

## 4.2 Balkensysteme

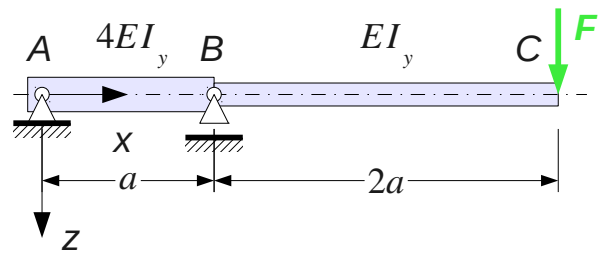
### Aufgaben

#### Aufgabe 1

Der abgebildete Balken ist in den Punkten  $A$  und  $B$  gelenkig gelagert. Im Punkt  $C$  greift die Kraft  $F$  an. Im Bereich  $AB$  beträgt die Biegesteifigkeit  $4EI_y$  und im Bereich  $BC$   $EI_y$ .

Gesucht ist die vertikale Verschiebung  $w_C$  am Lastangriffspunkt  $C$ .

(Ergebnis:  $w_C = 3Fa^3/(EI_y) \downarrow$ )

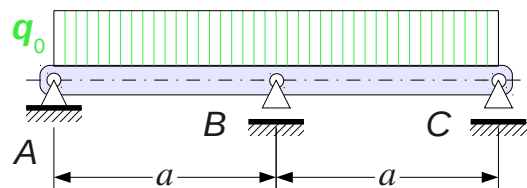


#### Aufgabe 2

Der abgebildete Balken mit der Biegesteifigkeit  $EI_y$  wird im Punkt  $A$  durch ein Festlager und in den Punkten  $B$  und  $C$  durch Loslager gehalten.

Bestimmen Sie die Lagerkräfte, den Verlauf der Schnittlasten sowie die Biegelinie.

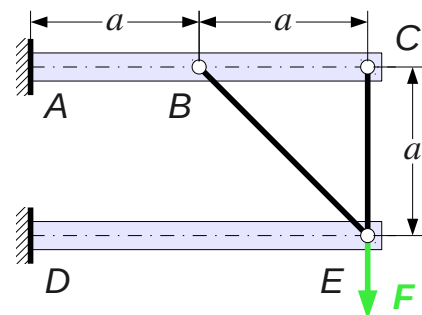
(Ergebnis:  $A_z = C_z = 3q_0 a/8 \uparrow$ ,  $B_z = 5q_0 a/4 \uparrow$ ;  $|M_y|_{\max} = q_0 a^2/8$  in Punkt  $B$ )



#### Aufgabe 3

Das abgebildete Tragwerk besteht aus den Balken  $AC$  und  $DE$ , die in den Punkten  $A$  bzw.  $D$  fest eingespannt sind. Sie sind durch die gelenkig angeschlossenen Streben  $BE$  und  $CE$  miteinander verbunden. Im Punkt  $E$  greift die Kraft  $F$  an.

Die Balken  $AC$  und  $DE$  haben die Biegesteifigkeit  $EI_y$  und sind dehnstarr ( $EA = \infty$ ). Die Streben  $BE$  und  $CE$  haben die Dehnsteifigkeit  $EA$ .



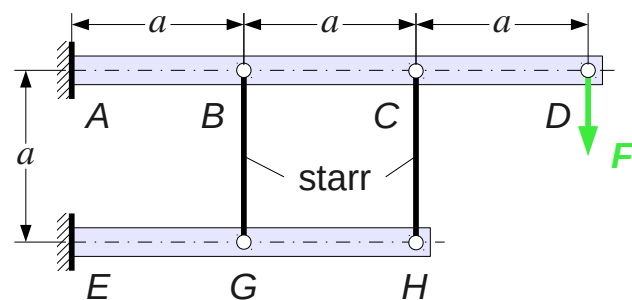
Zahlenwert:  $I_y / A = a^2 / 12$

- Bestimmen Sie die Normalkräfte  $N_{BE}$  und  $N_{CE}$  in den Streben  $BE$  und  $CE$ .
- Bestimmen Sie die Vertikalverschiebung  $w_E$  des Lastangriffspunkts  $E$ .

(Ergebnis: a)  $N_{BE} = 1,370F$ ,  $N_{CE} = -0,1336F$ ; b)  $w_E = 0,4396 Fa^3 / (EI_y) \downarrow$ )

## Aufgabe 4

Das abgebildete Tragwerk besteht aus den Balken  $AD$  und  $EH$ , die durch die gelenkig angeschlossenen starren Streben  $BG$  und  $CH$  miteinander verbunden sind. Die Balken sind in den Punkten  $A$  bzw.  $E$  fest eingespannt und haben die Biegesteifigkeit  $EI_y$ . Am Balken  $AD$  greift im Punkt  $D$  die Kraft  $F$  an.

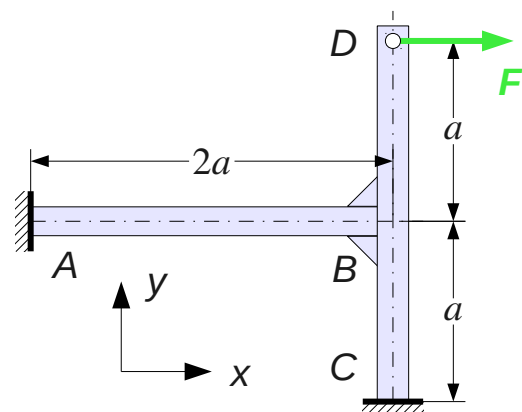


- Ermitteln Sie die Normalkräfte  $N_{BG}$  und  $N_{CH}$  in den Streben.
- Bestimmen Sie die Vertikalverschiebung  $w_D$  des Lastangriffspunkts  $D$ .

