

Oberstufe: Ergebnisse und ausführliche Lösungen zu den Aufgaben zu Arbeit, Leistung und dem Wirkungsgrad I

Ergebnisse

E1	Ein Wagen wird mit einer konstanten Kraft von $F = 150 \text{ N}$ eine Strecke von $5,4 \text{ km}$ gezogen. Welche Arbeit wird dabei verrichtet?
	Ergebnis
	Es wird eine Arbeit von $810\,000 \text{ Nm}$ verrichtet.
E2	Ein Arbeiter zieht über eine feste Rolle Ziegelsteine 15 m hoch. Je Ladung befördert er 30 kg Steine und braucht eine halbe Minute. Berechnen Sie Arbeit und Leistung.
	Ergebnis
	Die verrichtete Arbeit pro Ladung beträgt $4414,5 \text{ Nm}$. Der Arbeiter leistet $147,15 \text{ Watt}$.
E3	Wie lange braucht ein Junge, der auf Dauer 50 W leistet, um 150 kg Kohlen 10 m hoch zu ziehen ?
	Ergebnis
	Der Junge braucht etwa $294,3 \text{ s}$, das sind ca. 5 Minuten .
E4	Welche Leistung vollbringt ein Matrose (75 kg), der in 90 s auf den 50 m hohen Mast eines Schiffes klettert ?
	Ergebnis
	Der Matrose leistet etwa $408,75 \text{ Watt}$.
E5	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?
	Ergebnis
	Das Auto müsste in 300 s bzw. 5 Minuten den Berg hochfahren können.
E6	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?
	Ergebnis
	a) Der Wanderer müsste eine Höhe von $582,496 \text{ m}$ überwinden. b) Der Wanderer müsste eine Höhe von $3494,976 \text{ m}$ überwinden.
E7	Ein Schwerlastaufzug ($m = 5000 \text{ kg}$) wird gleichmäßig nach oben beschleunigt und erreicht nach 30 s $v = 9 \text{ m/s}$. Welche Arbeit ist dazu nötig? Welche Leistung muss der Antriebsmotor vollbringen?
	Ergebnis
	Beschleunigungsarbeit: $W = 6\,824,25 \text{ kJ}$. Antriebsleistung $P = 227,475 \text{ kW}$.

E8	Ein Löschfahrzeug der Feuerwehr kann je Minute 1500 Liter Wasser 75 m hoch pumpen. Wie groß ist die Pumpleistung?
	Ergebnis
	Die Pumpenleistung beträgt etwa 18 393,75 Watt das sind ca. 18 kW.
E9	Im Mikrowellengerät wird ein Tellergericht mit 700 W in 1,5 min erhitzt. Wie groß ist die übertragene Energie in Joule und in kWh?
	Ergebnis
	Die von der Mikrowelle übertragene Energie beträgt 63 000 J bzw. 0,0175 kWh.
E10	Welche Leistung kann einem 50 m hohen Wasserfall entnommen werden, der 0,60 m ³ Wasser je Sekunde führt?
	Ergebnis
	Dem Wasserfall kann eine Leistung von 294 kW entnommen werden.
E11	Ein Bergwanderer (Masse mit Gepäck 100 kg) leistet 160 W. Um wie viel Meter steigt er im Gebirge in 1 h höher?
	Ergebnis
	Der Wanderer steigt pro Stunde etwa 587 m.
E12	James Watts erste Dampfmaschine erzeugte beim Verbrennen von 100 kg Steinkohle (spezifischer Heizwert 31 MJ/kg) eine mechanische Energie von 4 MJ. Berechnen Sie den Wirkungsgrad der Maschine.
	Ergebnis
	Der Wirkungsgrad der Dampfmaschine beträgt etwa 0,00129 bzw. 0,129%.
E13	Ein Kühlaggregat hat die Leistungsaufnahme von $P = 1,5$ kW. Die tatsächliche Kühlleistung beträgt $P = 0,9$ kW. Wie groß ist der Wirkungsgrad?
	Ergebnis
	Der Wirkungsgrad des Kühlaggregates beträgt 0,6 bzw. 60%.

