

So funktioniert der Stirlingmotor

1 Geräte und Materialien

Stirlingmotor; 1 Teelicht oder Spiritusbrenner

2 Sicherheitshinweise

Die Materialien dürfen nur derart eingesetzt werden, wie es den Anweisungen der Lehrkraft bzw. der Versuchsanleitung entspricht.

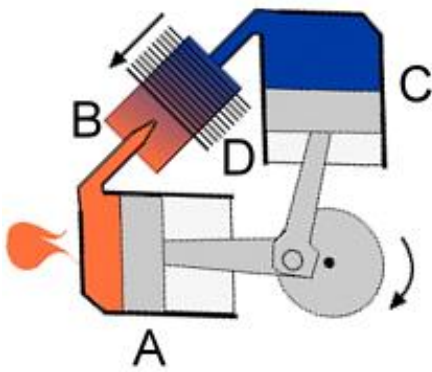
Sei vorsichtig beim Arbeiten mit dem Teelicht bzw. Spiritusbrenner, es besteht Verbrennungsgefahr und Brandgefahr!

3 Versuchsdurchführung

- Betreibe den Stirlingmotor mit einem Teelicht oder Spiritusbrenner!
- Versuche, die Arbeitsschritte gemäß nachfolgender Beschreibung zu verfolgen!

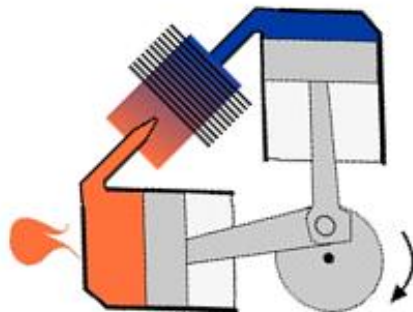


Wir sehen zwei rechtwinklig zueinanderstehende Zylinder, den durchsichtigen Arbeitszylinder (A) und den mit Kühlrippen versehenen Kompressionszylinder (C). Ihre Kolben wirken über Pleuel auf einen gemeinsamen Kurbelzapfen des Schwungrads. Der Arbeitszylinder wird beheizt, der Kompressionszylinder wird durch die Kühlrippen (D) gekühlt. Durch das Verbindungsstück zwischen dem beheizten und dem gekühlten Zylinder, den sog. Regenerator (B), kann die Luft vom einen zum anderen Zylinder strömen. Wir werden sehen, dass die beiden Kolben die Luft zum richtigen Zeitpunkt in den kalten bzw. in den heißen Zylinder schieben, so dass die Maschine Nutzarbeit verrichtet.



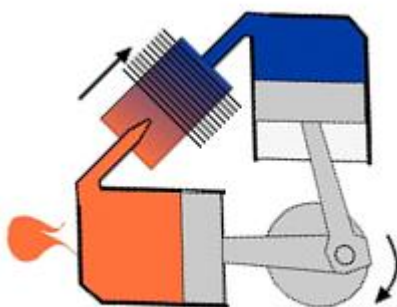
Schritt 1: Umlaufwinkel 0 – 90 Grad Totpunkt und Gasladungswechsel

Der Kolben des Arbeitszylinders (A) steht im oberen „Totpunkt“. Der Kurbelpunkt steht auf 0 Grad. Fast die gesamte Luft ist im kalten Kompressionszylinder (C). Das Schwungrad dreht sich über den Totpunkt hinweg aufgrund der in ihm gespeicherten Rotationsenergie! Beim Weiterdrehen wird kalte Luft, über den Regenerator vorgewärmt, vom Kompressions- zum Arbeitszylinder befördert. Dort wird sie durch externe Wärmezufuhr auf die Arbeitstemperatur aufgeheizt, was eine Expansion des Luftvolumens in diesem Zylinder bewirkt. Dadurch wird der Arbeitskolben fortgeschoben und verrichtet in diesem Takt Arbeit am Schwungrad.