(Ergebnis: a)  $N_{BG} = 6F/7$ ,  $N_{CH} = -8F/7$ ; b)  $w_D = 101Fa^3 / (21EI_y) \downarrow$ )

## Aufgabe 5

Das abgebildete Tragwerk besteht aus den dehnstarken Balken  $AB$  und  $CD$ , die im Punkt  $B$  starr miteinander verbunden sind. Die Balken sind in den Punkten  $A$  bzw.  $C$  fest eingespannt und haben die Biegesteifigkeit  $EI_y$ . Am Balken  $CD$  greift im Punkt  $D$  die Kraft  $F$  an.

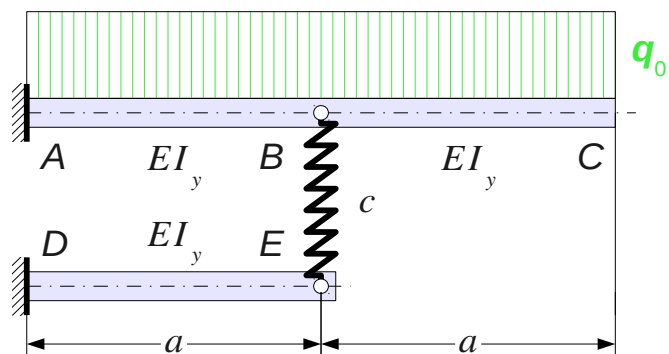


- Ermitteln Sie die Schnittlasten im Punkt  $B$ .
- Bestimmen Sie die Horizontalverschiebung  $u_D$  des Lastangriffspunkts  $D$ .

(Ergebnis: a) Lasten am Balken  $AB$ :  $B_x = 2F \rightarrow$ ,  $B_y = F/4 \uparrow$ ,  $M_B = Fa/3 \curvearrowright$ ;  
b)  $u_D = Fa^3 / (2EI_y) \rightarrow$ )

## Aufgabe 6

Das abgebildete Tragwerk besteht aus den Balken AC und DE, die in den Punkten A bzw. D fest eingespannt sind und durch die an den Punkten B und E gelenkig angeschlossene lineare Feder BE miteinander verbunden sind. Beide Balken haben die gleiche Biegesteifigkeit  $EI_y$ . Die Feder hat die Federsteifigkeit  $c = EI_y/a^3$ .



Der Balken AC wird durch die konstante Streckenlast  $q_0$  belastet.

- Ermitteln Sie die Kraft  $N_{BE}$  in der Feder BE.
- Ermitteln Sie die Vertikalverschiebung  $w_C$  von Punkt C.

(Ergebnis:  $N_{BE} = -0,425q_0a$ ;  $w_C = 1,646q_0a^4/(EI_y) \downarrow$ )

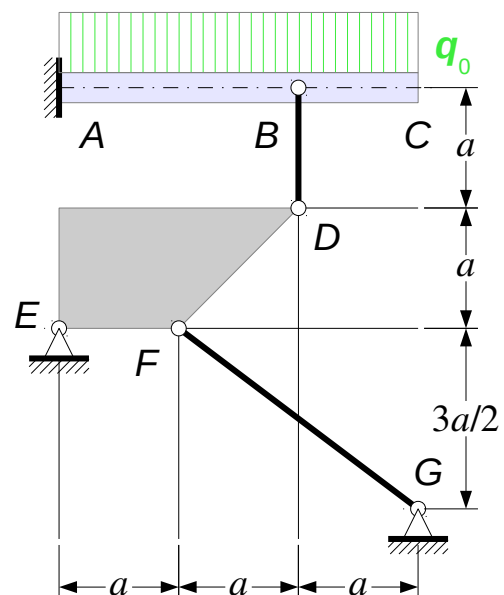
## Aufgabe 7

Der Balken AC (Biegesteifigkeit  $EI_y$ ) ist im Punkt A fest eingespannt. Im Punkt B ist der starre Stab BD gelenkig angeschlossen.

Der starre Körper EDF wird im Punkt E durch ein Festlager gehalten. In den Punkten D und F sind die Stäbe BD und FG gelenkig angeschlossen. Der Stab FG hat die Dehnsteifigkeit EA und wird im Punkt G durch ein Festlager gehalten.

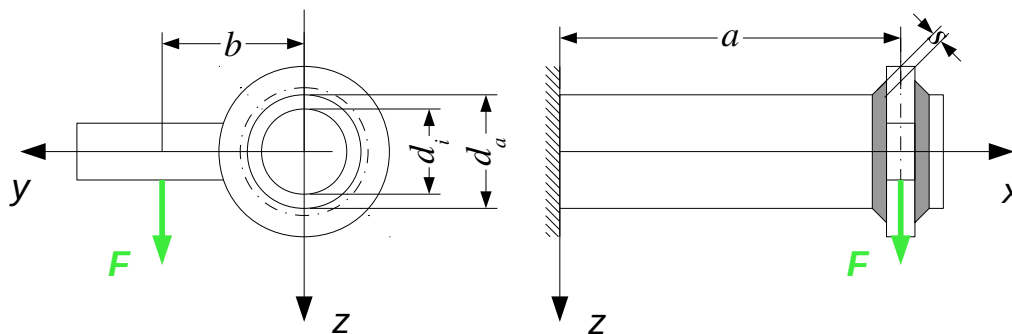
Der Balken AC wird durch die konstante Streckenlast  $q_0$  belastet.

Gesucht sind die Kräfte in den Stäben BD und FG.



(Ergebnis:  $N_{BD} = -\frac{51 q_0 a}{24 + 250 I_y / (A a^2)}$ ,  $N_{FG} = -\frac{170 q_0 a}{24 + 250 I_y / (A a^2)}$ )

## Aufgabe 8

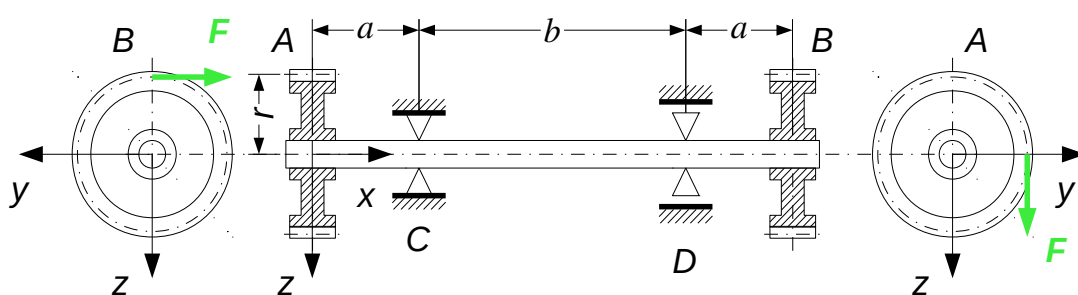


Der abgebildete Hebel besteht aus einem Rohr, an das ein Querarm angeschweißt ist. Am Querarm greift die Kraft  $F$  an. Rohr und Querarm bestehen aus einem duktilen Werkstoff mit der zulässigen Spannung  $\sigma_{zul}$ .

