < + 60	1,4	1,4	1,0
+ 60 < ϑ < + 80	1,6	1,8	1,2

Tabelle für den Temperaturfaktor S_ϑ

Arbeitsweise der Antriebsmaschine	Arbeitsweise der getriebenen Maschine			
	gleichmäßig	mäßige Stöße	mittlere Stöße	starke Stöße
gleichmäßig	1,00	1,1	1,25	1,50
leichte Stöße	1,25	1,35	1,50	1,75
mäßige Stöße	1,50	1,60	1,75	2,00
starke Stöße	1,75	1,85	2,00	2,25

Tabelle für den Betriebsfaktor φ

Lösung:

$$\varphi = 1,5$$

$$\vartheta = 1,4$$

$$T_{KN} \geq 1,5 \cdot 1,4 \cdot 4775 \text{ Nm}$$

$$T_{KN} \geq 10.028 \text{ Nm}$$

c) Markieren Sie in der unten stehenden Tabelle die zu verwendende Kupplung.

Kupplungs- größe Coupling size	T_{KN} Nm	T_{Kmax} Nm	T_{KW} (bei / with...% Vorlast / pre- load) kNm			
			25%	50%	75%	100%
200 R	2000	6000	0,48	0,87	1,27	1,66
320 R	3200	9600	0,76	1,39	2,03	2,66
500 R	5000	15000	1,19	1,90	2,60	3,31
700 R	7000	21000	1,66	2,59	3,51	4,43
1200 R	12000	36000	2,85	4,90	6,95	9,00
1600 R	16000	48000	3,80	6,77	9,73	12,7
2100 R	21000	63000	4,99	8,66	12,3	16,0
2900 R	29000	87000	6,90	12,4	17,8	23,3
3500 R	35000	105000	8,30	14,2	20,1	26,0

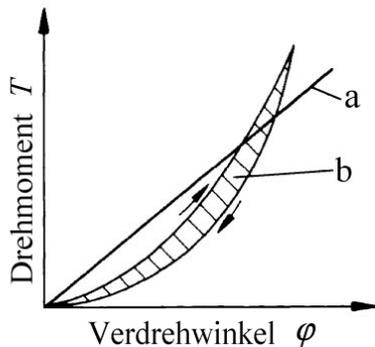
Kupplungstabelle der Firma Stromag /www.stromag.de/

Lösung:

Kupplungsgröße 1200 R

E-KB2

Im unteren Bild ist die Drehfederkennlinie (b) einer elastischen Ausgleichkupplung dargestellt.



a) Welche Auswirkungen hat die progressive Kennlinie auf das Verhalten der Kupplung bei großen und bei kleinen Drehmomenten?

Lösung:

$T_{\text{groß}} \rightarrow \text{Kupplung hart}$
 $T_{\text{klein}} \rightarrow \text{Kupplung weich}$

b) Wie sollten Elastomere möglichst belastet werden?

Lösung:

Schubbelastung
Druckbelastung

c) Welche Belastungsart sollte vermieden werden?

Lösung:

Zugbelastung

E-KB3 Nennen Sie fünf Beispiele für Elastische oder Hochelastische Ausgleichkupplungen.

Lösung:

- *Gummibolzenkupplung*
- *Gummi-Klauenkupplung*
- *Stahlbandkupplung*
- *Schraubenfederkupplung*
- *Polygonringkupplung*
- *Gummimantelkupplung*
- *Gummischeibenkupplung*
- *Luftfederkupplung*
- *Stahlfederkupplung*

Übungsaufgabe KB 012

E-KB1

Ihr Trabant versagt bei der Überfahrt von Hoyerswerda nach Dortmund. Die Kupplungsfeder ist zerstört. Finden Sie anhand des Leistungsdiagramms und der schematischen Darstellung ihrer Kupplung heraus, was für eine Kraft die Feder mindestens aufbringen muss, um das maximale Drehmoment zu übertragen.

Gegeben: $\mu = 0,15$

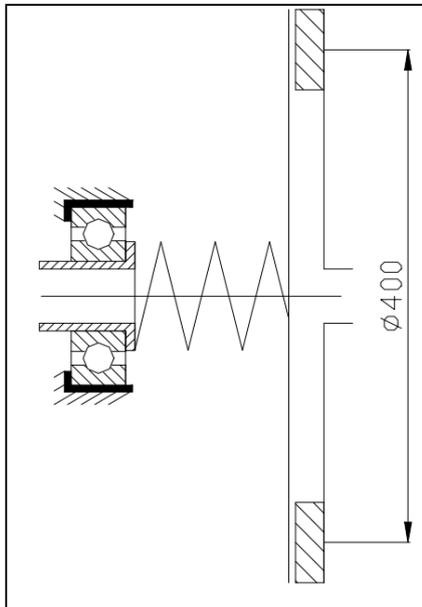


Abbildung 1

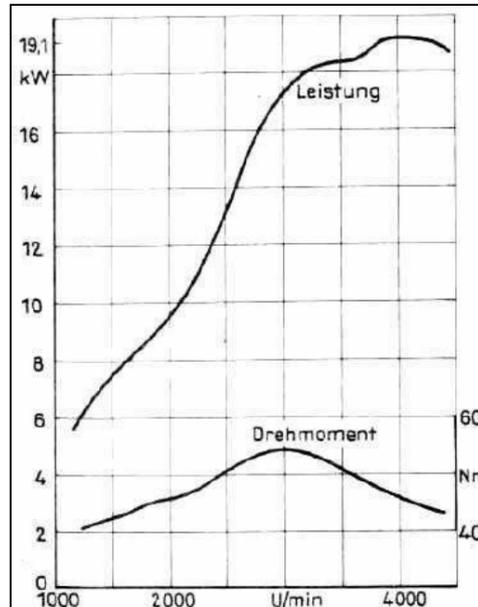


Abbildung 2 /trabitechnik.com/

E-KB2

Um die Fahrtzeit zur Universität zu verkürzen, bauen Sie in den Trabant einen Porschemotor ein. Die in der alten Kupplung neu eingesetzte Feder baut nicht genug Kraft auf, um das gesamte Drehmoment zu übertragen. Wie viel Mal so stark muss die neue Federkraft hierzu sein? Für den Fall, dass Sie E-KB1 nicht lösen konnten, gehen Sie von einem Drehmoment $T_{\text{Trabant}} = 60 \text{ Nm}$ aus. $T_{\text{Porsche}} = 540 \text{ Nm}$

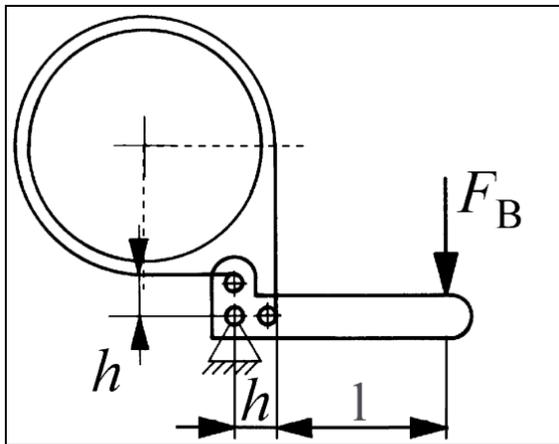
E-KB3

Bei der ersten Testfahrt mit Höchstgeschwindigkeit fällt Ihnen auf, dass die Bremsanlage Ihres Fahrzeugs etwas zu schwach ausgelegt ist. Sie wollen daher eine Bandbremse nach Abbildung 3 einbauen. Kreuzen Sie an, bei welcher Drehrichtung und konstanter Kraft F_B das höhere Bremsmoment übertragen wird.

- Rechtslauf
- Linkslauf
- Drehrichtungsunabhängig

E-KB4

An der Bandbremse wirkt eine Umfangskraft, die der dreifachen Trägheitskraft des Fahrzeuges m_{Trabi} entspricht. Wie lang muss die Länge L des Hebels mindestens sein, damit schlupffrei gebremst wird, wenn das Betätigungsgewicht $F_B = 80 \text{ kg}$ beträgt?



Konstante	Wert
m_{Trabi}	620 kg
$a_{\text{Verzögerung}}$	3g
g	10 m/s ²
μ	0,3
h	0,1m
L	$l+h$

Abbildung 3

LÖSUNG zu Übungsaufgabe KB 012

E-KB1

Ihr Trabant versagt bei der Überfahrt von Hoyerswerda nach Dortmund. Die Kupplungsfeder ist zerstört. Finden Sie anhand des Leistungsdiagramms und der schematischen Darstellung ihrer Kupplung heraus, was für eine Kraft die Feder mindestens aufbringen muss, um das maximale Drehmoment zu übertragen.

