

Stirling-Motor

Versuchsanleitung

1 Was Sie zur Versuchsdurchführung wissen sollten

Temperatur, Zustandsgleichung, Spezifische Wärme, Verdampfungs- und Schmelzwärme (latente Wärme), Kreisprozess, Hauptsätze der Thermodynamik, Wärmekraftmaschinen.

2 Achtung !

- Der Zylinderkopf wird heiß.
- Halten Sie Finger, Haare, Kleidung und Kabel von den bewegten Teilen fern.
- Betreiben Sie den Heißluftmotor *nie* ohne Kühlwasser und überprüfen Sie den einwandfreien Kühlwasserumlauf
- Nehmen Sie den Heißluftmotor nur nach Absprache mit dem Betreuer in Betrieb.

3 Durchführung und Auswertung

3.1 Betrieb als Wärmepumpe bzw. Kältemaschine

Als Kältemaschine entzieht der Heißluftmotor dem Zylinderkopf pro Umlauf die Wärme Q_2 und führt die Wärme $-Q_1$ dem Kühlwasser zu. Da die Übertragung der Wärme vom kälteren auf das wärmere Reservoir entgegen der spontanen Richtung verläuft, muss pro Umlauf die mechanische Arbeit $-W$ aufgewandt werden. Wenn keine Verluste auftreten, gilt für die beteiligten Größen der Zusammenhang

$$W = Q_1 - Q_2. \quad (1)$$

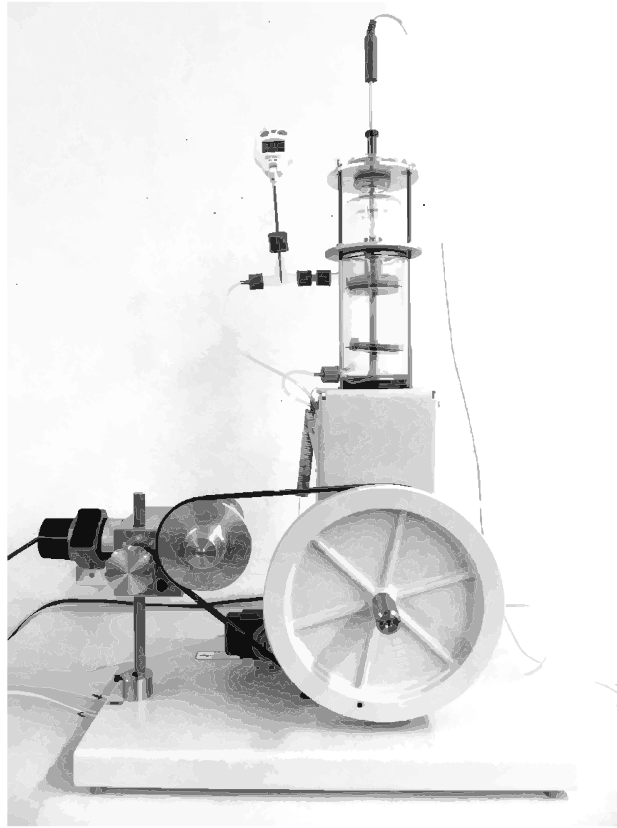


Abbildung 1: Betrieb als Wärmepumpe bzw. Kältemaschine zum Abkühlen und Erwärmen von Wasser.

Beim Betrieb des Motors treten Verluste auf, die in die Leistungsbilanz eingehen. So wird z.B. pro Umlauf für die Kolbenreibung im Zylinder mechanische Energie (Reibungsarbeit W_R) aufgewandt und in thermische Energie (Wärme) umgewandelt. Daher ist die für den Kreisprozess, also für die Übertragung der Wärme vom kälteren ins wärmere Reservoir, aufzuwendende mechanische Arbeit gegeben durch

$$W = Q_1 - Q_2 + W_R. \quad (2)$$

3.1.1 Bestimmung der Reibungsverluste

Die Reibungsarbeit durch die Kolbenreibung im Zylinder kann quantitativ bestimmt werden, da sie eine Erwärmung des Kühlwassers verursacht. Bestimmen Sie zunächst den Volumendurchsatz des Kühlwassers. Zur Bestimmung der Kolbenreibungsarbeit wird im Versuch der Temperaturanstieg im Kühlwasser gemessen, während der Heißluftmotor (im Uhrzeigersinn) bei offenem Zylinderkopf mit einem Elektromotor angetrieben wird (Bei fes-

ter Drehzahl, am besten etwa 3 Hz; Frequenzmessung etwa eine Minute mit 20 Hz Abtastrate, dann FFT). Messen Sie die Temperaturerhöhung des Kühlwassers. Aus der an das Kühlwasser abgegebenen Leistung können Sie die Reibungsarbeit pro Umlauf bestimmen.

3.1.2 Bestimmung der Kühlleistung

Setzen Sie nun das Reagenzglas in den Zylinderkopf ein und beachten Sie, dass der Kolben das Reagenzglas nicht berühren kann. Füllen Sie ca. 1 ml destilliertes Wasser in das Reagenzglas. Messen Sie nun die Temperatur des Wassers als Funktion der Zeit (Abtastrate 1 – 5 Hz) bis etwa -25°C bei der gleichen Drehzahl wie in Aufgabe 3.1.1. Diskutieren Sie die Messkurve und schätzen Sie daraus die Schmelzwärme von Wasser ab. Messen Sie am Ende auch den Temperaturanstieg des abfließenden Kühlwassers und des Wasserreservoirs. Bestimmen Sie aus der Steigung der Abkühlkurve (Am besten möglichst nahe bei Raumtemperatur; warum?) die Kühlleistung und mit dem Ergebnis aus Aufgabe 3.1.1 die Leistungszahl der Kältemaschine.

3.1.3 Bestimmung der Heizleistung

Betreiben Sie den Motor nun als Wärmepumpe (Umlaufrichtung bei gleich bleibender Drehzahl umdrehen) und messen Sie direkt im Anschluss an Aufgabe 3.1.2 die Temperaturerhöhung des Wassers im Reagenzglas in Abhängigkeit von der Zeit. Messen Sie am Ende auch den Temperaturanstieg des abfließenden Kühlwassers und des Wasserreservoirs. Bestimmen Sie die Heizleistung des Motors (wieder etwa bei Raumtemperatur). Diskutieren Sie die Messkurve. Schätzen Sie die spezifische Wärme von Eis ab. Vergleichen Sie die Leistungszahlen des Heißluftmotors als Wärmepumpe und Kältemaschine.

Überprüfen Sie, ob Sie alle Messungen durchgeführt und alle Größen bestimmt haben, die Sie zur Auswertung benötigen. Bestimmen Sie die Unsicherheiten Ihrer Messergebnisse. Diskutieren Sie alle Ihre Beobachtungen.