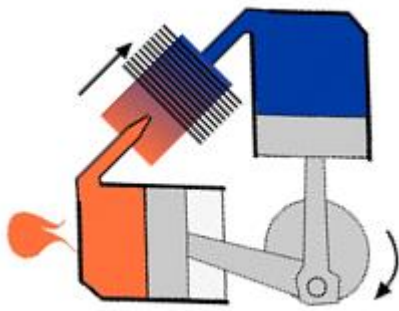
Schritt 2: Umlaufwinkel 90 – 180 Grad Expansion und Abgabe von Arbeit

Nach einem Umlaufwinkel von 90 Grad hat der Kompressionskolben seinen oberen Totpunkt erreicht. Das kalte Luftvolumen ist in diesem Betriebspunkt vollständig in den Arbeitszylinder verschoben worden, wo es weiter erhitzt wird. Die Luft dehnt sich aus und verschiebt den Kolben bis zum unteren Totpunkt des Arbeitszylinders (180 Grad Position). Die Translationsbewegung wird wie im ersten Takt durch den Pleuel auf das Schwungrad und somit in eine mechanische Rotationsbewegung übertragen. Die Maschine dreht mit voller Kraft weiter. In dieser Phase beginnt der Kompressionskolben die Luft über den Regenerator vom heißen wieder in den kalten Bereich zu verschieben, wo sie weiter abgekühlt wird.



Schritt 3: Umlaufwinkel 180 – 270 Grad Beginn Gasladungswechsel und Energieneutralität

Bis zum unteren Totpunkt hat der Arbeitszylinder Arbeit geleistet und die Energie des Schwungrads erhöht. In dieser Phase beginnt im Arbeitszylinder eine Kompression bei gleichzeitiger Verschiebung der heißen Luft in den kalten Bereich des Kompressionszylinders. Nur wenn durch die Kühlung im kalten Bereich ein Unterdruck im Arbeitszylinder entsteht, kann auch in diesem Takt Arbeit verrichtet werden, indem der Außenluftdruck von außen auf den Arbeitskolben drückt. Andernfalls muss Arbeit durch die Schwungradmasse zugeführt werden. Der Arbeitszylinder fängt an, Energie zu verbrauchen, die nur bei ausreichender Kühlung im kalten Bereich kompensiert bzw. überkompensiert werden kann.



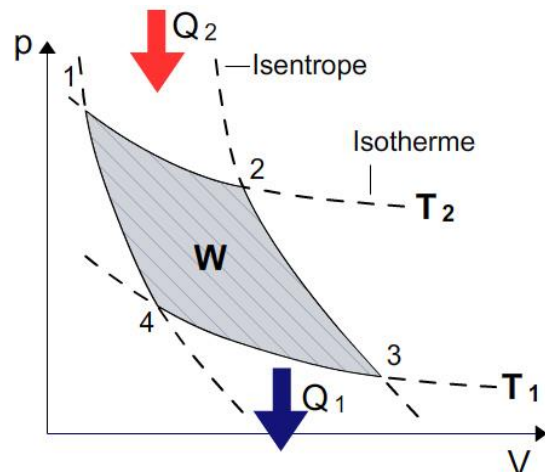
Schritt 4: Umlaufwinkel 270 – 360 Grad Rücklauf auf Totpunkt unter Energieaufnahme

In der letzten Umlaufphase wird der Kompressionskolben durch das Schwungrad wieder nach oben bewegt. Das hat zur Folge, dass die Luft aus dem kalten Bereich in den heißen Bereich verschoben wird. Dabei gibt der Regenerator die im zweiten Takt gespeicherte Wärme an die Luft ab und heizt sie so für die weitere Erwärmung durch die externe Wärmequelle vor. Parallel erreicht auch der Arbeitskolben durch die Arbeit der Schwungradmasse wieder seine Ausgangsposition. In diesem Bereich der Umdrehung wird nur Energie verbraucht, die aus dem Schwungrad stammt. Insgesamt wird in den Schritten 1 und 2 und unter bestimmten Bedingungen in Schritt 3 dem Schwungrad mehr Energie zugeführt, als die Maschine verbraucht.

Damit schließt sich der Kreisprozess im Sinne von Carnot.

Die mit dem Stirlingmotor erzielte mechanische Nutzarbeit (W) ist gleich der Differenz von zugeführter (Q_{zu}) zu abgeführter (Q_{ab}) Wärmeenergie:

$$W = Q_{zu} - Q_{ab}$$



4 Fragen

- Kann die zugeführte Wärme komplett in Arbeit umgewandelt werden?
Welcher Hauptsatz der Thermodynamik macht dazu welche Aussage?
- Was hat der Stirlingmotor mit dem Carnot-Prozess zu tun?
- Was unterscheidet den Stirlingmotor von Dampfmaschine, Otto- und Dieselmotor?
- Welche Vorteile hat ein Stirlingmotor?