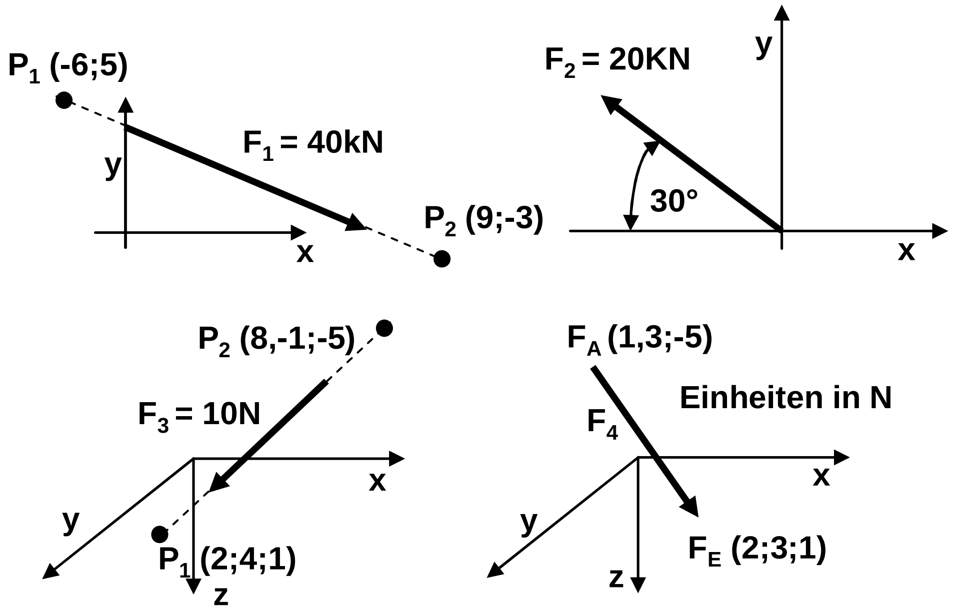
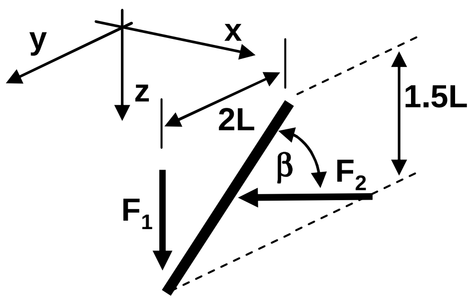
**Aufgabe 1:**

Berechnen sie die Kraftkomponenten $F_x$, $F_y$ und $F_z$ und den Betrag der Kraft, falls dieser nicht gegeben ist. Berechnen Sie die Summen der Kräfte $F_1$ und $F_2$ bzw. $F_3$ und $F_4$.

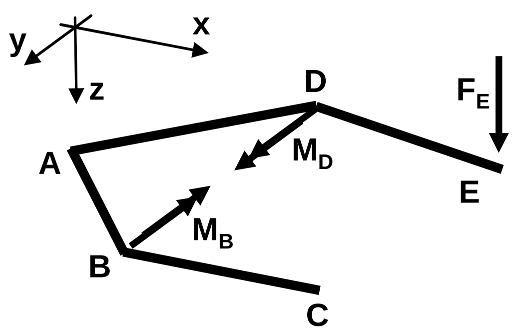



**Aufgabe 2:**

Die Kräfte $F_1$ und $F_2$ liegen in einer Ebene, die parallel zur yz-Ebene ist.
a.) Zerlegen Sie die Kraft $F_1$ in einen zum Balken parallelen und in einem zum Balken senkrechten Anteil.
b.) Wie groß muss der Winkel $\beta$ sein, wenn $F_{2y} = 12/13 F_2$ beträgt? Wie groß ist dann$F_{2z}$?
c.) Zerlegen Sie analog zu a.) die Kraft $F_2$.



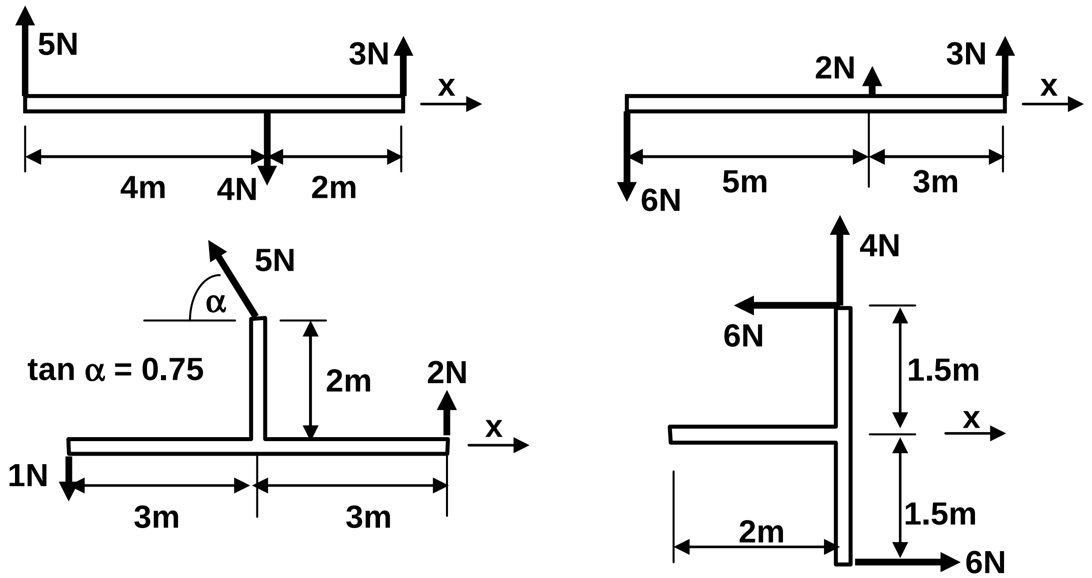

**Aufgabe 3:**




Gegeben sind die Koordinaten der Eckpunkte: A(0;0;0), B(1.92;1.44;0), C(4.32;1.44;0), D(1.92;-1.44;0), E(4.32;-1.44;-1)
Die Momente zeigen in y-Richtung und haben die Beträge $M_B$ = 15/24Nm und $M_D$ = 13/36Nm. Die Kraft zeigt in z-Richtung und hat den Betrag $F_E$ = 26N.

a.) Zerlegen Sie das Moment $M_B$ in einen zu AB parallelen und in einen zu AB senkrechten Anteil und zerlegen Sie das Moment $M_D$ in einen zu AD parallelen und in einen zu AD senkrechten Anteil. Wie groß ist $M_R$ welches die Vektorsumme von $M_B$ und $M_D$ darstellt. In welche Richtung zeigt $M_R$?
c.) Zerlegen Sie die Kraft $F_E$ in einen zu DE parallelen und in einen zu DE senkrechten Anteil.

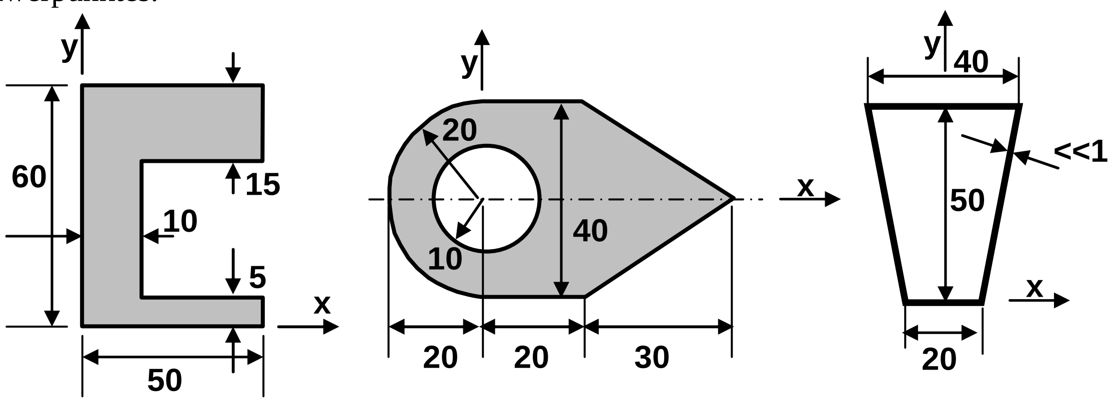
**Aufgabe 4:**



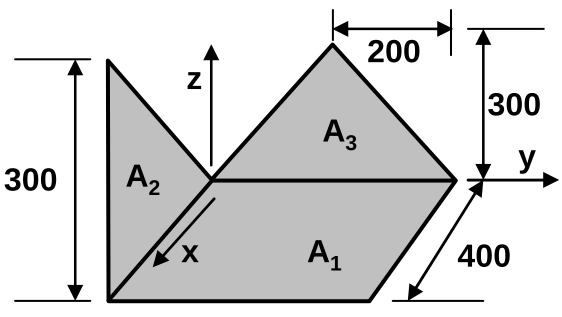

Welche resultierende Kraft ergibt sich? Wo schneidet ihre Wirklinie die x-Achse?

**Aufgabe 5:**

Man berechne von den dargestellten Flächen bzw. vom Linienzug die Koordinaten des Schwerpunktes.