Gegeben: $\mu = 0,15$

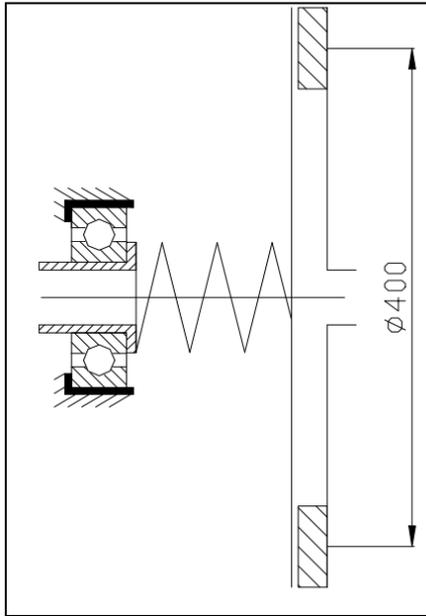


Abbildung 1

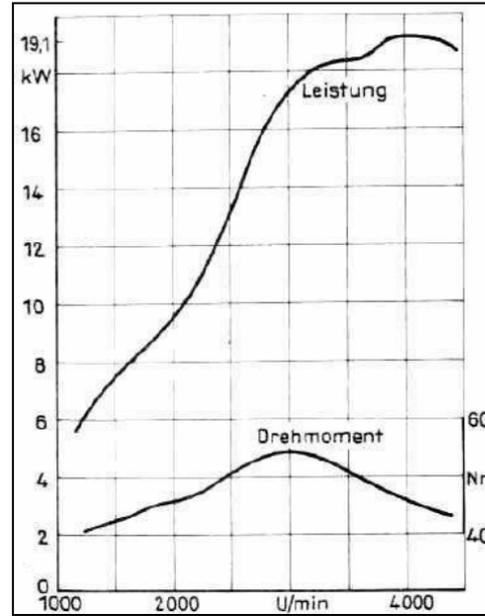


Abbildung 2 /trabitechnik.com/

Lösung:

r_m aus Abbildung 1 = 0,2 m ;

T_{RT} aus dem Diagramm Abbildung 2 = 55 Nm;

$$F_S = \frac{T_{RT}}{r_m \cdot \mu} = \frac{55 \text{ Nm}}{0,2 \text{ m} \cdot 0,15} = 1,83 \text{ kN}$$

E-KB2

Um die Fahrtzeit zur Universität zu verkürzen, bauen Sie in den Trabant einen Porschemotor ein. Die in der alten Kupplung neu eingesetzte Feder baut nicht genug Kraft auf, um das gesamte Drehmoment zu übertragen. Wie viel Mal so stark muss die neue Federkraft hierzu sein? Für den Fall, dass Sie E-KB1 nicht lösen konnten, gehen Sie von einem Drehmoment $T_{Trabant} = 60 \text{ Nm}$ aus. $T_{Porsche} = 540 \text{ Nm}$

Lösung:

$$x = \frac{F_{S \text{ Porsche}}}{F_{S \text{ Trabant}}} = \frac{F_{R \text{ Porsche}}}{F_{R \text{ Trabant}}} = 10,8 \text{ (bzw. 9, wenn mit 60 Nm gerechnet wurde)}$$

E-KB3

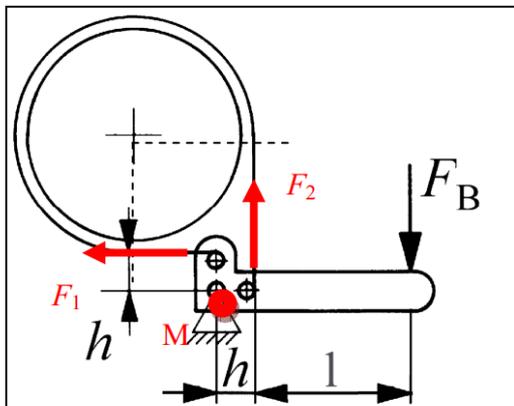
Bei der ersten Testfahrt mit Höchstgeschwindigkeit fällt Ihnen auf, dass die Bremsanlage Ihres Fahrzeugs etwas zu schwach ausgelegt ist. Sie wollen daher eine Bandbremse nach Abbildung 3 einbauen. Kreuzen Sie an, bei welcher Drehrichtung und konstanter Kraft F_B das höhere Bremsmoment übertragen wird.

- Rechtslauf
 Linkslauf
 Drehrichtungsunabhängig

Drehrichtungsunabhängig bei dieser Bauart

E-KB4

An der Bandbremse wirkt eine Umfangskraft, die der dreifachen Trägheitskraft des Fahrzeuges m_{Trabi} entspricht. Wie lang muss die Länge L des Hebels mindestens sein, damit schlupffrei gebremst wird, wenn das Betätigungsgewicht $F_B = 80 \text{ kg}$ beträgt?



Konstante	Wert
m_{Trabi}	620 kg
$a_{\text{Verzögerung}}$	3g
g	10 m/s ²
μ	0,3
h	0,1m
L	$l+h$

Abbildung 3 Lösung:

Berechnung bekannter Größen:

$$F_t = 3 \cdot m \cdot g = 3 \cdot 620 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 18246,6 \text{ N}$$

$$\beta = 2 \cdot \pi \cdot \frac{270^\circ}{360^\circ} = 1,5 \cdot \pi$$

$$F_B = 80 \text{ kg} \cdot g = 80 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 784,8 \text{ N}$$

Umfangskraft, Seilreibung:

$$F_1 = F_2 \cdot e^{\mu\beta}$$

$$F_t = F_1 - F_2 = F_2 \cdot (e^{\mu\beta} - 1) \Rightarrow F_2 = \frac{F_t}{e^{\mu\beta} - 1}$$

Momentengleichgewicht:

$$\sum M = 0 = -F_2 \cdot h - F_1 \cdot h + F_B \cdot L \quad (\text{mit } L = l + h)$$

$$\Rightarrow \frac{F_B \cdot L}{h} = F_2 + F_1$$

$$\Rightarrow \frac{F_B \cdot L}{h} = F_2 \cdot (e^{\mu\beta} + 1)$$

$$\Rightarrow \frac{F_B \cdot L}{h} = \frac{F_t}{e^{\mu\beta} - 1} \cdot (e^{\mu\beta} + 1)$$

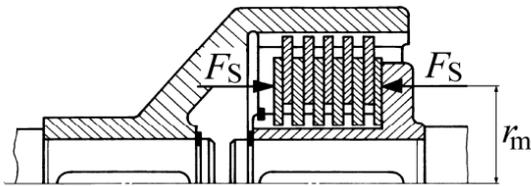
$$\Rightarrow L = \frac{F_t}{F_B} \cdot \frac{e^{\mu\beta} + 1}{e^{\mu\beta} - 1} \cdot h$$

$$\Rightarrow L = \frac{18246,6 \text{ N}}{784,8 \text{ N}} \cdot \frac{e^{0,3 \cdot 1,5 \cdot \pi} + 1}{e^{0,3 \cdot 1,5 \cdot \pi} - 1} \cdot 0,1 \text{ m}$$

$$\Rightarrow L = 3,82 \text{ m}$$

Übungsaufgabe KB 013

Im Automatikgetriebe eines Fahrzeugs ist eine Lamellenkupplung gemäß unten stehender Abbildung verbaut.

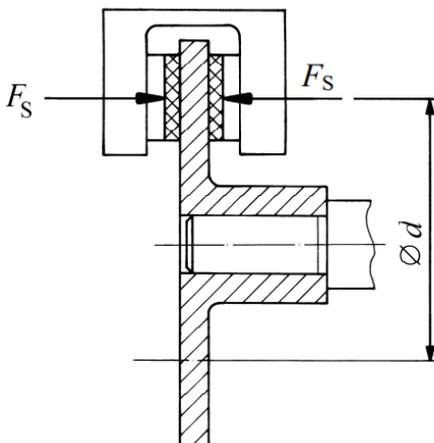


E-KB 1 Wie groß ist das maximal übertragbare Drehmoment, wenn die mit Hilfe eines Hydraulikzylinders aufgebraachte Schaltkraft F_S einen Wert von 5 kN annimmt? Die Kupplung ist ölgekühlt und besitzt einen mittleren Reibdurchmesser von $d_m = 250$ mm. In der Kupplung kommen metallische Sinterbeläge zum Einsatz.

Hilfe: $T_r = F_S \cdot r_m \cdot \mu \cdot z$

Reibpaarung	Reibwerte etwa	
	μ trocken	μ in Öl
St/St	-	0,003 ... 0,05
St/Sintermetall	0,15 ... 0,2	0,05
St/Kunstharz	0,25 ... 0,5	0,08 ... 0,12
St/Papier	-	0,1 ... 0,13

E-KB 2 Ein anderes Fahrzeug mit Automatikgetriebe und Hinterradantrieb verfügt über vier Scheibenbremsen mit je einem mittleren Reibdurchmesser von $d = 300$ mm. Jede Scheibenbremse besitzt einen Radbremszylinder, der die Kraft F_S gemäß nachfolgender Abbildung aufbringt.

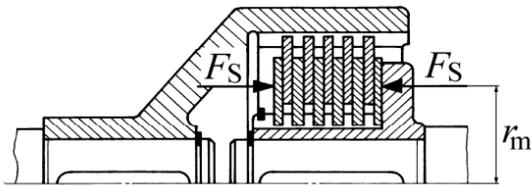


Wie groß ist die Kraft F_S , die von jedem der vier Radbremszylinder aufgebracht werden muss, um das Fahrzeug an einer Ampel im Stillstand zu halten? Gehen Sie davon aus, dass der Motor bei Leerlaufdrehzahl arbeitet und in diesem Zustand ein Drehmoment von 30 Nm an die Eingangswelle des Automatikgetriebes geleitet wird. Es ist anzunehmen, dass der 1. Gang eingelegt ist, der eine Übersetzung von $i_1 = 3,5$ besitzt. Die Übersetzung des Hinterachsdifferentials beträgt $i_2 = 2,7$. Für die Reibzahl Brems-scheibe/Bremsbelag ist ein Wert von 0,38 anzunehmen.

Hilfe: $T_r = F_S \cdot r_m \cdot \mu \cdot z$

LÖSUNG zu Übungsaufgabe KB 013

Im Automatikgetriebe eines Fahrzeugs ist eine Lamellenkupplung gemäß unten stehender Abbildung verbaut.



E-KB 1 Wie groß ist das maximal übertragbare Drehmoment, wenn die mit Hilfe eines Hydraulikzylinders aufgebrachte Schaltkraft F_S einen Wert von 5 kN annimmt? Die Kupplung ist ölgekühlt und besitzt einen mittleren Reibdurchmesser von $d_m = 250$ mm. In der Kupplung kommen metallische Sinterbeläge zum Einsatz.

