

# Technische Mechanik

## Basisprüfung

7. August 2017, 09:00 – 11:00

Dr. Stephan Kaufmann

Sommer 2017

Name:

Vorname:

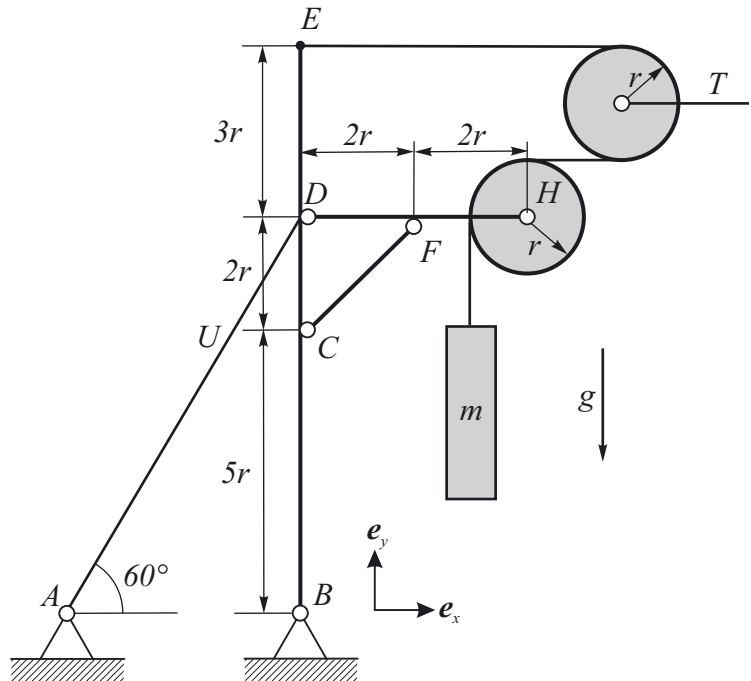
ETH-Nummer:

 Studiengang:  
 D–

	Aufgabe 1	Aufgabe 2	Aufgabe 3	Aufgabe 4	Punkte	Punkte	Note
1. Korrektur							
Assistent							
2. Korrektur							
Assistent							

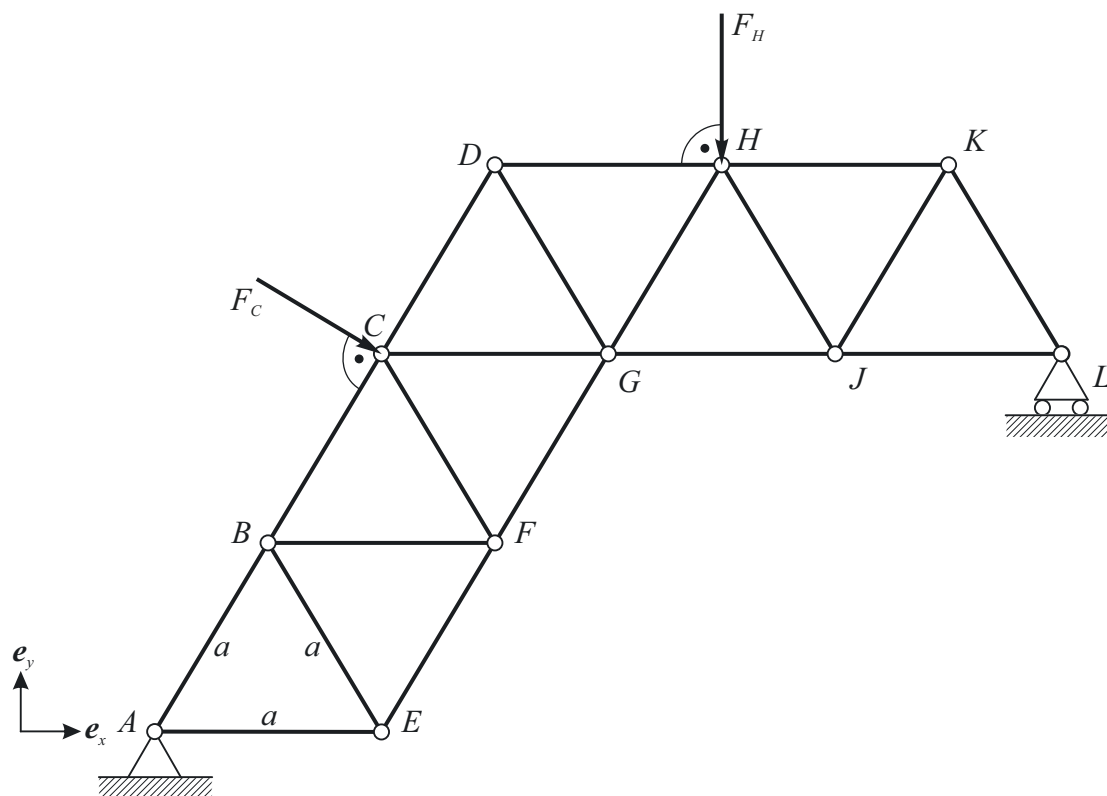
### Aufgabe 1 (19 Punkte)

