Technische Mechanik

Übung 8

16.11.2021
Lina De Windt

Themen von Heute:

> Teil 1: Fragen zu Themen / Aufgaben von letzter Woche?

> Teil 2: Recap der Theorie von dieser Woche:

1. Statische & Kinematische Bestimmtheit
2. (nicht) Kippen

> Teil 3: Übungsaufgaben lösen (Serie 8)

Teil 1: Fragen zu Themen von letzter Woche?

Teil 2: Recap der Theorie von dieser Woche

1. Statische und Kinematische Bestimmtheit:

Mithilfe der statischen / kinematischen Bestimmtheit kann man prüfen, ob sich ein System im mechanischen/kinematischen Gleichgewicht befindet. Das heisst: Inwiefern das vorhandene System in seiner Beweglichkeit aufgrund von Lagern oder Gelenken eingeschränkt ist.

Für Maschinenbauer / Bauingenieure usw. wird es dann verwendet, um zu entscheiden welche Berechnungsmethoden angewandt werden können

Wir werden das nicht machen :)

Systeme werden bezüglich statischer Bestimmtheit in 3 Kategorien eingeordnet:

Statisch Bestimmt:

Ein System ist statisch bestimmt, wenn jede Starrkörper-Bewegungsmöglichkeit genau durch ein Lager- oder Verbindungsreaktion unterbunden wird. Das heisst: Wenn ein System statisch bestimmt ist, gilt:

$$\boxed{f = n - b = 0}$$

Erinnerung: f: Freiheitsgrad

n: Summe der Freiheitsgrade der einzelnen Starrkörper

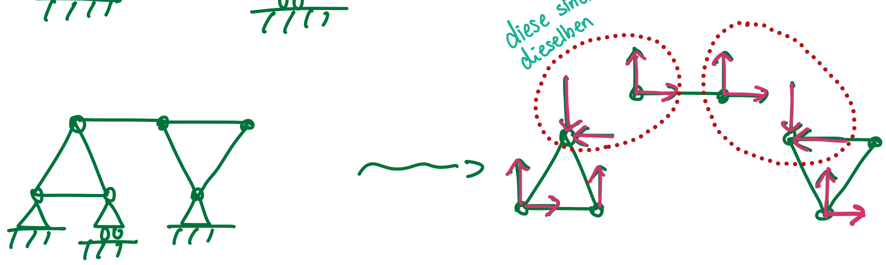
b: Anzahl Bindungen

Beispiele:

1 

$n = 3$
$b = 3$

$f = 3 - 3 = 0$

2 

$n = 9$
$b = 9$

$f = 9 - 9 = 0$

Statisch Unbestimmt:

Ein System ist statisch unbestimmt, wenn die Anzahl der unbekannten Reaktionskräfte (Lagerkräfte, Verbindungskräfte usw.) grösser ist als die Anzahl der Gleichgewichtsbedingungen. → KB(x): 0 = ...
KB(y): 0 = ...
⋮ usw.
(das was wir in Statikaufgaben aufstellen)

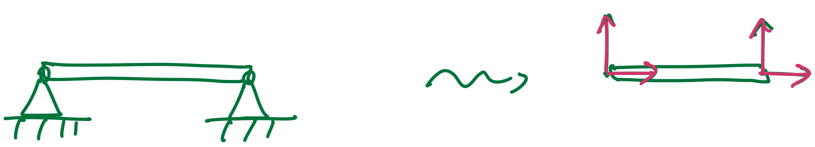
D.h. wenn $\boxed{f = n - b < 0}$

Tipp: Intuitiv: Wenn man irgendwo eine Bindungskraft (in einer Richtung) wegnehmen kann ohne dass das System deswegen zusammenfällt, ist das System statisch unbestimmt.

Good to know: In diesem Fall ist es nicht möglich, die unbekannten Reaktionskräfte mittels der Gleichgewichtsbedingungen zu bestimmen.

Good to know: $\boxed{b - n}$ ist der Grad der statischen Unbestimmtheit.

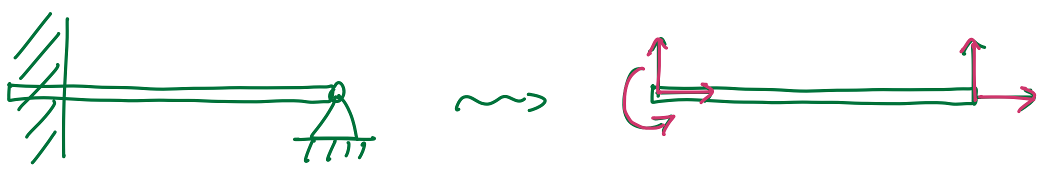
Beispiele: 1



$n = 3$
$b = 4$ $\rightarrow f = 3 - 4 = -1$

und: $b - n = 4 - 3 = 1$ → einfach statisch unbestimmt

2



$n = 3$
$b = 5$ $\rightarrow f = 5 - 3 = -2$

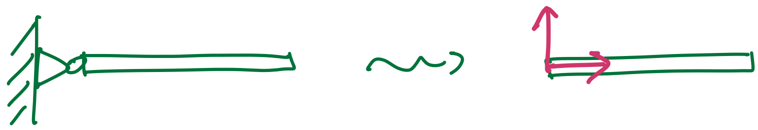
und: $b - n = 5 - 3 = 2$ → zweifach statisch unbestimmt

Mechanismus:

Ein System kann weder statisch bestimmt noch statisch unbestimmt sein, und zwar wenn $\boxed{f = n - b > 0}$.

Dann ist das System ein Mechanismus (bzw. statisch überbestimmt).

Bsp:



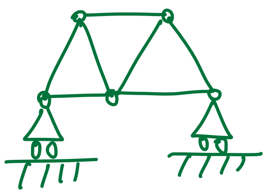
$n = 3$
$b = 2$ $\rightarrow f = 3 - 2 = 1 > 0$

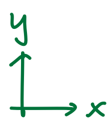
Es interessiert uns auch noch, wie sich das System kinematisch verhält:

Kinematisch unbestimmt:

Ein System ist kinematisch unbestimmt, falls zulässige momentane Bewegungszustände möglich sind.

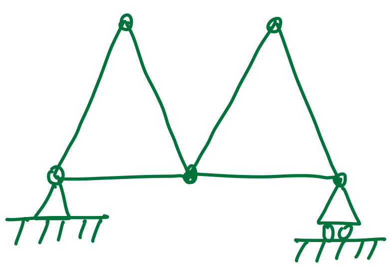
Beispiele: ①



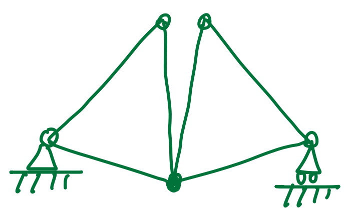


System kann sich in x-Richtung bewegen
$\Rightarrow$ kinematisch unbestimmt

②



System kann sich z.B. so bewegen:



$\Rightarrow$ kinematisch unbestimmt

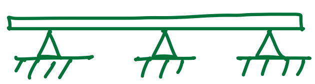
Good to know: Falls eine Gleichung trivial ist (z.B. $\Sigma F_x = 0$) ist es oft ein Indiz für kinematische Unbestimmtheit.

