

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

1. Beschreibung, technische Daten

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.

Drehzahl: ca. 80 U/min bei ΔT 10°C
Schwungrad: 110 mm Ø
Abmessungen: 138 mm x 110 mm Ø

2. Montageanleitung

2.1 Endbearbeitung

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

2.2. Montage

2.2.1. 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 Ausdringungen 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 ③ 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.

2.2.2. Herstellen der lösbaren Verbindungen

1. Die Kugellager ⑲ in die Bohrungen der Pleuel ⑫ und ⑬ 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 ㉔ verwenden. Dabei muss jeweils die ballige Seite der Distanzscheibe ㉔ dem Kugellager ⑲ zugewandt montiert werden.
2. Die erste Distanzscheibe ㉔, das lange Pleuel ⑫, die zweite Distanzscheibe ㉔ 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 Arbeitskol-

bens ⑦ schieben. Der Bohrungs-Ø der breiten Klemmscheibe ⑳ ist auf einer Seite etwas größer, so dass sie sich leichter auf den Zylinderstift ㉒ schieben lässt.

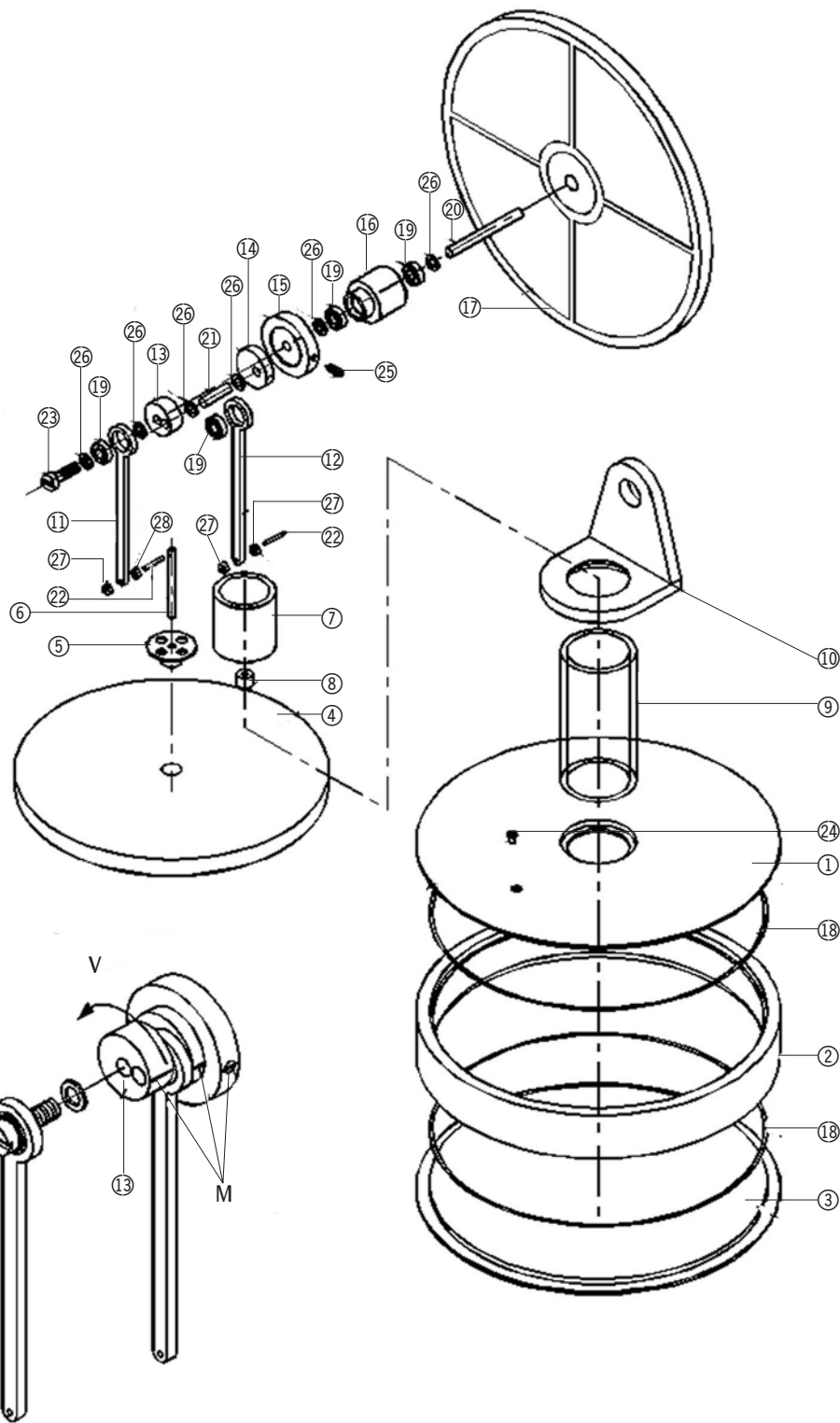
4. Den Arbeitskolben ⑦ in den Arbeitszylinder ⑨ führen. **Der Arbeitskolben ⑦ läuft im Arbeitszylinder ⑨ trocken, d. h. keinesfalls schmieren!** Ebenso ist die gesamte Mechanik für den Trockenlauf ausgelegt und bedarf daher keiner Schmierung.
5. Nun die Kurbelscheibe ⑮ mit dem Gewindestift ㉕ auf der Kurbelwelle ㉑ befestigen, auf der zuvor die Distanzscheibe ㉖ geschoben wurde. Eine weitere Distanzscheibe ㉖ sowie das Schwungrad ⑰ auf die andere Seite der Kurbelwelle ㉑ schieben unter Beibehaltung eines minimalen axialen Spiels. Gegebenenfalls das Schwungrad ⑰ mit etwas Klebstoff auf der Kurbelwelle ㉑ 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 schlanker Keil (z.B. Schraubendreher) zwischen Oberplatte ① und Gehäusewand ② geschoben wird. Gegebenenfalls kann vorher in die Stirnfläche der Gehäusewand ② eine kleine Aussparung gefeilt werden, um das Eindringen dieses Werkzeuges zu erleichtern.

2.3. Feinjustierung

- Ziel der Feinjustierung ist es, dass bei einer Umdrehung jeweils nur eine minimale Distanz zwischen Verdränger ④ und Ober- bzw. Unterplatte besteht.
- 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).
- Bei anschließender Drehung des Schwungrads ⑰ wird die Verdrängerbuchse ⑤, bei Berührung des Verdrängers ④ mit der Oberplatte ①, auf der Verdrängerstange ⑥ verschoben.
- Den Verdrängerhub soweit vergrößern, dass bei einer Umdrehung der Verdränger ④ jeweils leicht an die Ober- und Unterplatte anschlägt.
- 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.
- Zuletzt die Kurbelwelle ㉑ drehen, so dass der Arbeitskolben ⑦ in der Mitte seines Hubes verbleibt. Dann die Senkkopfschraube ㉔ fest in die Oberplatte ① schrauben.

3. 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. Die Oberplatte dann 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.



V: Verdrängerhub vergrößern,
M: Markierungen

4. Aufbewahrung und Reinigung

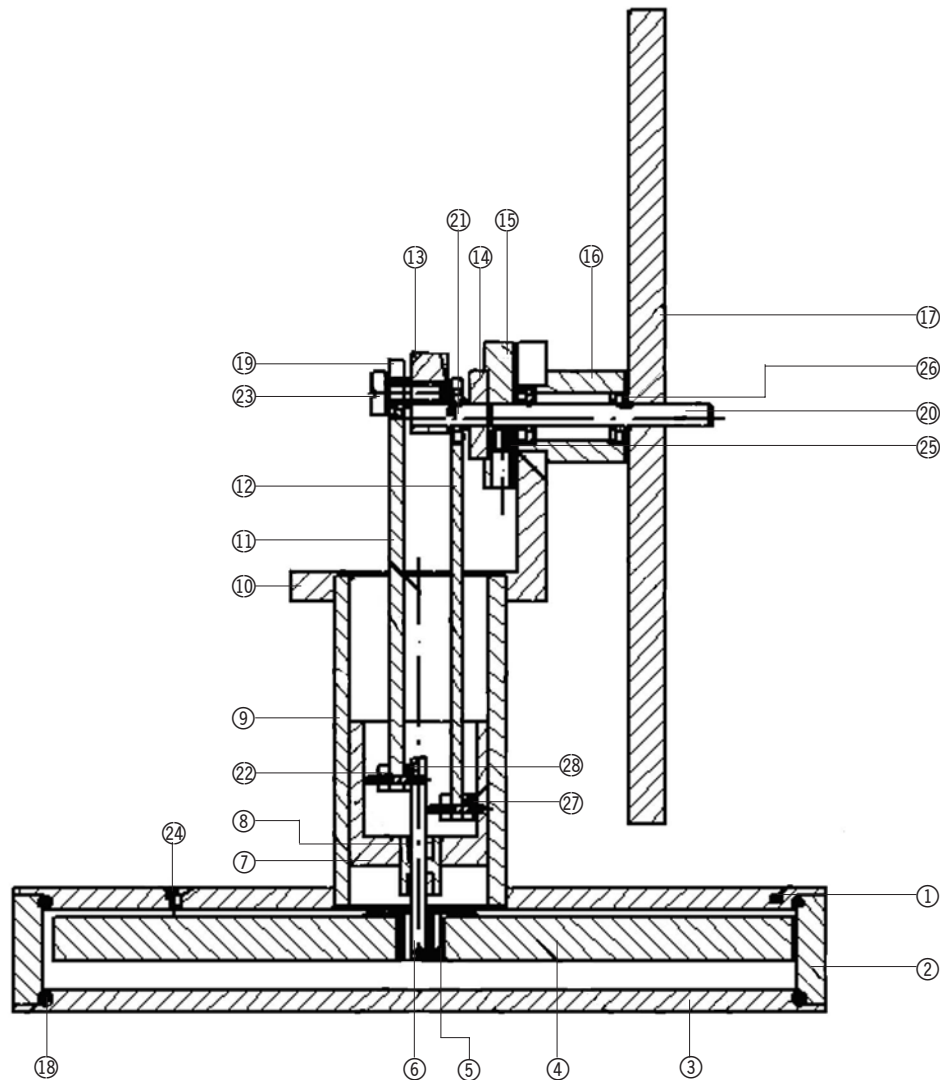
- Der Stirlingmotor erfordert keine Schmierung.
- Den Stirlingmotor staubfrei lagern.

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

Low-temperature Stirling motor kit U10061

Instruction sheet

08/05 ALF



- | | | | |
|--------------------|------------------------|----------------------|----------------------------|
| ① Top plate | ⑧ Main piston socket | ⑮ Crank disc | ⑳ Cylinder rods 1x8 (2x) |
| ② Wall of housing | ⑨ Main cylinder | ⑯ Bearing socket | ㉑ Cylinder head screw M3x8 |
| ③ Bottom plate | ⑩ Bracket | ⑰ Flywheel | ⑳ Countersunk screw M2x3 |
| ④ Displacer | ⑪ Short connecting rod | ⑱ Gaskets (2x) | ㉒ Threaded rod M2x5 |
| ⑤ Displacer socket | ⑫ Long connecting rod | ⑲ Ball bearings (4x) | ㉓ Washers (6x) |
| ⑥ Displacer rod | ⑬ Crank face | ㉔ Crankshaft | ㉕ Wide clamping discs (3x) |
| ⑦ Main piston | ⑭ Insert | ㉖ Crankshaft journal | ㉗ Narrow clamping disc |

The low-temperature Stirling motor demonstrates how a Stirling motor operates as well as the principles of its design.

1. Description, technical data

The low-temperature Stirling motor is set in motion even by the heat of the human hand. It only requires a temperature difference of 5°C between the ground and the top plate. The main cylinder is made of precision glass. The displacer cylinder and the flywheel are transparent acrylic so that the motion of the main piston, the displacer piston and the crank drive can all be seen clearly. The crankshaft and connecting rods have miniature precision bearings to minimise friction. Due to the matt black coating of the top plate, the Stirling motor can also be operated using solar power.