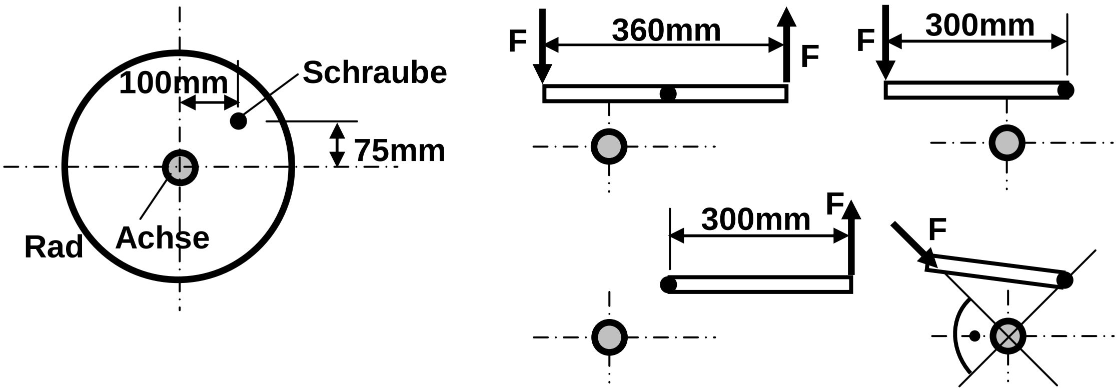

**Aufgabe 6:**




Ein dünnes Blech konstanter Dicke, bestehend aus einem Quadrat und zwei Dreiecken, wurde zur nebenstehenden Figur gebogen. Wo liegt der Schwerpunkt?

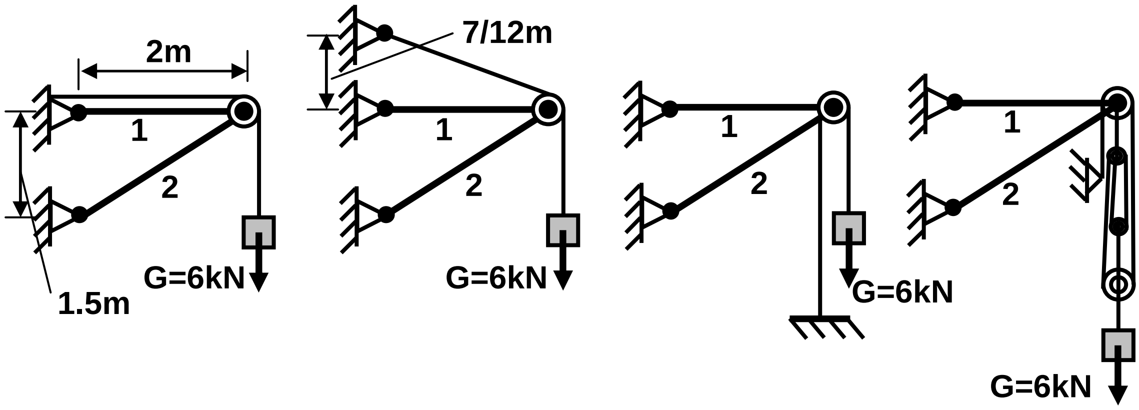
**Aufgabe 7:**

Um die Schraube eines Autorades zu lösen, ist ein Moment von M = 90Nm notwendig. Mit welcher Kraft und welchem Moment wird bei den folgenden 4 Beispielen die Radachse belastet?



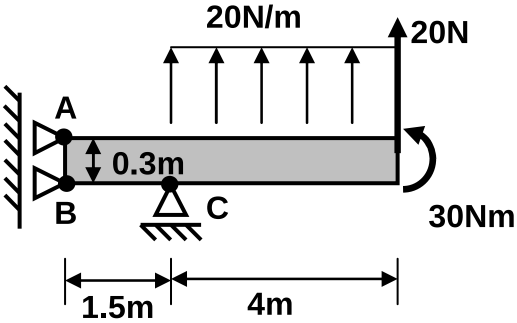

**Aufgabe 8:**

Zwei gelenkig gelagerte und verbundene Stäbe halten eine Seilrolle. Bestimmen Sie jeweils die beiden Kräfte, die in Stabrichtung zeigen und die von den Stäben erzeugt werden, damit das Bauteil im Gleichgewicht ist. Die Abmessungen links gelten für alle vier Geometrien.

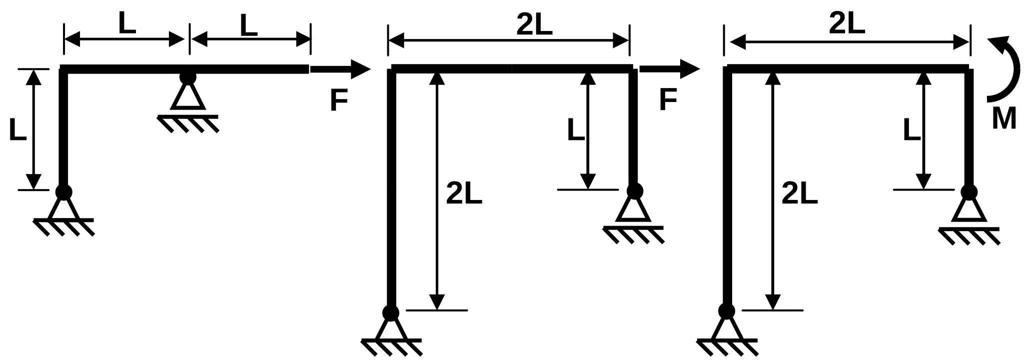



**Aufgabe 9:**

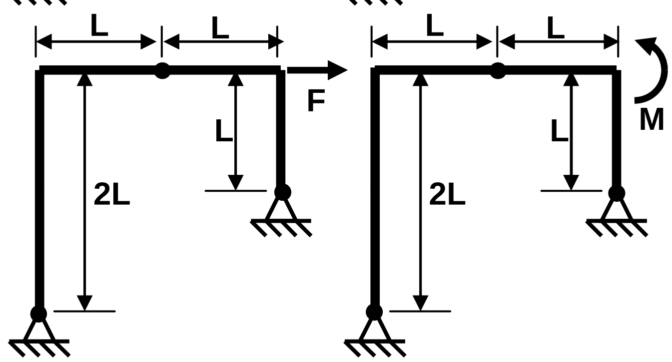
Berechnen Sie die Lagerkräfte.



**Aufgabe 10:**

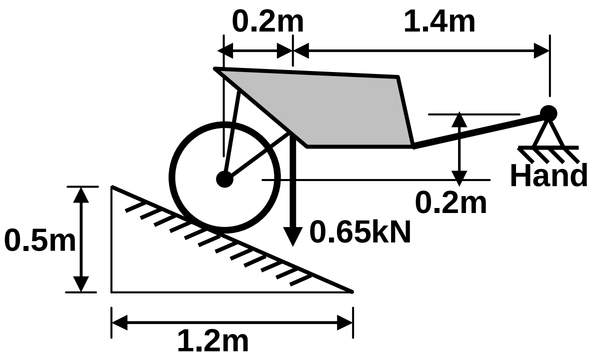


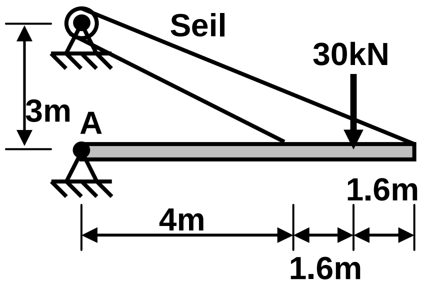

Von den skizzierten Trägern sind mit M = LF die Lagerkräfte zu bestimmen.




**Aufgabe 11:**

Bestimmen Sie bei der Schubkarre die benötigte Handkraft, damit der wagen im Gleichgewicht ist. Bei der zweiten Geometrie sind die Lagerkräfte am Punkt A zu bestimmen.

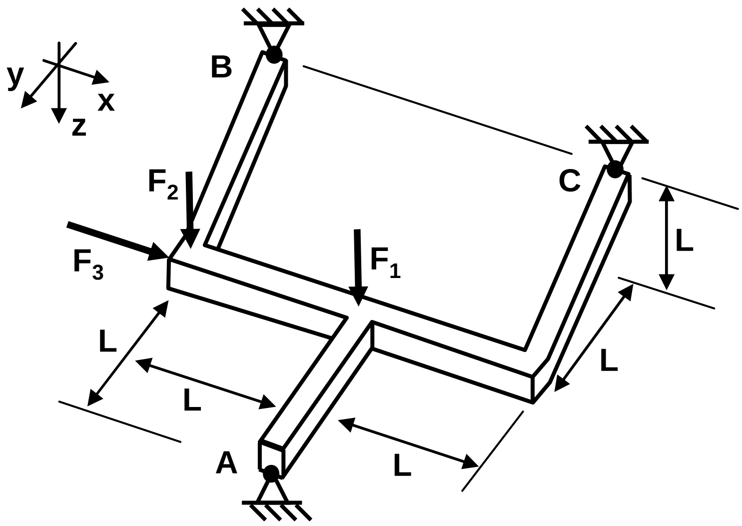


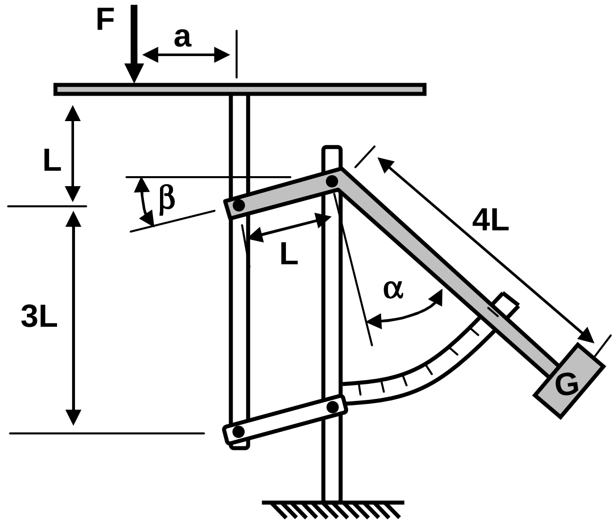

**Aufgabe 12:**

Die Lager können die Kräfte $F_{Ax}$, $F_{Ay}$, $F_{Az}$, $F_{Bx}$, $F_{Bz}$ und $F_{Cz}$ aufbringen.