Hilfe: $T_r = F_S \cdot r_m \cdot \mu \cdot z$

Reibpaarung	Reibwerte etwa	
	μ trocken	μ in Öl
St/St	-	0,003 ... 0,05
St/Sintermetall	0,15 ... 0,2	0,05
St/Kunstharz	0,25 ... 0,5	0,08 ... 0,12
St/Papier	-	0,1 ... 0,13

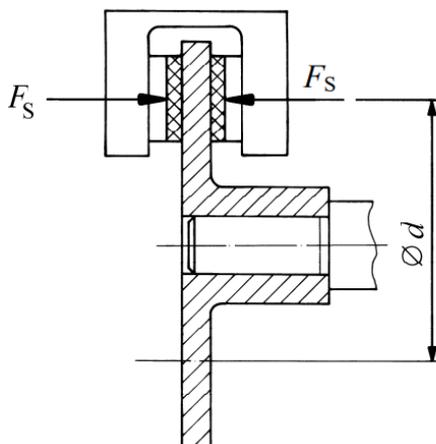
Lösung:

$$F_S = 5 \text{ kN}; r_m = 0,125 \text{ m}; \mu = 0,05; z = 10$$

$$T_r = F_S \cdot r_m \cdot \mu \cdot z = 5.000 \text{ N} \cdot 0,125 \text{ m} \cdot 0,05 \cdot 10$$

$$T_r = 312,5 \text{ Nm}$$

E-KB 2 Ein anderes Fahrzeug mit Automatikgetriebe und Hinterradantrieb verfügt über vier Scheibenbremsen mit je einem mittleren Reibdurchmesser von $d = 300$ mm. Jede Scheibenbremse besitzt einen Radbremszylinder, der die Kraft F_S gemäß nachfolgender Abbildung aufbringt.



Wie groß ist die Kraft F_S , die von jedem der vier Radbremszylinder aufgebracht werden muss, um das Fahrzeug an einer Ampel im Stillstand zu halten? Gehen Sie davon aus, dass der Motor bei Leerlaufdrehzahl arbeitet und in diesem Zustand ein Drehmoment von 30 Nm an die Eingangswelle des Automatikgetriebes geleitet wird. Es ist anzunehmen, dass der 1. Gang eingelegt ist, der eine Übersetzung von $i_1 = 3,5$ besitzt. Die Übersetzung des Hinterachsdifferentials beträgt $i_2 = 2,7$. Für die Reibzahl Brems Scheibe/Bremsbelag ist ein Wert von 0,38 anzunehmen.

Hilfe: $T_r = F_S \cdot r_m \cdot \mu \cdot z$

Lösung:

$$T_r = 30 \text{ Nm} \cdot 3,5 \cdot 2,7 = 283,5 \text{ Nm}$$

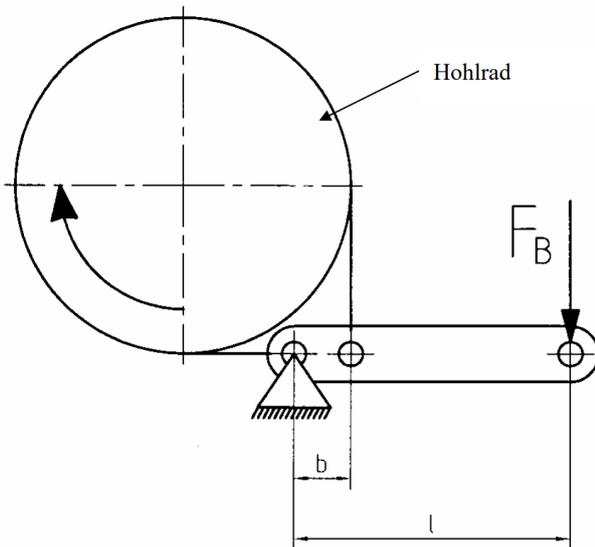
$$T_r = F_S \cdot r_m \cdot \mu \cdot z \Leftrightarrow \frac{T_r}{r_m \cdot \mu \cdot z} = F_S$$

$$\Rightarrow \frac{283,5 \text{ Nm}}{0,15 \text{ m} \cdot 0,38 \cdot 2} = F_S = 2.486,84 \text{ N}$$

$$F_{S \text{ Radbremszylinder}} = 621,71 \text{ N}$$

Übungsaufgabe KB 014

In automatischen Pkw-Getrieben werden die Hohlräder der einzelnen Planetenradsätze beim Schaltvorgang mit Hilfe von Bandbremsen abgebremst.



E-KB 1 Welche Drehrichtung sollte das Hohlrad besitzen, um bei vorgegebener Kraft F_B ein maximales Bremsmoment M_B erzielen zu können? Begründen Sie Ihre Antwort!

E-KB 2 Für ein antriebsstarkes Fahrzeug soll ein Bremsmoment M_B von 1.000 Nm zur Verfügung gestellt werden. Gesucht ist die dafür erforderliche Kraft F_B . Gegeben sind folgende Größen:

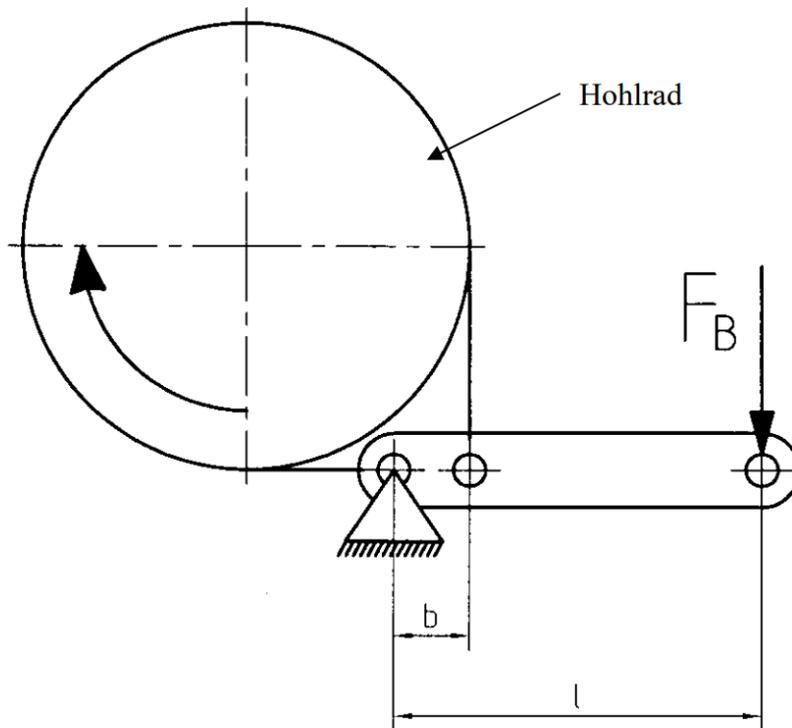
- Durchmesser des Hohlrades $d = 350$ mm
- Haftreibbeiwert $\mu_{\text{Haft}} = 0,6$
- Gleitreibbeiwert $\mu_{\text{Gleit}} = 0,5$
- $b = 60$ mm
- $l = 320$ mm

Als Hilfe sind die Formeln $F_t = F_1 - F_2$ und $F_1 = F_2 \cdot e^{\mu\beta}$ gegeben.

E-KB 3 Skizzieren Sie eine Anordnung von Hohlrad und Bandbremse, bei der das erzielbare Bremsmoment unabhängig von der Drehrichtung ist.

LÖSUNG zu Übungsaufgabe KB 014

In automatischen Pkw-Getrieben werden die Hohlräder der einzelnen Planetenradsätze beim Schaltvorgang mit Hilfe von Bandbremsen abgebremst.



E-KB 1 Welche Drehrichtung sollte das Hohlräder besitzen, um bei vorgegebener Kraft F_B ein maximales Bremsmoment M_B erzielen zu können? Begründen Sie Ihre Antwort!

Lösung:

*Drehrichtung, so wie in der Skizze eingezeichnet.
Begründung: Aufgrund der Seilreibung*

E-KB 2 Für ein antriebsstarkes Fahrzeug soll ein Bremsmoment M_B von 1.000 Nm zur Verfügung gestellt werden. Gesucht ist die dafür erforderliche Kraft F_B . Gegeben sind folgende Größen:

- Durchmesser des Hohlrades $d = 350$ mm
- Haftreibbeiwert $\mu_{\text{Haft}} = 0,6$
- Gleitreibbeiwert $\mu_{\text{Gleit}} = 0,5$
- $b = 60$ mm
- $l = 320$ mm

Als Hilfe sind die Formeln $F_t = F_1 - F_2$ und $F_1 = F_2 \cdot e^{\mu \cdot \beta}$ gegeben.

Lösung:

$$F_t = F_1 - F_2 \Rightarrow M_B = (F_1 - F_2) \cdot \frac{d}{2}$$

$$\sum M_A = 0 = F_2 \cdot b - F_B \cdot l = 0 \quad F_2 \cdot b = F_B \cdot l \quad F_2 = \frac{F_B \cdot l}{b}$$

$$F_1 = F_2 \cdot e^{\mu \cdot \beta}$$

$$\Rightarrow M_B = (F_2 \cdot e^{\mu \cdot \beta} - F_2) \cdot \frac{d}{2} \Rightarrow M_B = F_2 \cdot (e^{\mu \cdot \beta} - 1) \cdot \frac{d}{2}$$

$$\Rightarrow M_B = \frac{F_B \cdot l}{b} \cdot (e^{\mu \cdot \beta} - 1) \cdot \frac{d}{2}$$

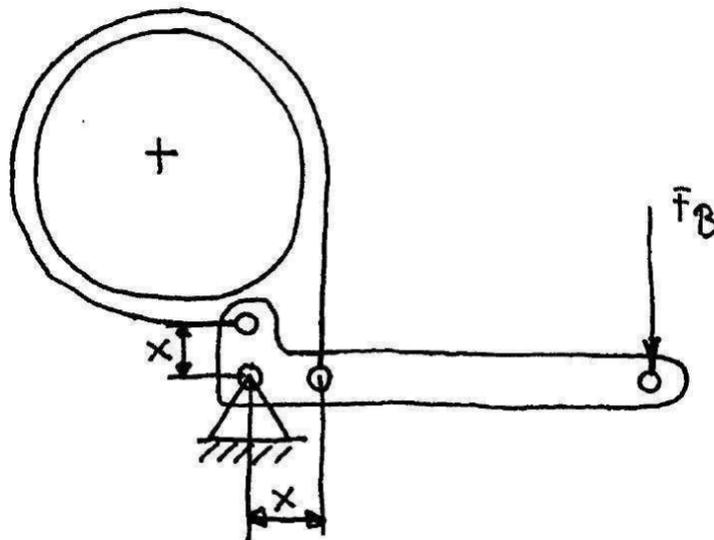
$$\Rightarrow M_B \cdot b \cdot 2 = F_B \cdot l \cdot d \cdot (e^{\mu \cdot \beta} - 1) \Leftrightarrow F_B = \frac{M_B \cdot b \cdot 2}{l \cdot d \cdot (e^{\mu \cdot \beta} - 1)}$$

mit $\mu = \mu_{\text{Gleit}} = 0,5$ und $\beta = 270^\circ \equiv 4,712$

$$\Rightarrow F_B = \frac{1000 \text{ Nm} \cdot 60 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot 2}{320 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot 350 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot (e^{0,5 \cdot 4,712} - 1)}$$

$$\Rightarrow F_B = 112,183 \text{ N}$$

E-KB 3 Skizzieren Sie eine Anordnung von Hohlrad und Bandbremse, bei der das erzielbare Bremsmoment unabhängig von der Drehrichtung ist.



