



ME/KT II - Klausur SS 02

Name, Vorname

Matr.-Nr.

Klausurbedingungen: Zugelassene Hilfsmittel sind Taschenrechner und Schreibzeug. Bewertet werden nur die Einträge in die vorgesehenen Felder. Ein Täuschungsversuch führt zum Abbruch der Klausur.

Hinweis: Beachten Sie die Formelsammlung auf Seite 5! Die Unterpunkte können jeweils unabhängig voneinander bearbeitet werden. Es empfiehlt sich jedoch, in der vorgegebenen Reihenfolge vorzugehen.

Seite:	1	2	3	4	5		Summe	Note
erreichte Punkte								
maximal Punkte	21	24	35	22	15			

Aufgabe 1: Die Zusammenbauzeichnung (siehe Seite 2) zeigt Kurbelwelle, Exzenterzapfen, Massenausgleich M, Schwungrad S und Getriebegehäuse einer experimentellen Kolbenmaschine. Die Abtriebsleistung wird über einen Riemen abgeführt, der auf den Umfang des Schwungrades aufgelegt ist. Der Riemen ist mit der Achskraft F_v in Richtung z vorgespannt. Die resultierende Riemenkraft greift im Abstand d zum Lager 3 an. Bis auf die Schwung- und Ausgleichsmasse sei die Welle gewichtslos.

Technische Daten:

Nennleistung: 1,5 kW bei 750 U/min und Mitteldruck: $P_i = 10^6$ Pa

\varnothing Lager L_2 [mm]: $d_{L2} = 30$, $D_{L2} = 62$ \varnothing Lager L_3 [mm]: $d_{L3} = 25$, $D_{L3} = 52$

Abmessungen der Welle [mm]: $a = 20$, $b = 30$, $c = 60$, $d = 10$, $e = 20$

\varnothing Radialwellendichtring [mm]: $d_i = 16$, $D_a = 28$

Massenausgleich M: $m_a = 10$ kg,

Schwungrad S: $m_s = 10$ kg, $D = \varnothing 400$ mm, Achskraft durch Riemenvorspannung $F_v = 200$ N

Auflagerkräfte, Beanspruchung, Lagerberechnung

2P a) Berechnen Sie das bei Nennleistung am Abtrieb vom Riemen zu übertragende Drehmoment M_T .

$$M_T =$$

6P b) Berechnen Sie die aufgrund der Riemenvorspannung auf Lager L_1 , L_2 und L_3 wirkenden Anteile der Auflagerkräfte in z Richtung!

$$F_{L1,z} =$$

10P c) Die zusätzliche Lagerlast auf Lager 2 durch den Riemen betrage $F_{L2,z} = 100$ N. L_2 hat eine dynamische Tragzahl von 10kN und ist bei 90% Überlebenswahrscheinlichkeit für eine Lebensdauer von 15.000 h für den Nennbetrieb ausgelegt. Welche maximale radiale Lagerbelastung in y -Richtung (F_{ry}) ist dann noch tolerierbar?