Ausführliche Lösungen

A1	Aufgabe
	Ein Wagen wird mit einer konstanten Kraft von $F = 150 \text{ N}$ eine Strecke von $5,4 \text{ km}$ gezogen. Welche Arbeit wird dabei verrichtet?

A1	Ausführliche Lösung
	gegeben: $F = 150 \text{ N}$ $s = 5,4 \text{ km} = 5400 \text{ m}$ gesucht: $W = F \cdot s$ $W = F \cdot s = 150 \text{ N} \cdot 5400 \text{ m} = \underline{\underline{810000 \text{ Nm}}}$ Es wird eine Arbeit von $810\,000 \text{ Nm}$ verrichtet.

A2	Aufgabe
	Ein Arbeiter zieht über eine feste Rolle Ziegelsteine 15 m hoch. Je Ladung befördert er 30 kg Steine und braucht eine halbe Minute. Berechnen Sie Arbeit und Leistung.

A2	Ausführliche Lösung
	<p>Umrechnungen und Konstante:</p> $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = 1 \text{ N} \quad 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws} = 1 \text{ J}$ <p>gegeben: $h = 15 \text{ m}$ $m = 30 \text{ kg/Ladung}$ $t = 30 \text{ s}$ gesucht: $W = F \cdot s$ und $P = \frac{W}{t}$</p> <p>Die Kraft F ist die Gewichtskraft: $F = m \cdot g = 30 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$</p> <p>Für die Hubarbeit gilt: $W = m \cdot g \cdot h = 30 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 15 \text{ m} = 30 \cdot 9,81 \cdot 15 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$ $= 4414,5 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = \underline{\underline{4414,5 \text{ Nm}}} = 4414,5 \text{ Ws}$</p> <p>Für die Leistung gilt: $P = \frac{W}{t} = \frac{4414,5 \text{ Ws}}{30 \text{ s}} = \underline{\underline{147,15 \text{ W}}}$</p> <p>Die verrichtete Arbeit pro Ladung beträgt $4414,5 \text{ Nm}$. Der Arbeiter leistet dabei etwa $147,15 \text{ Watt}$.</p>

A3	Aufgabe
	Wie lange braucht ein Junge, der auf Dauer 50 W leistet, um 150 kg Kohlen 10 m hoch zu ziehen ?

A3	Ausführliche Lösung
	<p>Umrechnungen und Konstante:</p> $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = 1\text{N} \quad 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 1 \text{Nm} = 1\text{Ws} = 1\text{J}$ <p>gegeben: Leistung: $P = 50 \text{ W}$ Hubhöhe: $h = 10 \text{ m}$ Masse: $m = 150 \text{ kg}$ gesucht : Zeit t</p> <p>Die insgesamt zu verrichtende Arbeit beträgt:</p> $W = m \cdot g \cdot h = 150 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 10 \text{ m} = 150 \cdot 9,81 \cdot 10 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 14715 \text{ Nm}$ <p>Für die Leistung gilt: $P = \frac{W}{t} \Leftrightarrow t = \frac{W}{P}$</p> $\text{Zeit : } t = \frac{W}{P} = \frac{14715 \text{ Nm}}{50 \text{ W}} = \frac{14715 \text{ Ws}}{50 \text{ W}} = \underline{\underline{294,3 \text{ s}}}$ <p>Der Junge braucht etwa 294,3 s, das sind ca. 5 Minuten, um 150 kg Kohlen 10 m hoch zu ziehen. Das macht er natürlich in mehreren kleinen Portionen.</p>

A4	Aufgabe
	Welche Leistung vollbringt ein Matrose (75 kg), der in 90 s auf den 50 m hohen Mast eines Schiffes klettert ?

