



# Engaging Physics Tutoring

Clicker Runde

Lektion 7 – Arbeit. Energie. Leistung.

# Konzepte

## Energieerhaltung

- Die Arbeit welche an einem System verrichtet wird entspricht der Menge zugeführter Energie. (1,6)
- Energieerhaltung sorgt dafür, dass die Summe aus potentieller Energie und kinetische Energie stets erhalten bleibt. (3)
- Potentielle Energie kann in kinetische Energie umgewandelt werden und umgekehrt. (2)

## Energieformen

- Die potentielle Energie ist proportional zur Masse und zur Höhe. (5)
- Die kinetische Energie ist proportional zur Masse und zum Quadrat der Geschwindigkeit. (4, 7, 8)

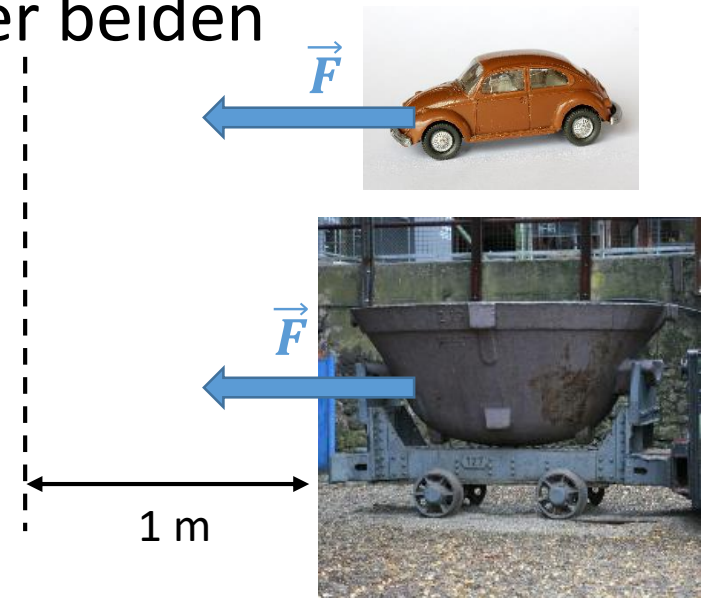
## Leistung

- Die Leistung ist die geleistete Arbeit pro Zeit. (9)

# Frage 1

Ein kleines Plastikauto und ein schwerer Eisenwagen werden beide mit derselben Kraft  $F$  über 1 m beschleunigt. Nachdem die Kraft aufhört zu wirken, vergleicht man die kinetische Energie  $E_{kin}$  der beiden Fahrzeuge. Welche Aussage gilt?

- a)  $E_{kin}$  des Plastikautos ist grösser.
- b)  $E_{kin}$  des Eisenwagens ist grösser.
- c)  $E_{kin}$  der beiden Fahrzeuge ist gleich.
- d) Über  $E_{kin}$  kann man nichts sagen, sie hängt von der Kraft ab.



# Frage 1

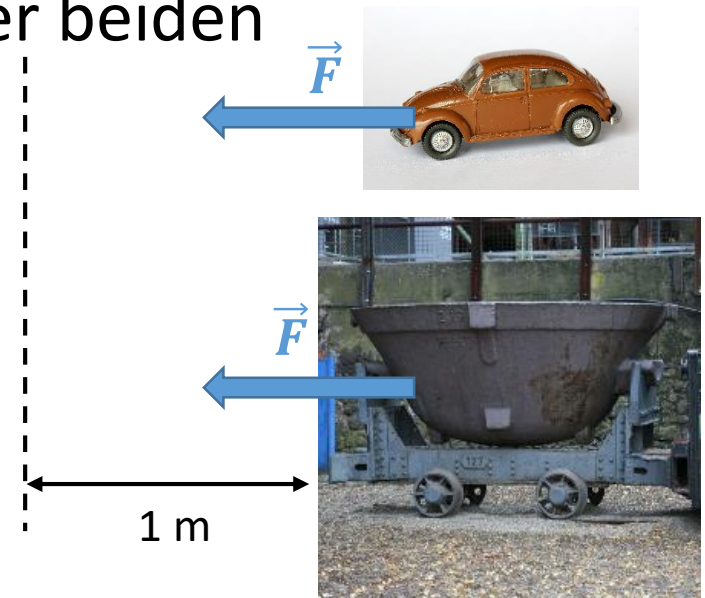
Der Zuwachs an Energie ist gegeben durch die Arbeit, welche an den Fahrzeugen geleistet wird

$$\Delta E = \Delta W = \int \vec{F} \cdot d\vec{x} = F\Delta x$$

In diesem Fall sind  $F$  und  $\Delta x$  für beide gleich  $\rightarrow$  gleicher Zuwachs an  $E_{kin}$

