

Oberstufe: Ergebnisse und ausführliche Lösungen zu Arbeit, Leistung und dem Wirkungsgrad V

Ergebnisse

E1	Wie schnell fuhr der Autofahrer, der bei einer Vollbremsung mit blockierenden Rädern und einer Gleitreibungszahl von $\mu = 0,5$ einen Bremsweg von 40 m verursachte? Wie lang dauerte der Bremsvorgang?
	Ergebnis
	Die Geschwindigkeit betrug etwa 71,3 km/h. Die Bremszeit etwa 4,039 s.
E2	Ein Fertigergericht wird in der Mikrowelle mit 800 W in 2 Minuten erhitzt. Welche Energie in Joule und kWh wird an die Speise übertragen?
	Ergebnis
	Die übertragene Energie beträgt 96 000 J oder etwa 0,027 kWh.
E3	Ein Sportler ($m = 60 \text{ kg}$) hat sich an einem Seil eingehakt, das über eine Rolle läuft.
	a) Mit welcher Kraft muss er am anderen Seilende mit den Händen ziehen, um sich in der Schwebe zu halten?
	b) Wie viel Seil muss er „durch die Hand ziehen“, damit er 3 m höher kommt?
	c) Welche Energie setzt er dabei um?
	Ergebnis
	a) Er muss mit seiner halben Gewichtskraft ziehen.
	b) Er muss die doppelte Seillänge ziehen, das sind 6 m.
c) Der Energieumsatz beträgt 1765,8 J.	
E4	Ein Bergwanderer (Masse mit Gepäck 90 kg) leistet 150 W. Um wie viel Meter steigt er im Gebirge in 1/2 h höher?
	Ergebnis
	Der Wanderer steigt in der halben Stunde etwa 305,810 m höher.
E5	Eine Geröll-Lawine der Masse 10 t donnert mit einer Anfangsgeschwindigkeit von 20 m/s einen Abhang hinunter und kommt unten zum Stillstand. Der Höhenunterschied beträgt 100 m. Welche Energie in kWh wird dabei umgesetzt?
	Ergebnis
	Der Energieumsatz beträgt etwa 3,281 kWh.
E6	Eine Turbine liegt 20 m unter der Wasseroberfläche. Pro Sekunde fließen 4 m^3 Wasser hindurch. Welche Leistung gibt die Turbine ab, wenn der Wirkungsgrad 85 % beträgt?
	Ergebnis
	Die Leistungsabgabe beträgt 667,08 kW
E7	Die Leistungsaufnahme eines Kühlaggregates beträgt $P = 2,5 \text{ kW}$. Die effektive Kühlleistung hingegen nur 1625 W. Wie groß ist der Wirkungsgrad?
	Ergebnis
	Der Wirkungsgrad beträgt 0,65 bzw. 65%.

E8	Ein Containerkran hat eine maximale Leistungsaufnahme von 230 kW. Der Kran kann eine Last von 30 t in maximal 30 s 20 m hoch heben. Wie groß ist der Wirkungsgrad des Antriebs?
	Ergebnis
	Der Wirkungsgrad des Antriebs ist etwa 0,853 oder 85,3%.
E9	Ein Feuerlöschboot kann in der Minute 6000 Liter Wasser 80 m hoch fördern. Wie groß ist die Pumpenleistung?
	Ergebnis
	Die Pumpenleistung beträgt 78,48 kW.
E10	Die besten Dampfmaschinen hatten bereits um 1910 einen sehr hohen Wirkungsgrad und erreichten mit Steinkohle mittlerer Güte einen Verbrauch von etwa 0,5 kg pro PS-Stunde (1 PS-Stunde = 735 W * 3600 s). Der Heizwert von Steinkohle beträgt etwa 30 MJ/kg. Wie groß ist der Wirkungsgrad der Dampfmaschine, wenn man die abgegebene Leistung mit dem Heizwert der Steinkohle vergleicht.
	Ergebnis
	Der Wirkungsgrad beträgt 0,1764 oder 17,64%.
E11	Ein 60 m hoher Wasserfall führt 1,6 m ³ Wasser pro Sekunde. Welche Leistung kann ihm entnommen werden?
	Ergebnis
	Dem Wasserfall kann eine Leistung von 941,76 kW entnommen werden.
E12.	Im Braunkohletagebau transportiert ein Förderband stündlich 350 t Braunkohle auf eine Höhe von 15 m.
	a) Wie groß ist die Leistung der Anlage?
	b) Wie groß muss bei einem Wirkungsgrad von 80% die Antriebsleistung sein?
	Ergebnisse
	a) Die Anlage leistet 14,715 kW.
	b) Die Antriebsleistung beträgt etwa 18,394 kW.