Speed:	80 rpm approx. at ΔT 10°C
Flywheel:	110 mm \emptyset
Dimensions:	138 mm x 110 mm \emptyset

2. Assembly instructions

2.1 Finishing

- All components with burred edges should have their burrs filed off using a flat or triangular file.
- File down the surfaces on any workpieces if desired.

2.2. Assembly

2.2.1. Making a permanent assembly

- We recommend use of “UHU plus endfest 300”, “UHU plus schnellfest” or similar 2-component epoxy resin adhesive. In order to prevent damage to the coating of the top plate, avoid any contact with solvents. Owing to the differing expansion coefficients of the materials, do not allow any of the components to increase temperature during the hardening of the adhesive. Aluminium will contract much more on cooling than the glass cylinder, thus creating tension in the glass leading to a decrease in the internal diameter of the main cylinder or possibly even causing it to break. Glueing together to make the connections should generally be performed at a consistent temperature of approximately 20°C.
1. Glue the main cylinder ⑨ to the bracket ⑩ at room temperature, then glue it to the ① top plate.
 2. Fasten the bearings ⑱ inside the bearing socket ⑲. Force the ball race ⑱ onto the crankshaft ⑳ and apply a thin adhesive film to three points on its outer surface. Then push the ball race ⑱ into one of the two recesses of the bearing socket ⑲. Any surplus adhesive should be removed with a cloth soaked in white spirit. Always wipe towards the outside when

doing this to prevent adhesive penetrating into the bearings. From the other side push another ball race ⑲ onto the crankshaft ⑳ and proceed as before. To achieve best alignment of the two ball races ⑲ leave the crankshaft ⑳ in the same position until the adhesive has hardened.

3. Glue the insert ⑭ into its recess in the crank disc ⑮. Make sure that both surfaces being adhered are flush together. There is a marking on the outer surface of the insert ⑭. Align this marking along the transverse bore of the crank disc ⑮.
4. Next, glue the crank shaft journal ㉑ into the bore of the insert ⑭.
5. Glue cylinder rods ㉒ into the bore of the displacer rod ⑥ and the main piston ⑦. No adhesive residue whatever may remain on the running surfaces of the cylinder rods ㉒. Push the cylinder rods into the relevant bores till about 2 mm protrudes and apply a small amount of adhesive to the protruding end. Then push the cylinder rod ㉒ into its correct position and remove any surplus adhesive as above. Make sure the cylinder rod ㉒ of the main piston ⑦ is glued so that it is slightly recessed so that it does not damage the running surface of the main cylinder ⑨ later on.
6. When glueing the displacer socket ⑤ into the bore of the displacer ④ proceed as follows. Push the displacer rod ⑥ into the main piston’s socket ⑧ then push the main piston ⑦ into the main cylinder ⑨. Next, attach the displacer socket ⑤ to the displacer rod ⑥. Glue this into the bore of the displacer ④ and position the complete module on the underside of the displacer ④ so that the displacer ④ just touches the top plate ①. Leave these components in this position until the adhesive has fully hardened to ensure that the displacer ④ and top plate ① remain parallel.
7. Finally glue the bearing socket ⑲ into the bore of the bracket ⑩.

2.2.2. Making a temporary assembly

1. Press the ball race ⑱ into the bore of the connecting rods ⑪ and ⑫. All the bearings are supplied without lubricant. To ensure that the bearings ⑱ run smoothly always use the supplied, semi-spherical washers ㉓ in the assembly. The spherical side of the washers ㉓ should face the ball bearing ⑱.
2. Push the first washer ㉓, the long connecting rod ⑫, the second washer ㉓ and the face of the crank ⑬ onto the crankshaft journal ㉑. The small marking on the edge of the crank face ⑬ should be to the right of the crankshaft journal ㉑ as seen in the diagram.
3. Push the first wide clamping disc ㉔, the long connecting rod ⑫ and the second wide clamping disc ㉔ onto the cylinder rod ㉒ of the main piston ⑦, having lubricated it slightly first. The diameter of the

clamping disc's 27 bore is greater on one side than the other so that it is easier to slide it onto the cylinder rod 22.

4. Slide the piston rod 7 into the main cylinder 9. **The main piston 7 moves inside the cylinder 9 with no lubrication so do not attempt to apply any lubricant!** The entire mechanism is also designed to run with no lubrication so that no lubricant is necessary.
5. Now attach the crank disc 15 with its threaded rod 25 to the crankshaft 20 having first inserted a washer 26. One more washer 26 and the flywheel 17 should now be slid onto the other side of the crankshaft 20, making sure that there is as little axial play as possible. If necessary, attach the flywheel 17 to the crankshaft 20 with a little bit of glue.
6. The narrow clamping disc 28, the short connecting rod 11, and the third wide clamping disc 27 are next to be slid onto the cylinder rod 22 of the displacer 6, having first applied a little lubricant. Then slide the displacer rod 6 into the main piston socket 8.
7. Now attach the short connecting rod 11 to the crank face 13 separated by a washer 26 using the cylinder head screw 23.
8. Carefully slide the displacer socket 5 onto the displacer rod 6, having first glued it into the displacer 4 itself.
9. Lay the O-ring gaskets 18 inside the bottom plate 3 and press them into the side of the housing 2 using constant, firm pressure. To make this easier, the O-ring gasket 18 can first be lubricated with some washing-up liquid.
10. Press the top plate 1 into the other side of the housing 2 in a similar way. This connection can be undone when necessary, by pushing a small wedge (e.g. a small screwdriver) between the top plate 1 and the housing 2. If necessary a small opening can be filed into the side of the housing 2 to make inserting the tool easier.

2.3. Fine adjustment

- Fine adjustment is required to ensure that there is only minimal separation between the displacer 4 and the top or bottom plate.

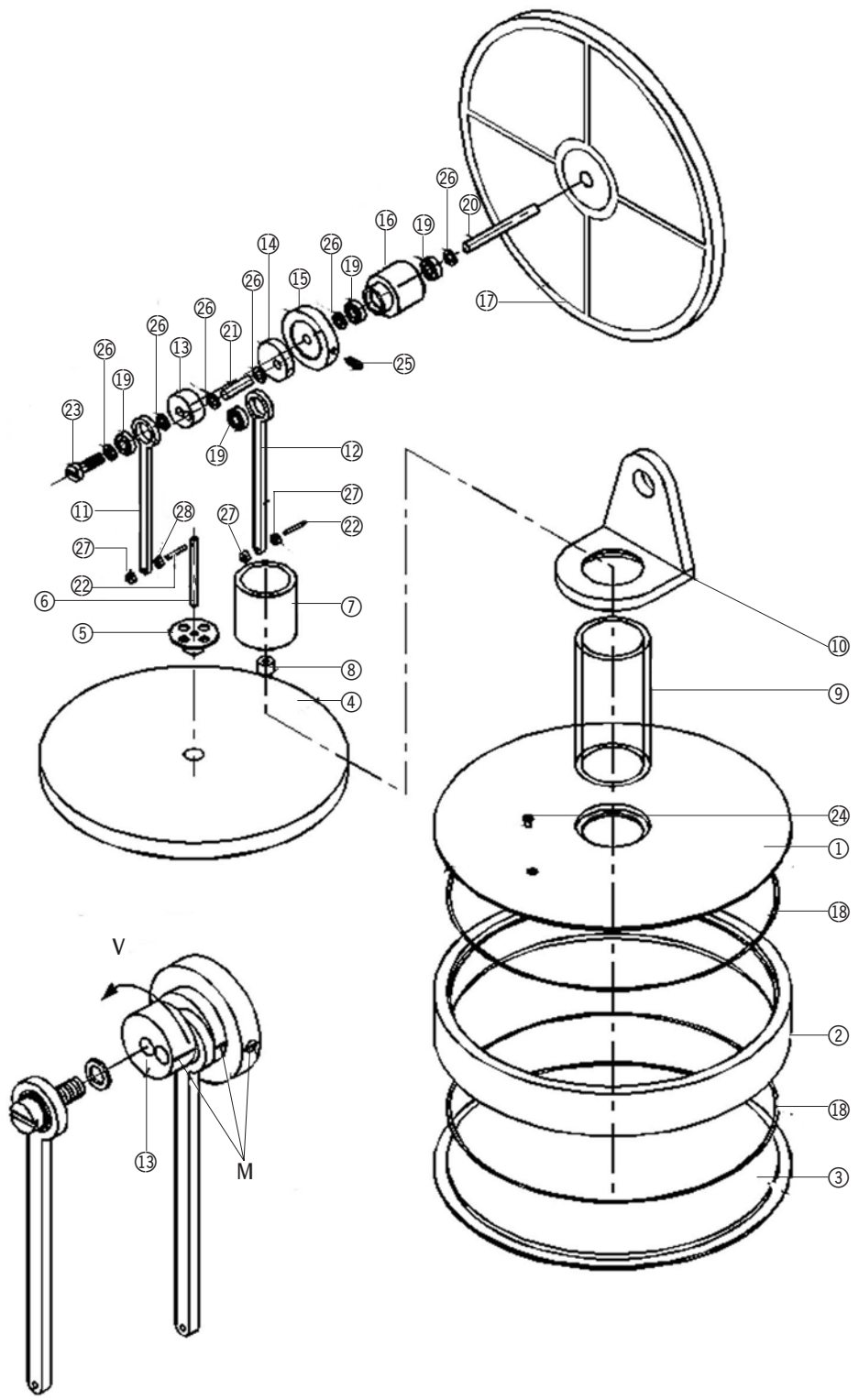
- After aligning the marking to the insert 14 and the crank face 13 the stroke of the displacer should be slightly too short. By turning the crank face 13 on the crankshaft journal a little bit it can be made longer (see exploded view, next page).
- Turning the flywheel 17 afterward forces the displacer socket 5 onto the displacer rod 6 when the displacer 4 meets the top plate 1.
- Make the stroke of the displacer long enough so that in one revolution the displacer 4 touches gently against both the top plate and the bottom plate.
- Then shorten the stroke very slightly by turning the crank face 13 back a tiny bit.
- The displacer 4 and the top or bottom plate should now be separated by a very small but even amount.
- Finally, turn the crankshaft 20 so that the main piston 7 is in the middle of its stroke. Then firmly screw the countersunk screw 24 into the top plate 1.

3. Test of functionality

- Place the Stirling motor on the palm of your hand or a surface that is heated, e.g. on top of a cup of hot water.
- After about 1-2 minutes the base plate should have heated up sufficiently. On hot days, the temperature difference may not be great enough. If so cool the top plate with a damp cloth.
- Spin the flywheel clockwise (looking towards the crankshaft).
- The Stirling motor rotates in an anti-clockwise direction when the top plate is heated, e.g. by sunlight or by a lamp. In this instance, place the Stirling motor on a cool surface such as a windowsill.

4. Storage and cleaning

- The Stirling motor requires no lubrication.
- Store the Stirling motor in a dust-free location.
- To clean the Stirling motor use a moist cloth, possibly with some washing-up liquid. Never clean acrylic components using solvents or aggressive cleaning agents.