Ein kleines Plastikauto und ein schwerer Eisenwagen werden beide mit derselben Kraft  $F$  über 1 m beschleunigt. Nachdem die Kraft aufhört zu wirken, vergleicht man die kinetische Energie  $E_{kin}$  der beiden Fahrzeuge. Welche Aussage gilt?

- a)  $E_{kin}$  des Plastikautos ist grösser.
- b)  $E_{kin}$  des Eisenwagens ist grösser.
- c)  $E_{kin}$  der beiden Fahrzeuge ist gleich.
- d) Über  $E_{kin}$  kann man nichts sagen, sie hängt von der Kraft ab.



## Frage 2



Ein Hockey-Puck rutscht reibungsfrei auf einer Eisfläche und trifft auf einen Eis-Hügel. Der Puck ist 4 m/s schnell und der Hügel 1 m hoch. Schafft der Puck es auf den Hügel?

- a) Ja.
- b) Nein.
- c) Kann man nicht sagen ohne die Masse des Pucks zu kennen.
- d) Kann man nicht sagen ohne den Winkel des Hügels zu kennen.

## Frage 2



Ein Hockey-Puck rutscht reibungsfrei auf einer Eisfläche und trifft auf einen Eis-Hügel. Der Puck ist 4 m/s schnell und der Hügel 1 m hoch. Schafft der Puck es auf den Hügel?

a) Ja.

b) Nein.

c) Kann man nicht sagen ohne die Masse des Pucks zu kennen.

d) Kann man nicht sagen ohne den Winkel des Hügels zu kennen.

Die Frage ist, ob  $E_{kin} \geq E_{pot} \leftrightarrow \frac{mv^2}{2} \geq mgh \leftrightarrow \frac{v^2}{2} \geq gh?$

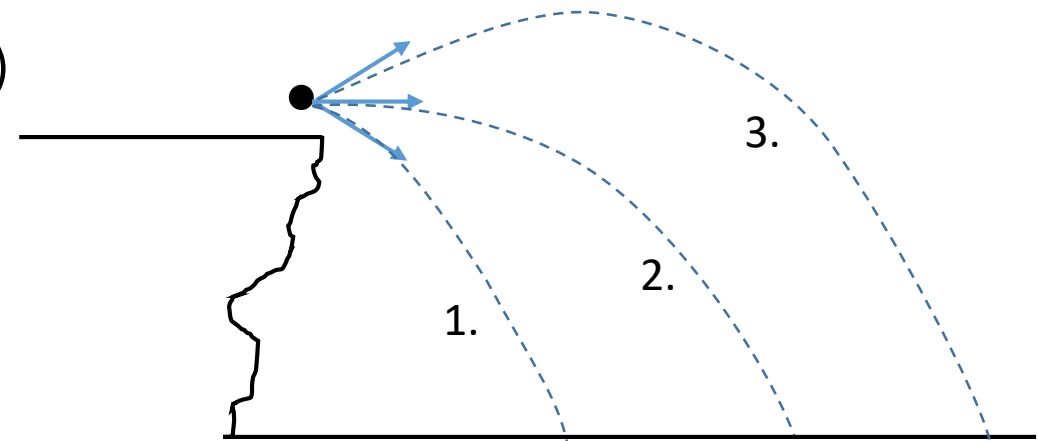
$\rightarrow 8 \frac{m^2}{s^2} \gtrsim 10 \frac{m^2}{s^2} \rightarrow$  Nein!

Merke: Masse des Pucks und Winkel des Hügels sind egal (so lange keine Reibung im Spiel ist)

# Frage 3

Drei Bergsteiger stehen an der Klippe und überlegen sich, wie sie einen Stein werfen müssten, damit er die höchste Gesamt-Geschwindigkeit beim Aufprall erreicht. Welche Flugkurve sollte der Stein ungefähr haben? Beim Abwurf hat der Stein immer Geschwindigkeit  $v_0$ .

