



Rund um den Motor V 1.0

Arbeitsauftrag für die Stammgruppe

Ihr solltet euch innerhalb von 10 Minuten einen kurzen Überblick über das Thema machen und euch entscheiden wer Experte für welches Thema wird.

Geht dabei wie folgt vor:

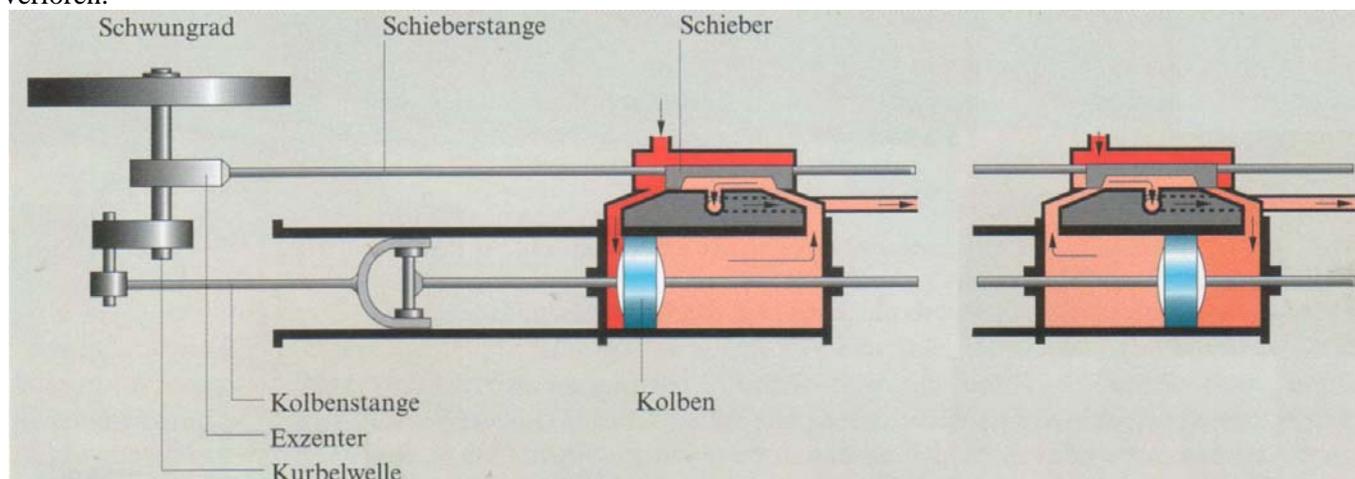
1. **Gruppenarbeit:** gemeinsame Lektüre des unten stehenden Textes und gemeinsame Klärung der folgenden Fragen, sowie deren Beantwortung im Heft.
 - Welche Vorgänge laufen bei der Dampfmaschine periodisch ab?
 - Welche Funktion hat die Schieberstange?
2. **Gruppenarbeit:** Benennung der Experten für die folgenden Themen.
 - Im Kühlschrank arbeitet eine Wärmepumpe
 - Der Ottomotor
 - Das Strahltriebwerk
 - Der Dieselmotor
 - Das Wärmekraftwerk

schwer
mittel
leicht
mittel
mittel

Prinzip von Wärmekraftmaschinen

Täglich begegnen uns Maschinen, die aus innerer Energie Bewegungsenergie erzeugen: Jedes Auto wird von einem Motor angetrieben, in dem Benzin oder Dieselkraftstoff verbrannt wird. Diese innere Energie bewegt die Kolben im Zylinder und schließlich dreht sie die Räder.

In allen Wärmekraftmaschinen kann nur ein Teil der inneren Energie in mechanische Energie umgewandelt werden. Der Rest wird teilweise noch genutzt, um den Innenraum des Autos zu erwärmen, ist aber für weitere Nutzung verloren.



Die ersten Wärmekraftmaschinen waren Dampfmaschinen. In ihnen verrichtete heißer Wasserdampf mechanische Arbeit. Das Bild zeigt das Prinzip von einer Dampfmaschine nach James Watt.