Wichtig: statisch überbestimmt ($f>0$) $\overset{\text{impliziert}}{\Rightarrow}$ kinematisch unbestimmt,
Doch es ist keine notwendige Bedingung, um das System kinematisch unbestimmt zu machen. D.h. die umgekehrte Aussage gilt nicht:
kin. unbestimmt $\not\Rightarrow$ $f>0$ und insbesondere:
$f \ngtr 0$ $\not\Rightarrow$ nicht kinematisch unbestimmt.

Warum?
↳ Es gibt Systeme, die gleichzeitig statisch unbestimmt (d.h. $f<0$) und kinematisch unbestimmt sind.

Ich weiss es ist ein bisschen verwirrend :/ aber man muss einfach aufpassen.

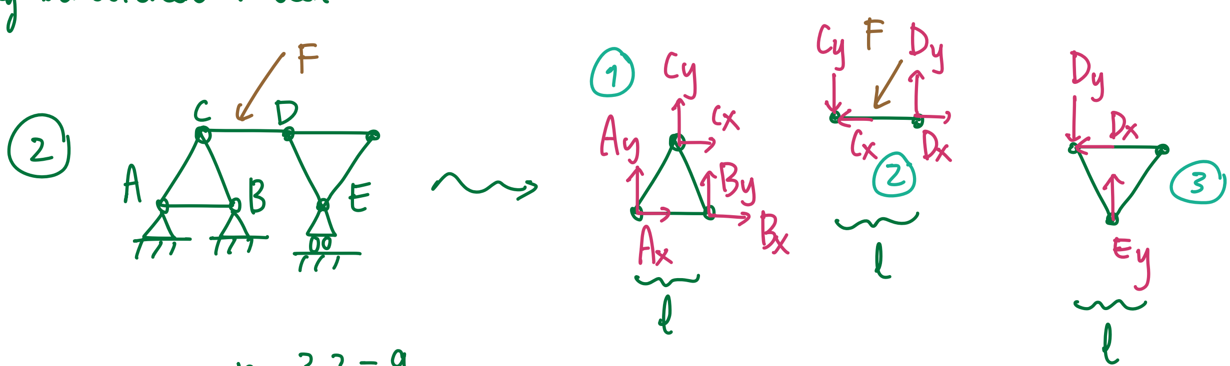
Bsp:



→ genauer: Skript S. 57

→ der Balken kann sich in x-Richtung bewegen ⇒ kinematisch unbestimmt
→ 2 Gleichungen, 3 Unbekannte ⇒ statisch unbestimmt

Achtung bei solchen Fällen:



$n = 3 \cdot 3 = 9$

$f = 9 - 9 = 0$ → statisch bestimmt? Nein!

Warum? → Das System ist kinematisch unbestimmt. ⇒ kann nicht statisch bestimmt sein!

Für diejenigen die es interessiert: Doch was ist es dann ?

Schauen wir uns die GGW-Gleichungen an:

SK ①: KB(x): $0 = A_x + B_x + C_x$

KB(y): $0 = A_y + B_y + C_y$

MB(A, z): $0 = l B_y + \frac{l}{2} C_y - \frac{l}{2} C_x$

SK ②: KB(x): $0 = -C_x + D_x - \frac{\sqrt{2}}{2} F$

KB(y): $0 = D_y + C_y - \frac{\sqrt{2}}{2} F$

MB(C, z): $0 = -\frac{l}{2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} F + l D_y$

6 Gleichungen, 6 Unbekannte: sieht gut aus, aber ... ⊛

SK ③: KB(x): $0 = D_x$

KB(y): $0 = D_y$

MB(D, z): $0 = \frac{l}{2} E_y$

$D_x = D_y = E_y = 0$

⊛ diese Gleichungen sind nicht linear unabhängig! In Matrixform:

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{2} & 0 & 1 & \frac{1}{2} \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} A_x \\ B_x \\ C_x \\ A_y \\ B_y \\ C_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \sqrt{2}/2\, F \\ \sqrt{2}/2\, F \\ \sqrt{2}/4\, F \end{bmatrix}$$

→ 5 linear unabhängige Gleichungen, 6 Unbekannte!

$f = 5 - 6 = -1 < 0$

⇒ statisch unbestimmt.

↳ Wenn man diese Matrix gausst sieht man, dass sie nur 5 Pivots hat → d.h. nur 5 linear unabhängige Gleichungen

(versucht es selber auf z.B. Matlab falls es euch interessiert)

Statische & Kinematische Bestimmtheit, zusammengefasst:

$f = n - b = 0 \iff$ statisch bestimmt

$f = n - b < 0 \iff$ statisch unbestimmt

$f = n - b > 0 \iff$ statisch überbestimmt

System kann sich bewegen $\iff$ kinematisch unbestimmt

wobei $n =$ # GGW-Bedingungen ($\hat{=} \sum$ der Freiheitsgrade der einzelnen SK)

$b =$ # Unbekannte ($\hat{=}$ # Lager- und Bindungskräfte)

Erinnerung: In 2D hat ein SK 3 GGW-Gleichungen,
In 3D hat ein SK 6 GGW-Gleichungen

Warum?
↪ siehe Notes Ü6

Wichtige Zusammenhänge:

- "Ein System aus starren Teilen ist genau dann statisch bestimmt, wenn es [...] weder statisch unbestimmt noch kinematisch unbestimmt ist."
  ↪ aus Skript S.57
- Ein kinematisch unbestimmtes System kann nicht statisch bestimmt sein.
- Ein System kann gleichzeitig kinematisch und statisch unbestimmt sein.
- Aufpassen: nicht statisch bestimmt $\not\Leftrightarrow$ statisch unbestimmt
- Statisch Überbestimmt (d.h. $f>0$) $\implies$ kinematisch Unbestimmt.

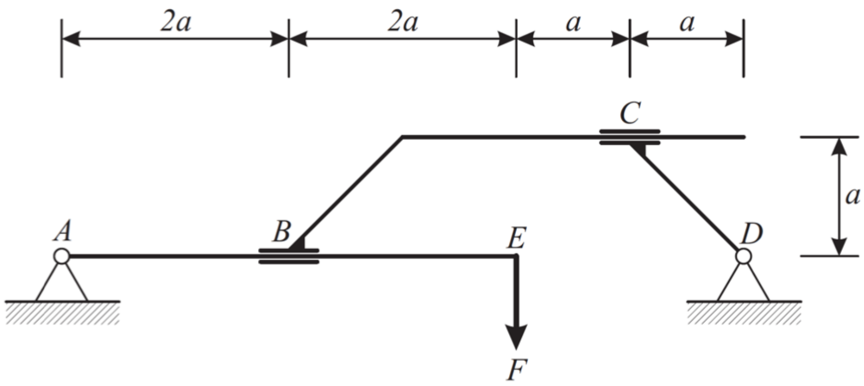
impliziert

Achtung nicht $\iff$!