- Wie groß darf nach der Gestaltänderungshypothese der Innendurchmesser  $d_i$  höchstens werden?
- Wie groß ist die Schubspannung  $\tau_s$  in der Schweißnaht, wenn davon ausgegangen wird, dass die Schubspannung hauptsächlich durch das zu übertragende Torsionsmoment erzeugt wird?

Zahlenwerte:  $a = 30 \text{ cm}$ ,  $b = 10 \text{ cm}$ ,  $s = 5 \text{ mm}$ ,  $d_a = 2 \text{ cm}$ ,  $F = 250 \text{ N}$ ,  $\sigma_{zul} = 180 \text{ MPa}$   
(Ergebnis:  $d_i = 1,63 \text{ cm}$ ,  $\tau_s = 4,0 \text{ MPa}$ )

## Aufgabe 9



Auf einer Vollwelle mit Kreisquerschnitt sitzen zwei Zahnräder mit Radius  $r$ , an denen wie abgebildet jeweils die Kraft  $F$  angreift. Ermitteln Sie den nach der Gestaltänderungshypothese nötigen Wellendurchmesser  $d$ .

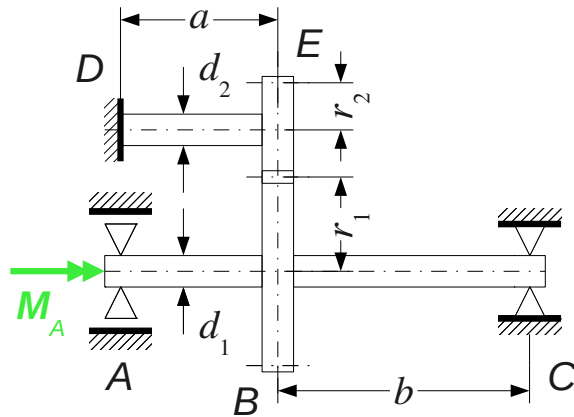
Zahlenwerte:  $a = 100 \text{ mm}$ ,  $b = 300 \text{ mm}$ ,  $r = 100 \text{ mm}$ ,  $F = 450 \text{ N}$ ,  $\sigma_{zul} = 150 \text{ MPa}$   
(Ergebnis:  $d \geq 16 \text{ mm}$ )

## Aufgabe 10

Das abgebildete Getriebe besteht aus zwei Zahnrädern. Zahnrad  $B$  sitzt auf der Welle  $AC$ , die in den Punkten  $A$  und  $C$  gelenkig gelagert ist. Sie wird im Punkt  $A$  durch das Moment  $M_A$  angetrieben.

Zahnrad  $E$  sitzt auf der Welle  $DE$ , die im Punkt  $D$  fest eingespannt ist.

Die Zahnräder sind gerade verzahnt.



Beide Wellen sind Vollwellen mit einem Kreisquerschnitt. Ermitteln Sie die nach der Gestaltänderungshypothese benötigten Durchmesser  $d_1$  und  $d_2$ .

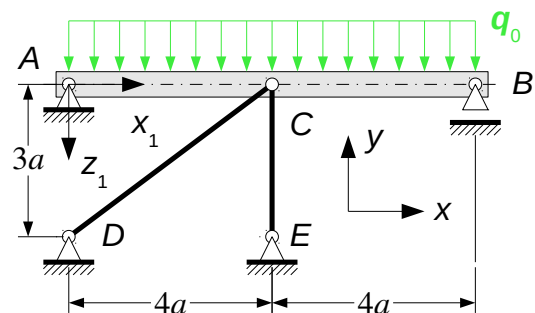
Zahlenwerte:  $a = 300 \text{ mm}$ ,  $b = 400 \text{ mm}$ ,  $r_1 = 50 \text{ mm}$ ,  $r_2 = 25 \text{ mm}$ ,  $M_A = 10 \text{ Nm}$ ,  $\sigma_{zul} = 150 \text{ MPa}$

(Ergebnis:  $d_1 = 13,4 \text{ mm}$ ,  $d_2 = 16 \text{ mm}$ )

## Aufgabe 11

Der Balken  $AB$  wird im Punkt  $A$  durch ein Festlager und im Punkt  $B$  durch ein Loslager gehalten. Im Punkt  $C$  sind die Stäbe  $CD$  und  $CE$  gelenkig angeschlossen, die in den Punkten  $D$  bzw.  $E$  durch Festlager gehalten werden.

Der Balken  $AB$  hat die Biegesteifigkeit  $EI_y$  und ist dehnstarr, d.h. seine Längenänderung darf vernachlässigt werden. Die Stäbe  $CD$  und  $CE$  haben die Dehnsteifigkeit  $EA$ .



Ermitteln Sie die Kräfte in den Stäben  $CD$  und  $CE$ , wenn der Balken  $AB$  durch die konstante Streckenlast  $q_0$  belastet wird.

