

Sicherheitshinweise

Achtung: Der Stirling-Motor ecorun2.1 ist kein Spielzeug und nicht für Kinder unter 14 Jahren geeignet! Der Betrieb des Motors erfordert die gleichen Sicherheitsvorkehrungen wie der Umgang mit Feuer und offenen Flammen. Unbedingt eine feuer- und rutschfeste Unterlage verwenden. Den Motor beim Betrieb und brennender Kerze niemals unbeaufsichtigt lassen. Den nicht laufenden Motor niemals länger als 3 Minuten aufheizen. Das Bodenblech während des Betriebs niemals berühren – Verbrennungsgefahr! Exergia übernimmt keinerlei Haftung für mögliche Schäden und Verletzungen, die sich aus dem Betrieb des Motors ergeben.

(1) Komponenten

Der ecorun2.1 Stirling-Motor besteht aus den Grundelementen:

✗ Arbeitsraum: Zwei Blechdeckel und ein weißer beschichteter Gehäuseering aus Pappe bilden den Arbeitsraum

✗ Arbeitskolben: Ein in einem Aluminium Rohrabschnitt laufender Graphit-Zylinder luftdicht verbunden mit dem Arbeitsraum

✗ Verdrängerkolben: Eine runde, luftdurchlässige Schaumplatte mit Verbindungsstange innerhalb des Arbeitsraums

✗ Kurbelwelle: Zwei über die Hauptwelle verbundene Kurbelscheiben mit Hubzapfen, die um 90 Grad gegeneinander verdreht sind

✗ Pleuel: Verbindungselemente zwischen Arbeits- bzw. Verdrängerkolben und der Kurbelwelle

✗ Untergestell mit Teelicht

(2) Vorbemerkung zur Montage - siehe Fig. 0

Der vorliegende Bausatz beinhaltet alle Teile, um einen funktionsfähigen Motor aufzubauen, sowie ein Teelicht für die Inbetriebnahme. Wir haben den Bausatz so konzipiert, dass er gänzlich ohne Verwendung von Kleber montiert werden kann. Zur Montage werden lediglich benötigt:

✗ kleiner Schraubenzieher (Festziehen der Schrauben)

✗ kleine Flachzange (Festhalten / Kontern der Muttern)

✗ kleiner Hammer (Einschlagen des Zylinderstiftes)

✗ scharfes Bastel- oder Teppichmesser (Schneiden und Entgraten)

✗ evtl. ein kleines Stück Schmirgelpapier (Entgraten)

✗ ebenes Holzbrettchen (Hilfsmittel zum Einpressen)

✗ eine Nadel oder ein Stück dünner Draht (Auftragen von Öl)

✗ ein paar Tropfen Maschinenöl

Zur Vorbereitung entfernen Sie den oberen Ersatzgehäuseering (3). Dazu ziehen Sie die bedruckte Banderole ab und entfernen dann vorsichtig die Klebestreifen, die die beiden Gehäuseringe verbinden – siehe Fig. 0.

Bevor Sie mit dem Auspacken der Folienbeutel und der Montage beginnen, machen Sie sich zunächst mit den Teilen vertraut und ordnen diese entsprechend der Teileliste (siehe Ende der Bauanleitung) zu. Die Teile sind in folgende Gruppen verpackt:

✗ lose in der Dose - Teil 1-8

✗ in Folienbeuteln - Tüten A.1-7, B.1-3, C.1-5, D1-5, E.1-9, F.1-2

Wir empfehlen für den Zusammenbau das in den folgenden Abschnitten 3.1 – 3.7 beschriebene Vorgehen. Arbeitsschritte, die mit besonderer Sorgfalt auszuführen sind, oder ggf. durchzuführende Zwischentests teilmontierter Baugruppen haben wir mit einem Herzzeichen ♥ im Text gekennzeichnet. Bitte lesen Sie vor der Montage die Bauanleitung aufmerksam. Beachten Sie insbesondere die Abbildungen und die mit ♥ gekennzeichneten Abschnitte. Nehmen Sie sich ausreichend Zeit. Weitere Information finden Sie auch im Internet unter www.exergia.de/ecorun2.1. Viel Spaß mit dem Teelicht-Stirling-Motor ecorun2.1.

