

Mechanik I

D-MAVT, D-BAUG

Klausur 2

Prof. J. Dual
Prof. E. Kuhl16. Dezember 2011
16:30-17:45 Uhr**IMES**
INSTITUT FÜR
MECHANISCHE SYSTEME

HS 2011

Name

| | Aufg. 1 | Aufg. 2 | | | | Punkte | Note |
|--------------|---------|---------|--|--|--|--------|------|
| 1. Korrektur | | | | | | | |
| Assistent | | | | | | | |
| 2. Korrektur | | | | | | | |
| Assistent | | | | | | | |

Hinweise

- Die Klausur besteht aus 2 Aufgaben, die zusammen 38 Punkte ergeben.
- Bitte keine roten oder grünen Farben verwenden, dies sind unsere Korrekturfarben.
- Für jede Aufgabe ein separates Blatt des ausgeteilten ZfM-Institutspapieres verwenden und dieses mit Namen, ETH- und Aufgabennummer beschriften.
- Lösungsteile auf den Aufgabenblättern werden in dieser Klausur nicht bewertet.
- Durchgestrichene oder unleserliche Lösungsteile werden nicht bewertet.
- Lösungsweg und Resultat nachvollziehbar darlegen.
- Bei Täuschungsversuchen gilt die Disziplinarordnung der ETH: Unter anderem kann die Prüfung für nicht bestanden erklärt werden.
- **Viel Erfolg!**

Aufgabe 1: Ebenes Problem (26 Punkte)

Die Polybahn, ein Wahrzeichen Zürichs, erleichtert seit 1889 den Weg zur ETH. Im Folgenden soll ein ebenes Modell davon untersucht werden. Teil 1 und 2 der Aufgabe können unabhängig voneinander gelöst werden.