Dampfeintritt und -austritt werden durch einen Schieber gesteuert. Die Schieberbewegung ist der Kolbenbewegung entgegengerichtet. Der Kolben wird abwechselnd nach links und rechts gedrückt.

Der Schieber schließt den Einlass, wenn eine bestimmte Menge heißer Dampf in den Zylinder geströmt ist. Dieser Dampf dehnt sich aus und kühlt sich dabei ab. Seine innere Energie wird in mechanische Arbeit umgewandelt. Es ist aber nicht möglich, die gesamte Energie des Dampfes in mechanische Arbeit umzuwandeln

Im Kühlschrank arbeitet eine Wärmepumpe V 1.0

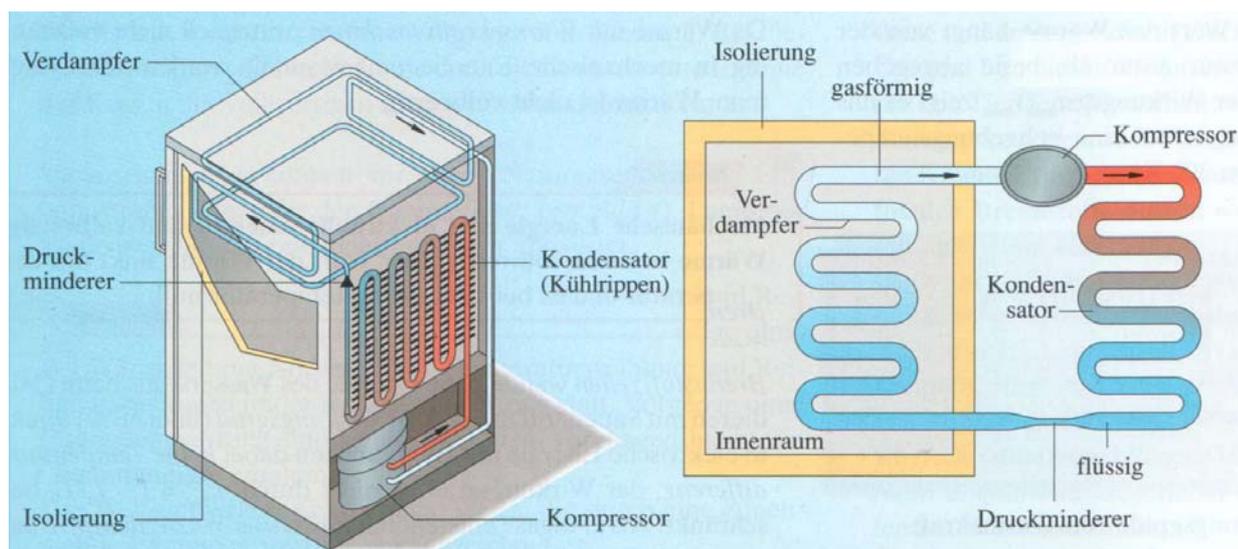
Kühlschrank

Noch nie hat jemand beobachtet, dass sich das Badezimmer abkühlt und dafür das Badewasser immer heißer wird. Von allein wird dies nie geschehen. Alle Erfahrung lehrt uns: Die Wärme geht stets vom wärmeren zum kälteren Körper über. Dieser Grundsatz der Wärmelehre wird täglich in jeder Küche scheinbar durchbrochen: Der Kühlschrank kühlt die Lebensmittel in seinem Innenraum ab und erwärmt zugleich die Küche.

An der Rückseite der meisten Kühlschränke findest du schwarze, von einem schlangenförmigen Rohr durchzogene Kühlrippen. Während der Kühlschrank „läuft“, besitzen die Kühlrippen eine höhere Temperatur als die Umgebung. Du kannst das mit der Hand nachprüfen! Offensichtlich transportiert eine Wärmepumpe Energie aus dem Inneren des Kühlschranks dorthin. Solches geschieht niemals von selbst. Man braucht eine Maschine mit Energiezufuhr von außen.