(3) Montage

(3.1) Das Untergestell - siehe Fig. 1

Entfernen Sie die ggf. vorhandene Stanzreste in den drei Ringstreifen (5) und der Scheibe (6). Präparieren Sie die drei langen M4 Schrauben (C.5) mit jeweils zwei Beilagscheiben (D.5) und dem Metallwinkel (B.3). Legen Sie die drei Ringstreifen (5) mit gleicher Orientierung um je ein Loch versetzt übereinander, bringen dann in der Mitte die drei Löcher zu Deckung (rechtes Loch Streifen 1, mittleres Loch Streifen 2 und linkes Loch Streifen 3) und stecken eine der vorbereiteten Schrauben (C.5) in das entstandene Durchgangsloch und fixieren sie diese mit einer der M4 Mutter (D.2). ♥ Jetzt wickeln Sie die Streifen vorsichtig - Gefahr des Abknickens - zu einem Ring. Es entsteht dabei eine mehrlagige, "verwobene" Struktur der Ringstreifen. Achten Sie beim Aufwickeln darauf, dass jeder Streifen am einen Ende in äußeren Lage beginnt und mit dem anderen Ende in der inneren Lage endet. Jetzt die beiden anderen M4 Muttern (D.2) aufschrauben und dabei auf entsprechende Ausrichtung der Winkel achten. Befestigen Sie nun drei Winkel (B.3) mittels jeweils einer kurzen M4 Schraube (C.3) und einer Mutter (D.2) an der Scheibe (6). Nach Aufschrauben von drei weiteren M4 Muttern (D.2) auf die langen bereits an den Ringstreifen befestigten M4 Schrauben (C.5) - ca. 10mm weit - die Scheibe (6) mit den Winkeln vorsichtig auf die freien Schrauben (C.5) "auffädeln" und danach mit weiteren drei M4 Muttern (D.2) fixieren. Die Enden der langen M4 Schrauben (C.5) sollten bündig mit den inneren M4 Muttern abschließen, so dass das Teelicht aufgenommen werden kann. Danach werden die drei Standfüße bestehend aus jeweils zwei Standelementen (A.1) und den schwarzen Distanzrollen (B.2) mit den M4 Schrauben mittlerer Länge (C.4)

und Muttern (D.2) an den bereits montierten Winkeln befestigt. Beilagscheibe bei den oberen Distanzrollen nicht vergessen. ♥ Vor dem endgültigen Festziehen aller Schrauben und Muttern das Teelicht (9) und den Gehäuseering (3) mit Bodendeckel (2) testweise einsetzen und alle Teile nachjustieren.

(3.2) Der obere Deckel - siehe Fig. 2

Entfernen Sie vorhandene Grate und Nasen am Arbeitszylinderring (7) und an den äußeren Kanten des Arbeitszylinders (F.1). Verwenden Sie dazu ein scharfes Bastelmesser und/oder Schmirgelpapier. ♥ Den Arbeitszylinder (F.1) und den Arbeitskolben (F.2) mit einem trockenen Tuch sorgfältig von Graphitstaub reinigen. Danach das "reibungsfreie" Gleiten des Kolbens im Zylinder testen. Setzen sie den Arbeitszylinder (F.1) exakt mittig auf den Ring (7) und pressen diesen mit sanftem Druck vorsichtig ein. Dies sollte ohne mechanische Presse per Hand möglich sein. Legen Sie ggf. ein ausreichend großes und ebenes Holzbrettchen oder ähnliches auf den oberen Rand des Zylinders, um eine größere Auflagefläche für Ihre Hand zu haben. Achten Sie beim Einpressen unbedingt darauf, dass der Zylinder senkrecht zum Zylinderring steht und nicht verkantet. ♥ Der eingepresste Zylinder sollte nach unten bündig mit dem Ring abschließen und darf in keinem Fall überstehen. Die Verschraubung des Arbeitszylinderrings (7) mit dem dem Gehäusedeckel (1) erfolgt mittels vier langer M2 Schrauben (C.2). Dabei die Beilagscheiben (D.4) nicht vergessen. Schrauben Sie die Muttern zunächst nur locker auf. ♥ Achten Sie darauf, dass der Ring überall ohne Spalt am Gehäusedeckel anliegt. Jetzt die vier Schrauben (C.2) vorsichtig festziehen. Ggf. dabei die Muttern mit der Flachzange gegen Verdrehen sichern. Schneiden Sie nun von dem Silikonschlauch mittleren Durchmessers (E.7) zwei Stücke mit einer Länge von ca. 2mm ab. Diese dienen zur Positionierung des Winkels (B.3) und als Dichtungselemente. Die Befestigung der Winkel erfolgt mittels der längeren M2 Schrauben (C.2), der mittleren Beilagscheiben (D.4) und den Muttern (D.1). Die Zentrierelemente und Beilagscheiben (D.3) nicht vergessen. ♥ Achten Sie darauf, dass die hochstehenden Fahnen beider Winkel in einer Ebene liegen.