Fahrleitungen für Züge werden mit dem dargestellten Mechanismus gespannt. Dabei ist ein Ende der Fahrleitung  $T$  mit einer sich frei drehbaren Rolle zentrisch verbunden. Ein Seil ist in  $E$  am Mast  $BE$  befestigt, wird über die Fahrleitungsrolle und eine zweite Rolle geführt und mit einer Last (Masse  $m$ ) gespannt. Die zweite Rolle ist zentrisch und frei drehbar auf dem Balken  $DH$  gelagert. Der Balken  $DH$  ist im Punkt  $D$  gelenkig mit dem Mast verbunden. Der Balken  $CF$ , der gelenkig mit dem Mast und Balken  $DH$  verbunden ist, dient als Abstützung für den Balken  $DH$ . Der Mast ist in  $B$  gelenkig gelagert und mit einem in  $D$  befestigten Seil  $U$  abgespannt. Alle Balken, Seile und Rollen sind masselos, die Gelenke reibungsfrei modelliert.



- Schneiden Sie die sechs Starrkörper und die Seile frei und führen Sie alle möglichen Lagerreaktionen und Seilkräfte ein. [5 Punkte]
- Berechnen Sie die Lagerreaktionen in den Punkten  $B$  bis  $H$  und die Kräfte, die auf das Fahrleitungsseil  $T$  und das Abspannseil  $U$  wirken. [14 Punkte]

## Aufgabe 2 (22+2 Punkte)



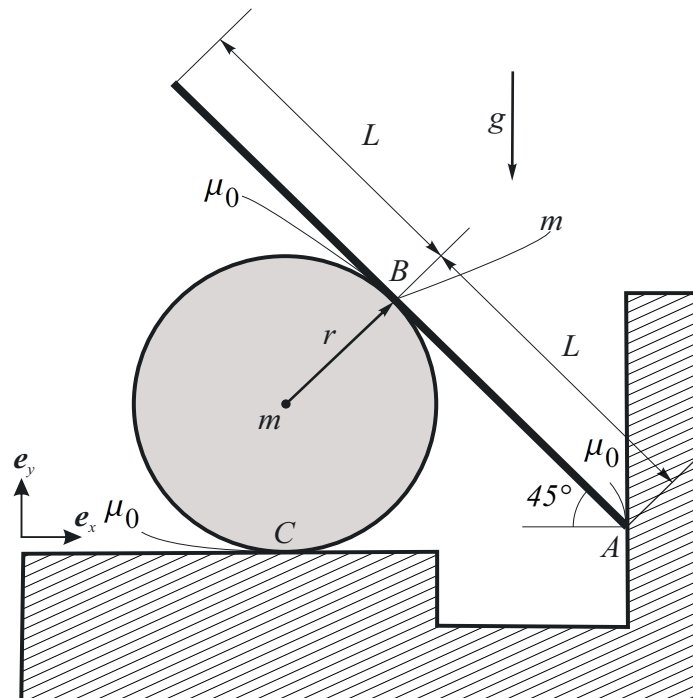
Ein Tragwerkselement wird wie oben skizziert als ideales, ebenes Fachwerk aus masselosen Stäben der Länge  $a$  modelliert. Die Stäbe sind gelenkig und reibungsfrei miteinander verbunden. In der zu untersuchenden Situation greifen in den Knoten  $C$  und  $H$  die Lasten  $F_C$  und  $F_H$  in die eingezeichneten Richtungen an.

