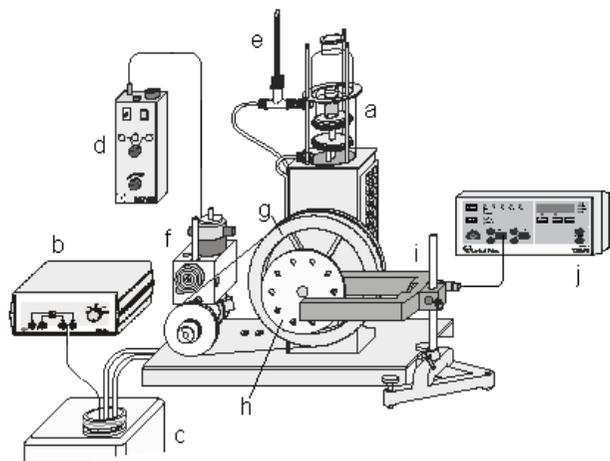


## Labor für Technische Physik

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

### Versuch 14c:

## Kalorische Bestimmung der Reibungsverluste des Heißluftmotors



- |   |                                    |
|---|------------------------------------|
| a: Heißluftmotor  | f: Experimentiermotor              |
| b: Kleinspannungsnetzgerät                                    | g: Schwungscheibe                  |
| c: Kanister mit 10 l Kühlwasser                               | h: Lochscheibe                     |
| d: Steuer- und Regelgerät                                     | i: Gabellichtschranke              |
| e: Thermometer $-10^{\circ}\text{C}$ bis $40^{\circ}\text{C}$ | j: Zählgerät und Temperaturadapter |

### 1. Versuchsziele

Messung der Erwärmung des Kühlwassers durch die Kolbenreibung des Heißluftmotors und Bestimmung der verrichteten Kolbenreibungsarbeit pro Umlauf des Motors.

### 2. Theoretische Grundlagen

Der Heißluftmotor entnimmt als Wärmekraftmaschine pro Umlauf einem Reservoir 1 die Wärmemenge  $Q_1$ , erzeugt die mechanische Arbeit  $W$  und gibt die Differenz

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

an ein Reservoir 2 ab. Als Kältemaschine wird dem Heißluftmotor bei gleicher Drehrichtung pro Umlauf von außen die mechanische Arbeit  $W$  zugeführt, er entzieht dem Reservoir 1 die Wärmemenge  $Q_1$  und führt dem Reservoir 2 die Wärmemenge  $Q_2$  zu.

In beiden Fällen treten Verluste auf, die in die Leistungsbilanz des Heißluftmotors eingehen. So wird z.B. pro Umlauf für die Kolbenreibung im Zylinder und für die Lagerreibung mechanische Energie (Reibungsarbeit) aufgewandt und in thermische Energie (Wärme) umgewandelt. Die Reibungsarbeit durch die Kolbenreibung im Zylinder kann quantitativ bestimmt werden, da sie eine Erwärmung des Kühlwassers verursacht. Die Lagerreibung entzieht sich dieser Messung.

Zur Bestimmung der Kolbenreibungsarbeit wird im Versuch der Temperaturanstieg  $\Delta\vartheta$  im Kühlwasser gemessen, während der Heißluftmotor bei offenem Zylinderkopf mit einem Elektromotor angetrieben wird. Die an das Kühlwasser abgegebene Leistung beträgt

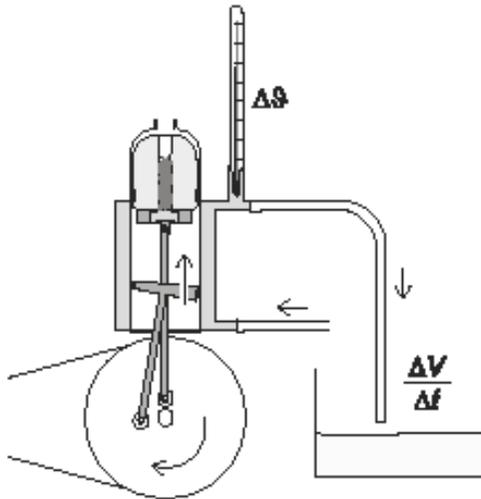
$$P = c \cdot \rho \frac{\Delta V}{\Delta t} \cdot \Delta\vartheta \quad (2)$$

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

Daraus berechnet sich die gesuchte Reibungsarbeit pro Umlauf des Heißluftmotors wie folgt:

$$W_R = \frac{P}{f} \quad (3)$$

wobei  $f$  die Drehzahl des Motors angibt.