Ausführliche Lösungen

A1	Aufgabe
Wie schnell fuhr der Autofahrer, der bei einer Vollbremsung mit blockierenden Rädern und einer Gleitreibungszahl von $\mu = 0,5$ einen Bremsweg von 40 m verursachte? Wie lang dauerte der Bremsvorgang?	

A1	Ausführliche Lösung
<p>gegeben : $s = 40\text{ m}$ Bremsweg $\mu = 0,5$ Gleitreibungszahl gesucht : v Anfangsgeschwindigkeit t Bremszeit</p> <p>Für die Reibungskraft gilt:</p> $F_r = \mu \cdot m \cdot g \Rightarrow m \cdot a = \mu \cdot m \cdot g \Leftrightarrow a = \mu \cdot g \text{ Bremsbeschleunigung}$ $F_r = m \cdot a$ $s = \frac{a}{2} \cdot t^2 \quad (1) \quad v = a \cdot t \Leftrightarrow t = \frac{v}{a} \Leftrightarrow t^2 = \frac{v^2}{a^2} \text{ eingesetzt in (1)}$ $\Rightarrow s = \frac{a}{2} \cdot \frac{v^2}{a^2} = \frac{v^2}{2 \cdot a} \Leftrightarrow v^2 = 2 \cdot a \cdot s \Leftrightarrow v = \sqrt{2 \cdot a \cdot s} \text{ mit } a = \mu \cdot g \text{ wird}$ $v = \sqrt{2 \cdot \mu \cdot g \cdot s} = \sqrt{2 \cdot 0,5 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 40\text{ m}}$ $= \sqrt{2 \cdot 0,5 \cdot 9,81 \cdot 40 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}} \approx 19,809 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 19,809 \cdot 3,6 \frac{\text{km}}{\text{h}} \approx \underline{\underline{71,3 \frac{\text{km}}{\text{h}}}}$ $t = \frac{v}{a} = \frac{\sqrt{2 \cdot \mu \cdot g \cdot s}}{\mu \cdot g} = \sqrt{\frac{2 \cdot \mu \cdot g \cdot s}{\mu^2 \cdot g^2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot s}{\mu \cdot g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 40\text{ m}}{0,5 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}}$ $= \sqrt{\frac{160}{9,81} \text{ s}^2} \approx \underline{\underline{4,039\text{ s}}}$ <p>Die Geschwindigkeit betrug etwa 71,3 km/h. Die Bremszeit etwa 4,039 s. Bemerkenswert ist, dass die Bremsbeschleunigung nicht von der Masse abhängt.</p>	

A2	Aufgabe
Ein Fertigergericht wird in der Mikrowelle mit 800 W in 2 Minuten erhitzt. Welche Energie in Joule und kWh wird an die Speise übertragen?	

A2	Ausführliche Lösung
<p>gegeben : $P = 800\text{ W}$ $t = 2\text{ min} = 120\text{ s}$ $(1\text{Ws} = 1\text{J} \quad 1\text{kWh} = 3\,600\,000\text{Ws})$</p> <p>gesucht : W in Joule und in kWh</p> $W = P \cdot t = 800\text{ W} \cdot 120\text{ s} = 96\,000\text{ Ws} = \underline{\underline{96\,000\text{ J}}}$ $W = \frac{96\,000}{3\,600\,000} \text{ kWh} \approx \underline{\underline{0,027\text{ kWh}}}$ <p>Die übertragene Energie beträgt 96 000 J oder etwa 0,027 kWh.</p>	

A3	Aufgabe
	Ein Sportler ($m = 60 \text{ kg}$) hat sich an einem Seil eingehakt, das über eine Rolle läuft.
a)	Mit welcher Kraft muss er am anderen Seilende mit den Händen ziehen, um sich in der Schwebe zu halten?
b)	Wie viel Seil muss er „durch die Hand ziehen“, damit er 3 m höher kommt?
c)	Welche Energie setzt er dabei um?

