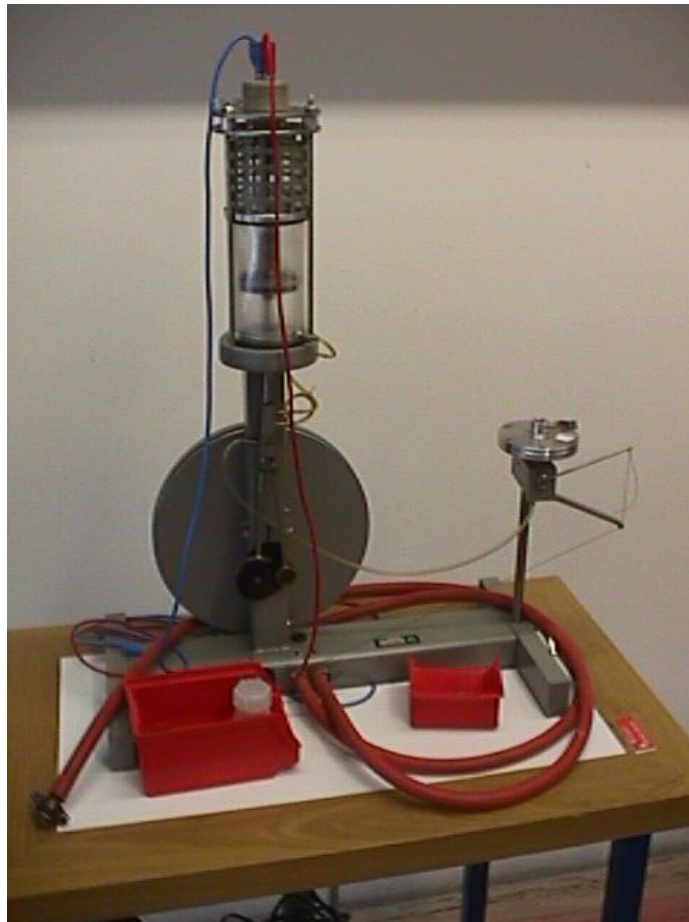


2. Posten



Erfindung eines Geistlichen: Der Stirling-Motor

Ziel:

An diesem Posten erfahren Sie

- wie einer der vielleicht raffiniertesten Motoren funktioniert.
- dass dieser Motor, wird er von Hand angetrieben, als Kältequelle genutzt werden kann.

Ablauf:

Lesen Sie den folgenden Text durch und beantworten Sie die Frage. Führen Sie das Experiment wie beschrieben durch. Für diesen Posten benötigen Sie 15 Minuten.

Zum Stirling-Motor:

Vor Ihnen steht ein Stirling-Motor (s. nebenstehende Abbildung). Über eine Spannungsversorgung wird die Heizplatte unten (s. Abb.) betrieben. Die schwarze Platte oben wird passiv gekühlt, d.h. die vorbei streichende Zimmerluft sorgt dort für Abkühlung.

Den Verdrängerkolben erkennen Sie an der blau-roten Färbung. Der Arbeitskolben steckt im oberen Glaszylinder.

Lassen Sie den Motor drehen und geben Sie ihm nicht zusätzlich Schwung! Die Glasteile sind empfindlich und könnten Schaden nehmen!

Das Prinzip des Motors funktioniert so: Presst der Arbeitskolben die Luft zusammen, so wird auf jeden Fall Energie gebraucht. Der Motor nimmt sich diese Energie vom Schwungrad (Achse mit roter und blauer Masse). In der zweiten Phase wird das Luftvolumen wieder grösser. Damit nun in der zweiten Phase mehr Energie abgegeben wird als in der ersten gebraucht, muss die Luft beim Zusammenpressen kälter sein als in der Expansionsphase. Damit das so ist, schiebt der Verdrängerkolben die Luft im richtigen Moment nach oben (wo es eher kalt ist) bzw. nach unten (wo es heiss ist wegen der Heizplatte). Auf der zweiten Seite ist die Funktionsweise Schritt für Schritt genauer erklärt!