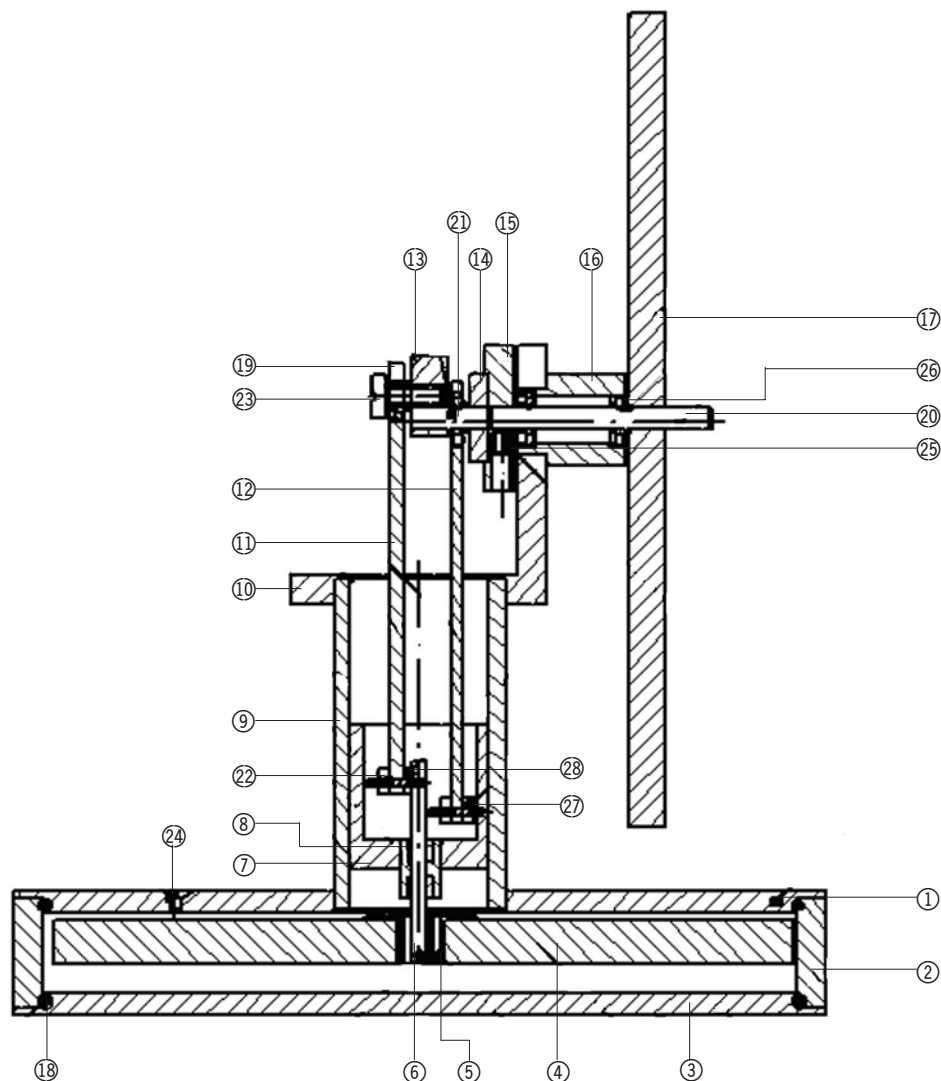


V: Stroke increase;
M: Markers

Moteur Stirling à basse température, kit de construction U10061

Manuel d'utilisation

08/05 ALF



- | | | | |
|------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| ① Plaque supérieure | ⑧ Douille de piston moteur | ⑮ Flasque de manivelle | ⑳ Goupille cylindrique 1x8 (2x) |
| ② Paroi de boîtier | ⑨ Cylindre moteur | ⑯ Coussinet | ㉑ Vis à tête cylindrique M3x8 |
| ③ Plaque inférieure | ⑩ Equerre | ⑰ Roue volante | ㉒ Boulon à tête conique M2x3 |
| ④ Déplaceur | ⑪ Bielle courte | ⑱ Joint torique (2x) | ㉓ Vis sans tête M2x5 |
| ⑤ Douille de déplaceur | ⑫ Bielle longue | ⑲ Roulement à billes (4x) | ㉔ Disque d'espacement (6x) |
| ⑥ Barre de déplaceur | ⑬ Bras de manivelle | ⑳ Vilebrequin | ㉕ Disque de serrage large (3x) |
| ⑦ Piston moteur | ⑭ Insert | ㉑ Tourillon de manivelle | ㉖ Disque de serrage étroit |

Le moteur Stirling à basse température sert à illustrer le fonctionnement et la structure de principe d'un moteur Stirling.

1. Description, caractéristiques techniques

La chaleur dégagée par la main suffit déjà pour mettre le moteur Stirling à basse température en mouvement, une différence de température entre les plaques inférieure et supérieure d'env. 5°C seulement étant requise. Le cylindre moteur est en verre de précision, le cylindre déplaceur et la roue volante en verre acrylique, d'où une très bonne observation des mouvements des pistons moteur et déplaceur ainsi que de l'entraînement du vilebrequin. Le vilebrequin et la bielle sont montés dans des roulements à billes miniatures de précision, minimisant ainsi les pertes au frottement. Par le revêtement noir mat de la plaque supérieure, le moteur Stirling peut également être utilisé comme moteur solaire.

Vitesse de rotation :	env. 80 t/min à ΔT 10°C
Roue volante :	Ø 110 mm
Dimensions :	38 mm x Ø 110 mm

2. Instructions de montage

2.1 Traitement final

- Ebarbez toutes les pièces à bavures à l'aide d'une lime douce ou d'un grattoir triangulaire.
- Selon les besoins personnels, rectifiez d'éventuelles surfaces de pièces.

2.2. Montage

2.2.1. Etablir les liaisons indesserrables

- Comme colle, nous recommandons la colle époxy à deux composants « UHU plus endfest 300 » ou « UHU plus schnellfest ». Pour ne pas endommager le revêtement de la plaque supérieure, évitez tout contact avec des solvants. En raison des différents coefficients de dilatation des matériaux, ne réchauffez jamais ces composants pendant le durcissement. Lors du refroidissement, les pièces en aluminium rétréciraient bien plus que le cylindre en verre et exerceraient ainsi des tensions sur ce dernier - le diamètre intérieur du cylindre moteur en serait réduit, le cylindre risquerait même de se casser. Fondamentalement, collez les liaisons à env. 20 °C.
1. Collez le cylindre moteur ⑨ à température ambiante à l'équerre ⑩, puis à la plaque supérieure ①.
 2. Fixez le roulement à billes ⑲ dans le coussinet ⑯. Pour cela, glissez un roulement à billes ⑲ sur le vilebrequin ⑳ et recouvrez la surface circonferentielle de ce dernier sur un ou deux points d'une mince couche de colle. A présent, glissez le roulement à billes ⑲ dans l'un des deux alésages du coussinet ⑯. Le cas échéant, enlevez la colle en trop à l'aide d'un chiffon imbibé d'alcool dénaturé. Ce faisant, essuyez impérativement de l'intérieur vers l'extérieur, pour empêcher que la colle ne pénètre pas le roulement à billes. Depuis l'autre côté, glissez

le second roulement à billes ⑲ sur le vilebrequin ⑳ et procédez comme décrit ci-dessus. Pour garantir un ajustage axial optimal des deux roulements à billes ⑲, laissez le vilebrequin ⑳ dans cette position jusqu'à ce que la colle ait durci.

3. Collez l'insert ⑭ dans l'évidement du flasque de manivelle ⑮. Veillez à ce que les deux surfaces de collage reposent planes l'une sur l'autre. La surface circonferentielle de l'insert ⑭ présente un repère. Orientez-le vers l'alésage transversal du flasque de manivelle ⑮.
4. A présent, collez le tourillon de manivelle ⑭ dans l'alésage de l'insert ⑭.
5. Collez une goupille cylindrique ㉒ dans l'alésage de la barre de déplaceur ⑥ ainsi que du piston moteur ⑦. Aucun résidu de colle ne doit subsister sur les surfaces de roulement des goupilles cylindriques ㉒. Pour cela, introduisez la goupille cylindrique jusqu'à environ 2 mm dans l'alésage correspondant et appliquez un peu de colle sur l'extrémité qui dépasse encore. Ensuite, glissez la goupille cylindrique ㉒ dans sa position prévue et enlevez les restes de colle comme décrit plus haut. Lorsque vous la collez, veillez à ce que la goupille cylindrique ㉒ du piston moteur ⑦ soit légèrement noyée, pour qu'elle n'endommage pas plus tard la surface de roulement du cylindre moteur ⑨.
6. Lors du collage de la douille ⑤ dans l'alésage du déplaceur, procédez comme suit. Glissez la barre du déplaceur ⑥ dans la douille du piston moteur ⑧, puis le piston moteur ⑦ dans le cylindre moteur ⑨. A présent, enfichez la douille du déplaceur ⑤ sur la barre du déplaceur ⑥. Collez celle-ci dans l'alésage du déplaceur ④ et placez le groupe sur la partie inférieure du déplaceur ④ de telle manière que la plaque supérieure ① et le déplaceur ④ se touchent. Laissez ces composants dans cette position jusqu'à ce que la colle ait complètement durci, afin de garantir un parfait parallélisme entre le déplaceur ④ et la plaque supérieure ①.
7. Enfin, collez le coussinet ⑯ dans l'alésage de l'équerre ⑩.

2.2.2. Etablir les liaisons desserrables

1. Enfoncez le roulement à billes ⑲ dans les alésages des bielles ⑪ et ⑫. Lorsqu'ils sont livrés, tous les roulements à billes ne sont pas lubrifiés. Pour garantir une course libre du roulement à billes ⑲, utilisez toujours lors du montage les disques d'espacement ㉔ fournis. Lorsqu'il est monté, le côté bombé du disque d'espacement ㉔ doit être tourné vers le roulement à billes ⑲.
2. Glissez le premier disque d'espacement ㉔, la bielle longue ⑬, le deuxième disque d'espacement ㉔ ainsi que le bras de manivelle ⑬ sur le tourillon ㉑. Le petit repère sur la surface circonferentielle du bras ⑬ doit se trouver à droite du tourillon ㉑ (vu du haut). Orientez ce repère vers celui de l'insert ⑭.
3. Glissez le premier disque de serrage ㉕, la bielle longue ⑬ ainsi que le deuxième disque de serrage ㉕

sur la goupille cylindrique légèrement graissée ⑫ du piston moteur ⑦. Sur un côté, le diamètre d'alésage du disque large ⑳ est un peu plus grand, permettant ainsi d'être glissé plus facilement sur la goupille cylindrique ⑫.