(Tipp: Steine werfen ist gefährlich, bitte nicht nachmachen!)



- a) 1.
- b) 2.
- c) 3.
- d) Alle Steine haben die gleiche Geschwindigkeit beim Aufprall.

## Frage 3

$E_{pot}$  &  $E_{kin}$  sind fix (gleicher Startpunkt, gleiches  $v_{start}$ )  $\rightarrow E_{1,tot}(t_{start}) = mgh + \frac{mv_{start}^2}{2} = E_{2,tot}(t_{start}) = E_{3,tot}(t_{start})$ .  
Am Ende gilt  $E_{pot} = 0$  und  $E_{tot}(t_{Ende}) = E_{tot}(t_{start}) =$  wegen Energieerhaltung  $\rightarrow$   
 $E_{1,tot}(t_{Ende}) = \frac{mv_{Ende}^2}{2}$  völlig unabhängig von der Flugbahn!

Drei Bergsteiger stehen an der Klippe und überlegen sich, wie sie einen Stein werfen müssten, damit er die höchste Gesamt-Geschwindigkeit beim Aufprall erreicht. Welche Flugkurve sollte der Stein ungefähr haben? Beim Abwurf hat der Stein immer Geschwindigkeit  $v_0$ .

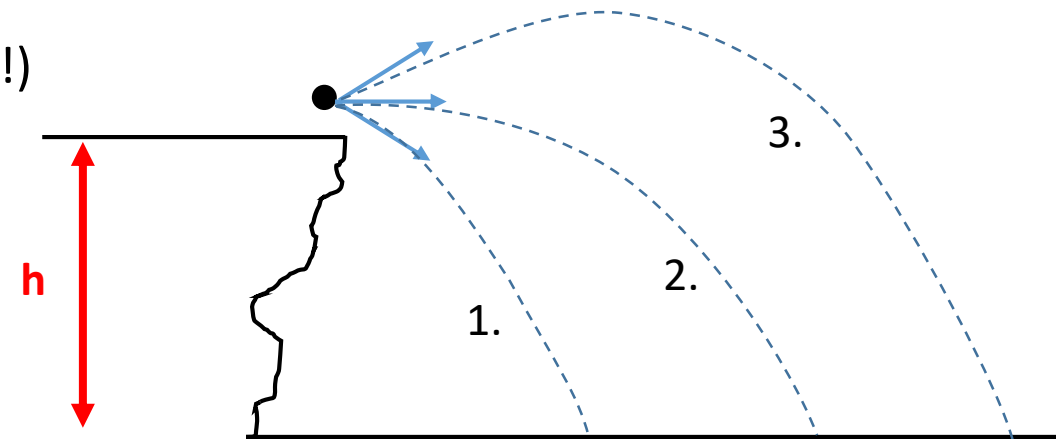
(Tipp: Steine werfen ist gefährlich, bitte nicht nachmachen!)

Intuitiv:

1. Stimmt nicht, weil der Stein zwar mehr  $v_{vertikal}$  hat, aber weniger  $v_{horizontal}$ .  
3. stimmt nicht, weil der Stein zwar am Scheitelpunkt mehr  $E_{pot}$  hat, dafür aber weniger  $E_{kin}$  ( $v_{vertikal}$  ist da ja 0).

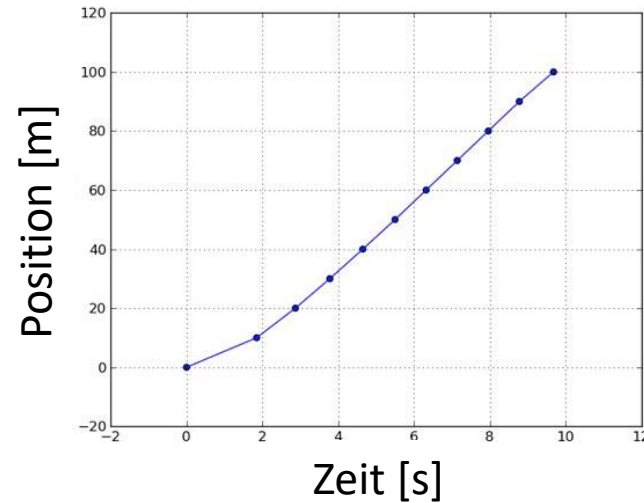
- a) 1.
- b) 2.
- c) 3.

d) Alle Steine haben die gleiche Geschwindigkeit beim Aufprall.