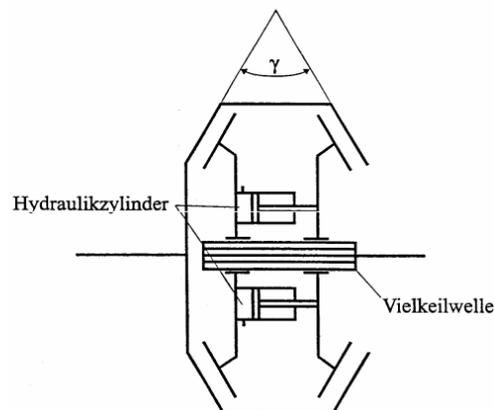
Übungsaufgabe KB 015

Ein in einem Steinbruch eingesetzter Gurtbandförderer wird von einem Drehstromasynchronmotor angetrieben. Das Lastmoment des Gurtbandförderers beträgt drehzahlunabhängig $M_{\text{Last}} = 960 \text{ Nm}$. Der Drehstromasynchronmotor besitzt ein Anlaufmoment von 600 Nm . Das Kippmoment beträgt 1.600 Nm , das Nennmoment 1.000 Nm .

E-KB 1 Reicht es zum Betreiben der Anlage aus, zwischen Motor und Lastmaschine eine Polygonringkupplung einzubauen? Begründung!

E-KB 2 In einer ähnlichen Anordnung wird zusätzlich eine Reibkupplung eingesetzt, die maximal 960 Nm übertragen kann. Wie beurteilen Sie die Leistungsfähigkeit der Kupplung im Hinblick auf die Tatsache, dass der Gurtbandförderer häufig gestoppt wird und anschließend wieder anlaufen muss?

E-KB 3 Als Reibkupplung soll eine hydraulisch schaltbare Kegelkupplung zwischen Motor und Lastmaschine eingesetzt werden. Welches Drehmoment kann die dargestellte Kupplung übertragen? (Gegebene Daten s. nächste Seite).



Gegebene Daten der Kegelkupplung:

Gesamtfläche der Kolben: $A = 1.200 \text{ mm}^2$

Öldruck: $p = 100 \text{ bar}$ ($1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2$)

Öffnungswinkel: $\gamma = 120^\circ$

Reibbeiwert: $\mu = 0,3$

Mittlerer Reibdurchmesser: $d_m = 160 \text{ mm}$

LÖSUNG zu Übungsaufgabe KB 015

Ein in einem Steinbruch eingesetzter Gurtbandförderer wird von einem Drehstromasynchronmotor angetrieben. Das Lastmoment des Gurtbandförderers beträgt drehzahlunabhängig $M_{\text{Last}} = 960 \text{ Nm}$. Der Drehstromasynchronmotor besitzt ein Anlaufmoment von 600 Nm . Das Kippmoment beträgt 1.600 Nm , das Nennmoment 1.000 Nm .

E-KB 1 Reicht es zum Betreiben der Anlage aus, zwischen Motor und Lastmaschine eine Polygonringkupplung einzubauen? Begründung!

Lösung:

Nein, das Anlaufmoment des Motors ist kleiner als das drehzahlunabhängige Lastmoment des Gurtbandförderers.

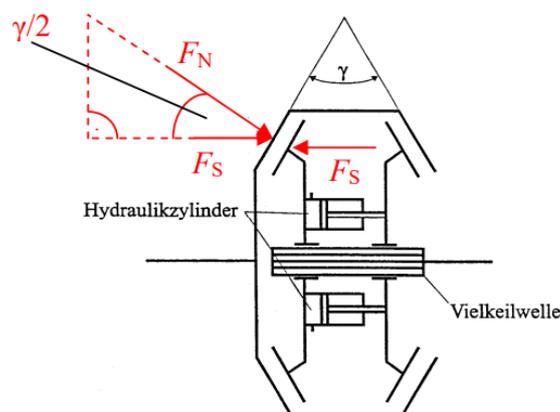
E-KB 2 In einer ähnlichen Anordnung wird zusätzlich eine Reibkupplung eingesetzt, die maximal 960 Nm übertragen kann. Wie beurteilen Sie die Leistungsfähigkeit der Kupplung im Hinblick auf die Tatsache, dass der Gurtbandförderer häufig gestoppt wird und anschließend wieder anlaufen muss?

Lösung:

Die Kupplung wird unter starker Rauchentwicklung arbeiten, da keine Reserve für ein Beschleunigen der Last vorhanden ist. Das Beschleunigungsmoment würde bei dieser Kupplung unberücksichtigt bleiben.

E-KB 3 Als Reibkupplung soll eine hydraulisch schaltbare Kegelkupplung zwischen Motor und Lastmaschine eingesetzt werden. Welches Drehmoment kann die dargestellte Kupplung übertragen? (Gegebene Daten s. nächste Seite).

Lösung:



Gegebene Daten der Kegelkupplung:

Gesamtfläche der Kolben: $A = 1.200 \text{ mm}^2$

Öldruck: $p = 100 \text{ bar}$ ($1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2$)

Öffnungswinkel: $\gamma = 120^\circ$

Reibbeiwert: $\mu = 0,3$

Mittlerer Reibdurchmesser: $d_m = 160 \text{ mm}$

Lösung:

$$\cos \frac{\gamma}{2} = \frac{F_S}{F_N} \quad \Leftrightarrow \quad \frac{F_S}{\cos \frac{\gamma}{2}} = F_N$$

$$F_S = p \cdot A = 100 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 1.200 \cdot (0,001\text{m})^2$$

$$F_S = 12.000 \text{ N}$$

$$\Rightarrow F_N = \frac{12.000 \text{ N}}{\cos 60^\circ} = 24.000 \text{ N}$$

$$M_R = F_N \cdot r_m \cdot \mu \cdot z$$

$$M_R = 24.000 \text{ N} \cdot 80 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot 0,3 \cdot 2$$

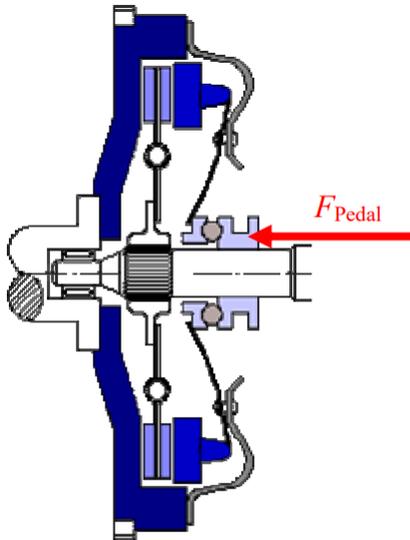
$$\underline{M_R = 1.152 \text{ N}}$$

Übungsaufgabe KB 016

Es soll eine reibschlüssige Schaltkupplung für einen leistungsstarken Pkw ausgelegt werden.

Im Katalog des Automobilherstellers finden Sie zwei charakteristische Leistungsangaben mit den dazugehörigen Drehzahlen:

- 1) 200 kW bei 6.000 min^{-1}
- 2) 115 kW bei 3.132 min^{-1}



[<http://www.kfz-tech.de/Reibungskupplung.htm>]

E-KB 1 Ermitteln Sie das maximale Drehmoment des Ottomotors des Pkws unter Zuhilfenahme der beiden obigen Katalogangaben!

E-KB 2 In der Kupplung kommen metallische Sinterbeläge zum Einsatz. Ermitteln Sie den Reibwert (worst-case-Betrachtung, d. h. kleinster Wert des angegebenen Bereichs!)

Reibpaarung	Reibwerte etwa	
	μ trocken	μ in Öl
St/St	-	0,003 ... 0,05
St/Sintermetall	0,15 ... 0,2	0,05
St/Kunstharz	0,25 ... 0,5	0,08 ... 0,12
St/Papier	-	0,1 ... 0,13

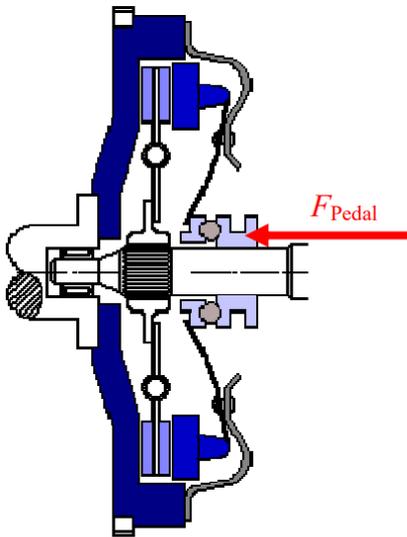
E-KB 3 Die Kupplung soll nun in einen anderen Pkw eingebaut werden, dessen maximales Motormoment 300 Nm beträgt. Wie groß muss der mittlere Durchmesser der Kupplungsscheibe für diesen Pkw sein, damit das 1,3fache des maximalen Motordrehmomentes sicher übertragen werden kann? Die Pedalkraft F_{Pedal} darf 200 N nicht überschreiten. Aufgrund der Hebelübersetzung am Kupplungspedal nimmt die in der Kupplung wirkende Anpresskraft den 35fachen Wert an.

LÖSUNG zu Übungsaufgabe KB 016

Es soll eine reibschlüssige Schaltkupplung für einen leistungsstarken Pkw ausgelegt werden.

