

PHYWE Systeme GmbH & Co. KG
Robert-Bosch-Breite 10
D-37079 Göttingen

Telefon +49 (0) 551 604-0
Fax +49 (0) 551 604-107
E-mail info@phywe.de
Internet www.phywe.de

Betriebsanleitung



Abb. 1: Stirlingmotor, transparent 04372-00

INHALTSVERZEICHNIS

- 1 SICHERHEITSHINWEISE
- 2 ZWECK UND EIGENSCHAFTEN
- 3 FUNKTIONS- UND BEDIENELEMENTE
- 4 HINWEISE
- 5 TECHNISCHE DATEN
- 6 GERÄTELISTE
- 7 EXPERIMENTE
- 8 ENTSORGUNG

1 SICHERHEITSHINWEISE



Achtung!

- Vor Inbetriebnahme des Gerätes ist die Betriebsanleitung sorgfältig und vollständig zu lesen. Sie schützen sich und vermeiden Schäden an Ihrem Gerät.
- Das Gerät nicht in Betrieb nehmen, wenn Beschädigungen am Gerät sichtbar sind.
- Verwenden Sie das Gerät nur für den dafür vorgesehenen Zweck.

2 ZWECK UND EIGENSCHAFTEN

Ein Stirlingmotor (Heißluftmotor) dient zur Umwandlung von Wärmeenergie in mechanische Energie. Mechanisch angetrieben arbeitet er als Wärmepumpe oder Kältemaschine und demonstriert daher eindrucksvoll die Umkehrbarkeit thermodynamischer Prozesse. Die Arbeitsweise des Stirlingmotors wird in Abb. 2 erläutert.

Arbeits- und Verdrängerkolben sind in 90°-V-Anordnung montiert. Der Arbeitskolben (A) ist aus Metall, er ist genau in das Glasrohr eingepasst. Der Verdrängerkolben (V) aus Glas übernimmt gleichzeitig die für den Betrieb eines Stirlingmotors wichtige Funktion des Regenerators: er kühlt das vorbeiströmende heiße Gas, speichert seine Energie und gibt sie an das zurückströmende kalte Gas wieder ab.

Mit Hilfe der Motor/Generator-Einheit wird die vom Stirlingmotor erzeugte mechanische Energie in elektrische Energie (Lampe) umgewandelt. Umgekehrt lässt sich der Stirlingmotor damit auch durch Einspeisen elektrischer Energie mechanisch antreiben.

Mit Hilfe des Drehmomentmessers kann der Stirlingmotor mit einem bestimmten Drehmoment belastet werden. Wird außerdem seine Drehzahl gemessen, so lässt sich daraus die abgegebene mechanische Leistung berechnen.

3 FUNKTIONS- UND BEDIENELEMENTE

3.1 Stirlingmotor 04372-00

Lieferumfang:

- 1 Stirlingmotor
- 1 blaue Grundplatte
- 1 Spiritusbrenner
- 1 Inbusschlüssel
- 4 Rändelschrauben
- (2 in der Grundplatte, 2 am Stirlingmotor)

Der Stirlingmotor wird auf die Grundplatte gesetzt und mit zwei Rändelschrauben von unten festgeschraubt. Zwei weitere Rändelschrauben, oben auf der Grundplatte, dienen zur Befestigung der Motor/Generator-Einheit oder der Skale des Drehmomentmessers.

Das Schwungrad bleibt i.a. fest auf der Achse montiert. Es kann mit Hilfe des Inbusschlüssels gelöst werden. Nachdem erneuten Aufsetzen des Schwungrades sollte die Achse leicht nach außen gezogen werden und es sollte zwischen Schwungrad und Motorgehäuse nur ein kleiner Luftspalt von der Dicke eines Blattes Papier sein, damit die Achse im Betrieb nicht zu viel Spiel hat.

Im Verdrängerzylinder befinden sich zwei Temperaturmessstellen. Die Bohrungen in den Metallhülsen haben einen Durchmesser vom 0,6 mm zur Aufnahme von ummantelten NiCr-Ni-Thermoelementen (Best.-Nr. 13615-01).

3.2 Motor/Generator-Einheit 04372-01

Lieferumfang:

- 1 Motor/Generator auf Montagewinkel
- 1 Riemen
- 1 Glühlampe 4 V / 40 mA

Die M/G-Einheit besitzt zwei Schnurscheiben unterschiedlicher Größe, mit denen der Einfluss des Übersetzungsverhältnisses auf Leistung und Drehzahl des Stirlingmotors demonstriert werden kann. Zur Verbindung mit dem Schwungrad dient ein Riemen.

