

# Übungsaufgaben

Mechanik

Kurstufe

---

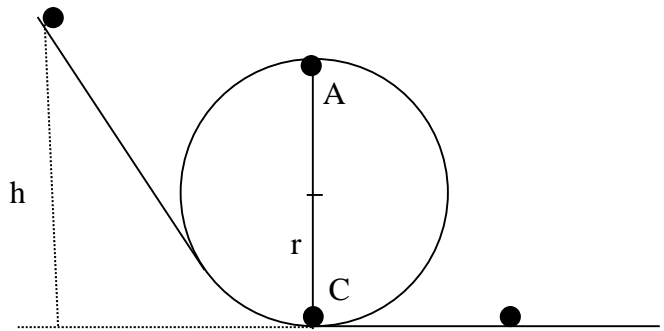
## Arbeit, Energie und Impuls II (Energieumwandlungen)

23 Aufgaben

mit ausführlichen Lösungen  
(36 Seiten – Datei: Arbeit-Energie-Impuls\_2\_Lsg)

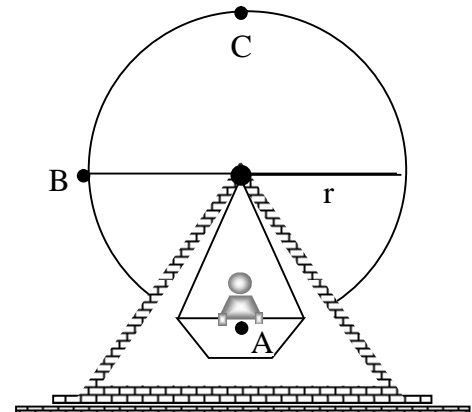
Eckhard Gaede

1. In einer Zeitung wurde über eine Achterbahn berichtet:  
Der Zug wird durch einen Kettenaufzug langsam auf  $h_S = 30,0 \text{ m}$  Höhe transportiert. Von dort geht es auf Null und von dort mit  $85 \text{ km/h}$  in den  $20 \text{ m}$  hohen Looping, der eine direkte Überkopffahrt darstellt. Von dort schießt der Zug mit  $70 \text{ km/h}$  heraus..."

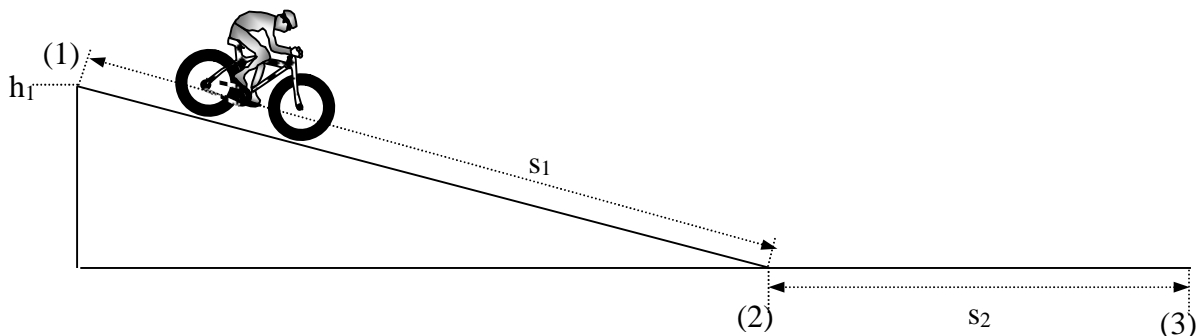


- Nehmen Sie an, dass der Zug während der Schussfahrt nur durch die Erdanziehungskraft beschleunigt wird. Mit welcher Geschwindigkeit fährt der Zug in den Looping hinein? ( Pkt. C )  
Vergleichen Sie mit der Angabe im Zeitungstext!
- Sehen Sie von Reibungskräften ab und ermitteln Sie die Mindesthöhe  $h$  des Startpunktes, aus der der Zug gestartet werden muss, damit er den Looping durchfährt, ohne im obersten Punkt A herunterzufallen!  
Vergleichen Sie wiederum mit der Angabe im Text!
- Wie groß ist die Beschleunigung des Zuges für die Höhe aus b) im Punkt A ? Warum fällt der Zug herunter, wenn seine Bahngeschwindigkeit im Punkt A  $0 \text{ m/s}$  beträgt?
- Zeigen Sie, dass bei der Fahrt aus der Höhe  $h_S$  die auf den Zug im Punkt A wirkende Beschleunigung gleich der Fallbeschleunigung  $g$  ist!