Im Folgenden sollen zwei Stabkräfte mithilfe des Prinzips der virtuellen Leistungen berechnet werden. Entfernen Sie dafür den jeweiligen Stab und bestimmen Sie den zulässigen momentanen Bewegungszustand des so entstandenen Mechanismus. Zeichnen sie alle relevanten Geschwindigkeiten und Kräfte im Skizzenblatt ein, entweder komponentenweise oder mit eindeutig angegebenen Richtungen und Winkeln.

**Bemerkung:** Die Aufgabenteile a) und b) können unabhängig voneinander gelöst werden.

- Bestimmen Sie die Stabkraft im Stab  $AB$ . Ist es eine Zug- oder Druckkraft? [11 Punkte]
- Bestimmen Sie die Stabkraft im Stab  $DG$ . Ist es eine Zug- oder Druckkraft? [11 Punkte]
- Bonusaufgabe zu Aufgabe b): Bestimmen Sie die Momentanzentren der Stäbe  $CD$  und  $DH$ . [2 Punkte]

### Aufgabe 3 (22 Punkte)



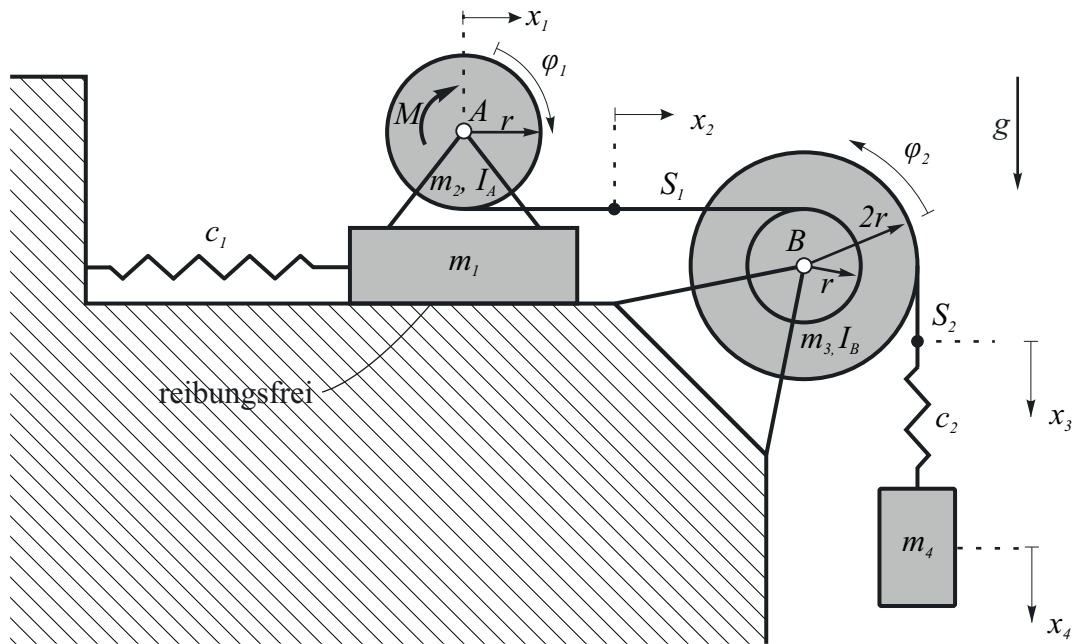
Ein homogener Zylinder (Radius  $r$ , Masse  $m$ ) liegt wie skizziert in  $C$  auf einer horizontalen Unterlage. Ein homogener, um  $45^\circ$  geneigter Balken (Länge  $2L$ , Masse  $m$ ) liegt in  $B$  zentrisch auf diesem Zylinder und hat an seinem rechten Ende  $A$  Kontakt mit einer vertikalen Wand. Bei allen Bindungen wirkt Haftreibung (Haftreibungskoeffizient  $\mu_0$ , Rollwiderstandslänge  $\mu_2 = 0$ ). Das System ist eben modelliert, die Erdbeschleunigung  $g$  wirkt senkrecht zur Unterlage.