Die Wärmepumpe eines Kühlschranks besteht im Wesentlichen aus einem geschlossenen Rohrsystem, in dem ein Kühlmittel zirkuliert. Als Kühlmittel eignen

sich nur Stoffe, die eine Siedetemperatur von niedriger als -20°C besitzen. Das Kühlmittel gelangt in flüssiger Form in das Innere des Kühlschranks. Im Verdampfer, einem schlangenförmig verlegten Rohr, siedet es. Dabei entzieht es der Luft im Inneren die zum Verdampfen benötigte Energie und kühlt die Luft dadurch ab. Der Kompressor, der durch einen Elektromotor angetrieben wird, pumpt das gasförmige Kühlmittel zum Kondensator, einem schlangenförmig verlegten Rohr an der Rückseite des Kühlschranks. Unter dem hohen, vom Kompressor erzeugten Druck, kondensiert es dort. Dabei wird die wieder frei werdende Verdampfungsenergie über die Kühlrippen an die Zimmerluft abgegeben. Anschließend fließt das flüssige Kühlmittel durch ein sehr enges Rohr wieder zum Verdampfer. Das enge Rohr hält den hohen Druck des Kompressors vom Verdampfer fern, wo der Druck klein sein muss. Wärmepumpen zum Beheizen von Gebäuden sind im Prinzip genauso aufgebaut: Sie entziehen dem Erdboden, Gewässern oder der Außenluft Energie und pumpen diese in die Gebäude



Arbeitsauftrag für die Expertengruppe

Ihr solltet mit Hilfe des beiliegenden Textes das Thema so vorbereiten, dass ihr es in den Stammgruppen euren Mitschülern innerhalb von 3 Minuten präsentieren und erklären können. Geht dabei wie folgt vor:

1. **Einzelarbeit:** Lektüre des Textes.
2. **Gruppenarbeit:** Vorbereitung der Präsentation. Stellt sicher, dass alle Gruppenmitglieder der Expertengruppe den Inhalt verstanden haben und erklären können.

Inhalt der Präsentation:

- Wie funktioniert ein Kühlschrank?
- Was ist das besondere beim Energiefluss in einem Kühlschrank?
- Erstellt ein Energieflussdiagramm für den Kühlschrank (wo wird welche Energiemenge aufgenommen bzw. abgegeben).

Der Ottomotor v 1.1

Verglichen mit den schweren Dampfmaschinen des 19. Jahrhunderts sind die heutigen Benzinmotoren äußerst kleine und leichte Wärmekraftmaschinen mit einer großen Leistung. Nach ihrem Erfinder NIKOLAUS OTTO (1832-1891) werden sie auch Ottomotoren genannt.

Im Ottomotor wird ähnlich wie in einer Dampfmaschine ein Kolben durch den Druck eines erhitzten Gases bewegt. Allerdings ist das Gas hier nicht Wasserdampf, sondern das heiße Gas entsteht beim Verbrennen eines Gemisches aus Benzin und Luft.

Arbeitsweise des Viertakt-Ottomotors

Ein Viertaktmotor arbeitet in vier Schritten, die nacheinander ablaufen. Diese Schritte werden Takte genannt.

Die Vorgänge wiederholen sich jeweils nach 4 Takten. Bei einem Viertakt-Ottomotor unterscheidet man folgende Takte:

1. Takt: Ansaugen des Benzin-Luft-Gemisches
Der Kolben bewegt sich in Richtung der Pleuelstange. Dadurch entsteht im Zylinder ein Unterdruck. Das