d.h. insbesondere: $f = n - b \neq 0 \;\not\Rightarrow$ nicht kinematisch unbestimmt

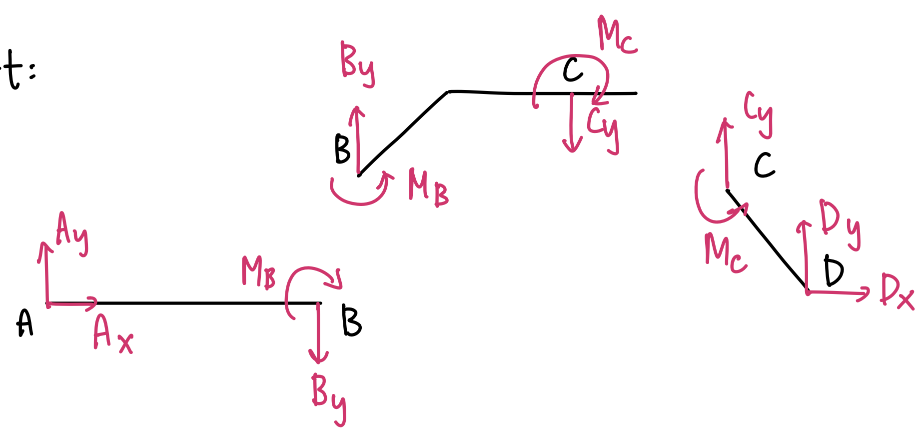
Beispielaufgabe 1: Serie 8, Aufgabe 1:

1. [1] Das abgebildete ebene System besteht aus drei starren, gewichtslosen Balken. In den Punkten A und D sind die jeweiligen Balken reibungsfrei gelenkig gelagert. In den Punkten B und C befindet sich je ein langes Querlager. Balken BC ist fest mit dem langen Querlager in B verbunden und Balken CD ist fest mit dem langen Querlager in C verbunden. Im Punkt E greift die eingezeichnete Kraft vom Betrag F an.



1. Berechnen Sie die Lagerreaktionen in den Punkten A, B, C und D. Schneiden Sie dazu die drei starren Körper einzeln frei und stellen Sie die notwendigen Gleichgewichtsbedingungen auf.
2. Ist das System statisch unbestimmt? Geben Sie eine Begründung an.
3. Ist das System kinematisch unbestimmt? Geben Sie eine Begründung an.

Freischnitt:



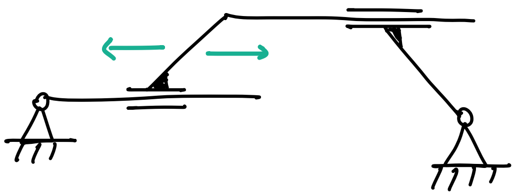
2) # GGW-Gleichungen: $n = 3 \cdot 3 = 9$

\# Bindungskräfte ($\hat{=}$ Unbekannte): $b = 8$

$f = 9 - 8 = 1 > 0$ $\rightarrow$ nicht statisch unbestimmt.

3) kann sich das System irgendwie bewegen? → Ja !

z.B. so:

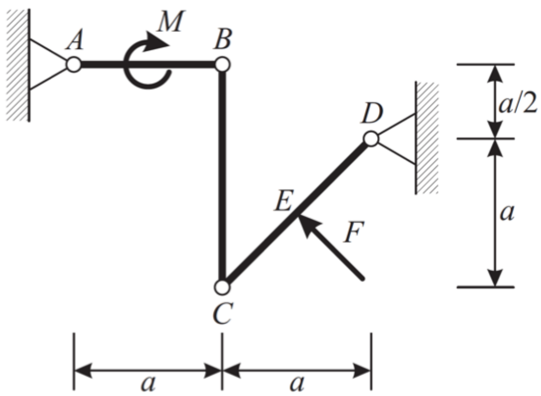


⇒ das System ist kinematisch unbestimmt.

Beispielaufgabe 2: Serie 8, Aufgabe 3

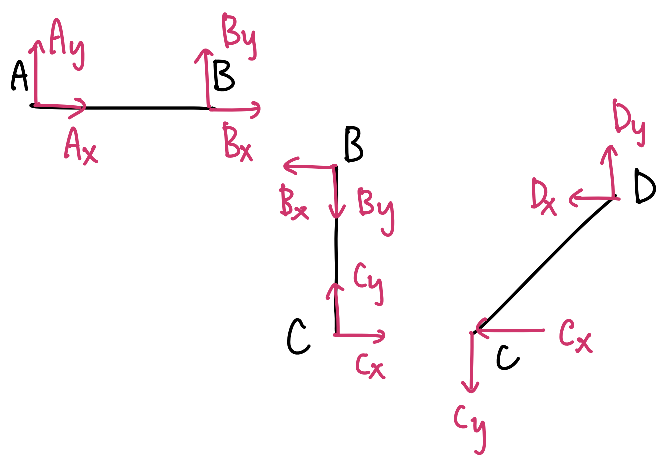
3. [3] Das skizzierte System besteht aus drei gewichtslosen Stäben AB, BC, CD. In A und D ist das System reibungslos gelenkig gelagert. In B und C sind die Stäbe reibungslos gelenkig miteinander verbunden. Am Stab AB greift ein Kräftepaar vom Betrag M an. Senkrecht in der Mitte E des Stabes CD greift eine Kraft vom Betrag F an. Der Betrag M des Kräftepaares sei gegeben und der Betrag F der Kraft sei unbekannt. Das System sei in Ruhe.

Annahmen: Ebenes System, Stäbe starr und gewichtslos, Lager reibungsfrei.



1. Ist das System statisch unbestimmt?
2. Ist das System kinematisch unbestimmt?
3. Bestimmen Sie die Lagerkräfte in D.
4. Bestimmen Sie den Betrag der Kraft F, sodass das System sich in Ruhe befindet.

Freischnitt:



1) # GGW-Bedingungen: $n = 3 \cdot 3 = 9$

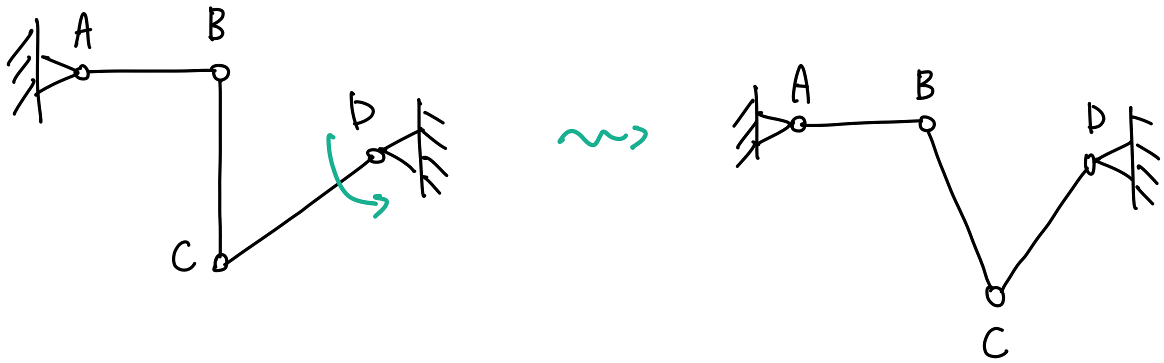
Unbekannte (≙ Bindungskräfte): $b = 8$

$\rightarrow f = 9 - 8 = 1 > 0$

$\Rightarrow$ Nein, das System ist nicht statisch unbestimmt.