$$F_{L2,z} =$$

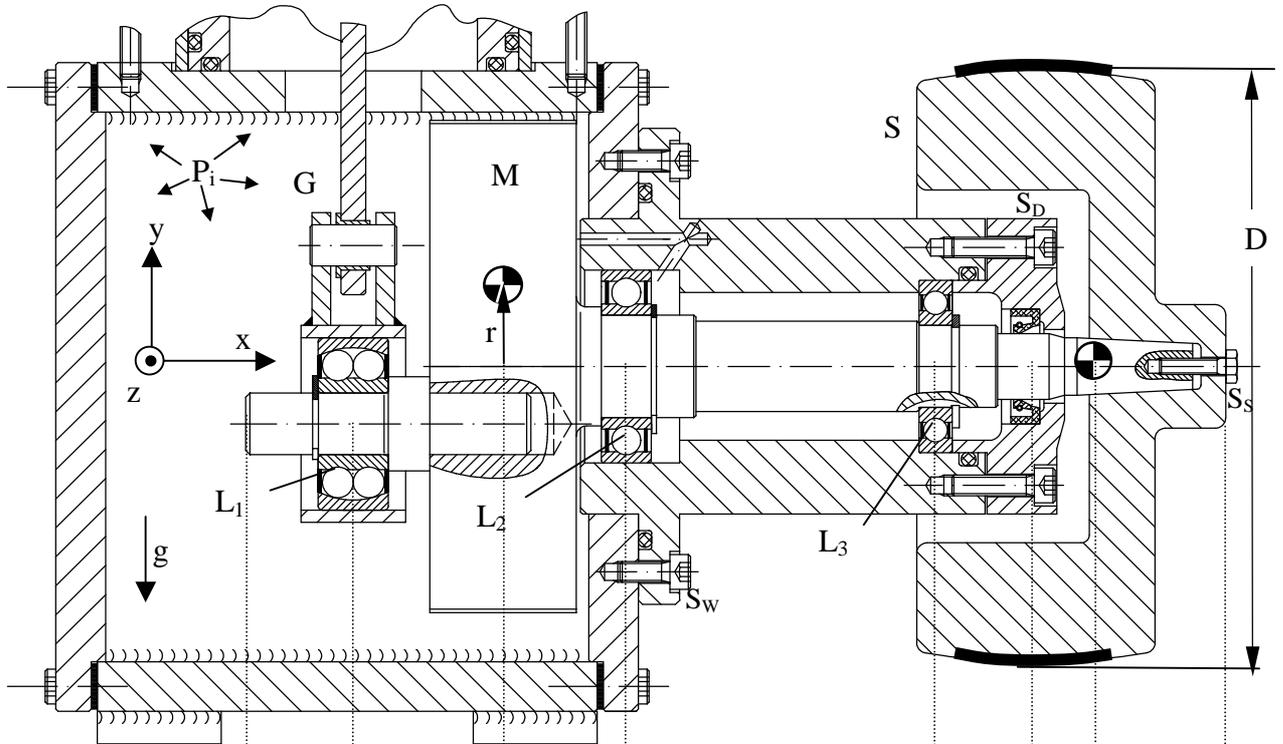
$$F_{L3,z} =$$

$$F_{ry} \leq$$

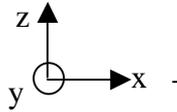
3P d) Kurbelzapfen und Welle seien gewichtslos. Welches Verhältnis besteht zwischen dem Biegemoment am Lager 2 zu dem am Lager 3 aufgrund der Gewichtskräfte des Schwungrades S und des Massenausgleichs M im Stillstand?

$$M_{b2}/M_{b3} =$$

e) Kurbelzapfen und Welle seien gewichtslos. Vervollständigen Sie das Ersatzsystem der Welle mit den resultierenden Kräften. **Oben:** Aufgrund der Gewichtskräfte (Schwungrad S und Massenausgleich M) in y-x Ebene. **Unten:** Aufgrund der Riemenvorspannung im statischen Fall in der z-x Ebene. Zeichnen Sie darunter die resultierenden Querkraftverläufe $Q_y(x)$ und Biegemomentenverläufe $M_z(x)$ ein.



