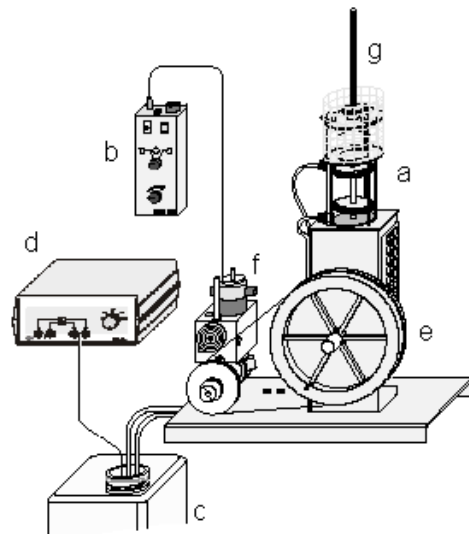


Labor für Technische Physik

Prof. Dr.-Ing. Dieter Kraus, Dipl.-Ing. W.Pieper

Versuch 14b:

Betrieb des Heißluftmotors als Wärmepumpe und Kältemaschine



- | | |
|---------------------------------|----------------------------|
| a: Heißluftmotor | b: Steuer- und Regelgerät |
| c: Kanister mit 10 l Kühlwasser | d: Kleinspannungsnetzgerät |
| e: Schwungscheibe | f: Experimentiermotor |
| g: Temperaturfühler | |

1. Versuchsziele

Inbetriebnahme des Heißluftmotors als Wärmepumpe bzw. Kältemaschine durch elektrischen Antrieb der Schwungscheibe im Gegenuhrzeiger- bzw. Uhrzeigersinn. Anschließend soll die Maximaltemperatur (Schwungscheibe rotiert im Gegenuhrzeigersinn) bzw. die Minimaltemperatur (Schwungscheibe rotiert im Uhrzeigersinn) aufgenommen werden.

2. Theoretische Grundlagen

Der Heißluftmotor (*R. Stirling*, 1816) arbeitet als Wärmepumpe oder als Kältemaschine, wenn seine Schwungscheibe mechanisch von außen angetrieben wird. Sein Verdrängerkolben und sein Arbeitskolben sind so über Kolbenstangen mit der Kurbelwelle verbunden, dass sie um 90° versetzt laufen. Wird die Schwungscheibe gegen den Uhrzeigersinn gedreht, bewegt sich der Verdrängerkolben aufwärts, während der Arbeitskolben im oberen Totpunkt ist, und verdrängt die Luft in den unteren, wassergekühlten Teil des Zylinders (s. Abb.1). Dort wird die Luft anschließend durch den Arbeitskolben expandiert und nimmt Wärme aus dem „Kühlwasser“ auf. Während der Arbeitskolben im unteren Totpunkt ist, bewegt sich der Verdrängerkolben abwärts und verdrängt die Luft in den oberen Teil des Zylinders. Dort wird die Luft durch den Arbeitskolben komprimiert und gibt Wärme an den Zylinderkopf ab, d.h. der Heißluftmotor arbeitet als Wärmepumpe.

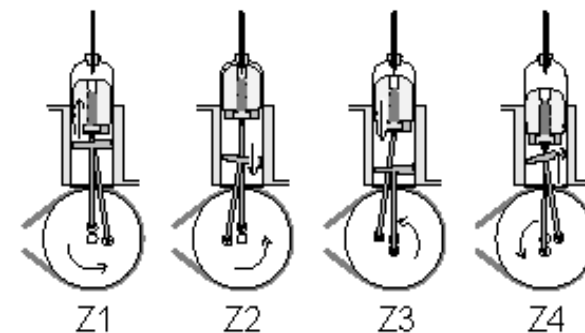


Abb. 1: Schema zur Funktionsweise des Heißluftmotors als Wärmepumpe.

Bei Drehung der Schwungscheibe im Uhrzeigersinn drängt der Verdrängerkolben die Luft nach oben, während der Arbeitskolben im oberen Totpunkt ist (s. Abb.2). Bei der anschließenden Expansion der Luft durch den Arbeitskolben wird daher dem Zylinderkopf Wärme entzogen. Die Luft wird nun durch den Verdrängerkolben nach unten gedrängt und dort durch den Arbeitskolben komprimiert. Daher gibt sie Wärme an das Kühlwasser ab; d.h. der Heißluftmotor arbeitet als Kältemaschine.

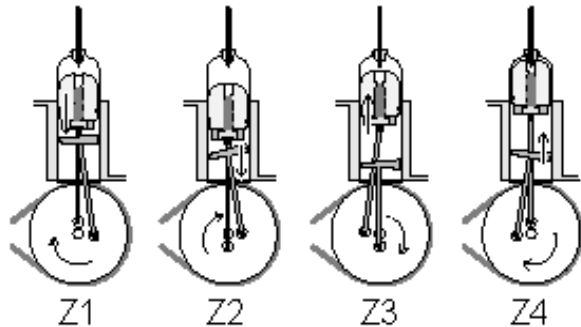


Abb. 2: Schema zur Funktionsweise des Heißluftmotors als Kältemaschine.

