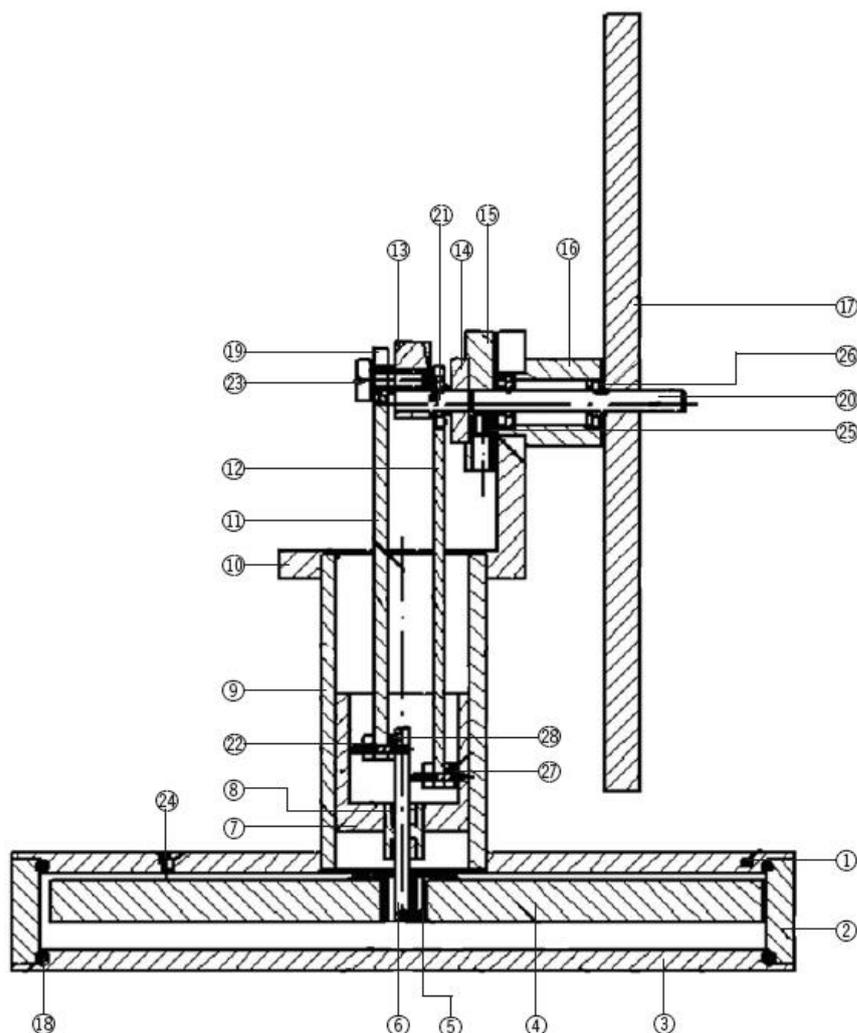


## Niedrigtemperatur Stirlingmotor, Bausatz 1002599

### Bedienungsanleitung

05/18 SD



- |                    |                       |                    |                              |
|--------------------|-----------------------|--------------------|------------------------------|
| 1 Oberplatte       | 8 Arbeitskolbenbuchse | 15 Kurbelscheibe   | 22 Zylinderstift 1x8 (2x)    |
| 2 Gehäusewand      | 9 Arbeitszylinder     | 16 Lagerbuchse     | 23 Zylinderkopfschraube M3x8 |
| 3 Unterplatte      | 10 Winkel             | 17 Schwungrad      | 24 Senkkopfschraube M2x3     |
| 4 Verdränger       | 11 Pleuel, kurz       | 18 O-Ring (2x)     | 25 Gewindestift M2x5         |
| 5 Verdrängerbuchse | 12 Pleuel, lang       | 19 Kugellager (4x) | 26 Distanzscheibe (6x)       |
| 6 Verdrängerstange | 13 Kurbelwange        | 20 Kurbelwelle     | 27 Klemmscheibe, breit (3x)  |
| 7 Arbeitskolben    | 14 Einsatz            | 21 Kurbelzapfen    | 28 Klemmscheibe, schmal      |

## 1. Beschreibung

Der Niedrigtemperatur Stirlingmotor dient der Veranschaulichung der Arbeitsweise und des prinzipiellen Aufbaus eines Stirlingmotors.