2. Bei einer Überschlagschaukel beträgt der Radius der Kreisbahn  $r = 2,5 \text{ m}$ . Die Masse der Person beträgt  $70 \text{ kg}$ , die der Schaukel  $20 \text{ kg}$ .
- Wie groß muss die Geschwindigkeit der Schaukel im Punkt C mindestens sein, damit die Person nicht aus der Schaukel fällt?
  - Wie groß sind unter den Bedingungen von a) die Geschwindigkeiten und die resultierenden Kräfte an den Stellen A und B?



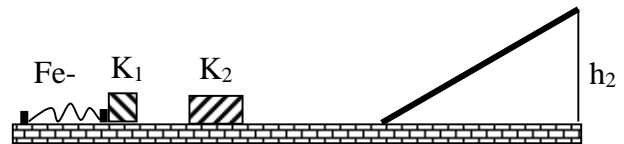
3. Ein Fahrradfahrer rollt (ohne eigenen Kraftaufwand - Modell Punktmasse) auf einem gleichmäßig abfallenden Straßenabschnitt herunter. Im Punkt (1) in der Höhe  $h_1 = 25,0 \text{ m}$  beträgt seine Geschwindigkeit  $v_1 = 6,0 \text{ m/s}$ . Die abfallende Strecke hat eine Länge von  $s_1 = 250,0 \text{ m}$ .



- In welcher Höhe  $h_0$  ist er aus der Ruhe gestartet (Reibung vernachlässigt)?
- Welche Geschwindigkeit hat der Fahrradfahrer in (2), wenn er ohne Antrieb und ohne Reibung herunterrollt?

- c) Die Reibungszahl betrage nun  $\mu = 0,08$  und sei entlang der Strecke von (1) bis (3) konstant. Aus welcher Höhe ist der Fahrer gestartet? Welche Geschwindigkeit hat der Fahrradfahrer in (2)? Wie lang ist die Strecke  $s_2$ , wenn der Fahrradfahrer in (3) zum Stillstand kommen soll? Wie groß sind auf der geneigten Ebene und auf der horizontalen Fahrbahn die auf den Körper wirkenden Beschleunigungen? Stellen Sie die Bewegung von (1) bis (3) in
- einem  $a(t)$ -Diagramm,
  - einem  $v(t)$ -Diagramm
  - einem  $s(t)$ -Diagramm grafisch dar!

4. Ein Körper  $K_1$  der Masse  $m_1 = 1,0$  kg wird durch eine gespannte Feder (Federkonstante  $1 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$ ), die um  $50$  cm zusammengedrückt ist, auf reibungsfreier horizontaler Ebene auf die Anfangsgeschwindigkeit  $v_1$  beschleunigt. Der Körper  $K_1$  stößt anschließend gegen einen ruhenden Körper  $K_2$  der Masse  $m_2 = 5,0$  kg.



Skizze (nicht maßstäblich)

- a) Auf welche Geschwindigkeit  $v_1$  wird der Körper  $K_1$  beschleunigt?
- b) In welche Richtung und mit welcher Geschwindigkeit bewegen sich beide Körper nach dem vollkommen elastischen zentralen Stoß?
- c) Welche Geschwindigkeiten der beiden Körper ergeben sich nach einem vollkommen unelastischen zentralen Stoß?

Wie groß ist der Energieverlust?

