Energie bleibt erhalten

Physik 10 · Kapitel 2 · Stunde 23 · Lösung

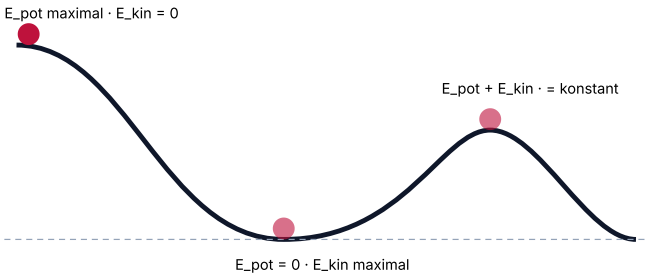
Name: Klasse: Datum:

Kapitel-Fall „Energiedetektive“ Eine Pumpe bringt Regenwasser in einen Tank auf dem 12 m hohen Schuldach (Beispielwert). Wie schnell wäre das Wasser unten, wenn es frei herunterfällt? Welche Energiekette entsteht? (erfundener Fall)

1 Mechanische Energieerhaltung

Ein Achterbahnwagen wird auf den ersten Hügel gezogen. Oben hat er viel **potenzielle Energie** und kaum Geschwindigkeit. Beim Hinunterrollen wird die potenzielle Energie in **kinetische Energie** umgewandelt: Der Wagen wird schneller. Fährt er den nächsten Hügel hinauf, wird kinetische Energie wieder zu potenzieller Energie. Die Summe beider heißt **mechanische Energie**.

Ohne Reibung gilt: $\mathbf{E_{pot} + E_{kin} = konstant}$. Daraus folgt: Ohne Antrieb kann der Wagen nie höher kommen als bis zur Starthöhe. Wie die Bahn dazwischen aussieht, spielt keine Rolle – es kommt nur auf die Höhen an.



WORTSPEICHER

mechanische Energie: Summe aus potenzieller und kinetischer Energie eines Körpers

mechanische Energieerhaltung: Ohne Reibung bleibt die mechanische Energie konstant: E_pot + E_kin = konstant

Reibung: wandelt mechanische Energie in thermische Energie um; die Gesamtenergie bleibt trotzdem erhalten

Energiebilanz: Aufstellung, die zeigt, wie sich eine Energie auf die einzelnen Formen verteilt: Anfangsenergie = Endenergie

Konzept und Design: www.so-macht-lernen-spass.de – Bei der technischen Umsetzung hat eine künstliche Intelligenz (KI) unterstützt.

2 Geschwindigkeit aus der Höhe

Fällt oder rollt ein Körper reibungsfrei die Höhe h hinunter, wird die gesamte potenzielle Energie zu kinetischer Energie. Setzt man beide gleich, kürzt sich die Masse heraus:

$$E_{pot} + E_{kin} = \text{konstant} \quad m \cdot g \cdot h = \tfrac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad v = \sqrt{(2 \cdot g \cdot h)}$$

E_{pot}, E_{kin}	potenzielle und kinetische Energie in J
m	Masse in kg (kürzt sich heraus)
g	Ortsfaktor, 9,81 N/kg
h	Höhenunterschied in m
v	Geschwindigkeit in m/s

Ein schwerer und ein leichter Körper sind deshalb unten gleich schnell. Doppelte Höhe ergibt nicht doppelte, sondern nur etwa 1,4-fache (√2-fache) Geschwindigkeit. Umgekehrt erreicht ein Körper mit der Geschwindigkeit v höchstens die Höhe h = v² : (2 · g). Für einen Punkt in der Höhe h_1 zählt nur der **Höhenunterschied** zum Start: v = √(2 · g · (h_o – h_1)).

Anleitung: 1. Gegeben und gesucht notieren. 2. Energiebilanz für Anfang und Ende aufschreiben. 3. Gleichsetzen und umstellen. 4. Einsetzen mit Einheiten. 5. Antwortsatz.

Musterbeispiel: Wasser fällt vom Schuldach.