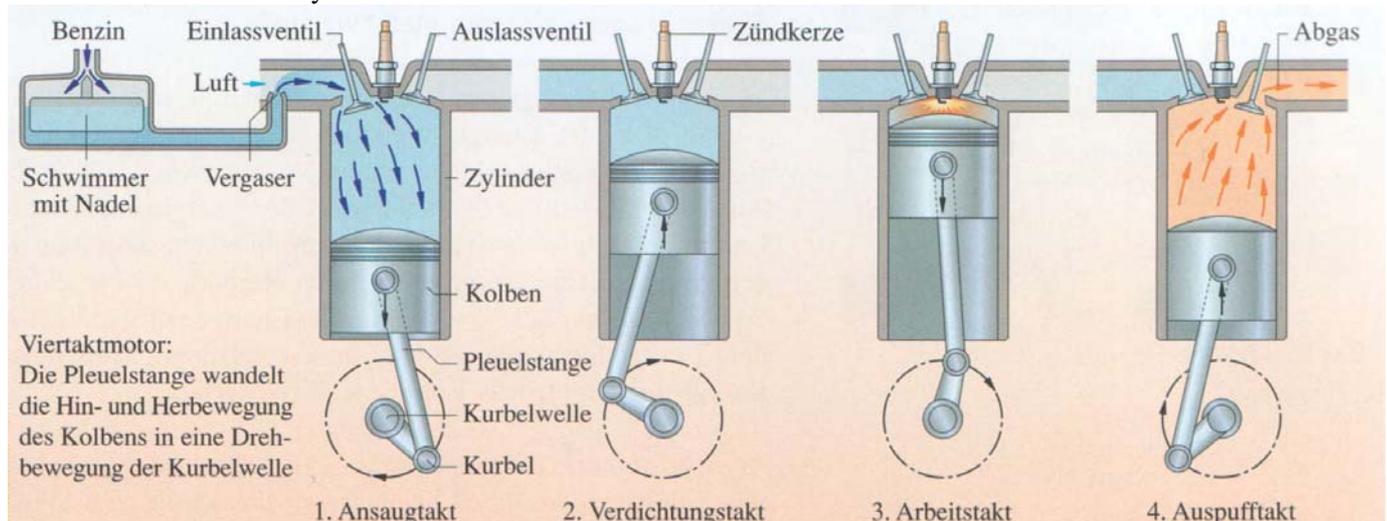
Einlassventil ist geöffnet. Durch das Ventil wird das Benzin-Luft-Gemisch angesaugt, das im Vergaser erzeugt wird.

2. Takt: Verdichten des Benzin-Luft-Gemisches
Beide Ventile sind geschlossen. Der Kolben bewegt sich in Richtung der Zündkerze, bis das Volumen des Gases auf etwa $1/10$ des ursprünglichen Volumens verkleinert ist. Dabei steigt die Temperatur des Gases auf etwa 500°C .

3. Takt (Arbeitstakt): Zünden und Verbrennen des Gemisches, Ausdehnen der Verbrennungsgase
Mit der Zündkerze wird ein Funke erzeugt, der das Benzin-Luft-Gemisch entzündet. Beim explosionsartigen Verbrennen steigt die Temperatur auf über 2000°C , der Druck nimmt stark zu. Der Kolben wird in Richtung der Pleuelstange gedrückt.

4. Takt: Ausschleiben der Verbrennungsgase.
Das Auslassventil wird geöffnet. Der Kolben bewegt sich zurück und schiebt die Verbrennungsgase aus dem Zylinder.

Danach schließt sich wieder der 1. Takt an.



Arbeitsauftrag für die Expertengruppe

Ihr solltet mit Hilfe des beiliegenden Textes das Thema so vorbereiten, dass ihr es in den Stammgruppen euren Mitschülern innerhalb von 3 Minuten präsentieren und erklären könnt. Geht dabei wie folgt vor:

1. **Einzelarbeit:** Lektüre des Textes.
2. **Gruppenarbeit:** Vorbereitung der Präsentation. Stellt sicher, dass alle Gruppenmitglieder der Expertengruppe den Inhalt verstanden haben und erklären können.

Inhalt der Präsentation:

- Welche Funktion haben die einzelnen Takte?
- Welche Energieformen werden in den einzelnen Takten ineinander umgewandelt? (Achtung die Pleuelstange dreht sich zu Beginn bereits!)
- Welche Energiemengen werden in den einzelnen Takten ineinander umgewandelt?

Der Dieselmotor V 1.0

Der Ingenieur RUDOLF DIESEL (1858-1913) hat vor etwa 100 Jahren eine weitere Wärmekraftmaschine entwickelt, deren Wirkungsgrad noch etwas höher ist als der des Ottomotors. Seine Idee bestand darin, das Kraftstoff-Luft-Gemisch noch stärker zu verdichten als im Ottomotor. Dabei wird das Gemisch so heiß, dass es sich von selbst entzündet.