6P



$Q_z(x)$

6P

$M_y(x)$

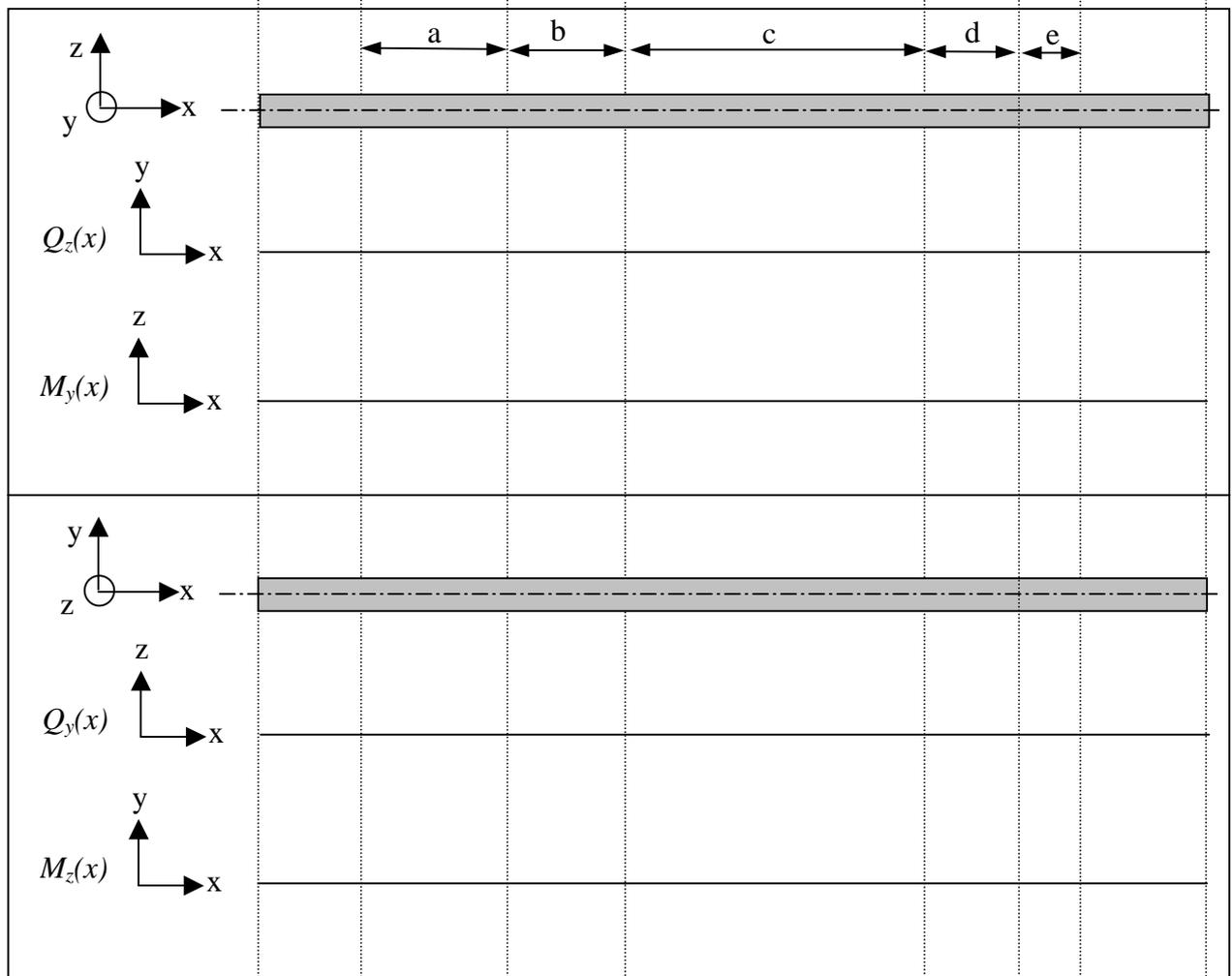
6P

$Q_y(x)$

6P

$M_z(x)$

$\Sigma 24P$

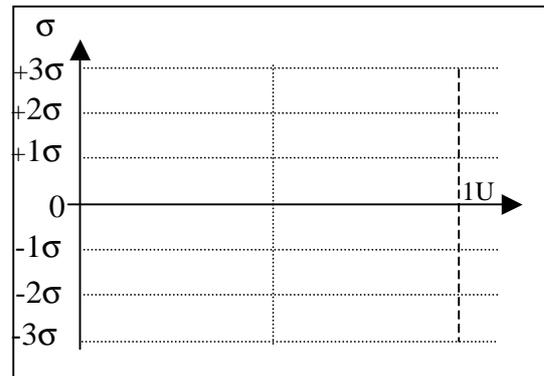


Aufgabe 1, Teil 2: Beanpruchung / Festigkeit

6+2=8P **f)** Kurbelzapfen und Welle seien gewichtslos. Berechnen Sie die maximale Biegespannung am Lager 3 aufgrund der Gewichtskraft und der Riemenvorspannung. Geben Sie die dazu notwendige Gleichung an.

$\sigma_b =$	$\sigma_b =$ _____
--------------	--------------------

4P **g)** Zeichnen Sie qualitativ den Verlauf der Biegespannung σ_b eines Elementes der Randfaser über eine Umdrehung der Welle für den Fall, dass $\sigma_b = \sigma$ ist.



6+2=8P **h)** Die berechnete maximale Biegespannung σ_b am Lager 3 sei 10 N/mm². Berechnen Sie die Vergleichsspannung am Lager 3 unter **Nennleistung** nach der Gestaltänderungsenergiehypothese. Der Quer- und Normalkrafteinfluss kann vernachlässigt werden. Geben Sie die dazugehörige Gleichung an. $\alpha_0 = 1$

$\sigma_v =$	$\sigma_v =$ _____
--------------	--------------------

i) Die Gestaltfestigkeit σ_G der Welle am Sicherungsring des **Lagers 3** ist geringer als die Vergleichsspannung σ_v . In der Tabelle sind Maßnahmen zur Lösung des Problems vorgeschlagen. Kreuzen Sie an, ob sich die Maßnahme auf σ_G , σ_v auswirkt oder keinen Einfluss hat. Entscheiden Sie weiter, ob sich die Maßnahme prinzipiell positiv oder negativ hinsichtlich der Dauerfestigkeit am Lager 3 auswirkt.

