

113.174

Funktionsmodell Stirling-Motor



Hinweis

Bei den OPITEC Werkpackungen handelt es sich nach Fertigstellung nicht um Artikel mit Spielzeugcharakter allgemein handelsüblicher Art, sondern um Lehr- und Lernmittel als Unterstützung der pädagogischen Arbeit. Dieser Bausatz darf von Kindern und Jugendlichen nur unter Anleitung und Aufsicht von sachkundigen Erwachsenen gebaut und betrieben werden. Für Kinder unter 36 Monaten nicht geeignet. Erstickungsgefahr!

Benötigtes Werkzeug:

Bleistift, Lineal,
Laubsäge, Bastelmesser, Schere
Vorstecher, Reißnadel
Bohrer $\varnothing 1$, $\varnothing 2,5$, $\varnothing 4$ + $\varnothing 10$ mm
Forstnerbohrer $\varnothing 20$ mm
Ständerbohrmaschine + Maschinenschraubstock
Schleifpapier, Werkstattfeile
Rundzange, Seitenschneider, Bolzenschneider
Anschlag- + Zentrierwinkel
Metallbügelsäge
Kreuzschlitzschraubendreher
Sekunden- + Alleskleber, Leim

STÜCKLISTE				
	Stückzahl	Maße (mm)	Bezeichnung	Teile-Nr.
MDF-Platte	1	8x100x100	Gestell, Zylinderbasis	1
Sperrholz	1	3x160x160	Untergestell	2
Eindrückdeckel	2	$\varnothing 110$	Boden, Deckel	3
Metallachse	1	$\varnothing 3 \times 70$	Welle	4
Schraube	6	2,9x6,5	Befestigung	5
Messinghülse	1	$\varnothing 4 \times 8$	Lager	6
Hartpapierrohr	1	$\varnothing 19,5 \times 65$	Zylinder	7
Handschuh	1		Membran	8
Federstahldraht	2	$\varnothing 1 \times 200$	Hubstangen	9
Bierfilz	1	$\varnothing 107$	Kolbenplatte	10
Schaumstoffzuschnitt	1	$\varnothing 105 \times 10$	Verdrängerkolben (Regenerator)	11
Zahnrad, Modul 1, 58 Zähne	1	$\varnothing 60$	Kurbelrad, groß	12
Gummiring	1	$\varnothing 40$	Dichtung	13
Zahnrad, Modul 0,5, 30/10 Zähne	1	$\varnothing 26$	Kurbelrad, klein	14
Unterlegscheibe	2	2,9x9,5	Lager	15
Silikonschlauch	1	ca. $\varnothing 1,7/0,7 \times 10$	Kurbelstange	16
Hartpapierrohr	1	ca. $\varnothing 114 \times 43$	Verdrängerzylinder	17
Teelichthalter	2		Untergestell	18

BAUANLEITUNG

Funktionsbeschreibung

Der vorliegende Heißluftmotor arbeitet nach dem Prinzip der äußeren Verbrennung, d.h. es findet nur ein Wärmedurchfluß statt, nicht aber ein Massendurchfluß.

Prinzip:

Die Luft in der Dose wird durch die Kerzen erwärmt und dehnt sich aus. Die Membran des Arbeitskolbens wölbt sich nach oben, und drückt den Arbeitskolben aus dem Zylinder.

Über die Kolbenstange dreht sich das große Schwungrad in den oberen Totpunkt.

Gleichzeitig dreht sich das kleine Kurbelrad in Richtung unteren Totpunkt, wobei die erwärmte Luft nach oben zum kühleren Deckel verdrängt wird. Hier kühlt sie sich ab und zieht sich dabei zusammen. Dadurch stülpt sich die Membran nach unten und zieht den Arbeitskolben mit sich. Der Verdrängerkolben ist inzwischen wieder auf dem Weg nach oben und schiebt die abgekühlte Luft nach unten. Dort erwärmt sie sich erneut und das Spiel beginnt von vorn.

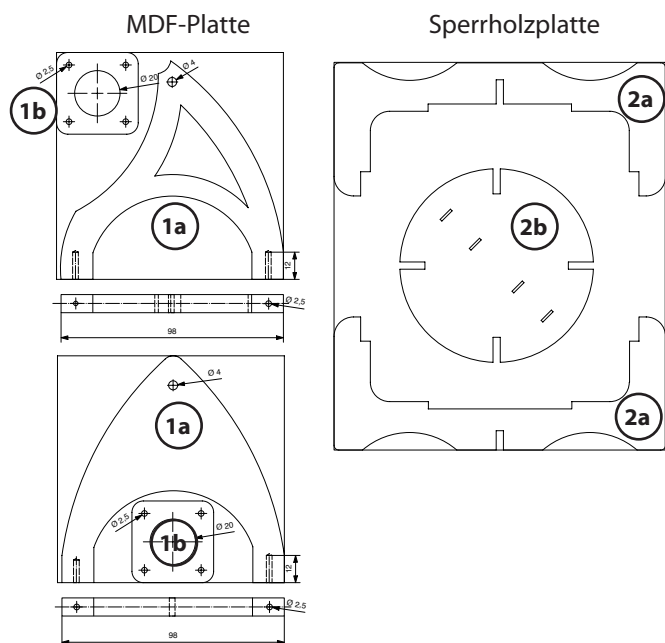
Um den Wirkungsgrad zu verbessern, besteht der Verdrängerkolben aus Schaumstoff. Diese nimmt beim Durchströmen einen Teil der Energie auf und gibt sie in umgekehrter Richtung wieder ab.