Mit einem Schalter kann zwischen Motor- und Generatorbetrieb gewählt werden.

Im Generatorbetrieb leuchtet die Glühlampe. Parallel zur Lampenfassung liegen zwei Ausgangsbuchsen, an die einstellbarer Widerstand angeschlossen werden kann. In der Schalterstellung .0. ist der Generator unbelastet. Zum Betrieb als Motor wird eine Gleichspannung an die Eingangsbuchsen gelegt.

3.3 Drehmomentmesser 04372-02

Lieferumfang:

- 1 Zeiger
- 1 Skale

Das innere Metallstück des Zeigers (Prony'scher Zaum mit Neigungsgewicht) wird mit Hilfe des Inbusschlüssels vor das große Schwungrad fest auf die Achse des Stirlingmotors gesetzt. Die Reibung zwischen dem Metallstück und dem Zeiger kann mit der Stellschraube am Zeiger verändert werden. Wenn der Stirlingmotor läuft, wird der Zeiger vorsichtig auf die Achse geschoben. Die Reibung sollte dann **langsam** erhöht werden; sie darf nicht so groß sein, dass der Motor stehen bleibt. Das eingestellte Drehmoment wird auf der Skale angezeigt.

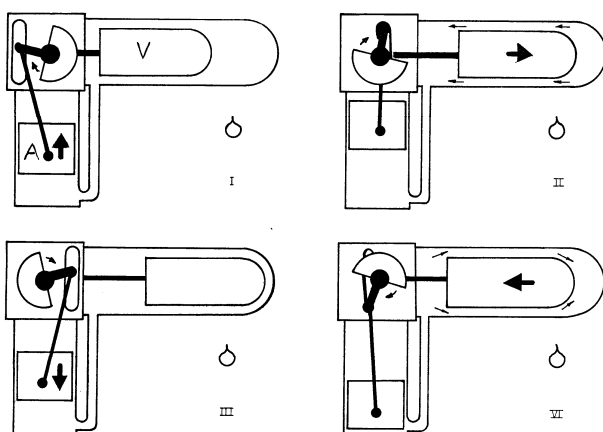
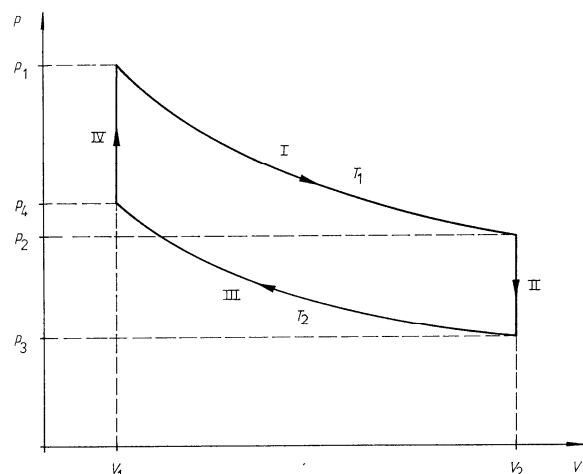


Abb. 2: Funktionsweise des Stirlingmotors

- 1) Isotherme Expansion, Wärmezufuhr, Arbeitsabgabe
- 2) Isochore Wärmeabgabe, keine Arbeit
- 3) Isotherme Kompression, Wärmeabgabe, Arbeitsaufnahme
- 4) Isochore Wärmeaufnahme, keine Arbeit



- $V_1 \rightarrow V_2$ $p_1 > p_2$ und $T_1 = \text{const.}$
 $T_1 > T_2$ $p_2 > p_3$ und $V_2 = \text{const.}$
 $V_2 \rightarrow V_1$ $p_3 > p_4$ und $T_2 = \text{const.}$
 $T_2 > T_1$ $p_4 > p_1$ und $V_1 = \text{const.}$

4 HINWEISE

Der Arbeitskolben darf nicht geölt werden, er ist genau in den Glaszylinder eingepasst. Öl würde zu einer höheren Reibung führen und die Leistung des Motors herabsetzen. Der Verdrängerzylinder ist so montiert, dass sich ein gleichmäßiger Luftspalt zwischen ihm und dem Verdrängerkolben befindet und die Leistung des Motors optimiert ist. Die Befestigungsschrauben dürfen daher nicht verändert werden. Die Kolbenstange des Verdrängerkolbens sollte mit einem Tropfen dünnflüssigen Maschinenöls versehen werden, wenn die Leistung des Stirlingmotors nachlässt. Dazu wird eine Spritze (Best.-Nr.02593-03) mit einer Kanüle (Best.-Nr. 02597-04) verwendet, damit kein Öl auf den Arbeitskolben tropft!

