

**FOS: Lösungen Aufgaben zu Arbeit, Energie, Leistung und dem Wirkungsgrad**

1. Welche Größen bestimmen die Arbeit in der Physik?

Wie wird die Arbeit berechnet und in welchen Einheiten wird sie angegeben?

Kraft und Weg bestimmen die Größe Arbeit.  $W = F \cdot s$

Beispiel:  $F = 12\text{N}$   $s = 3\text{m}$   $\Rightarrow W = F \cdot s = 12\text{N} \cdot 3\text{m} = \underline{\underline{36\text{Nm}}}$

2. Wie groß ist die Arbeit, die ein Schüler ( $m = 60\text{ kg}$ ) verrichtet, wenn er

a) Auf einen Turm von 80 m Höhe steigt ?

b) Auf einen 1,2 km hohen Berg steigt ?

a) geg.  $m = 60\text{ kg}$   $h = 80\text{ m}$   $\left( 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 1\text{Nm} = 1\text{Ws} = 1\text{J} \right)$

ges. Hubarbeit  $W$

$$W = m \cdot g \cdot h = 60\text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 80\text{ m} = 60 \cdot 9,81 \cdot 80 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = \underline{\underline{47.088\text{ Nm}}}$$

b) geg.  $m = 60\text{ kg}$   $h = 1200\text{ m}$

$$W = m \cdot g \cdot h = 60\text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1200\text{ m} = 60 \cdot 9,81 \cdot 1200 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = \underline{\underline{706.320\text{ Nm}}}$$

3. Ein Gewichtheber „reißt“ 175 kg zur Hochstrecke (2,1 m) und hält sie dort 3 s lang.

a) Überlegen Sie, in welcher Phase er Arbeit im Sinne der Physik, bzw. im umgangssprachlichen Sinne verrichtet.

b) Berechnen Sie die Arbeit.

a) Im Sinne von Physik verrichtet er Arbeit während des reißen.  $W = F \cdot s$

Umgangssprachlich ist das halten auch Arbeit.

b) geg.  $m = 175\text{ kg}$   $h = 2,1\text{ m}$  ges  $W$   $\left( 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 1\text{Nm} = 1\text{Ws} = 1\text{J} \right)$

$$W = m \cdot g \cdot h = 175\text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 2,1\text{ m} = 175 \cdot 9,81 \cdot 2,1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = \underline{\underline{3.605,175\text{ Nm}}}$$

4. In einer Schleuse wird ein Lastkahn (  $m = 1200 \text{ t}$  ) um 8 m gehoben.

- a) Wie groß ist die Arbeit ?  
b) Wer verrichtet sie ?

a) geg.  $m = 1200 \text{ t} = 1.200.000 \text{ kg}$     $h = 8 \text{ m}$     $\left( 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws} = 1 \text{ J} \right)$

ges.  $W$

$$W = m \cdot g \cdot h = 1.200.000 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 8 \text{ m} = 1.200.000 \cdot 9,81 \cdot 8 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = \underline{\underline{94.176.000 \text{ Nm}}}$$

b) Die Arbeit wird von den Pumpen  
- oder von dem einströmenden Wasser verrichtet.

5. Eine Schülerin zieht einen Expander mit der Kraft  $F_{\text{max}} = 250 \text{ N}$  30 cm aus.  
Wie groß ist die Arbeit ?

geg.  $F_{\text{max}} = 250 \text{ N}$     $s = 30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m}$

ges. Spannarbeit  $W$

$$W = \frac{F_{\text{max}}}{2} \cdot s = \frac{250 \text{ N}}{2} \cdot 0,3 \text{ m} = \frac{250 \cdot 0,3}{2} \text{ Nm} = \underline{\underline{37,5 \text{ Nm}}}$$

6. Was versteht man unter Lageenergie, Spannenergie, Bewegungsenergie ?  
Geben Sie jeweils ein Beispiel.

Lageenergie:	Eine Kiste wird angehoben. In Bezug auf den Erdboden hat sie Lageenergie
Spannenergie:	Eine Feder oder ein Bogen wird gespannt.
Bewegungsenergie:	Ist die Energie bewegter Körper.

7. Energie welcher Form hat ein Ball, wenn er gegen die Querlatte eines Fußballtores geschossen wird ?

Der Ball hat Bewegungsenergie.