A4	Ausführliche Lösung
	<p>Umrechnungen und Konstante:</p> $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = 1\text{N} \quad 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 1 \text{Nm} = 1\text{Ws} = 1\text{J}$ <p>gegeben: Masse: $m = 75 \text{ kg}$ Zeit: $t = 90 \text{ s}$ Höhe: $h = 50 \text{ m}$ gesucht : Leistung $P = \frac{W}{t}$</p> <p>Der Matrose verrichtet beim klettern die Arbeit:</p> $W = m \cdot g \cdot h = 75 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 50 \text{ m} = 75 \cdot 9,81 \cdot 50 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 36767,5 \text{ Ws}$ <p>Die Kletterleistung beträgt:</p> $P = \frac{W}{t} = \frac{36767,5 \text{ Ws}}{90 \text{ s}} = \underline{\underline{408,75 \text{ W}}}$ <p>Die Leistung, die der Matrose beim klettern erbringt, beträgt 408,75 Watt. Das kann auch ein gut trainierter Sportler nur kurze Zeit durchhalten.</p>

A5	Aufgabe
	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?

A5	Ausführliche Lösung
	<p>Umrechnungen und Konstante:</p> $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = 1\text{N} \quad 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 1\text{Nm} = 1\text{Ws} = 1\text{J}$ <p>gegeben: Gewichtskraft 9kN = 9000N Motorleistung 45kW = 45000 W Höhe h = 1500m</p> <p>gesucht : Zeit t</p> <p>Der Motor verrichtet die Hubarbeit:</p> $W = m \cdot g \cdot h = G \cdot h = 9000\text{N} \cdot 1500\text{m} = 13500000\text{Nm} = 13500000\text{Ws}$ <p>Für die Leistung gilt: $P = \frac{W}{t} \Leftrightarrow t = \frac{W}{P}$</p> $t = \frac{W}{P} = \frac{13500000\text{Ws}}{45000\text{W}} = \underline{\underline{300\text{s}}}$ <p>Das Auto benötigt für die Bergfahrt 300 Sekunden. Das sind 5 Minuten. Bei der Rechnung wurden Reibungsverluste nicht berücksichtigt.</p>

A6	Aufgabe
	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?

A6	Ausführliche Lösung
	<p>a) Umrechnungen und Konstante:</p> $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = 1\text{N} \quad 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 1 \text{ Nm} = 1\text{Ws} = 1\text{J}$ <p>gegeben: Masse $m = 70 \text{ kg}$</p> <p>Brennwert einer Schnitte Brot: $E = 400 \text{ kJ} = 400\,000 \text{ Ws} = 400\,000 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$</p> $W = m \cdot g \cdot h \Leftrightarrow h = \frac{W}{m \cdot g} = \frac{E}{m \cdot g}$ $= \frac{400\,000 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}}{70 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = \frac{400\,000}{70 \cdot 9,81} \cdot \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{kg} \cdot \text{m}} = \underline{\underline{582,496 \text{ m}}}$ <p>Der Wanderer müsste eine Höhe von etwa 582 m überwinden um den Brennwert eines Brotes umzusetzen.</p> <p>b) Die Rechnung erfolgt wie bei a), nur mit anderen Werten. Brennwert einer Tafel Schokolade:</p> $E = 2400 \text{ kJ} = 2\,400\,000 \text{ Ws} = 2\,400\,000 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$ $h = \frac{E}{m \cdot g} = \frac{2\,400\,000 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}}{70 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = \frac{2\,400\,000}{70 \cdot 9,81} \cdot \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{kg} \cdot \text{m}} = \underline{\underline{3494,976 \text{ m}}}$ <p>Der Wanderer müsste eine Höhe von etwa 3494,976 m überwinden um den Brennwert einer Tafel Schokolade umzusetzen. Bemerkung: Die berechneten Werte sind eher theoretischer Natur, denn sie beinhalten nur die Energie um den Höhenunterschied zu überwinden. Energieverlust des menschlichen Körpers wurde nicht berücksichtigt.</p>

A7	Aufgabe Ein Schwerlastaufzug ($m = 5000 \text{ kg}$) wird gleichmäßig nach oben beschleunigt und erreicht nach 30 s $v = 9 \text{ m/s}$. Welche Arbeit ist dazu nötig? Welche Leistung muss der Antriebsmotor vollbringen?
----	--