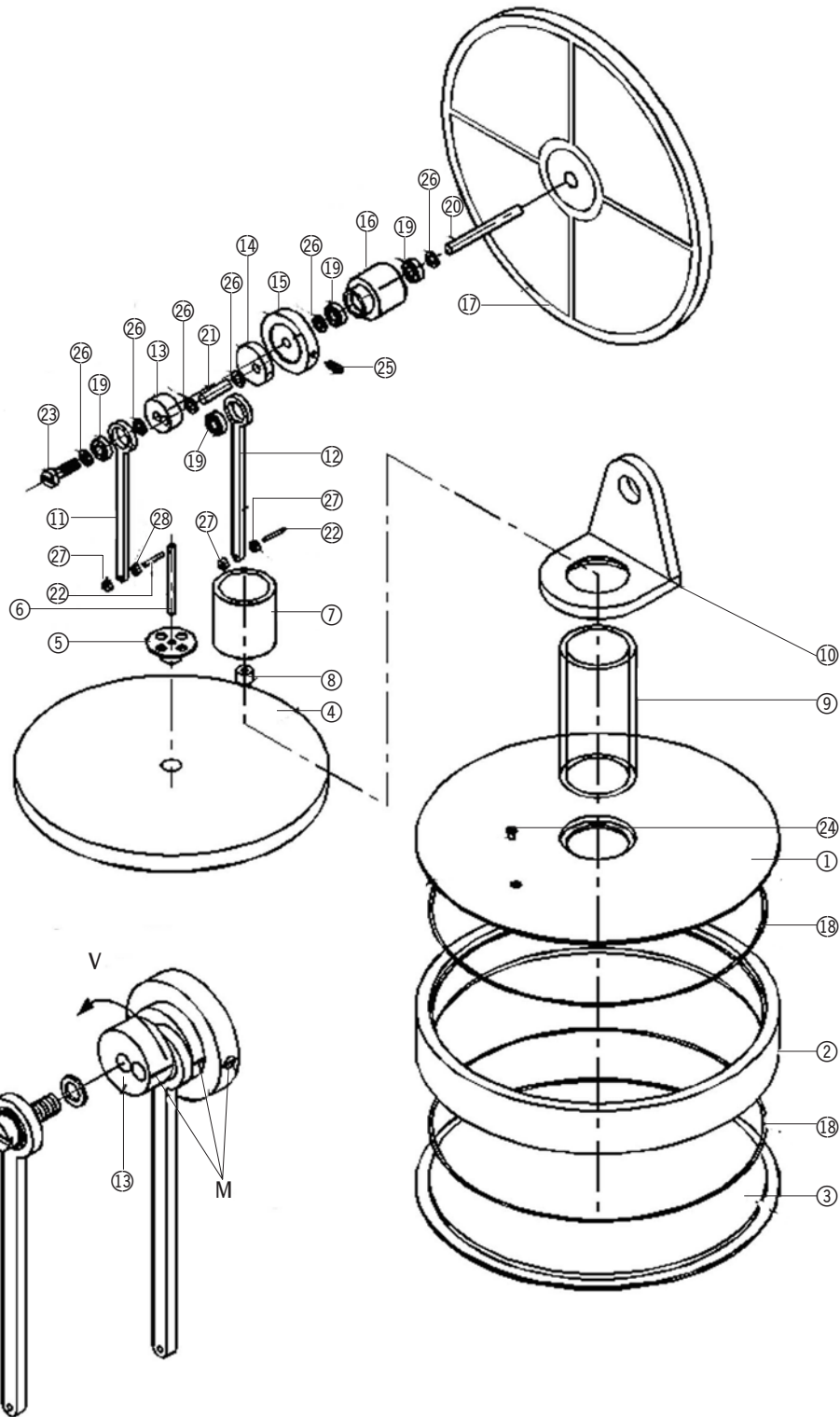
4. Introduisez le piston moteur ⑦ dans le cylindre moteur ⑨. **Le piston moteur ⑦ dans le cylindre moteur ⑨ marche à sec - vous ne devez en aucun cas le lubrifier !** De même, tout le groupe mécanique est conçu pour un fonctionnement à sec et ne nécessite aucune lubrification.
5. A présent, fixez le flasque de manivelle ⑮ avec la vis sans tête ⑳ sur le vilebrequin ⑳ sur lequel a été placé auparavant le disque d'espacement ㉔. Glissez un autre disque d'espacement ㉔ ainsi que la roue volante ⑰ sur l'autre côté du vilebrequin ⑳, tout en respectant un jeu axial minimum. Le cas échéant, fixez la roue volante ⑰ avec un peu de colle sur le vilebrequin ⑳.
6. Glissez le disque de serrage étroit ㉕, la bielle courte ⑪ ainsi que le troisième disque de serrage large ㉖ sur la goupille cylindrique légèrement graissée ⑫ de la barre de déplaceur ⑥ et introduisez la barre de déplaceur ⑥ dans la douille du piston moteur ⑧.
7. A présent, fixez la bielle courte ⑪ avec la vis à tête cylindrique ㉗ au bras de manivelle ⑬ en utilisant les disques d'espacement ㉔.
8. Disposez avec précaution sur la barre du déplaceur ⑥ la douille du déplaceur ⑤ collée dans le déplaceur ④.
9. Introduisez le joint torique ⑱ dans la plaque inférieure et enfoncez cette dernière dans la paroi du boîtier ② en appliquant une forte pression constante. Pour faciliter cette opération, on peut enduire auparavant le joint torique ⑱ avec un peu de nettoyant de vaisselle.
10. De la même manière, enfoncez la plaque supérieure ① de l'autre côté dans la paroi du boîtier ②. Au besoin, établissez ce raccord en glissant une mince cale (par ex. tournevis) entre la plaque supérieure ① et la paroi du boîtier ②. Le cas échéant, on peut auparavant limer un petit évidement dans la face avant de la paroi du boîtier ② pour faciliter la pénétration de l'outil.

2.3. Ajustage fin

- L'objectif de l'ajustage fin est d'obtenir à chaque rotation un écart minimum entre le déplaceur ④ et les plaques supérieure et inférieure.
- Lorsque les repères sur l'insert ⑭ et le bras de manivelle ⑬ sont ajustés, la course du déplaceur est encore trop petite. Pour l'augmenter, il suffit de tourner légèrement le bras de manivelle ⑬ sur le tourillon (voir dessin éclaté).
- Lorsque la roue volante ⑰ est alors tournée, la douille de déplaceur ⑤ est déplacée sur la barre ⑥ lorsque le déplaceur ④ touche la plaque supérieure ①.
- Augmentez la course du déplaceur de sorte qu'à chaque rotation le déplaceur ④ touche légèrement les plaques supérieure et inférieure.
- Réduisez de nouveau quelque peu la course du déplaceur en ramenant le bras de manivelle ⑬ très légèrement en arrière.
- A présent, vous devriez obtenir un écart minimum uniforme entre le déplaceur ④ et les plaques supérieure et inférieure.
- Enfin, tournez le vilebrequin ⑳ de telle manière que le piston moteur ⑦ reste au milieu de sa course. Puis, vissez fermement le boulon à tête fraisée ㉘ dans la plaque supérieure ①.

3. Contrôle du fonctionnement

- Placez le moteur Stirling sur la main ou sur une surface réchauffée (par ex. une tasse d'eau très chaude).
- Après env. 1 à 2 minutes, la plaque d'assise s'est suffisamment réchauffée. Les jours chauds, la différence de température peut s'avérer trop faible. Refroidissez alors la plaque supérieure avec un chiffon humide.
- Tournez la roue volante dans le sens des aiguilles d'une montre (vue sur le vilebrequin).
- Le moteur Stirling tourne dans le sens inverse des aiguilles d'une montre lorsque la plaque supérieure est réchauffée, par ex. par le rayonnement solaire ou une lampe. Dans ce cas, posez le moteur Stirling sur un support froid (par ex. banc de fenêtre).



V : Augmenter la course du déplaceur;
M : Repère

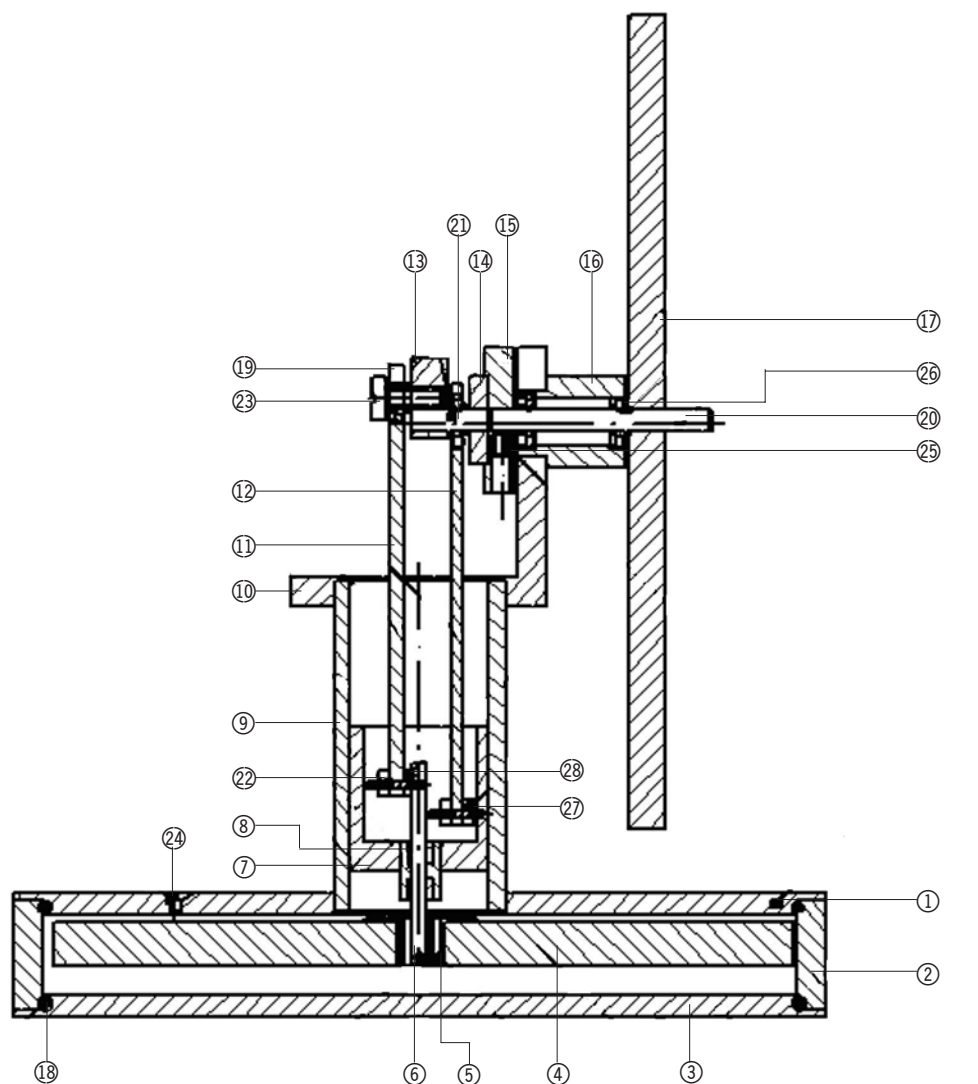
4. Rangement et nettoyage

- Le moteur Stirling ne nécessite aucune lubrification.
- Stockez le moteur Stirling à un endroit à l'abri de la poussière.
- Pour le nettoyage, utilisez un chiffon humide, le cas échéant un peu de nettoyant. Ne nettoyez jamais les pièces en verre acrylique avec des solvants ou des nettoyants agressifs.

Motore Stirling a bassa temperatura, kit di montaggio U10061

Istruzioni per l'uso

08/05 ALF



- | | | | |
|--|-----------------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| ① Piastra superiore | ⑧ Boccola pistone di lavoro | ⑮ Disco di manovella | ⑳ Spina cilindrica 1x8 (2x) |
| ② Parete del carter | ⑨ Cilindro di lavoro | ⑯ Guscio di cuscinetto | ㉑ Vite a testa cilindrica M3x8 |
| ③ Piastra inferiore | ⑩ Angolo | ⑰ Volano | ㉒ Vite a testa svasata M2x3 |
| ④ Organo di propulsione | ⑪ Biella, corta | ⑱ O-ring (2x) | ㉓ Perno filettato M2x5 |
| ⑤ Alloggiamento organo di compressione | ⑫ Biella, lunga | ⑲ Cuscinetto a sfere (4x) | ㉔ Distanziale (6x) |
| ⑥ Asta organo di compressione | ⑬ Braccio di manovella | ⑳ Albero a gomiti | ㉕ Rondella di fissaggio, larga (3x) |
| ⑦ Pistone di lavoro | ⑭ Inserto | ㉑ Perno di manovella | ㉖ Rondella di fissaggio, stretta |

Il motore Stirling a bassa temperatura serve per dimostrare il funzionamento e la struttura principale di un motore Stirling.

1. Descrizione, caratteristiche tecniche

Per mettere in moto il motore Stirling a bassa temperatura è sufficiente il calore della mano dell'uomo, per cui è necessaria una differenza di temperatura di appena 5 °C circa tra piastra di base e piastra superiore. Il cilindro di lavoro è realizzato in vetro di precisione, il cilindro di compressione e il volano in vetro acrilico; ciò consente di osservare bene i movimenti del pistone di lavoro e di compressione e dell'azionamento a manovella. L'albero a gomiti e la biella sono dotati di cuscinetti di precisione a sfera miniaturizzati, per ridurre al minimo le perdite per attrito. Grazie al rivestimento nero opaco della piastra superiore, il motore Stirling può essere utilizzato come motore solare.