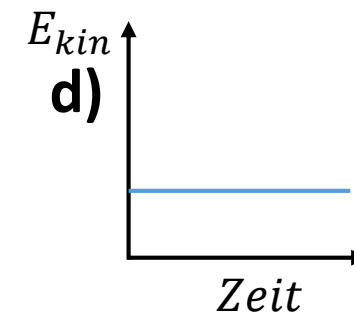
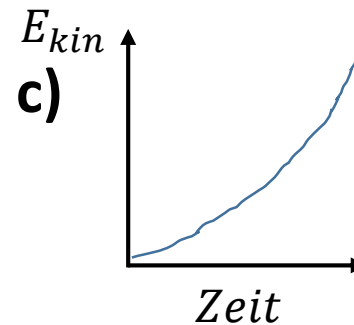
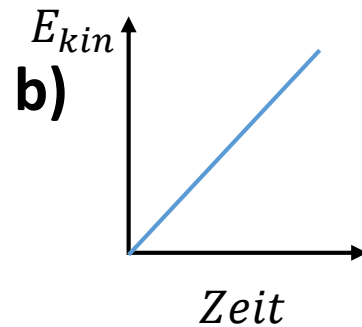
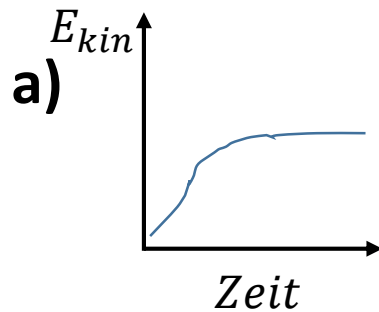




# Frage 4

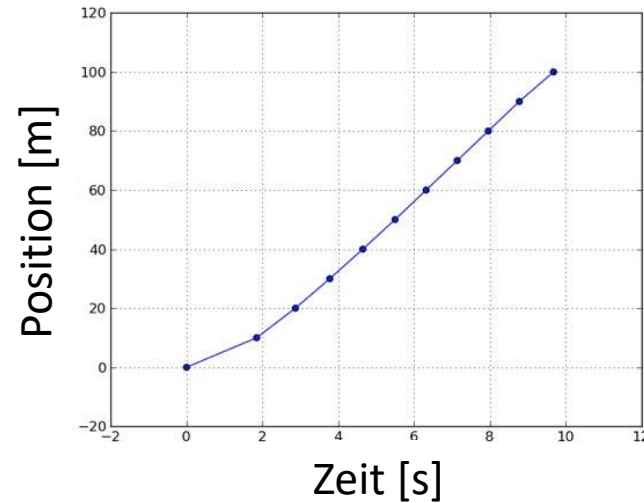


Munjinga on Fire! Ihr s-t Diagramm ist oben gezeigt. Welches Diagramm zeigt die zeitliche Entwicklung ihrer kinetischen Energie beim 100 m Sprint?

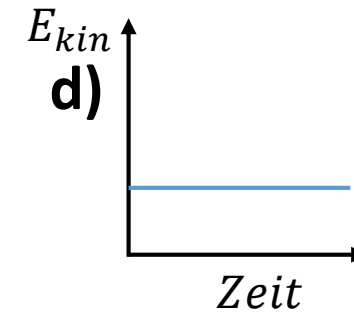
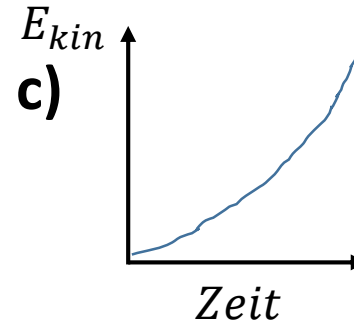
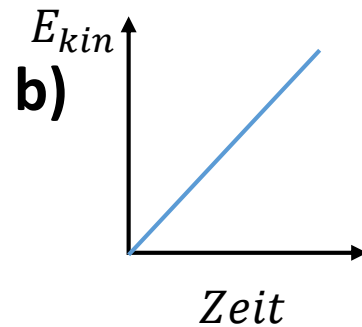
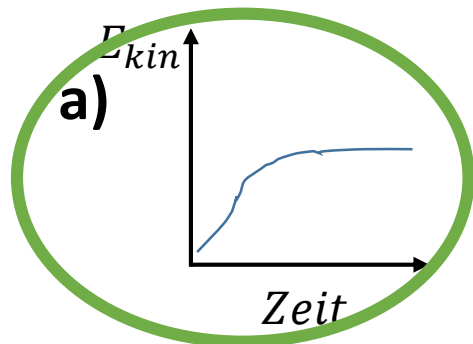