2) kann sich das System irgendwie bewegen? → Ja!

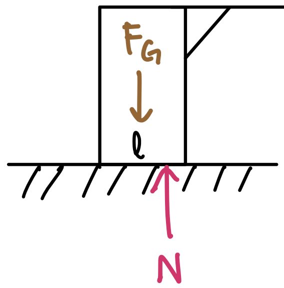
z.B. so:



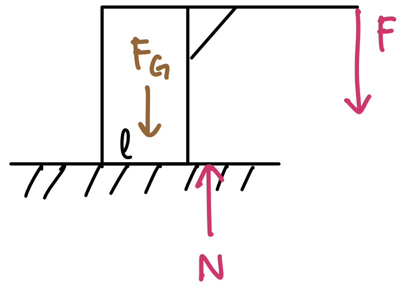
→ Ja, das System ist kinematisch unbestimmt.

2. (nicht) Kippen:

Um zu prüfen, in welchem Fall ein Körper kippt, muss die Normalkraft mit der Ebene, auf die der Körper steht, eingeführt werden.
Damit der Körper nicht kippt, muss die Kraft innerhalb der Kontaktfläche / Standfläche angreifen:

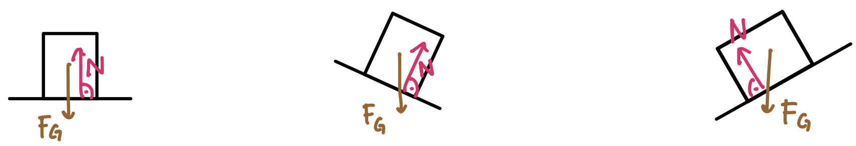


kippt nicht



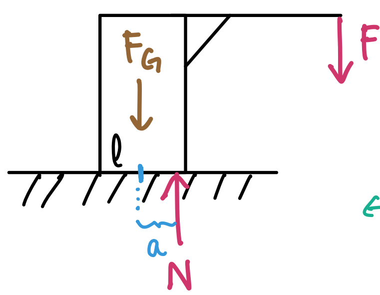
kippt !

Bem: Die Normalkraft N muss man immer senkrecht zur Auflagefläche einführen!



Doch wie können wir das (nicht) kippen berechnen?

Wir führen eine Abstandsvariable für N ein:



← Wir wissen effektiv (noch) nicht, wo genau N angreift!

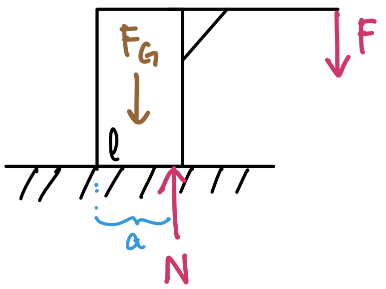
Dieses N wird auch auf eine bestimmte Weise eingeführt (wenn nicht schon gegeben)
→ werden wir im Bsp. sehen :)

Und wir stellen eine Bedingung für diese Abstandsvariable auf:

nicht kippen: $\boxed{|a| \leq \frac{l}{2}}$ wenn a wie oben eingeführt wurde*

*Wir dürfen die Variable beliebig einführen, doch dann muss man die Gleichung für (nicht) kippen entsprechend anpassen.

z.B. wenn wir es so einführen:



Dann ist die Bedingung für nicht kippen: $a \in [0, l]$

Zusatz: nützliche mathematische Eigenschaften für den Betrag:

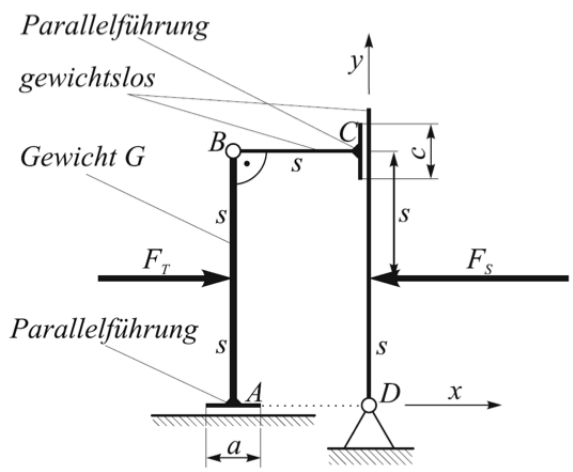
(wirst du evtl. brauchen bei nicht-kippen-Aufgaben)

$\forall a, b, c \in \mathbb{R}$ gilt:

- $|a| \geq 0$
- $|a| = 0 \iff a = 0$
- $|a \cdot b| = |a| \cdot |b|$ (und $|a^n| = |a|^n$)
- $\left|\frac{a}{b}\right| = \frac{|a|}{|b|}$ (und $\left|\frac{1}{a^n}\right| = \frac{1}{|a|^n}$)
- $|a| \leq b \iff -b \leq a \leq b$
- $|a| \leq c \cdot |b| \iff a \in [-1, 1] \cdot c \cdot b$
- $|a + b| \leq |a| + |b|$

Beispielaufgabe: Serie 8, Aufgabe 4:

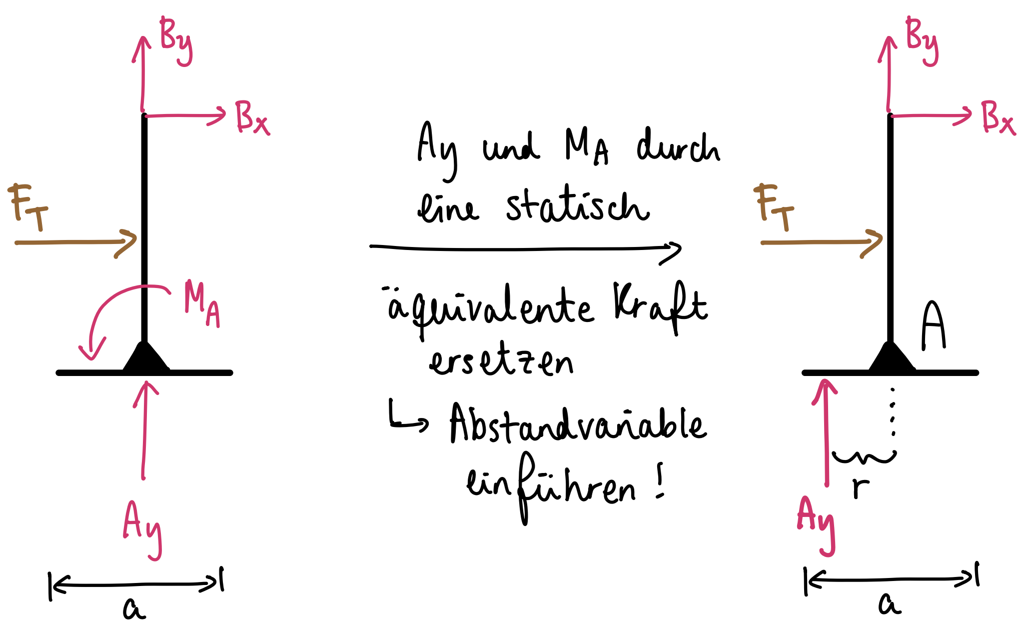
4. [4] Betrachten Sie das abgebildete System, das aus einem vertikal aufgestellten Balken AB (Länge $2s$) besteht, welcher im Punkt A über eine Parallelführung mit dem Boden verbunden ist. Im Punkt B wird der Balken BC reibungsfrei gelenkig mit AB verbunden. Die Konstruktion stützt sich im Punkt C auch über eine Parallelführung gegen den Balken CD ab. CD ist im Punkt D gelenkig gelagert. Alle Winkel der Konstruktion betragen 90°. Die Kräfte F_T bzw. F_S zeigen in bzw. parallel zur x-Richtung. Am Balken AB greift zusätzlich die Gewichtskraft in negative y- Richtung mit Betrag G an. BC und CD werden gewichtslos modelliert.