Numero di giri:	ca. 80 giri/min a ΔT 10 °C
Volano:	110 mm Ø
Dimensioni:	138 mm x 110 mm Ø

2. Istruzioni per il montaggio

2.1 Lavorazione finale

- Eliminare le bavature da tutti i componenti con una lima dolce o un raschietto triangolare.
- In base alle esigenze personali, levigare leggermente le superfici dei pezzi.

2.2. Montaggio

2.2.1. Realizzazione di giunti indivisibili

- Si consiglia di utilizzare il collante "UHU plus endfest 300" o "UHU plus schnellfest" come adesivo epossidico bicomponente. Per non danneggiare il rivestimento della piastra superiore, evitare il contatto con solventi. A causa dei diversi coefficienti di dilatazione dei materiali, non riscaldare i componenti durante l'indurimento. Durante il raffreddamento, le parti in alluminio dovrebbero restringersi di più rispetto al cilindro di vetro, quindi questo dovrebbe essere soggetto ai carichi. Di conseguenza, il diametro interno del cilindro di lavoro dovrebbe ridursi o persino rompersi. Generalmente, i giunti devono essere incollati ad una temperatura di ca. 20 °C.
1. Incollare il cilindro di lavoro ⑨ a temperatura ambiente con l'angolo ⑩ e successivamente con la piastra superiore ①.
 2. Fissare il cuscinetto a sfere ⑲ al guscio del cuscinetto ⑯. A tale scopo, inserire un cuscinetto a sfere ⑲ sull'albero a gomiti ⑳ e applicare in due o tre punti della sua circonferenza un sottile strato di collante. A questo punto, far scorrere il cuscinetto a sfere ⑲ in una delle due cavità del guscio del cuscinetto ⑯. Rimuovere il collante in eccesso con uno straccio imbevuto di alcool. Strofinare rapidamente dall'interno verso l'esterno per evitare che il collante penetri nel cuscinetto a sfere. Sul lato opposto, far scorrere

il secondo cuscinetto a sfere ⑲ sull'albero a gomiti ⑳ e procedere come descritto precedentemente. Per ottenere un allineamento assiale ottimale dei due cuscinetti a sfere ⑲, lasciare l'albero a gomiti ⑳ in questa posizione fino all'indurimento del collante.

3. Incollare l'inserto ⑭ nell'incavo del disco di manovella ⑮. Fare attenzione che le due superfici da incollare combacino perfettamente. Sul perimetro dell'inserto ⑭ è presente una tacca. Orientare questa tacca verso il foro trasversale del disco di manovella ⑮.
4. A questo punto, incollare il perno di manovella ㉑ nel foro dell'inserto ⑭.
5. Incollare una spina cilindrica ㉒ nel foro sia dell'asta dell'organo di compressione ⑥ sia del pistone di lavoro ⑦. Controllare che sulle superfici di scorrimento delle spine cilindriche ㉒ non rimangano residui di collante. A tale scopo, introdurre la spina cilindrica nel foro corrispondente per ca. 2 mm e applicare una piccola quantità di colla sulla parte che fuoriesce. Successivamente, far scorrere la spina cilindrica ㉒ nella posizione prevista e rimuovere i residui di collante come descritto in precedenza. Fare attenzione che la spina cilindrica ㉒ del pistone di lavoro ⑦ venga incollata in posizione leggermente incavata, in modo che successivamente non danneggi la superficie di scorrimento del cilindro di lavoro ⑨.
6. Per incollare l'alloggiamento dell'organo di compressione ⑤ nel foro apposito ④, procedere come descritto di seguito. Inserire l'asta dell'organo di compressione ⑥ nella boccola del pistone di lavoro ⑧, quindi inserire il pistone di lavoro ⑦ nel cilindro di lavoro ⑨. Ora innestare l'alloggiamento ⑤ sull'asta dell'organo di compressione ⑥. Incollare l'asta nel foro dell'organo di compressione ④ e collocare il gruppo sulla parte inferiore dell'organo di compressione ④, in modo che la piastra superiore ① e l'organo di compressione ④ si tocchino. Lasciare questi componenti in questa posizione fino all'indurimento del collante, per mantenere l'organo di compressione ④ e la piastra superiore ① in parallelo.
7. Successivamente, incollare il guscio del cuscinetto ⑯ nel foro dell'angolo ⑩.

2.2.2. Realizzazione di giunti divisibili

1. Introdurre i cuscinetti a sfere ⑲ nei fori delle bielle ⑪ e ⑫. Tutti i cuscinetti a sfere sono forniti di serie non lubrificati. Per garantire uno scorrimento ottimale dei cuscinetti a sfere ⑲, in fase di montaggio utilizzare i distanziali leggermente convessi ㉔ forniti in dotazione. In questo caso montare i distanziali ㉔ con il lato convesso rivolto verso i cuscinetti a sfere ⑲.
2. Inserire il primo distanziale ㉔, la biella lunga ⑬, il secondo distanziale ㉔ e il braccio di manovella ⑬ sul perno di manovella ㉑. Controllare che nella vista dall'alto non siano presenti tacche sulla superficie del braccio di manovella ⑬ a destra del perno di manovella ㉑. Orientare questa tacca verso l'inserto ⑭.

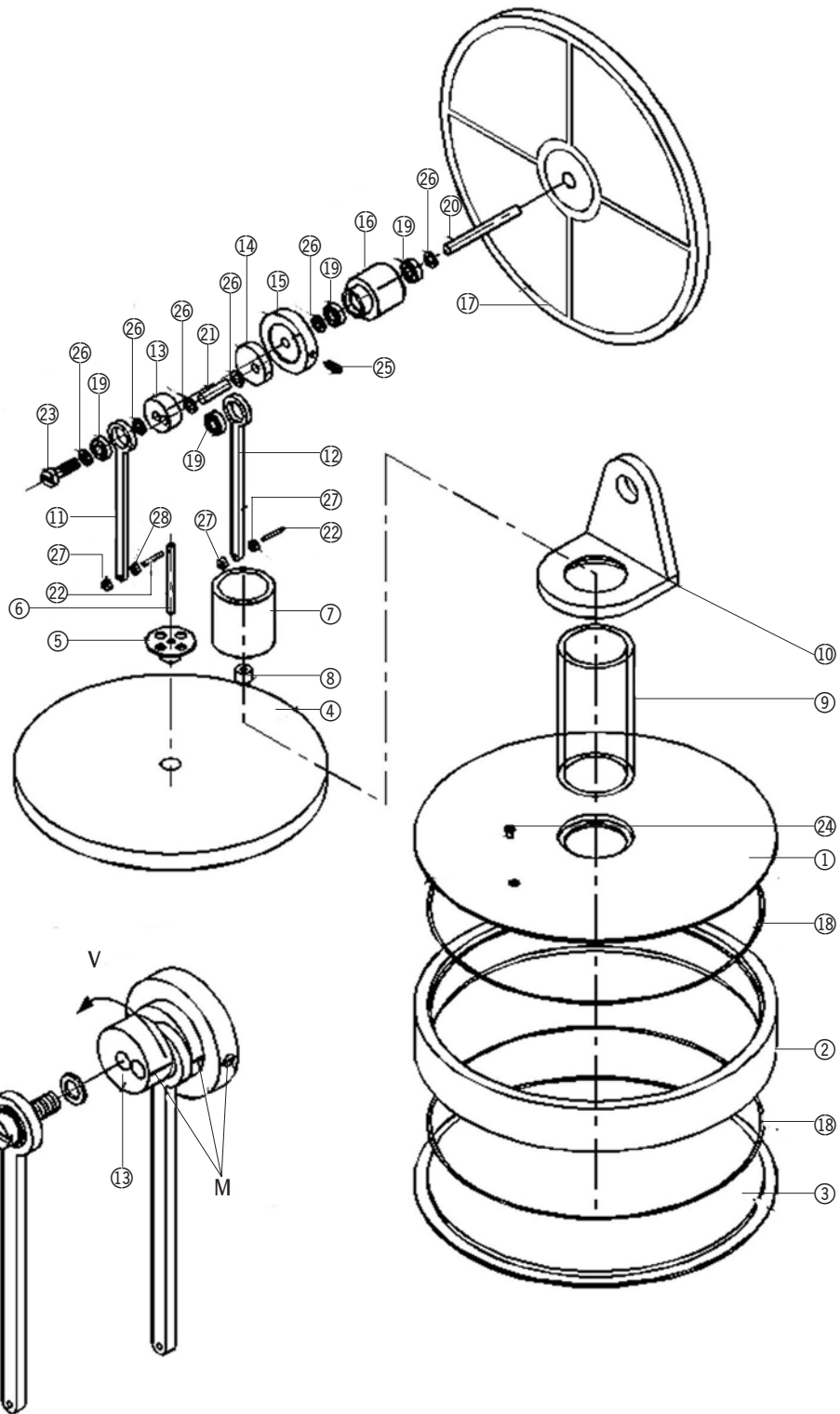
3. Inserire la prima rondella di fissaggio larga ⑦, la biella lunga ⑫ e la seconda rondella di fissaggio larga ⑦ sulla spina cilindrica leggermente ingrassata ⑫ del pistone di lavoro ⑦. Il diametro del foro della rondella di fissaggio larga ⑦ è leggermente più grande su un lato, in modo che possa essere inserita più facilmente sulla spina cilindrica ⑫.
4. Introdurre il pistone di lavoro ⑦ nel cilindro di lavoro ⑨. **Il pistone di lavoro ⑦ deve scorrere nel cilindro di lavoro ⑨ a secco. Non lubrificare!** Anche l'intera meccanica è stata progettata per il funzionamento a secco, pertanto non necessita di lubrificazione.
5. A questo punto fissare il disco di manovella ⑮ con il perno filettato ⑮ sull'albero a gomiti ⑳, sul quale è stato precedentemente inserito il distanziale ⑮. Inserire un altro distanziale ⑮ e il volano ⑰ sull'altro lato dell'albero a gomiti ⑳, cercando di mantenere un gioco assiale minimo. Se necessario, fissare il volano ⑰ sull'albero a gomiti ⑳ con un po' di colla.
6. Inserire la rondella di fissaggio stretta ⑲, la biella corta ⑪ e la terza rondella di fissaggio larga ⑦ sulla spina cilindrica leggermente ingrassata ⑫ dell'asta dell'organo di compressione ④ e introdurre l'asta ⑥ nella boccola del pistone di lavoro ⑧.
7. Ora fissare la biella corta ⑪ con la vite a testa cilindrica ⑲ al braccio di manovella ⑬ utilizzando i distanziali ⑮.
8. Far scorrere con cautela l'alloggiamento ⑤ incollato nell'organo di compressione ④ sull'asta dell'organo di compressione ⑥.
9. Collocare l'O-ring ⑱ nella piastra inferiore ③ e introdurre quest'ultima nella parete del carter ② esercitando una pressione continua. Per semplificare questa procedura, applicare un po' di detersivo per piatti sull'O-ring ⑱ prima dell'inserimento.
10. Introdurre anche la piastra superiore ① nella parete del carter ② dal lato opposto. Per dividere questo giunto (se necessario), inserire un cuneo sottile (ad es. la punta di un cacciavite) tra la piastra superiore ① e la parete del carter ②. Eventualmente, è possibile praticare un piccolo incavo con una lima nella superficie anteriore della parete del carter ②, per facilitare l'inserimento dell'attrezzo.

