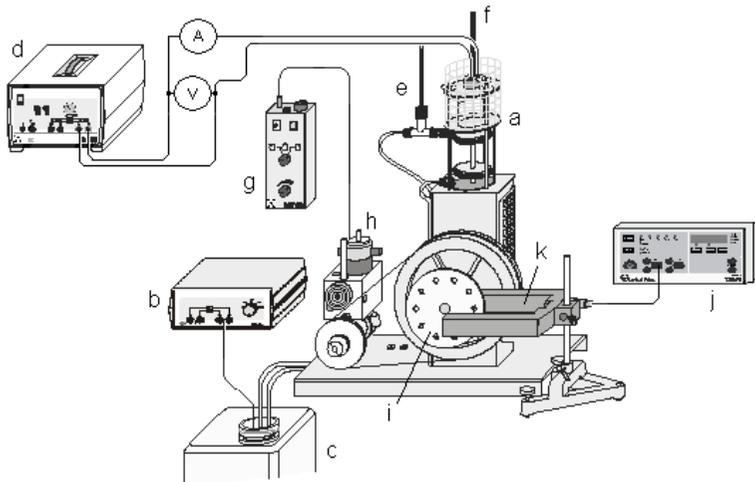


Labor für Technische Physik

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

Versuch 14e: Bestimmung der Leistungszahl des Heißluftmotors als Kältemaschine



- | | |
|--|----------------------------|
| a: Heißluftmotor | f: Thermometer mit Heizung |
| b: Kleinspannungsnetzgerät | g: Steuer- und Regelgerät |
| c: Kanister mit 10l Kühlwasser | h: Experimentiermotor |
| d: Kleinspannungs-Stelltrafo | i: Lochscheibe |
| e: Thermometer -10°C bis 40°C
und Temperaturadapter | j: Zählgerät |
| | k: Gabellichtschanke |

1. Versuchsziele

Es sollen die dem Zylinderkopf pro Umlauf entzogene Wärme Q_1 sowie die pro Umlauf dem Kühlwassers zugeführte Wärme Q_2 aufgenommen und anschließend die Leistungszahl ε der Kältemaschine bestimmt werden.

2. Theoretische Grundlagen

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 aufgewendet werden. Die Kältemaschine ist also im Prinzip eine Wärmekraftmaschine in umgekehrter Arbeitsrichtung. Wenn keine Verluste auftreten, gilt für die beteiligten Größen der Zusammenhang

$$Q_1 = Q_2 + W \quad (1)$$

Die Leistungszahl einer Kältemaschine ist definiert als

$$\varepsilon = \frac{Q_2}{W} \quad (2)$$

Zur Bestimmung der Leistungszahl wird die Schwungscheibe des Heißluftmotors mit einem Elektromotor im Uhrzeigersinn auf eine Drehzahl f angetrieben und in einer Kompensationsmessung die elektrische Heizleistung bestimmt, die die Temperatur des Zylinderkopfes konstant auf Umgebungstemperatur hält. Die pro Umlauf zugeführte elektrische Arbeit entspricht der dem Zylinderkopf von der Kältemaschine entzogenen Wärme Q_2 . Also ist

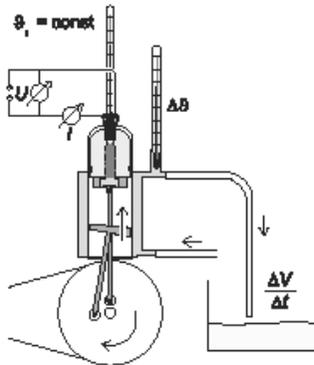
$$Q_2 = \frac{U \cdot I}{f} \quad (3)$$

wobei U die Heizspannung und I den Heizstrom angibt.