Berechnen Sie die Lagerkräfte, wenn die Kräfte $F_1$, $F_2$ und $F_3$ einzeln wirken. Wie groß sind die Lagerkräfte, wenn alle drei Kräfte gleichzeitig angreifen?



**Aufgabe 13:**

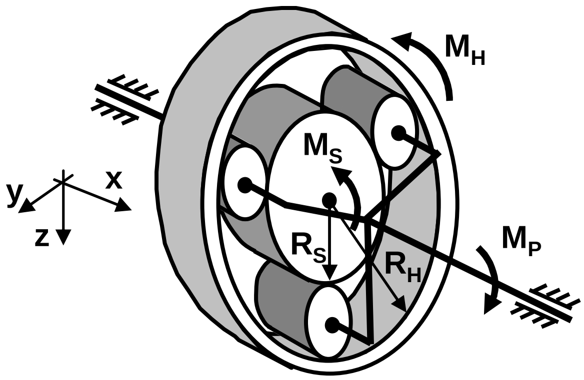



Der Schwenkarm (grau), die untere diagonale Strebe (weiß) und die senkrechte linke Stange (weiß) haben eine Gewichtsstreckenlast q = G/10/L. Die waagrechte Waagschale (grau) hat die Gewichtkraft 0.3G, das Gegengewicht G und der gelagerte Waagenfuß (weiß) G. Die Gewichtskraft der Skala ist zu vernachlässigen.

a.) Unbelastet (F = 0) soll $\beta = 0$ gelten. Zeigen Sie, dass der Winkel $\alpha$ mit $\sin\alpha = 1/6$ als Nulllage eingestellt werden muss. Wie groß sind am Fuß der Waage die Lagerkräfte und Lagermomente?
b.) Die Kraft F greift zentral (a = 0) an der Waagschale an. Welcher Ausschlagswinkel $\beta$ stellt sich in Abhängigkeit von F ein.
c.) Welchen Betrag hat $\beta$ für F = 5G? Wie groß sind die Lagerkräfte und Lagermomente? Wie groß ist die prozentuale Abweichung, wenn man die Gewichtskräfte vernachlässigt?
c.) Zeigen Sie, dass $\beta$ unabhängig von a ist. Vernachlässigen Sie dabei die Gewichtskraft.

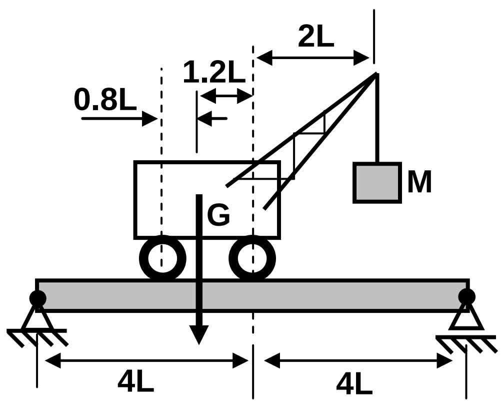
**Aufgabe 14:**

Das dargestellte Planetengetriebe besteht in der Mitte aus der Sonne, auf welche das Moment $M_s$ wirkt, aus drei gleichen Planten, die gelenkig mit dem Planetenträger verbunden sind, auf welchen wiederum das Moment $M_p$ wirkt und dem äußeren festen Hohlrad, an dem das Moment $M_H$ angreift. Der Radius der Sonne beträgt $R_S$, der innere Radius des Hohlrades lautet $R_H$. Zwischen den einzelnen Rädern wirken nur Kräfte in Umfangsrichtung.




a.) Schneiden Sie Sonne, Planeten, Hohlrad und den Planetenträger frei und zeichnen Sie die Schnittkräfte ein.
b.) Wie groß sind die Momente $M_H$ und $M_P$ in Abhängigkeit von $R_S$, $R_H$ und $M_S$? Wie groß ist die Summe der drei Momente $M_S$, $M_P$ und $M_H$?
c.) Welches Radienverhältnis $R_H/R_S$ muss existieren, damit $M_P = 5M_S$ beträgt? Welchen Grenzwert hat das kleinste mögliche Moment $M_P$ bei gegebenem $M_S$?

**Aufgabe 15:**

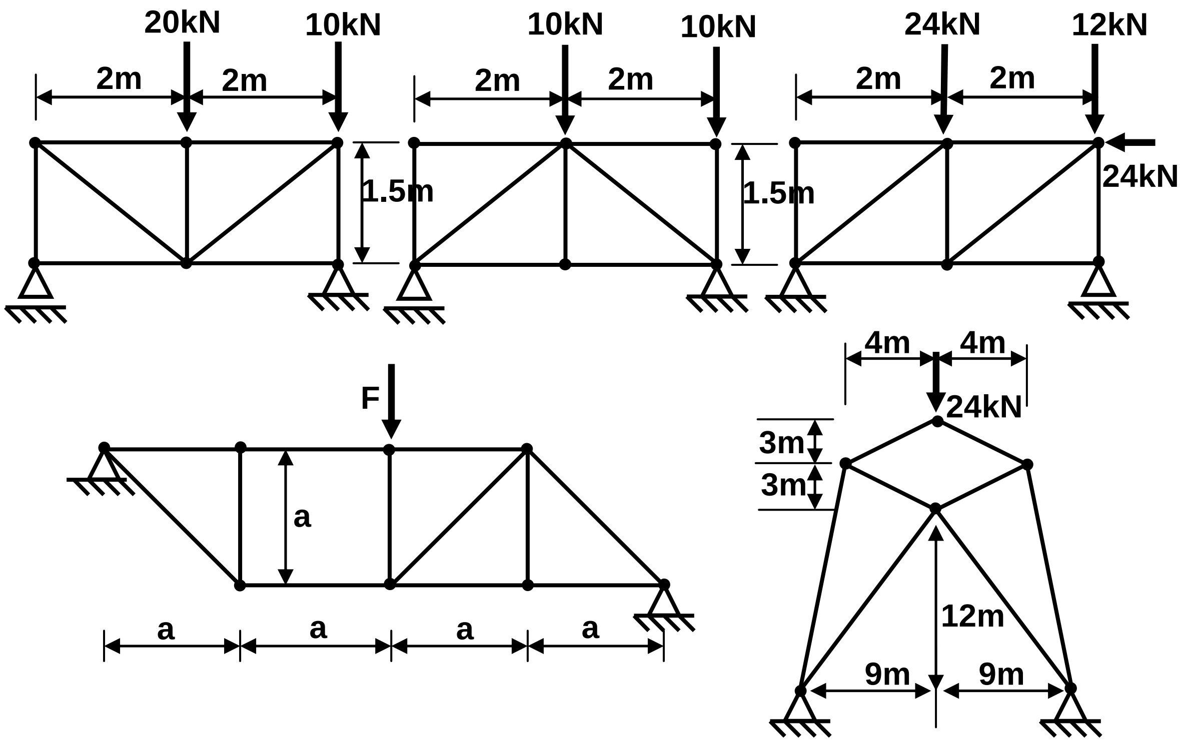



Gegeben ist ein Kran mit der Gewichtskraft G, der die Last M trägt.
a.) Wie groß darf die Last M maximal werden, ohne dass der Kran kippt?

M wird aus Sicherheitsgründen auf G/2 beschränkt.
b.) Wie groß sind die Lagerkräfte?

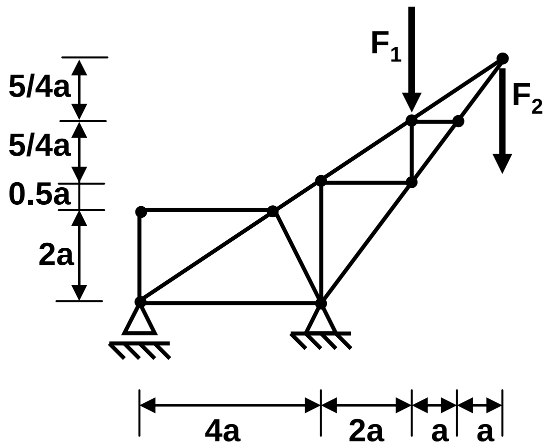
**Aufgabe 16:**

Von den folgenden Fachwerken sind die Stabkräfte zu bestimmen.

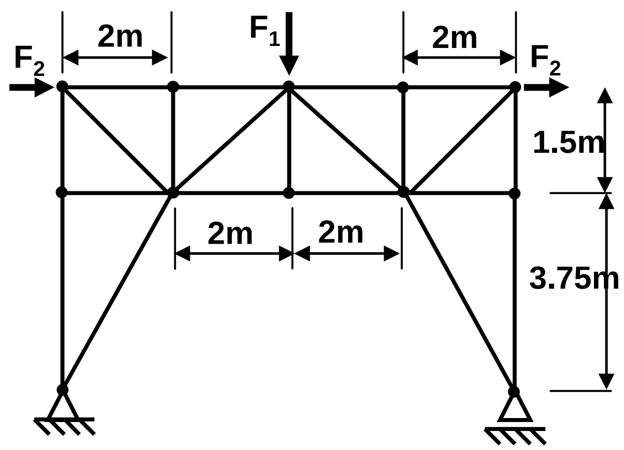



**Aufgabe 17:**

Wie groß sind die Lagerreaktionen und die Stabkräfte für den dargestellten Kranausleger? Gegeben sind die Kräfte $F_1$ = 10kN, $F_2$ = 25kN und a = 2m. Welchen Einfluss hat die Länge a auf die Lagerkräfte?