# Frage 4

- b) nicht, weil  $v$  konstant am Ende  $\rightarrow E_{kin}$  muss konstant.
- c) nicht, siehe b)
- d) nicht, weil  $v$  am Anfang nicht konstant.



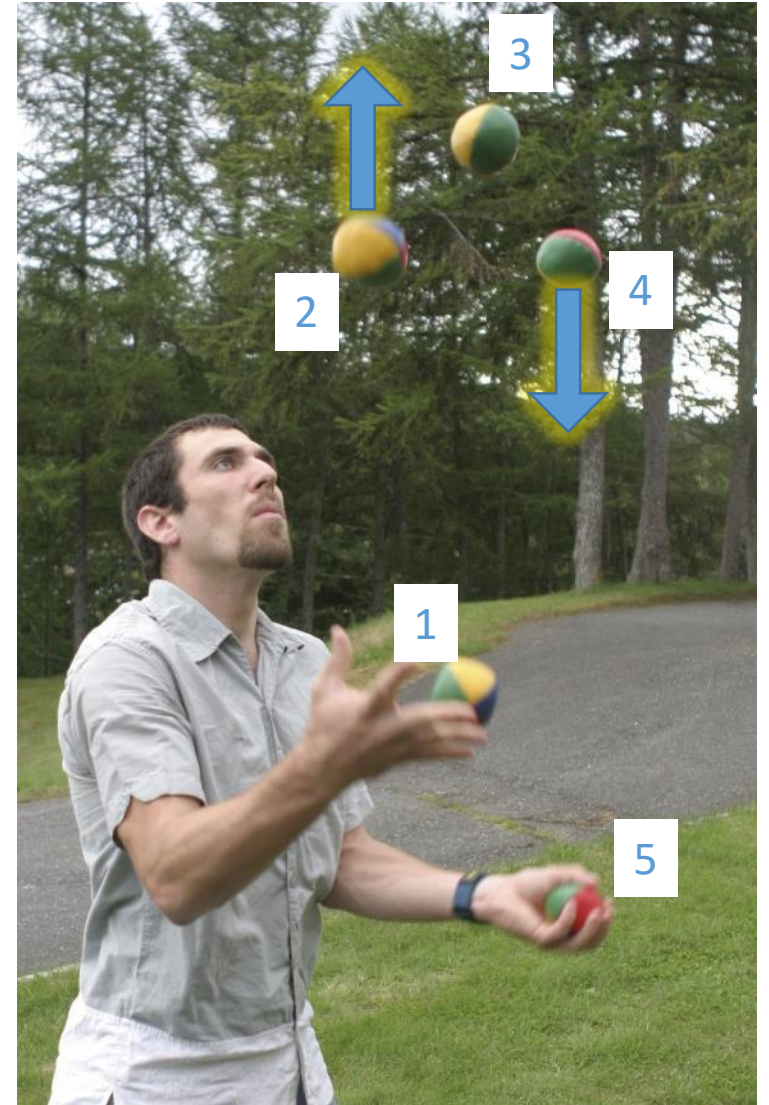
Munjinga on Fire! Ihr s-t Diagramm ist oben gezeigt. Welches Diagramm zeigt die zeitliche Entwicklung ihrer kinetischen Energie beim 100 m Sprint?



# Frage 5

Ein Jongleur jongliert mit 5 Bällen. Wie müssen auf diesem Schnappschuss die Bälle nach potentieller Energie  $E_{pot}$  sortiert werden?

- a)  $5 > 1 > 2 = 4 > 3$
- b)  $3 > 2 = 4 > 1 > 5$
- c)  $3 > 2 > 4 > 1 > 5$
- d)  $2 = 4 > 3 = 5 = 1$





# Frage 5

Ein Jongleur jongliert mit 5 Bällen. Wie müssen auf diesem Schnappschuss die Bälle nach potentieller Energie  $E_{pot}$  sortiert werden?