Zusätzlich wird der Temperaturanstieg $\Delta\vartheta$ im Kühlwasser gemessen und die an das Kühlwasser abgegebene Leistung

$$P = c \cdot \rho \frac{\Delta V}{\Delta t} \cdot \Delta\vartheta \quad (4)$$

bestimmt, wobei c die spezifische Wärmekapazität ($c = 4,185 \text{ Jg}^{-1}\text{K}^{-1}$), ρ die Dichte ($\rho = 1 \text{ gcm}^{-3}$) und $\Delta V/\Delta t$ den Volumendurchsatz von Wasser bezeichnet.



Daraus ergibt sich die dem Kühlwasser pro Umlauf zugeführte Wärme Q_1 zu

$$Q_1 = \frac{P}{f} \quad (5)$$

mit f der Drehzahl des Heißluftmotors.

Die Differenz $W' = Q_1 - Q_2$ der so bestimmten Wärmen ist die gesamte pro Umlauf aufzuwendende mechanische Arbeit. Sie enthält auch die mechanische Arbeit W_R , die zur Überwindung der Kolbenreibung aufgewandt werden muss und die eine zusätzliche Erwärmung des Kühlwassers verursacht. Daher ist die für den Kreisprozess, also für die Übertragung der Wärme vom kälteren ins wärmere Reservoir, aufzuwendende mechanische Arbeit gegeben durch

$$W = Q_1 - Q_2 - W_R \quad (6)$$

3. Versuchsaufbau

Geräteliste

1	Heißluftmotor	388 182
1	Zubehör zum Heißluftmotor	388 221
1	Experimentiermotor	347 35
1	Steuer- und Regelgerät	347 36
1	Vielfach-Messgerät METRAMax 2	531 100
1	Vielfach-Messgerät METRAMax 3	531 712
1	Zählgerät	575 45
1	Gabellichtschranke, infrarot	337 46
1	Transformator, 6 V~, 12 V~/30 VA	562 73
1	Thermometer, -10°C bis + 40 °C	382 36
1	Adapterkabel, 6 polig, 1,5 m	501 16
1	Kunststoffbecher, 1000 ml	590 06
1	Handstoppuhr II, 60s/30 min	313 17
1	Kleine Stativfüße, V-förmig	300 02
1	Stativstangen, 25 cm	300 41
1	Tauchpumpe 12 V	388 181
1	Kleinspannungsnetzgerät	521 230
2	Silikonschläuche i. Ø 7·1, 5mm, 1m	667 194
1	offener Wasserbehälter (mind. 10 l)	

Temperaturmessung im Kühlwasser:

- GL14-Verschraubung vom Kühlwasserabfluss des Zylinderkopfes lösen und Temperaturadapter (e) aus dem Zubehör des Heißluftmotors montieren.
- Thermometer, -10°C bis + 40°C, in Temperaturadapter einführen und mit GL18-Verschraubung festklemmen.

Kühlwasserversorgung:

- Offenen Wasserbehälter mit mindestens 10 l Wasser füllen und Tauchpumpe einhängen.
- Ausgang der Tauchpumpe an Kühlwasserzulauf des Heißluftmotors anschließen und Kühlwasserablauf in Wasserbehälter leiten.
- Tauchpumpe an Kleinspannungs-Netzgerät anschließen.

Einbau des „Thermometers mit Heizung“:

- Heizwendel des „Thermometers mit Heizung“ (f) von Kontaktstiften
- Schraubdichtung aus dem „Zylinderkopf-Deckel mit Schraubdichtung“ schrauben und „Thermometer mit Heizung“ einschrauben.
- Heizwendel wieder auf die Kontaktstifte schieben und darauf achten, dass die Heizwendel den Glaskörper des Thermometers sowie den inneren Glaskolben nicht berührt.
- Zylinderkopf-Deckel vorsichtig auf dem Zylinder des Heißluftmotors montieren.
- Schwungscheibe des Heißluftmotors drehen und sicherstellen, dass die Heizwendel den Verdrängerkolben des Heißluftmotors in keiner Kolbenstellung berührt.
- Beim Drehen der Schwungscheibe außerdem den Heißluftmotor auf Dichtheit überprüfen. Schlauchwelle für Drucksensor öffnen.
- Kleinspannungs-Stelltrafo zusammen mit einem Volt und einem Amperemeter (Messbereich 10 A) an das Thermometer mit Heizung anschließen.