Anfertigung der Holzteile

1. Eine Schablone der zwei Varianten vom Maschinengestell (1a) auswählen und auf die MDF-Platte (1) so aufkleben, dass die Füße des Maschinengestells (1a) bündig mit einer Kante der MDF-Platte sind. Dadurch ist sichergestellt, dass die Unterkante der Füße gerade, eben und rechtwinkelig ist.

Bohrmittelpunkte mit einem Vorstecher markieren. Auch die Bohrmittelpunkte an der Unterseite vom Maschinengestell (1a).

Schablone für die Sperrholz - Teile ausschneiden und auf die Sperrholzplatte (2) so aufkleben, dass die Füße des Untergestells (2a) bündig mit einer Kante der Sperrholzplatte sind. Dadurch ist sichergestellt, dass die Unterkante der Füße gerade, eben und rechtwinkelig sind.

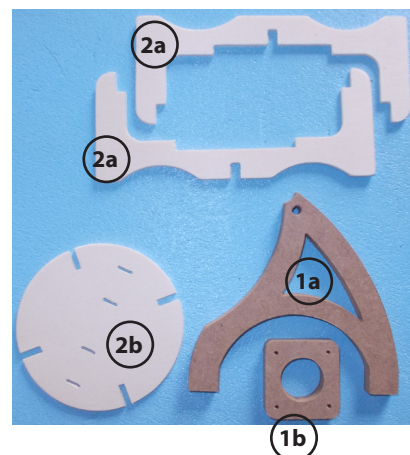


2. MDF-Teile erst $\varnothing 2,5$, $\varnothing 4$ + $\varnothing 20$ mm bohren.

Für die Senkrechten Bohrungen $\varnothing 2,5$ mm die MDF Platte im Maschinenschraubstock über Kopf waagrecht ausrichten und mit der Ständerbohrmaschine die Befestigungslöcher ca. 12mm tief, im Abstand von 85 mm, mittig bohren.

Nach dem Bohren alle MDF- + Sperrholzteile aussägen. Sägeschnitte sauber verschleifen.

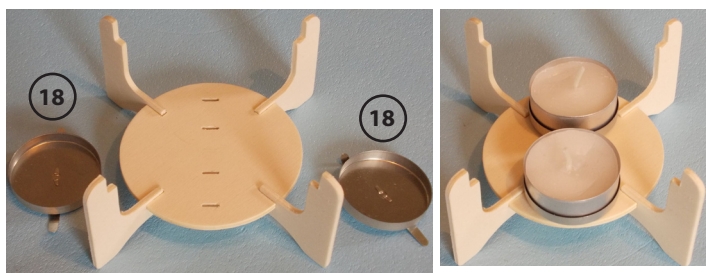
Aufgeklebte Schablone (wegen Dichtigkeit) restlos entfernen.



BAUANLEITUNG

3. Untergestell aus den Sperrholzteilen (2a+2b) zusammenleimen.

Laschen der Teelichthalter (18) durch die Schlitze der Halteplatte (2b) stecken und auf der Unterseite umbiegen.

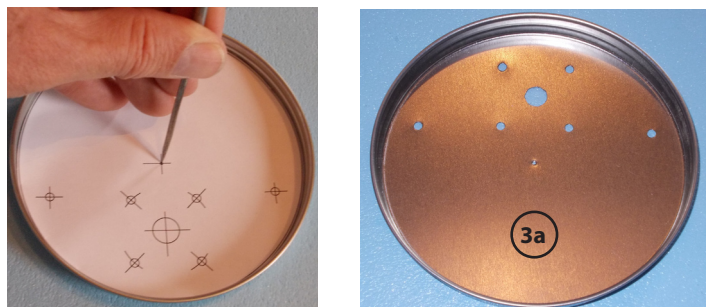


Anfertigung Deckel

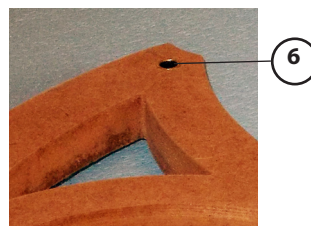
4. Bohrschablone (s. Seite 11) am äußeren Kreis ausschneiden und in einen der Deckel (3a) sauber ausmitten. Schablone gut fixieren (festhalten!). Mit einer Reißnadel oder einem Vorstecher die Bohrmittelpunkte der einzelnen Bohrungen markieren. Deckel auf eine ebene Holzplatte legen und erst alle Bohrungen mit 1 mm Bohrer durchbohren. Danach mit den jeweiligen Durchmessern ($\varnothing 3 + \varnothing 10\text{mm}$) aufbohren.

Hinweis:

Alle Bohrungen außer der 1mm Mittenbohrung sauber entgraten.



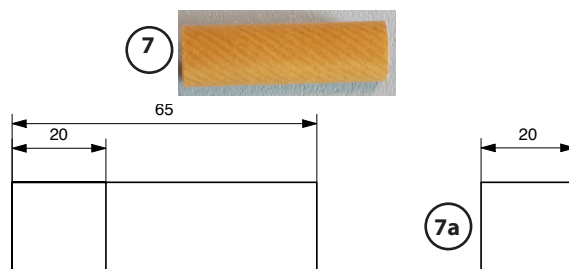
5. In das Maschinengestell (1a) die Messinghülse (6) vorsichtig rechtwinklig eindrücken.



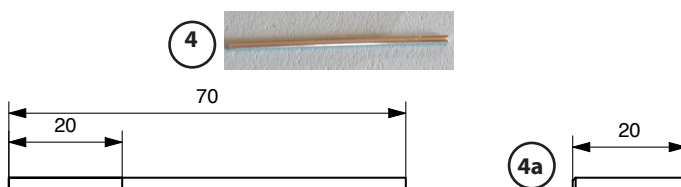
6. Das Maschinengestell (1a) mit zwei Schrauben (5) in den entsprechenden Löchern auf dem Deckel (3a) befestigen. Ebenso die Zylinderbasis (1b) mit vier Schrauben (5) in den entsprechenden Löchern auf dem Deckel (3a) befestigen.