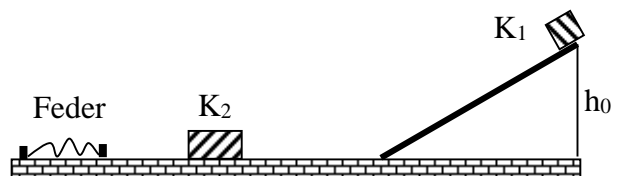
Zeigen Sie, dass sich der Energieverlust nach folgender Beziehung ergibt:

$$\Delta E = \frac{m_1}{2} \cdot v_1^2 \cdot \left( \frac{m_1}{m_1 + m_2} - 1 \right)$$

Die Körper bewegen sich auf einer geneigten Ebene mit einem Anstieg von  $15\%$  zu. In welcher Höhe kommen sie zum Stillstand?

5. Eine Holzkiste wiegt  $25$  kg. Sie befindet sich am Fuße einer Straße. Die Straße hat eine Basis  $b$  von  $50$  m. Am Anfang des Berges steht ein Schild mit der Aufschrift „ $21\%$  Steigung“. (Reibung sei vernachlässigt).
- a) Berechnen Sie die Höhe und Länge der Ebene!
  - b) Wie groß sind die Hangabtriebskraft und die Normalkraft?
  - c) Wie groß ist die verrichtete Arbeit?

6. Ein Körper  $K_1$  der Masse  $m_1 = 2,0$  kg gleitet aus der Ruhe aus einer Höhe  $h_0 = 50$  cm eine geneigte Ebene (Reibungszahl  $\mu = 0,1$ ) mit einem Anstieg von  $15\%$  herunter. Der Körper  $K_1$  bewegt sich anschließend auf einer reibungsfreien horizontalen Ebene und stößt gegen einen ruhenden Körper  $K_2$  der Masse  $m_2 = 4,0$  kg.



Skizze (nicht maßstäblich)

- a) Auf welche Geschwindigkeit  $v_1$  wird der Körper  $K_1$  bis zum Fuß der geneigten Ebene beschleunigt?
- b) In welche Richtung und mit welcher Geschwindigkeit bewegen sich beide Körper nach dem vollkommen elastischen zentralen Stoß?
- c) Welche Geschwindigkeiten der beiden Körper ergeben sich nach einem vollkommen unelastischen zentralen Stoß? Wie groß ist der Energieverlust?

Zeigen Sie, dass sich der Energieverlust nach folgender Beziehung ergibt:

$$\Delta E = \frac{m_1}{2} \cdot v_1^2 \cdot \left( \frac{m_1}{m_1 + m_2} - 1 \right)$$

Die Körper bewegen auf eine gespannte Feder (Federkonstante  $100 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$ ) zu. Um welche Strecke wird die Feder zusammengedrückt ist?

