Heißluftmotor (Stirlingmotor)

BETRIEB DES FUNKTIONSMODELLS EINES HEIßLUFTMOTORS ALS WÄRMEKRAFT-MASCHINE.

- Inbetriebnahme des Heißluftmotors als Wärmekraftmaschine.
- Demonstration der Umwandlung von thermischer Energie in mechanische Energie.
- Messung der Leerlaufdrehzahl in Abhängigkeit von der Heizleistung.

UE2060100

04/16 JS

ALLGEMEINE GRUNDLAGEN

Der thermodynamische Kreisprozess des Heißluftmotors (*R. Stirling*, 1816) lässt sich vereinfachend in die Prozesse Wärmezufuhr, Expansion, Wärmeabgabe und Kompression aufteilen. Sie sind in Fig. 1 bis 4 für das untersuchte Funktionsmodell schematisch dargestellt.

Zur Wärmezufuhr bewegt sich der Verdrängerkolben P1 aufwärts und verdrängt die Luft nach unten in den geheizten Bereich des großen Zylinders. Der Arbeitskolben P2 befindet sich währenddessen in der unteren Position, da der Verdrängerkolben dem Arbeitskolben um 90° voraus läuft.

Die erwärmte Luft expandiert und treibt den Arbeitskolben nach oben. Dabei wird mechanische Arbeit über die Kurbelwelle an die Schwungstange abgegeben.

Während der Arbeitskolben im oberen Totpunkt ist, bewegt sich der Verdrängerkolben abwärts und verdrängt die Luft zur Wärmeabgabe an die Umgebung in den oberen Bereich des großen Zylinders.

Die abgekühlte Luft wird durch den sich nach unten bewegenden Arbeitskolben komprimiert. Die mechanische Arbeit hierfür wird durch die Schwungstange geliefert.

Wird der Heißluftmotor ohne mechanische Last betrieben, so dreht er sich mit einer Leerlaufdrehzahl, die durch die innere Reibung begrenzt ist und von der zugeführten Heizleistung abhängt. Die Drehzahl reduziert sich, sobald mechanische Leistung entnommen wird. Dies lässt sich am einfachsten demonstrieren, in dem eine Reibungskraft auf die Kurbelwelle ausgeübt wird.

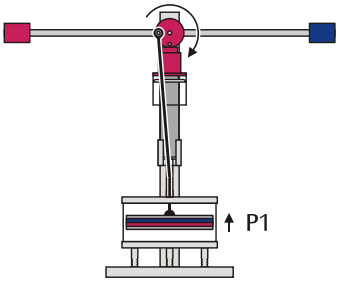

Fig. 1: Wärmezufuhr

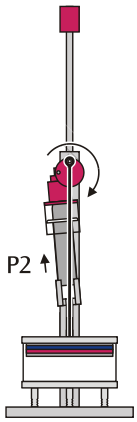

Fig. 2: Expansion

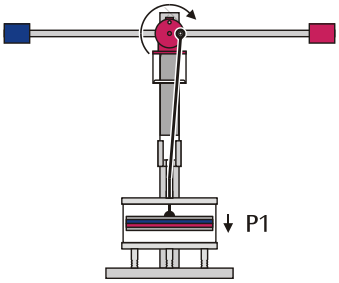

Fig. 3: Wärmeabgabe

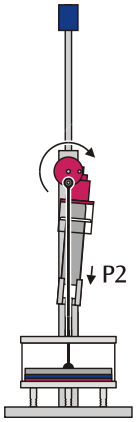

Fig. 4: Kompression

GERÄTELISTE

1 Strirlingmotor D 1000817 (U8440450)
1 DC-Netzgerät 20 V, 5 A @230 V 1003312 (U33020-230)
oder
1 DC-Netzgerät 20 V, 5 A @115 V 1003312 (U33020-115)
1 Satz Sicherheits-Experimentierkabel , 75 cm 1017718 (U13816)
1 Mechanische Stoppuhr 1003369 (U40801)

AUFBAU

- Transportarretierung der Kurbelwelle und des Verdrängerkolbens lösen.
- Schlaufe des Nylonfadens, an dem der Verdrängerkolben hängt, am vorderen Ende der Kubelwelle einhängen.
- Zweite Schwungstange am hinteren Ende an der Kurbelwelle festschrauben.
- Großen Zylinder mit schwarzen Kappen verschließen.