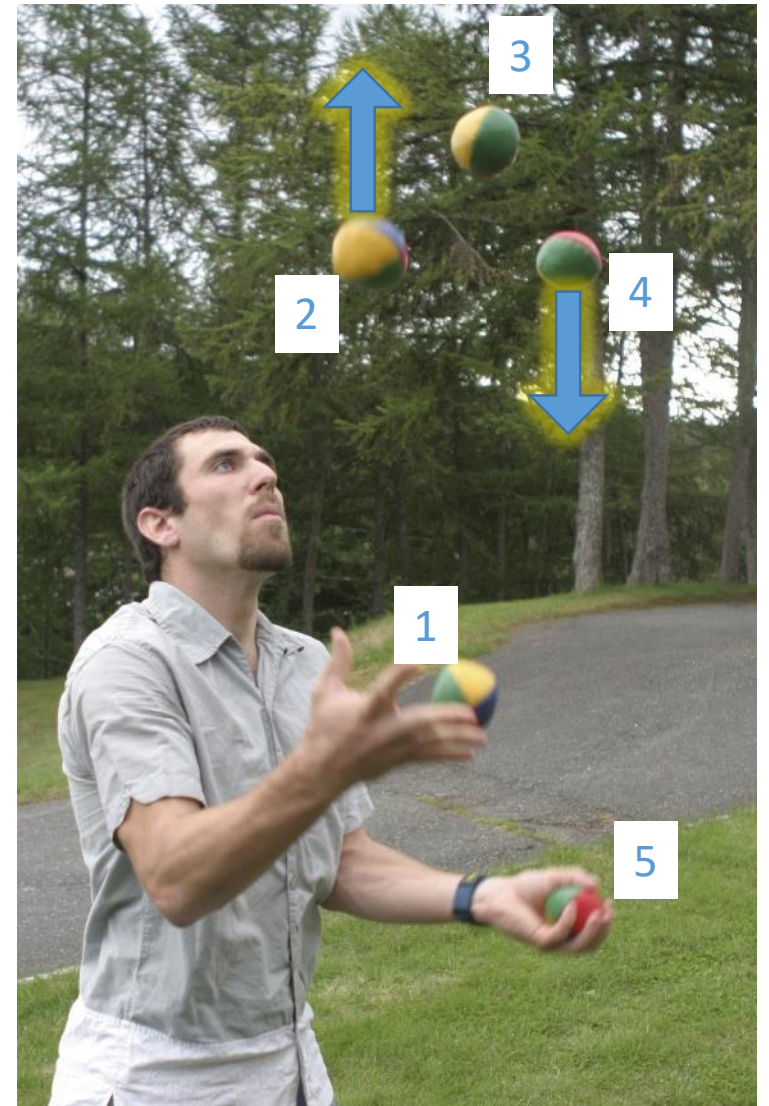
a)  $5 > 1 > 2 = 4 > 3$

b)  $3 > 2 = 4 > 1 > 5$

c)  $3 > 2 > 4 > 1 > 5$

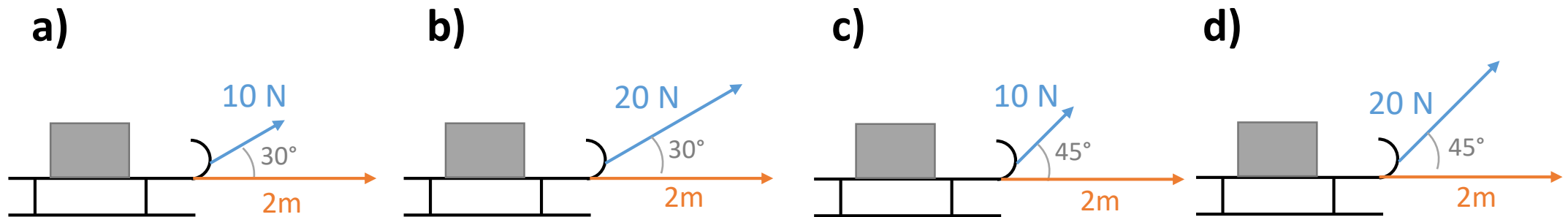
d)  $2 = 4 > 3 = 5 = 1$

- a) nicht, das wäre genau verkehrt herum.  
c) nicht, weil die Bewegungsrichtung keinen Einfluss auf  $E_{pot}$  hat.  
d) nicht, siehe c).