(3.3) Das Lager der Kurbelwelle - siehe Fig. 3a/b

Vier M4 Schrauben mittlerer Länge (C.4) in das erste schwarze Lagerelement der Kurbelwelle (A.2) einstecken und mit den Schraubenköpfen nach unten auf eine Unterlage legen. Dann nacheinander zwei Metallflachstäbe (A.5), vier weiße Distanzrollen (B.1), zwei weitere Metallflachstäbe und das zweite schwarze Lagerelement aufstecken und mit vier M4 Muttern fixieren. Danach befestigen Sie den Lageraufbau mittels zweier weiterer M4 Schrauben (C.4) an den beiden Metallwinkeln auf der Deckplatte. Dabei nicht die beiden Distanzrollen vergessen. ♥ Unbedingt darauf achten, dass der Aufbau in der oberen Position des Langlochs im Metallwinkel fixiert wird und *die beiden Schrauben gut festziehen!* (siehe Fig. 3b) Vor dem endgültigen Festziehen der oberen vier Schrauben (C.4) montieren Sie testweise die große Kurbelscheibe (E.1). ♥ Die eingeführte Hauptwelle muss waagerecht verlaufen. Eventuell den gesamten Aufbau durch leichten Druck auf die Metallflachstäbe vorsichtig verbiegen, so dass dieser gut senkrecht zur Deckfläche steht und die Achse danach waagerecht verläuft. ♥ Des weiteren muss die Achse senkrecht zu beiden Lagerelementen ausgerichtet sein. Bei Bedarf können Sie diese leicht gegeneinander (geringes Spiel) verschieben. Danach die oberen vier Schrauben festziehen.

(3.4) Der Propeller mit Kurbelscheibe - siehe Fig. 4

Entfernen Sie die Lochstanzungen in den vier Propellerflügeln A (A.6) und den zwei Propellerflügeln B (A.7). Jeweils zwei Propellerflügel des gleichen Typs mit der hellen Seite aufeinander legen und mittels einer kurzen M2 Schraube (C.1) und einer M2 Mutter (D.1) an der Kurbelscheibe (E.1) befestigen. Die drei M3 Beilagscheibe (D.4) nicht vergessen. Dann die Flügel an den äußeren Enden ebenfalls mit gleichen Schrauben und Muttern zusammenschrauben. ♥ Vor dem endgültigen Festziehen der Schrauben die Flügelflächen senkrecht zur Achse ausrichten.