2.3. Regolazione di precisione

- L'obiettivo principale della regolazione di precisione è quello di ottenere, durante la rotazione, solo una distanza minima tra l'organo di compressione ④ e le piastre superiore e inferiore.
- Dopo l'allineamento delle tacche sull'inserto ⑭ e il braccio di manovella ⑬, la corsa dell'organo di compressione è ancora troppo breve. Per aumentarla, ruotare leggermente il braccio di manovella ⑬ sul perno (ved. disegno esploso).
- Ruotando successivamente il volano ⑰, l'alloggiamento dell'organo di compressione ⑤, tramite contatto dell'organo ④ con la piastra superiore ①, viene spinto sull'asta ⑥.
- Aumentare la corsa dell'organo di compressione, finché, dopo un giro, l'organo di compressione ④ tocca leggermente le piastre superiore e inferiore.
- A questo punto, ridurre nuovamente la corsa ruotando leggermente all'indietro il braccio di manovella ⑬.
- Ora tra l'organo di compressione ④ e la piastra superiore o inferiore deve essere presente una distanza minima.
- Infine girare l'albero a gomiti ⑳, in modo che il pistone di lavoro si trovi ⑦ al centro della propria corsa. Quindi serrare la vite a testa svasata ⑳ nella piastra superiore ①.

3. Prova di funzionamento

- Posizionare il motore Stirling sul palmo della mano o su una superficie calda, ad es. su una tazza contenente acqua calda.
- Dopo ca. 1-2 minuti, la piastra di base si sarà riscaldata sufficientemente. Nei giorni caldi, la differenza di temperatura potrebbe essere troppo scarsa. Eventualmente, raffreddare la piastra superiore con un panno umido.
- Mettere in movimento il volano facendolo girare in senso orario (sguardo rivolto verso l'albero a gomiti).
- Il motore Stirling gira in senso antiorario, se la piastra superiore viene riscaldata, ad es. dalla luce del sole o da una lampada. In questo caso, collocare il motore Stirling su un piano di appoggio freddo, ad es. sul davanzale di una finestra.



V: Aumentare la corsa dell'organo di compression;
M: Tacca

4. Conservazione e pulizia

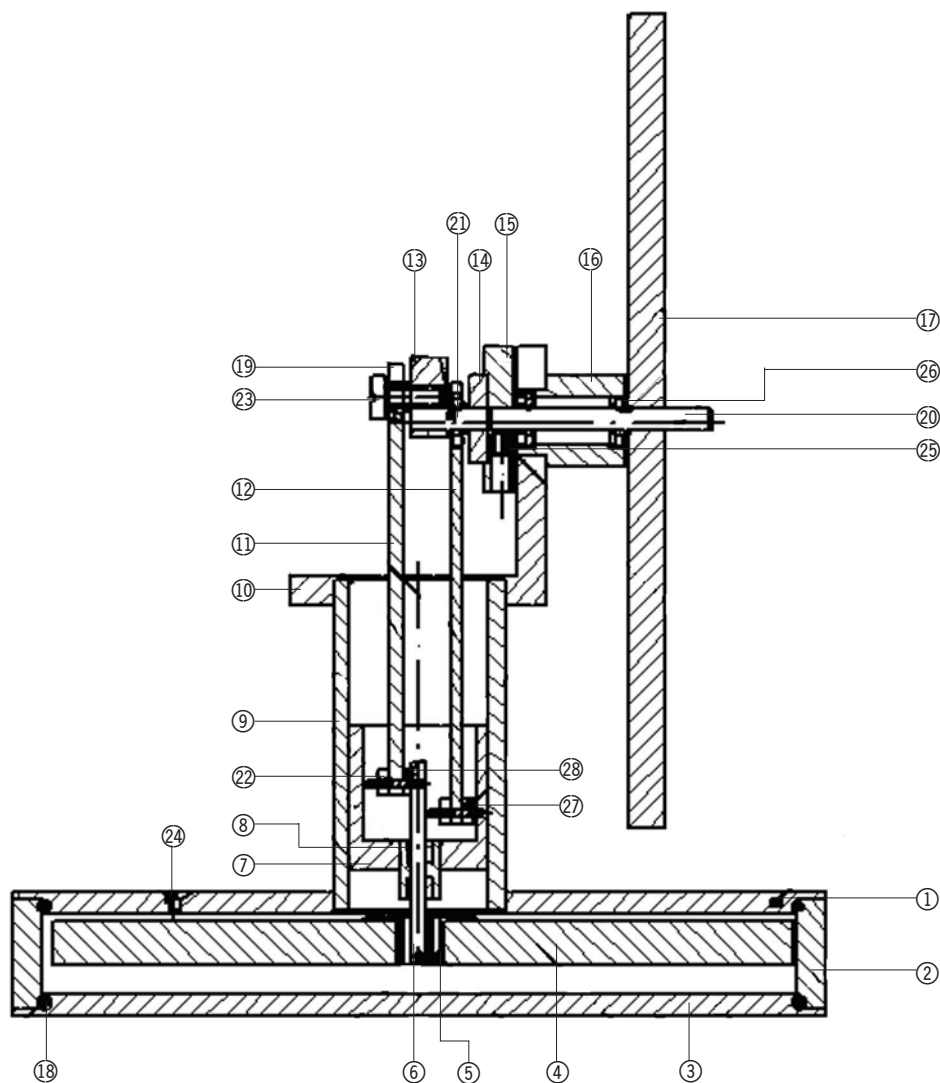
- Il motore Stirling non richiede lubrificazione.
- Conservare il motore Stirling in un luogo privo di polvere.

- Per pulire il motore Stirling, utilizzare un panno inumidito, eventualmente con una quantità minima di detergente. Non pulire le parti in vetro acrilico con solventi o detersivi abrasivi.

Motor Stirling de baja temperatura, modelo U10061

Instrucciones de uso

08/05 Alf



- | | | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| ① Placa superior | ⑧ Alojamiento del émbolo de trabajo | ⑮ Disco de manivela | ⑳ Pasador cilíndrico 1x8 (2x) |
| ② Pared de la caja del motor | ⑨ Cilindro de trabajo | ⑯ Casquillo del cojinete | ㉑ Tornillo de cabeza cilíndrica M3x8 |
| ③ Placa inferior | ⑩ Ángulo | ⑰ Volante | ㉒ Tornillo de cabeza avellanada M2x3 |
| ④ Desplazador | ⑪ Biela, corta | ⑱ Anillo en O (2x) | ㉓ Tornillo prisionero M2x5 |
| ⑤ Alojamiento del desplazador | ⑫ Biela, larga | ⑲ Rodamiento de bolas (4x) | ㉔ Arandela separadora (6x) |
| ⑥ Varilla de desplazamiento | ⑬ Brazo de manivela | ㉑ Cigüeñal | ㉕ Disco ancho de sujeción (3x) |
| ⑦ Émbolo de trabajo | ⑭ Pieza insertada | ㉒ Gorrón del cigüeñal | ㉖ Disco delgado de sujeción |

Este modelo de motor de baja temperatura ilustra el funcionamiento y el principio de construcción de un motor Stirling.

1. Descripción, datos técnicos

El motor Stirling de baja temperatura entra ya en movimiento con la aplicación del calor de la mano humana, siendo para ello necesaria una diferencia de temperatura entre la base y la placa superior de aproximadamente 5°C. El cilindro de trabajo está hecho de cristal de precisión, y el cilindro de desplazamiento, así como el volante, son de cristal acrílico, por ello se pueden observar a la perfección los movimientos de los émbolos de trabajo, del accionamiento de desplazamiento y del cigüeñal. El cigüeñal y la biela están alojados en un rodamiento de bolas de precisión en miniatura, con el fin de reducir al mínimo las pérdidas por rozamiento. Gracias al recubrimiento en negro pulido de la placa superior, el motor Stirling también puede operar como motor solar.

Velocidad de giro:	aprox. 80 revoluciones/min. con ΔT 10°C
Volante:	110 mm Ø
Dimensiones:	138 mm x 110 mm Ø

2. Instrucciones de montaje

2.1 Acabado

- Limar todos los componentes que presentan aristas con una lima fina o un rascador triangular.
- Según las exigencias personales, si se da el caso, limar las posibles superficies de las piezas de trabajo.

2.2. Montaje

2.2.1. Implementación de las uniones fijas

- Como pegamento, recomendamos la utilización de adhesivos de dos componentes epóxicos con resina «UHU plus endfest 300» o «UHU plus schnellfest». Para no dañar el revestimiento de la placa superior, evite el contacto con disolventes. Debido a los diferentes coeficientes de dilatación de los materiales, no caliente en ningún caso estos componentes durante el proceso de endurecimiento. Al enfriarse, las piezas de aluminio se contraen en un grado considerablemente mayor que el cilindro de vidrio, con lo que aplican presión sobre él. Como consecuencia, se reduciría el diámetro interior del cilindro de trabajo o incluso podría llegar a romperse. En general, se deben pegar las uniones a una temperatura aproximada de 20°C.
1. A temperatura ambiente, pegar el cilindro de trabajo ⑨, en primer lugar, con el ángulo ⑩ y, a continuación, con la placa superior ①.
 2. Fijar el rodamiento de bolas ⑲ en el casquillo del cojinete ⑯. Para ello, colocar un rodamiento de bolas ⑲ sobre el cigüeñal ⑳ y extender en dos o tres puntos del perímetro de la superficie una delgada película de pegamento. A continuación, colocar el rodamiento de bolas ⑲ en uno de los aloja-

mientos del casquillo del cojinete ⑯. Si se da el caso, retirar el pegamento sobrante con un paño mojado con alcohol. Para ello, limpiar siempre desde dentro hacia fuera, evitando que el pegamento entre en el rodamiento de bolas. Introducir por el otro lado el segundo rodamiento de bolas ⑲ en el cigüeñal ⑳ y proceder como en el caso anterior. Para alinear axialmente ambos rodamientos de bolas ⑲ mantenga el cigüeñal ⑳ en esta posición hasta que se haya endurecido el pegamento.

3. Pegar la pieza insertada ⑭ en la entalladura del disco de manivela ⑮. Al hacerlo, asegúrese de que las dos superficies adherentes quedan exactamente una sobre otra. Sobre el perímetro de la superficie de la pieza insertada ⑭ encontrará una marca que deberá orientar según la hendidura transversal del disco de manivela ⑮.
4. Ahora pegue el gorrón del cigüeñal ㉑ en el orificio de la pieza insertada ⑭.
5. Pegue cada uno de los pasadores cilíndricos ㉒ en el orificio de la varilla de desplazamiento ⑥ y del émbolo de trabajo ⑦. Las superficies de movimiento de los pasadores cilíndricos ㉒ deben quedar absolutamente libres de restos de pegamento. Para ello, introducir el pasador cilíndrico en el orificio, aproximadamente 2 mm, y poner algo de pegamento en el extremo que ha quedado fuera. A continuación, fijar el pasador cilíndrico ㉒ en su posición adecuada y eliminar los restos de pegamento de la forma anteriormente indicada. Asegúrese de que el pasador cilíndrico ㉒ del émbolo de trabajo ⑦ quede pegado, pero algo sumergido, para que después no pueda dañar la superficie de movimiento del cilindro de trabajo ⑨.
6. Para pegar el alojamiento del desplazador ⑤ en el orificio del desplazador ④, proceda como se indica a continuación: Introducir la varilla de desplazamiento ⑥ en el alojamiento del émbolo de trabajo ⑧ y, a continuación, el émbolo de trabajo ⑦ en el cilindro de trabajo ⑨. Después, insertar el alojamiento del desplazador ⑤ en la varilla de desplazamiento ⑥. Pegar ésta en el orificio del desplazador ④ y colocar este grupo de componentes en la parte inferior del desplazador ④, de manera que la placa superior ① y el desplazador ④ estén en contacto el uno sobre el otro. Sujetar estos componentes en esta posición hasta que el pegamento se haya endurecido completamente, para garantizar que el desplazador ④ y la placa superior ① estén situados paralelamente.
7. Para finalizar, pegar el casquillo del cojinete ⑯ en el orificio del ángulo ⑩.

2.2.2. Implementación de las uniones no fijas

1. Presionar el rodamiento de bolas ⑲ en los orificios de las bielas ⑪ y ⑫. Los rodamientos no vienen engrasados en el estado de suministro. Para garantizar un libre funcionamiento de los rodamientos ⑲, utilice en el montaje las arandelas separadoras ㉓ del suministro que sean algo más abombadas. Para

ello se deberá montar la parte más abombada de la arandela separadora 26 en dirección al rodamiento de bolas 19 .