Antrieb:

- Elektromotor montieren und an das Steuer- und Regelgerät anschließen.
- Antriebsriemen über Schwungscheibe und Antriebsscheibe legen und durch Schwenken des Elektromotors spannen.

Frequenzmessung:

- Lochscheibe aus dem Zubehör zum Heißluftmotor auf die Kurbelwelle heften.
- Gabellichtschränke auf Stativmaterial montieren und auf ein Loch der stehenden Lochscheibe ausrichten.
- Gabellichtschränke mittels 6-poligem Adapterkabel mit Zählgerät (j) am Eingang „E“ verbinden.
- Zählgerät in den Modus f_E stellen.

Messung des Kühlwasserdurchflusses:

- Kunststoffbecher und Handstoppuhr bereit legen

4. Versuchsdurchführung

- Kühlwasserversorgung einschalten (dazu z.B. Kleinspannungs-Netzgerät auf 9 V stellen), Durchfluss überprüfen und abwarten, bis Wasser durch den Ablaufschlauch zurückläuft.
- Ablaufschlauch in Kunststoffbecher führen und Volumendurchsatz ΔV des Kühlwassers pro Zeitintervall Δt bestimmen.
- Temperatur ϑ_1 im Zylinderkopf messen.

- Drehrichtungsschalter des Steuer- und Regelgeräts in Mittelstellung (Stillstand) schalten, Drehzahlsteller auf mittlere Position stellen
- und Steuer- und Regelgerät einschalten und auf 1 Hz einstellen
- Temperatur ϑ des Kühlwassers in Abständen von 2 Minuten
- messen und warten, bis die Temperatur konstant bleibt.

danach

- Mit Drehrichtungsschalter den Rechtslauf des Heißluftmotors (im Uhrzeigersinn) starten und Drehzahl des Heißluftmotors messen.

Die Drehzahl des Motors ergibt sich aus der gemessenen Frequenz und der Zahl der Löcher in der Lochscheibe.

gleichzeitig

- Den Kleinspannungs-Stelltrafo einschalten und Heizspannung U so wählen, dass die Temperatur ϑ_1 trotz Betrieb des Heißluftmotors als Kältemaschine konstant bleibt.
- Heizspannung U ggf. nachregeln und zusammen mit der Heizstromstärke I notieren.

und

- Weiterhin Temperatur ϑ des Kühlwassers in Abständen von 2 Minuten messen, Temperaturzunahme beobachten und warten, bis der Maximalwert erreicht ist.

anschließend

- Rechtslauf des Motors ausschalten und weiterhin den Temperaturverlauf des Kühlwassers beobachten.
- Temperaturänderung $\Delta\vartheta$ des Kühlwassers bestimmen und notieren.
- Die Messungen sind für die Frequenzen $f_2 = 2$ Hz, $f_3 = 3,5$ Hz zusätzlich durchzuführen.

5. Auswertung

- Tabellieren der dem Kühlwasser zugeführten Wärme Q_1 , der Kolbenreibrarbeit W_R , der dem Zylinderkopf pro Umlauf entzogener Wärme Q_2 und der mechanischen Arbeit W für den Kreisprozess in Abhängigkeit von der Drehzahl f .
- Tabellieren der Leistungszahl ε in Abhängigkeit von der Drehzahl f .
- Darstellung der Wärme Q_2 vom und der mechanischen Arbeit W in Abhängigkeit vom der Drehzahl f
- Diskutieren Sie Ihre Beobachtungen und Ergebnisse.