Auch Dieselmotoren sind in der Regel Viertaktmotoren. Im Unterschied zum Ottomotor hat der Dieselmotor keine Zündkerze. Außerdem wird der Kraftstoff nicht angesaugt, sondern durch eine Einspritzdüse direkt in den Zylinder eingespritzt.

Arbeitsweise des Viertakt-Dieselmotors

Ein Viertaktmotor arbeitet in vier Schritten, die nacheinander ablaufen. Diese Schritte werden Takte genannt.

1. Takt: Ansaugen von Luft

Der Kolben bewegt sich in Richtung der Kurbelwelle. Dadurch entsteht im Zylinder ein Unterdruck. Das Einlassventil ist geöffnet. Luft strömt in den Zylinder ein.

2. Takt: Verdichten der Luft

Beide Ventile sind geschlossen. Der Kolben bewegt sich zurück, bis das Volumen der Luft auf etwa $1/20$ des ursprünglichen Volumens verkleinert ist. Dabei steigt die Temperatur des Gases auf etwa 800°C .

3. Takt (Arbeitstakt): Einspritzen, Selbstzündung und Ausdehnen der Verbrennungsgase

Der Kraftstoff wird eingespritzt, wenn die Luft schon stark verdichtet und sehr heiß ist. Der Kraftstoff verbrennt sofort (Selbstzündung) und der Druck im Zylinder erhöht sich schlagartig. Beim Verbrennen steigt die Temperatur auf über 2000°C .

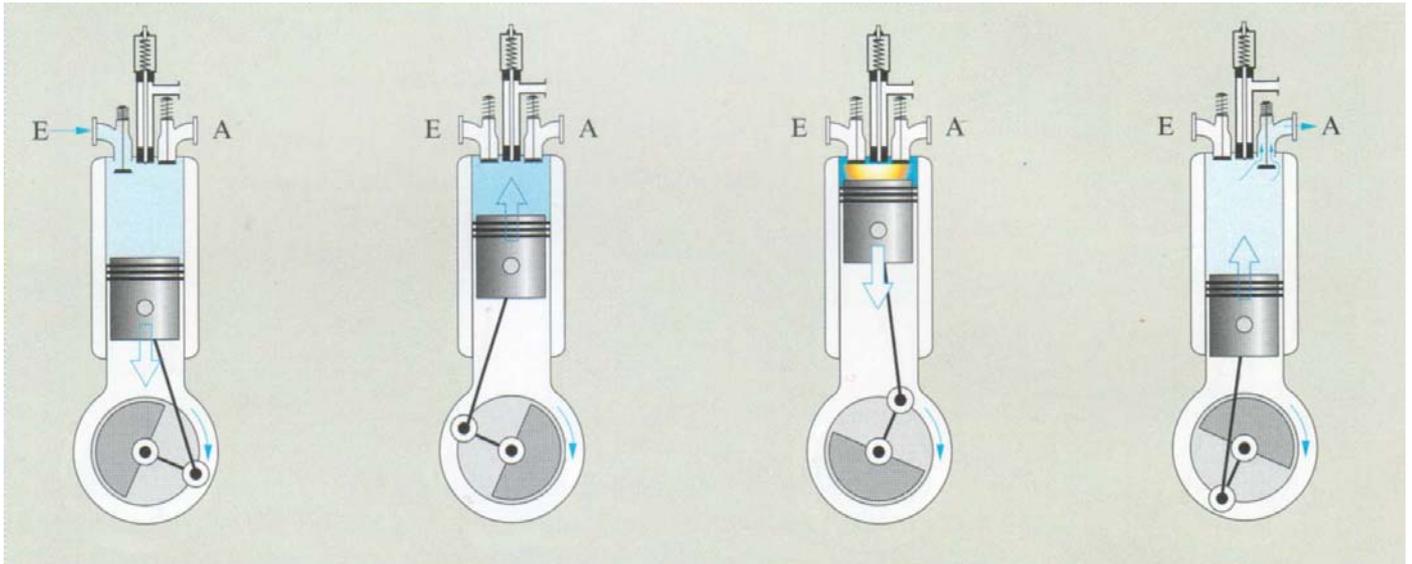
Der Kolben wird in Richtung der Kurbelwelle gedrückt.