2. Colocar la primera arandela separadora 26 , la biela larga 12 , la segunda arandela separadora 26 así como el brazo de manivela 13 sobre el gorrón del cigüeñal 21 . Para ello se deberá situar la pequeña marca ubicada en la superficie del perímetro del brazo de manivela 13 , vista desde arriba, hacia la derecha del gorrón del cigüeñal 21 . Orientar esta marca según la de la pieza insertada 14 .
3. Introducir el primer disco ancho de sujeción 27 , la biela larga 12 así como el primer disco ancho 27 en el pasador cilíndrico 22 , algo engrasado, del émbolo de trabajo 7 . El diámetro del orificio del disco de sujeción 27 es algo mayor en un lado para que se pueda introducir más fácilmente el pasador cilíndrico 22 .
4. Introducir el émbolo de trabajo 7 en el cilindro de trabajo 9 . **El émbolo de trabajo 7 funciona en seco en el cilindro de trabajo 9 , lo que significa que ¡nunca se debe lubricar!** Toda la mecánica está preparada para el funcionamiento en seco, por lo que no necesita ningún tipo de lubricación.
5. Ahora, fije el disco de manivela 15 con el tornillo prisionero 25 al cigüeñal 20 , al que anteriormente se ha colocado la arandela separadora 26 . Desplazar otra arandela separadora 26 , así como el volante 17 , hacia el otro lado del cigüeñal 20 manteniendo siempre un mínimo juego axial. Si es necesario, fije el volante 17 con un poco de pegamento al cigüeñal 20 .
6. Insertar el disco delgado de sujeción 28 , la biela corta 11 , así como el tercer disco ancho de sujeción 27 en el pasador cilíndrico 22 , algo engrasado, de la varilla de desplazamiento 6 y dirigir la varilla de desplazamiento 6 hacia el alojamiento del desplazador 8 .
7. A continuación, fijar la biela corta 11 con el tornillo de cabeza cilíndrica 23 al brazo de manivela 13 utilizando las arandelas separadoras 26 .
8. Acoplar cuidadosamente el alojamiento del desplazador 5 , pegado en el desplazador 4 , a la varilla de desplazamiento 6 .
9. Colocar el anillo en O 18 en la placa inferior 3 y presionarlos constante y fuertemente contra la pared de la caja del motor 2 . Para facilitar este proceso se puede untar el anillo en O 18 previamente con un poco de lavavajillas.
10. Presionar de la misma manera, desde el otro lado, la placa superior 1 contra la caja del motor 2 . La

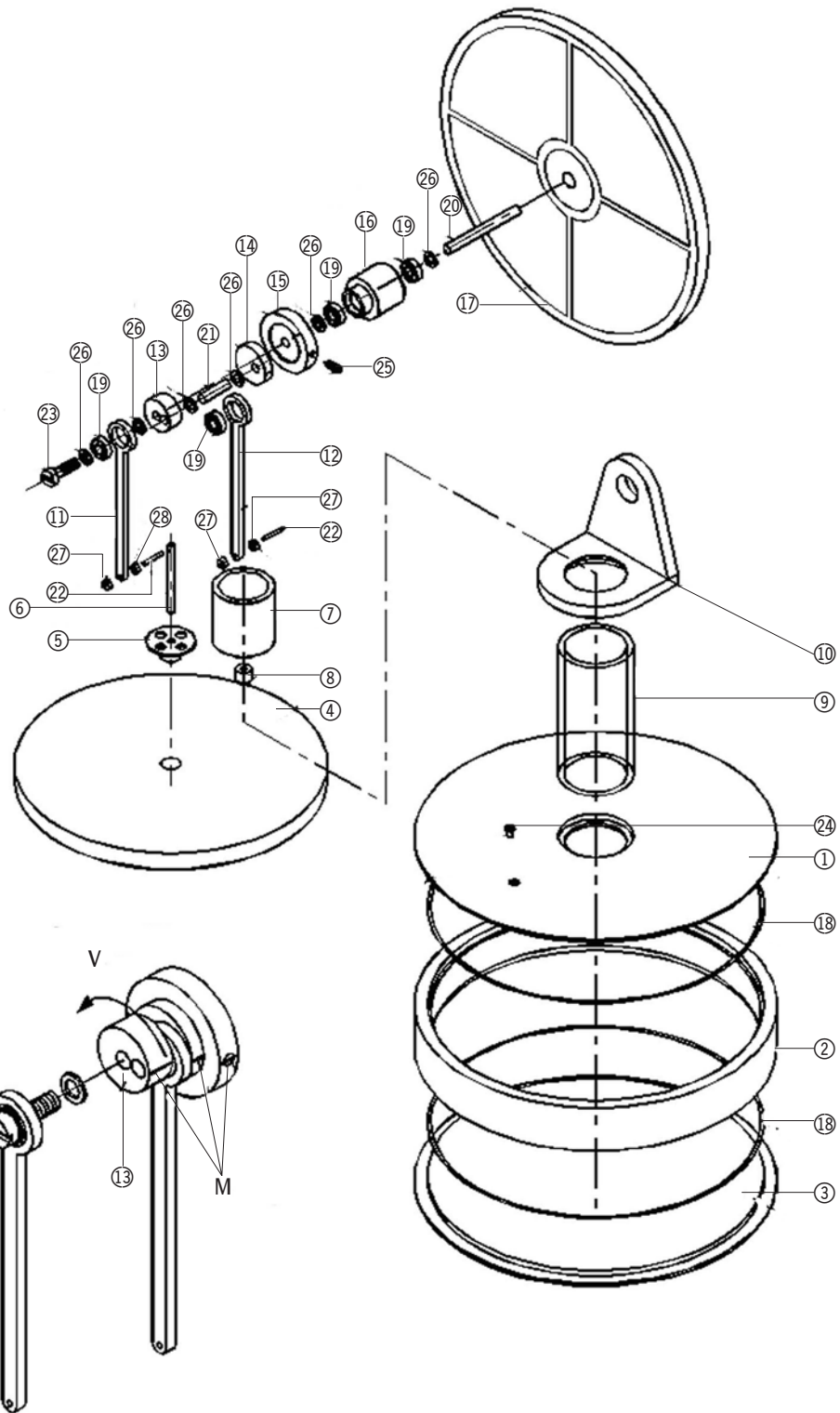
separación de esta unión se produce (en caso necesario) introduciendo una cuña fina (por ejemplo un destornillador) entre la placa superior 1 y la caja del motor 2 . Eventualmente se puede practicar una pequeña entalladura en la superficie frontal de la caja del motor 2 para facilitar la entrada de esta herramienta.

2.3. Ajuste de precisión

- El objetivo del ajuste de precisión es que en cada revolución sólo haya una holgura mínima entre el desplazador 4 y la placa superior o inferior.
- Tras el ajuste de las marcas en la pieza insertada 14 y el brazo de manivela 13 , el recorrido del desplazador todavía es demasiado pequeño. Girando mínimamente el brazo de manivela 13 sobre el gorrón del cigüeñal se puede aumentar este recorrido (véase la ilustración).
- Al girar a continuación el volante 17 , el alojamiento del desplazador 5 se deslizará sobre la varilla de desplazamiento 6 , cuando el desplazador 4 entre en contacto con la placa superior 1 .
- Aumentar el recorrido del desplazador lo suficiente para que, en cada revolución, el desplazador 4 golpee ligeramente la placa superior e inferior.
- Acto seguido, reducir un poco el recorrido del desplazador girando mínimamente otra vez hacia atrás el brazo de manivela 13 .
- Ahora se deberá haber conseguido una holgura uniforme entre el desplazador 4 la placa superior y la inferior.
- Para finalizar, girar el cigüeñal 20 , de manera que el émbolo de trabajo 7 quede situado en la mitad de su recorrido. Atornillar entonces el tornillo de cabeza avellanada 24 en la placa superior 1 .

3. Prueba de funcionamiento

- Colocar el motor Stirling sobre la mano o una superficie caliente, por ejemplo una taza con agua caliente.
- Tras aproximadamente 1 ó 2 minutos, la placa inferior se ha calentado suficientemente. En días calurosos puede que la diferencia de temperatura no sea suficiente. En este caso se puede enfriar la placa superior con un paño húmedo.
- Poner el volante en movimiento en sentido horario (dirección visual hacia el cigüeñal).
- El motor Stirling se mueve en dirección contraria a las agujas del reloj cuando se calienta la placa superior, por ejemplo, con la luz solar o una lámpara. En este caso, coloque el motor Stirling sobre una superficie fría, por ejemplo, la repisa de la ventana.



V: Aumentar el recorrido del desplazador;
M: Marca

4. Limpieza y almacenamiento

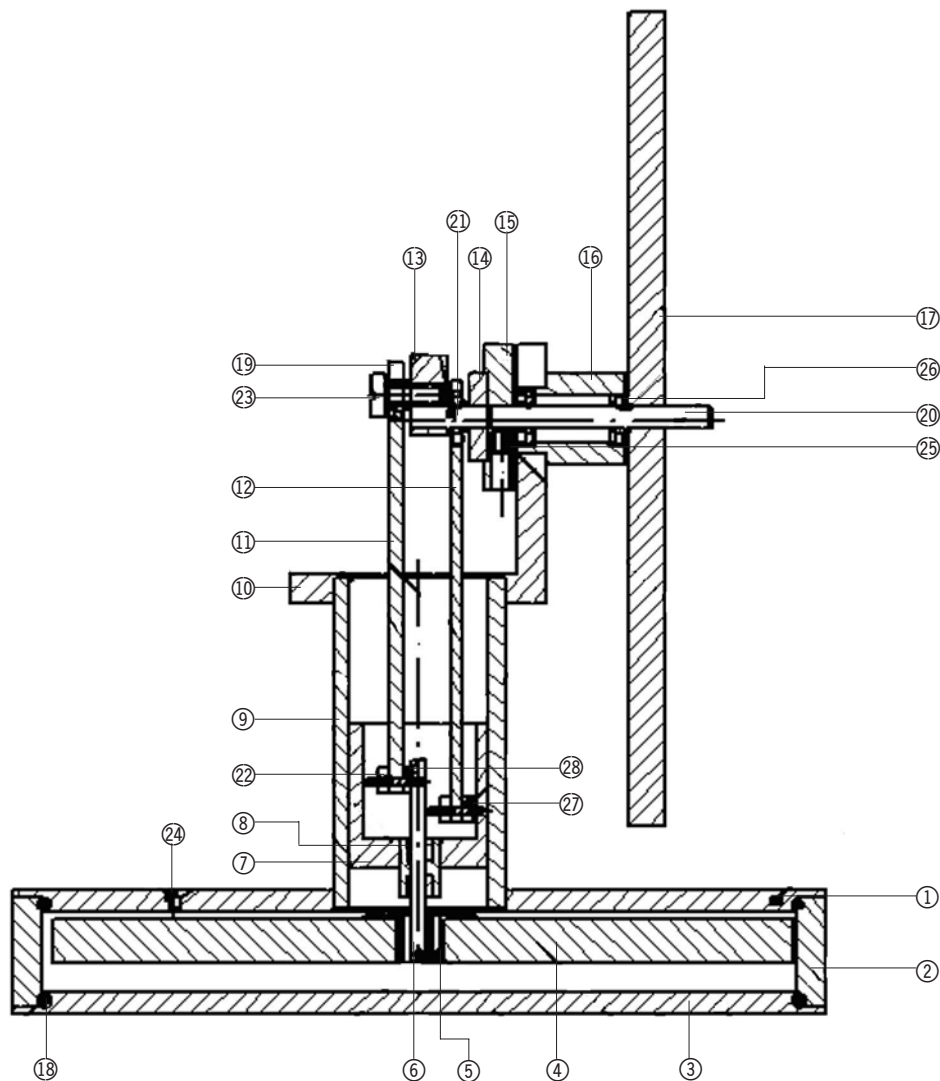
- El motor Stirling no necesita lubricación.
- Almacenar el motor Stirling en un lugar libre de polvo.