Zahlenwerte:  $A = 1125I_y/(256a^2)$

(HM, Prüfung SS 2014)

(Ergebnis:  $N_{CD} = -45q_0a/32$ ,  $N_{CE} = -125q_0a/32$ )

## Aufgabe 12

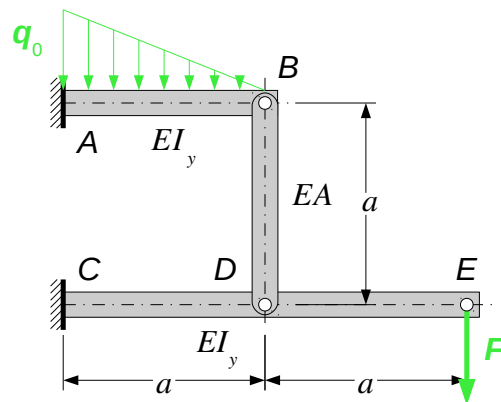
Das abgebildete Tragwerk besteht aus den Balken  $AB$  und  $CE$  (Biegesteifigkeit  $EI_y$ ), die in den Punkten  $A$  bzw.  $C$  fest eingespannt sind. In den Punkten  $B$  und  $D$  ist der Stab  $BD$  (Dehnsteifigkeit  $EA$ ) gelenkig angeschlossen.

Der Balken  $AB$  wird durch eine Streckenlast belastet, die vom Wert  $q_0$  im Punkt  $A$  linear auf den Wert null im Punkt  $B$  abfällt. Am Balken  $CE$  greift im Punkt  $E$  die Kraft  $F$  an.

Ermitteln Sie die Kraft im Stab  $BD$ .

(HM, Prüfung WS 2014)

(Ergebnis:  $N_{BD} = \frac{25F - q_0 a}{20 + 30I_y/(a^2 A)}$ )



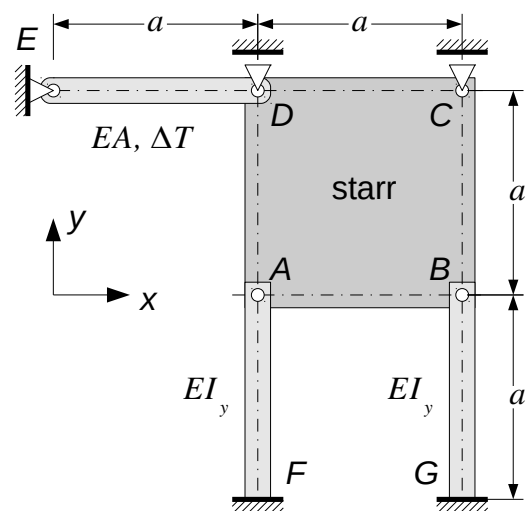
## Aufgabe 13

Der starre Körper  $ABCD$  wird in den Punkten  $C$  und  $D$  durch Loslager gehalten. Im Punkt  $D$  ist der Stab  $DE$  (Dehnsteifigkeit  $EA$ , Wärmeausdehnungskoeffizient  $\alpha_T$ ) gelenkig angeschlossen, der im Punkt  $E$  durch ein Festlager gehalten wird. In den Punkten  $A$  und  $B$  sind die Balken  $AF$  bzw.  $BG$  (Biegesteifigkeit  $EI_y$ ) gelenkig angeschlossen. Die Balken sind in den Punkten  $F$  bzw.  $G$  fest eingespannt.

Der Stab  $DE$  wird um  $\Delta T$  erwärmt.

- Schneiden Sie den starren Körper frei und zeichnen Sie alle Kräfte ein.
- Bestimmen Sie die Horizontalverschiebung  $u$  des starren Körpers.
- Bestimmen Sie die am starren Körper in den Gelenken  $A$  bis  $D$  angreifenden Kräfte.

Zahlenwert:  $I_y/(a^2 A) = 1/6$



(HM, Prüfung SS 2015)

(Ergebnis: b)  $u = a\alpha_T\Delta T/2$ ; c)  $A_x = B_x = 3EI_y\alpha_T\Delta T/(2a^2)\leftarrow$ ,  $A_y = B_y = 0$ ;  
 $C_x = 0$ ,  $C_y = 3EI_y\alpha_T\Delta T/a^2 \uparrow$ ,  $D_x = EA\alpha_T\Delta T/2 \rightarrow$ ,  $D_y = 3EI_y\alpha_T\Delta T/a^2 \downarrow$ )

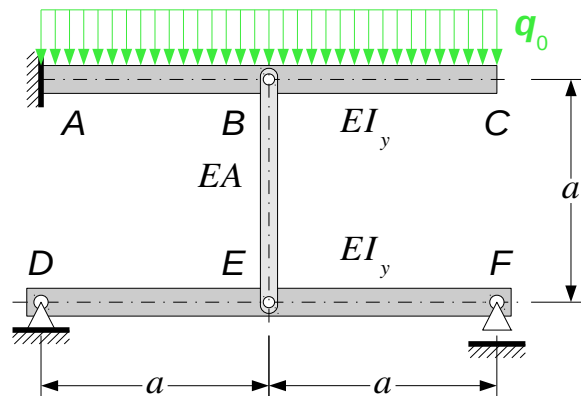
## Aufgabe 14

Der Kragbalken  $ABC$  und der beidseitig gelenkig gelagerte Balken  $DEF$  (Biegesteifigkeit  $EI_y$ ) sind durch den gelenkig angeschlossenen Stab  $BE$  (Dehnsteifigkeit  $EA$ ) miteinander verbunden. Der Kragbalken wird durch die konstante Streckenlast  $q_0$  belastet.

Ermitteln Sie die Normalkraft im Stab  $BE$ .

(HM, Prüfung SS 2015)

(Ergebnis:  $N_{BE} = -\frac{17}{12} \frac{q_0 a}{1 + 2I_y I(a^2 A)}$ )



## Aufgabe 15

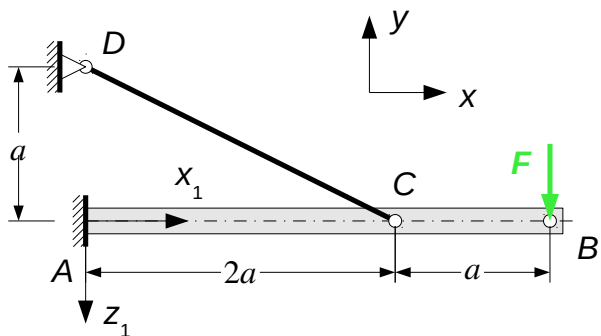
Der dehnstarre Balken  $AB$  (Biegesteifigkeit  $EI_y$ ) ist im Punkt  $A$  fest eingespannt und wird im Punkt  $C$  zusätzlich durch das Seil  $CD$  (Dehnsteifigkeit  $EA$ ) gehalten, das im Punkt  $D$  befestigt ist. Im Punkt  $B$  greift die Kraft  $F$  an.