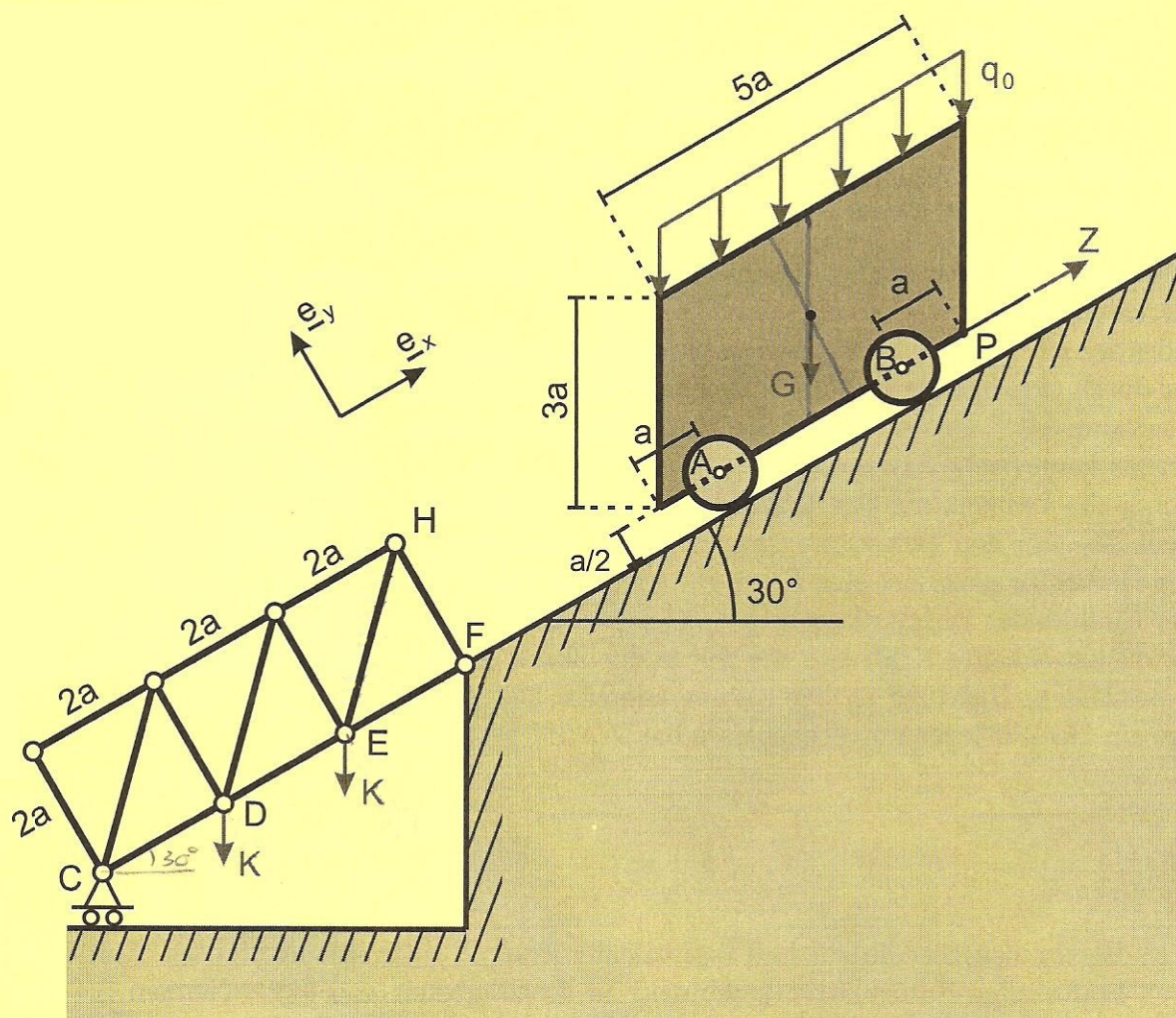


Teil 1: Die Polybahn wird als Parallelogramm mit Gewicht $G > 0$ und zwei masselosen Rädern modelliert, wie in der Skizze (rechts) abgebildet. Beide Räder sind in A respektive B reibungsfrei gelenkig mit dem Parallelogramm verbunden und liegen reibungsbehaftet auf dem Boden auf. Ein Seil greift im Punkt P an. Die gegebene Gewichtskraft G greift im Schwerpunkt des Parallelogramms an, zusätzlich wird eine Schneelast auf der Polybahn mit der gegebenen linienverteilten Kraft $q_0 > 0$ berücksichtigt. Die Polybahn ist zu diesem Zeitpunkt in Ruhe.

- Zeichnen Sie je eine freigeschnittene Skizze der Polybahn-Kabine und der beiden Räder mit allen Kräften. (Tipp: gegebene x- und y-Richtung verwenden.) (2 Punkte)
- Die linienverteilte Kraft der Schneelast kann auf eine statisch äquivalente Einzelkraft reduziert werden. Geben Sie den Betrag dieser statisch äquivalenten Einzelkraft an und markieren Sie ihren Angriffspunkt in Ihrer freigeschnittenen Skizze von a). (2 Punkte)
- Berechnen Sie die Kraft Z , welche das Seil tragen muss, sowie die Lagerkräfte in den Punkten A und B . (10 Punkte)
- Besteht die Gefahr, dass das in B gelagerte Rad vom Boden abhebt? Weshalb? (1 Punkt)
- Welche Leistung des Antriebs in der Bergstation wäre nötig, um die Polybahn mit konstanter Geschwindigkeit v den Berg hochzuziehen? (1 Punkt)

Teil 2: Die Polybahn-Brücke, links in der Skizze, wird als ideales ebenes Fachwerk betrachtet. Es besteht aus gewichtslosen Stäben der Länge $2a$ und $\sqrt{2} 2a$. Die Stäbe sind reibungsfrei gelenkig gelagert. In C befindet sich ein reibungsfreies Auflager, in F ein reibungsfreies gelenkiges Lager. In den Punkten D und E greift je eine Kraft mit Betrag K an.

- Bestimmen Sie mit dem Prinzip der virtuellen Leistungen (PdvL) die Stabkraft im Stab EH mit Hilfe einer eigenen Skizze. (10 Punkte)



Aufgabe 2: 3D Problem (12 Punkte)

Ein Hubschrauber schwebt mit einer Last vom Gewicht G_L in der Luft und wird dabei seitlich vom Wind angeblasen.

Das System lässt sich idealisieren als ein Starrkörper, bestehend aus

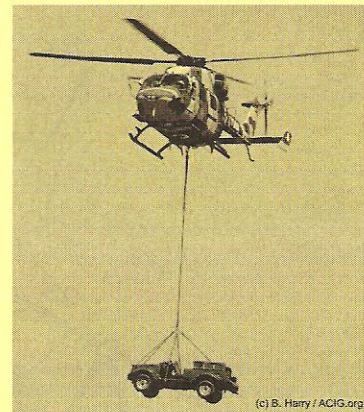
1. einer Kabine in Form eines homogenen Quaders mit Abmessungen $a, 2a, a$ und Gewicht G_H ,
2. einem Heckausleger in Form eines homogenen Quaders mit Abmessungen $a/4, 2a, a/4$ und Gewicht G_A und
3. vier durch eine gewichtslose Säule mit der Kabine verbundene, gewichtslose Rotorblätter der Länge $2a$ (die Breite und Dicke seien vernachlässigbar).

Alle diese Teilkörper sind in diesem Modell starr miteinander verbunden.

Jedes der vier Rotorblätter generiert Auftrieb in \underline{e}_z -Richtung, der durch eine linienverteilte Kraft (Dreieckverteilung) mit Maximum q_A^{max} an der Spitze des Rotorblattes idealisiert werden kann (siehe Skizzen).

Durch die Luftreibung der Rotorblätter entsteht ein Moment M_T um den Befestigungspunkt T der Rotorblätter. Der Heckrotor generiert eine Kraft F_B am Punkt B .

Der Einfluss des Windes lässt sich beschreiben als homogene, flächenverteilte Kraft s_W , die wie in der Skizze gezeigt in positive \underline{e}_x -Richtung an der Kabine angreift. Die Windlast am Heckausleger sei vernachlässigbar.



Gegeben:

G_H, G_A

F_B

- a) Bestimmen Sie die statisch äquivalente Kraft R aller linienverteilten Auftriebskräfte aller Rotorblätter kombiniert in Abhängigkeit von q_A^{max} . Nennen Sie den Angriffspunkt dieser Resultierenden (kurze Begründung angeben, muss nicht berechnet werden). (2 Punkte)
- b) Wie gross müssen q_A^{max} , das Gewicht G_L der Last, das Moment M_T und die Windlast s_W sein, damit der Hubschrauber in einer Ruhelage sein kann? Geben Sie alle gesuchten Größen in Abhängigkeit der gegebenen Variablen an. (9 Punkte)
- c) Kann der Hubschrauber immer noch in Ruhe sein, wenn der Heckausleger um $a/2$ in positive z -Richtung verschoben wird? Warum? (1 Punkt)