7. Vom Papprohr (7) ein 20mm Stück (7a) mit einem Cuttermesser oder Laubsäge mit wenig Druck abschneiden. Darauf achten, dass der Schnitt gerade verläuft.



8. Von der $\varnothing 3\text{mm}$ -Welle (4) 20 mm (4a) ablängen und mit einer Werkstattfeile sauber entgraten.



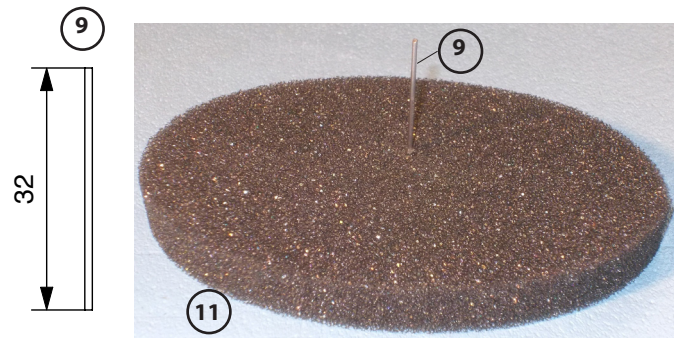
BAUANLEITUNG

9. Schablone für den Verdrängerkolben (s. Seite 9) ausgemittelt auf den Schaumstoffzuschnitt (11) legen (Mittelpunkt muss auf 0,5 mm mittig sein). Mittelbohrung ($\varnothing 1\text{ mm}$) mit einem Federstahldraht (9) senkrecht durchstoßen.

10. Die Hubstange (9c) von einem der Federstahldrähte (9) ablängen. Drahtenden mit feinem Schmirgelpapier oder einer Werkstattfeile sauber entgraten. Hubstange (9) in die Mittenbohrung stecken. Mit wenig Sekundenkleber die Stange senkrecht in den Verdrängerkolben einkleben (mit Anschlagwinkel überprüfen!).

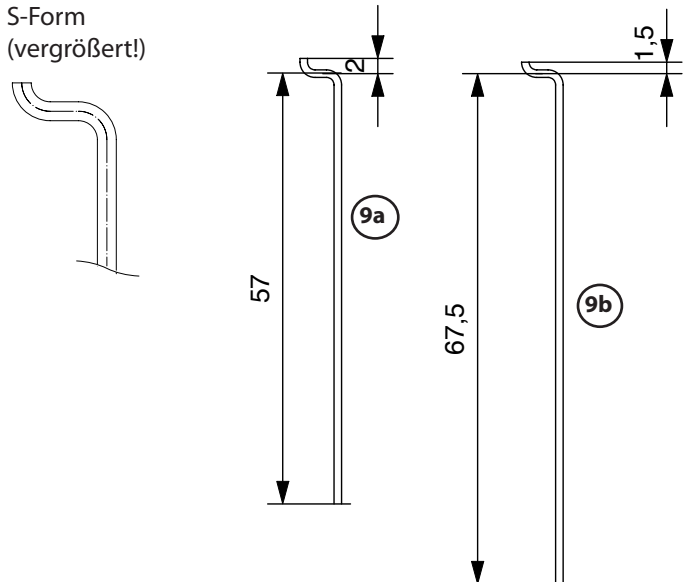
Hinweis:

Man kann die Hubstange auch im Bohrfutter einer Ständerbohrmaschine befestigen und so die Hubstange senkrecht in den Schaumstoff drücken und mit Sekundenkleber fixieren.



12. An jeweils einem Drahtende der beiden Federstahldrähte (9) ein "S" gemäß Zeichnung biegen. Die Form des "S" muss genau eingehalten werden, da sich sonst der Draht nicht durch die Bohrungen in den Kurbelrädern schieben lässt oder klemmen kann. Danach mit einem Seitenschneider bzw. Bolzenschneider exakt ablängen.

S-Form
(vergrößert!)



Hinweis:

Die Längenangaben, geben die Gesamtlänge der tatsächlichen Hublänge an!

Drahtenden mit feinem Schmirgelpapier oder einer Werkstattfeile sauber entgraten.

13. Aus dem Bierfilz (10) mit dem Skalpell oder einer Schere, eine Scheibe (10) von ca. $\varnothing 10\text{ mm}$ ausschneiden und mittig mit 1,0 mm durchbohren.

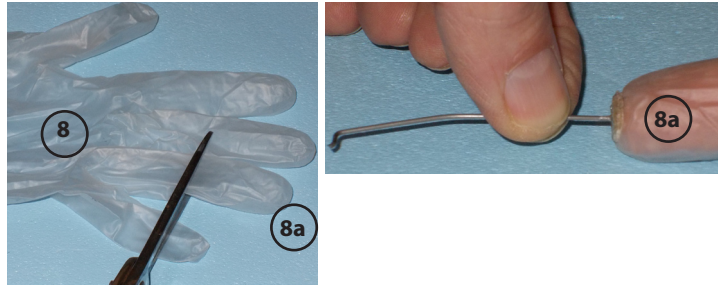
Die 57 mm lange Kurbelstange (9a) senkrecht in die Kolbenplatte (10 - Bierfilz $\varnothing 10\text{ mm}$) mit Sekundenkleber einkleben (mit Anschlagwinkel überprüfen!). Dabei darauf achten, dass der Draht später nicht durch die Membran (8a) stößt



BAUANLEITUNG

14. Vom Handschuh (8) den Kleinen- oder den Ringfinger (8a) auf ca. 28mm Länge abschneiden. Diesen Zugschnitt über den Zeigefinger stülpen. Einen Tropfen Sekundenkleber auf die Spitze des Fingerzugschnitts (8a) geben und mittig auf den Kolben (10) drücken.