- Para limpiar el motor Stirling utilice un paño húmedo y, si es necesario, un poco de detergente. No limpie nunca la parte de cristal acrílico con disolventes o detergentes agresivos.

Motor de Stirling de baixa temperatura, kit de montagem U10061

Manual de instruções

08/05 Alf



- | | | | |
|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|
| ① Placa superior | ⑧ Caixa do êmbolo de trabalho | ⑮ Disco da manivela | ⑳ Pino de cilindro 1x8 (2x) |
| ② Parede da caixa do motor | ⑨ Cilindro de trabalho | ⑯ Caixa de rolamentos | ㉑ Parafuso da cabeça do cilindro M3x8 |
| ③ Placa inferior | ⑩ Esquadria | ⑰ Roda de impulso | ㉒ Parafuso de cabeça embutida M2x3 |
| ④ Propulsor | ⑪ Biela, curt | ⑱ Anel em O (2x) | ㉓ Pino de passo M2x5 |
| ⑤ Caixa do propulsor | ⑫ Biela, longa | ⑲ Rolimã (4x) | ㉔ Disco de distanciamento (6x) |
| ⑥ Eixo do propulsor | ⑬ Braço da manivela | ⑳ Eixo da manivela | ㉕ Disco de entalo, largo (3x) |
| ⑦ Êmbolo de trabalho | ⑭ Munhão | ㉑ Pino da manivela (moente) | ㉖ Disco de entalo, estreito |

O motor de Stirling de baixa temperatura serve para a visualização do modo de funcionamento e da construção básica de um motor de Stirling.

1. Descrição, dados técnicos

O motor de baixa temperatura de Stirling pode ser posto em movimento mesmo pela ação da temperatura da mão, sendo que para isso só é necessária uma diferença de temperatura de aproximadamente 5° entre a placa inferior e a placa superior. O cilindro de trabalho é feito de vidro de precisão, o cilindro de impulso e a roda de impulso são de acrílico transparente. Por isso, os movimentos dos êmbolos de trabalho e de impulso, assim como a propulsão da manivela, podem ser bem observados. O eixo da manivela e a biela são inseridos em rolamentos miniaturizados de alta precisão, de modo a minimizar a perda por atrito. Graças a pintura preta fosca da placa superior, o motor de Stirling pode também ser operado como motor de energia solar.

Número de rotações:	aprox. 80 U/min. a ΔT 10°C
Roda de impulso:	110 mm Ø
Medidas:	138 mm x 110 mm Ø

2. Instruções de montagem

2.1 Acabamentos finais

- Todas as partes apresentando farpas devem ser aliçadas com uma lima simples ou uma raspa de três lados.
- Segundo a exigência pessoal, polir as peças onde se considere necessário.

2.2. Montagem

2.2.1. Estabelecimento dos encaixes permanentes

- Para a colagem recomendamos a utilização das colas “UHU plus endfest 300” ou a cola de resina epóxi de 2 componentes “UHU plus schnellfest” (importadas da Alemanha). Para não destruir a camada fosca da placa superior, evite o contato com solventes. Por causa dos diferentes coeficientes de dilatação dos materiais, não aqueça nunca esses elementos durante o processo de endurecimento da cola. As partes em alumínio iriam retrair-se muito mais intensamente do que o cilindro de vidro, e assim, exercer pressão sobre este último, pelo qual, o diâmetro do cilindro de trabalho poderia reduzir-se, ou este poderia mesmo romper-se. Em princípio, os encaixes devem ser colados a uma temperatura de aproximadamente 20°C.
1. Colar o cilindro de trabalho ⑨ na esquadria ⑩ à temperatura ambiente, e logo colá-lo na placa superior ①.
 2. Fixar o rolimã ⑲ na caixa de rolamentos ⑯. Para tal, inserir um rolimã ⑲ no eixo da manivela ⑳ e cobrir as superfícies de contato em dois ou três pontos com um fino filme de cola. Inserir o rolimã ⑲ agora numa das duas voltas da caixa de rolamentos ⑯. Caso necessário, eliminar os excessos de cola com

um pano umedecido com álcool caseiro. Ao fazê-lo, sempre limpar de dentro para fora, de modo a prevenir que a cola penetre dentro do rolimã. Introduzir pelo outro lado o segundo rolimã ⑲ no eixo da manivela ⑳ e proceder como anteriormente. Para obter um posicionamento axial ideal de ambos rolimãs ⑲, deixe o eixo da manivela ⑳ repousar nesta posição até que a cola esteja totalmente seca.

3. Colar o munhão ⑭ no orifício do disco da manivela ⑮. Ao fazê-lo, prestar atenção para que ambas superfícies de adesão se encontrem uma encima da outra de forma plana. Na superfície de contato do munhão ⑭ encontra-se uma marca. Orientar essa marca em função da perfuração transversal do disco da manivela ⑮.
4. Colar agora o pino da manivela ㉑ na perfuração do munhão ⑭.
5. Colar a cada vez um pino de cilindro ㉒ na perfuração no eixo de propulsão ⑥ assim como na do êmbolo de trabalho ⑦. Sendo que não deve restar nenhum resto de cola nas superfícies de atrito dos pinos de cilindro ㉒. Para tal, introduzir o pino de cilindro até aproximadamente 2 mm na perfuração correspondente, e logo, cobrir a ponta saliente com um pouco de cola. Finalmente, enfiar o pino de cilindro ㉒ até a posição prevista e retirar os excessos de cola como anteriormente descrito. Assim fazendo, ter cuidado para que o pino de cilindro ㉒ do êmbolo de trabalho ⑦ encontre-se colado de forma ligeiramente afundada, para que este não danifique posteriormente a superfície de atrito do cilindro de trabalho ⑨.
6. Ao colar a caixa do propulsor ⑤ na perfuração do propulsor ④, proceder como indicado a seguir. Introduzir o eixo do propulsor ⑥ na caixa do êmbolo de trabalho ⑧ e logo, introduzir o êmbolo de trabalho ⑦ no cilindro de trabalho ⑨. Agora, inserir a caixa do propulsor ⑤ no eixo do propulsor ⑥. Colar este último na perfuração do propulsor ④ e o colocar o grupo de peças no lado inferior do propulsor ④, de modo que a placa superior ① e o propulsor ④ estejam em contato. Deixar essas peças nesta posição até a cola endurecer totalmente, para garantir o paralelismo entre o propulsor ④ e a placa superior ①.
7. A seguir, colar a caixa de rolamentos ⑯ na perfuração da esquadria ⑩.

2.2.2. Estabelecimento dos encaixes móveis

1. Pressionar os rolimãs ⑲ para dentro das perfurações das bielas ⑪ e ⑫. No estado de fornecimento, nenhum dos rolimãs está lubrificado. Para garantir um rolamento livre dos rolimãs ⑲, utilizar o disco de distanciamento ㉔, algo arredondado, incluído no fornecimento. Para tal, o lado arredondado do disco de distanciamento ㉔ deve ser montado com o lado arredondado de frente para o rolimã ⑲.
2. Empurrar o disco de distanciamento ㉔, a biela longa ⑫, o segundo disco de distanciamento ㉔, assim como o braço da manivela ⑬ sobre o pino da

manivela 21. Sendo que fazendo isto, a pequena marca na superfície de contato do braço da manivela 13, vista de cima, deve estar à direita do pino da manivela 21. Posicionar essa marca em função do munhão 14.

3. Inserir o disco de entalamento largo 27, a biela longa 12, assim como o segundo disco de entalamento largo 27 sobre o pino de cilindro 22 levemente lubrificado do êmbolo de trabalho 7. O diâmetro da perfuração do disco de entalamento largo 27 é um pouco maior num dos lados, de modo que ele seja mais fácil de introduzir no pino de cilindro 22.
4. Inserir o êmbolo de trabalho 7 no cilindro de trabalho 9. **O êmbolo de trabalho 7 move-se a seco no cilindro de trabalho 9, ou seja, nunca deve ser lubrificado!** A totalidade da mecânica também está prevista para o trabalho a seco e não precisa ser lubrificada.
5. Agora, fixar o disco da manivela 15 com o pino de passo 25 sobre o eixo da manivela 20, sobre o qual, o disco de distanciamento 26 foi anteriormente encaixado. Introduzir um segundo disco de distanciamento 26, assim como a roda de impulso 17 no outro lado do eixo da manivela 20, mantendo um mínimo de jogo no sentido do eixo. Caso necessário, fixar a roda de impulso 17 sobre o eixo da manivela 20 com um pouco de cola.
6. Inserir o disco de entalamento estreito 28, a biela curta 11, assim como o terceiro disco largo de entalamento 27 no pino de cilindro 22 levemente lubrificado do eixo do propulsor 6, e logo introduzir o eixo do propulsor 6 na caixa do êmbolo de trabalho 8.
7. Agora, fixar a biela curta 11 com o parafuso da cabeça do cilindro 23 no braço da manivela 13, utilizando o disco de distanciamento 26.
8. Inserir com cuidado no eixo do propulsor 6 a caixa do propulsor 5 que se encontra colada no propulsor 4.
9. Colocar o anel em O 18 na placa inferior 3, e pressionar esta, com uma pressão forte e constante, contra a parede da caixa do motor 2. Para facilitar este procedimento, pode-se untar o anel e O 18 com um pouco de detergente caseiro.
10. Pressionar a placa superior 1 pelo outro lado também contra a parede da caixa do motor 2. Caso necessário, pode-se soltar esta associação inserindo uma cunha fina (por exemplo, uma chave de fenda) entre a placa superior 1 e a parede da caixa do

motor. Eventualmente, pode-se antes abrir uma pequena entalha com uma lima na parte frontal da parede da caixa do motor 2, de modo a facilitar a introdução da ferramenta.

2.3. Ajuste final

- O objetivo do ajuste final é que numa rotação haja o mínimo de distância entre o propulsor 4 e as placas superiores e inferiores respectivamente.
- Após o posicionamento da marca no munhão 14 e no braço da manivela 13, o volume do propulsor ainda é insuficiente. Este pode ser aumentado com um ligeiro giro do braço da manivela 13 sobre o pino da manivela (veja a imagem desmontada).
- A continuação, com uma rotação da roda de impulso 17 a caixa do propulsor 5 é deslocada sobre o eixo do propulsor 6 pelo contato do propulsor 4 com a placa superior 1.
- Aumentar o volume do propulsor até que com uma rotação o propulsor 4 toque levemente a placa superior e inferior respectivamente.
- A seguir, reduzir novamente um pouco o volume do propulsor soltando minimamente o braço da manivela 13.
- Agora deveria existir uma distância mínima equivalente entre o propulsor 4 e as placas superior e inferior respectivamente.
- Finalmente, girar o eixo da manivela 20, de modo que o êmbolo de trabalho 7 se encontre no centro do seu cilindro. Logo, aparafusar o parafuso de cabeça embutida 24 firmemente na placa superior 1.

3. Teste operacional

- Colocar o motor de Stirling sobre a palma da mão ou sobre uma superfície aquecida, por exemplo, uma xícara com água quente.
- Após 1 ou 2 minutos, a placa inferior aqueceu-se o suficiente. Em dias quentes, a diferença de temperatura pode ser insuficiente. Neste caso, esfriar a placa superior com um pano úmido.
- Pôr a roda de impulso em movimento no sentido horário (olhando para o eixo da manivela).
- O motor de Stirling opera em sentido anti-horário quando a placa superior é aquecida, por exemplo sob a ação dos raios solares ou de uma lâmpada. Neste caso, colocar o motor de Stirling sobre uma superfície fria, por exemplo, na bancada de uma janela.