8. Ein Pingpongball wird auf eine harte Tischplatte fallen gelassen.  
Beobachten und beschreiben Sie die Energieumwandlungen.

Der Ball hat anfangs Lageenergie,  
diese verwandelt sich beim fallen zunehmend in Bewegungsenergie.  
Beim Aufprall verwandelt sich die Bewegungsenergie in Spannenergie,  
die ihn zurückschleudert.  
Dabei erlangt er wieder Lageenergie.  
Das Spiel beginnt nun von vorn.

9. Ein Arbeiter zieht über eine feste Rolle Backsteine 15 m hoch.  
Je Ladung befördert er 30 kg Steine und braucht eine halbe Minute.  
Berechnen Sie Arbeit und Leistung.

$$\text{geg. } m = 30 \text{ kg} \quad h = 15 \text{ m} \quad t = 30 \text{ s} \quad \left( 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws} = 1 \text{ J} \right)$$

ges. Leistung P

$$W = m \cdot g \cdot h \quad P = \frac{W}{t}$$

$$\Rightarrow P = \frac{m \cdot g \cdot h}{t} = \frac{30 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 15 \text{ m}}{30 \text{ s}} = \frac{30 \cdot 9,81 \cdot 15 \text{ Ws}}{30 \text{ s}} = \underline{\underline{147,15 \text{ W}}}$$

10. Wie lange braucht ein Junge, der auf Dauer 50 W leistet,  
um 150 kg Kohlen 10 m hoch zu ziehen ?

$$\text{geg. } P = 50 \text{ W} \quad m = 150 \text{ kg} \quad h = 10 \text{ m} \quad \left( 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws} = 1 \text{ J} \right)$$

ges. Zeit t

$$P = \frac{W}{t} \Rightarrow t = \frac{W}{P} = \frac{m \cdot g \cdot h}{P} = \frac{150 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 10 \text{ m}}{50 \text{ W}} = \frac{150 \cdot 9,81 \cdot 10 \text{ Ws}}{50 \text{ W}} = \underline{\underline{294,3 \text{ s} \approx 5 \text{ min}}}$$

11. Welche Leistung vollbringt ein Matrose (75 kg),  
der in 20 s auf den 50 m hohen Mast eines Schiffes klettert ?

$$\text{geg. } m = 75 \text{ kg} \quad t = 20 \text{ s} \quad h = 50 \text{ m} \quad \left( 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws} = 1 \text{ J} \right)$$

ges. Leistung P

$$P = \frac{W}{t} = \frac{m \cdot g \cdot h}{t} = \frac{75 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 50 \text{ m}}{20 \text{ s}} = \frac{75 \cdot 9,81 \cdot 50 \text{ Ws}}{20 \text{ s}} = \underline{\underline{1839,375 \text{ W}}}$$

12. Ein Auto wiegt 9 kN. Es hat einen Motor, der 45 kW leistet.  
In welcher Zeit müsste das Auto auf einen 1500 m hohen Berg hinauffahren können ?

$$\text{geg. } G = 9 \text{ kN} = 9000 \text{ N} \quad P = 45 \text{ kW} = 45.000 \text{ W} \quad h = 1500 \text{ m}$$

$$\left( 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws} = 1 \text{ J} \right)$$

ges. Zeit t

$$P = \frac{W}{t} \Rightarrow t = \frac{W}{P} = \frac{G \cdot h}{P} = \frac{9.000 \text{ N} \cdot 1.500 \text{ m}}{45.000 \text{ W}} = \frac{9.000 \cdot 1.500 \text{ Ws}}{45.000 \text{ W}} = \underline{\underline{300 \text{ s} = 5 \text{ min}}}$$

13. Was versteht man unter dem Wirkungsgrad einer Maschine ?

$$\text{Wirkungsgrad} = \frac{\text{abgegebene Energie}}{\text{zugeführte Energie}} \quad \eta = \frac{W_{\text{ab}}}{W_{\text{zu}}} = \frac{P_{\text{ab}}}{P_{\text{zu}}}$$