Bis zum Aushärten fest auf den Kolben drücken (ca. 2 Min.) dann den Zugschnitt vom Zeigefinger ziehen.



15. Die Membran wie abgebildet über den Rohrzugschnitt (7a, 20mm) stülpen.

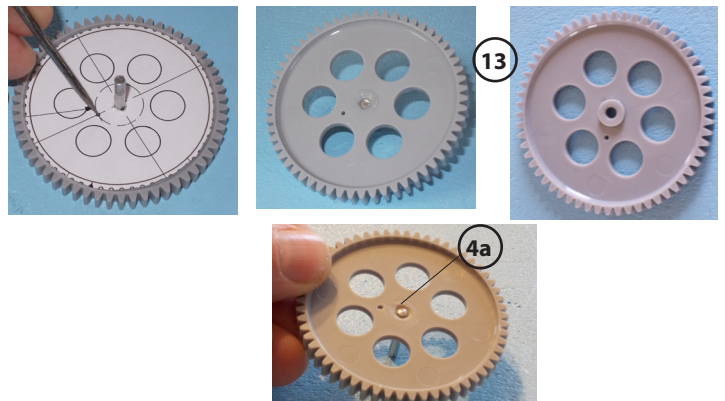


16. Beim großen Zahnrad (13) mit einem Bohrer $\varnothing 10\text{mm}$ auf einer Seite die Nabe (Erhöhung in der Mitte) langsam bis zur halben Höhe wegbohren. Den Rest mit einem scharfen Messer bündig wegschneiden.

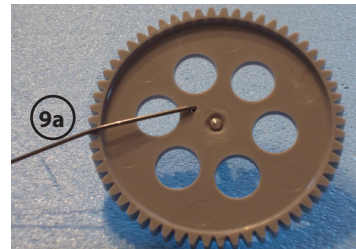
Bohrschablone (s. Seite 11) ausschneiden und den Mittelpunkt ($\varnothing 3\text{mm}$) kreuzförmig einritzen. Welle (20 mm) in das Zahnrad stecken und so ausrichten, dass auf der Seite mit der entfernten Nabe (= Vorderseite) ca. 5 mm übersteht. Schablone von der Vorderseite aus über die Welle schieben und ausgemittelt mit Klebefilm fixieren.

Loch (auf Teilkreis $\varnothing 14\text{mm}$) $\varnothing 1\text{mm}$ durchbohren. Schablone entfernen. Welle (4a) bündig zur Vorderseite zurückschieben.

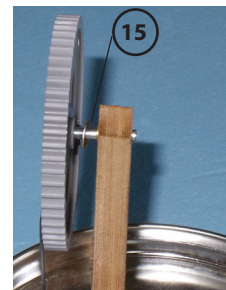
Fertig geborgtes Zahnrad (13)
Vorderseite (entfernte Nabe) Rückseite



17. Das gebogene Ende der Pleuelstange (9a) in die Bohrung stecken.

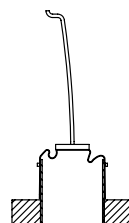


18. Eine U-Scheiben (15) auf die Welle (4a) schieben und die Welle durch das Lager (Messinghülse, 6) im Maschinengestell schieben.



19. Die Pleuel/Membran-Einheit probeweise in die Zylinderbasis (1b) einsetzen. Die Pleuelstange darf nicht verdreht sein. Wird nun das Rad gedreht, muss die Membran im oberen Totpunkt kurz davor sein sich zu straffen.

Skizze A



BAUANLEITUNG

20. In dieser Position einen aufgeschnittenen Gummiring (13) am oberen Rand um das Rohr schlingen und straff verknoten ohne das Rohr dadurch zu verdrücken.

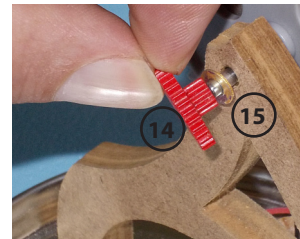


13

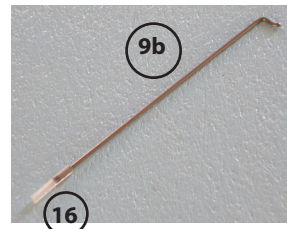
21. Ist die Membran richtig befestigt wird das Rohr (7a) in die Zylinderbasis mit Sekunden- oder Alleskleber dicht eingeklebt. Darauf achten, dass kein Kleber auf die Membran gelangt!



22. Von der Gegenseite eine U-Scheibe (15) und das kleine Zahnrad (14) auf die Welle so aufstecken, dass die Welle spielfrei und leicht drehen kann.



23. Auf das gerade Ende der Kurbelstange (9b) das Schlauchstück (16) zur Hälfte aufschieben. Anschließend die Kurbelstange in eines der kleinen Löcher des kleinen Zahnrades einfädeln.



Allgemein:

Die Passung zwischen den Deckeln (3) und dem Hartpapierrohr (17) ist bewusst so gewählt, dass sich auch nach mehrmaligem Trennen keine Undichtigkeit ergibt.

In der Serie kann es dadurch vorkommen, dass die Deckel zu fest in der Papphülse stecken und nicht mehr ohne Beschädigung getrennt werden können.