1. Ist das System statisch unbestimmt? Ist das System kinematisch unbestimmt?
2. Berechnen Sie die Lagerreaktionen in den Punkten A, B, C und D.
3. Wie muss das Verhältnis zwischen F_S und F_T gewählt werden, damit das System in Ruhe bleibt?
4. Wie gross sind die Längen a und c zu wählen, damit die Parallelführungen nicht kippen?

4) aus den vorherigen Teilaufgaben wissen wir:

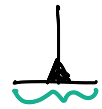
$M_A = -sF_T$, $A_y = G$, $M_c = 0$



Das Moment im Punkt A ist nun: $M_A = -rA_y = -rG \overset{!}{=} -sF_T$

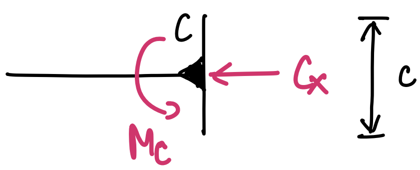
$$\Rightarrow r = \frac{sF_T}{G}$$

Bedingung für nicht kippen: $|r| \leq \frac{a}{2}$

(A_y muss innerhalb vom Lager  angreifen, sonst kippt es!)

$$\Rightarrow \left|\frac{sF_T}{G}\right| \leq \frac{a}{2} \quad \Leftrightarrow \quad a \geq 2 \cdot \left|\frac{sF_T}{G}\right| \underset{\substack{\uparrow \\ F_T,\, G \geq 0}}{=} \underline{\underline{\frac{2sF_T}{G}}}$$

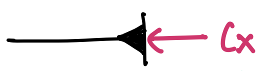
Lager bei C :



$M_C = 0 \Rightarrow$ c darf beliebig klein gewählt werden

Warum? machen wir dasselbe wie für A:

$M_C = -r_2 C_x = 0 \quad \rightarrow r_2 = 0$ (da $C_x \neq 0$)

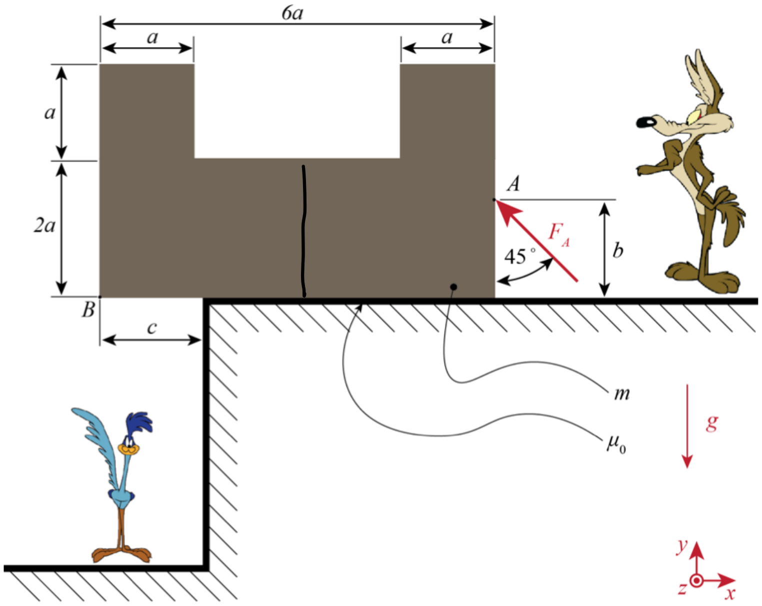


↳ C_x greift genau in der Mitte an

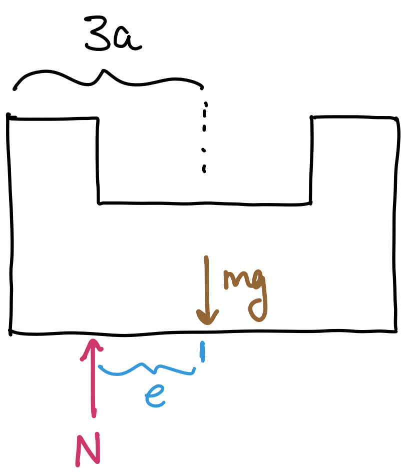
↳ d.h. Lager kippt nicht, egal wie klein c ist :)

Beispielaufgabe 2: Zwischenklausur 3 HS20, Aufgabe 1:

Coyote versucht, ein Sofa auf den Roadrunner zu schieben. Das Sofa hat eine homogene Masse m, während seine Abmasse in Abbildung 1 durch eine Konstante a angegeben ist. Im Punkt A, der b vom Boden entfernt ist, wirkt $F_A = F$ in einem Winkel von 45° auf das Sofa. Die Erdbeschleunigung g ist in $-y$ Richtung gerichtet. Zwischen dem Sofa und dem Boden wird der Reibungskoeffizient als μ_0 definiert.