A3	Ausführliche Lösungen
a)	Wenn der Sportler schwebt, so wirkt auf beiden Seilenden dieselbe Kraft. Die Summe beider Kräfte ist seine Gewichtskraft. Er muss also mit der Kraft $F = G/2$ ziehen um sich zu halten.

A3	Ausführliche Lösungen
b)	Um sich höher zu ziehen, muss er die doppelte Seillänge durch die Hand ziehen. Für 3 m bedeutet das 6 m Seil sind zu ziehen.

A3	Ausführliche Lösungen
c)	<p>gegeben : $m = 60 \text{ kg}$ $h = 3 \text{ m}$ $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ $\left(1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws} = 1 \text{ J} \right)$</p> <p>gesucht : W</p> <p>$W = F \cdot s$ mit $F = \frac{G}{2}$ und $s = 2h$</p> <p>$W = \frac{G}{2} \cdot 2h = G \cdot h = m \cdot g \cdot h = 60 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 3 \text{ m} = 60 \cdot 9,81 \cdot 3 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = \underline{\underline{1765,8 \text{ J}}}$</p> <p>Der Energieumsatz beträgt 1765,8 J.</p>

A4	Aufgabe
	Ein Bergwanderer (Masse mit Gepäck 90 kg) leistet 150 W. Um wie viel Meter steigt er im Gebirge in 1/2 h höher?

A4	Ausführliche Lösung
	<p>gegeben : $m = 90 \text{ kg}$ $P = 150 \text{ W}$ $t = 1800 \text{ s}$ $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$</p> $\left(1 \text{Ws} = 1 \text{J} = 1 \text{Nm} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} \right)$ <p>gesucht : h Höhenunterschied</p> <p>Kletterarbeit : $W_k = P \cdot t = 150 \text{ W} \cdot 1800 \text{ s} = 270\,000 \text{ Ws}$</p> <p>Höhenenergie : $W_h = m \cdot g \cdot h$</p> $W_h = W_k \Leftrightarrow m \cdot g \cdot h = P \cdot t \Leftrightarrow h = \frac{P \cdot t}{m \cdot g} = \frac{270\,000 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}}{90 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$ $= \frac{270\,000 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^2}{90 \cdot 9,81 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^2} \approx \underline{\underline{305,81 \text{ m}}}$ <p>Der Wanderer steigt in der halben Stunde etwa 305,810 m höher.</p>

A5	Aufgabe
	Eine Geröll-Lawine der Masse 10 t donnert mit einer Anfangsgeschwindigkeit von 20 m/s einen Abhang hinunter und kommt unten zum Stillstand. Der Höhenunterschied beträgt 100 m. Welche Energie in kWh wird dabei umgesetzt?

A5	Ausführliche Lösung
	<p>gegeben : $m = 10 \text{ t} = 10\,000 \text{ kg}$ $v = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $h = 100 \text{ m}$ $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$</p> $\left(1 \text{Ws} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} \quad 1 \text{kWh} = 3\,600\,000 \text{ Ws} \right)$ <p>gesucht : W</p> $W = \frac{m}{2} \cdot v^2 + m \cdot g \cdot h = 5000 \text{ kg} \cdot 400 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} + 10\,000 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 100 \text{ m}$ $= 2\,000\,000 \text{ Ws} + 9\,810\,000 \text{ Ws} = 11\,810\,000 \text{ Ws}$ $W = \frac{11\,810\,000}{3\,600\,000} \text{ kWh} \approx \underline{\underline{3,281 \text{ kWh}}}$ <p>Der Energieumsatz beträgt etwa 3,281 kWh.</p>

A6	Aufgabe
	Eine Turbine liegt 20 m unter der Wasseroberfläche. Pro Sekunde fließen 4 m ³ Wasser hindurch. Welche Leistung gibt die Turbine ab, wenn der Wirkungsgrad 85 % beträgt?