Ermitteln Sie die Kraft  $N_{CD}$  im Seil  $CD$ .

Gegeben:  $a$ ,  $E$ ,  $A$ ,  $I_y$ ,  $A = 15I_y/a^2$ ,  $F$

(HM, Prüfung WS 2015)

(Ergebnis:  $N_{CD} = \frac{14\sqrt{5}F}{8+\sqrt{5}} = 3,058F$ )



## Aufgabe 16

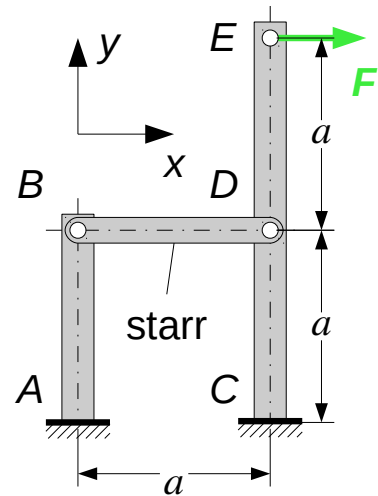
Die Balken  $AB$  und  $CE$  sind in den Punkten  $A$  bzw.  $C$  fest eingespannt und durch den in den Punkten  $B$  und  $D$  gelenkig angeschlossenen starren Stab  $BD$  verbunden. Beide Balken haben die gleiche Biegesteifigkeit  $EI_y$ . Im Punkt  $E$  greift die Kraft  $F$  an.

Ermitteln Sie die Kraft im Stab  $BD$ .

Gegeben:  $a, EI_y, F$

(HM, Prüfung SS 2016)

(Ergebnis:  $N_{BD} = 5F/4$ )



## Aufgabe 17

Der Tragflügel  $ABC$  ist im Punkt  $A$  fest eingespannt. Im Punkt  $B$  ist die Strebe  $BE$  gelenkig angeschlossen, die im Punkt  $DE$  gelenkig an den im Punkt  $D$  fest eingespannten Balken  $DE$  angeschlossen ist. Der Tragflügel wird durch die Auftriebsverteilung

$$q_z(x_1) = -q_0 \left( 1 - \frac{1}{9} \frac{x_1^2}{a^2} \right)$$

belastet.

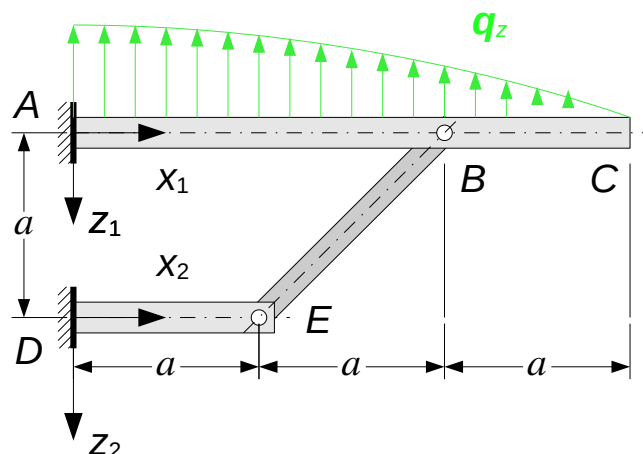
Der Tragflügel  $ABC$  und der Balken  $DE$  haben die gleiche Biegesteifigkeit  $EI_y$ . Tragflügel, Balken und Strebe können als dehnstarr angenommen werden.

Bestimmen Sie die Kraft in der Strebe  $BE$ .

Gegeben:  $a, EI_y, q_0$

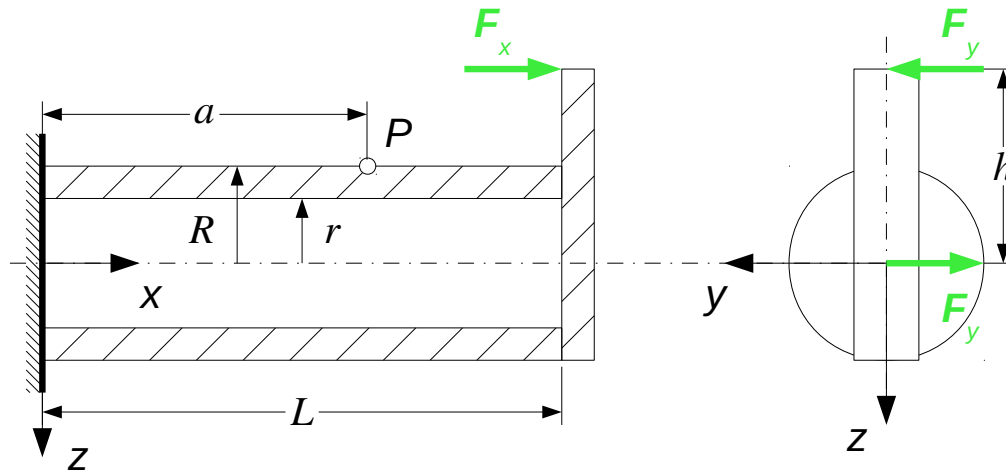
(HM, Prüfung WS 2017)

(Ergebnis:  $N_{BE} = 1,169q_0a$ )





## Aufgabe 18



Das abgebildete Rohr (Innenradius  $r$ , Außenradius  $R$ ) ist am linken Ende fest eingespannt und wird am rechten Ende durch die Kräfte  $F_x$  und  $F_y$  wie dargestellt belastet.