### 3. Versuchsaufbau

#### Geräteliste

1	Heißluftmotor	388 182
1	Zubehör zum Heißluftmotor	388 221
1	Thermometer, $-10^{\circ}\text{C}$ bis $+40^{\circ}\text{C}$	382 36
1	Experimentiermotor	347 35
1	Steuer- und Regelgerät	347 36
1	Zählgerät	575 45
1	Gabellichtschranke, infrarot	337 46
1	Adapterkabel, 6 polig, 1,5 m	501 16
1	Experimentierkabel, rot, 25 cm	500 411
1	Kunststoffbecher, 1000 ml	590 06
1	Handstoppuhr II, 60s/30 min	313 17
1	Kleiner Stativfuß, V-förmig	300 02
2	Stativstangen, 25 cm	300 41
1	Tauchpumpe 12 V	388 181
1	Kleinspannungsnetzgerät	521 230
2	Silikonschläuche i. $\text{Ø } 7-1,5\text{mm}$ , 1m	667 194
1	offener Wasserbehälter (mind. 10 l)	

**Temperaturmessung:**

- GL14-Verschraubung vom Kühlwasserabfluss des Zylinderkopfes lösen und Temperaturadapter (e) aus dem Zubehör des Heißluftmotors montieren.
- Thermometer 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.

**Aufbau und Antrieb des Heißluftmotors:**

- Zylinderkopf-Deckel entfernen.
- Schlauchwelle für Drucksensor mit Verschlussstopfen verschließen.
- 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 fE stellen.

**4. Versuchsdurchführung**

- Drehrichtungsschalter in Mittelstellung (Stillstand) schalten und Steuer- und Regelgerät einschalten.
- Kühlwasserversorgung einschalten (dazu z.B. Kleinspannungs-Netzgerät für Tauchpumpe auf 9 V stellen), Durchfluss überprüfen und abwarten, bis Wasser durch den Ablaufschlauch zurückläuft.
- Ablaufschlauch in Kunststoffbecher führen und Volumendurchsatz  $\Delta V$  des Kühlwassers pro Zeitintervall  $\Delta t$  bestimmen.
- Temperatur des ablaufenden Kühlwassers Abständen von 2 Minuten messen und warten, bis der Verlauf eindeutig extrapolierbar ist.
- Mit Drehrichtungsschalter den Rechtslauf des Heißluftmotors (im Uhrzeigersinn) starten und Drehzahl des Heißluftmotor auf  $f_1 = 1$  Hz stellen.
- Die Drehzahl des Motors ergibt sich aus der gemessenen Frequenz und der Zahl der Löcher in der Lochscheibe.
- Weiterhin Temperatur des ablaufenden Kühlwassers in Abständen von 2 Minuten messen, Temperaturzunahme beobachten und warten, bis der Verlauf eindeutig extrapolierbar ist.

Wenn der Maximalwert erreicht ist, Rechtslauf des Motors ausschalten und weiterhin Temperatur des Kühlwassers in Abständen von 2 Minuten messen, bis die Temperatur einen eindeutig extrapolierbaren Verlauf aufweist.

- Die Messungen sind für die Frequenzen  $f_2 = 2$  Hz,  $f_3 = 3,5$  Hz zusätzlich durchzuführen.

**5. Auswertung**

- Darstellung der Temperatur  $\vartheta$  in Abhängigkeit von der Zeit  $t$  für die verschiedenen Frequenzen.
- Darstellung der Reibungsarbeit  $WR$  in Abhängigkeit von der Drehzahl  $f$ .
- Diskutieren Sie Ihre Beobachtungen und Ergebnisse.