Im Katalog des Automobilherstellers finden Sie zwei charakteristische Leistungsangaben mit den dazugehörigen Drehzahlen:

- 1) 200 kW bei 6.000 min⁻¹
- 2) 115 kW bei 3.132 min⁻¹



[<http://www.kfz-tech.de/Reibungskupplung.htm>]

E-KB 1 Ermitteln Sie das maximale Drehmoment des Ottomotors des Pkws unter Zuhilfenahme der beiden obigen Katalogangaben!

Lösung:

$$P = M \cdot \omega \quad \Leftrightarrow \quad \frac{P}{\omega} = M$$

$$M_1 = \frac{P}{\omega} = \frac{200 \cdot 10^3 \text{ W}}{2 \cdot \pi \cdot \frac{6000 \text{ 1}}{60 \text{ s}}} = 318,31 \text{ Nm}$$

$$M_2 = \frac{P}{\omega} = \frac{115 \cdot 10^3 \text{ W}}{2 \cdot \pi \cdot \frac{3132 \text{ 1}}{60 \text{ s}}} = 350,63 \text{ Nm}$$

$$M_2 = 350,63 \text{ Nm} = M_{\max}$$

E-KB 2 In der Kupplung kommen metallische Sinterbeläge zum Einsatz. Ermitteln Sie den Reibwert (worst-case-Betrachtung, d. h. kleinster Wert des angegebenen Bereichs!)

Reibpaarung	Reibwerte etwa	
	μ trocken	μ in Öl
St/St	-	0,003 ... 0,05
St/Sintermetall	0,15 ... 0,2	0,05
St/Kunsthartz	0,25 ... 0,5	0,08 ... 0,12
St/Papier	-	0,1 ... 0,13

Lösung:

$$\mu = 0,15$$

E-KB 3 Die Kupplung soll nun in einen anderen Pkw eingebaut werden, dessen maximales Motormoment 300 Nm beträgt. Wie groß muss der mittlere Durchmesser der Kupplungsscheibe für diesen Pkw sein, damit das 1,3fache des maximalen Motordrehmomentes sicher übertragen werden kann? Die Pedalkraft F_{pedal} darf 200 N nicht überschreiten. Aufgrund der Hebelübersetzung am Kupplungspedal nimmt die in der Kupplung wirkende Anpresskraft den 35fachen Wert an.

Lösung:

$$M_R = F_s \cdot r_m \cdot \mu \cdot z$$

$$\Rightarrow 1,3 \cdot 300 \text{ Nm} = 200 \text{ N} \cdot 35 \cdot r_m \cdot 0,15 \cdot 2$$

$$\Leftrightarrow r_m = \frac{1,3 \cdot 300 \text{ Nm}}{200 \text{ N} \cdot 35 \cdot 0,15 \cdot 2}$$

$$\Rightarrow r_m = 0,186 \text{ m}$$

$$\Rightarrow d_m = 0,371 \text{ m}$$

Übungsaufgabe KB 017

E-KB 1 Für den Antrieb eines Förderbandes ist eine geeignete Gummibolzenkupplung zwischen einem Elektromotor und einem Getriebe auszulegen. Der Elektromotor hat bei einer Drehzahl von 980 U/min eine Leistung von 240 kW. Das Förderband wird nach Aussage des Auftraggebers bei einer Umgebungstemperatur von 35 °C betrieben.

- Wie groß ist bei den gegebenen Motordaten das Drehmoment T_N des Elektromotors?
- Bei einer ähnlichen Anordnung wirkt ein Drehmoment von 2800 Nm auf die Kupplung. Ermitteln Sie mit Hilfe der angegebenen Formel das Kupplungsnennmoment T_{KN} der Gummibolzenkupplung, wenn die Gummielemente aus Naturgummi (NR) hergestellt sind. Des Weiteren ist die Kupplung auf der Antriebsseite leichten Stößen ausgesetzt und auf der getriebenen Seite mittleren Stößen. Die aus den Tabellen entnommenen Werte sind zu markieren.

Formel für das Kupplungsnennmoment: $T_{KN} \geq \varphi \cdot S_{\vartheta} \cdot T_N$

ϑ in [°C]	S_{ϑ} für Werkstoffmischung		
	Naturgummi (NR)	Polyurethan Elastomere (PUR)	Acrylnitril-Butadien-Kautschuk (NBR) (Perbunan N)
-20 < ϑ < +30	1,0	1,0	1,0
+30 < ϑ < +40	1,1	1,2	1,0
+40 < ϑ < +60	1,4	1,4	1,0
+60 < ϑ < +80	1,6	1,8	1,2

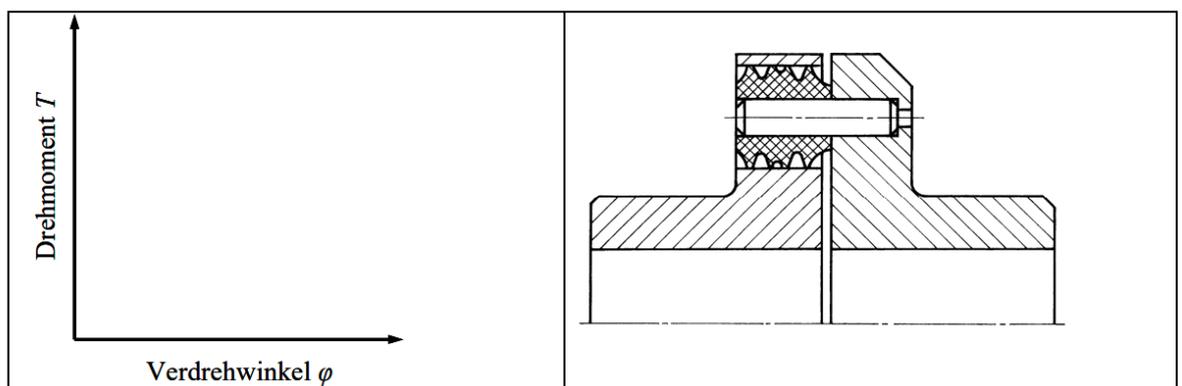
Tabelle für die Werkstoffmischung S_{ϑ}

Arbeitsweise der Antriebsmaschine	Arbeitsweise der getriebenen Maschine			
	gleichmäßig	mäßige Stöße	mittlere Stöße	starke Stöße
gleichmäßig	1,00	1,1	1,25	1,50
leichte Stöße	1,25	1,35	1,50	1,75
mäßige Stöße	1,50	1,60	1,75	2,00
starke Stöße	1,75	1,85	2,00	2,25

Tabelle für den Betriebsfaktor φ

- Welche Funktion übernehmen elastische Ausgleichskupplungen vorwiegend?

E-KB2 a) Zeichnen Sie im unteren Diagramm die Drehfederkennlinie einer elastischen Bolzenkupplung mit gewellten Gummielementen ein.



- Welche Auswirkungen hat die Kennliniencharakteristik auf das Verhalten einer elastischen Bolzenkupplung bei großen und bei kleinen Drehmomenten?

E-KB3 Nennen Sie mindestens sechs Beispiele für elastische oder hochelastische Ausgleichskupplungen.

LÖSUNG zu Übungsaufgabe KB 017

E-KB 1

Für den Antrieb eines Förderbandes ist eine geeignete Gummibolzenkupplung zwischen einem Elektromotor und einem Getriebe auszulegen. Der Elektromotor hat bei einer Drehzahl von 980 U/min eine Leistung von 240 kW. Das Förderband wird nach Aussage des Auftraggebers bei einer Umgebungstemperatur von 35 °C betrieben.

a) Wie groß ist bei den gegebenen Motordaten das Drehmoment T_N des Elektromotors?

Lösung:

$$T_N = \frac{P}{\omega} = \frac{240000 \text{ kW}}{2 \cdot \pi \cdot \frac{980}{60} \cdot \frac{1}{\text{s}}}$$

$$T_N = 2339 \text{ Nm}$$

b) Bei einer ähnlichen Anordnung wirkt ein Drehmoment von 2800 Nm auf die Kupplung. Ermitteln Sie mit Hilfe der angegebenen Formel das Kupplungsennmoment T_{KN} der Gummibolzenkupplung, wenn die Gummielemente aus Naturgummi (NR) hergestellt sind. Des Weiteren ist die Kupplung auf der Antriebsseite leichten Stößen ausgesetzt und auf der getriebenen Seite mittleren Stößen. Die aus den Tabellen entnommenen Werte sind zu markieren.

Formel für das Kupplungsennmoment: $T_{KN} \geq \varphi \cdot S_{\vartheta} \cdot T_N$

ϑ in [°C]	S_{ϑ} für Werkstoffmischung		
	Naturgummi (NR)	Polyurethan Elastomere (PUR)	Acrylnitril-Butadien-Kautschuk (NBR) (Perbunan N)
-20 < ϑ < +30	1,0	1,0	1,0
+30 < ϑ < +40	1,1	1,2	1,0
+40 < ϑ < +60	1,4	1,4	1,0
+60 < ϑ < +80	1,6	1,8	1,2

Tabelle für die Werkstoffmischung S_{ϑ}

Arbeitsweise der Antriebsmaschine	Arbeitsweise der getriebenen Maschine			
	gleichmäßig	mäßige Stöße	mittlere Stöße	starke Stöße
gleichmäßig	1,00	1,1	1,25	1,50
leichte Stöße	1,25	1,35	1,50	1,75
mäßige Stöße	1,50	1,60	1,75	2,00
starke Stöße	1,75	1,85	2,00	2,25

Tabelle für den Betriebsfaktor φ

$$T_{KN} \geq 1,50 \cdot 1,1 \cdot 2800 \text{ kW}$$

$$T_{KN} \geq 4620 \text{ Nm}$$

$$S_{\vartheta} = 1,1$$

$$\varphi = 1,50$$

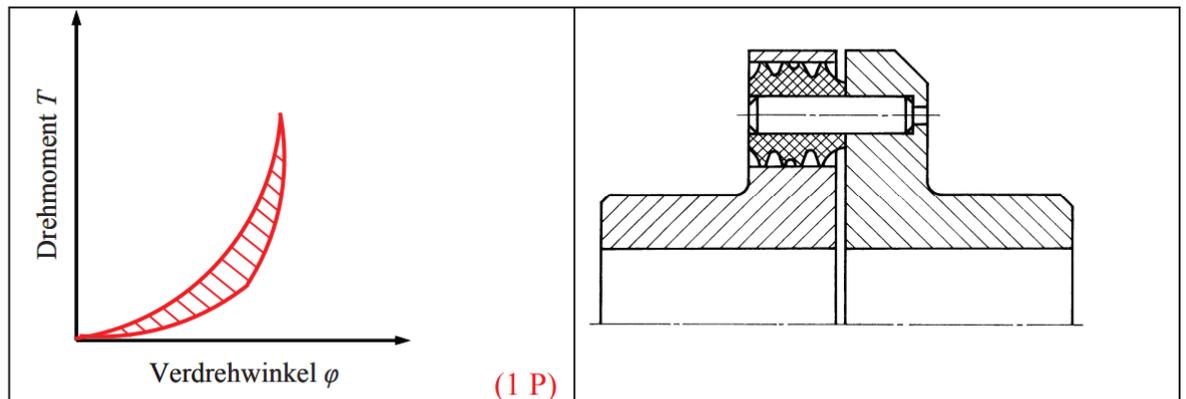
c) Welche Funktion übernehmen elastische Ausgleichkupplungen vorwiegend?