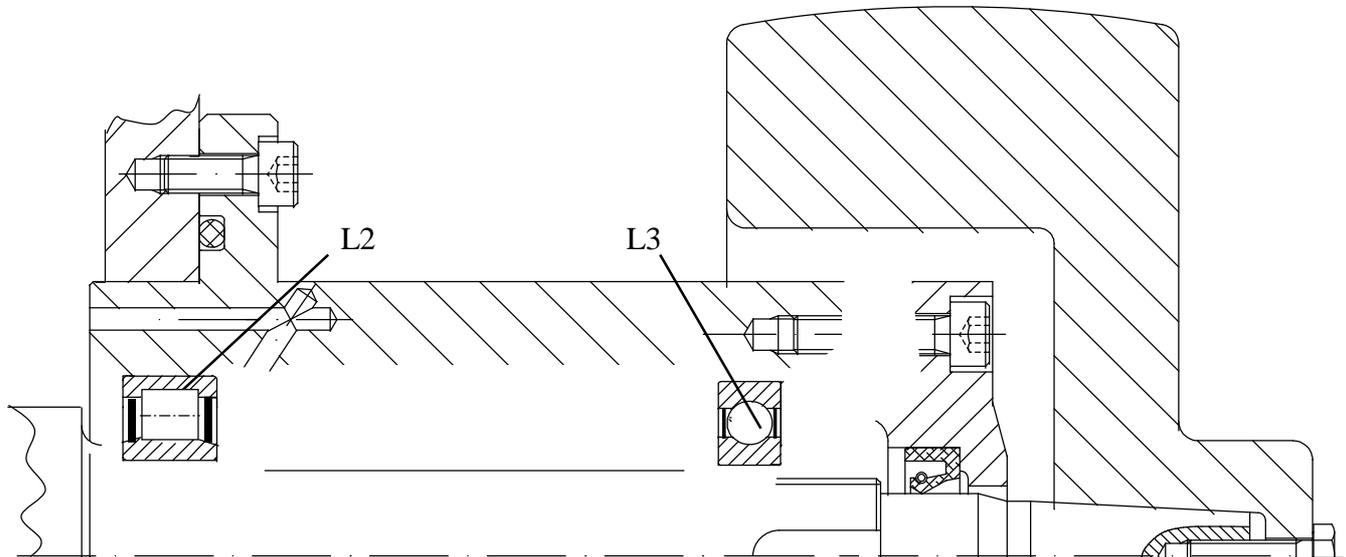
15x1P

<u>Maßnahmen</u>	Auswirkung auf				
	σ_G	σ_v	keine	pos.	neg.
Hinweis: Das Ankreuzen von σ_G und σ_v ist möglich.					
Lager L3 durch ein Kegelrollenlager mit höherer Tragzahl ersetzen					
Anstelle von Sicherungsring und Nut eine Spannhülse vorsehen					
Die Schwungradmasse bei konst. Massenträgheitsmoment verkleinern .					
Erhöhte Massenträgheit bei unverändertem Gewicht des Schwungrades					
Die Kerbwirkzahl durch Umgestaltung der Sicherungsringnut vergrößern					
Die Formziffer durch Umgestaltung der Sicherungsringnut verkleinern					
Den Sicherungsring durch einen hochfesten Stahlring ersetzen					
Den Oberflächenbeiwert des gefährdeten Wellenabschnittes vergrößern					
Widerstandsmoment (Biegung) am gefährdeten Wellenabschnitt erhöhen					
Den Außendurchmesser des Radialwellendichtrings vergrößern					
Sicherungsringe auf beiden Seiten des Lagers vorsehen					
Abstand d (vgl. Seite 2) kleiner gestalten					
Abstand c (vgl. Seite 2) vergrößern					
Die Abtriebsdrehzahl bei gleicher Nennleistung erhöhen .					
Zugrichtung des Riemens aus der z- in die positive y-Richtung verlagern					

Σ35P

Aufgabe 2: Gestaltung / Konstruktion

- 14P a) Um die Kerbwirkung durch Sicherungsringe auf der Welle zu vermeiden, soll der Sicherungsring am Lager 3 durch eine Wellenmutter ersetzt werden. Die Nut des Sicherungsblechs in der Welle und das Gewinde sind bereits eingezeichnet. Lager 2 wurde durch ein Zylinderrollenlager ersetzt. Ergänzen Sie die Zeichnung ohne Sicherungsringe auf der Welle zu verwenden!