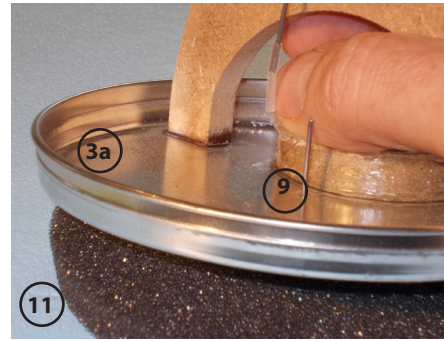
24. Den zweiten Deckel (3) in das Hartpapierrohr (17) drücken und Passung überprüfen.
Kann der Deckel einfach wieder herausgezogen werden, kann auf das Weiter verzichtet werden.
Ist der Deckel fest, wie folgt vorgehen:
Herausdrücken lässt sich der Deckel durch vorsichtiges Aufhebeln rundum mit einer Scherenklinge. Diesen Vorgang etwa drei bis fünf mal wiederholen, bis der Deckel leicht herauszuziehen ist.

Der untere Deckelsitz muss nicht geweitet werden, weil nach dem Eindrücken des Bodens (3b) dieser nicht mehr abgehoben wird.



BAUANLEITUNG

25. Den Verdrängerkolben von unten durch das 1 mm Loch des Deckels (3a) stecken.



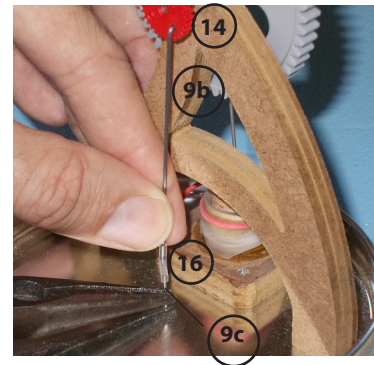
26. Den 2. Deckel (3b) als Boden nun in die nicht geweitete Seite vom Hartpapierrohr (17) eindrücken.



27. Das gesamte Oberteil vorsichtig in das Hartpapierrohr (geweitete Seite) drücken.



28. Kurbelstange (9c) vom Verdrängerkolben loslassen. Der Verdränger befindet sich nun im unteren Totpunkt. Die Kurbelstange (9b) mit dem kleinen Kurbelrad (14) in den unteren Totpunkt drehen. In dieser Position den Schlauch (16) über die Hubstange (10c) schieben um ihn mit der Kurbelstange (9b) zu verbinden. Die Hubstange (9c) nun mit einer Flachzange etwas (max. 2 mm) anheben und den Schlauch noch etwas weiter aufschieben. Es muss unbedingt gewährleistet sein, dass der Verdränger im unteren Totpunkt des kleinen Kurbelrades gerade nicht mehr auf dem Deckelboden (3b) aufliegt. Oberteil wieder aus dem Dosenunterteil nehmen (Verdränger nicht demontieren).



Achtung:

Beim Herausziehen vom Oberteil aus dem Hartpapierrohr (17) nie am Gestell ziehen! Immer am Deckelrand anheben!

29. Nach der Demontage das kleine Kurbelrad nun in die obere Totpunktstellung drehen, der Verdrängerkolben darf in dieser Position die Schrauben nur ganz leicht berühren. Ist die Bremswirkung zu hoch, wird der Motor nicht anlaufen.



BAUANLEITUNG

30. Mit dem erneuten Einsetzen des Oberteils ist der Motor fertig zum ersten Probelauf.

Steuerzeiten einstellen:

Die Steuerzeiten (= Winkelversatz zwischen den beiden Kolben) beträgt 80-90 Grad (Skizze B).

Das kleine Kurbelrad in den unteren Totpunkt drehen und in dieser Position festhalten. Nun das große Kurbelrad ebenso in den unteren Totpunkt auf der Achse verdrehen. Damit die Drehung durch die Wärme selbständig erfolgen kann, muß der Arbeitskolben 80-90° versetzt zum Verdrängerkolben drehen.

Hierzu nun das große Kurbelrad wie abgebildet um 80-90° verdreht ausrichten (s. Abbildungen und Skizze B Seite 11)

Die Räder können jederzeit gegeneinander verdreht werden, deshalb ist das Einstellen und Korrigieren sehr einfach.

Probelauf:

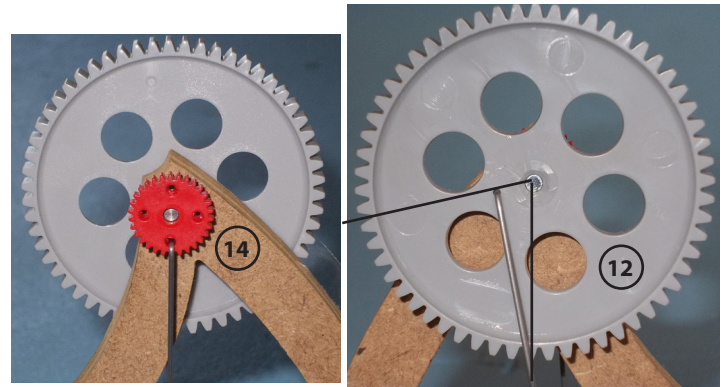
Freien Lauf durch Verdrehen der Kurbelräder überprüfen, evtl korrigieren.

Zwei Teelichter in die Einsätze stellen und anzünden. Den Motor auf den Kerzenhalter stellen und das kleine Rad so drehen, dass der Verdränger im oberen Totpunkt steht.

Nach einer Anheizzeit von ca. 20-30 Sekunden kann der Motor durch Drehen an einem der Kurbelräder gestartet werden.

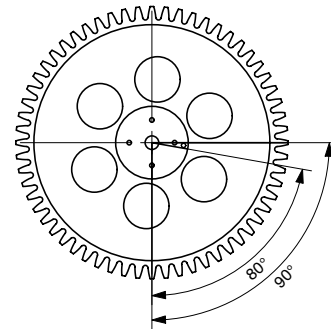
Die Drehrichtung ergibt sich aus der Stellung beider Räder zueinander.

