

Lösungen

- Posten 1:** Aufgabe 1: Durch das Erwärmen der Luft im Glaskolben dehnt sich die Luft darin aus und drückt das Wasser heraus in das Becherglas. Dieses wird immer schwerer und gewinnt irgendwann gegen das Gegengewicht. Dadurch öffnet sich die Tür.
- Es ist keine Wärmearbeitsmaschine im Sinn der Definition auf dem Einführungsblatt, da keine periodische Bewegung entsteht.
- Aufgabe 2: Links: Die Tempeltür wird geöffnet, indem mit der Hitze des Altarfeuers Wasser zum Verdampfen gebracht wird und der Druck des Dampfes die Tür öffnet. Bei der Maschine rechts wird Wasser mit einem Feuer zum Sieden gebracht und strömt in einem drehbar gelagerten Gefäss beidseitig so aus, dass es in Drehbewegung versetzt wird.
- Frage: Schiffe und Lokomotiven, wenig später Autos
- Posten 2:** Frage: Ja. Aber der Motor läuft dann in die andere Richtung.
- Posten 3:**
- a) Arbeiten gegen den Druck: Def. der Arbeit: $W=F \cdot s$, wobei $F=p \cdot A$, somit: $W=p \cdot A \cdot s$
 $A \cdot s$ ist das überstrichene Volumen ΔV , somit: $W=p \cdot \Delta V$
- b) W ist die Fläche im Diagramm unter der Kurve.
- Frage 1: Die adiabatische Expansion ist deshalb nötig, weil man auf ein tieferes Temperaturniveau gelangen muss, um in diesem Kreisprozess überhaupt eine Fläche einschliessen und damit Arbeit abgeben zu können. Man könnte allerdings auch Wärme bei $V=\text{konst.}$ abführen, was einem ebenfalls auf ein tieferes Temperaturniveau bringen würde.
- Posten 4:** Frage 1: 2-Takt: Vorteile: Leistungsfähiger da doppelt so viele Arbeitstakte; Billiger, da weniger bewegliche Teile; Wenig schadenanfällig
- Nachteile: viele Abgase (schlechte Trennung von verbranntem und frischem Gemisch führt zur Durchmischung). Eine bessere Trennung wird dadurch erreicht, in dem man das Treibstoffgemisch in den abgeschlossenen Zylinder *einspritzt*, dabei geht kein Treibstoff „verloren“. Allerdings kann dieser Motor nicht mit Dreiwegkatalysator betrieben werden, da der Motor, soll er immer mit frischem Gemisch arbeiten, gespült werden muss (mit Gebläse), was viel Luft im Auspuff ergibt. Ohne Spülung fällt die Leistung zusammen, sodass diese kaum höher als bei einem Viertakter ist.
- 4-Takt: Was die Vorteile des einen sind hier die Nachteile und umgekehrt!
- Frage 2: 2-Takt hat schlechteren Wirkungsgrad, er nutzt die Energie im Treibstoff schlechter. D.h. ein 2-Takt-Motor mit gleicher Leistung wie ein 4-Takt-Motor braucht mehr Treibstoff.
- Frage 3: Unterschiede: Diesel ohne Zündkerze; Diesel höhere Verdichtung
- Gleich: 4 Takte
- Diesel hat besseren Wirkungsgrad (ist also sparsamer), hat aber weniger Leistung bei gleicher Grösse. Schadstoffe sind beim Diesel-Motor problematischer.

Posten 5: Frage 1: S. Posten 4 Frage 3!

Frage 2: a) Im Rechteck: $W = p \times V = 10\text{bar} \times 100\text{cm}^3 = 10^6\text{Pa} \times 10^{-4}\text{m}^3 = 100\text{ J}$