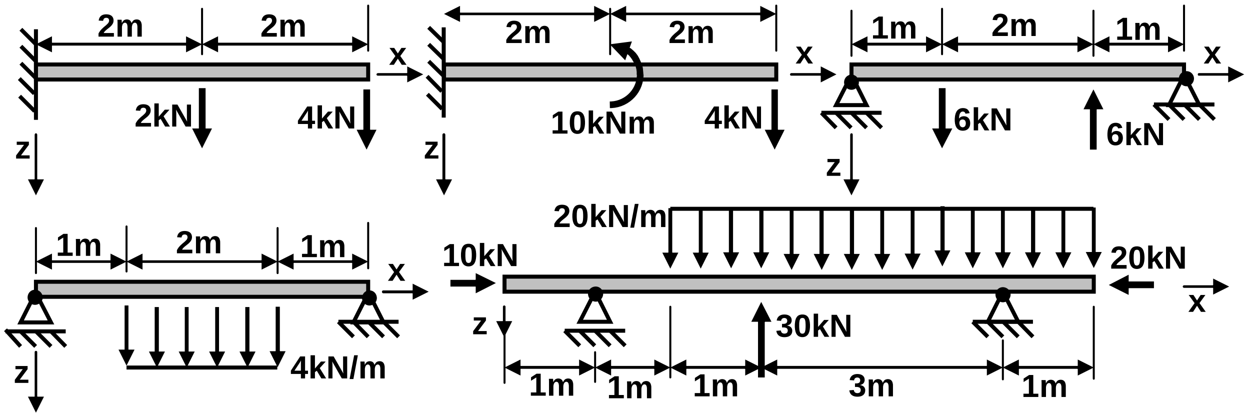

**Aufgabe 18:**




Berechnen Sie die Stab und Lagerkräfte für jeweils zwei Lastfälle.
Lastfall 1: $F_1$ = 84kN, $F_2$ = 0
Lastfall 2: $F_1$ = 0, $F_2$ = 16kN

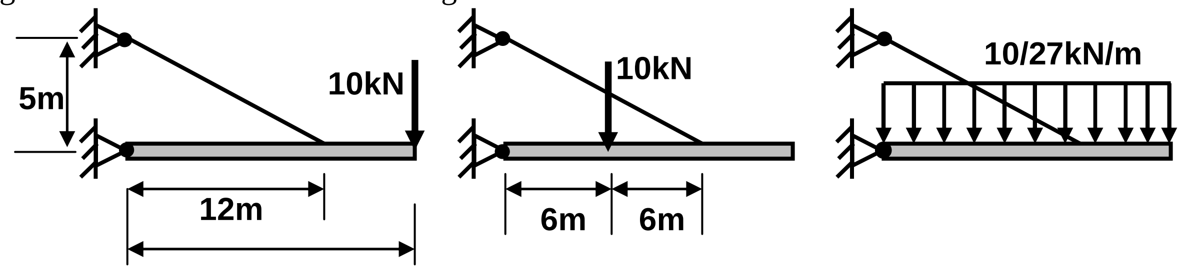
**Aufgabe 19:**

Berechnen Sie die Verläufe der inneren Kräfte und Momente.



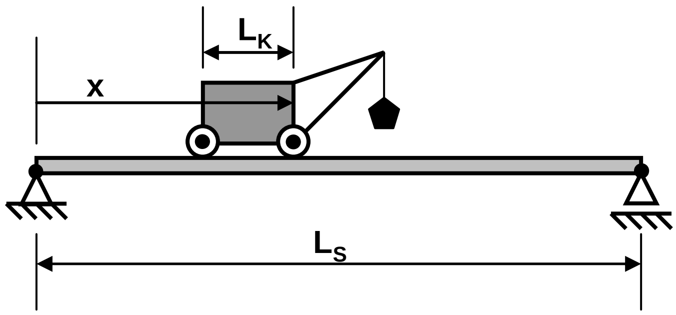

**Aufgabe 20:**

Durch welche Schnittgrößen wird der von einem Seil gehaltene Kranausleger beansprucht? Es gelten immer dieselben Abmessungen.

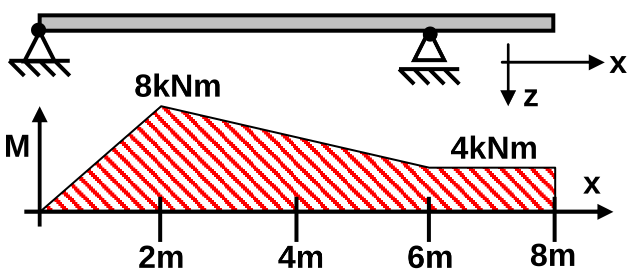



**Aufgabe 21:**

Ein Kran mit dem Gewicht G kann sich auf den Schienen der Länge $L_S$ bewegen. Sein Gewicht belastet die Forderachse mit 2/3G und die Hinterachse mit 1/3G. Der Achsabstand beträgt $L_K = L_S/10$. Wie groß ist das maximale Biegemoment und bei welcher Position x des Krans tritt es auf?



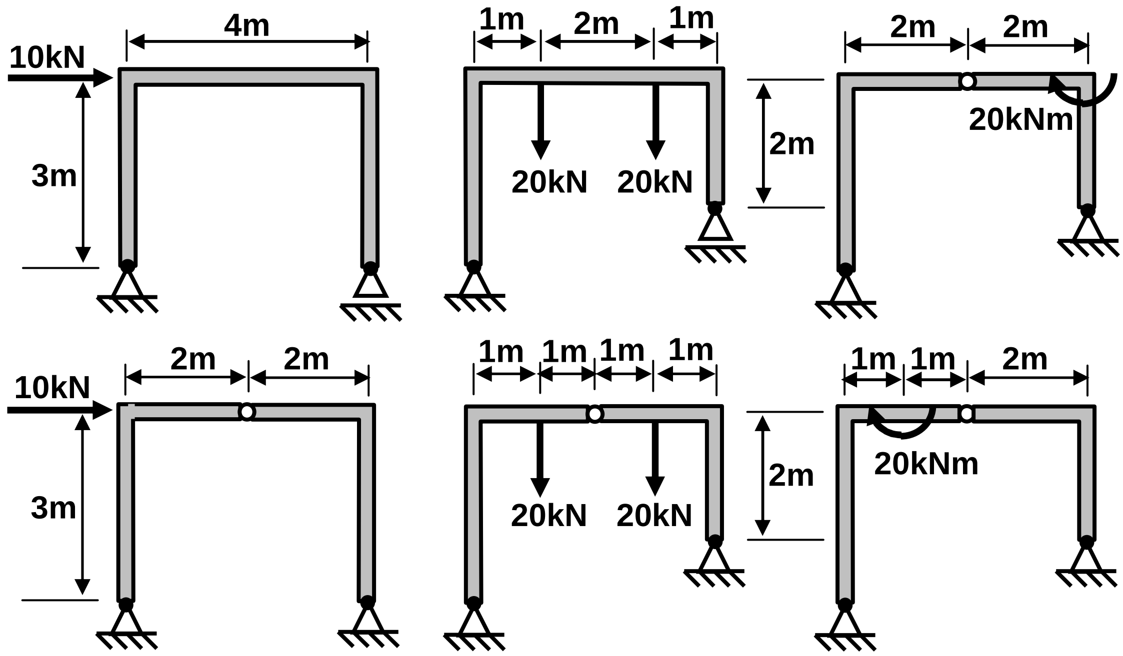

**Aufgabe 22:**




Gegeben sind ein Balken, die Lage der Lager des Balkens und der Verlauf seines Biegemoments. Gesucht sind die angreifenden Kräfte und Momente.

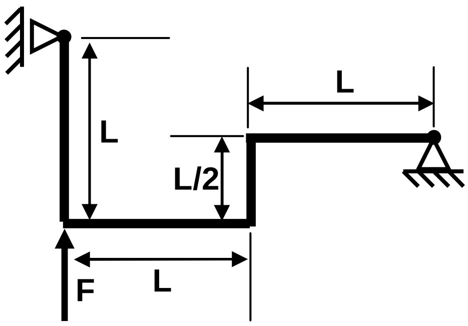
**Aufgabe 23:**

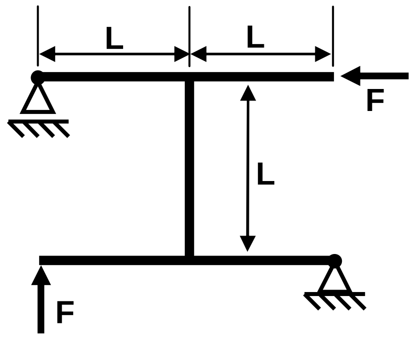
Berechnen Sie die inneren Kräfte und inneren Momente.




**Aufgabe 24:**

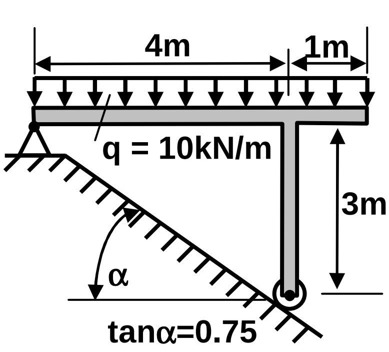
Berechnen Sie die inneren Kräfte und inneren Momente.