Der Motor entwickelt relativ wenig Leistung. Deswegen muss sichergestellt sein, dass die Reibung so gering wie möglich ist.



Vorderseite (14)

Rückseite (12)



Wichtig, den Motor nie mit brennenden Kerzen unbeobachtet lassen.

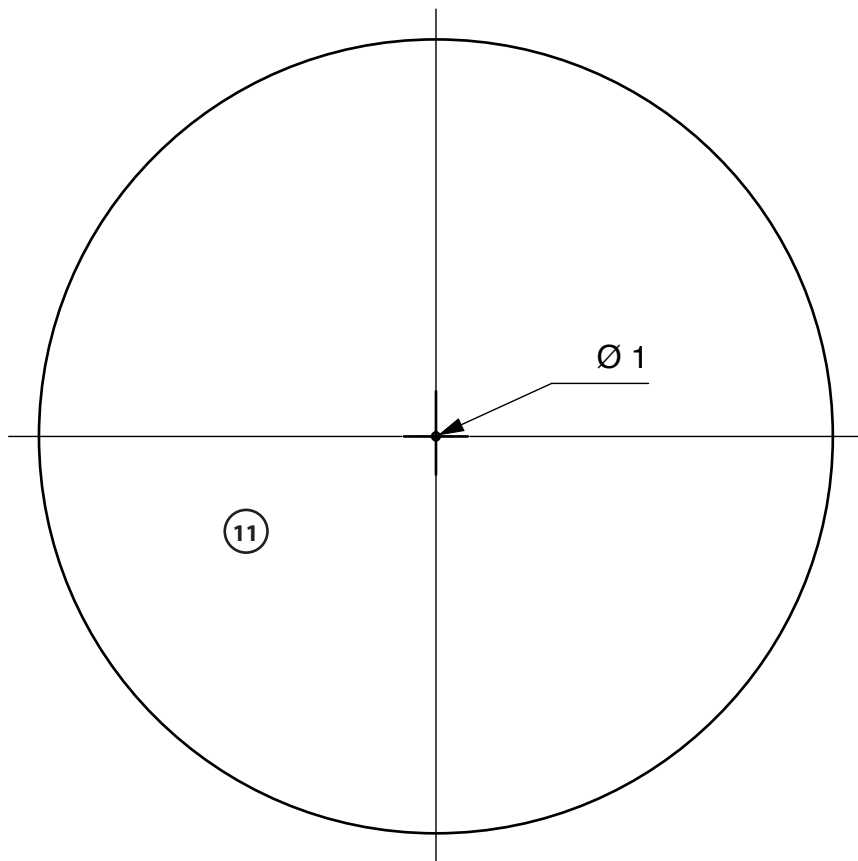
Wenn die Kerzen brennen, darf sich der Verdränger im Stillstand nie im unteren Totpunkt befinden. Der Schaumstoff könnte verkohlen.

Sollte der Motor nicht anlaufen, könnte es folgende Ursachen haben:

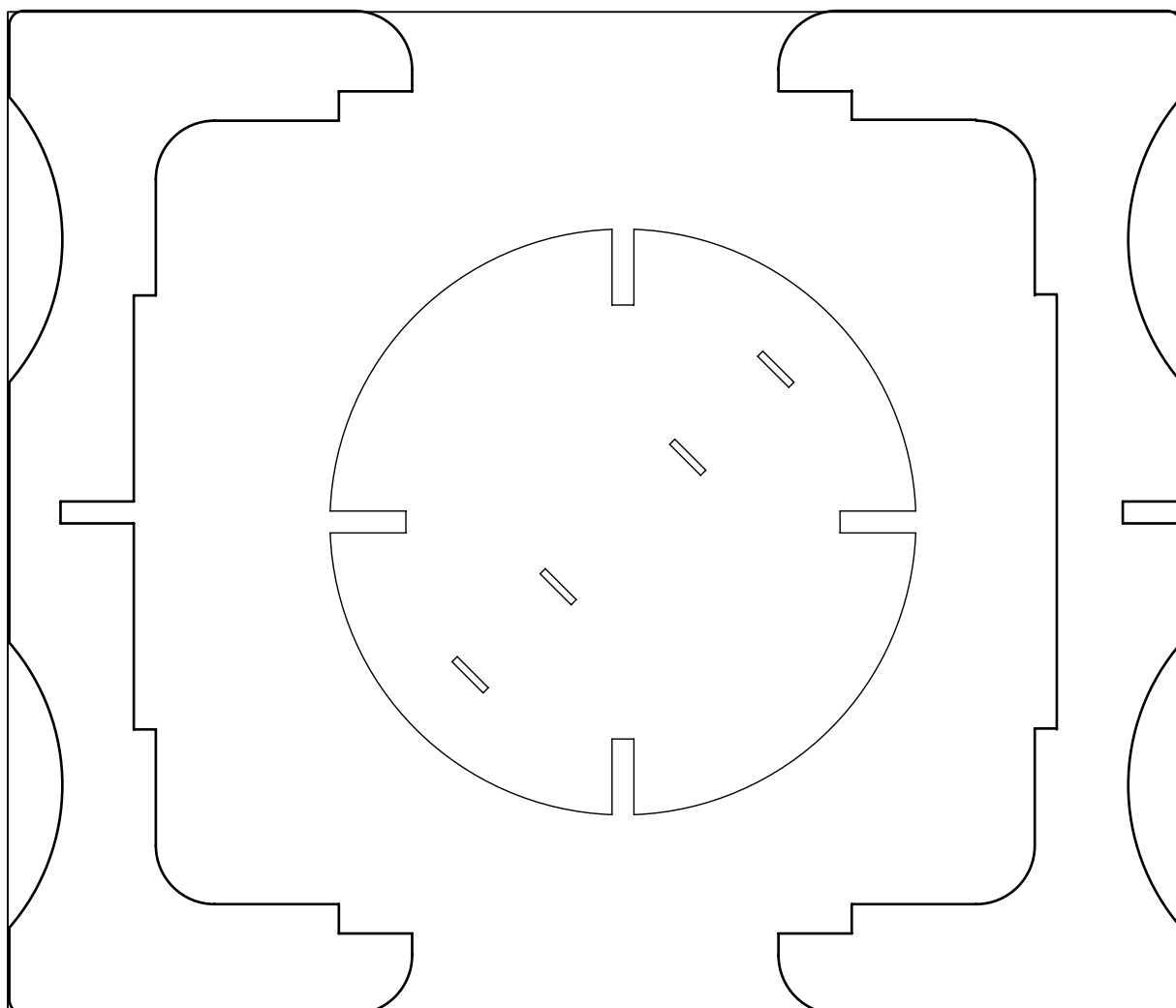
- Stößt der Verdrängerkolben am Boden an ?
- Stößt der Verdrängerkolben am oberen Deckel bzw. zu stark an den Schrauben an ?
- Bleibt der Verdrängerkolben an der Wand des Zylinders hängen oder schleift er ?
- Dreht sich die Welle reibungsfrei in der Messinghülse? Gegebenenfalls einen Tropfen Öl ins Gleitlager geben, Spiel einstellen.
- Schleift das "S" der Kolbenstangen am Maschinengestell ?
- Strafft sich die Membran im oberen Totpunkt und bremst so die Maschine ab?
- Ist die Kolbenstange verdreht (verkantet sich in der Bohrung vom großen Kurbelrad)?
- Verkantet sich die vordere Kurbelstange in der Bohrung vom kleinen Kurbelrad ?
- Läuft die Hubstange reibungsfrei durch die Bohrung im Deckel?
- Ist die Membran dicht?
- Stimmt die Steuerzeit (ca. 80-90 Grad)?