Schritt	Rechnung
1. Gegeben, gesucht	h = 12 m (Schuldach, Beispielwert), g = 9,81 N/kg; gesucht v unten
2. Energiebilanz	oben: E_{pot} = m · g · h, E_{kin} = 0 · unten: E_{pot} = 0, E_{kin} = ½ · m · v²
3. Gleichsetzen	m · g · h = ½ · m · v² → Masse kürzen → v = √(2 · g · h)
4. Einsetzen	v = √(2 · 9,81 N/kg · 12 m) = √235,4 m²/s²
5. Ergebnis	v ≈ 15,3 m/s ≈ 55 km/h (ohne Luftwiderstand)

TIPP
Masse kürzt sich!

Konzept und Design: www.so-macht-lernen-spass.de – Bei der technischen Umsetzung hat eine künstliche Intelligenz (KI) unterstützt.

3 Und die Reibung?

In Wirklichkeit gibt es immer **Reibung** und Luftwiderstand. Sie wandeln einen Teil der mechanischen Energie in **thermische Energie** um. Die mechanische Energie nimmt ab, die Gesamtenergie bleibt aber erhalten. Die Energiebilanz lautet dann: **$E_{Anfang} = E_{Ende}$ + thermische Energie**. Deshalb muss bei einer echten Achterbahn jeder Hügel niedriger sein als der Starthügel.

In der Simulation „Achterbahn“ wird die Reibung mit einem einfachen Modell berechnet: Auf jedem Meter Strecke wird pro Kilogramm Wagenmasse etwa 0,2 J in thermische Energie umgewandelt (Beispielwert). Auf 100 m sind das etwa 19,6 J pro kg – so viel Energie, wie 2 m Höhe entsprechen. Deshalb braucht man mit Reibung etwa 2 m mehr Starthöhe, um dieselbe Endgeschwindigkeit zu erreichen.

Merke: Ohne Reibung: $E_{pot} + E_{kin}$ = konstant. Mit Reibung: $E_{Anfang} = E_{Ende}$ + thermische Energie. Die Gesamtenergie bleibt immer erhalten.

TIPP

E_Anfang = E_Ende + Wärme

Konzept und Design: www.so-macht-lernen-spass.de – Bei der technischen Umsetzung hat eine künstliche Intelligenz (KI) unterstützt.

4 Aufgaben

Deine Stufe: Jede Aufgabe ist gekennzeichnet. G Grundlage · S Standard · E Experte.
Grundlage: Aufgaben 1, 2 und 4 · **Standard:** Aufgaben 1 bis 5 · **Experte:** Aufgaben 1 bis 6. In der interaktiven Übung stellst du dieselbe Stufe oben über die Schalter „Grundlage – Standard – Experte“ ein.

Aufgabe 1 G · Beschreibe die Energieumwandlungen bei einer Fahrt über den ersten Hügel bis ins Tal und auf den zweiten Hügel. *(Hilfe: Abschnitt 1)*
Oben: E_pot maximal, E_kin fast null. Beim Hinunterrollen wird E_pot in E_kin umgewandelt. Im Tal ist E_kin maximal. Auf dem zweiten Hügel wird E_kin wieder in E_pot umgewandelt.

Aufgabe 2 G · Ein Ball (2 kg) fällt aus 5 m Höhe (ohne Luftwiderstand). *(Hilfe: Abschnitte 1 und 2)*
a) Kinetische Energie kurz vor dem Boden: **2 · 9,81 · 5 = 98,1 J**
b) Kinetische Energie auf halber Höhe: **49,05 J**

Aufgabe 3 S · *(Hilfe: Abschnitt 2, Musterbeispiel)*
a) Ein Stein fällt reibungsfrei 20 m tief. Berechne seine Geschwindigkeit. **v = √(2 · 9,81 · 20) ≈ 19,8 m/s**
b) Ein Skater fährt mit 10 m/s auf eine Rampe zu. Wie hoch kommt er höchstens? **h = 100 : 19,62 ≈ 5,10 m**

Aufgabe 4 G · Sag es physikalisch! *„Der schwere Ball fällt schneller, weil er mehr Energie hat.“ (Hilfe: Abschnitt 2)*
Der schwere Ball hat zwar mehr Energie, ist aber ohne Luftwiderstand genauso schnell, weil sich die Masse in der Energiebilanz kürzt: v = √(2 · g · h).