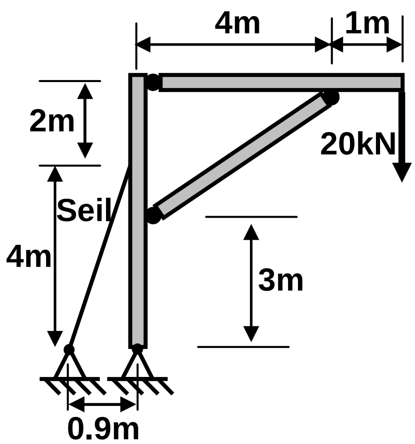


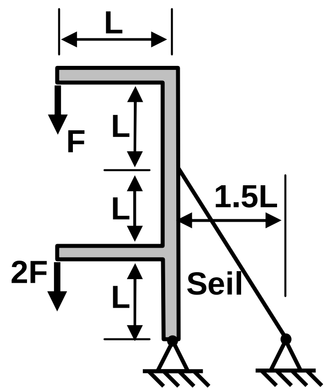




**Aufgabe 25:**

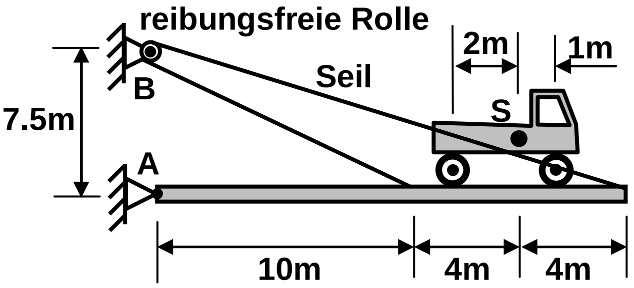
Berechnen Sie die inneren Kräfte und inneren Momente.



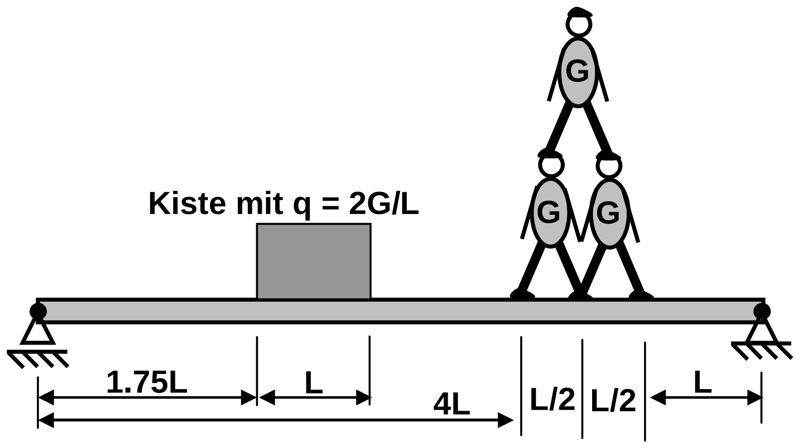
**Aufgabe 26:**




Skizzieren Sie den Verlauf von Normalkraft, Querkraft und Biegemoment im waagrechten Balken. Das Fahrzeug hat die Gewichtskraft G = 30000N, die im Schwerpunkt S senkrecht nach unten wirkt. Das Eigengewicht des Balkens wird durch eine Flächenlast von q = 1400N/m berücksichtigt.

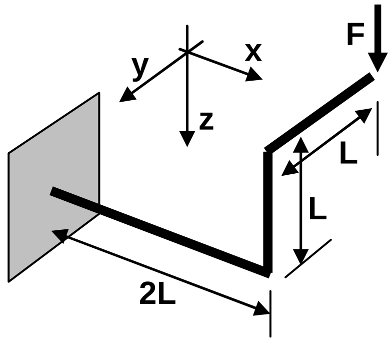
**Aufgabe 27:**

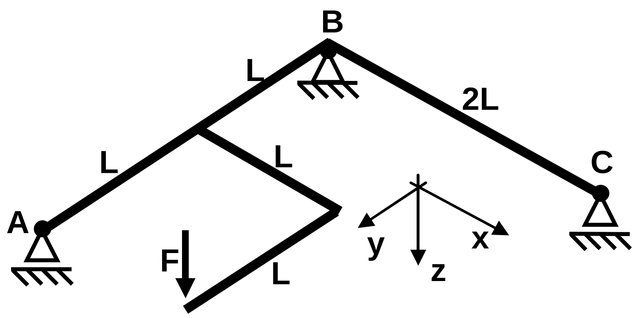
Drei symmetrische Artisten haben jeweils die Gewichtskraft G und bilden auf einem dünnen Balken eine symmetrische Pyramide. Gleichzeitig steht auf dem Balken eine Kiste, die eine Flächenlast von q = 2G/L auf den Balken erzeugt. Bestimmen Sie die inneren Momente im Balken. Gegeben: G = 750N, L = 1m.

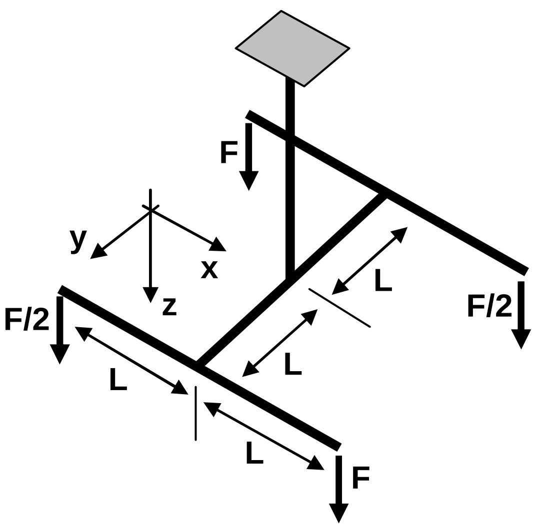



**Aufgabe 28:**

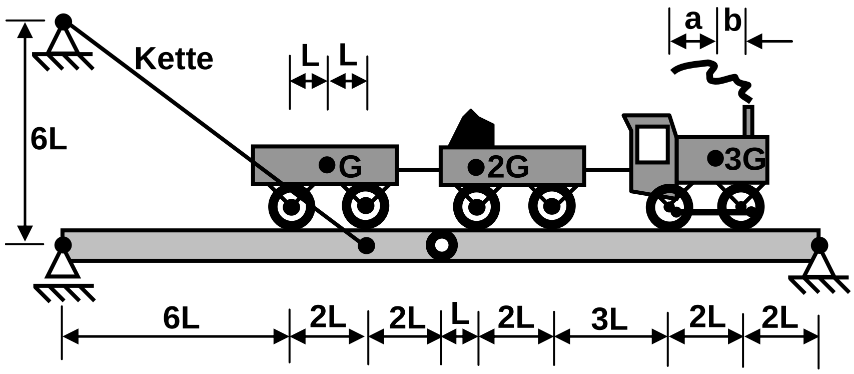
Berechnen Sie die inneren Kräfte und inneren Momente.



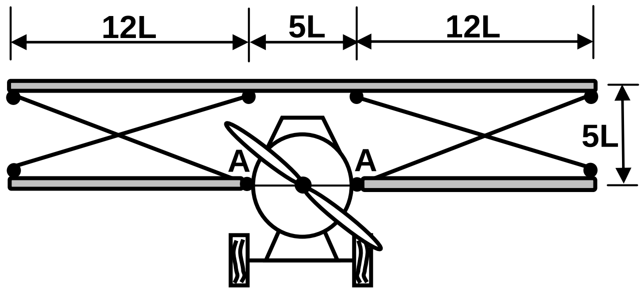



**Aufgabe 29:**




Ein Zug, bestehend aus einer Lokomotive mit der Gewichtskraft 3G, einem Wagen mit Gewichtskraft 2G und einem Wagen mit der Gewichtskraft G steht auf der dargestellten Brücke, welche von einer Kette gehalten wird und in der Mitte ein Gelenk hat. Bestimmen Sie den Verlauf von Normalkraft, Querkraft und Biegemoment in der Brücke (a/b = 2).

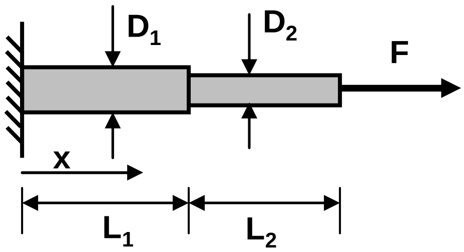
**Aufgabe 30:**




An den grauen Flugzeugflügeln wirkt die Streckenlast (Flächenlast) q = 1N/mm senkrecht nach oben. Die Diagonalstreben sind an beiden Enden gelenkig angebunden. Für die Länge gilt L = 300mm. Das Flugzeug ist symmetrisch.

a.) Welche Gewichtskraft darf das Flugzeug maximal besitzen, wenn es eine konstante Höhe halten soll (Gewichtskraft ist gleich Auftriebskraft durch Streckenlast)?
b.) Bestimmen Sie im oberen Flügel den Verlauf der inneren Kräfte und Momente.
c.) Die nach oben und außen gehenden Diagonalstreben sollen vom Punkt A ausgehend senkrecht angeordnet werden. Welchen Querkraftverlauf erhält man im oberen Flügel?