5 TECHNISCHE DATEN

Stirlingmotor

Drehzahl im Leerlauf mind. 800 / min
max. Leistung ca. 1 W

M/G-Einheit

Motorspannung max. 12 V
Glühlampe 4 V / 40 mA
Riemendurchmesser 150 mm

Drehmomentmesser

Messbereich 25 · 10⁻³ Nm
Auflösung 1 · 10⁻³ Nm

6 GERÄTELISTE

Stirlingmotor, transparent	04372-00
Motor/Generator-Einheit	04372-01
Drehmomentmesser	04372-02
Kamin für Stirlingmotor	04372-04
Sensoreinheit pVn	04371-00
$pVnT$ -Messgerät	04371-97
Thermoelement NiCr-Ni, ummantelt (2x)	13615-01
Oszilloskop, 20 MHz, 2-Kanal	11454-93
abgeschirmtes Kabel, BNC (2x)	07542-11
Schiebewiderstand, 330 Ω	06116-02
Verbindungsleitungen	

7 EXPERIMENTE

Die auf den Stirlingmotor abgestimmten Zusatzgeräte ermöglichen eine Vielzahl qualitativer und quantitativer Experimente.

- Umwandlung: Wärme - mech. Energie -elektr. Energie - Licht
- Betrieb als Wärmepumpe oder Kältemaschine
- Mech. Leistung in Abhängigkeit von der Drehzahl (Abb. 3)
- Elektr. Leistung in Abhängigkeit von der Drehzahl (Abb. 3)
- Messung der Temperaturen
- Aufnahme des pV -Diagramms

8 ENTSORGUNG

Die Verpackung besteht überwiegend aus umweltverträglichen Materialien, die den örtlichen Recyclingstellen zugeführt werden sollten.



Dieses Produkt gehört nicht in die normale Müllentsorgung (Hausmüll). Soll dieses Gerät entsorgt werden, so senden Sie es bitte zur fachgerechten Entsorgung an die unten stehende Adresse.

PHYWE Systeme GmbH & Co. KG
Abteilung Kundendienst
Robert-Bosch-Breite 10
D-37079 Göttingen

Telefon +49 (0) 551 604-274
Fax +49 (0) 551 604-246

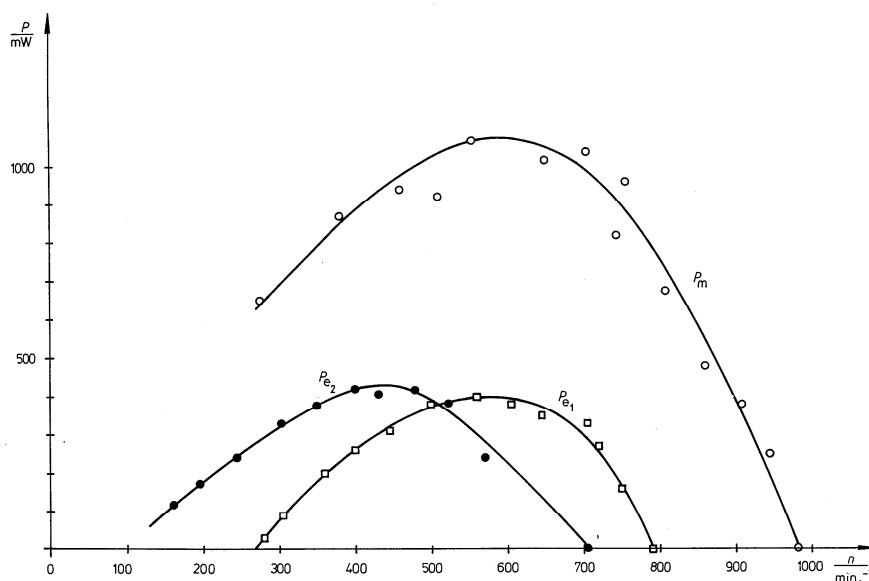


Abb. 3: mechanische Leistung P_m und elektrische Leistung P_e in Abhängigkeit von der Drehzahl (P_{e1} = große, P_{e2} = kleine Schnurscheibe)