Der Niedrigtemperatur Stirlingmotor wird schon durch Zuführung von Handwärme in Bewegung gesetzt, wobei hierfür nur eine Temperaturdifferenz zwischen Boden- und Oberplatte von ca. 5 °C erforderlich ist.

Der Arbeitszylinder besteht aus Präzisionsglas, Verdrängerzylinder und Schwungrad aus Acrylglas, daher lassen sich die Bewegungen von Arbeits- und Verdrängerkolben sowie Kurbelantrieb gut beobachten. Kurbelwelle und Pleuel sind in Präzisions-Miniaturkugellager gelagert, um Reibungsverluste zu minimieren.

Aufgrund der mattschwarzen Beschichtung der Oberplatte lässt sich der Stirlingmotor auch als Solarmotor betreiben.

## 2. Technische Daten

Drehzahl:	ca. 80 U/min bei $\Delta T$ 10°C
Schwungrad:	110 mm $\varnothing$
Abmessungen:	138 mm x 110 mm $\varnothing$

## 3. Montageanleitung

### 3.1 Endbearbeitung

- Alle grathaltigen Bauteile mit einer Schlichtfeile bzw. einem Dreikantschaber entgraten.
- Je nach persönlichem Anspruch ggf. etwaige Werkstückflächen schleifen.

### 3.2 Montage

#### 3.2.1 Herstellen der unlösbaren Verbindungen

Als Klebstoff empfehlen wir die Verwendung von „UHU plus endfest 300“ oder „UHU plus schnellfest“ 2-Komponenten Epoxidharz-Kleber. Um die Beschichtung der Oberplatte nicht zu zerstören, vermeiden Sie den Kontakt mit Lösungsmitteln. Aufgrund der verschiedenen Ausdehnungskoeffizienten der Werkstoffe, erwärmen Sie bei der Aushärtung keinesfalls diese Bauteile. Die Aluminium-Teile würden beim Erkalten wesentlich mehr schrumpfen als der Glaszylinder und somit Spannungen auf ihn ausüben - folglich würde sich der Innendurchmesser des Arbeitszylinders verringern oder dieser gar brechen. Grundsätzlich sollten die Verbindungen bei ca. 20° C verklebt werden.

- 1. Den Arbeitszylinder (9) bei Raumtemperatur mit dem Winkel (10) und anschließend mit der Oberplatte (1) verkleben.