A6	Ausführliche Lösung
	gegeben : $h = 20 \text{ m}$ $m/s = 4000 \text{ kg/s}$ $\eta = 0,85$ $t = 1 \text{ s}$ $\left(1 \text{Ws} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} \Rightarrow 1 \text{W} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3} \quad g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)$ gesucht : P_{ab} $P_{\text{zu}} = \frac{m \cdot g \cdot h}{t} = \frac{4000 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 20 \text{ m}}{1 \text{ s}} = \frac{4000 \cdot 9,81 \cdot 20 \text{ kg} \cdot \text{m}^2}{1 \text{ s}^3} = 784800 \text{ W}$ $P_{\text{ab}} = P_{\text{zu}} \cdot \eta = 784800 \text{ W} \cdot 0,85 = 667080 \text{ W} = \underline{\underline{667,080 \text{ kW}}}$ Die Leistungsabgabe beträgt 667,08 kW.

A7	Aufgabe
	Die Leistungsaufnahme eines Kühlaggregates beträgt $P = 2,5 \text{ kW}$. Die effektive Kühlleistung hingegen nur 1625 W. Wie groß ist der Wirkungsgrad?

A7	Ausführliche Lösung
	gegeben : $P_{\text{zu}} = 2,5 \text{ kW} = 2500 \text{ W}$ $P_{\text{ab}} = 1625 \text{ W}$ gesucht : η Wirkungsgrad $\eta = \frac{P_{\text{ab}}}{P_{\text{zu}}} = \frac{1625 \text{ W}}{2500 \text{ W}} = \underline{\underline{0,65}}$ Der Wirkungsgrad beträgt 0,65 bzw. 65%

A8	Aufgabe
	Ein Containerkran hat eine maximale Leistungsaufnahme von 230 kW. Der Kran kann eine Last von 30 t in maximal 30 s 20 m hoch heben. Wie groß ist der Wirkungsgrad des Antriebs?

A8	Ausführliche Lösung
	gegeben : $P_{zu} = 230 \text{ kW}$ $m = 30000 \text{ kg}$ $t = 30 \text{ s}$ $h = 20 \text{ m}$ $\left(g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad 1 \text{ W} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3} \right)$ gesucht : η $P_{ab} = \frac{m \cdot g \cdot h}{t} = \frac{30000 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 20 \text{ m}}{30 \text{ s}} = \frac{30000 \cdot 9,81 \cdot 20 \text{ kg} \cdot \text{m}^2}{30 \text{ s}^3} = 196200 \text{ W}$ $\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} = \frac{196200 \text{ W}}{230000 \text{ W}} \approx \underline{\underline{0,853}}$ Der Wirkungsgrad des Antriebs ist etwa 0,853 oder 85,3%.

A9	Aufgabe
	Ein Feuerlöschboot kann in der Minute 6000 Liter Wasser 80 m hoch fördern. Wie groß ist die Pumpenleistung?

A9	Ausführliche Lösung
	gegeben : $m = 6000 \text{ kg}$ $t = 60 \text{ s}$ $h = 80 \text{ m}$ $\left(g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad 1 \text{ W} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3} \right)$ gesucht : P $P = \frac{m \cdot g \cdot h}{t} = \frac{6000 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 80 \text{ m}}{60 \text{ s}}$ $= \frac{6000 \cdot 9,81 \cdot 80 \text{ kg} \cdot \text{m}^2}{60 \text{ s}^3} = 78480 \text{ W} = \underline{\underline{78,48 \text{ kW}}}$ Die Pumpenleistung beträgt 78,48 kW.