14. Welche Höhenenergie hat ein Eisenträger ( m = 50 t ) im 4. Stock eines Hauses ( h = 12 m ) gegenüber dem Erdboden ?

$$\text{geg. } m = 50 \text{ t} = 50.000 \text{ kg} \quad h = 12 \text{ m} \quad \left( 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws} = 1 \text{ J} \right)$$

ges. Höhenenergie W

$$W = m \cdot g \cdot h = 50.000 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 12 \text{ m} = 50.000 \cdot 9,81 \cdot 12 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = \underline{\underline{5.886.000 \text{ Nm}}}$$

15. Bei welcher Geschwindigkeit hat ein Pkw ( m = 1200 kg ) die Bewegungsenergie 1 MJ ?

$$\text{geg. } m = 1.200 \text{ kg} \quad E_{\text{kin}} = 1 \text{ MJ} = 1.000.000 \text{ Nm} = 1.000.000 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$$

ges. Geschwindigkeit v

$$E_{\text{kin}} = \frac{m \cdot v^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{\text{kin}}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1.000.000 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}}{1200 \text{ kg}}} = \underline{\underline{40,825 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 147 \frac{\text{km}}{\text{h}}}}$$

16. Ein Ball (  $m = 300 \text{ g}$  ) wird von einem  $25 \text{ m}$  hohen Turm mit einem Geschwindigkeitsbetrag  $v_1 = 10 \text{ m/s}$  weggeworfen. Mit welcher Geschwindigkeit  $v_2$  erreicht er den Erdboden, wenn man vom Luftwiderstand absieht ?

$$\text{geg. } m = 300 \text{ g} = 0,3 \text{ kg} \quad h = 25 \text{ m} \quad v_1 = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

ges. Aufschlaggeschwindigkeit  $v_2$

Ansatz:

$$1. \text{ Oben auf dem Turm gilt: } E = W_{\text{pot}} + E_{\text{kin1}} = m \cdot g \cdot h + \frac{m \cdot v_1^2}{2}$$

$$2. \text{ Am Erdboden gilt: } E = E_{\text{kin2}} = \frac{m \cdot v_2^2}{2} \Rightarrow v_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot E}{m}}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot E}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot g \cdot h + m \cdot v_1^2}{m}} = \sqrt{2 \cdot g \cdot h + v_1^2} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 25 \text{ m} + 100 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 25 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} + 100 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}} = 24,3 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx \underline{\underline{87 \frac{\text{km}}{\text{h}}}}$$

17. Ein Auto prallt mit  $108 \text{ km/h}$  gegen eine feste Mauer. Aus welcher Höhe müsste es frei herabfallen, um die gleiche zerstörende Energie zu bekommen ?

$$\text{geg. } v = 108 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{ges. } h$$

$$E_{\text{kin}} = \frac{m \cdot v^2}{2} \quad E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h \quad \text{es gilt } E_{\text{kin}} = E_{\text{pot}}$$

$$\text{also } \frac{m \cdot v^2}{2} = m \cdot g \cdot h \Rightarrow h = \frac{m \cdot v^2}{2 \cdot m \cdot g} = \frac{v^2}{2g}$$

$$h = \frac{900 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = \underline{\underline{45,87 \text{ m}}}$$

18. Ein Radfahrer kommt mit 10 m/s an einen Abhang, verliert 5 m Höhe und prallt auf eine Mauer.  
Welche Geschwindigkeit hat er kurz vor dem Aufprall ?

$$\text{geg. } v = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad h = 5 \text{ m}$$

ges. Aufprallgeschwindigkeit  $v_1$

$$\text{Energie vor dem Aufprall: } E = \frac{m \cdot v^2}{2} + m \cdot g \cdot h$$

$$\text{Energie beim Aufprall: } E_{\text{kin1}} = \frac{m \cdot v_1^2}{2} \quad \text{Es gilt } E = E_{\text{kin}}$$

$$\text{also } \frac{m \cdot v^2}{2} + m \cdot g \cdot h = \frac{m \cdot v_1^2}{2} \Rightarrow v_1 = \sqrt{2 \cdot g \cdot h + v^2}$$

$$v_1 = \sqrt{2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 5 \text{ m} + 100 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}} \approx 14,07 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 50 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