- Bestimmen Sie die Schnittlasten im Querschnitt bei Punkt  $P$ .
- Bestimmen Sie die Fläche  $A$ , die Flächenträgheitsmomente  $I_y$  und  $I_z$  sowie das Torsionsträgheitsmoment  $I_T$  des Rohrquerschnitts.
- Bestimmen Sie die Spannungen im Punkt  $P$ .
- Bestimmen Sie die Sicherheit  $S_F$  gegen Fließen nach der Gestaltänderungshypothese.

Gegeben:  $R = 5 \text{ cm}$ ,  $r = 3 \text{ cm}$ ,  $h = 8 \text{ cm}$ ,  $F_x = 100 \text{ kN}$ ,  $F_y = 80 \text{ kN}$ ,  $R_e = 295 \text{ MPa}$ ,  $R_m = 490 \text{ MPa}$ ,  $L = 50 \text{ cm}$ ,  $a = 30 \text{ cm}$

(HM, Prüfung WS 2018)

(Ergebnis: a)  $N = 100 \text{ kN}$ ,  $Q_y = 0 \text{ kN}$ ,  $Q_z = 0 \text{ kN}$ ,  $M_x = 6,4 \text{ kNm}$ ,  $M_y = -8 \text{ kNm}$ ,  $M_z = 0 \text{ kNm}$ ; b)  $A = 50,27 \text{ cm}^2$ ,  $I_T = 854,5 \text{ cm}^4$ ,  $I_y = I_z = 427,3 \text{ cm}^4$ ; c)  $\sigma_x = 113,5 \text{ MPa}$ ,  $\tau_{xy} = 37,45 \text{ MPa}$ ; d)  $S_F = 2,25$ )

## Aufgabe 19

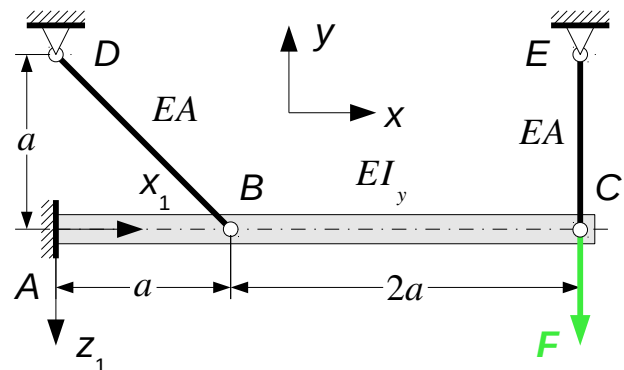
Der dehnstarre Balken AC (Biegesteifigkeit  $EI_y$ ) ist im Punkt A fest eingespannt. Er wird zusätzlich durch die in den Punkten B und C angeschlossenen Seile (Dehnsteifigkeit  $EA$ ) gehalten. Im Punkt C greift die Last  $F$  an.

Ermitteln Sie die Kräfte  $N_{BD}$  und  $N_{CE}$  in den Seilen BD bzw. CE.

Gegeben:  $a, E, A, I_y = a^2 A/3, F$

(HM, Prüfung WS 2018)

(Ergebnis:  $N_{BD} = 0,06203F$ ,  $N_{CE} = 0,9590F$ )



## Aufgabe 20

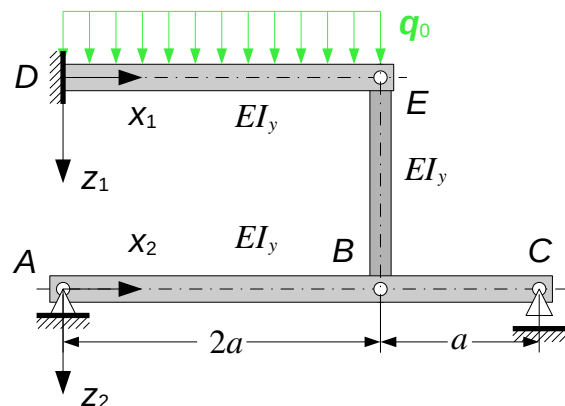
Das abgebildete Tragwerk besteht aus den dehnstarrten Balken ABC, DE und BE. Der Balken ABC ist in den Punkten A und C gelenkig gelagert. Der Balken DE ist im Punkt D fest eingespannt. Er wird durch die konstante Streckenlast  $q_0$  belastet. Der Balken BE ist in den Punkten B bzw. E gelenkig an die Balken ABC bzw. DE angeschlossen. Alle Balken haben die gleiche Biegesteifigkeit  $EI_y$ .

Bestimmen Sie die Kraft  $N_{BE}$  im Balken BE.

Gegeben:  $a, q_0, EI_y$

(HM, Prüfung WS 2020)

(Ergebnis:  $N_{BE} = -9q_0 a/14$ )



## Aufgabe 21

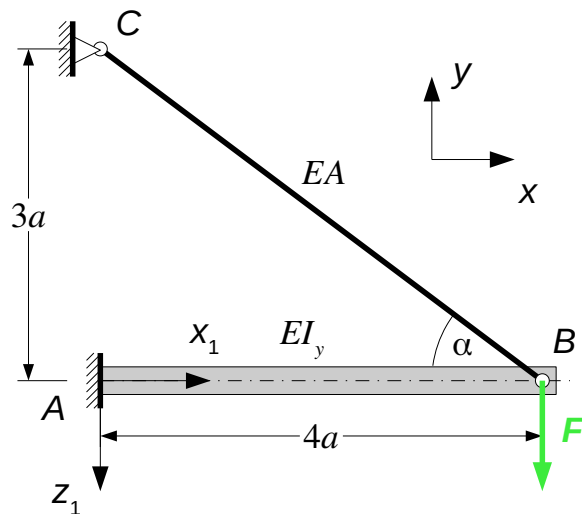
Der dehnstarre Balken  $AB$  (Biegesteifigkeit  $EI_y$ ) ist im Punkt  $A$  fest eingespannt. Zusätzlich wird er im Punkt  $B$  durch ein Seil (Dehnsteifigkeit  $EA$ ) gehalten, das im Punkt  $C$  befestigt ist. Im Punkt  $B$  greift die Kraft  $F$  an.