- 2. Kugellager (19) in der Lagerbuchse (16) befestigen. Hierzu ein Kugellager (19) auf die Kurbelwelle (20) schieben und dessen Umfangfläche an zwei oder drei Punkten mit einem dünnen Klebstoff-Film versehen. Das Kugellager (19) nun in eine der beiden Ausdrehungen der Lagerbuchse (16) schieben. Überschüssigen Klebstoff ggf. mit einem in Spiritus getränkten Lappen entfernen. Dabei unbedingt von innen nach außen wischen, um das Eindringen von Klebstoff in das Kugellager zu verhindern. Von der anderen Seite das zweite Kugellager (19) auf die Kurbelwelle (20) schieben und wie zuvor verfahren. Zur optimalen axialen Ausrichtung der beiden Kugellager (19) belassen Sie die Kurbelwelle (20) bis zur Aushärtung des Klebstoffs in dieser Position.
- 3. Den Einsatz (14) in die Aussparung der Kurbelscheibe (15) kleben. Dabei darauf achten, dass beide Klebeflächen plan aufeinander liegen. Auf der Umfangfläche des Einsatzes (14) befindet sich eine Markierung. Diese Markierung nach der Querbohrung der Kurbelscheibe (15) ausrichten.
- 4. Nun den Kurbelzapfen (21) in die Bohrung des Einsatzes (14) kleben.
- 5. Je einen Zylinderstift (22) in die Bohrung der Verdrängerstange (6) sowie des Arbeitskolbens (7) kleben. Dabei dürfen auf den Laufflächen der Zylinderstifte (22) keinerlei Klebstoffreste verbleiben. Hierzu den Zylinderstift bis auf ca. 2 mm in die entsprechende Bohrung führen und das noch herausragende Ende mit etwas Klebstoff versehen. Anschließend den Zylinderstift (22) auf seine vorgesehene Position schieben und Klebereste wie bereits beschrieben entfernen. Darauf achten, dass der Zylinderstift (22) des Arbeitskolbens (7) etwas versenkt eingeklebt wird, damit dieser später nicht die Lauffläche des Arbeitszylinders (9) beschädigt.
- 6. Beim Kleben der Verdrängerbuchse (5) in die Bohrung des Verdrängers (4) wie folgt vorgehen. Die Verdrängerstange (6) in die Arbeitskolbenbuchse (8) und anschließend den Arbeitskolben (7) in den Arbeitszylinder (9) schieben. Nun die Verdrängerbuchse (5) auf die Verdrängerstange (6) stecken. Diese in die Bohrung des Verdrängers (4) kleben und die Baugruppe auf die untere Seite des Verdrängers (4) stellen, so dass Oberplatte (1) und Verdränger (4) einander berühren. Diese Bauteile bis zur vollständigen Aushärtung des Klebstoffs in dieser Position belassen, um die Parallelität zwischen Verdränger (4) und Oberplatte (1) zu gewährleisten.
- 7. Abschließend die Lagerbuchse (16) in die Bohrung des Winkels (10) kleben.

### 3.2.2 Herstellen der lösbaren Verbindungen

- 1. Die Kugellager (19) in die Bohrungen der Pleuel (11) und (12) drücken. Alle Kugellager sind im Anlieferungszustand ungeschmiert. Um einen freien Lauf der Kugellager (19) zu gewährleisten, bei der Montage stets die mitgelieferten, etwas balligen, Distanzscheiben (26) verwenden. Dabei muss jeweils die ballige Seite der Distanzscheibe (26) dem Kugellager (19) zugewandt montiert werden.
- 2. Die erste Distanzscheibe (26), das lange Pleuel (12), die zweite Distanzscheibe (26) sowie die Kurbelwange (13) auf den Kurbelzapfen (21) schieben. Dabei soll sich die kleine Markierung auf der Umfangfläche der Kurbelwange (13) in der Draufsicht rechts vom Kurbelzapfen (21) befinden. Diese Markierung nach der des Einsatzes (14) ausrichten.
- 3. Die erste breite Klemmscheibe (27), das lange Pleuel (12) sowie die zweite breite Klemmscheibe (27) auf den etwas gefetteten Zylinderstift (22) des Arbeitskolbens (7) schieben. Der Bohrungs- $\varnothing$  der breiten Klemmscheibe (27) ist auf einer Seite etwas größer, so dass sie sich leichter auf den Zylinderstift (22) schieben lässt.
- 4. Den Arbeitskolben (7) in den Arbeitszylinder (9) führen. Der Arbeitskolben (7) läuft im Arbeitszylinder (9) trocken, d. h. keinesfalls schmieren! Ebenso ist die gesamte Mechanik für den Trockenlauf ausgelegt und bedarf daher keiner Schmierung.
- 5. Nun die Kurbelscheibe (15) mit dem Gewindestift (25) auf der Kurbelwelle (20) befestigen, auf der zuvor die Distanzscheibe (26) geschoben wurde. Eine weitere Distanzscheibe (26) sowie das Schwungrad (17) auf die andere Seite der Kurbelwelle (20) schieben unter Beibehaltung eines minimalen axialen Spiels. Gegebenenfalls das Schwungrad (17) mit etwas Klebstoff auf der Kurbelwelle (20) fixieren.
- 6. Die schmale Klemmscheibe (28), das kurze Pleuel (11), sowie die dritte breite Klemmscheibe (27) auf den etwas gefetteten Zylinderstift (22) der Verdrängerstange (6) schieben und die Verdrängerstange (6) in die Arbeitskolbenbuchse (8) führen.
- 7. Nun das kurze Pleuel (11) mit der Zylinderkopfschraube (23) an der Kurbelwange (13) unter Verwendung der Distanzscheiben (26) befestigen.
- 8. Vorsichtig die in den Verdränger (4) eingeklebte Verdrängerbuchse (5) auf die Verdrängerstange (6) schieben.
- 9. Den O-Ring (18) in die Unterplatte (3) einlegen und diese, unter konstant kräftigem Druck, in die Gehäusewand (2) drücken. Zur

