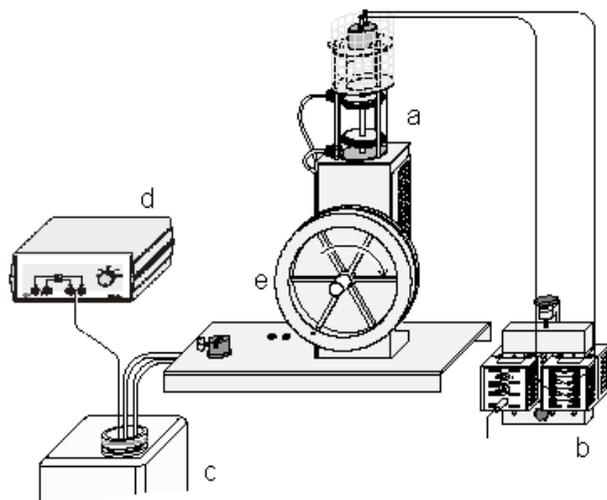


## Labor für Technische Physik

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

### Versuch 14a:

### Betrieb des Heißluftmotors als Wärmekraftmaschine



- |                                 |                              |
|---------------------------------|------------------------------|
| a: Heißluftmotor                | b: Zerlegbarer Transformator |
| c: Kanister mit 10 l Kühlwasser | d: Kleinspannungsnetzgerät   |
| e: Schwungscheibe               |                              |

### 1. Versuchsziele

Inbetriebnahme des Heißluftmotors als Wärmekraftmaschine durch elektrische Beheizung des Zylinders. Anschließend soll die Abhängigkeit der Drehzahl von der Heizspannung sowie von der Bremskraft (Reibungskraft) qualitativ untersucht werden.

### 2. Theoretische Grundlagen

Der Heißluftmotor (*R. Stirling*, 1816) ist neben der Dampfmaschine die älteste Wärmekraftmaschine. Seine Funktionsweise ist in Abb.1 schematisch dargestellt. Er besitzt zwei Kolben, die über Kolbenstangen mit einer Kurbelwelle verbunden sind, wobei der Verdrängerkolben dem Arbeitskolben um  $90^\circ$  vorausläuft. Ist der Arbeitskolben im oberen Totpunkt (1a), bewegt sich der Verdrängerkolben abwärts und verdrängt die Luft nach oben in den geheizten Teil des Zylinders. Sie wird erwärmt, expandiert und treibt den Arbeitskolben nach unten (1b). Dabei wird mechanische Arbeit an die Schwungscheibe abgegeben. Ist der Arbeitskolben im unteren Totpunkt (1c), bewegt sich der Verdrängerkolben aufwärts und verdrängt die Luft nach unten in den gekühlten Teil des Zylinders. Sie wird abgekühlt und durch den Arbeitskolben komprimiert (1d). Die mechanische Arbeit hierfür liefert die Schwungscheibe.

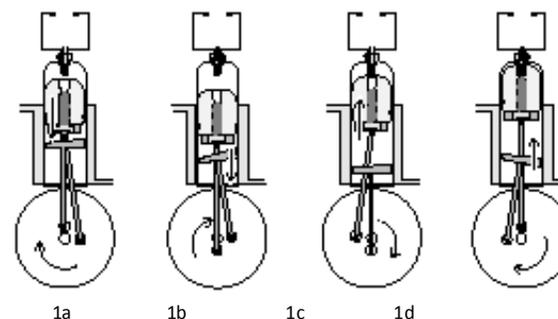


Abb. 1: Schema zur Funktionsweise des Heißluftmotors als Wärmekraftmaschine.

Durch eine axiale Bohrung im Verdrängerkolben stehen die Luftanteile im Zylinder oberhalb und unterhalb des Verdrängerkolbens in Verbindung. Während die heiße Luft nach unten verdrängt wird, gibt sie ihre Wärme an eine Füllung aus Kupferwolle in der Bohrung ab. Wird anschließend die kalte Luft wieder nach oben verdrängt, nimmt sie aus der Kupferwolle Wärme auf. Die Kupferwolle dient somit als Regenerator.

Erwärmung und Abkühlung der Luft finden stark vereinfacht bei konstantem Volumen statt, während ihre Expansion und Kompression ebenso stark vereinfacht die Temperatur unverändert lassen. Der thermodynamische Kreisprozess des Heißluftmotors besteht daher aus einer isochoren Wärmezufuhr (2a), einer isothermen Expansion bei hoher Temperatur (2b), einer isochoren Wärmeabgabe (2c) und einer isothermen Kompression bei niedriger Temperatur (2d). Dieser idealisierte Prozess (s. Abb.2) wird allgemein als Stirlingscher Kreisprozess bezeichnet.