Bestimmen Sie die Kraft  $N_{BC}$  im Seil.

Gegeben:  $a, F, E, A, I_y = 8a^2A/125$

(HM, Prüfung SS 2021)

(Ergebnis:  $N_{BE} = 1,6F$ )



## Aufgabe 22

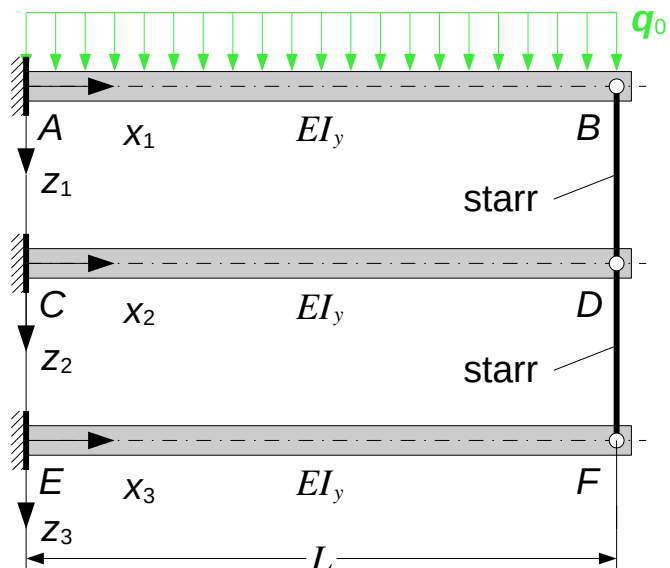
Das abgebildete Balkensystem besteht aus den Kragbalken  $AB$ ,  $CD$  und  $EF$ , die in den Punkten  $A$ ,  $C$  und  $E$  fest eingespannt und in den Punkten  $B$ ,  $D$  und  $F$  durch die gelenkig angeschlossenen starren Stäbe  $BD$  und  $DF$  verbunden sind. Der Balken  $AB$  wird durch die konstante Streckenlast  $q_0$  belastet. Alle drei Balken haben die gleiche Biegesteifigkeit  $EI_y$ .

Bestimmen Sie die Kräfte  $N_{BD}$  und  $N_{DF}$  in den Stäben  $BD$  und  $DF$ .

Gegeben:  $q_0, L, EI_y$

(HM, Prüfung WS 2021)

(Ergebnis:  $N_{BD} = -q_0L/4$ ,  $N_{DF} = -q_0L/8$ )



## Aufgabe 23

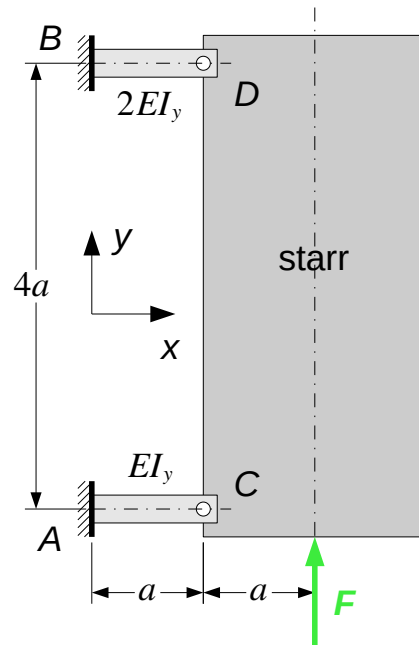
Das Berechnungsmodell für den Booster einer Rakete besteht aus einem starren Körper für den Booster, der in den Punkten C und D gelenkig an die dehnstarrten Kragbalken AC (Biegesteifigkeit  $EI_y$ ) bzw. BD (Biegesteifigkeit  $2EI_y$ ) angeschlossen ist. Am Booster greift die Kraft  $F$  an.

Bestimmen Sie die Kräfte in den Gelenken C und D.

Gegeben:  $a, F, EI_y$

(HM, Prüfung SS 2022)

(Ergebnis:  $C_x = F/4 \rightarrow, C_y = F/3 \downarrow, D_x = F/4 \leftarrow, D_y = 2F/3 \downarrow$ )



## Aufgabe 24

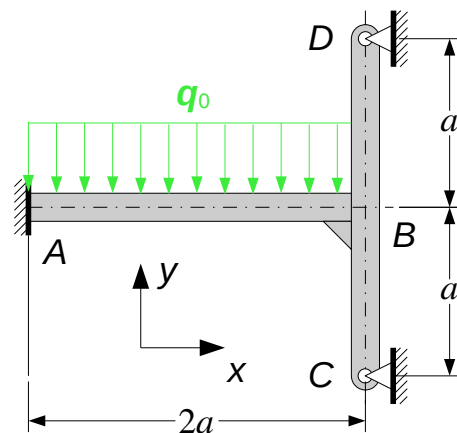
Der abgebildete Rahmen besteht aus den dehnstarrten Balken AB und CD, die im Punkt B starr miteinander verbunden sind. Der Balken AB ist im Punkt A fest eingespannt. Der Balken CD wird in den Punkten C und D durch Festlager gehalten. Beide Balken haben die gleiche Biegesteifigkeit  $EI_y$ . Der Balken AB wird durch die konstante Streckenlast  $q_0$  belastet.

Bestimmen Sie die Schnittlasten im Punkt B.

Gegeben:  $a, q_0, EI_y$

(HM, Prüfung SS 2023)

(Ergebnis: Träger AB:  $B_x = 0, B_y = 0,9375 q_0 a \uparrow, M_B = 0,25 q_0 a^2 \curvearrowright$ )



## Aufgabe 25

Die beiden Kragbalken AB und BC sind im Punkt B gelenkig miteinander verbunden. Beide Balken haben die gleiche Biegesteifigkeit  $EI_y$ . In der Mitte von Balken AB greift die Kraft  $F$  und in der Mitte von Balken BC das Moment  $M$  an.

