



Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich



IMES
INSTITUT FÜR
MECHANISCHE SYSTEME

Technische Mechanik

Basisprüfung

8. Februar 2021, 09:00 – 11:00

Prof. Dual/Glocker

Herbstsemester 2020

Name:	Vorname:	ETH-Nummer:	Studiengang:
			D–

	Aufgabe 1	Aufgabe 2	Aufgabe 3		Punkte	Punkte	Note
1. Korrektur							
Assistent							
2. Korrektur							
Assistent							

Aufgabe 1 (21 Punkte)

Gegeben ist ein Getriebe, welches aus 3 reibungsbehafteten Elementen besteht. Es gilt die Annahme, dass alle Kontaktflächen und -punkte von zwei Elementen die gleiche Geschwindigkeit haben. Somit findet nur Rollen statt, kein Gleiten. Das System besteht aus zwei Kegelformen und einer reibungsbehafteten Scheibe, alle mit unterschiedlichen Radien. Der linke grosse Kegel liegt ganz auf der Scheibe auf. Der rechte kleine Kegel hat nur einen einzelnen Berührungspunkt mit der flachen Scheibe. Zudem wirkt ein Drehmoment M_K auf dem kleinen Kegel und ein Drehmoment M_G auf dem grossen Kegel. Der kleine Kegel rotiert mit $-\omega \cdot \underline{e}_y$, wobei die Rotationsachse parallel zur y-Achse ist. Gegeben sind folgende Grössen: ω , a , b , r , Drehmomente $\underline{M}_K = -M_K \cdot \underline{e}_y$ und $\underline{M}_G = \frac{\sqrt{2}}{2} M_G \cdot (\underline{e}_z - \underline{e}_x)$. Geben Sie Ihre Lösungen mit den bekannten Grössen an.

Annahmen: Alle Kontaktflächen und Kontaktpunkte sind reibungsbehaftet; die Geschwindigkeiten der Rotationsachsen jedes Elements sind $\underline{0}$.