19. Während ein Auto mit der Geschwindigkeit 72 km/h eine Straße mit 5° Steigung aufwärts fährt, kuppelt Fahrer den Motor aus.  
Wie weit kommt das Auto dann noch (ohne Reibung) ?
20. Ein Auto (  $m = 1000 \text{ kg}$  ) wird von null auf 36 km/h, dann von 36 km/h auf 72 km/h beschleunigt.  
Wird jeweils die gleiche Menge an Energie aus Benzin in Bewegungsenergie umgesetzt ?
21. Welche Höhe müsste ein Wanderer (  $m = 70 \text{ kg}$  ) überwinden, um den „Brennwert“  
a) einer Scheibe Brot (  $m = 40 \text{ g}$  ) von 400 kJ  
b) einer Tafel Schokolade 2400 kJ in Höhenenergie umzusetzen ?
22. Ein Lkw (  $m = 5 \text{ t}$  ) wird von 100 km/h zum Stillstand abgebremst.  
Um wie viel Grad werden die Bremsen aus Eisen erwärmt ?  
Für die Erwärmung der Bremsen gilt die Formel:  
$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T \quad \text{mit } c = 0,45 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \quad \text{und } m = 10 \text{ kg} \quad \text{mit } Q \text{ als Bremsenergie in kJ}$$
23. Mit welcher Anfangsgeschwindigkeit  $v_0$  muss ein Handball senkrecht nach oben geworfen werden, damit er eine Höhe von 20 m erreicht ?  
In welcher Höhe ist die Geschwindigkeit  $v_0/2$  ?
24. Eine Radfahlerin kommt mit 20 km/h an den Beginn einer 150 m langen Strecke mit 3% Gefälle und hört auf zu treten.  
Welche Geschwindigkeit hat sie am Ende dieser Strecke, wenn ca. 10% der ursprünglichen Bewegungsenergie durch Reibung und Luftwiderstand als mechanische Energie verloren gehen ?

25. Bei einem Lkw versagen beim Bergabwärtsfahren die Bremsen. Glücklicherweise gibt es an dieser Steigung Bremsstrecken, die von der Straße abbiegen und steil ansteigen.  
Der Fahrer lenkt deshalb seinen Lkw mit 90 km/h auf eine dieser Bremsstrecken, die unter einem Winkel von  $14^\circ$  gegen die Waagerechte ansteigt.  
Wie weit fährt der Lkw die Bremsstrecke hinauf, wenn ca. 20% der anfänglichen Bewegungsenergie durch Reibung und Luftwiderstand umgesetzt werden ?
26. Eine Trampolinspringerin ( $m_1 = 50 \text{ kg}$ ) hat in jeder Hand eine Hantel ( $m_2 = 5 \text{ kg}$ ).  
Sie springt aus einer Höhe von 2 m auf das Sprungtuch.  
In dem Augenblick, in dem sie den tiefsten Punkt erreicht hat, wirft sie die Hanteln zur Seite.  
Wie hoch kommt sie jetzt, wenn man von Reibung und Luftwiderstand absieht ?
27. Fässer ( je  $m = 50 \text{ kg}$  ) werden auf einen Lastwagen ( Ladehöhe  $h = 1,30 \text{ m}$  ) verladen.  
Die erste Person hebt ein Fass lotrecht an, die zweite rollt eins auf einer 2,70 m langen Laderampe hoch (ohne Reibung).  
Bestimmen Sie für beide Wege die Arbeit.
28. Der Förderkorb eines Grubenaufzuges ( $m = 4000 \text{ kg}$ ) wird gleichmäßig nach oben beschleunigt und erreicht nach 10 s  $v = 8 \text{ m/s}$ .  
Welche Arbeit ist dazu nötig ?
29. Ein Junge ( $m = 50 \text{ kg}$ ) hat sich ein Seil um den Bauch gebunden, das über eine Rolle läuft.  
a) Mit welcher Kraft muss er am anderen Seilende mit den Händen ziehen, wenn er schwebt ?  
b) Wie viel Seil muss er „durch die Hand ziehen“, damit er 5m höher kommt ?  
c) Welche Energie setzt er dabei um ?
30. Ein Stein ( $m = 2 \text{ kg}$ ) rutscht mit der Anfangsgeschwindigkeit 15 m/s einen Berg hinunter. (Höhenunterschied  $h = 50 \text{ m}$ ) und kommt infolge der Reibung am Fuße des Berges zum Stillstand. Welche Energie wurde umgesetzt ?
31. In einem Auto ( $m = 800 \text{ kg}$ ) werden bei  $v_1 = 72 \text{ km/h}$  die Bremsen so betätigt, dass alle Räder blockieren.  
Wie groß sind Bremsweg und Bremszeit ( $\mu = 0,50$ ) ?
32. Ein Löschfahrzeug der Feuerwehr kann je Minute 1500 l Wasser 75 m hoch pumpen. Wie groß ist die Pumpleistung ?
33. Im Mikrowellengerät wird ein Tellergericht mit 700 W in 1,5 min erhitzt.  
Wie groß ist die übertragene Energie in Joule und in kWh ?