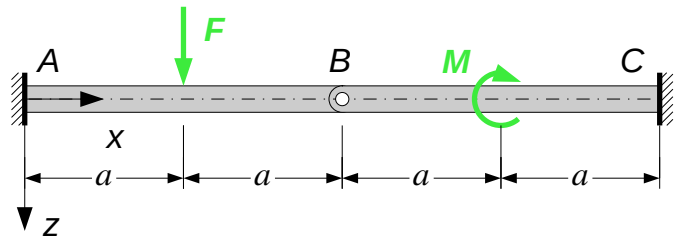
Bestimmen Sie die Kräfte im Gelenk  $B$  und die Verschiebung  $w_B$  von Punkt  $B$ .

Gegeben:  $a, F, M = 3Fa, EI_y$

(HM, Prüfung WS 2023)

(Ergebnis: Träger  $AB$ :  $B_z = F \uparrow$ ,

$$w_B = -\frac{11}{6} \frac{F a^3}{EI_y})$$



## Aufgabe 26

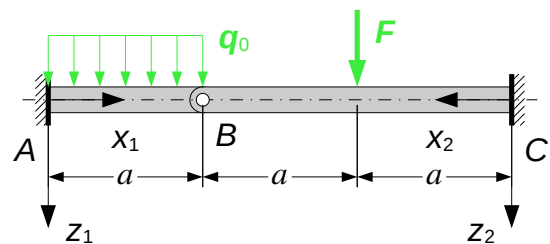
Die beiden Kragbalken  $AB$  und  $BC$  sind im Punkt  $B$  gelenkig miteinander verbunden. Der Balken  $AB$  wird durch die konstante Streckenlast  $q_0$  belastet. Am Balken  $BC$  greift in der Mitte die Kraft  $F$  an. Beide Balken haben die gleiche Biegesteifigkeit  $EI_y$ .

Bestimmen Sie die Kraft im Gelenk  $B$ .

Gegeben:  $a, F, q_0 = F/a, EI_y$

(HM, Prüfung SS 2024)

(Ergebnis: Balken  $AB$ :  $B_z = (17/72) F \downarrow$ )

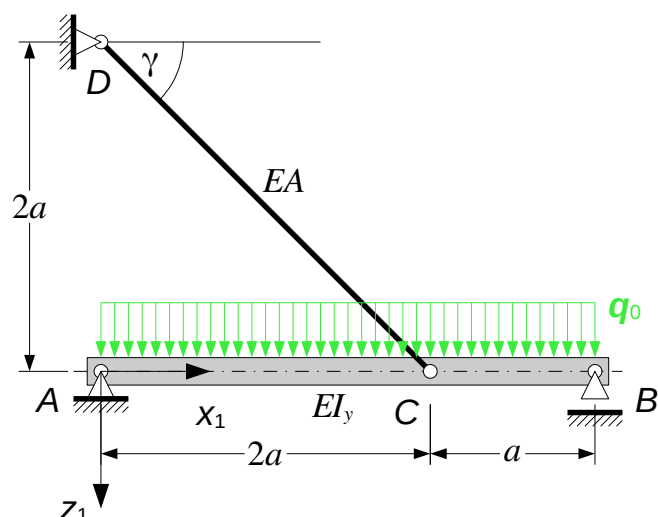


## Aufgabe 27

Der dehnstarre Balken  $AB$  mit der Biegesteifigkeit  $EI_y$  wird im Punkt  $A$  durch ein Festlager und im Punkt  $B$  durch ein Loslager gehalten. Er wird durch die konstante Streckenlast  $q_0$  belastet. Im Punkt  $C$  ist ein Seil mit der Dehnsteifigkeit  $EA$  angeschlossen, das im Punkt  $D$  befestigt ist.

- a) Bestimmen Sie die Länge  $L_{CD}$  des Seils und den Sinus des Winkels  $\gamma$ .

- b) Bestimmen Sie die Seilkraft  $N_{CD}$ .



Gegeben:  $a, q_0, E, A, I_y = \sqrt{2} a^2 A / 144$

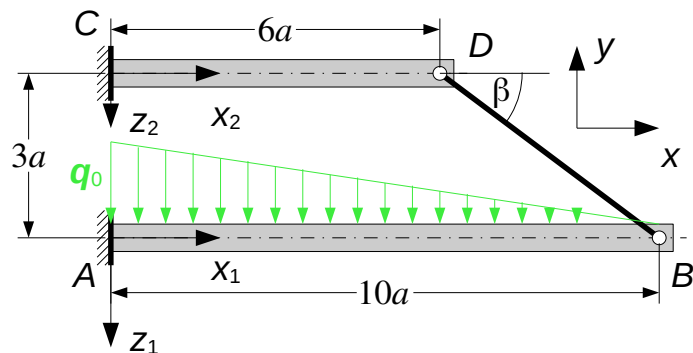
(HM, Prüfung WS 2024)

(Ergebnis: a)  $L_{CD} = 2\sqrt{2}a, \sin(\gamma) = \frac{\sqrt{2}}{2}$ ; b)  $N_{CD} = \frac{11\sqrt{2}}{6} q_0 a$ )

## Aufgabe 28

Die dehnstarrten Balken  $AB$  und  $CD$  mit der Biegesteifigkeit  $EI_y$  sind in den Punkten  $A$  bzw.  $C$  fest eingespannt. Zwischen den Punkten  $B$  und  $D$  befindet sich ein Seil mit der Dehnsteifigkeit  $EA$ .

Der Balken  $AB$  wird durch eine linear abnehmende Streckenlast wie dargestellt belastet.



a) Bestimmen Sie die Länge  $L_{BD}$  des Seils und den Sinus des Winkels  $\beta$ .

b) Bestimmen Sie die Seilkraft  $N_{BD}$ .

Gegeben:  $a, q_0, E, A, I_y = 352 a^2 A / 125$

(HM, Prüfung SS 2025)

(Ergebnis: a)  $L_{BD} = 5a, \sin(\beta) = 3/5$ ; b)  $N_{BD} = (5/4) q_0 a$ )