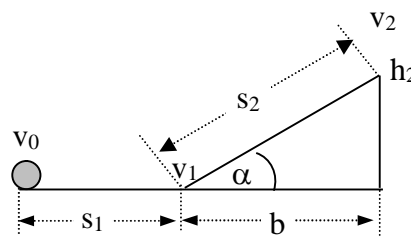
7. Eine Holzkiste wiegt  $25 \text{ kg}$ . Sie befindet sich am Ende einer Ebene in B, die eine Steigung von  $21\%$  besitzt.
  - a) Berechnen Sie die Höhe und Länge der geneigten Ebene!
  - b) Wie groß ist die Reibungszahl, wenn die Kiste mit konstanter Geschwindigkeit die Ebene herabgleitet?
  - c) Wie groß ist die dabei verrichtete Arbeit (Lösung über drei Wege)?
8. Eine Feder  $D = 130 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$  wird mit der Kraft  $15 \text{ N}$  gespannt.
  - a) Wie groß ist die Spannenergie der Feder?
  - b) Die Feder beschleunigt beim Entspannen einen Wagen der Masse  $m = 900 \text{ g}$ , der reibungsfrei auf einer horizontalen Bahn läuft. Welche Geschwindigkeit erlangt der Wagen?
  - c) Anschließend rollt der Wagen reibungsfrei eine schiefe Ebene mit einem Neigungswinkel  $\alpha = 30^\circ$  hinauf. Welche Strecke legt er auf dieser noch zurück?
9. Ein Körper der Masse  $m = 1,5 \text{ kg}$  gleite aus der Ruhe eine geneigte Ebene der Höhe  $h_1 = 10,0 \text{ m}$  und der Länge  $\ell = 20,0 \text{ m}$  herunter. Die Reibungszahl betrage  $\mu = 0,5$ . Welche Geschwindigkeit erreicht der Körper am Fuß der geneigten Ebene?
10. Ein  $15 \text{ t}$  schwerer LKW fährt auf ebener Straße mit einer Geschwindigkeit von  $75 \text{ km h}^{-1}$ . Vor einer Rast lässt der Fahrer den LKW ausrollen. Die Fahrwiderstandszahl beträgt durchschnittlich  $0,07$  und sei in allen Teilaufgaben konstant.
  - a) Welchen Weg legt der LKW auf ebener Straße bis zum Stillstand zurück?
  - b) Um wie viel Meter würde sich dieser Weg verringern, wenn der Fahrer den LKW nicht auf ebener Straße, sondern auf einer gleichmäßig ansteigenden Straße mit einem Anstieg von  $8\%$  ausrollen lassen würde?
  - c) Wie verändert sich der Weg aus Aufgabe b), wenn der LKW bei sonst gleichen Bedingungen doppelt so schwer ist?  
Begründen Sie Ihre Aussage.
11. Ein Skateboardfahrer startet aus der Ruhe im Punkt A. (Reibung werde vernachlässigt.)



- a) Beschreiben Sie die Energieumwandlungen vom Punkt A bis zum Punkt D.
- b) Welche Geschwindigkeit erreicht der Fahrer bei reibungsfreier Abfahrt in B?
- c) In welcher Höhe  $h_2$  besitzt er bei reibungsfreier Fahrt eine Geschwindigkeit von  $4,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ?
- d) Unter Berücksichtigung der Reibung auf der Strecke  $\overline{CD}$  erreicht der Fahrer nur noch den Punkt D, der  $0,5 \text{ m}$  unterhalb von A liegt..

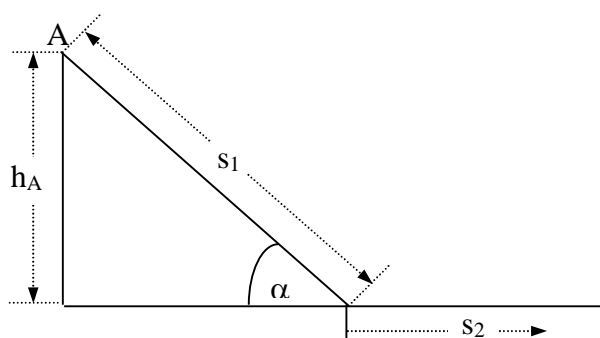
Wie groß ist die durchschnittliche Reibungszahl (wird als konstant angenommen), wenn die ansteigende Strecke bis D einen Anstiegswinkel von  $5^\circ$  besitzt?

12. Ein Körper gleitet auf einer horizontalen  $s_1 = 5,00$  m langen horizontalen Ebene mit der Anfangsgeschwindigkeit  $v_0 = 20,00 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Anschließend gelangt der Körper an eine geneigte Ebene der Länge  $s_2 = 30,00$  m, die einen Höhenunterschied von  $h_2 = 10,00$  m überwindet.