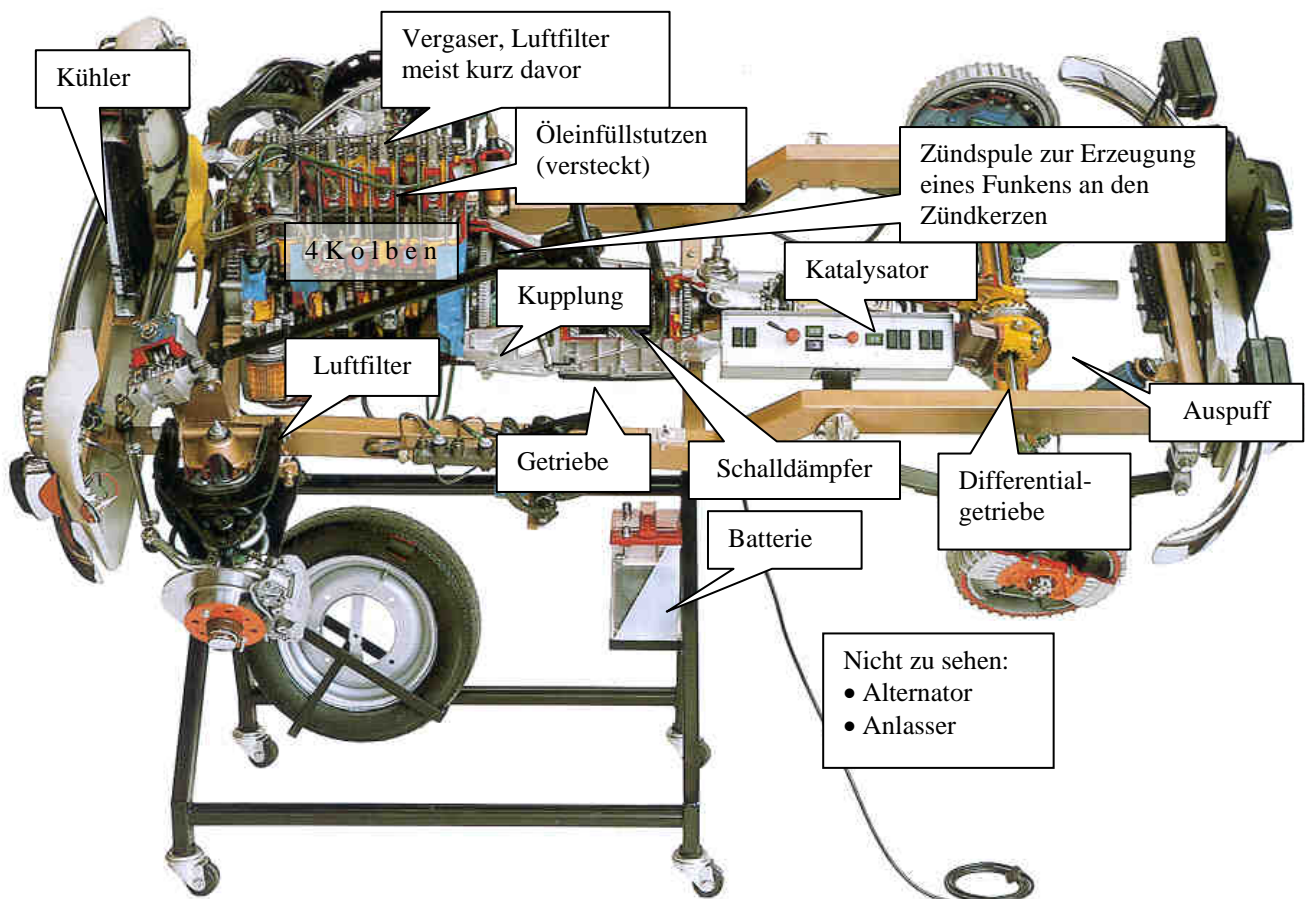
b) Hat etwa 3 Mal Platz: Also 300 J

c) 4200 Umdr. pro Minute heisst 70 Umdrehungen pro Sekunde. Da nur bei jeder zweiten Umdrehung ein Arbeitstakt erfolgt, ergibt dies 35 Arbeitstakte pro Sekunde, also 35 Mal 300 J in einer Sekunde sind 10'500 J pro Sekunde oder eben 10'500 W, d.h. 10.5kW. Da es sich um einen 4-Zylinder-Motor handelt, muss diese Leistung mit 4 multipliziert werden: 42kW ist die Leistung des Motors (das sind 57PS). Das Hubvolumen: Im Diagramm ist ersichtlich, dass sich der Kolben von etwa 15 cm^3 bis 265 cm^3 verschiebt, er überstreicht also ein Volumen von 250 cm^3 . Da 4 Zylinder: Das Hubvolumen des Motors beträgt 1000cm^3 . Bem.: In Realität haben Dieselmotoren eine kleinere Leistung. Allerdings haben wir Reibungsverluste etc. in der Berechnung nicht berücksichtigt.