Schablone Verdrängerkolben (Schaumstoff , 11)
M 1:1

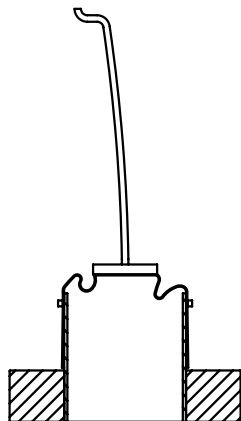


Schablone Sperrholzplatte (2)
M 1:1



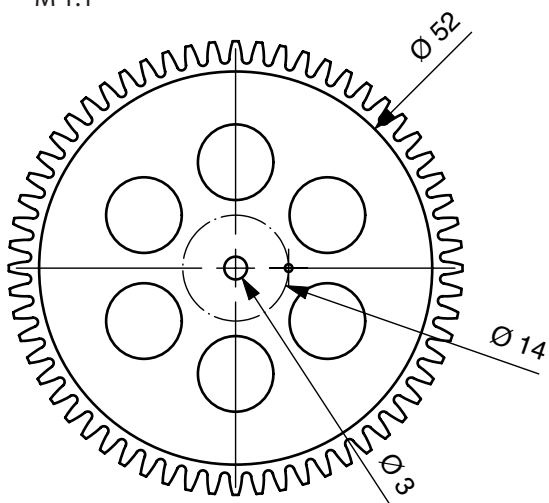
Skizze A

Membranspannung (9a)



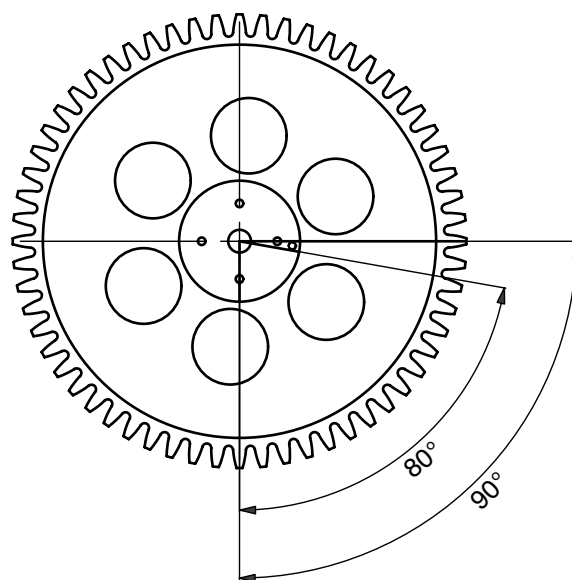
Schablone Kurbelrad (Zahnrad, 13)