**Aufgabe 31:**



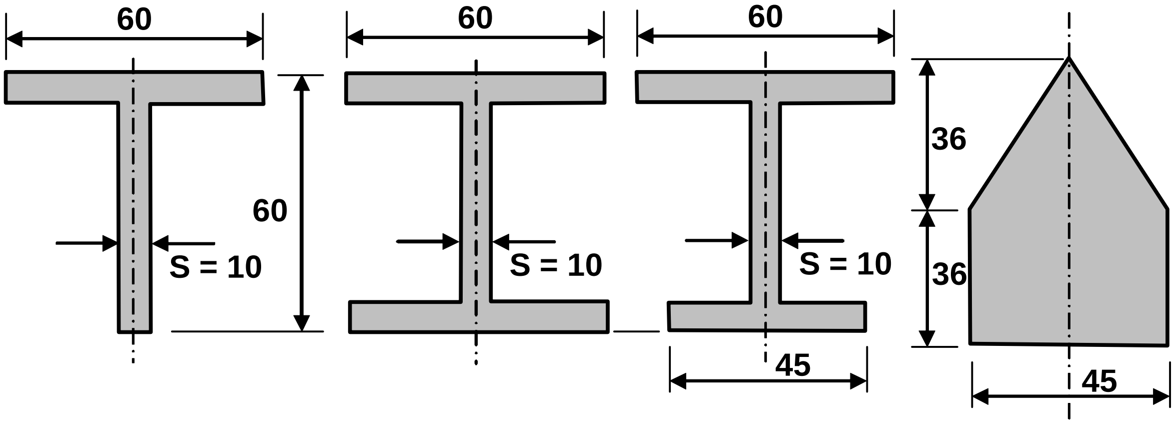

Ein Stab der Länge L mit konstantem Elastizitätsmodul E = 10000N/mm² und mit vernachlässigbarem Eigengewicht ist aus zwei Stäben ($L_1 = L_2 = 500$mm) mit verschiedenen Kreisquerschnitten ($D_1 = 20$mm, $D_2 = 10$mm) zusammengesetzt. Am Ende wirkt die Kraft F = 10000N. Bestimmen Sie die Spannung $\sigma(x)$, die Dehnung $\varepsilon(x)$ und die Verschiebung u(x). Um wie viel verschiebt sich das rechte Ende des Stabes nach rechts?

**Aufgabe 32:**

Ein Drahtseil einer Winde soll eine Masse von 10000kg tragen. Wie viele Drähte mit dem Durchmesser D = 1.0mm muss es enthalten, damit die maximale Spannung $\sigma_{max}$ = 100N/mm² nicht überschritten wird?

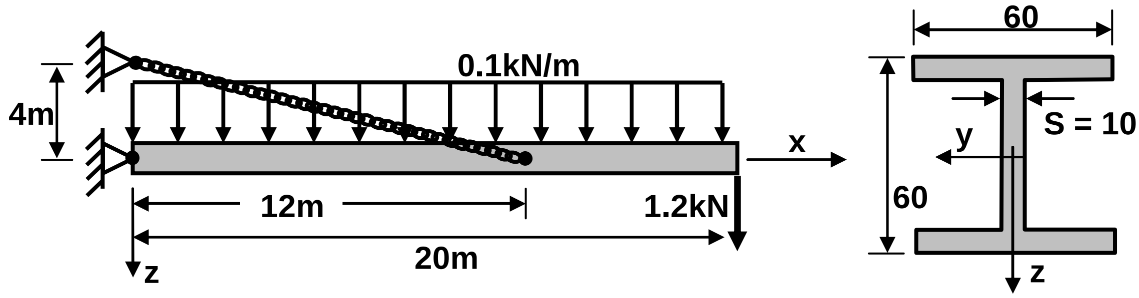
**Aufgabe 33:**

Von den skizzierten Querschnitten ist das Flächenträgheitsmoment $I_y$ zu berechnen. Berechnen Sie bei den ersten drei Geometrien jeweils das exakte Flächenträgheitsmoment und das Flächenträgheitsmoment unter der Annahme der Dünnwandigkeit. Wie groß ist jeweils der Fehler? Ein Dreieck hat das Eigenflächenträgheitsmoment $I_y^* = BH^3/36$.



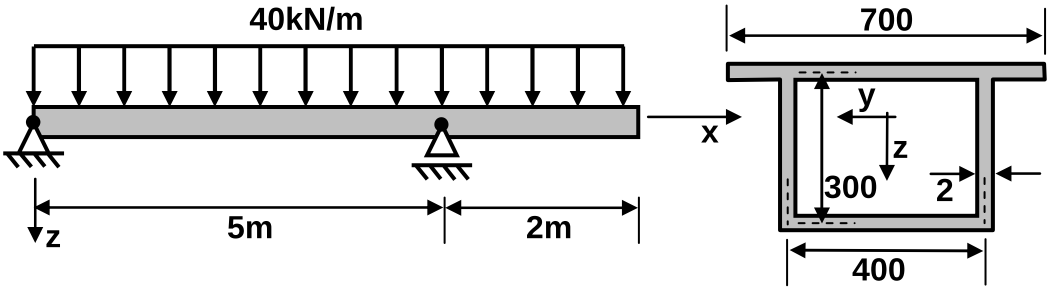

**Aufgabe 34:**

Berechnen Sie die maximalen Spannungen im Balken.

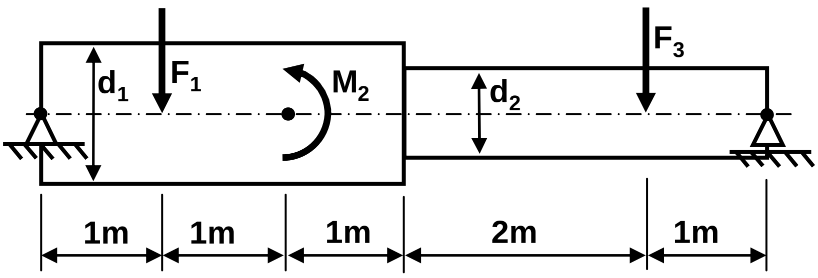



**Aufgabe 35:**

Wie groß werden an der Ober- und Unterseite des dünnwandigen Trägers die maximalen Spannungen?



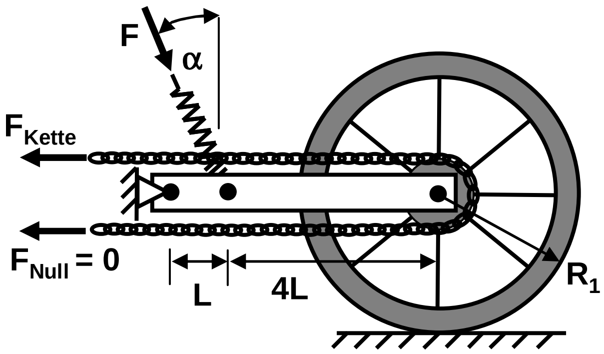

**Aufgabe 36:**




Eine kreisrunde Vollwelle wird durch die Kräfte $F_1 = F_3 = 50$kN und das Moment $M_2 = 60$kNm belastet. Man bestimme die Durchmesser $d_1$ und $d_2$ so, dass in beiden Abschnitten die Maximalspannungen den Wert $\sigma_{max} = 150$N/mm² besitzt.

**Aufgabe 37:**

Die waagrechte Schwinge eines Motorrades soll untersucht werden. Die Schwinge ist links gelenkig gelagert, nach der Länge L ist eine Feder gelenkig angebunden und am Ende der Schwinge ist das Rad frei drehbar montiert. Das Rad hat den Außenradius $R_1$. Das am Rad befestigte Kettenrad hat den Radius $R_2$. Die Reibung sorgt dafür, dass das Verhältnis zwischen der senkrechten und waagrechten Kraft, die von der Straße auf das Rad wirken, zwei beträgt. ($R_1/R_2 = 5$, $\tan\alpha = 0.75$)

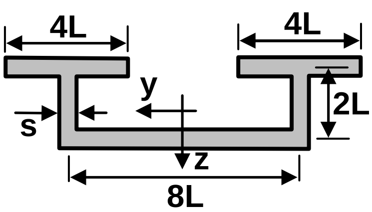



a.) Schneiden Sie Schwinge und Rad + Kettenrad frei.
b.) Wie groß ist $F_{Kette}$ in Abhängigkeit von der Federkraft F?
c.) Bestimmen Sie in Abhängigkeit von L und F den Verlauf von Normalkraft, Querkraft und Biegemoment in der Schwinge.

Die Schwinge besteht aus einem dünnwandigen Rechteckprofil mit der Höhe 2H, der Breite H und der Wandstärke s. ($L = H/2$, $F/s/H = 100\text{N/mm}^2$)

d.) Wie groß sind die maximalen Zug- und Druckspannungen in der Schwinge?
e.) Man verwendet ein quadratisches Profil mit der Kantenlänge $a = cH$ und der Wandstärke s. Welches c muss gewählt werden, ohne dass sich der Betrag der maximalen Spannung ändert?

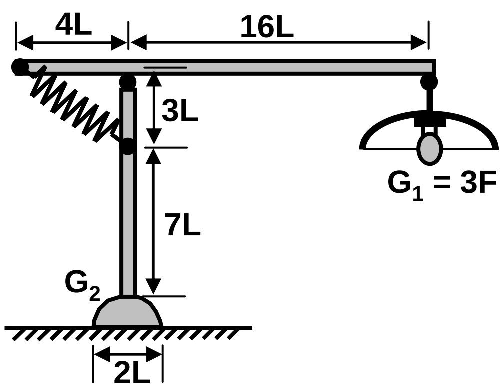
**Aufgabe 38:**




Der Balken der Aufgabe 26 hat das dargestellte dünnwandige Profil.
(L = 180mm, s = 10mm)

a.) Bestimmen Sie die maximalen Zug- und Druckspannungen.
b.)Wie muss die Wandstärke gewählt werden, dass der maximale Spannungsbetrag $5\text{N/mm}^2$ beträgt?