4. Takt: Ausschleiben der Verbrennungsgase.

Das Auslassventil wird geöffnet. Der Kolben bewegt sich zurück und schiebt die Verbrennungsgase aus dem Zylinder.

Danach schließt sich wieder der 1. Takt an.

Dieselmotoren haben nicht nur einen höheren Wirkungsgrad als Benzinmotoren. Die Herstellung von Dieselkraftstoff aus Rohöl (Erdöl) ist auch mit weniger Aufwand verbunden als die von hochwertigem Benzin.



Arbeitsauftrag für die Expertengruppe

Ihr solltet mit Hilfe des beiliegenden Textes das Thema so vorbereiten, dass ihr es in den Stammgruppen euren Mitschülern innerhalb von 3 Minuten präsentieren und erklären könnt. Geht dabei wie folgt vor:

1. **Einzelarbeit:** Lektüre des Textes.
2. **Gruppenarbeit:** Vorbereitung der Präsentation. Stellt sicher, dass alle Gruppenmitglieder der Expertengruppe den Inhalt verstanden haben und erklären können.

Inhalt der Präsentation:

- Welche Funktion haben die einzelnen Takte?
- Welche Energieformen werden in den einzelnen Takten ineinander umgewandelt? (Achtung die Kurbelwelle dreht sich zu Beginn bereits!)
- Welche Energiemengen werden in den einzelnen Takten ineinander umgewandelt?

Das Strahltriebwerk V 2.0

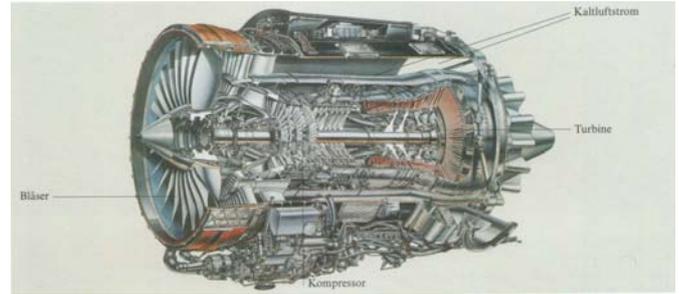
Die ersten Motorflugzeuge wurden mit Ottomotoren angetrieben. Solche Motoren sind jedoch nicht für große Verkehrsflugzeuge geeignet, die eine große Schubkraft benötigen. Ottomotoren mit einer hohen Leistung sind sehr schwer. Strahltriebwerke mit einer gleichen Leistung können viel leichter gebaut werden.

Auch in Strahltriebwerken wird ein Treibstoff verbrannt (Kerosin). Der entstehende hohe Druck wird dabei oft in zweifacher Weise genutzt:

- Die heißen Verbrennungsgase treten mit großer Geschwindigkeit nach hinten aus und bewirken dadurch, dass das Flugzeug nach vorn gedrückt wird.
- Die Verbrennungsgase treiben eine Turbine an, die mit einer Luftschaube (Bläser oder Propeller) verbunden ist. Die Luftschaube erzeugt einen nach hinten gerichteten Kaltluftstrom.

Der Bläser presst Luft nach hinten. Ein Teil der Luft gelangt in den Kompressor; dort wird sie verdichtet. Anschließend gelangt sie in die Brennkammer, wo kontinuierlich Treibstoff verbrannt wird.

Die Verbrennungsgase treiben zunächst die Hochdruckturbine an, die mit dem Kompressor verbunden ist.



Dahinter wird die Niederdruckturbine angetrieben, die mit dem Bläser verbunden ist. Die Schubdüse bewirkt eine weitere Erhöhung der Austrittsgeschwindigkeit. Dabei werden Druck und Temperatur des Gases vermindert.

