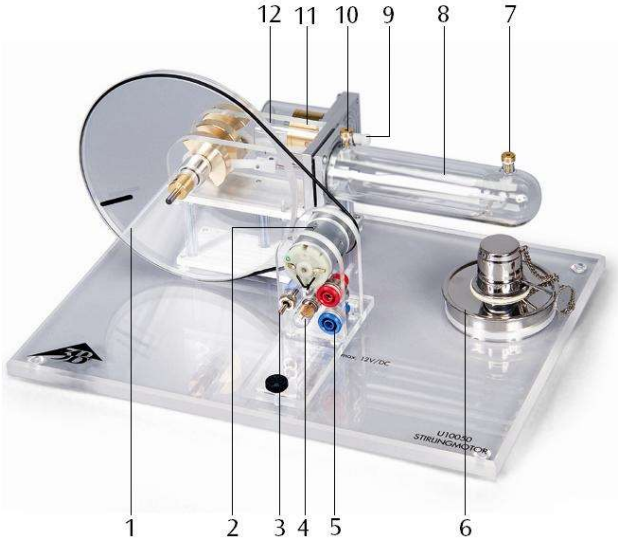
3B SCIENTIFIC® PHYSICS

Stirling-Motor G 1002594

Bedienungsanleitung

10/23 ALF/UD



1 Schwungrad mit Markierung (zur Bestimmung der Drehzahl)
2 Motor-Generator-Einheit mit zweistufiger Riemenscheibe
3 Schalter
4 Glühbirne
5 4-mm-Sicherheitsbuchsen
6 Spiritusbrenner
7 Temperatur-Messstutzen 1
8 Verdrängerkolben
9 Schlauchanschluss mit Kappe für Druckmessungen
10 Temperatur-Messstutzen 2
11 Arbeitskolben
12 Gewindestange M3 (verbunden mit Arbeitskolben)

1. Sicherheitshinweise

- Brennspiritus vorsichtig in Spiritusbrenner einfüllen, darauf achten, dass nichts verschüttet wird.
- Spiritusbrenner nie befüllen, solange der Docht noch glimmt oder eine andere offene Flamme in der Nähe ist.
- Spiritusflasche nach Gebrauch sofort verschließen.
- Nicht in die offene Flamme fassen.
- Vorsicht! Flamme nur mit befestigtem Deckel löschen.

Der Stirlingmotor erhitzt sich beim Betrieb mit offener Flamme.

- Während und nach dem Betrieb des Stirlingmotors Verdrängungszylinder nicht berühren.
- Stirlingmotor vor dem Wegräumen abkühlen lassen.

2. Beschreibung

Der Stirlingmotor ermöglicht die qualitative und quantitative Untersuchung des Stirlingschen Kreisprozesses. Er kann in drei verschiedenen Modi betrieben werden: als Wärmekraftmaschine, als Wärmepumpe und als Kältemaschine.

Verdrängungszylinder und Verdrängerkolben bestehen aus hitzebeständigem Glas, Arbeitszylinder, Schwungrad und Getriebeabdeckungen aus Acrylglas. Somit lassen sich jederzeit die einzelnen Bewegungsabläufe sehr gut beobachten. Die Kurbelwellen sind kugelgelagert und bestehen aus gehärtetem Stahl. Die Pleuel sind aus verschleißfestem Kunststoff gefertigt.

Die eingebaute Motor-Generator-Einheit mit zweistufiger Riemenscheibe ermöglicht die Umwandlung der erzeugten mechanischen Energie in elektrische Energie. Mit Umschaltmöglichkeit zum Betrieb einer eingebauten Lampe sowie zum Betrieb externer Lasten oder zur Einspeisung elektrischer Energie zum Betrieb als Wärmepumpe oder Kältemaschine.

Durch Befestigung des im Lieferumfang enthaltenen Fadens an der Gewindestange am Arbeitskolben lässt sich dessen Hubweg messen.