34. Welche Leistung kann einem 50 m hohen Wasserfall entnommen werden, der  $0,60 \text{ m}^3$  Wasser je Sekunde führt ?
35. Ein Bergwanderer ( Masse mit Gepäck 100 kg ) leistet 160 W.  
Um wie viel Meter steigt er im Gebirge in 1 h höher ?
36. Watts erste Dampfmaschine erzeugte beim Verbrennen von 100 kg Steinkohle ( spezifischer Heizwert  $31 \text{ MJ/kg}$  ) eine mechanische Energie von 4 MJ.  
Berechnen Sie den Wirkungsgrad der Maschine.
37. Ein Kühlaggregat hat die Leistungsaufnahme von  $P = 1,5 \text{ kW}$ . Die tatsächliche Kühlleistung beträgt  $P = 0,9 \text{ kW}$ .  
Wie groß ist der Wirkungsgrad ?
38. Ein Förderband transportiert je Stunde 130 t Kohle auf eine Höhe von 2,8 m.  
a) Wie groß ist die Leistung ?  
b) Wie groß ist der Wirkungsgrad der Anlage, wenn der Antriebsmotor 1,3 kW abgibt ?
39. Eine Turbine liegt 15 m unter der Wasseroberfläche.  
Pro Sekunde fließen  $3,5 \text{ m}^3$  Wasser hindurch.  
Welche Leistung gibt die Turbine ab, wenn der Wirkungsgrad 90 % beträgt ?
40. Ein Baukran wird von einem Motor mit der Ausgangsleistung  $P_{el}$  angetrieben und vermag über ein Getriebe eine Last  $m = 1500 \text{ kg}$  in 30 s 6 m hoch zu heben.  
Wie hoch ist der Wirkungsgrad des Getriebes ?
41. Eine Kolbenpumpe fördert in der Minute 720 l Wasser auf eine Höhe von 15 m.  
Welche Leistung muss der Antriebsmotor aufbringen, wenn die Pumpe einen Wirkungsgrad von 80% besitzt ?
42. Die menschliche Dauerleistung beträgt etwa 75 W.  
a) Wie groß ist dabei die in einer Stunde verrichtete Arbeit, gemessen in kWh und J ?  
b) Welchem Geldwert entspricht diese mechanische Arbeit, wenn 1 kWh 0,14 € kostet ?
43. Was wäre das für eine Maschine, die einen Wirkungsgrad hätte, der größer als 100 % wäre ?
44. Was bedeutet die Aussage, der Wirkungsgrad eines Dieselmotors beträgt 42 % ?
45. Berechnen Sie die Bewegungsenergie eines 1000 kg schweren Pkw bei Geschwindigkeiten von 80 km/h und von 160 km/h und die eines 20 t schweren Lastzuges bei 80 km/h. Vergleiche.
46. Bei einem 5,5 t schweren Lkw versagen bei einer Geschwindigkeit von 20 km/h die Bremsen.  
Welche Geschwindigkeit erreicht er am Ende einer 200 m langen Gefällstrecke von 8%, wenn er ungebremst herunterrollt ?

47. Was versteht man unter einem Perpetuum mobile ?  
Warum gibt es solche Maschinen nicht ?
48. Kohlekraftwerke haben einen Wirkungsgrad von 37 %.
- Welche Wärmeleistung muss durch Verbrennung von Kohle für ein 600 MW Kraftwerk bereitgestellt werden ?
  - Wie viel t Kohle muss täglich ( 24 h ) verbrannt werden, um den Energiebedarf des Kraftwerks zu decken ?  
( spezifischer Heizwert der Kohle : 31 MJ/kg )

(C) Rudolf Brinkman  
Original Word- Dokumente  
ohne Copyright- Vermerk  
erhalten Sie unter:  
<http://www.brinkmann-du.de>