Im Kaltluftstrom wird eine etwa 5- bis 8-mal so große Luftmenge nach hinten bewegt wie im Strom der heißen Verbrennungsgase. Der Kaltluftstrom dient auch zur Kühlung der heißen Triebwerksteile.

► Düsentriebwerk

1. Durch den Lufteinlass strömen große Mengen Luft in das Triebwerk.

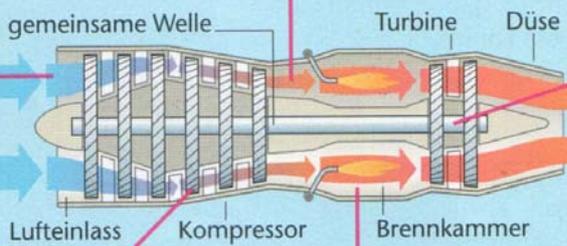
2. Im Kompressor werden die Luftmassen in mehreren Stufen durch schnell drehende Schaufelblätter zusammengepresst. Neben dem Druck erhöht sich dabei die Lufttemperatur auf fast 600 °C.

3. Der Kompressor drückt die heiße Luft mit einer Geschwindigkeit von etwa 350 km/h in die Brennkammern, in die zusätzlich mit hohem Druck Treibstoff (Kerosin) eingesprüht wird.

4. Das Treibstoff-Luft-Gemisch entzündet sich und verbrennt bei hohen Temperaturen. Der Druck in den Brennkammern erhöht sich dadurch auf ein Vielfaches.

5. Die Verbrennungsgase treiben zunächst über die Turbine und die gemeinsame Welle den Kompressor an.

6. Schließlich verlassen die heißen Gase das Triebwerk mit einer Geschwindigkeit von über 2000 km/h. Sie erzeugen einen gewaltigen Rückstoß und treiben dadurch Flugzeuge vorwärts.



Arbeitsauftrag für die Expertengruppe

Ihr solltet mit Hilfe des beiliegenden Textes das Thema so vorbereiten, dass ihr es in den Stammgruppen euren Mitschülern innerhalb von 3 Minuten präsentieren und erklären können. Geht dabei wie folgt vor:

1. **Einzelarbeit:** Lektüre des Textes.
2. **Gruppenarbeit:** Vorbereitung der Präsentation. Stellt sicher, dass alle Gruppenmitglieder der Expertengruppe den Inhalt verstanden haben und erklären können.

Inhalt der Präsentation:

- Wie ist ein Strahltriebwerk aufgebaut?
- Welche Funktion hat der Kaltluftstrom und wie wird er erzeugt?
- In Ottomotoren erfolgt die Treibstoffzugabe nur schrittweise. wie geschieht dies bei Strahltriebwerken?