3. Technische Daten

Motor-Generator-Einheit:	max. 12 V DC
Riemenscheibe zweistufig:	30 mm Ø, 19 mm Ø
Arbeitskolben:	25 mm Ø
Hub Arbeitskolben:	24 mm
Volumenänderung:	24 mm $\left(\frac{25\,\text{mm}}{2}\right)\cdot\pi = 12\,\text{cm}^3$
Minimum Volumen:	32 cm³
Maximum Volumen:	44 cm³
Leistung des Stirlingmotors:	ca. 1 W
Abmessungen:	ca. 300x220x160 mm³
Masse:	ca. 1,65 kg

4. Schema der Funktionsweise

Der ideale Stirlingprozess läuft in 4 Takten ab (siehe Fig. 1):

1. Takt: Expansionsphase: Isotherme Zustandsänderung, die Luft expandiert bei konstanter Temperatur
2. Takt: Isochore Zustandsänderung, die Luft kühlt bei konstantem Volumen im Regenerator ab
3. Takt: Kompressionsphase: Isotherme Zustandsänderung, die Luft wird isotherm komprimiert
4. Takt: Isochore Zustandsänderung, die Luft wird im Regenerator wieder auf die Anfangstemperatur aufgeheizt

Im Stirlingmotor ist dieser ideale Prozess nur annähernd realisiert, da sich die 4 Takte überlappen. Während der Expansion findet schon ein Gaswechsel von heiß nach kalt statt und während der Kompressionsphase befindet sich noch nicht die gesamte Luft im kalten Teil des Motors.

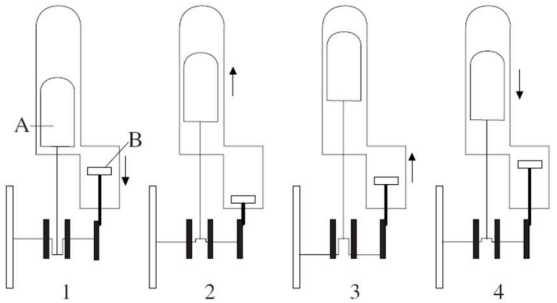


Fig. 1 Schema der Funktionsweise
(A: Verdrängerkolben, B: Arbeitskolben)

5. Bedienung

5.1 Der Stirlingmotor als Wärmekraftmaschine

- Spiritusbrenner befüllen, in die Aussparung in der Grundplatte einsetzen, Docht ca. 1 bis 2 mm herausdrehen und entzünden.
- Verdrängerkolben in die hinterste Position bringen und nach kurzer Erwärmungszeit (ca. 1 bis 2 Minuten) Schwungrad durch leichtes Anschieben in Uhrzeigersinn (aus Blickrichtung Motor-Generator-Einheit) in Bewegung versetzen (siehe Fig. 2).
- Gegebenenfalls Spannung des Treibriemens durch Verschieben der Motor-Generator-Einheit einstellen.
- Glühbirne durch Schalterstellung „oben“ einschalten.
- Alternativ externe Last über die 4-mm-Buchsen anschließen und in Schalterstellung „unten“ betreiben.

Drehzahl ohne Last:	ca. 1000 U/min
Drehzahl mit Generator als Last:	ca. 650 U/min
Generatorspannung:	ca. 6 V DC
Druckdifferenz:	+250 hPa/-150 hPa

5.2 Der Stirlingmotor als Wärmepumpe oder Kältemaschine

Zusätzlich erforderlich:

1 DC-Netzgerät, 0 - 20 V, 0 - 5 A @ 230 V 1003312

oder

1 DC-Netzgerät, 0 - 20 V, 0 - 5 A @ 115 V 1003311

Digital-Thermometer 1002794

- Temperatursensoren in die Temperatur-Messstutzen einsetzen und an das Digital-Thermometer anschließen (siehe Fig. 3).
- Gleichstromquelle über die 4-mm-Buchsen anschließen.
- Max. 12 V einstellen und Stirlingmotor in Schalterstellung „unten“ betreiben.
- Temperaturzunahme bzw. –abnahme beobachten.

Im Betriebsmodus Kältemaschine dreht das Schwungrad im Uhrzeigersinn (aus Blickrichtung Motor-Generator-Einheit), im Betriebsmodus Wärmepumpe entgegen dem Uhrzeigersinn.

- Zum Wechsel der Betriebsmodi Anschlusskabel umpolen.