M 1:1



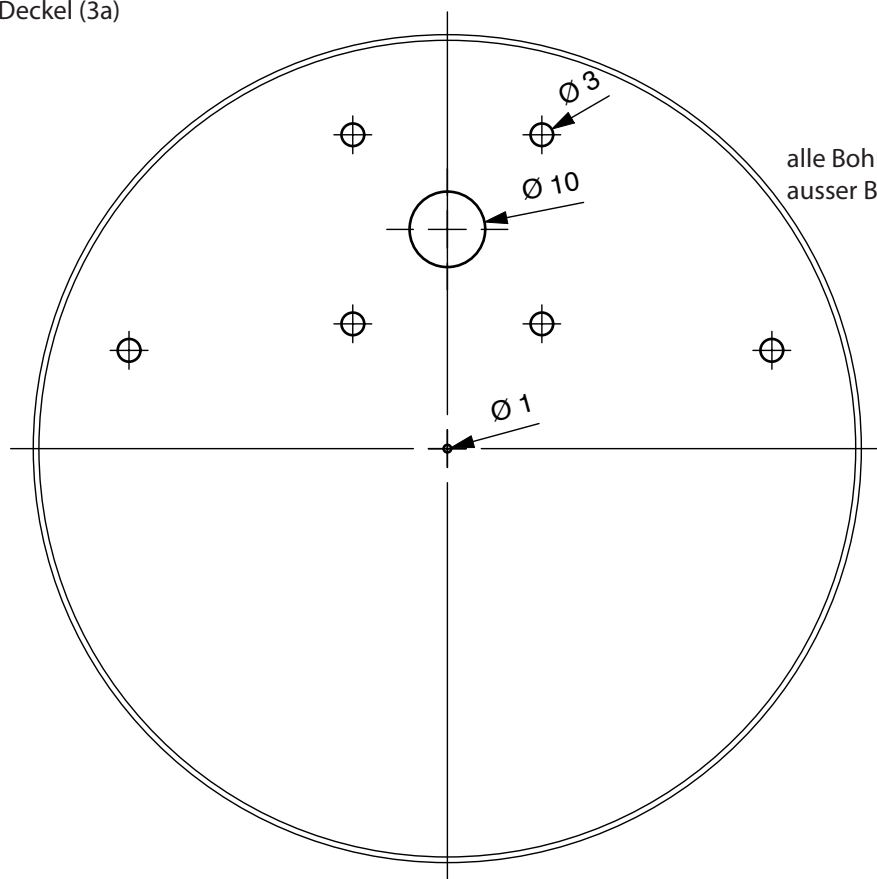
Steuerzeiten (Skizze B)

M 1:1



Schablone Deckel (3a)

M 1:1

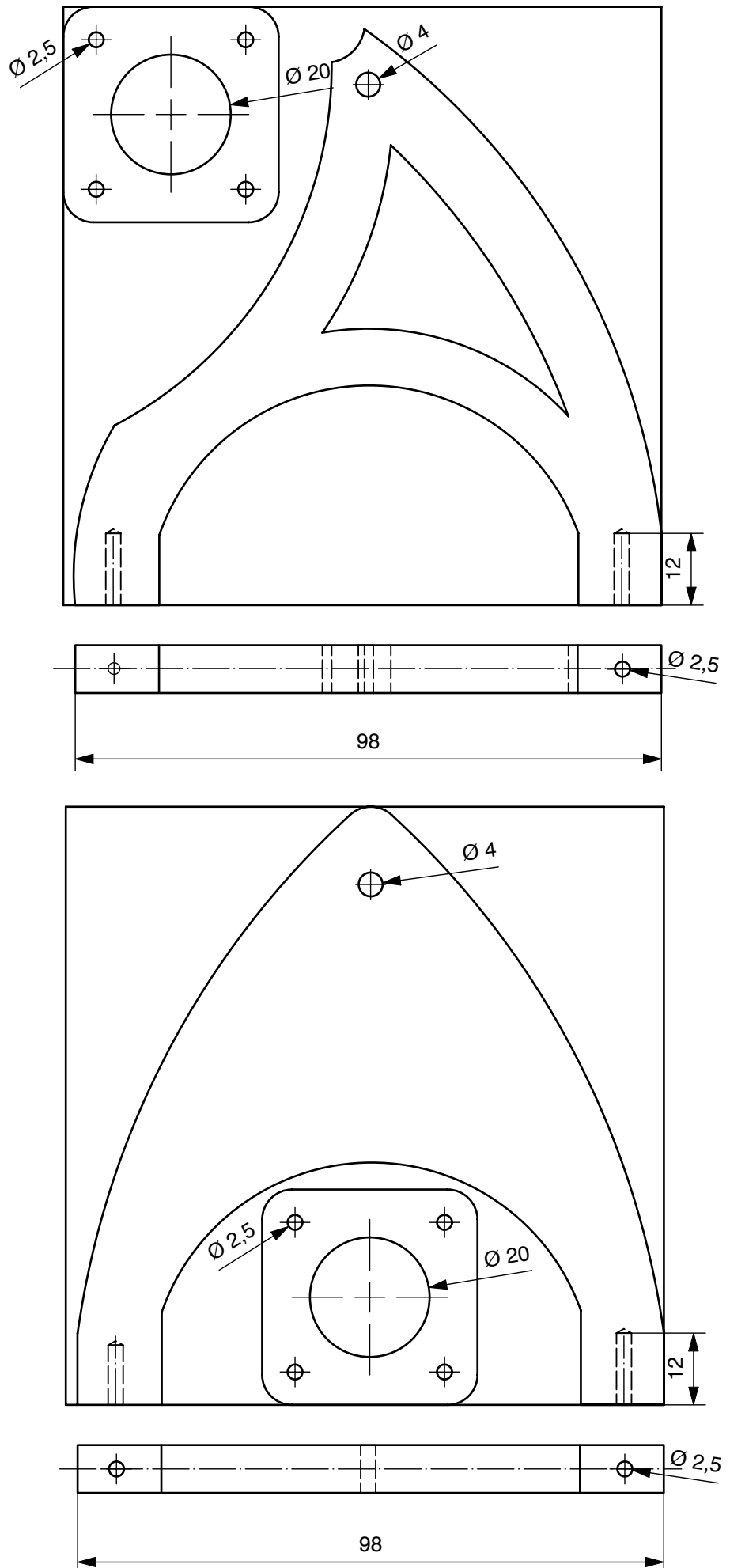


alle Bohrungen sauber entgraten
ausser Bohrung Ø1

Schablonen

MDF-Platte (1)

M 1:1



Schnitt Stirling-Motor