A10	Aufgabe
	<p>Die besten Dampfmaschinen hatten bereits um 1910 einen sehr hohen Wirkungsgrad und erreichten mit Steinkohle mittlerer Güte einen Verbrauch von etwa 0,5 kg pro PS-Stunde (1 PS-Stunde = 735 W * 3600 s). Der Heizwert von Steinkohle beträgt etwa 30 MJ/kg. Wie groß ist der Wirkungsgrad der Dampfmaschine, wenn man die abgegebene Leistung mit dem Heizwert der Steinkohle vergleicht.</p>

A10	Ausführliche Lösung
	<p>gegeben : $30 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$ Heizwert von Steinkohle</p> <p style="padding-left: 40px;">Kohlebedarf der Dampfmaschine : 0,5 kg pro PS – Stunde</p> <p style="padding-left: 40px;">1PS – Stunde = 735 W · 3600 s = 2 646 000 Ws</p> <p>gesucht : η</p> <p>$W_{\text{ab}} = 1\text{PS – Stunde} = 2\,646\,000 \text{ Ws} = 2,646\,000 \text{ MJ}$</p> <p>$W_{\text{zu}} = 0,5 \text{ kg} \cdot 30 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}} = 15 \text{ MJ}$</p> <p>$\eta = \frac{W_{\text{ab}}}{W_{\text{zu}}} = \frac{2,646\,000 \text{ MJ}}{15 \text{ MJ}} = \underline{\underline{0,1764}}$</p> <p>Der Wirkungsgrad der Dampfmaschine beträgt 0,1764 oder 17,64%.</p>

A11	Aufgabe
	<p>Ein 60 m hoher Wasserfall führt $1,6 \text{ m}^3$ Wasser pro Sekunde. Welche Leistung kann ihm entnommen werden?</p>

A11	Ausführliche Lösung
	<p>gegeben : $m = 1600 \text{ kg/s}$ $t = 1 \text{ s}$ $h = 60 \text{ m}$</p> <p style="text-align: center;"> $\left(g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad 1 \text{ W} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3} \right)$ </p> <p>gesucht : P</p> <p>$P = \frac{m \cdot g \cdot h}{t} = \frac{1600 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 60 \text{ m}}{1 \text{ s}}$</p> <p style="padding-left: 40px;">$= 1600 \cdot 9,81 \cdot 60 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3} = 941760 \text{ W} = \underline{\underline{941,76 \text{ kW}}}$</p> <p>Dem Wasserfall kann eine Leistung von 941,76 kW entnommen werden.</p>

A12	Aufgabe
	Im Braunkohletagebau transportiert ein Förderband stündlich 350 t Braunkohle auf eine Höhe von 15 m.
	a) Wie groß ist die Leistung der Anlage?
	b) Wie groß muss bei einem Wirkungsgrad von 80% die Antriebsleistung sein?

A12	Ausführliche Lösungen
a)	<p>gegeben : $m = 360 \text{ t}$ $t = 1 \text{ h}$ $h = 15 \text{ m}$</p> $\left(g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad 1 \text{ W} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3} \right)$ <p>gesucht : P</p> $P = \frac{m \cdot g \cdot h}{t} = \frac{360\,000 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 15 \text{ m}}{3600 \text{ s}}$ $= \frac{360\,000 \cdot 9,81 \cdot 15 \text{ kg} \cdot \text{m}^2}{3600 \text{ s}^3} = 14\,715 \text{ W} = \underline{\underline{14,715 \text{ kW}}}$ <p>Die Anlage leistet 14,715 kW.</p>

A12	Ausführliche Lösungen
b)	<p>gegeben : $P_{\text{ab}} = 14,715 \text{ kW}$ $\eta = 0,8$</p> <p>gesucht : P_{zu}</p> $\eta = \frac{P_{\text{ab}}}{P_{\text{zu}}} \Leftrightarrow P_{\text{zu}} = \frac{P_{\text{ab}}}{\eta} = \frac{14,715 \text{ kW}}{0,8} \approx \underline{\underline{18,394 \text{ kW}}}$ <p>Die Antriebsleistung beträgt etwa 18,394 kW.</p>