Druckdifferenz: +250 hPa/-150 hPa

Motorspannung: 9 V

Drehzahl: 600 U/min

Temperaturdifferenz (bezogen auf 21° C):

Kältemaschine: -4 K (Reservoir: +6 K)
Wärmepumpe: +13 K (Reservoir: -1 K)

5.3 Aufzeichnung des Druck-Volumen-Diagramms des Stirlingmotors im Betrieb als Wärmepumpe

Zusätzlich erforderlich:

1 DC-Netzgerät, 0 - 20 V, 0 - 5 A @ 230 V 1003312

oder

1 DC-Netzgerät, 0 - 20 V, 0 - 5 A @ 115 V 1003311

Sensorenhalter für Stirlingmotor G 1008500

1 Relativdrucksensor FW ±1000hPa 1021533

1 Wegaufnehmer FW 1021534

2 Sensorkabel 1021514

1 Datenlogger

1 Software

Weitere Informationen zum digitalen Messen sind auf der Webseite des Produkts im 3B Webshop zu finden.

- Sensorenhalter an der Bodenplatte des Stirlingmotors befestigen.
- Im Sensorenhalter den Relativdrucksensor unten und den Wegaufnehmer oben so montieren, dass jeweils die bedruckte Seite nach oben weist.
- Schlauchanschluss „+“ des Relativdrucksensors und Schlauchanschluss am Arbeitszylinder des Stirlingmotors mit Hilfe des Schlauchs aus dem Lieferumfang des Sensorenhalters (1008500) verbinden.
- Die am Faden (aus dem Lieferumfang des Sensorenhalters) befestigte Hutmutter auf die Gewindestange des Arbeitskolbens schrauben, Faden um die Seilrolle des Wegaufnehmers legen und Schraubenfeder an der Gewindestange einhängen. (Detaillierte Beschreibung zum Aufbau der Sensoren auf dem Sensorenhalter siehe Bedienungsanleitung Sensorenhalter 1008500.)
- Relativdrucksensor und Wegaufnehmer an den Datenlogger anschließen.
- Gleichstromquelle über die 4-mm-Buchsen des Stirlingmotors anschließen.
- Max. 12 V einstellen und Stirlingmotor in Schalterstellung „unten“ betreiben.
- Software starten und Druck-Volumen-Diagramm aufzeichnen.