# Frage 6

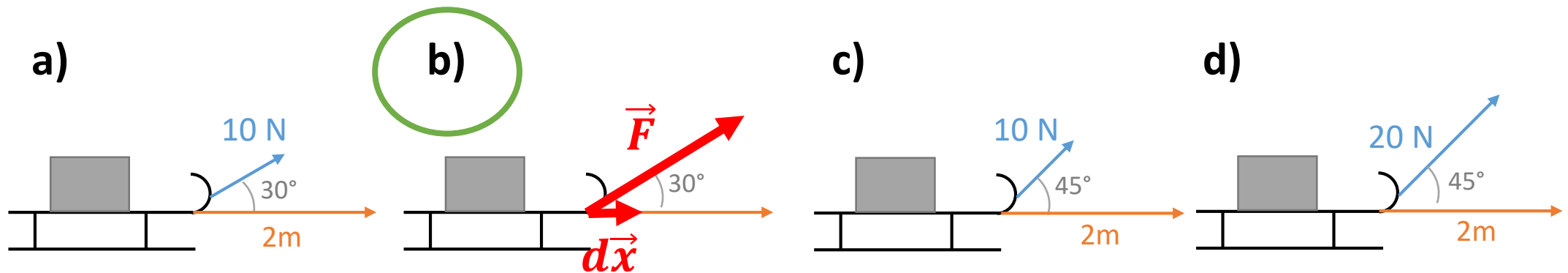
Ein Schlitten wird mit der angezeigten Kraft über 2 m hinweg gezogen (reibungsfrei). In welcher Situation hat er die grösste Endgeschwindigkeit?



# Frage 6

$\Delta E_{kin} = \Delta W = \int_0^{2m} \vec{F} \cdot d\vec{x}$  Das Skalarprodukt zwischen  $\vec{F}$  und  $d\vec{x}$  ist bei a) und b) am Grössten und bei b) ist die Kraft am grössten  $\rightarrow$  es wird am meisten Arbeit geleistet  $\rightarrow \Delta E_{kin}$  ist am grössten bei b)  $\rightarrow$  grösste Endgeschwindigkeit.

Ein Schlitten wird mit der angezeigten Kraft über 2 m hinweg gezogen (reibungsfrei). In welcher Situation hat er die grösste Endgeschwindigkeit?



# Frage 7

Im Vergleich zum/r Physikprofessor/in hat Mujinga Kambundji die halbe Masse, aber die doppelte Geschwindigkeit. Wie gross ist das Verhältnis der kinetischen Energien  $K_{Muj}/K_{Prof}$  der beiden?

- a)  $\frac{K_{Muj}}{K_{Prof}} = 1$
- b)  $\frac{K_{Muj}}{K_{Prof}} = 2$
- c)  $\frac{K_{Muj}}{K_{Prof}} = \sqrt{2}$
- d)  $\frac{K_{Muj}}{K_{Prof}} = 4$

# Frage 7

Im Vergleich zum/r Physikprofessor/in hat Mujinga Kambundji die halbe Masse, aber die doppelte Geschwindigkeit. Wie gross ist das Verhältnis der kinetischen Energien  $K_{Muj}/K_{Prof}$  der beiden?

a)  $\frac{K_{Muj}}{K_{Prof}} = 1$

b)  $\frac{K_{Muj}}{K_{Prof}} = 2$

c)  $\frac{K_{Muj}}{K_{Prof}} = \sqrt{2}$

d)  $\frac{K_{Muj}}{K_{Prof}} = 4$

Es gilt:  $m_{Muj} = \frac{1}{2}m_{Prof}$  &  $v_{Muj} = 2v_{Prof}$

Wissen:  $\frac{K_{Muj}}{K_{Prof}} = \frac{\frac{1}{2}m_{Muj}v_{Muj}^2}{\frac{1}{2}m_{Prof}v_{Prof}^2}$

$$\rightarrow \frac{K_{Muj}}{K_{Prof}} = \frac{\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} m_{Prof} (2v_{Prof})^2}{\frac{1}{2} m_{Prof} v_{Prof}^2} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 4 v_{Prof}^2}{v_{Prof}^2} = 2$$



# Frage 8

Christian Stucki und Mujinga Kambundji rennen beide so schnell wie sie können. Wer hat wahrscheinlich die grössere kinetische Energie?