**Aufgabe 39:**

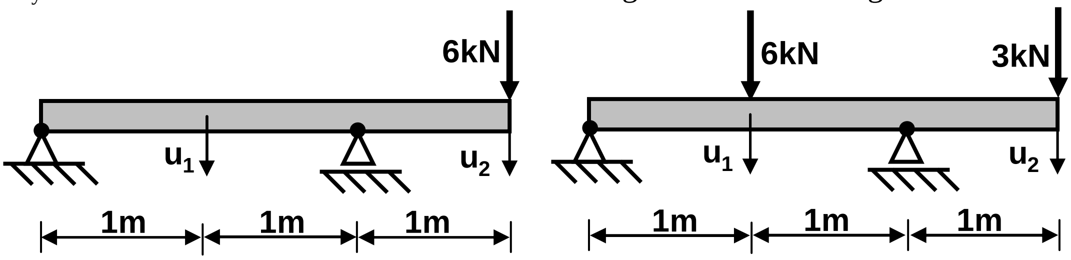



Die skizzierte Lampe besteht aus einem Schirm mit der Gewichtskraft $G_1$, einem waagrechten Stab der Länge 20L, einem senkrechten Stab der Länge 10L und einem Lampenfuß mit der Gewichtskraft $G_2$. Die beiden Stäbe sind kreisrund, dünnwandig und haben die Wandstärke s. (L = 50mm, F = 1N, s = 1mm)

a.) Wie groß muss $G_2$ mindestens gewählt werden, dass die Lampe nicht kippt?
b.) Wie muss der Radius $R_m$ der Stabquerschnitte dimensioniert sein, wenn die Normalspannungen infolge des Biegemoments nicht größer als $10\text{N/mm}^2$ werden dürfen?
c.) Wie groß ist der maximale Spannungsbetrag mit berücksichtigten Normalkräften?
d.) Wie groß muss die Federkonstante gewählt werden, wenn die Verlängerung der Feder 10mm betragen soll?

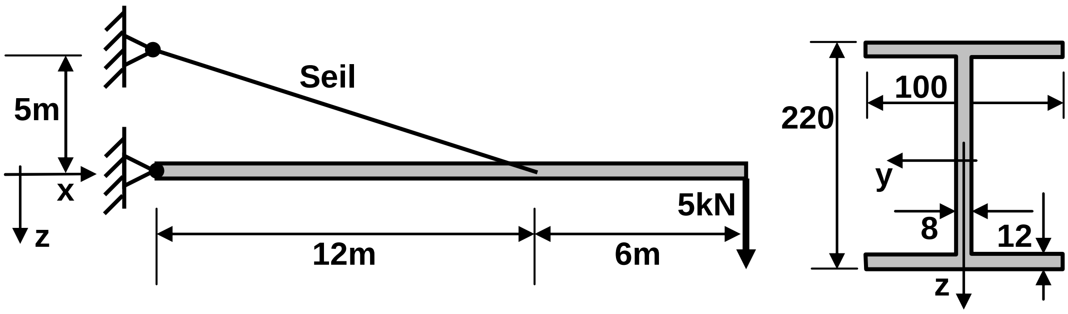
**Aufgabe 40:**

Gesucht sind jeweils die Verschiebungen $u_1$ und $u_2$. Die Biegesteifigkeit des Balkens beträgt $EI_y$ = 15e10Nmm² = $15 \cdot 10^{10}$Nmm². Berücksichtigen Sie nur die Biegemomente.



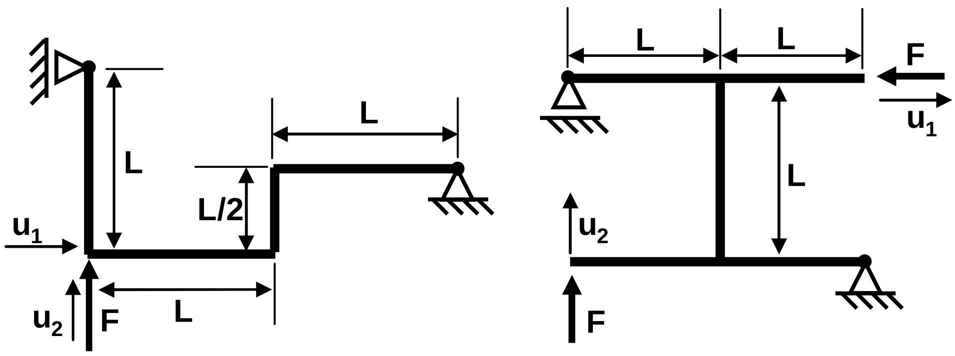

**Aufgabe 41:**

Wie weit senkt sich der Kraftangriffspunkt des Kranauslegers ab? Berücksichtigen Sie nur den Einfluss von Normalkräften und des Biegemoments. Für das Seil gilt die Zugsteifigkeit $EA_{Seil} = 30 \cdot 10^6$N. Der Träger hat einen Elastizitätsmodul von E = 200000N/mm².




**Aufgabe 42:**

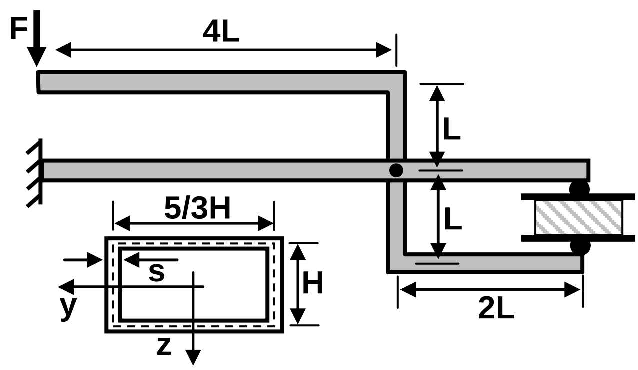
Berechnen Sie die Verschiebungen $u_1$ und $u_2$ infolge Biegemoment und Normalkräfte. Die Biegesteifigkeit $EI_y$, die Zugsteifigkeit EA, die Länge L und die Kräfte F seien gegeben.



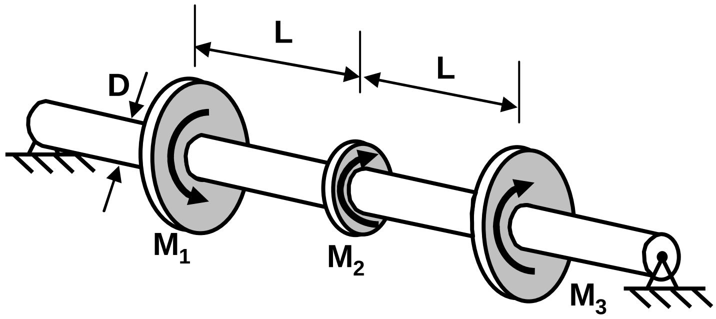

**Aufgabe 43:**

Das Ersatzmodell einer Handpresse besteht aus einem dünnwandigen Profil mit der Breite 5/3H und der Höhe H. Das eingespannte Werkstück sei unendlich steif.

a.) Bestimmen Sie Absenkung des Kraftangriffspunkts in Abhängigkeit von F, L, H und s.
b.) Wie groß sind die maximalen Zug- und Druckspannungen?

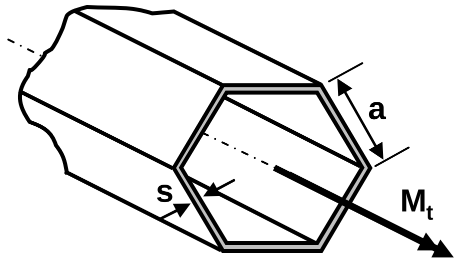


**Aufgabe 44:**



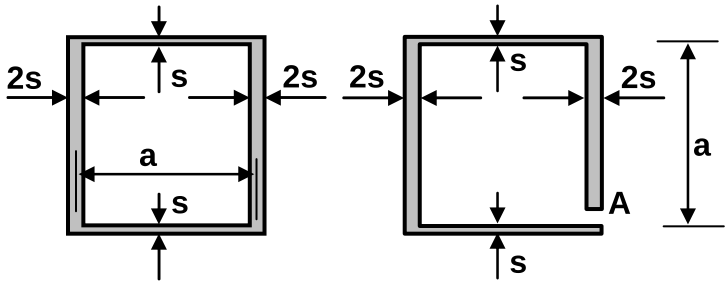

Die dargestellte, ruhende Welle wird von zwei Lagern gestützt und ist drei Momenten ausgesetzt. Bestimmen Sie in den 4 Abschnitten den Schubspannungsverlauf und skizzieren Sie ihn. Um welchen Winkel verdreht sich Zahnrad 3 ($M_3$) gegen Zahnrad 1 ($M_1$)?
($M_1$ = 4.25kNm, $M_2$ = 3kNm, $M_3$ = 1.25kNm, D =150mm, L = 1000mm, G = 80000N/mm²)

**Aufgabe 45:**




Das hexagonale Stabprofil aus Kunststoff wird durch das Drehmoment $M_t$ = 150Nm belastet. Bestimmen Sie die Seitenlänge a, wenn die zulässige Schubspannung $\tau_{zul}$ = 100N/mm² beträgt. Jede Seite hat die Wandstärke s = 3mm.