DURCHFÜHRUNG

- Netzgerät an den Heizspannungseingang anschließen.
- Heizspannung 12 V einstellen, ein paar Minuten warten und Heißluftmotor an der Schwungstange von Hand anwerfen.
- Heizspannung von 8 V bis 15 V in Schritten von 1 V variieren.
- Jeweils eine Minute warten, die Zeit für 10 Umdrehungen der Motorwelle messen und daraus die zugehörige Drehzahl berechnen.

Fig. 5: Aufbau zum Betrieb des Heißluftmotors als Wärmekraftmachine durch elektrische Heizung

MESSBEISPIEL

Tabelle 1: Messwerte zur Leerlaufdrehzahl *n* in Abhängigkeit von der Heizspannung *U*

U (V)	10 *T* (s)	*n* (s^{-1})
8	27,5	0,36
9	24,6	0,41
10	21,3	0,47
11	19,0	0,53
12	16,9	0,59
13	15,0	0,67
14	13,4	0,75
15	12,0	0,83

AUSWERTUNG

Betrachtet man die innere Reibung vereinfachend als konstant, so ist die Leerlaufdrehzahl proportional zu der im Leerlauf abgegebenen mechanischen Leistung des Heißluftmotors. Nimmt man außerdem an, dass der ohmsche Widerstand der Heizung sich nicht ändert, so ist die Heizleistung proportional zum Quadrat der Heizspanung. In Fig. 6 ist daher die Leerlaufdrehzahl *n* des Heißluftmotors (als Maß für die abgegebene mechanische Leistung) in Abhängigkeit vom Quadrat der Heizspannung *U* (als Maß für die zugeführte Heizleistung) aufgetragen.

Fig. 6 zeigt also, dass die abgegebene mechanische Leistung zunimmt, wenn man die zugeführte Heizleistung steigert

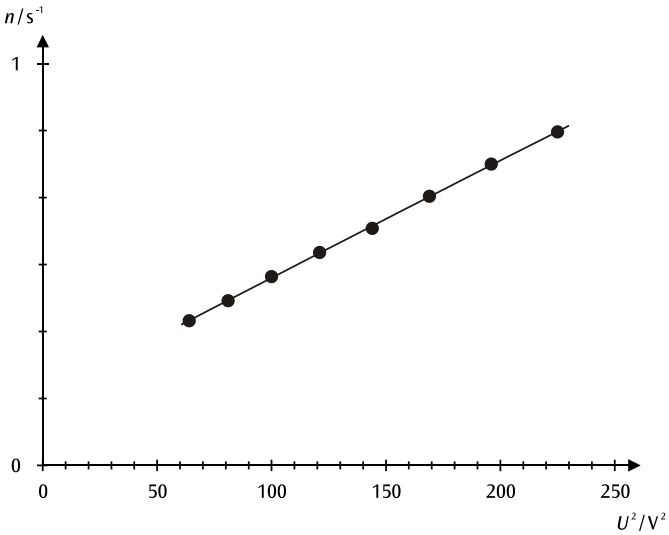

Fig. 6: Leerlaufdrehzahl des Heißluftmotors in Abhängigkeit vom Quadrat der Heizspannung

ERGEBNIS

Der Heißluftmotor wandelt bei Betrieb als Wärmekraftmaschine einen Teil der zugeführten Wärmeleistung in mechanische Leistung und gibt den Rest als Wärmeleistung an die Umgebung ab.

© Copyright 2016 3B Scientific GmbH