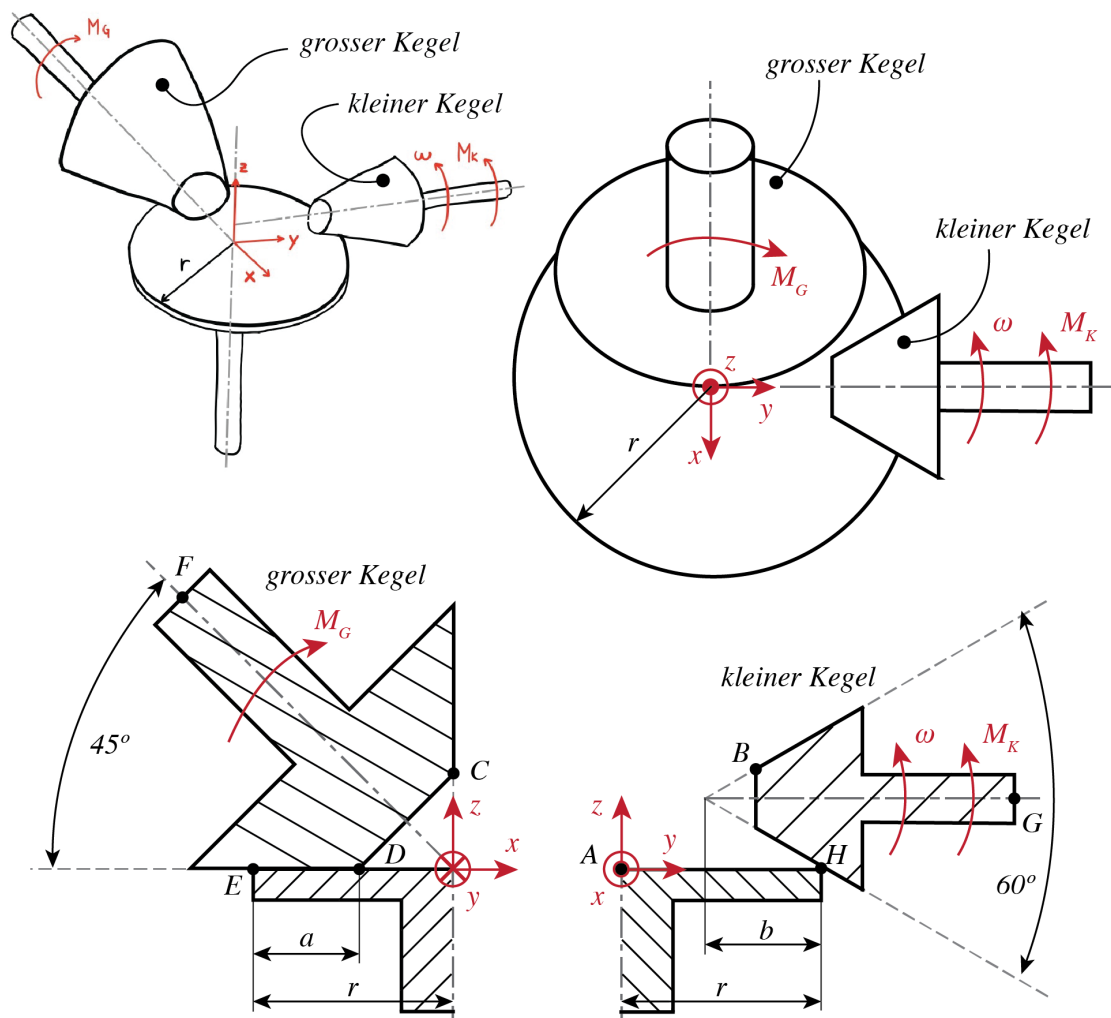


Abbildung 1: Skizze zur Aufgabe 1. Die Lager sind nicht dargestellt. Die Ansicht von oben (oben rechts) zeigt nur die Orientierung der Kegelformen entlang der Achsen.

- (a) Schreiben Sie die Einheitsvektoren der Richtungen der Rotationsachsen aller Elemente auf. [3 Punkte]
- (b) Geben Sie die Geschwindigkeit als Vektor im Kontaktpunkt H an. [2 Punkte]
- (c) Geben Sie die Geschwindigkeit als Vektor in der Kontaktlinie zwischen E und D an. *In Abhängigkeit von der x -Koordinate.* Geben Sie auch die Geschwindigkeiten als Vektoren in den Kontaktpunkten E , D und C an. [5 Punkte]
- (d) Geben Sie die Rotationsgeschwindigkeiten aller Elemente in Vektorform an. [3 Punkte]
- (e) Was ist die Kinematik im Punkt D ? [2 Punkte]
- (f) Berechnen Sie die Leistung der Drehmomente M_G und M_K . [2 Punkte]
- (g) Was muss das Verhältnis zwischen M_G und M_K sein, damit die Rotationsgeschwindigkeiten konstant sind? (Ohne Verluste) [2 Punkte]
- (h) Um wieviel ändert sich die Rotationsgeschwindigkeit des grossen Kegels, wenn ω des kleinen Kegels um 2ω schneller wird? [2 Punkte]

Aufgabe 2 (21 Punkte)

Das System, welches sich im Gleichgewicht befindet, besteht aus den folgenden Elementen: Ein ideales Fachwerk, welches mit einem Festlager (A) und einem beidseitigem Loslager (B) gelagert ist, 2 Massen (m_1 und m_2), einer Rolle (Masse m_3) welche reibungsfrei gelagert ist und ein Seil welches das Fachwerk mit der Masse m_2 verbindet. Das Fachwerk besteht gemäss der Skizze aus 13 starren und masselosen Stäben mit unterschiedlichen Längen, welche reibungsfrei gelenkig miteinander verbunden sind, die Winkel zwischen den Stäben sind 45° oder 90° . Das Seil ist masselos und immer gespannt. Zudem wirkt ein Moment M im Festlager A auf das Fachwerk und eine weitere Kraft F im Punkt E . Gegeben sind folgende Grössen: m_1 , m_2 , m_3 , F , M , g , a . Geben Sie Ihre Lösungen mit den bekannten Grössen an.