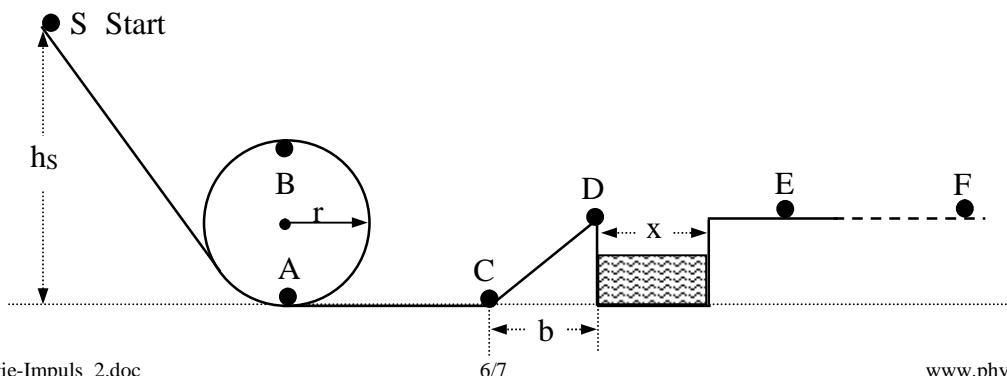
- a) Der Vorgang werde als reibungsfrei betrachtet. Wie groß sind die Geschwindigkeiten  $v_1$  am Fuß der geneigten Ebene und  $v_2$  am Ende der geneigten Ebene?
- b) Entlang der geneigten Ebene wirke nun eine Reibungskraft. Wie groß ist die Reibungszahl, wenn der Körper genau am Ende der geneigten Ebene zum Stillstand kommt? Wie groß ist die auf den Körper wirkende Beschleunigung?

13. Beim Rangieren wird ein Güterwagen abgestoßen und rollt danach einen  $30$  m langen, um  $5^\circ$  geneigten Ablaufberg hinab. Seine Geschwindigkeit beträgt am oberen Ende der Ablaufstrecke  $v_A = 2,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Berechnen Sie, wie weit der Wagen auf der anschließenden horizontalen Strecke noch rollen kann. Die auftretenden Reibungskräfte (wie Gleitreibung, Rollreibung) werden durch den Fahrwiderstand mit der Fahrwiderstandszahl  $\mu = 0,006$  berücksichtigt.