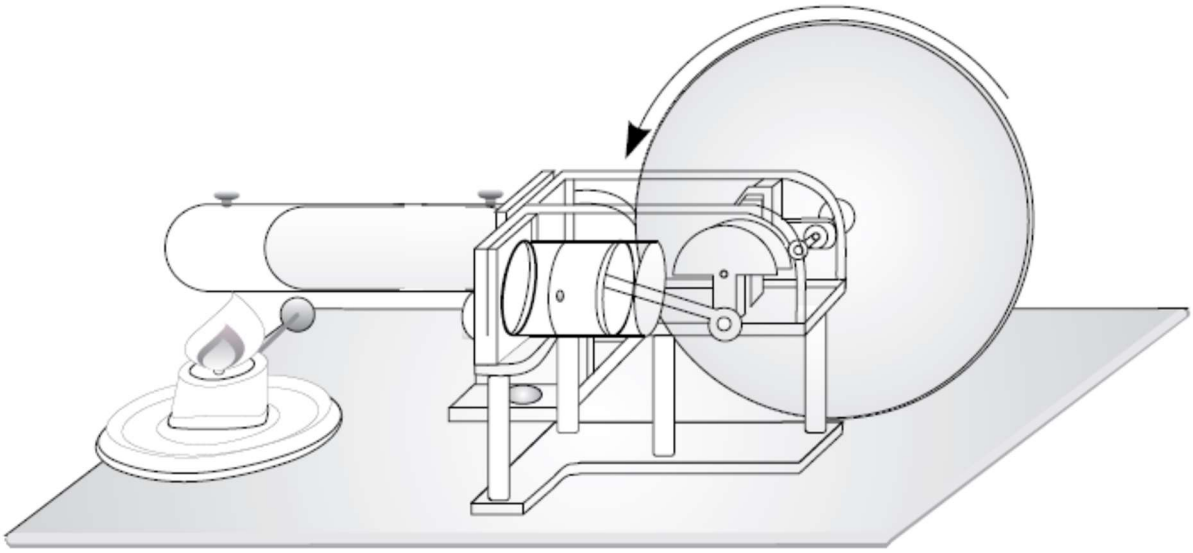


Fig. 2 Der Stirlingmotor als Wärmekraftmaschine

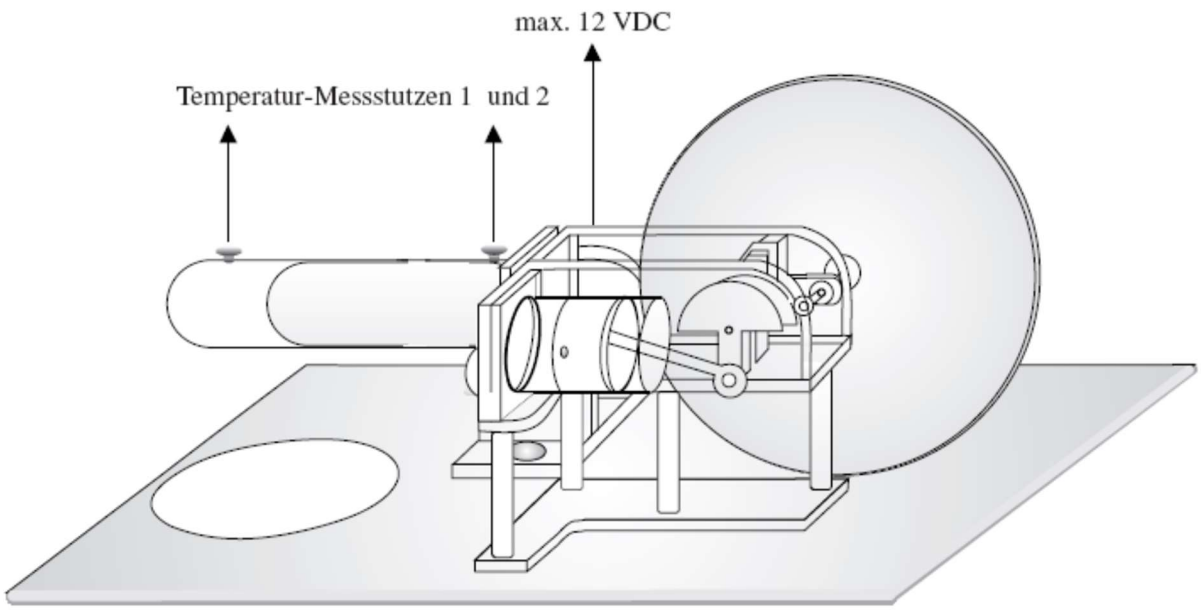


Fig. 3 Der Stirlingmotor als Wärmepumpe oder Kältemaschine

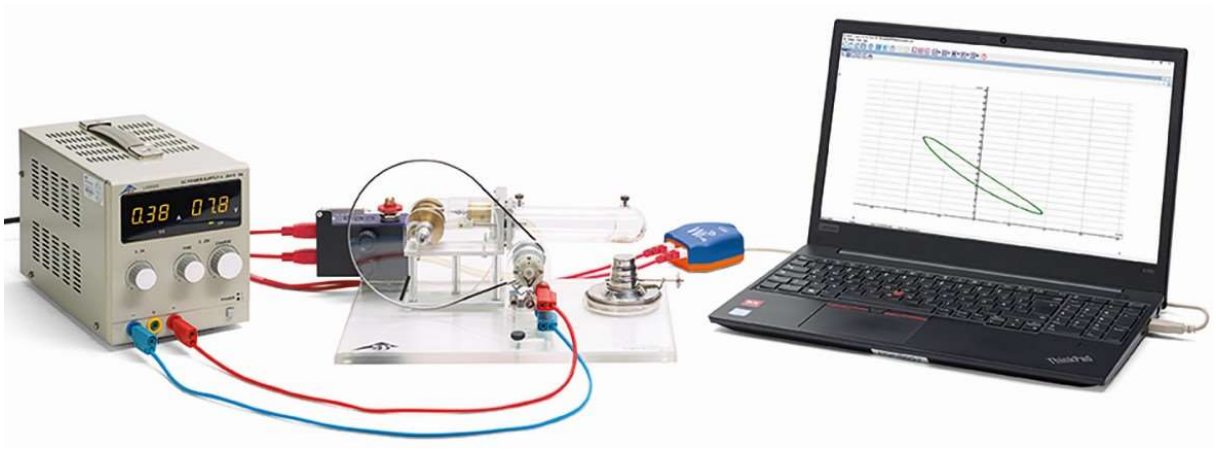


Fig. 4 Aufzeichnung des Druck-Volumen-Diagramms

© Copyright 2023 3B Scientific GmbH