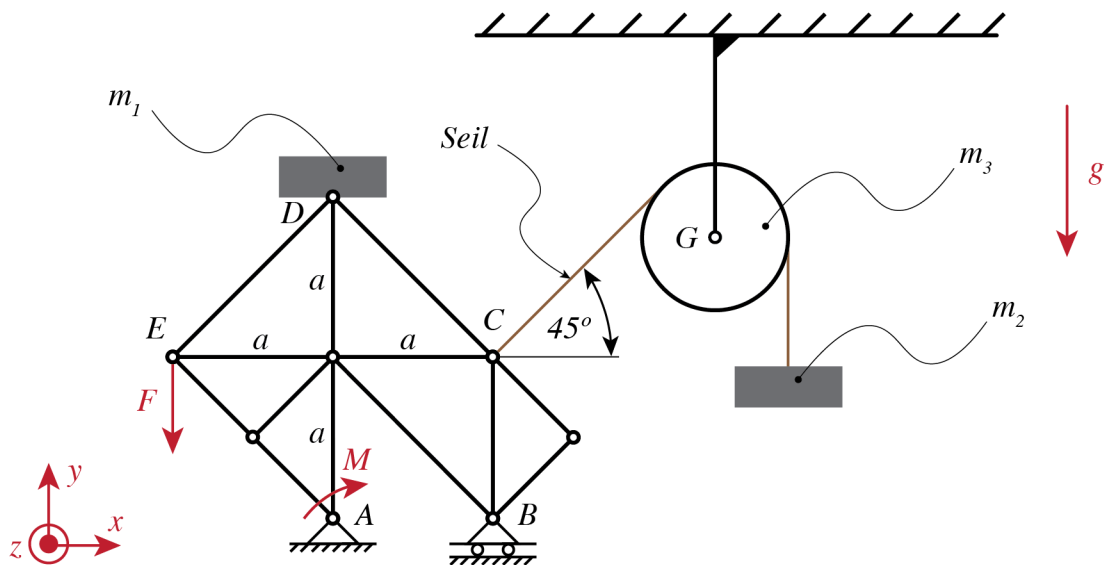


Abbildung 2: Skizze zu Aufgabe 2.

- Ist das Fachwerk statisch unbestimmt? [1 Punkt]
- Ist das Fachwerk kinematisch unbestimmt? [1 Punkt]
- Berechnen Sie die Lagerkräfte in Punkt A und B und zeichnen Sie die Lagerkräfte ein. [6 Punkte]
- Berechnen Sie die Seilkraft. [1 Punkt]
- Berechnen Sie die Stabkraft im Stab CD mit Hilfe des Prinzips der virtuellen Leistung. [11 Punkte]
- Wie gross muss das Moment M sein, damit die Stabkraft im Stab CD verschwindet? [1 Punkt]

Aufgabe 3 (28 Punkte)

Eine Rolle mit Masse m_B ist im Punkt B reibungsfrei gelagert. Wenn sich die Rolle dreht, dann wird ein Quader mit der Masse m_Q eine schräge Ebene, welche reibungsbehaftet ist, hinaufgezogen. Das Seil, welches den Quader hochzieht, hat zudem eine Feder mit Federkonstante c , welche am Quader angemacht ist. Gegeben sind folgende Größen: M , F , a , b , R_A , R_B , μ_0 , m_B , m_Q , g . Geben Sie Ihre Lösungen mit den bekannten Größen an.

Annahmen: System eben; Seil masselos, undeformierbar und immer gespannt; Rollen reibungsfrei gelagert und Rolle A masselos; die Dichte von Quader (m_Q) und m_B ist homogen verteilt; Körper bewegen sich nur entlang der eingezeichneten Richtungen x_1 , ϕ_1 und ϕ_2 ; Anfangsbedingungen $x_1 = \phi_1 = \phi_2 = 0$. Massenträgheitsmoment einer homogenen Kreisscheibe (Rolle): $I_0 = \frac{mR^2}{2}$.