Erleichterung dieses Vorganges kann vorher der O-Ring (18) mit etwas Geschirrspülmittel einbalsamiert werden.

- 10. Die Oberplatte (1) von der anderen Seite ebenso in die Gehäusewand (2) drücken. Die Lösung dieser Verbindung erfolgt (bei Bedarf), indem ein schlanke Keil (z.B. Schraubendreher) zwischen Oberplatte (1) und Gehäusewand (2) geschoben. Gegebenenfalls kann vorher in die Stirnfläche der Gehäusewand (2) eine kleine Aussparung gefeilt werden, um das Eindringen dieses Werkzeuges zu erleichtern.

### 3.3 Feinjustierung

Ziel der Feinjustierung ist es, dass bei einer Umdrehung jeweils nur eine minimale Distanz zwischen Verdränger (4) und Ober- bzw. Unterplatte besteht.

- 1. Nach Ausrichtung der Markierungen auf dem Einsatz (14) und der Kurbelwange (13) ist der Verdrängerhub noch zu klein. Durch geringfügiges Verdrehen der Kurbelwange (13) auf dem Kurbelzapfen lässt sich dieser vergrößern (siehe Explosionszeichnung).
- 2. Bei anschließender Drehung des Schwungrads (17) wird die Verdrängerbuchse (5), bei Berührung des Verdrängers (4) mit der Oberplatte (1), auf der Verdrängerstange (6) verschoben.
- 3. Den Verdrängerhub soweit vergrößern, dass bei einer Umdrehung der Verdränger (4) jeweils leicht an die Ober- und Unterplatte anschlägt.
- 4. Sodann den Verdrängerhub wiederum ein wenig verkleinern, indem die Kurbelwange (13) minimal zurückgedreht wird.

Eine jeweils einheitliche minimale Distanz zwischen Verdränger (4) und Ober- bzw. Unterplatte sollte nun vorhanden sein.

- 5. Zuletzt die Kurbelwelle (20) drehen, so dass der Arbeitskolben (7) in der Mitte seines Hubes verbleibt. Dann die Senkkopfschraube (24) fest in die Oberplatte (1) schrauben.

## 4. Funktionsprobe

- Den Stirlingmotor auf die Handfläche oder eine erwärmte Fläche z.B. auf eine Tasse mit heißem Wasser platzieren.
- Nach ca. 1-2 Minuten hat sich die Bodenplatte genügend erwärmt. An warmen Tagen kann die Temperaturdifferenz zu gering sein. Oberplatte eventuell mit einem feuchten Tuch abkühlen.

- Das Schwungrad im Uhrzeigersinn (Blickrichtung auf Kurbelwelle) in Bewegung setzen.