- a) Mujinga
- b) Christian



<https://www.srf.ch/sport/mehr-sport/sports-awards/berner-sportler-ausgezeichnet-kambundji-und-stucki-sind-die-sportler-des-jahres>

# Frage 8

Christian Stucki und Mujinga Kambundji rennen beide so schnell wie sie können. Wer hat wahrscheinlich die grössere kinetische Energie?

a) Mujinga

b) Christian

Grob geschätzt ist Stucki ca. doppelt so schwer wie Kambundji (ca. 60 kg vs. ca 120 kg). Kambundji läuft aber wahrscheinlich deutlich schneller. Da  $E_{kin} \propto v^2$  hat die Geschwindigkeit also einen viel grösseren Effekt auf  $E_{kin}$  als die Masse. Kambundji muss nur 50% schneller sein als Stucki (d.h. Stucki müsste die 100 m in 16,5 s laufen, was schon nicht schlecht ist), dann hat sie immernoch eine höhere  $E_{kin}$ ! Notabene: Beim Impuls ist das nicht so!

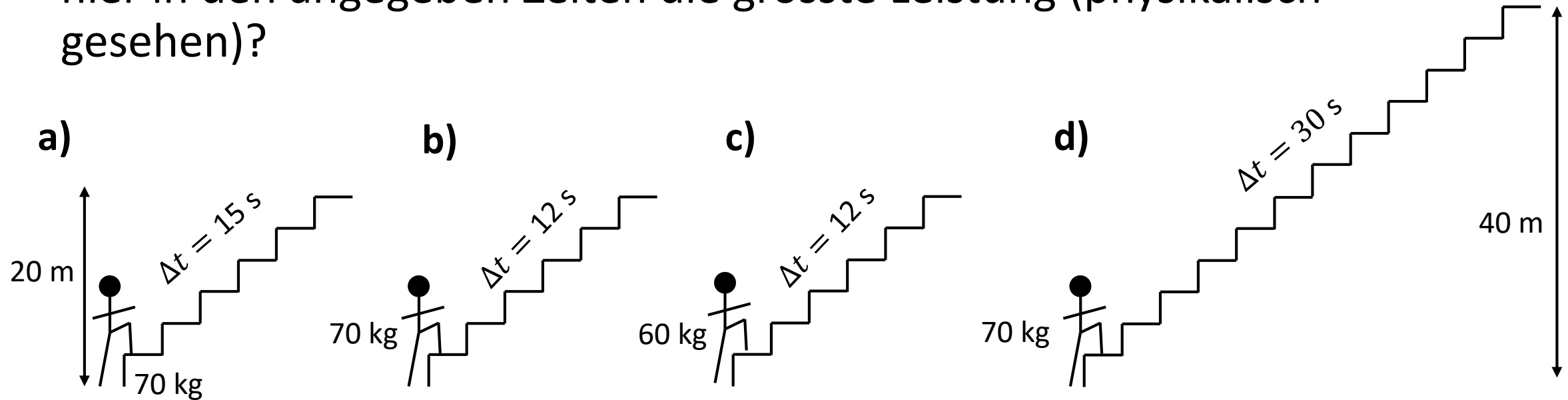


<https://www.srf.ch/sport/mehr-sport/sports-awards/berner-sportler-ausgezeichnet-kambundji-und-stucki-sind-die-sportler-des-jahres>

# Frage 9



Beim World Trade Center Stair Climb müssen alle 1980 Stufen in so wenig Zeit wie möglich überwunden werden. Welcher Läufer erbringt hier in den angegebenen Zeiten die grösste Leistung (physikalisch gesehen)?



# Frage 9

$$\text{Es gilt: } P = \frac{\Delta W}{\Delta t}$$

P ist bei a) und d) genau gleich. B) erbringt die grösste Leistung, da  $\Delta t$  kleiner als bei a) und d) ist, und seine Masse grösser ist als bei c).

Beim World Trade Center Stair Climb müssen alle 1980 Stufen in so wenig Zeit wie möglich überwunden werden. Welcher Läufer erbringt hier in den angegebenen Zeiten die grösste Leistung (physikalisch gesehen)?