Im Versuch wird der Betrieb des Heißluftmotors als Wärmepumpe und Kältemaschine qualitativ untersucht. Zur Demonstration des Zusammenhangs zwischen der zugeführten mechanischen Leistung und der Wärme- bzw. Kälteleistung wird die Drehzahl des antreibenden Elektromotors mit dem Steuer- und Regelgerät variiert und die Änderung der Temperatur im Zylinderkopf mit einem Temperaturfühler gemessen.

3. Versuchsaufbau

Geräteliste

1	Heißluftmotor	388 182
1	Temperaturfühler Pt 100	666 214
1	Experimentiermotor	347 35
1	Steuer- und Regelgerät	347 36
1	Stativstange 25 cm	300 41
1	Tauchpumpe 12 V	388 181
1	Kleinspannungs-Netzgerät	521 230
2	Silikonschläuche (\varnothing 10,5 mm, 1 m)	667 194
1	offener Wasserbehälter (mindestens 10 l)	

Der Versuchsaufbau ist auf der Titelseite der Versuchsanleitung dargestellt. Beim Aufbau des Versuchs wie folgt vorgehen:

Kühlwasserversorgung:

- Den offenen Wasserbehälter mit mindestens 10 l Wasser füllen und Tauchpumpe auf den Boden des Behälters legen.
- Den Ausgang der Tauchpumpe an den Kühlwasserzulauf des Heißluftmotors anschließen und den Kühlwasserablauf in Wasserbehälter leiten.
- Die Tauchpumpe an das Kleinspannungs-Netzgerät anschließen.

Temperaturmessung

- Zunächst das Schutzgitter des Zylinders nach oben abziehen. Dann die Flügelmutter am Zylinderkopf-Deckel abschrauben und den Deckel mit der Heizwendel abnehmen. Den Zylinderkopf-Deckel mit der Schraubdichtung aufsetzen, die Flügelmutter wieder aufschrauben und das Schutzgitter über den Zylinders stülpen.
- Den Temperaturfühler Pt 100 durch Schraubdichtung schieben und an das Anzeigegerät VMG 3T anschliessen.
- Den Verdrängerkolben durch Drehen der Schwungscheibe in den oberen Totpunkt fahren und sicherstellen, dass der Verdrängerkolben nicht gegen den Temperaturfühler stößt. Den Temperaturfühler durch Anziehen des Schraubverschlusses festklemmen.

Hinweis: Beim Betrieb des Heißluftmotors entsteht Überdruck und der Temperaturfühler könnte nach oben herausgeschossen werden.

Antrieb

- Den Elektromotor an einer Stange auf der Grundplatte des Motors montieren und an das Steuer- und Regelgerät anschließen.
- Den runden Antriebsriemen über Antriebsscheibe des Elektromotors und die Schwungscheibe des Heißluftmotors legen. Den Antriebsriemen durch entsprechende Positionierung und Schwenken des Elektromotors spannen.

4. Versuchsdurchführung

Betrieb des Heißluftmotors als Wärmepumpe:

- Den offenen Wasserbehälter mit mindestens 10 l Wasser füllen und Tauchpumpe auf den Boden des Behälters legen.
- Den Ausgang der Tauchpumpe an den Kühlwasserzulauf des Heißluftmotors anschließen und den Kühlwasserablauf in Wasserbehälter leiten.
- Die Tauchpumpe an das Kleinspannungs-Netzgerät anschließen.
- Die Kühlwasserversorgung (Tauchpumpe) einschalten ($U = 9\text{ V}$). Den Durchfluss überprüfen und abwarten, bis Wasser durch den Ablaufschlauch zurückläuft.
- Den Drehrichtungsschalter des Steuergerätes in Mittelstellung (Stillstand) schalten, den Drehzahlsteller auf mittlere Position stellen und dann das Steuer- und Regelgerät einschalten.
- Mit dem Drehrichtungsschalter einen Linksumlauf des Heißluftmotors (gegen Uhrzeigersinn) starten.
- Messen Sie die Temperatur im Zylinderkopf des Heißluftmotors über einen Zeitraum von 2 Minuten oder bis zu einer Maximaltemperatur von $T_{\text{max}} = 60\text{ °C}$, je nachdem, was zuerst eintritt.
- Wenn der Maximalwert erreicht ist, den Drehrichtungsschalter wieder in Mittelstellung schalten.

Betrieb des Heißluftmotors als Kältemaschine:

- Mit dem Drehrichtungsschalter einen Rechtsumlauf des Heißluftmotors (im Uhrzeigersinn) starten.
- Temperatur im Zylinderkopf des Heißluftmotors messen und Temperaturabnahme beobachten.

- Messen Sie die Temperatur im Zylinderkopf des Heißluftmotors über 2 Minuten oder bis zu einer Minimaltemperatur von $T_{\text{min}} = -10\text{ °C}$, je nachdem, was zuerst eintritt.
- Wenn der Minimalwert erreicht ist, den Drehrichtungsschalter wieder in Mittelstellung schalten.

5. Auswertung

- Skizzieren Sie die pV -Diagramme und diskutieren Sie auf Grundlage Ihrer Beobachtungen die Unterschiede zwischen Wärmepumpe und Kältemaschine.