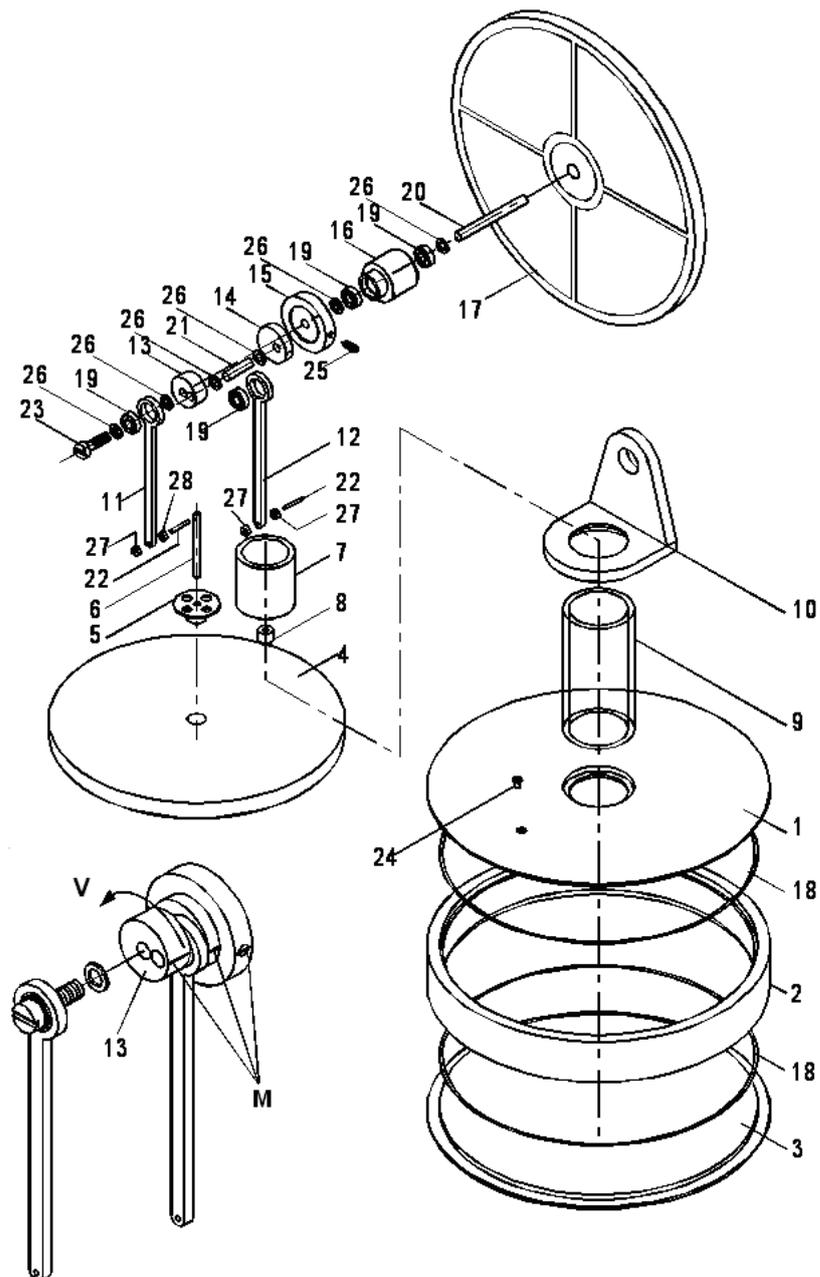
Der Stirlingmotor läuft entgegen dem Uhrzeigersinn, wenn die Oberplatte erwärmt wird z.B. durch Sonneneinstrahlung oder eine Leuchte.

- In diesem Fall den Stirlingmotor auf eine kühle Unterlage z.B. Fensterbank stellen.

## 5. Pflege und Wartung

Der Stirlingmotor erfordert keine Schmierung.

- Verstaubung des Gerätes vermeiden.
- Zur Reinigung des Stirlingmotors ein feuchtes Tuch ggf. mit etwas Spülmittel verwenden.
- Acrylglasteile nie mit Lösungsmitteln oder aggressiven Putzmitteln reinigen.



Explosionszeichnung  
V: Verdrängerhub vergrößern, M: Markierung