Das Wärmekraftwerk v 1.0

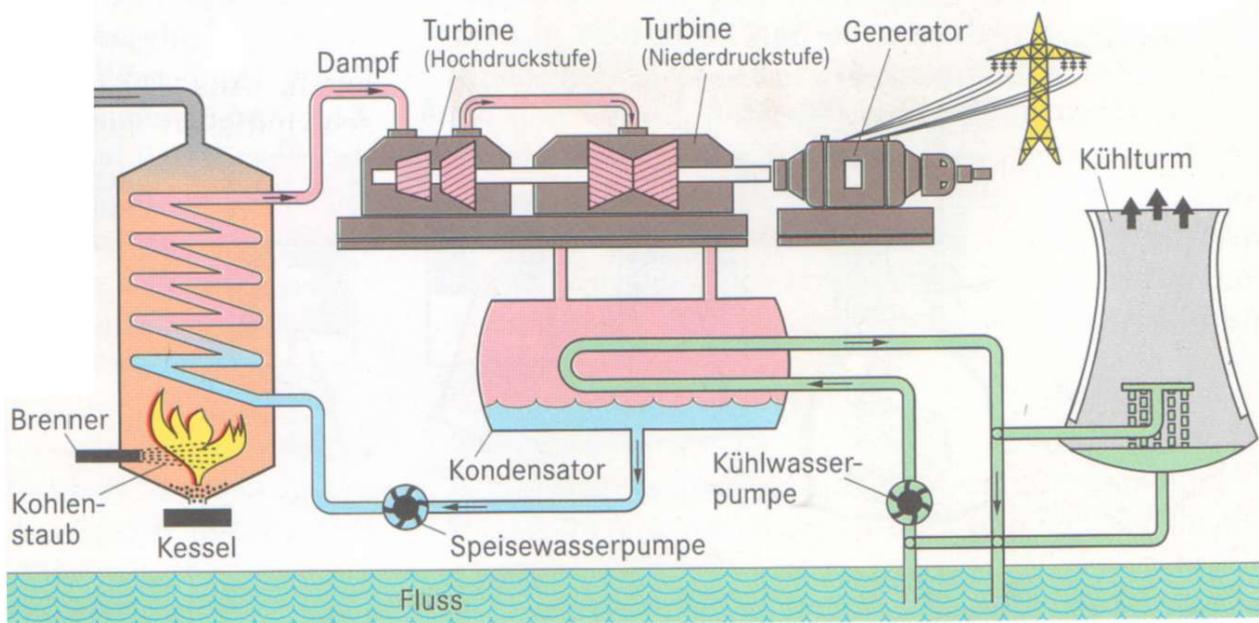
Ein Wärmekraftwerk ist ein riesiger Energiewandler: Ausgangspunkt ist die chemische Energie von Kohle, Erdöl oder Erdgas, die bei der Verbrennung frei wird. Diese wird als innere Energie der Verbrennungsgase zu Turbine und Generator transportiert und dort zunächst in mechanische und schließlich in elektrische Energie umgewandelt. Dabei gehen mehr als 60% der eingesetzten chemischen Energie als Abwärme und für den Betrieb der Pumpen und Gebläse des Kraftwerkes verloren.

Im Einzelnen spielt sich Folgendes ab: Der in der Kohlenstaubmühle zerkleinerte Brennstoff gelangt durch das Gebläse in den Brenner. Dort wird er unter Beimischung vorgewärmter Luft verbrannt. Die heißen Rauchgase übertragen Energie in Form von Wärme an das Wasser, das im Verdampfer zu Wasserdampf von 100 °C wird. Dieser wird anschließend auf mehrere Hundert Grad erhitzt. Die Abgase erwärmen das Speisewasser und die Luft. Der überhitzte Dampf durchströmt die Turbine, die aus einer Hochdruck- und einer Niederdruckstufe besteht. Hierbei entspannt sich der Dampf, kühlt sich ab und treibt dabei den Läufer an. Wegen der zunehmenden

Ausdehnung des Dampfes müssen die Schaufelräder vom Anfang bis zum Ende der Turbine größer werden. Der Dampf wird im Kondensator verflüssigt.

Die an das Kühlwasser übertragene Kondensationsenergie wird an die Umgebung abgeführt. Das Kühlwasser wird entweder direkt einem Fluss entnommen und diesem wieder mit einer etwas höheren Temperatur zugeführt oder es gibt in einem so genannten Kühlturm, bevor es wieder in den Kondensator geleitet wird, Wärme an die Luft ab.

Bei Kraftwerken in Städten kann die Abwärme zum Heizen von Wohnungen verwendet werden. Die Gesamtenergiebilanz eines solchen Kraftwerkes ist wesentlich besser als die von Großkraftwerken, deren Abwärme ungenutzt an die Umwelt abgegeben wird.



Arbeitsauftrag für die Expertengruppe

Ihr solltet mit Hilfe des beiliegenden Textes das Thema so vorbereiten, dass ihr es in den Stammgruppen euren Mitschülern innerhalb von 3 Minuten präsentieren und erklären können. Geht dabei wie folgt vor:

1. **Einzelarbeit:** Lektüre des Textes.
2. **Gruppenarbeit:** Vorbereitung der Präsentation. Stellt sicher, dass alle Gruppenmitglieder der Expertengruppe den Inhalt verstanden haben und erklären können.

Inhalt der Präsentation:

- Wie ist ein Wärmekraftwerk aufgebaut?
- Beschreibe die prinzipielle Wirkung einer Dampfturbine.