Lösung:

Ausgleich von räumlichen Ungenauigkeiten und Verlagerungen axial, radial und winklig.

E-KB2

a) Zeichnen Sie im unteren Diagramm die Drehfederkennlinie einer elastischen Bolzenkupplung mit gewellten Gummielementen ein.



b) Welche Auswirkungen hat die Kennliniencharakteristik auf das Verhalten einer elastischen Bolzenkupplung bei großen und bei kleinen Drehmomenten?

Lösung:

$T_{\text{groß}} = \text{Kupplung hart} = \text{Ausschlag begrenzt}$

$T_{\text{klein}} = \text{Kupplung weich} = \text{gute Ausgleichsfunktion}$

E-KB3

Nennen Sie mindestens sechs Beispiele für elastische oder hochelastische Ausgleichkupplungen.

Lösung:

Elastische Ausgleichkupplungen

- Gummibolzenkupplung
- Gummi-Klauenkupplung
- Stahlbandkupplung
- Schraubenfederkupplung

Hochelastische Ausgleichkupplung

- Polygonringkupplung
- Gummimantelkupplung
- Gummischeibenkupplung
- Luftfederkupplung
- Stahlfederkupplung

Übungsaufgabe KB 018

E-KB1 Kupplungen, Grundlagen

Welches sind die beiden Hauptfunktionen von Kupplungen?

Zusätzlich zur Hauptfunktion erfüllen Kupplungen diverse Ausgleichfunktionen. Zwischen welchen Verlagerungsfällen wird in diesem Zusammenhang differenziert?

E-KB2 Kupplung, Anwendung

Das weltweit schnellste Serienfahrzeug verfügt über ein maximales Drehmoment von 1250 Nm bei 1001 PS. Wie hoch muss die Anpresskraft auf die 10 wirksamen Reibflächen der Kupplung ($r_m = 350 \text{ mm}$, $\mu = 0,15$) sein, damit dieses Drehmoment vollständig auf das Getriebe übertragen werden kann?

E-KB3 Bremsen, Grundlagen

Nennen Sie die vier Grundbauformen von Bremsen.

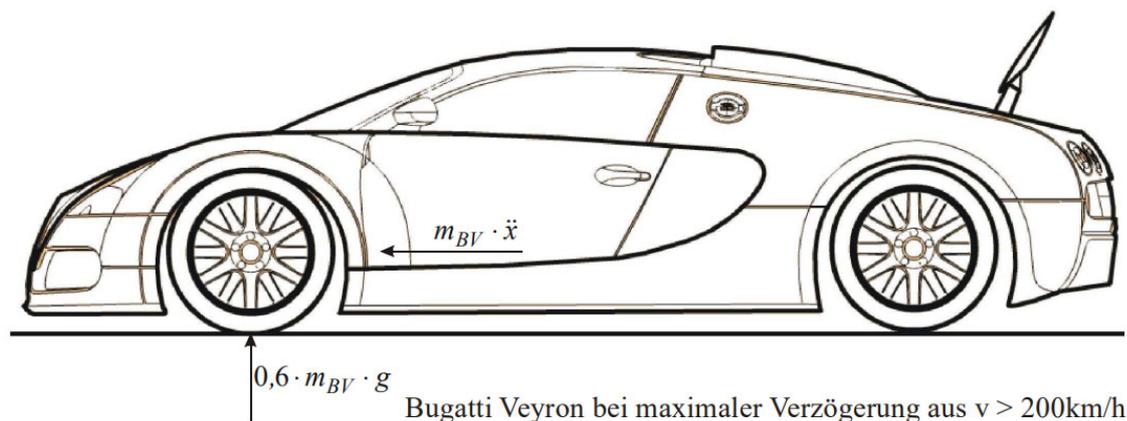
E-KB4 Bremsen, Anwendung

Im Folgenden wird das Bremsverhalten des oben betrachteten Sportwagens betrachtet. Das Fahrzeug hat eine Masse von $m_{BV} = 1888 \text{ kg}$ und verzögert mit $1,3 \cdot g$. Wie groß ist die benötigte Bremskraft F_{BRV} an den beiden Vorrädern? Nehmen Sie vereinfacht an, dass während des Bremsvorganges 60% der Fahrzeugmasse auf den Vorderrädern liegen.

Hinweis: $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Der Schwerpunkt des Fahrzeuges liegt näherungsweise auf Achshöhe und die Reifen haben einen Außendurchmesser $d_R = 51 \text{ cm}$. Wie groß ist das Moment T_R , das auf den Bremsen beider Vorderräder liegt?

Hinweis: Wenn Sie den letzten Aufgabenteil nicht gelöst haben, wählen Sie $F_{BRV} = 14000 \text{ N}$



LÖSUNG zu Übungsaufgabe KB 018

E-KB1 Kupplungen, Grundlagen

Welches sind die beiden Hauptfunktionen von Kupplungen?

Lösung:

- *Lösbare Verbindung von zwei (zumindest annähernd gleichachsigen) rotierenden Bauteilen*
- *Übertragung von Drehmoment und Drehzahl*

Zusätzlich zur Hauptfunktion erfüllen Kupplungen diverse Ausgleichfunktionen. Zwischen welchen Verlagerungsfällen wird in diesem Zusammenhang differenziert?

Lösung:

- *Axialnachgiebigkeit (a)*
- *Radialnachgiebigkeit (r)*
- *Winkelnachgiebigkeit (w)*
- *Drehnachgiebigkeit (d)*

E-KB2 Kupplung, Anwendung

Das weltweit schnellste Serienfahrzeug verfügt über ein maximales Drehmoment von 1250 Nm bei 1001 PS. Wie hoch muss die Anpresskraft auf die 10 wirksamen Reibflächen der Kupplung ($r_m = 350 \text{ mm}$, $\mu = 0,15$) sein, damit dieses Drehmoment vollständig auf das Getriebe übertragen werden kann?

Lösung:

$$F_S = \frac{T_r}{r_m \cdot \mu \cdot z} = \frac{1250 \text{ Nm}}{0,35 \text{ m} \cdot 0,15 \cdot 10} = 2.380,95 \text{ N}$$

E-KB3 Bremsen, Grundlagen

Nennen Sie die vier Grundbauformen von Bremsen.

Lösung:

- *Backenbremse*
- *Trommelbremse*
- *Scheibenbremse*
- *Bandbremse*

E-KB4 Bremsen, Anwendung

Im Folgenden wird das Bremsverhalten des oben betrachteten Sportwagens betrachtet. Das Fahrzeug hat eine Masse von $m_{BV} = 1888 \text{ kg}$ und verzögert mit $1,3 \text{ g}$. Wie groß ist die benötigte Bremskraft F_{BRV} an den beiden Vorderrädern? Nehmen Sie vereinfacht an, dass während des Bremsvorganges 60% der Fahrzeugmasse auf den Vorderrädern liegen.

Hinweis: $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Lösung:

$$F_{BRV} = 0,6 \cdot m_{BV} \cdot 1,3 \text{ g} = 0,6 \cdot 1.888 \text{ kg} \cdot 12,75 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 14.443,2 \text{ N}$$

Der Schwerpunkt des Fahrzeuges liegt näherungsweise auf Achshöhe und die Reifen haben einen Außendurchmesser $d_R = 51 \text{ cm}$. Wie groß ist das Moment T_R , das auf den Bremsen beider Vorderräder liegt?

Hinweis: Wenn Sie den letzten Aufgabenteil nicht gelöst haben, wählen Sie $F_{BRV} = 14000 \text{ N}$

Lösung:

$$T_R = F_{BRV} \cdot \frac{d_{VR}}{2} = 14.443,2 \text{ N} \cdot \frac{0,51 \text{ m}}{2} = 3683,02 \text{ Nm}$$

oder

$$T_R = F_{BRV} \cdot \frac{d_{VR}}{2} = 14.000 \text{ N} \cdot \frac{0,51 \text{ m}}{2} = 3.570 \text{ Nm}$$

Die Scheibenbremsen der beiden Vorderräder haben einen mittleren Durchmesser $d_m = 0,3 \text{ m}$ und je 2 Bremsscheiben (vier wirksame Bremsflächen). Der Haftreibungskoeffizient zwischen den Carbon-Keramik-Bremsscheiben und den Bremssätteln beträgt $\mu = 0,6$. Wie groß muss die Bremskraft F_S sein, die vom Bremssattel auf die Bremsscheibe wirkt?