- a) Bestimmen Sie alle Reibungs- und Normalkräfte zwischen dem Zylinder und der Unterlage, dem Zylinder und dem Balken sowie zwischen dem Balken und der vertikalen Wand.

[15 Punkte]

- b) Welche Voraussetzungen muss  $\mu_0$  erfüllen, damit Ruhe herrschen kann? Welches ist der kritischste Kontakt? [7 Punkte]

#### Aufgabe 4 (18 Punkte)



Ein Motorblock (Masse  $m_1$ ) bewegt sich reibungsfrei auf einer horizontalen Ebene. Er ist an seinem linken Ende über eine Feder (Federkonstante  $c_1$ ) mit einer Wand verbunden. Auf dem Motorblock ist reibungsfrei eine Seilspule (Radius  $r$ , Masse  $m_2$ , Massenträgheitsmoment  $I_A$ ) angebracht. Das Ende des um die Spule gewickelten Seiles ist mit der inneren Stufe einer Stufenrolle (Radien  $r$  und  $2r$ , Masse  $m_3$ , Massenträgheitsmoment  $I_B$ ) verbunden. Die Stufenrolle ist starr montiert und dreht reibungslos. Auf der äusseren Stufe der Stufenrolle ist wiederum ein Seil befestigt, welches über eine Feder (Federkonstante  $c_2$ ) mit einem Quader (Masse  $m_4$ ) verbunden ist. Ein Motor übt ab dem Zeitpunkt  $t = 0$  ein konstantes Moment  $M$  auf die Seilspule aus. Zu diesem Anfangszeitpunkt sind alle Körper in Ruhe, die eingezeichneten Koordinaten null und die Federn ungespannt.

*Weitere Annahmen:* Ebenes Modell; Seile masselos, undeformierbar, immer gespannt; Federn masselos; Seile und Federn vertikal bzw. parallel zur Unterlage; Kontakte zwischen Seilen und Rollen ohne Schlupf. Motorblock kann nicht kippen.

- Bestimmen Sie den Freiheitsgrad des Systems. [1 Punkt]
- Schneiden Sie den Motorblock sowie den Quader und die beiden Rollen einzeln frei und führen Sie alle relevanten Kräfte und Momente ein. [4 Punkte]
- Stellen Sie die Bewegungsdifferentialgleichungen der einzelnen Starrkörper in Richtung der oben eingezeichneten Koordinaten auf. Verwenden Sie dabei die im Freischnitt eingeführten Kräfte. [5 Punkte]
- Geben Sie die kinematischen Relationen zwischen  $\dot{x}_1$ ,  $\dot{x}_2$  und  $\dot{\varphi}_1$  an, sowie die kinematische Relation zwischen  $\dot{x}_2$ ,  $\dot{x}_3$  und  $\dot{\varphi}_2$ . [2 Punkte]
- Bestimmen Sie die Kraftgesetze der Federn. [2 Punkte]
- Eliminieren Sie die Feder- und Bindungskräfte aus den Bewegungsdifferentialgleichungen und geben Sie deren reduzierte Form in den Koordinaten  $x_1$ ,  $x_2$  und  $x_4$  an. [4 Punkte]