TIPP
Bei jeder Aufgabe steht, welcher Abschnitt hilft.

Konzept und Design: www.so-macht-lernen-spass.de – Bei der technischen Umsetzung hat eine künstliche Intelligenz (KI) unterstützt.

Aufgabe 5 S · Energiedetektive: Berechne die Geschwindigkeit des Wassers, das reibungsfrei vom 12 m hohen Schuldach fällt, in m/s und km/h. Wie schnell wäre es bei einem doppelt so hohen Gebäude? *(Hilfe: Abschnitt 2)*
$v = \sqrt{(2 \cdot 9{,}81 \cdot 12)} \approx 15{,}3$ m/s ≈ 55 km/h. Bei 24 m: $v = \sqrt{(2 \cdot 9{,}81 \cdot 24)} \approx 21{,}7$ m/s – etwa 1,4-mal so schnell, nicht doppelt.

Aufgabe 6 E · Eine Achterbahn (Wagen 300 kg) startet in 45 m Höhe aus der Ruhe. *(Hilfe: Abschnitte 2 und 3)*
a) Berechne ohne Reibung die Geschwindigkeit auf einem Hügel in 25 m Höhe. **$v = \sqrt{(2 \cdot 9{,}81 \cdot 20)} \approx 19{,}8$ m/s**
b) Eine zweite Bahn startet in 30 m Höhe; der Wagen kommt unten mit 20 m/s an. Stelle eine Energiebilanz auf und berechne, wie viel Energie durch Reibung in thermische Energie umgewandelt wurde. Wie viel Prozent sind das?
$E_{pot} = 300 \cdot 9{,}81 \cdot 30 \approx 88\,290$ J; $E_{kin} = ½ \cdot 300 \cdot 20^2 = 60\,000$ J; Wärme ≈ 28 290 J ≈ 28,3 kJ; 28,3 : 88,3 ≈ 32 %.

★ **Vertiefung** Ein Pendel wird ausgelenkt und losgelassen. Begründe mit der Energieerhaltung, warum es auf der anderen Seite fast wieder dieselbe Höhe erreicht – und warum es mit der Zeit trotzdem stehen bleibt.

HAUSAUFGABE
Aufgabe 4 und eine weitere Aufgabe deiner Stufe.

Konzept und Design: www.so-macht-lernen-spass.de – Bei der technischen Umsetzung hat eine künstliche Intelligenz (KI) unterstützt.

Lösungen der interaktiven Übung

Alle drei Stufen · Grundlage G · Standard S · Experte E

Hauptübung Rechnen mit Zufallswerten – Mit der Energieerhaltung rechnen

Stufe	Aufgabentyp	Lösungsweg
G	E_kin unten = E_pot oben	E_pot oben berechnen
G	Hälfte umgewandelt	m · g · Δh
S	v = √(2gh)	Masse kürzt sich heraus
S	h = v² : (2g)	kinetische Energie wird ganz zu Lageenergie
E	v = √(2g · Δh)	Höhenunterschied einsetzen
E	Wärme = E_pot − E_kin	Energiebilanz aufstellen

Konzept und Design: www.so-macht-lernen-spass.de – Bei der technischen Umsetzung hat eine künstliche Intelligenz (KI) unterstützt.