(c) Bestimmen Sie c, so dass der Körper kippt. Antworten Sie mit den bekannten Grössen (m, g, a, F, b, μ_0). [*3 Punkte*]



aus vorherigen Berechnungen wissen wir, dass,

$$\begin{cases} N = mg - \frac{\sqrt{2}}{2} F \quad \text{und} \\ Ne = \frac{\sqrt{2}}{2} F \cdot (3a + b) \end{cases}$$

Bedingung für Kippen: $e > 3a - c$ ← wichtige Erkenntnis

$$\Leftrightarrow N \cdot (3a - c) < N \cdot e = \frac{\sqrt{2}}{2} F \cdot (3a + b)$$

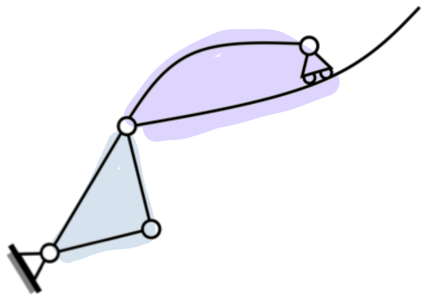
$$\Leftrightarrow 3a - c < \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{F}{N} (3a + b)$$

$\vdots$ ein paar Umformungen

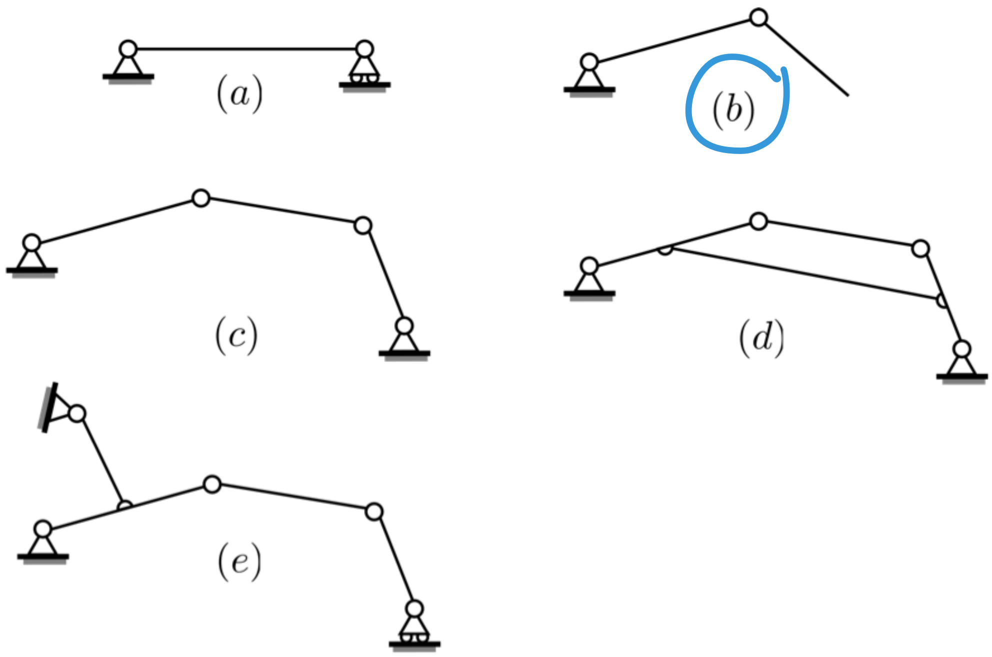
$$c > 3a - \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{F}{\left(mg - \frac{\sqrt{2}}{2} F\right)} (3a + b) \quad //$$

Teil 3: Übungsaufgaben - Serie 8

6. Betrachten Sie das hier unten abgebildete System, das aus starren miteinander gelenkig verbundenen Stäben besteht.



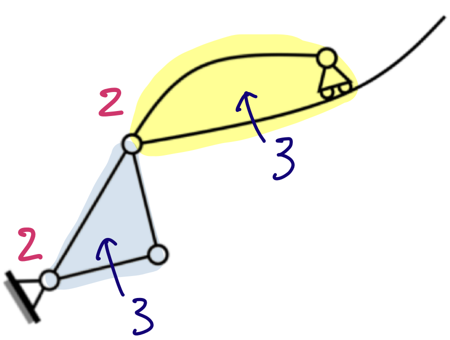
Welches der folgenden Systeme hat denselben Freiheitsgrad wie das obige?



$$\boxed{f = n - b}$$

n = Σ der Freiheitsgrade der einzelnen SK

b = # Bindungsgleichungen (linear unabhängig)