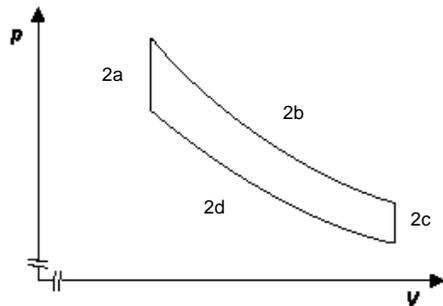


Abb. 2: Stirlingscher Kreisprozess: idealisiertes  $pV$ -Diagramm des Heißluftmotors.

Im Versuch wird der Betrieb des Heißluftmotors als Wärme­kraft­maschine qualitativ untersucht. Zur Demonstration des Zusammenhangs zwischen der elektrisch zugeführten Wärmeleistung und der abgeführten mechanischen Leistung wird die Spannung an der Heizwendel variiert. Die jeweils erreichte Leerlaufdrehzahl der Maschine dient als Maß für die entnommene mechanische Leistung. Mit einem um die Welle der Schwungscheibe geschlungenen Kupferband kann die Reibungskraft erhöht werden. Dadurch wird der Motor auf eine geringere Drehzahl abgebremst.

### 3. Versuchsaufbau

#### Geräteleiste

1	Heißluftmotor	388 182
1	Zerlegbarer Transformator	562 11P
1	Tauchpumpe 12 V	388 181
1	Kleinspannungs-Netzgerät	521 230
2	Silikonschläuche ( $\varnothing$ 10,5 mm, 1 m)	667 194
2	Experimentierkabel 16 A	
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.

#### Spannungsversorgung

- Den Zylinderkopf-Deckel mit der Heizwendel so montieren, dass die Markierungen übereinander liegen.
- Die Schwungscheibe von Hand drehen und den Heißluftmotor auf Dichtheit überprüfen.
- Die Schlauchwelle für den Drucksensor muss mit dem Verschlussstopfen verschlossen sein.
- Den 12 V-Ausgang den zerlegbaren Transformator (falls zerlegt, vorher aufbauen) mit Hilfe der Experimentierkabel (16 A) an die Anschlussbuchsen des Zylinderkopf-Deckels anschließen.

## 4. Versuchsdurchführung

*Achtung: Durch die mechanische Belastung darf die Maschine nicht zum Stillstand kommen. Die Drehzahl soll daher die halbe Leerlaufdrehzahl nicht unterschreiten. Falls die Maschine dennoch zum Stillstand kommt:*

*Die Maschine sofort wieder von Hand anwerfen oder die elektrische Heizung sofort abschalten.*

### **Betrieb des Heißluftmotors als Wärmekraftmaschine:**

- Die Kühlwasserversorgung (Tauchpumpe) einschalten ( $U = 9\text{ V}$ ). Den Durchfluss überprüfen und abwarten, bis Wasser durch den Ablaufschlauch zurückläuft.
- Vom Trafo eine Heizspannung  $U = 14\text{ V}$  abgreifen, den Trafo einschalten und die Heizwendel beobachten.

Sobald die Heizwendel rot glüht:

- Die Schwungscheibe im Uhrzeigersinn von Hand drehen, bis der Heißluftmotor selbstständig läuft.

Wenn der Heißluftmotor trotz mehrmaligen Anwerfens nicht anspringt:

- Die Netzspule ausschalten und den Aufbau überprüfen; ansonsten den Laborbetreuer kontaktieren!

### **Variation der Heizspannung:**

- Beobachten bzw. messen Sie mit Hilfe einer Lochscheibe und einer Gabellichtschränke die Leerlaufdrehzahl des Heißluftmotors für Heizspannungen zwischen  $6\text{ V}$  und  $18\text{ V}$ .

### **Variation der Bremskraft:**

- Betreiben Sie den Motor mit einer Heizspannung von  $U = 12\text{ V}$ .
- Legen Sie eine Schnur (als Reibband) in Drehrichtung um die Welle und bremsen die Maschine durch vorsichtiges Ziehen am Band auf etwa die halbe Leerlaufdrehzahl ab.

## 5. Auswertung

- Beschreiben und begründen Sie Ihre Beobachtungen.