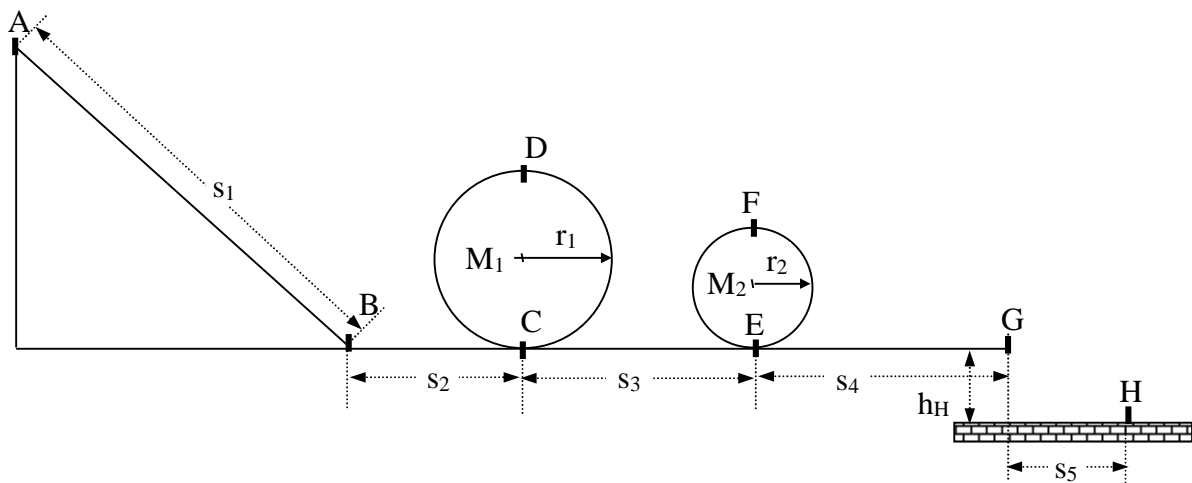


14. Ein Körper der Masse  $m = 10 \text{ kg}$  wird mit der Anfangsgeschwindigkeit  $v_1 = 20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  eine schiefe Ebene mit dem Neigungswinkel  $30^\circ$  aufwärts gestoßen. Wie hoch und wie weit kommt er
- a) ohne Reibung,  
 b) bei  $\mu_G = 0,40$ ?  
 c) Mit welcher Geschwindigkeit passiert er beim Zurückgleiten die Abstoßstelle mit bzw. ohne Reibung?
15. Ein Körper ( $100 \text{ kg}$ ) wird eine  $20 \text{ m}$  lange schiefe Ebene, die  $10 \text{ m}$  Höhenunterschied überwindet, mit der Anfangsgeschwindigkeit von  $20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  hochgestoßen.
- a) Wie groß ist die Gleitreibungszahl, wenn der Körper am Ende der schiefen Ebene zur Ruhe kommt?  
 b) Welche Geschwindigkeit hat er in halber Höhe?
16. Auf einer um  $\alpha = 45^\circ$  gegen die Horizontale geneigten schiefen Ebene bewegt sich eine Masse  $m$  aufwärts. Ihre Anfangsgeschwindigkeit sei  $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , die Reibungszahl  $\mu = 0,2$ . Welche Geschwindigkeit  $v$  hat sie, wenn sie zum Ausgangspunkt zurückkehrt?
17. Ein Körper gleitet reibungsfrei eine geneigte Ebene (Neigungswinkel  $15^\circ$ ) hinauf. Die Anfangsgeschwindigkeit beträgt  $9,91 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .
- a) Wie hoch kommt der Körper und welchen Weg legt er dabei zurück?  
 b) Wie lange ist der Körper unterwegs?  
 c) Nennen Sie einen anderen Prozess, bei dem der Körper bei gleicher Ausgangsgeschwindigkeit die gleiche Höhe erreicht! Begründen Sie energetisch!

- d) Der Körper soll nun aus der Ruhe diese geneigte Ebene aus einer Höhe von 5,00 m hinab gleiten. Dabei tritt Reibung auf und er erreicht eine Geschwindigkeit von  $5,00 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Bestimmen Sie die Gleitreibungszahl!
18. Ein Güterzug ( $m = 400 \text{ t}$ ) erhöht auf einer Strecke von 1,8 km Länge und 10 % Steigung seine Geschwindigkeit von  $30 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  auf  $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  (Rollreibungszahl 0,004).
- In welcher Zeit erreicht der Zug die Geschwindigkeitserhöhung und welche (konstante) Beschleunigung erfährt er dabei?
  - Wie groß ist die aufgewendete Reibungsarbeit?  
Um welchen Betrag erhöhen sich die potenzielle und die kinetische Energie des Zuges?  
Welche Gesamtarbeit wird durch den Zug verrichtet?
19. Ein Körper der Masse 3 kg gleitet aus der Ruhe eine geneigte Ebene (Neigungswinkel  $20^\circ$ ) reibungsfrei aus einer Höhe von 50 cm hinab.
- Welche Endgeschwindigkeit erreicht er? Ändert sich diese, wenn bei gleicher Höhe der Neigungswinkel vergrößert wird? Begründen Sie!
  - Bestimmen Sie die Endgeschwindigkeit, wenn der gleiche Körper die geneigte Ebene bei einer Gleitreibungszahl von 0,15 hinabgleitet!  
Ändert sich im Fall mit Reibung die Endgeschwindigkeit, wenn bei gleicher Höhe der Neigungswinkel vergrößert wird? Begründen Sie!
20. Eine Laderampe befindet sich 1,4 m über dem Boden. Von dort führt eine schiefe Ebene (Neigungswinkel  $45^\circ$ ) zum Boden. Ein Klotz der Masse 2,5 kg wird oben an dieser schiefen Ebene losgelassen. Während des Heruntergleitens herrscht ein Reibungskoeffizient von 0,15. Anschließend rutscht der Körper reibungsfrei horizontal weiter, bis er auf eine Feder trifft und diese um 15 cm zusammendrückt. Wie groß ist die Federkonstante dieser Feder?
21. Ein Körper gleitet eine geneigte Ebene hinauf. Seine Anfangsgeschwindigkeit beträgt  $4 \text{ ms}^{-1}$ . Wie hoch kommt der Körper, wenn die Reibungszahl 0,26 beträgt und die Ebene einen Neigungswinkel von  $7^\circ$  aufweist? Die Masse des Körpers beträgt 2 kg.
22. Eine Punktmasse  $m = 50,0 \text{ kg}$  startet aus der Ruhelage in der Höhe  $h_S = 15,00 \text{ m}$ . Sie bewegt sich durch ein Looping mit dem Radius  $r = 4,00 \text{ m}$  und anschließend reibungsfrei weiter auf einer geneigten Ebene ( $\alpha = 45^\circ$ ) der Breite  $b = 3,0 \text{ m}$ . Nach Punkt D „überfliegt“ die Punktmasse einen Fluss der Breite  $x = 4,56 \text{ m}$ .
- Berechnen Sie die Geschwindigkeiten in den Punkten A, B, C, D und E!
  - Welche Kraft übt die Punktmasse in den Punkten A und B auf die Kreisbahn aus?
  - Berechnen Sie die Wurfweite und die maximale Flughöhe!
  - Zwischen E und F wird der Körper durch Gleitreibung bis zum Stillstand abgebremst. Zeigen Sie, dass die Beziehung  $l_{\overline{EF}} = \frac{v_{E, \text{waagerecht}}^2}{2 \cdot \mu \cdot g}$  gilt und berechnen Sie die Länge der Strecke  $\overline{EF}$ , wenn die Gleitreibungszahl  $\mu = 0,4$  beträgt!
  - Geben Sie die Energieumwandlungen vom Start bis zum Punkt F an!