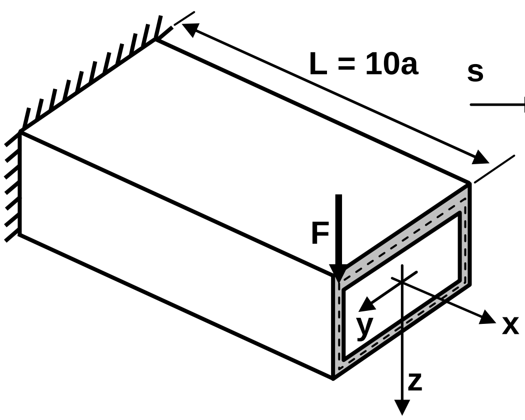
**Aufgabe 46:**

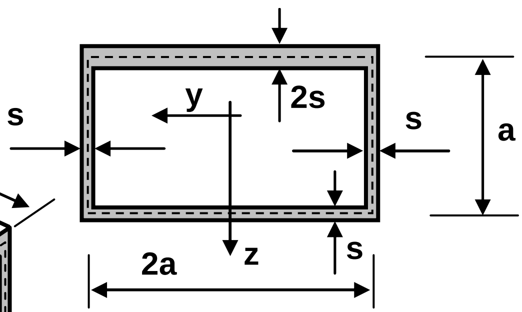



Wie groß sind das zulässige Torsionsmoment und die zulässige Verdrehung eines dünnwandigen Stabes mit der Länge L = 1m im Fall des geschlossenen bzw. des bei A geschlitzten Profil? (a = 200mm, s = 2mm, $\tau_{zul}$ = 40N/mm², G = 80000N/mm²)

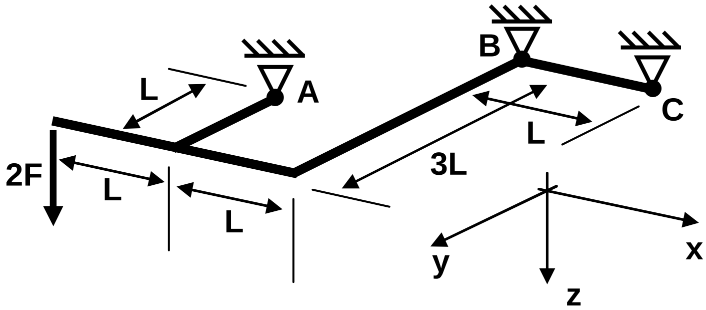
**Aufgabe 47:**

Ein Balken mit dünnwandigem Kastenquerschnitt wird exzentrisch durch die Kraft F = 3000N belastet. Bestimmen Sie Ort und Betrag der maximalen Normalspannungen infolge des Biegemoments und Schubspannungen infolge des Torsionsmoments. (s = 2mm, a = 40mm)



**Aufgabe 48:**



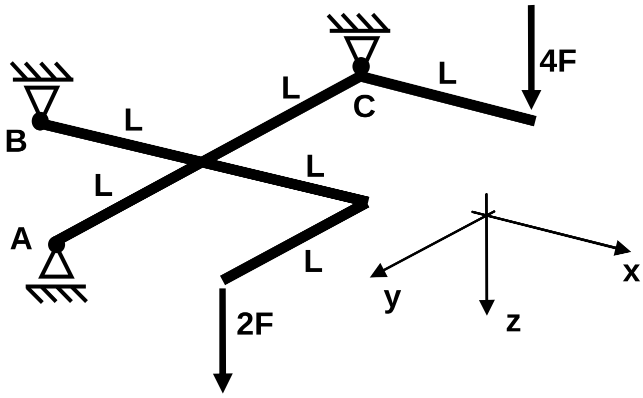

Das skizzierte Bauteil besteht aus einem dünnwandigen, quadratischen Profil mit der Kantenhöhe H und der Wandstärke s. Es existieren nur Kräfte in z-Richtung und nur die inneren Biege- und Torsionsmomente müssen berücksichtigt werden.
(F = 100N, L = 500mm, s = 10mm,
E = 12000N/mm², G = 6000N/mm²)

a.) Wie groß muss die Kantenhöhe H sein, dass die senkrechte Absenkung des Kraftangriffspunktes 10mm, die maximalen Normalspannungen nicht die zulässige Normalspannung $\sigma_{zul}$ = 10N/mm² und die maximale Schubspannung nicht die zulässige Schubspannung $\tau_{zul}$ = 10N/mm² überschreitet.

b.) Um welchen Faktor steigt die maximale Schubspannung, wenn man bei dem quadratischen Profil eine Kante entfernt und man dann ein U-Profil erhält.

**Aufgabe 49:**

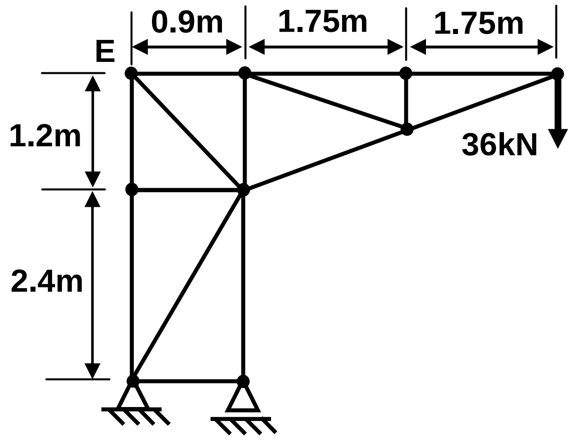
Der Träger besteht aus einem kreisrunden, dünnwandigem Querschnitt mit dem mittleren Radius $R_m$ = 10mm und der Wandstärke s = 2mm. Er besitzt den Elastizitätsmodul E = 200000N/mm² und den Schubmodul G = 80000N/mm². Für die Längen gilt L = 200mm. Die Kraft beträgt F = 100N. Es existieren nur Kräfte in z-Richtung.



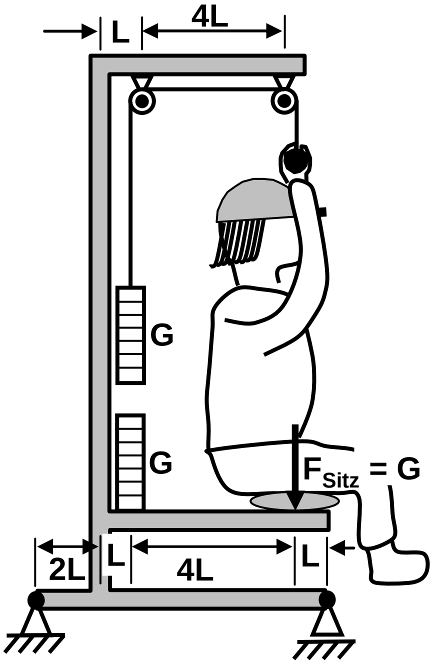

a.) Wie stark verschiebt sich der Kraftangriffspunkt der Kraft 2F in z-Richtung?
b.) Wie groß sind die maximalen Normalspannungen infolge des Biegemoments und Schubspannungen infolge des Torsionsmoments?
c.) Der Querschnitt des Trägers soll durch einen rechteckigen, dünnwandigen Querschnitt gleicher Wandstärke und gleichem Umfang ersetzt werden. Dabei sei die Höhe dreimal so groß sein wie die Breite. Welche maximalen Normalspannungen infolge des Biegemoments stellen sich ein?

**Aufgabe 50:**

Von dem Fachwerk ist die Verschiebung des Kraftangriffspunktes in senkrechter Richtung und des Punktes E in waagrechter Richtung zu bestimmen (Zugsteifigkeit EA = $20 \cdot 10^7$N).



**Aufgabe 51:**



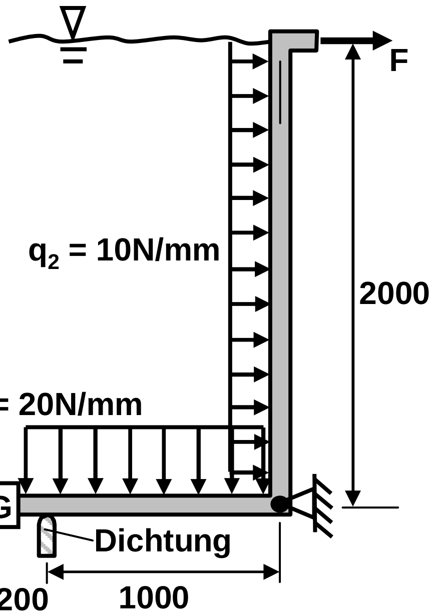

Der Mann hebt in der Kraftmaschine ein Gewicht G und drückt dabei mit der Kraft $F_{Sitz}$ = G auf den mittleren, waagrechten Holm der Maschine.

a.) Schneiden Sie die Maschine frei und bestimmen Sie die Gewichtskraft und die waagrechte Lage des Schwerpunktes des Mannes.
b.) Berechnen Sie die Lagerkräfte.
c.) Bestimmen Sie die inneren Kräfte und Momente im grauen Rahmen.

Der Rahmen besteht aus einem Rechteckprofil mit der Außenbreite B = 100mm, der Außenhöhe H = 50mm und der Wandstärke s = 2mm. Weiter gilt G = 500N und L = 100mm und E = 70000N/mm².

d.) Wo treten die maximalen Normalspannungen infolge des Biegemoments auf?
e.) Wie groß sind die maximalen Zug- und Druckspannungen im senkrechten Holm des Rahmens?
f.) Wie stark senkt sich die Mitte des unteren waagrechten Holms infolge des Biegemoments ab?

**Aufgabe 52:**




Die Skizze stellt einen Schließmechanismus eines Wasserbehälters dar. Infolge des Wasserdrucks wird auf den waagrechten Balken eine Streckenlast von $q_1$ = 20N/mm erzeugt. Beim senkrechten Balken wird näherungsweise eine konstante Streckenlast $q_2$ = 10N/mm gewählt. In der Dichtung kann nur eine senkrechte Kraft übertragen werden. Die Balken haben die Breite B = 1000 und die Höhe H = 20mm. Das Eigengewicht ist zu vernachlässigen. Im geschlossenen Zustand ist F = 0. (Elastizitätsmodul E = 200000/mm²)

a.) Wie groß muss das Gegengewicht G gewählt werden, damit im geschlossenen Zustand die senkrechte Dichtkraft mindestens 400N beträgt?
b.) Bestimmen Sie die maximal auftretenden Normalspannungen in den grauen Balken.
c.) Wie stark geht der Kraftangriffspunkt von F im geschlossenen Zustand nach rechts? Ersetzen Sie in den zu berücksichtigenden Bereichen das parabelförmige Moment infolge der Streckenlasten durch das konstante, mittlere Moment.
d.) Welchen Kraftbetrag muss F zum Öffnen mindestens haben?