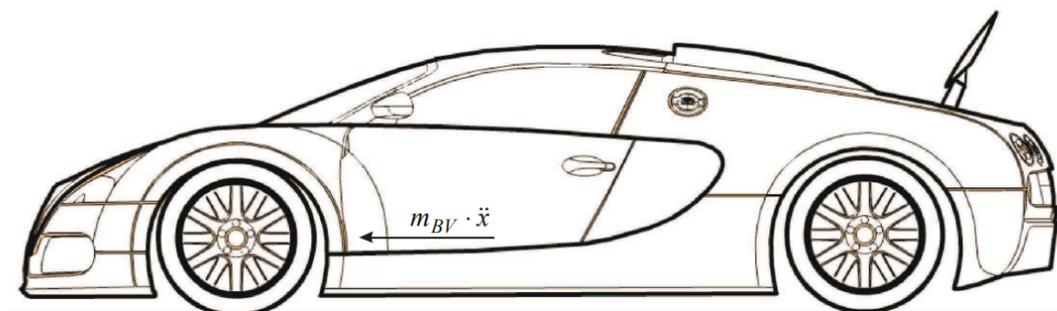
Hinweis: Wenn Sie den letzten Aufgabenteil nicht gelöst haben, wählen Sie $T_R = 4000 \text{ Nm}$

Lösung:

$$F_S = \frac{T_R}{r_m \cdot \mu \cdot z} = \frac{3683,02 \text{ Nm}}{0,15 \text{ m} \cdot 0,6 \cdot (2 \cdot 4)} = 5115,31 \text{ N}$$

oder

$$F_S = \frac{T_R}{r_m \cdot \mu \cdot z} = \frac{4000 \text{ Nm}}{0,15 \text{ m} \cdot 0,6 \cdot (2 \cdot 4)} = 5555,56 \text{ N}$$



Bugatti Veyron bei maximaler Verzögerung aus $v > 200 \text{ km/h}$

Übungsaufgabe KB 019

Die Antriebsanlage eines Fährschiffs besteht aus einer Gasturbine (1) mit einer Nennleistung von 50.000 kW bei einer Nenndrehzahl von 2.800 U/min. Diese Gasturbine ist über eine Lamellenkupplung (2) und eine weitere Kupplung (3) mit einem Getriebe (4) verbunden, welches das Drehmoment der Gasturbine an die Schiffswelle (5) weiterleitet. (**Abb. 1 und 2**).

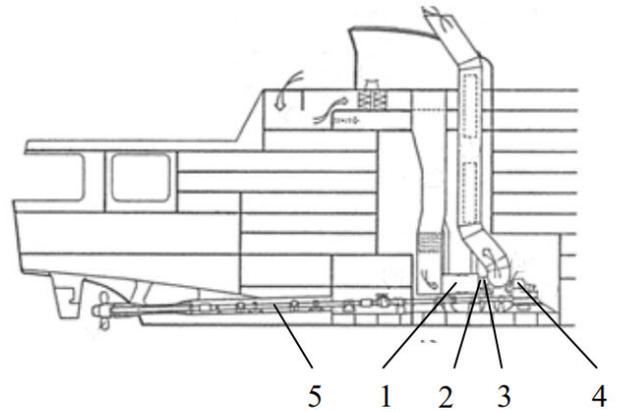


Abb. 1: Antriebsanlage der Fähre

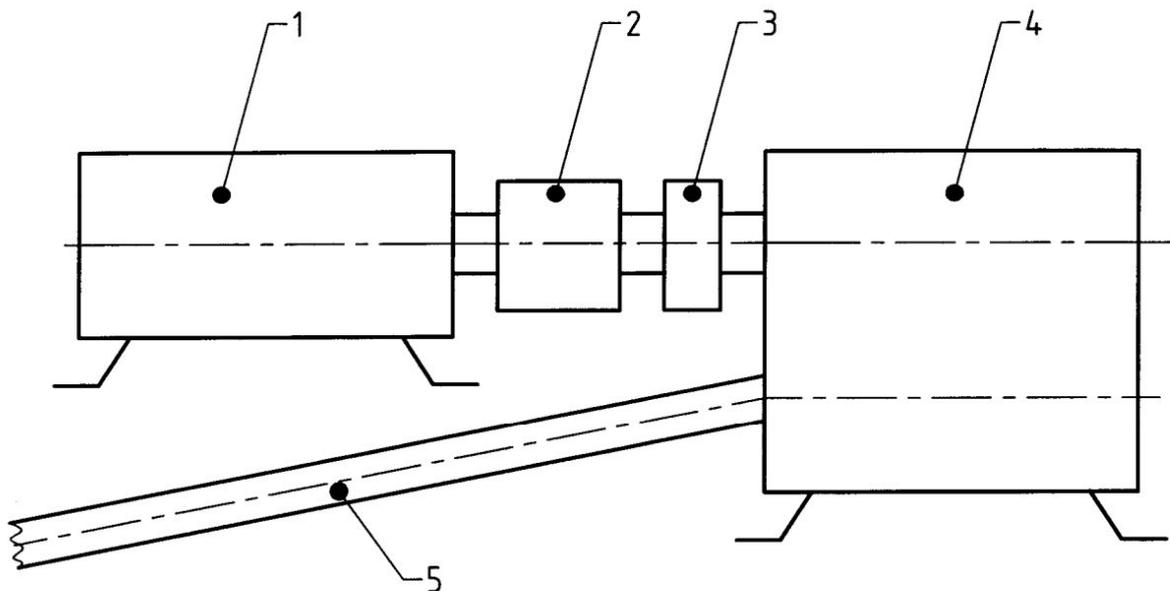


Abb. 2: Antriebsanlage der Fähre (schematisch)

E-KB 1 Die Lamellenkupplung (2) soll aus insgesamt 10 Lamellen bestehen, wobei die mit der Antriebsseite der Kupplung verbundenen Lamellen aus Stahl, die mit der Abtriebsseite der Kupplung verbundenen Lamellen aus Sintermetall hergestellt sind. Zeichnen Sie die noch fehlenden Lamellen in **Abb. 3** ein.

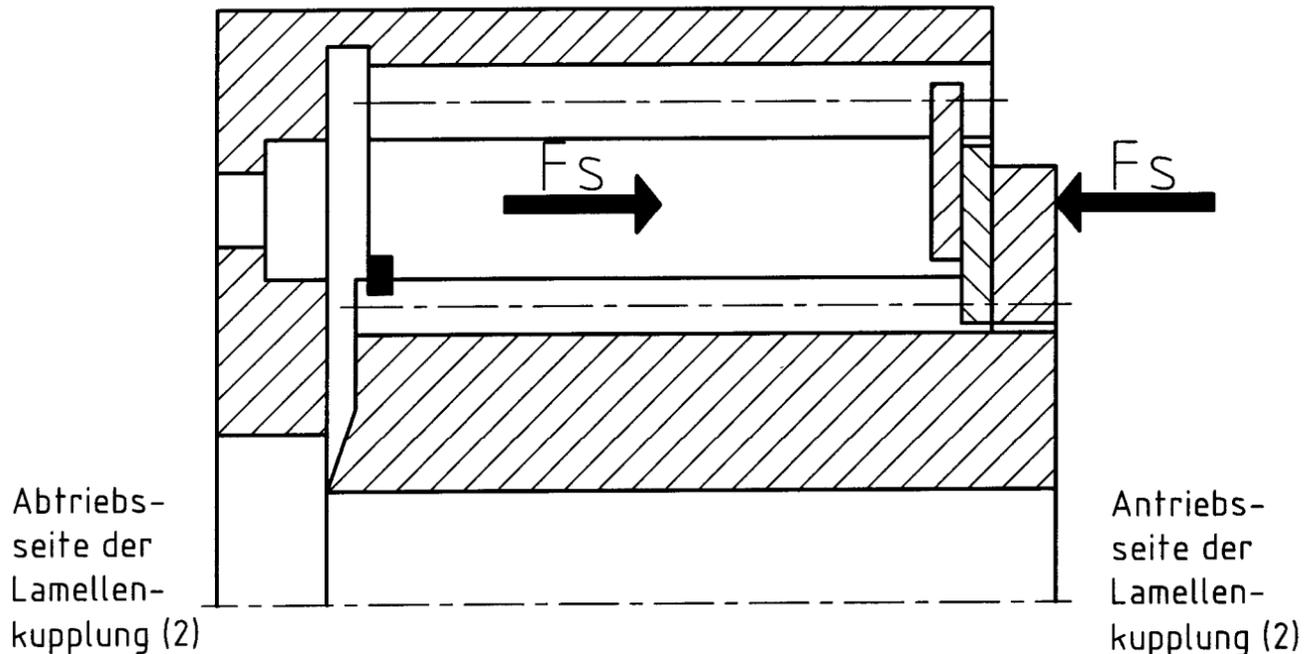


Abb 3: Schematische Darstellung der Lamellenkupplung (2)

E-KB 2 Ermitteln Sie die Anzahl z der wirksamen Reibflächenpaarungen.

E-KB 3 Wie groß ist der Reibwert μ , wenn davon auszugehen ist, dass die Kupplung zur Kühlung von Öl durchlaufen wird?

Reibpaarung	Reibwerte etwa	
	μ trocken	μ in Öl
St/St	-	0,003 ... 0,05
St/Sintermetall	0,15 ... 0,2	0,05
St/Kunstharz	0,25 ... 0,5	0,08 ... 0,12
St/Papier	-	0,1 ... 0,13

Abb. 4: Reibwerte für unterschiedliche Reibpaarungen

E-KB 4 Welches Drehmoment muss die Lamellenkupplung übertragen, wenn die Gasturbine im Nennbetriebspunkt läuft?

E-KB 5 Bei einer ähnlichen Anordnung kommt eine Lamellenkupplung mit 11 wirksamen Reibflächenpaarungen und einem Reibwert von 0,08 zum Einsatz. Die Kupplung soll ein Drehmoment von 200.000 Nm übertragen. Wie groß muss der mittlere Reibradius r_m mindestens sein, wenn zum Aufbringen der Schaltkraft F_s (**Abb. 3**) ein Hydraulikzylinder zum Einsatz kommen soll, der eine maximale Druckkraft von 150 kN besitzt?

E-KB 6 Nennen Sie eine geeignete Kupplung, die an **Pos. 3** in **Abb. 2** einzusetzen ist, damit ein einwandfreier Lauf des Antriebsstrangs gewährleistet werden kann? Begründen Sie ihre Antwort!