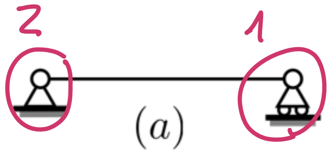


$n = 3 + 3 = 6$

$b = 2 + 2 = 4$

$\Rightarrow f = n - b = 6 - 4 = 2$

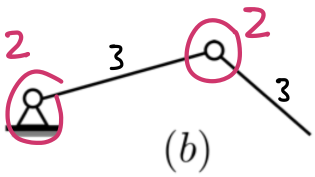
rot: Bindungsgleichungen



$n = 3$

$b = 2+1 = 3$

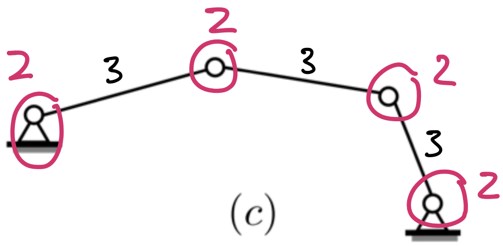
$\Rightarrow f = n - b = 3 - 3 = 0$



$n = 3+3 = 6$

$b = 2+2 = 4$

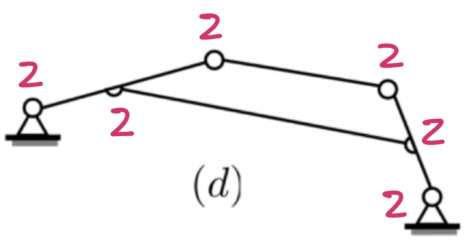
$\Rightarrow f = 6 - 4 = 2$



$n = 3 \cdot 3 = 9$

$b = 4 \cdot 2 = 8$

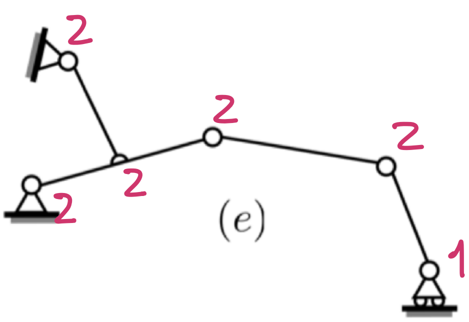
$\Rightarrow f = 9 - 8 = 1$



$n = 4 \cdot 3 = 12$

$b = 6 \cdot 2 = 12$

$\Rightarrow f = 12 - 12 = 0$

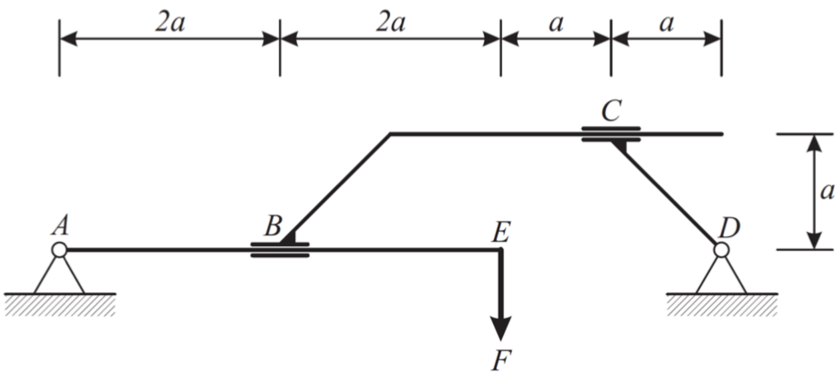


$n = 4 \cdot 3 = 12$

$b = 5 \cdot 2 + 1 = 11$

$\Rightarrow f = 12 - 11 = 1$

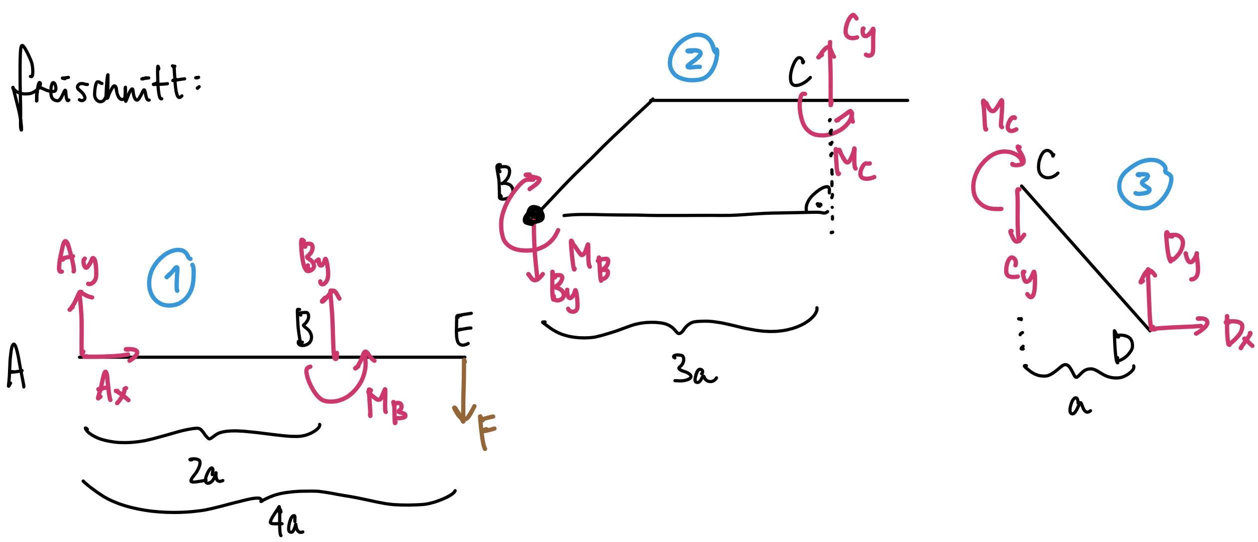
1. [1] Das abgebildete ebene System besteht aus drei starren, gewichtslosen Balken. In den Punkten A und D sind die jeweiligen Balken reibungsfrei gelenkig gelagert. In den Punkten B und C befindet sich je ein langes Querlager. Balken BC ist fest mit dem langen Querlager in B verbunden und Balken CD ist fest mit dem langen Querlager in C verbunden. Im Punkt E greift die eingezeichnete Kraft vom Betrag F an.



1. Berechnen Sie die Lagerreaktionen in den Punkten A, B, C und D. Schneiden Sie dazu die drei starren Körper einzeln frei und stellen Sie die notwendigen Gleichgewichtsbedingungen auf.
2. Ist das System statisch unbestimmt? Geben Sie eine Begründung an.
3. Ist das System kinematisch unbestimmt? Geben Sie eine Begründung an.

schon gemacht:)

Freischnitt:



GGW- Gleichungen:

SK 1 : $KB(x): 0 = A_x$ ... ①

$KB(y): 0 = A_y + B_y - F$ ... ②

$M(A,z): 0 = M_B + 2aB_y - 4aF$ ... ③

SK 2 : $KB(x): 0 = 0$ ... ④

$KB(y): 0 = -B_y + C_y$ ... ⑤

$$M(B,z): 0 = M_C - M_B + 3aC_y \quad \cdots ⑥$$

SK ③: $KB(x): 0 = D_x \quad \cdots ⑦$

$$KB(y): 0 = D_y - C_y \quad \cdots ⑧$$

$$M(D,z): 0 = -M_C + aC_y \quad \cdots ⑨$$

Gleichungen auflösen: Unbekannte: $A_x, A_y, B_y, M_B, C_y, M_C, D_x, D_y$

Gegeben: F, a

①, ⑦ $\Rightarrow$ $\underline{\underline{A_x = 0}}$

$\underline{\underline{D_x = 0}}$

⑨ $\Rightarrow$ $M_C = aC_y$

⑤ $\Rightarrow$ $B_y = C_y$

⑥ $\Rightarrow$ $M_C - M_B + 3aC_y = 0$

$\Leftrightarrow M_B = 3aC_y + M_C = 3aB_y + aB_y$

③ $\Rightarrow$ $M_B + 2aB_y - 4aF = 0 \quad / \; M_B = 4aB_y$

$\Leftrightarrow 4aB_y + 2aB_y = 4aF$

$\Leftrightarrow 6aB_y = 4aF$

$\Leftrightarrow \underline{\underline{B_y = \frac{2}{3}F}}$

$\underline{\underline{C_y = \frac{2}{3}F}}$, $M_C = aC_y = \underline{\underline{\frac{2}{3}aF}}$

$$M_B = 4aB_y = \underline{\underline{\frac{8}{3}aF}}$$

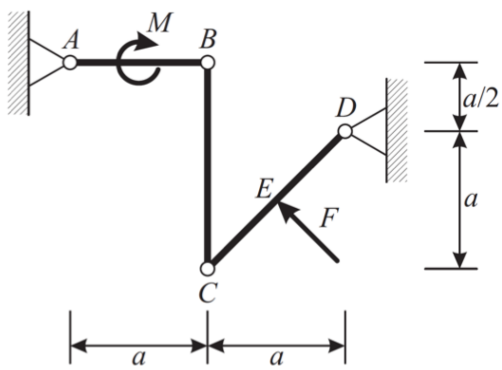
② $\Rightarrow$ $0 = A_y + B_y - F \quad \Leftrightarrow \quad A_y = F - B_y \quad / B_y = \frac{2}{3}F$

$$\Rightarrow \underline{\underline{A_y = \frac{1}{3}F}}$$

⑧ $\Rightarrow$ $D_y = C_y = \underline{\underline{\frac{2}{3}F}}$

3. [3] Das skizzierte System besteht aus drei gewichtslosen Stäben AB, BC, CD. In A und D ist das System reibungslos gelenkig gelagert. In B und C sind die Stäbe reibungslos gelenkig miteinander verbunden. Am Stab AB greift ein Kräftepaar vom Betrag M an. Senkrecht in der Mitte E des Stabes CD greift eine Kraft vom Betrag F an. Der Betrag M des Kräftepaares sei gegeben und der Betrag F der Kraft sei unbekannt. Das System sei in Ruhe.