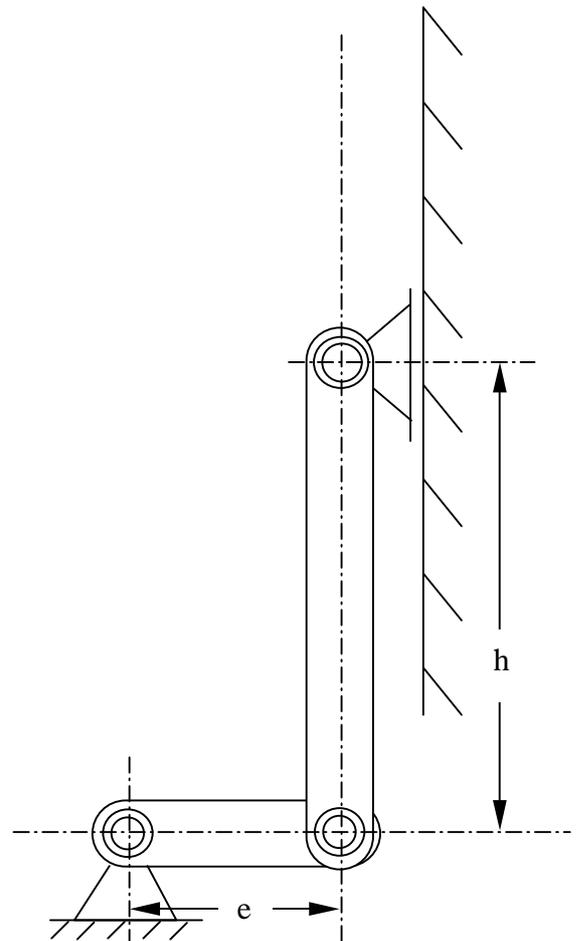
- 8P b) Die Skizze zeigt die geometrischen Abmessungen und Prinzip eines Kurbeltriebs (Schubkurbel) bestehend aus Kurbelwelle (1) und Kurbel (2) und dem Schubgelenk (3). Das Schubgelenk befindet sich in einer Zwischenstellung zwischen oberen und unteren Totpunkt. Vorgegeben sind die Abstände $e = r$ und h . Bestimmen Sie rechnerisch unter Angabe der Berechnungsgleichung oder graphisch mit Darstellung des Lösungswegs den Hub des Schubgelenks (3)!

Hinweis: Für die grafische Lösung sind keine Längenangaben erforderlich. Für die rechnerische Lösung ist vorgegeben:

$$e = 20\text{mm},$$

$$h = 50\text{mm},$$

$$r = \underline{\hspace{2cm}}$$



Aufgabe 3: Schrauben

In der Zeichnung (Seite 2) wurden Schraubenverbindungen zur Befestigung des Wellengehäuses (Schrauben S_W) und des Lagerdeckels (Schrauben S_D) und des Schwungrades (Schraube S_S) verwendet.

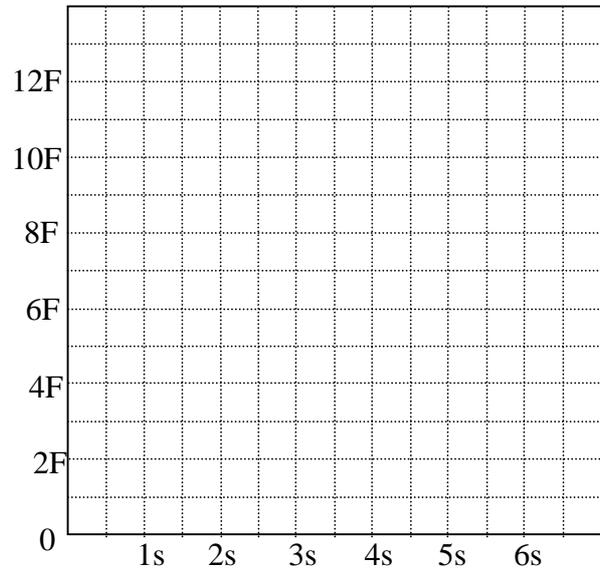
2P a) Zeichnen Sie die Klemmlängen der Schrauben S_W , S_D und S_S in die Zeichnung auf Seite 2 ein.