LÖSUNG zu Übungsaufgabe KB 019

Die Antriebsanlage eines Fährschiffs besteht aus einer Gasturbine (1) mit einer Nennleistung von 50.000 kW bei einer Nenndrehzahl von 2.800 U/min. Diese Gasturbine ist über eine Lamellenkupplung (2) und eine weitere Kupplung (3) mit einem Getriebe (4) verbunden, welches das Drehmoment der Gasturbine an die Schiffswelle (5) weiterleitet. (Abb. 1 und 2).

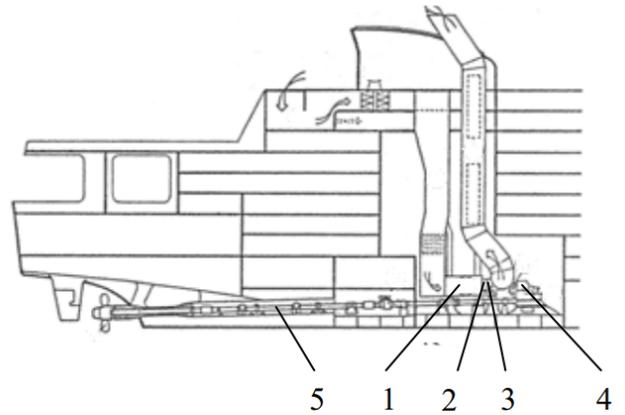


Abb. 1: Antriebsanlage der Fähre

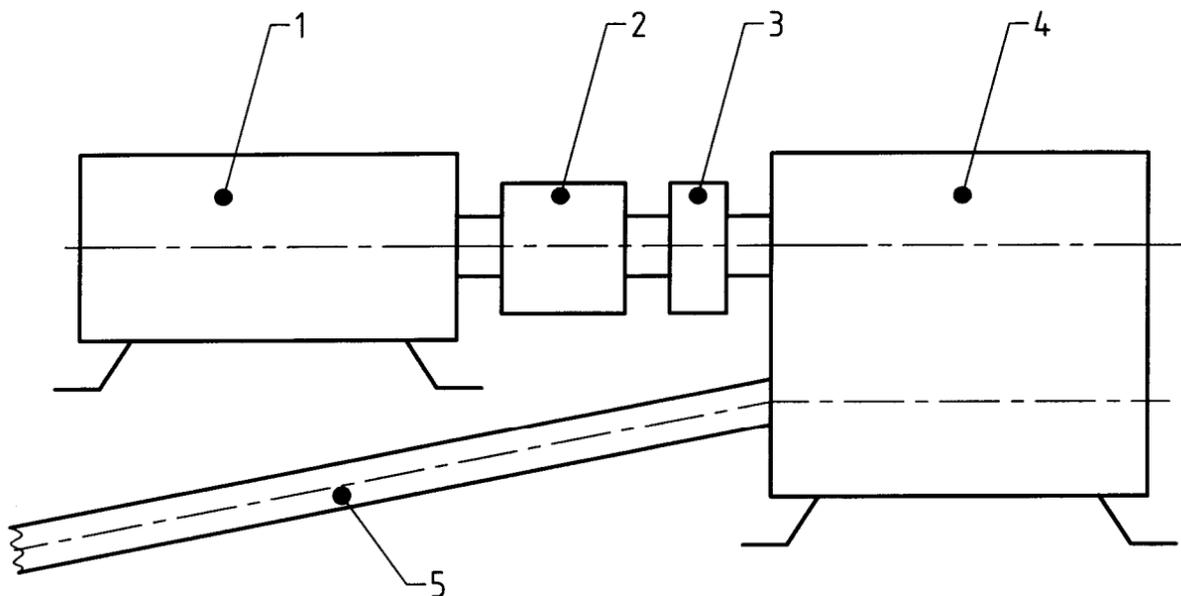


Abb. 2: Antriebsanlage der Fähre (schematisch)

E-KB 1 Die Lamellenkupplung (2) soll aus insgesamt 10 Lamellen bestehen, wobei die mit der Antriebsseite der Kupplung verbundenen Lamellen aus Stahl, die mit der Abtriebsseite der Kupplung verbundenen Lamellen aus Sintermetall hergestellt sind. Zeichnen Sie die noch fehlenden Lamellen in **Abb. 3** ein.

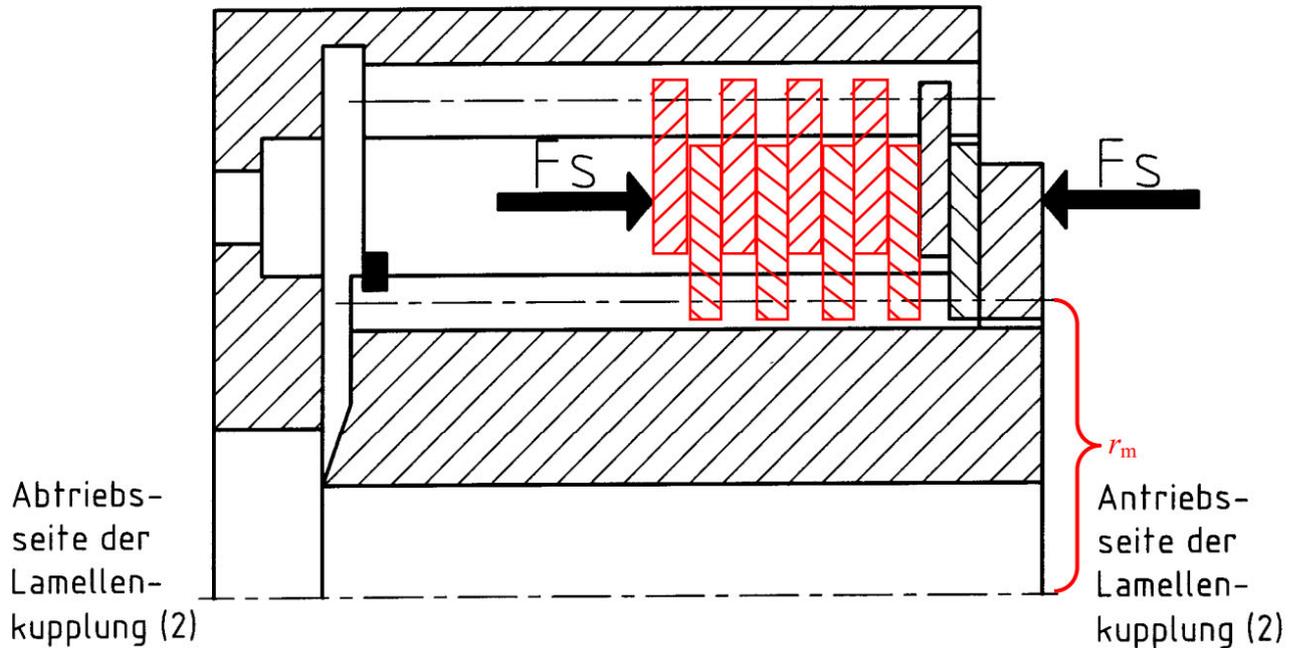


Abb 3: Schematische Darstellung der Lamellenkupplung (2)

E-KB 2 Ermitteln Sie die Anzahl z der wirksamen Reibflächenpaarungen.

Lösung:

$$z = 9$$

E-KB 3 Wie groß ist der Reibwert μ , wenn davon auszugehen ist, dass die Kupplung zur Kühlung von Öl durchlaufen wird?

Lösung:

$$\mu = 0,05$$

Reibpaarung	Reibwerte etwa	
	μ trocken	μ in Öl
St/St	-	0,003 ... 0,05
St/Sintermetall	0,15 ... 0,2	0,05
St/Kunstharz	0,25 ... 0,5	0,08 ... 0,12
St/Papier	-	0,1 ... 0,13

Abb. 4: Reibwerte für unterschiedliche Reibpaarungen

E-KB 4 Welches Drehmoment muss die Lamellenkupplung übertragen, wenn die Gasturbine im Nennbetriebspunkt läuft?

Lösung:

$$P = M \cdot \omega$$

$$\Leftrightarrow \frac{P}{\omega} = M \Rightarrow \frac{50.000 \cdot 10^3 \text{ W}}{2 \cdot \pi \cdot \frac{2.800 \text{ 1}}{60 \text{ s}}} = M$$

$$M = 170.523,15 \text{ Nm}$$

E-KB 5 Bei einer ähnlichen Anordnung kommt eine Lamellenkupplung mit 11 wirksamen Reibflächenpaarungen und einem Reibwert von 0,08 zum Einsatz. Die Kupplung soll ein Drehmoment von 200.000 Nm übertragen. Wie groß muss der mittlere Reibradius r_m mindestens sein, wenn zum Aufbringen der Schaltkraft F_s (**Abb. 3**) ein Hydraulikzylinder zum Einsatz kommen soll, der eine maximale Druckkraft von 150 kN besitzt?

Lösung:

$$F_s = 150 \text{ kN}$$

$$M_R = F_s \cdot r_m \cdot \mu \cdot z \Leftrightarrow \frac{M_R}{F_s \cdot \mu \cdot z} = r_m$$

$$\Rightarrow \frac{200.000 \text{ Nm}}{150 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot 0,08 \cdot 11} = r_m = 1,52$$

E-KB 6 Nennen Sie eine geeignete Kupplung, die an **Pos. 3** in **Abb. 2** einzusetzen ist, damit ein einwandfreier Lauf des Antriebsstrangs gewährleistet werden kann? Begründen Sie ihre Antwort!

Lösung:

Mögliche Kupplungen: Bogenzahnkupplung (2 Bogenzahnräder in einer Höhe), Kreuzgelenkkupplung (2 Gelenke + Schiebelücke), Kreuzscheibenkupplung, 2 Membran-/Federlaschenkupplung, Wellenschlauchkupplung

Elastische Ausgleichskupplung: Gummibolzen-, Gummiklauen-, Stahlband-, Schraubenfederkupplung

Hochelastische Ausgleichskupplung: Polygonring-, Gummimantel-, Gummischeiben-, Luftfeder-, Stahlfederkupplung

Kupplung dient zum Ausgleich von Verlagerungen (axial, radial, winklig)