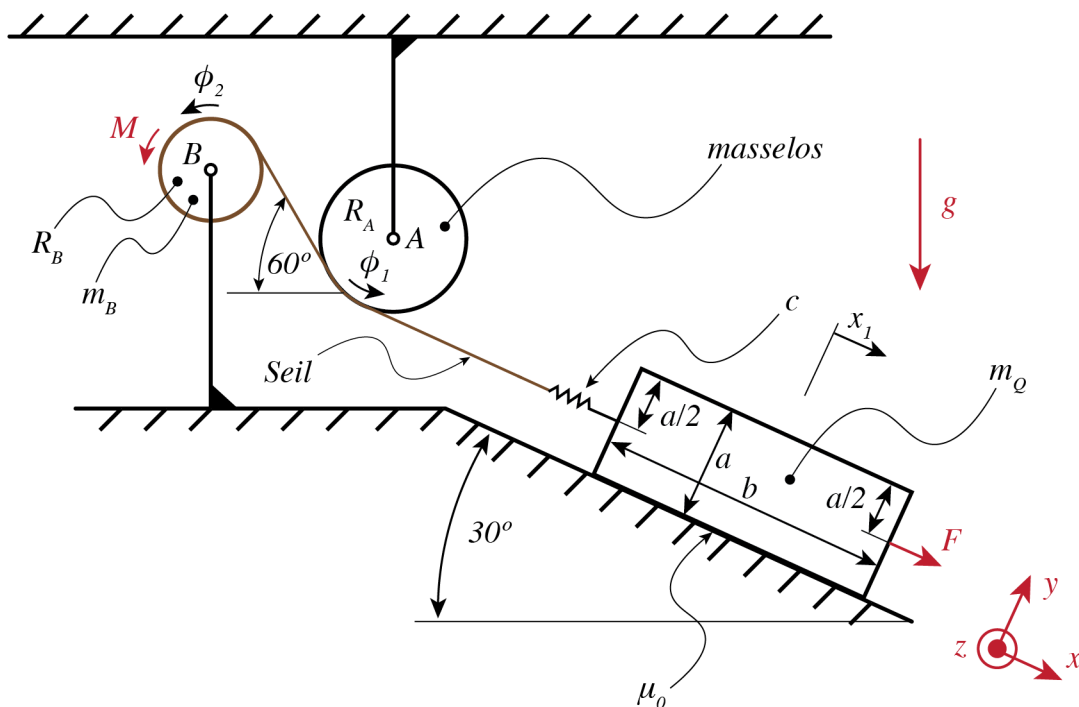


Abbildung 3: Skizze zu Aufgabe 3.

- Wieviele Freiheitsgrade hat das System unter Berücksichtigung aller Bindungen? [1 Punkt]
- Was ist die kinematische Relation zwischen ϕ_1 und ϕ_2 . [1 Punkt]
- Schneiden Sie die beiden Rollen und den Quader frei und zeichnen Sie alle Reaktionskräfte ein. Nehmen Sie an, dass das System sich in einem statischen Gleichgewicht befindet. [3 Punkte]
- Berechnen Sie die Lagerkräfte in A und B und die Reaktionskräfte im System. Nehmen Sie an, dass das System sich in einem statischen Gleichgewicht befindet. [12 Punkte]

- (e) Was sind die Kipp- und Haftbedingung? Nehmen Sie an, dass das System sich in einem statischen Gleichgewicht befindet. *Achtung, folgende Annahmen gelten nur für diesen Aufgabenteil:* Folgende Werte können zur Lösung der Aufgabe verwendet werden: $M = r_B F$, $\mu_0 = 2$, $b > a$. Gibt es Kippen oder Gleiten? [3 Punkte]
- (f) Bestimmen Sie die Differentialgleichungen für die Bewegung des Quaders und der Rolle. Nehmen Sie an, dass der Quader nun nicht reibungsbehaftet ist und geben Sie Ihre Lösung in Abhängigkeit von x_1 und ϕ_2 an. *Hinweis: Die Lösung der Differentialgleichungen wird nicht benötigt.* [6 Punkte]
- (g) Wie bekommt man aus diesen Differentialgleichungen die statischen Gleichungen aus dem Problem 3(d) (ohne Reibung)? Bestimmen Sie M aus den statischen Gleichungen mit den anderen bekannten Größen. [2 Punkte]