23. Ein Körper der Masse 5 kg gleitet aus der Ruhe eine geneigte Ebene (siehe Abbildung) der Höhe  $h_A$  unter einem Winkel von  $30^\circ$  herunter. Nach anschließender  $s_2 = \overline{BC} = 10\text{ m}$  langer waagerechter Laufstrecke durchfährt er eine Kreisbahn  $\overline{CDC}$  mit dem Radius  $r_1 = 2,0\text{ m}$ , legt anschließend den Weg  $s_3 = 15\text{ m}$  zurück und durchfährt den 2. Kreis  $\overline{EFE}$  mit dem Radius  $r_2$  und erreicht G mit  $s_4 = \overline{EG} = 20\text{ m}$ . Am Ende G der waagerechten Bahn fällt der Körper auf den  $h_H = 50\text{ cm}$  tiefer liegenden Fußboden. Die Bewegung verlaufe von A bis E (Einfahrt in den 2. Kreis) reibungsfrei. Im Kreis  $M_2$  beträgt die durchschnittliche Reibungskraft 10% der Gewichtskraft und von E bis zum Ende betrage die konstante Reibungszahl  $\mu = 0,20$ .



- Wie groß muss die Abfahrts Höhe  $h_A$  mindestens gewählt werden, damit der Körper die Kreisbahn in D gefahrlos durchfahren kann?
- Wie groß darf der Radius  $r_{2,\text{max}}$  der zweiten Kreisbahn höchstens sein, damit der Körper auch die 2. Kreisbahn gefahrlos durchfahren kann?
- Aus Sicherheitsgründen wurde für die zweite Kreisbahn ein kleinerer Radius gewählt. Er beträgt nur  $r_2 = 1,51\text{ m}$ .

Wo und mit welcher Geschwindigkeit trifft der Körper auf dem Fußboden auf?

- Bei waagerechter Strecke  $\overline{EG}$  sei die Geschwindigkeit des Körpers in G:  $v_G = 1,0\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

Um welchen Winkel  $\gamma$  und um wie viel Prozent müsste die Strecke  $\overline{EG}$  angehoben werden, wenn der Körper im Punkt G zur Ruhe kommen soll?

Um welche Höhe  $h_G$  muss die Ebene angehoben werden?