Der schottische Pfarrer Robert Stirling (1790 - 1878) liess den nach ihm benannten Heissluftmotor 1816 patentieren, in welchem sich zwei Kolben, ein Arbeits- und ein Verdrängerkolben, gleichzeitig im Zylinder auf- und abbewegen, wobei die beiden Kolben um 90° versetzt an der Kurbelwelle festgemacht sind (s. Abb. rechts). Der Arbeitskolben verschliesst den Zylinder dicht, der Verdrängerkolben hingegen nicht, er lässt die Luft vom oberen in den unteren Teil durch, wobei dabei die Kupferwolle Wärme aufnehmen und auch wieder abgeben kann. Oben am Zylinder wird geheizt, seitlich unten mit Kühlwasser gekühlt. Die Luft oberhalb des Verdrängerkolbens ist dadurch etwas wärmer als unterhalb.

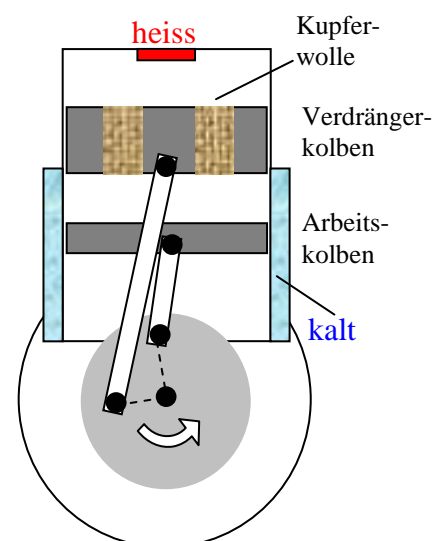
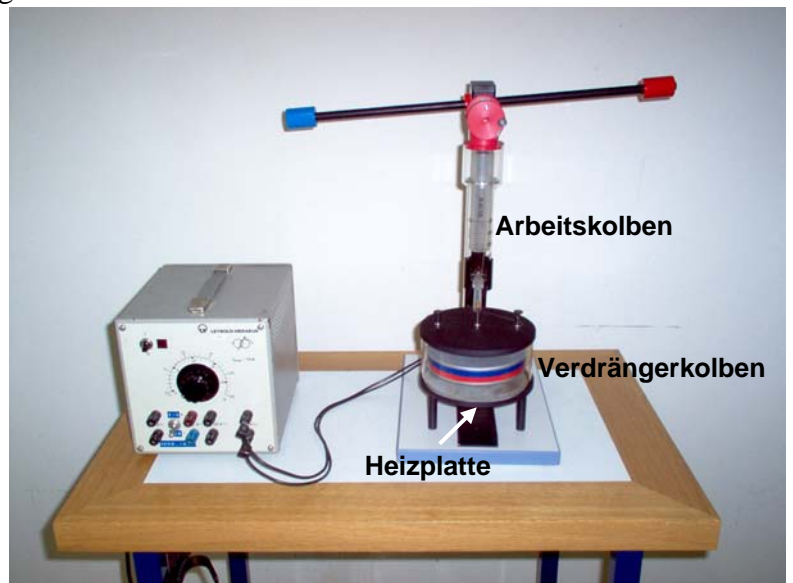


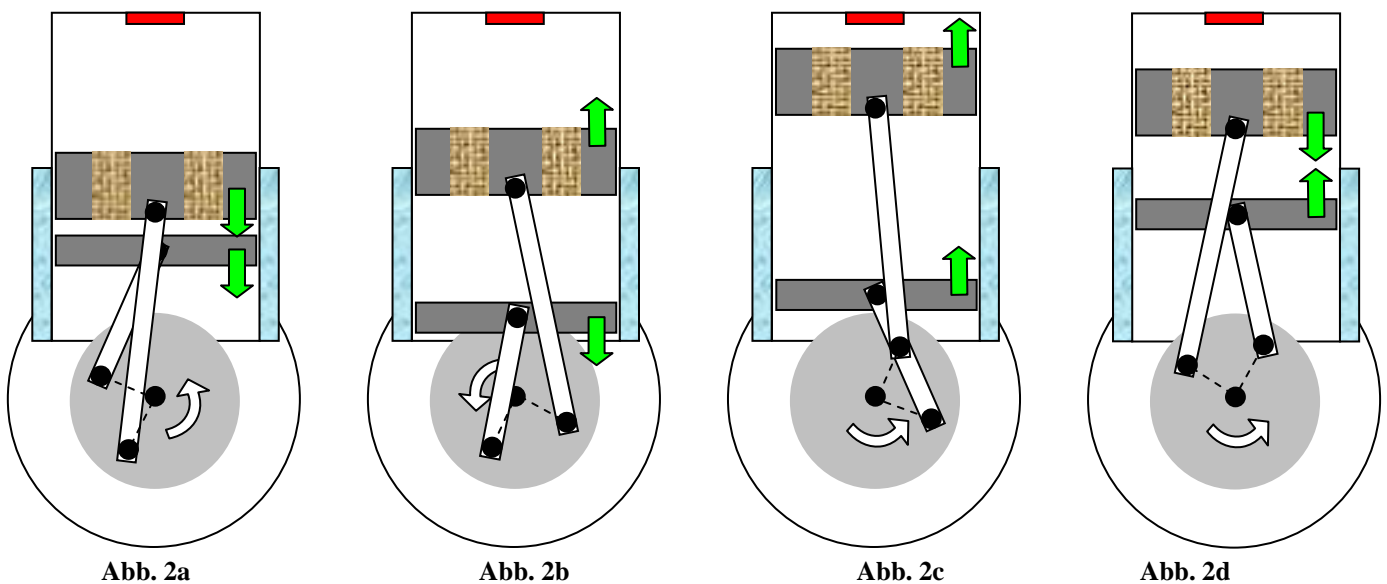
Abb. 2a: Der Verdrängerkolben kommt schneller nach unten als der Arbeitskolben (wegen der 90°-Versetzung). Die Luft im Motor ist dadurch im heissen Bereich und will sich daher ausdehnen (grösserer Druck). Dadurch bewegt sich der Arbeitskolben nach unten gibt dabei Energie E_1 ab.