A7	Ausführliche Lösung Bei der Berechnung ist zu berücksichtigen, dass ein Teil der Energie als Bewegungsenergie, der andere Teil als Höhenenergie auftritt. gegeben : $m = 5000 \text{ kg}$ $t = 30 \text{ s}$ $v = 9 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $\left(1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 1 \text{ J} \quad g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)$ gesucht : W_B und P Beschleunigung : $v = a \cdot t \Leftrightarrow a = \frac{v}{t} = \frac{9 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{30 \text{ s}} = 0,3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ Hubhöhe : $h = \frac{a}{2} \cdot t^2 = 0,15 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 900 \text{ s}^2 = 135 \text{ m}$ Beschleunigungsarbeit : $W_B = \frac{m}{2} \cdot v^2 + m \cdot g \cdot h$ $W_B = 2500 \text{ kg} \cdot 81 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} + 5000 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 135 \text{ m}$ $= 202500 \text{ J} + 6621750 \text{ J} = 6824250 \text{ J} = \underline{\underline{6824,25 \text{ kJ}}}$ Antriebsleistung : $P = \frac{W_B}{t} = \frac{6824250 \text{ Ws}}{30 \text{ s}} = 227475 \text{ W} = \underline{\underline{227,475 \text{ kW}}}$ Die Beschleunigungsarbeit beträgt $6824,25 \text{ kJ}$. Die erforderliche Antriebsleistung beträgt $227,475 \text{ kW}$. Bemerkung: Der größte Teil der Energie ($6621,75 \text{ kJ}$) wird zur Überwindung des Höhenunterschieds benötigt. Für die Geschwindigkeitszunahme allein braucht man nur $202,5 \text{ kJ}$
----	--

A 8	Aufgabe
	Ein Löschfahrzeug der Feuerwehr kann je Minute 1500 Liter Wasser 75 m hoch pumpen. Wie groß ist die Pumpleistung?

A8	Ausführliche Lösung
	<p>Umrechnungen und Konstante:</p> $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = 1\text{N} \quad 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 1 \text{Nm} = 1\text{Ws} = 1\text{J}$ <p>gegeben: $t = 1\text{min} = 60\text{ s}$ 1500 Liter Wasser $\hat{=} m = 1500\text{ kg}$ $h = 75\text{ m}$</p> <p>Hubarbeit: $W = m \cdot g \cdot h = 1500\text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 75\text{ m} = 1500 \cdot 9,81 \cdot 75 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$</p> $= 1103625\text{ Nm} = 1103625\text{ Ws}$ <p>Pumpenleistung $P = \frac{W}{t} = \frac{1103625\text{ Ws}}{60\text{ s}} = \underline{\underline{18393,75\text{ W}}}$</p> <p>Die Pumpenleistung beträgt 18 393,75 Watt bzw. ca. 18 kW.</p>

A9	Aufgabe
	Im Mikrowellengerät wird ein Tellergericht mit 700 W in 1,5 min erhitzt. Wie groß ist die übertragene Energie in Joule und in kWh ?

A9	Ausführliche Lösung
	<p>Umrechnungen:</p> $1\text{J} = 1\text{Ws} = 1\text{Nm} \quad 1\text{kWh} = 1000 \cdot 3600\text{ Ws} = 3\,600\,000\text{ Ws}$ <p>gegeben : $P = 700\text{ W}$ $t = 1,5\text{ min} = 90\text{ s}$</p> <p>gesucht : $W = P \cdot t = 700\text{ W} \cdot 90\text{ s} = \underline{\underline{63\,000\text{ Ws}}}$</p> <p>Umrechnung in kWh: $W = \frac{63\,000\text{ Ws}}{3\,600\,000 \frac{\text{Ws}}{\text{kWh}}} = \frac{63\,000}{3\,600\,000}\text{ kWh} = \underline{\underline{0,0175\text{ kWh}}}$</p> <p>Die von der Mikrowelle übertragene Energie beträgt 63 000 J bzw. 0,0175 kWh.</p>

A10	Aufgabe
	Welche Leistung kann einem 50 m hohen Wasserfall entnommen werden, der 0,60 m ³ Wasser je Sekunde führt ?