Posten 6: Frage: Vorteile des Wankel: Klein und leicht; Sanfter Lauf; Keine Hin- und Herbewegung; Theoretisch sparsam; 3 Takte finden gleichzeitig statt pro Kolben; Keine Ventile

Nachteile des Wankel: Abdichten oben, unten und an den Kanten schwierig; Schmieröl auch an den Wänden in der Verbrennungszone nötig wegen Dichtleisten, daraus folgt, dass viel HC (Kohlenwasserstoffe) in den Abgasen; Teure Herstellung; In der Praxis nicht sparsam

Posten 7: Die im Text fett markierten Begriffe sind in der folgenden Abbildung eingezeichnet (so gut man diese eben erkennt)!



- Posten 8:** Frage 1: Er hat bei eher konstanten Drehzahlen den besseren Wirkungsgrad, weil dann die Turbine nicht dauernd beschleunigt und abgebremst werden muss, was zu Verlusten führen würde.
- Frage 2: Wir betrachten dazu ein kleines Zahlenbeispiel. Wir hätten einen Motor, der die Leistung P abgeben kann und dafür pro 100km 6 Liter Benzin benötigt. Daneben haben wir einen Motor, der die 1.5fache Leistung hat (1.5P) und dafür pro 100km 12 Liter Benzin benötigt. Der zweite Motor hat also eine deutlich höhere Leistung (Faktor 1.5), benötigt dafür aber das doppelte an Treibstoff. Damit ist der Wirkungsgrad (Verhältnis Nutzen zu Aufwand, oder hier eben Leistung (mal Zeit) zu Treibstoffenergie) im ersten Fall besser! Dieses Beispiel gilt allerdings nur für den Fall, dass die Motoren mit Höchstleistung arbeiten, was in Realität selten der Fall ist. Motoren arbeiten sehr häufig im sogenannten Teillastbereich, d.h. sie geben nur einen Bruchteil von der Leistung ab, die sie abgeben könnten.
- Posten 9:** Frage 1: Dampfdruckkurve!
- Frage 2: Genau gleiche Funktionsweise, nur dass beim Kühlschrank die kalte Seite genutzt wird und bei der Wärmepumpe die warme. Die Abwärme des Kühlschranks z.B. erwärmt die Küche.
- Posten 10:** Frage: Vorteile der Wärmepumpe: Je nach dem, wie die elektrische Energie erzeugt wurde (z.B. Unterschied CH-D), relativ saubere Heizmethode. Wenn z.B. nur el. Energie aus Wasserkraft, dann praktisch keine CO₂-Emissionen. Nutzt Umgebungswärme (erzeugt Wärme nicht, sondern verlagert diese nur!). Geringere Abhängigkeit von Erdölstaaten. Günstigere laufende Kosten.
- Nachteile der Wärmepumpe: Teurer in der Anschaffung. „Wertvolle“ elektrische Energie wird gebraucht. In Grundwassergebieten sind Erdsonden verboten.
- Posten 11:** Frage 1: Dampfturbine hat den höheren Wirkungsgrad (gut 40% zu max. 25%). Grund dafür ist auch die aufwändigere Prozessführung mit Zwischenerhitzen und Zwischenkondensation zwischen den einzelnen Turbinenstufen.
- Frage 2: Wasserkraftwerke: 85% Kohlekraftwerke um 40%.
- Frage 3: Kühlung mit Flusswasser (an der Aare gebaut), das sich dadurch etwas erwärmt.
- Posten 12:** Wirkungsgrad:
$$\eta_{\text{theor}} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$
- Frage 1:
- | | | |
|--------------------|------------------|-------------------------|
| 4-Takt-Otto-Motor: | Theoretisch: 50% | Praktisch: max. ca. 35% |
| Diesel-Motor: | Theoretisch: 73% | Praktisch: um 42% |
| Dampfturbine: | Theoretisch: 60% | Praktisch: um 40% |
- Frage 2: T_2 (Abgastemperatur) müsste 0K sein, dann ist der zweite Term 0 und damit $\eta = 1$. Die Abgastemperatur kann nicht unter der Umgebungstemperatur liegen, auf der Erde je nach Ort um 273K.
- Posten 13:** Frage 1: Schlechterer Wirkungsgrad eines Düsentrriebwerks im Vergleich zu Benzin-Motor. Im Prinzip müsste hier der „Vortriebswirkungsgrad“ betrachtet werden, der selbst bei einem eigentlich guten Triebwerkswirkungsgrad bei tiefen Geschwindigkeiten tief ist; Zu laut; Zu windig
- Frage 2: Siehe auch Frage 1.