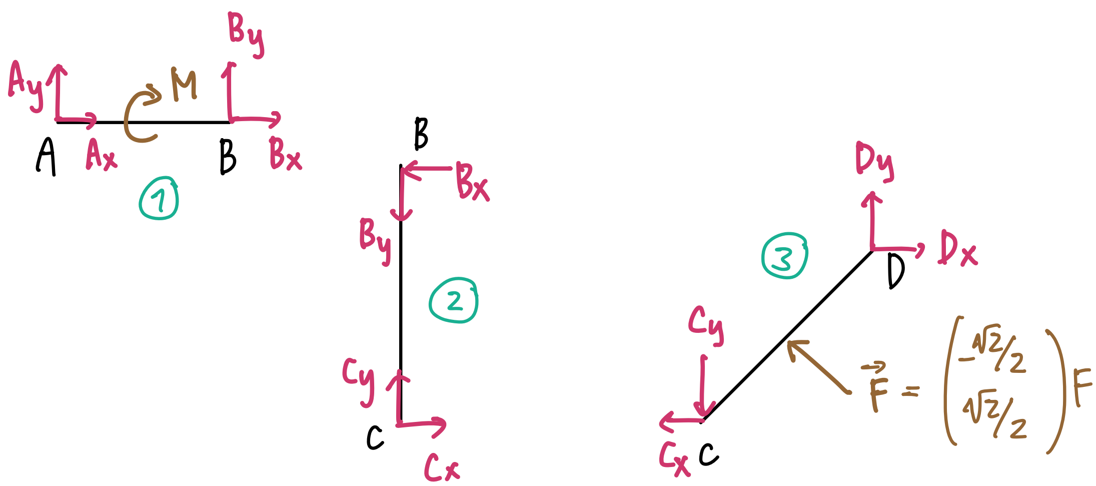
Annahmen: Ebenes System, Stäbe starr und gewichtslos, Lager reibungsfrei.



in Ü schon gemacht :)

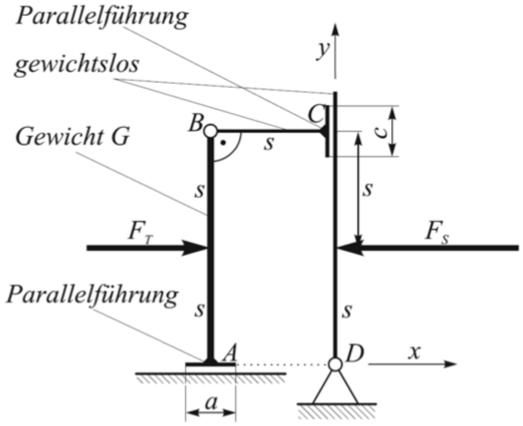
1. Ist das System statisch unbestimmt?
2. Ist das System kinematisch unbestimmt?
3. Bestimmen Sie die Lagerkräfte in D.
4. Bestimmen Sie den Betrag der Kraft F, sodass das System sich in Ruhe befindet.

3) Freischnitt:



→ Rest in MuLö :)

4. [4] Betrachten Sie das abgebildete System, das aus einem vertikal aufgestellten Balken AB (Länge $2s$) besteht, welcher im Punkt A über eine Parallelführung mit dem Boden verbunden ist. Im Punkt B wird der Balken BC reibungsfrei gelenkig mit AB verbunden. Die Konstruktion stützt sich im Punkt C auch über eine Parallelführung gegen den Balken CD ab. CD ist im Punkt D gelenkig gelagert. Alle Winkel der Konstruktion betragen 90°. Die Kräfte F_T bzw. F_S zeigen in bzw. parallel zur x-Richtung. Am Balken AB greift zusätzlich die Gewichtskraft in negative y- Richtung mit Betrag G an. BC und CD werden gewichtslos modelliert.

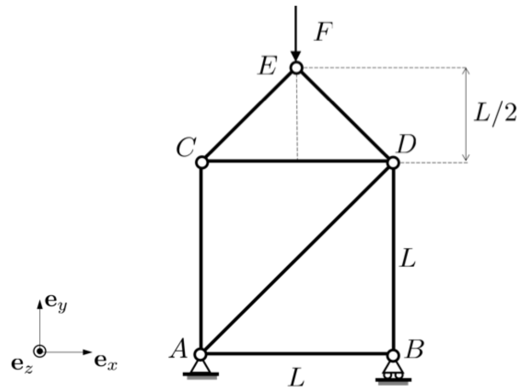


1. Ist das System statisch unbestimmt? Ist das System kinematisch unbestimmt?
2. Berechnen Sie die Lagerreaktionen in den Punkten A, B, C und D.
3. Wie muss das Verhältnis zwischen F_S und F_T gewählt werden, damit das System in Ruhe bleibt?
4. Wie gross sind die Längen a und c zu wählen, damit die Parallelführungen nicht kippen?

schon gemacht, aber versucht es nochmal selber!

5. Das ebene Fachwerk in der Skizze besteht aus 7 reibungsfrei gelenkig miteinander verbundenen Staben mit den Langen wie in der Skizze gegeben. Im Punkt A ist es gelenkig gelagert, im Punkt B horizontal verschiebbar gelagert, sodass es nicht abheben kann. Im Punkt E greift eine Kraft vom Betrag F wie eingezeichnet an. Was ist die Stabkraft im Stab CD in Abhängigkeit der Kraft F?

recap PdvL



(a) $S_{CD} = \dfrac{F}{2}$

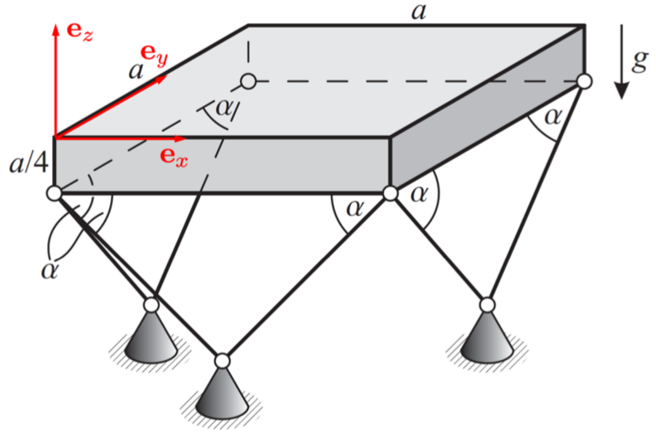
(b) $S_{CD} = F$

(c) $S_{CD} = \sqrt{2}F$

(d) $S_{CD} = \dfrac{F}{\sqrt{2}}$

(e) $S_{CD} = \dfrac{F}{4}$

2. [2] Gegeben ist ein homogener Quader (Kantenlängen $a/4$, a, a) mit dem Gewicht F_G. Der Quader steht auf sechs gewichtslosen Stäben, die durch reibungsfreie Gelenke mit dem Quader und dem Untergrund verbunden sind. Jeweils zwei Stäbe liegen in einer Ebene mit einer Quaderseite. Die Stäbe bilden mit den Quaderkanten einen Winkel von $\alpha = 45°$.



macht diese

1. Ist der Quader statisch unbestimmt gelagert? Begründen Sie die Antwort.
2. Ist der Quader kinematisch unbestimmt gelagert? Begründen Sie die Antwort.
3. Bestimmen Sie die Stabkräfte.

Mulö vom HS20 löst es ganz anders als Mulö von dieses Jahr.

Schaut nach falls es euch interessiert.