A10	Ausführliche Lösung
	<p>Vorüberlegung: Die Energie, die dem Wasserfall entnommen werden kann, entspricht der Energie, die aufgewendet werden müsste, um das herunterstürzende Wasser wieder hinauf zu befördern. Energieumsatz pro Sekunde ist Leistung.</p> <p>Umrechnungen und Konstante:</p> $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = 1\text{N} \quad 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 1 \text{Nm} = 1\text{Ws} = 1\text{J}$ <p>gegeben: $h = 50\text{m}$ $V = 0,6 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \triangleq 600 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$ ($1\text{m}^3 \text{Wasser} \triangleq 1000\text{kg}$)</p> <p>gesucht : $P = \frac{W}{s}$</p> $W = m \cdot g \cdot h = 600\text{kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 50\text{m} = 600 \cdot 9,81 \cdot 50 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$ $= 294\,300\text{Nm} = 294\,300\text{Ws}$ <p>Da der Energieumsatz in einer Sekunde erfolgt, entspricht der berechnete Wert der gesuchten Leistung.</p> $P = \frac{W}{1\text{s}} = \frac{294\,300\text{Ws}}{1\text{s}} = \underline{\underline{294\,300\text{W}}} = 294\text{kW}$ <p>Dem Wasserfall kann eine Leistung von 294 kW entnommen werden.</p>

A11	Aufgabe
	Ein Bergwanderer (Masse mit Gepäck 100 kg) leistet 160 W. Um wie viel Meter steigt er im Gebirge in 1 h höher ?

A11	Ausführliche Lösung
	<p>Umrechnungen und Konstante:</p> $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = 1\text{N} \quad 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 1 \text{Nm} = 1\text{Ws} = 1\text{J}$ <p>gegeben: $m = 100\text{kg}$ $P = 160\text{W}$ $t = 1\text{h} = 3600\text{s}$</p> <p>gesucht : Steighöhe h</p> <p>Es gilt: $W = m \cdot g \cdot h \Leftrightarrow h = \frac{W}{m \cdot g}$ und $P = \frac{W}{t} \Leftrightarrow W = P \cdot t$</p> $h = \frac{P \cdot t}{m \cdot g} = \frac{160\text{W} \cdot 3600\text{s}}{100\text{kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = \frac{160 \cdot 3600}{100 \cdot 9,81} \frac{\text{Ws}}{\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}} = 587,156 \frac{\text{Nm}}{\text{N}} = \underline{\underline{587,156\text{m}}}$ <p>Der Wanderer steigt pro Stunde etwa 587 Meter hoch.</p>

A12	Aufgabe
	James Watts erste Dampfmaschine erzeugte beim Verbrennen von 100 kg Steinkohle (spezifischer Heizwert 31 MJ/kg) eine mechanische Energie von 4 MJ. Berechnen Sie den Wirkungsgrad der Maschine.
A12	Ausführliche Lösung
	<p>Vorüberlegung: 100 kg Steinkohle hat einen Brennwert von 3100 MJ, diese Energie wird der Dampfmaschine zugeführt. Sie hingegen gibt dafür eine Energie von 4 MJ ab. Der Wirkungsgrad der Maschine berechnet sich aus dem Verhältnis von abgegebener Energie zur zugeführten Energie.</p> $\text{Wirkungsgrad} = \eta = \frac{4\text{MJ}}{3100\text{MJ}} = \underline{\underline{0,00129}}$ <p>Der Wirkungsgrad der Dampfmaschine beträgt 0,00129 bzw. 0,129%. Das bedeutet, nur etwa 0,129% der zugeführten Energie wird in nutzbare Energie umgewandelt. Der Rest besteht aus Verlusten. James Watt war sicher froh, dass die Maschine überhaupt lief.</p>
A13	Aufgabe
	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 ?
A13	Ausführliche Lösung
	<p>gegeben : $P_{\text{zu}} = 1,5 \text{ kW}$ $P_{\text{ab}} = 0,9 \text{ kW}$</p> $\text{Wirkungsgrad} = \eta = \frac{P_{\text{ab}}}{P_{\text{zu}}} = \frac{0,9 \text{ kW}}{1,5 \text{ kW}} = \underline{\underline{0,6}}$ <p>Der Wirkungsgrad des Kühlaggregats beträgt 0,6 bzw. 60%.</p>