Simulation · Spiel mit Ziel – Achterbahn mit Ziel

Stufe	Aufgabe	Lösung
G	Mission 1: Stelle die Starthöhe auf 12 m und Hügel 1 auf 15 m. Was passiert?	**Der Wagen schafft Hügel 1 nicht und rollt zurück.**
G	Beobachte die Balken während der Fahrt (ohne Reibung). Was gilt?	**E_pot und E_kin ändern sich, ihre Summe bleibt gleich.**
G	Wo ist der Wagen am schnellsten?	**am tiefsten Punkt der Bahn**
S	Mission 2: Welche Starthöhe (auf 0,5 m) brauchst du für 20 m/s im Ziel ohne Reibung?	**20,5 m** Die Hügel dürfen nicht höher als die Starthöhe sein.
S	Mission 3: Welche Starthöhe brauchst du mit Reibung? (auf 0,5 m)	**22,5 m**
S	Ohne Reibung, Starthöhe 30 m: Mit welcher Geschwindigkeit kommt der Wagen im Ziel an? (1 Nachkommastelle)	**24,3 m/s**
E	Mission 4: Kleinste Starthöhe (auf 0,5 m), mit Reibung, Hügel 1 = 30 m, Hügel 2 = 25 m?	**31 m** Der Reibungsverlust bis Hügel 1 entspricht 0,8 m Höhe.
E	Mit Reibung bis ins Ziel (100 m Strecke): Wie viel thermische Energie entsteht pro kg? (1 Nachkommastelle)	**19,6 J** Das entspricht 2 m Höhe: 19,6 J : 9,81 N/kg = 2 m.

Konzept und Design: www.so-macht-lernen-spass.de – Bei der technischen Umsetzung hat eine künstliche Intelligenz (KI) unterstützt.

Simulation · Spiel mit Ziel – Achterbahn mit Ziel (Fortsetzung)

Stufe	Aufgabe	Lösung
E	Warum muss bei einer echten Achterbahn jeder Hügel niedriger sein als der Starthügel?	**Durch Reibung wird ständig mechanische Energie in thermische Energie umgewandelt.**

Konzept und Design: www.so-macht-lernen-spass.de – Bei der technischen Umsetzung hat eine künstliche Intelligenz (KI) unterstützt.

Fehlertext – Fehler finden

Stufe	Text mit Berichtigung
G	Ganz oben auf dem ersten Hügel hat der Wagen die größte ~~kinetische~~ **potenzielle** Energie. Beim Hinunterfahren wird Lageenergie in ~~chemische~~ **kinetische** Energie umgewandelt. Unten im Tal ist der Wagen am ~~langsamsten~~ **schnellsten**.
S	Ein Ball fällt reibungsfrei aus 20 m Höhe. Ein schwerer Ball ist unten ~~schneller~~ **genauso schnell** als ein leichter, denn die Masse ~~geht in v ein~~ **kürzt sich heraus**. Die Geschwindigkeit beträgt v = √(2 · g · h) ≈ ~~39,2~~ **19,8** m/s. Bei doppelter Höhe wird die Geschwindigkeit ~~doppelt~~ **etwa 1,4-mal** so groß.
E	Bei einer echten Achterbahn bleibt die mechanische Energie ~~immer gleich~~ **nicht erhalten**, weil Reibung einen Teil in ~~Masse~~ **thermische Energie** umwandelt. Deshalb muss jeder weitere Hügel ~~höher~~ **niedriger** als der Starthügel sein. Die Gesamtenergie geht dabei ~~verloren~~ **nicht verloren**.

Konzept und Design: www.so-macht-lernen-spass.de – Bei der technischen Umsetzung hat eine künstliche Intelligenz (KI) unterstützt.

Reihenfolge – Abläufe ordnen

Stufe	Auftrag	richtige Reihenfolge
G	Bringe die Stationen in die richtige Reihenfolge.	1. Der Wagen wird auf den ersten Hügel gezogen: Er erhält potenzielle Energie. 2. Oben steht er fast still: E_{pot} ist maximal. 3. Beim Hinunterrollen wird E_{pot} in E_{kin} umgewandelt. 4. Im Tal ist er am schnellsten: E_{kin} ist maximal. 5. Beim nächsten Hügel wird E_{kin} wieder zu E_{pot}.
S	Ordne die Lösungsschritte.	1. Gegeben und gesucht notieren: h, gesucht v. 2. Energieerhaltung ansetzen: $m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$. 3. Masse kürzen: $g \cdot h = \frac{1}{2} \cdot v^2$. 4. Nach v umstellen: $v = \sqrt{(2 \cdot g \cdot h)}$. 5. Einsetzen, ausrechnen und Antwortsatz schreiben.
E	Ordne die Energiekette, wenn eine Pumpe Wasser in einen Tank auf dem Schuldach pumpt und es später durch eine Turbine zurückfließt.	1. Elektrische Energie treibt die Pumpe an. 2. Die Pumpe hebt das Wasser: Es erhält potenzielle Energie. 3. Das Wasser fließt durch ein Rohr hinunter: E_{pot} wird zu E_{kin}. 4. Die Turbine nimmt kinetische Energie auf. 5. Ein Generator wandelt sie wieder in elektrische Energie um – weniger als am Anfang.