2P b) Für S_W wurde der Typ DIN 912 – M8×15 – 12.9 und für S_D der Typ DIN 912-M8×30 – 8.8 gewählt. Die Anzahl über dem Umfang ist jeweils gleich. Kreuzen Sie die Schrauben an, die aufgrund der Betriebskräfte höher beansprucht sind.

Schrauben:

S_D	S_W
-------	-------

3+3=6P c) Die notwendige Axialkraft für die Kegelverbindung zwischen Welle und Schwungrad (Zeichnung S.2) wird durch Schraube S_S erzeugt. Die Nachgiebigkeit der Schraube ist $\delta_Z = (1s)/(4F)$. Die Nachgiebigkeit der verspannten Teile ist $\delta_P = 1/2 \delta_Z$. Zur Übertragung des Drehmomentes muss die Schraube eine Axialkraft $F_x = 4F$ erzeugen. Der Setzbetrag soll mit $2F$ und die Streuung durch das Anziehverfahren mit maximal $\pm 2.5F$ veranschlagt werden. Zeichnen Sie die Schraubendiagramme für den Fall der maximal und der minimal verbleibenden Vorspannung F_V und tragen Sie F_{Vmin} und F_{Vmax} ein.



4+1=5P d) Die Nachgiebigkeit des Schraubenkopfs ist $\delta_K = 0.3 \cdot 10^{-6} \text{ mm/N}$, die von Gewinde und Mutter ist $\delta_{GM} = 0.7 \cdot 10^{-6} \text{ mm/N}$. Die Länge des nichteingeschraubten Gewindeabschnittes ist 15 mm mit einem Kernquerschnitt des Gewindes von $A_{Kern} = 14 \text{ mm}^2$. Der E-Modul des Schraubenwerkstoffes ist $E = 205 \text{ kN/mm}^2$. Geben Sie die Nachgiebigkeit δ_Z der Schraube an.

$\delta_Z =$	=
--------------	---

Σ15 P

<p>Nominelle Lebensdauer $L_{10} = L = (C/P)^p$ [10⁶ Umdrehungen]</p> <p style="margin-left: 20px;">$L_{10} = L$ nominelle Lebensdauer [10⁶ Umdrehungen] C dynamische Tragzahl [kN] P dynamisch äquivalente Belastung [kN] p Lebensdauerexponent (p=3 für Kugellager, p = 10/3 für Rollenlager)</p> <p>Lebensdauer in Stunden $L_{h10} = L_h = (L \cdot 10^6) / (n \cdot 60)$ (konstante Drehzahl)</p> <p style="margin-left: 20px;">$L_{h10} = L_h$ nominelle Lebensdauer [h] n = Drehzahl [min⁻¹]</p> <p>Kreisquerschnitt Widerstandsmomente: $W_b = \pi d^3 / 32$, $W_t = \pi r^3 / 2$ Flächenträgheitsmomente: $I_b = \pi d^4 / 64$, $I_t = \pi r^4 / 2$ Umfang $U = 2 \pi r$, Querschnitt: $A = \pi r^2$</p> <p>Normalspannung: $\sigma_N = F / A$ Biegespannung: $\sigma_B = M_b z / I = M_b / W_b$ Schubspannung: $\tau_s = Q / A$, $\tau_t = M_t / W_t$ Arbeit: $W = \int F ds$ $W = \int M d\phi$ Leistung: $P = dW/dt$, $P = M \omega$</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">Formelsammlung</div> <p>Federschaltung Reihe: $1/c_{ges} = \sum 1/c_n$ Parallel: $c_{ges} = \sum c_n$</p> <p>Dehnung: $\epsilon = \Delta l / l_0 = \sigma / E$ Nachgiebigkeit: $\delta = 1/c = \Delta l / F$ Gestaltänderungsarbeitshypothese: $\sigma_v = \sqrt{(\sigma^2 + 3\tau^2)}$ Winkelgeschwindigkeit: $\omega = 2 \pi n / 60$ Erdbeschleunigung $g = 9.81 \text{ m/s}^2$</p>
--	---