Abb. 2b: Der Verdrängerkolben bewegt sich in dem Moment, in welchem der Arbeitskolben fast unten ist, bereits nach oben. Die Luft im Motor gelangt dadurch in den kühleren unteren Bereich.

Abb. 2c: Die Luft kühlt sich noch immer etwas ab zwischen den beiden Kolben, weil das Volumen weiterhin am Zunehmen ist. Die nun folgende Aufwärtsbewegung des Arbeitskolbens braucht zwar etwas Energie E_2 , weil aber die Temperatur über dem Arbeitskolben tiefer ist als in Abb. 2a, ist diese Energie E_2 kleiner als die in Abb. 2a abgegebene Energie E_1 . Die Kühlung seitlich sorgt dabei für die Abfuhr der Wärme und damit eben, dass nicht zuviel Energie gebraucht wird für diese Aufbewegung des Arbeitskolbens. Der Motor braucht ein Schwungrad, um diese Bewegung ausführen zu können.

Abb. 2d: Noch immer bewegt sich der Arbeitskolben nach oben, der Verdrängerkolben jedoch bereits wieder nach unten. Die Luft wird langsam wieder wärmer. Noch immer wird Energie für diese Bewegung gebraucht, doch sobald sich der Arbeitskolben wieder nach unten bewegt (Abb. 2a), wird wieder Energie abgegeben, weil die Luft nun erneut im heissen Bereich ist.

Über eine ganze Umdrehung gerechnet wird also Energie $E = E_1 - E_2$ abgegeben (pro Umlauf wird mehr Energie abgegeben als gebraucht). Das Spiel beginnt von vorne.



Stirling-Motoren haben leider bisher nie den grossen Durchbruch erlangt, obwohl moderne Exemplare Wirkungsgrade von bis zu 40% erreichen, äusserst zuverlässig arbeiten und es keine Rolle spielt, *wie* geheizt wird. Des weiteren arbeitet der Motor beinahe geräuschlos, weil weder Ventil- noch Ansaug- oder Auspuffgeräusche (s. Benzin-, Dieselmotoren und Dampfmaschine) vorhanden sind. In Kombination mit der Sonnenenergie erlebt dieser Motor zur Zeit einen Aufschwung, da mit gebündelten Sonnenstrahlen der obere Teil des Zylinders einfach geheizt werden kann. In diesem Einsatzgebiet wird dieser Motor zur Zeit von Neuem erprobt. Interessant ist der Motor auch bei umgekehrter Anwendung: Dreht man ihn von Hand, erwärmt sich der Zylinder auf der einen Seite und kühlt sich auf der anderen Seite ab – wir haben ein einfaches Kühlsystem! Allerdings erreicht man auch nicht die tiefen Temperaturen wie in einem Gefrierschrank.

Frage: Würde der Motor auch dann funktionieren, wenn man oben kühlen und unten heizen würde? Wenn ja, weshalb? Wenn nein, was müsste man ändern?