Konzept und Design: www.so-macht-lernen-spass.de – Bei der technischen Umsetzung hat eine künstliche Intelligenz (KI) unterstützt.

Abschlusstest

Nr.	Frage	Lösung
G1	Wo hat der Achterbahnwagen die größte potenzielle Energie?	**am höchsten Punkt**
G2	Beim Hinunterrollen wird …	**potenzielle in kinetische Energie umgewandelt**
G3	Ohne Reibung bleibt … konstant.	**E_pot + E_kin**
G4	2 kg fallen aus 5 m (g = 9,81): E_kin unten in J (1 Nachkommastelle)?	**98,1 J**
G5	Reibung wandelt mechanische Energie um in …	**thermische Energie**
G6	Wo ist ein Pendel am schnellsten?	**am tiefsten Punkt**
G7	Kann ein Wagen ohne Antrieb einen Hügel überwinden, der höher als der Start ist?	**nein**
G8	Fachlich richtig:	**„Die Gesamtenergie bleibt erhalten, auch mit Reibung.“**
S1	v nach 20 m freiem Fall (g = 9,81) in m/s (1 Nachkommastelle)?	**19,8 m/s**
S2	Skater mit 10 m/s – maximale Höhe in m (2 Nachkommastellen)?	**5,1 m**
S3	Schwerer und leichter Ball aus gleicher Höhe (ohne Luftwiderstand) …	**sind unten gleich schnell**
S4	Doppelte Fallhöhe → v …	**etwa 1,4-mal**
S5	$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$ folgt aus …	**$m \cdot g \cdot h = ½ \cdot m \cdot v^2$**
S6	Wasser fällt vom 12 m hohen Schuldach: v unten (1 Nachkommastelle)?	**15,3 m/s**
S7	Die Masse kürzt sich heraus, weil …	**sie in E_pot und E_kin gleich vorkommt**
S8	Fachlich richtig:	**„Ohne Reibung erreicht ein Pendel wieder seine Ausgangshöhe.“**

BEWERTUNG

8 Aufgaben je Stufe, je 1 Punkt. Ab 6 Punkten: Abzeichen und Zertifikat der Stufe.

MERKHILFE

$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$
$h = v^2 : (2g)$
E_Anfang = E_Ende + Wärme

Konzept und Design: www.so-macht-lernen-spass.de – Bei der technischen Umsetzung hat eine künstliche Intelligenz (KI) unterstützt.

Abschlusstest (Fortsetzung)

Nr.	Frage	Lösung
E1	Start 45 m, Hügel 25 m, ohne Reibung: v auf dem Hügel (1 Nachkommastelle)?	**19,8 m/s**
E2	300 kg, Start 30 m, unten 20 m/s: Wärme in kJ (1 Nachkommastelle)?	**28,3 kJ**
E3	Anteil der Anfangsenergie, der in der letzten Aufgabe als Wärme abgegeben wird (%, ganze Zahl)?	**32 %**
E4	Mit Reibung: Ein Hügel gleich hoch wie der Start …	**wird nicht erreicht**
E5	Pumpe hebt 1000 kg Wasser 12 m hoch: E_pot in kJ (1 Nachkommastelle)?	**117,7 kJ**
E6	Turbine gibt davon weniger zurück, weil …	**Reibung und Wärmeabgabe auftreten**
E7	Reibungsverlust 19,6 J pro kg entspricht einer Höhe von …	**2 m**
E8	Fachlich richtig:	**„Mit Energiebilanzen kann man Bewegungen berechnen, ohne den Bahnverlauf zu kennen.“**

Konzept und Design: www.so-macht-lernen-spass.de – Bei der technischen Umsetzung hat eine künstliche Intelligenz (KI) unterstützt.