(3.5) Die Kurbelscheiben - siehe Fig. 5

In die Mittelbohrung der kleinen Kurbelscheibe (E.2) wird die Hauptwelle, die fest mit der anderen Kurbelscheibe (E.1) verbunden ist, eingesteckt. Diese Bohrung muss vorher noch mit beigelegten 26 mm lange Zylinderstift (E.5) aufgeweitet werden. ♥ Schlagen Sie diesen dazu vorsichtig mit einem kleinen Hammer in das Mittelloch von (E.2) ein und achten dabei unbedingt auf die senkrechte Ausrichtung.Danach entfernen sie den Werkzeugstift wieder mit der Flachzange. Schlagen Sie nun von anderen Seite den kurzen Zylinderstift (Hubzapfen) (E.3) soweit in das nicht zentrische Loch der kleinen Kurbelscheibe (E.2) ein, dass er bündig in der Bohrung sitzt (ca. 2mm). Vom dünnen Silikonschlauch (E.6) schneiden Sie zwei 2mm lange Stücke ab. und schieben diese bis zum Anschlag auf die beiden Achsen der großen Kurbelscheibe (E.1). Montieren Sie zunächst die beiden Kurbelscheiben. Schieben Sie eine Distanzperle (E.9) auf die Hauptwelle an der großen Kurbelscheibe (mit Propeller) und führen diese dann durch die beiden Lager. Danach von der anderen Seite eine Abstandsperte aufschieben. ♥ Fixieren Sie große Kurbelscheibe mit einer Hand (zwischen die Propellerflügel greifen) und schieben dann mit der anderen Hand sehr vorsichtig mit leichter Drehbewegung die kleine Kurbelscheibe auf das heraus stehende Ende der Hauptwelle. Achten Sie auf ein axiales Spiel von ca. einem halben Millimeter. Der Propeller sollte sich jetzt leicht drehen lassen und nach schwingvollem Anschub einen Nachlauf von ein bis zwei Sekunden zeigen. Jetzt müssen Sie noch die richtige Verdrehung der beiden Kurbelscheiben zu einander einstellen. Diese bestimmt die sogenannte Phasenverschiebung zwischen Arbeits- und Verdrängerkolbenbewegung und sollte ca. 90° betragen. Sie ist entscheidend für die Funktion des Motors und seiner Drehrichtung. Stellen Sie sich die beiden nicht zentrischen Achsen an den Kurbelscheiben als Zeiger einer Uhr vor. Schauen Sie von vorne auf den Propeller und drehen diesen soweit, bis die zugehörige Achse in der oberen, der 12:00-Position ist. Verdrehen Sie nun die kleine Kurbelscheibe, so dass deren Achse (E.3) die in der 9:00-Stellung steht. Sie schauen dabei immer noch von der Propellerseite aus und stellen sich vor, dass Sie durch die Lagerelemente hindurch sehen können. Der Motor ist jetzt so eingestellt, dass er sich im Uhrzeigersinn dreht. Die

Einstellung der (E.4) in der 3:00-Stellung würde in einer Laufrichtung gegen den Uhrzeigersinn resultieren.

(3.6) Montage der Pleuel - siehe Fig. 6

Vom dünnen Silikonschlauch (E.6) schneiden Sie zwei 3mm und zwei 8mm lange Stücke. Von dem dicken Silikonschlauch (E.8) schneiden Sie zwei 8mm lange Stücke ab und schieben diese jeweils vorsichtig auf die unteren, schmalen Enden der Pleuel (A.3) und (A.4). ♥ Gefahr des Abknickens der unteren Enden! Danach werden die beiden Zylinderstifte (E.4) soweit von unten zwischen Schlauch und Pleuel gesteckt, bis sie noch einen Überstand von 5mm aufweisen (siehe Fig. 6). Auf die freien Enden der Zylinderstifte stecken Sie jetzt jeweils 4mm weit die 8mm langen dünnen Silikonschläuche auf.

(3.6.1) Arbeitskolbenpleuel

Das offene Schlauchende des kurzen Arbeitskolbenpleuels (A.4) ca. 3mm auf den Pin des Arbeitskolbens (F.2) stecken, so dass ein flexibler Schlauchabschnitt von ca. 1mm verbleibt. Den Arbeitskolben in den Zylinder einsetzen, das Pleuel mit zwei Distanzperlen auf den Stift (Hubzapfen) der kleinen Kurbelscheibe (E.2) aufschieben und mit dem 3mm Schlauchabschnitt (E.6) gegen Abrutschen sichern. Achten Sie dabei wieder auf ein axiales Spiel von ca. einem halben Millimeter. ♥ *Testen Sie nun den freien Lauf des Arbeitskolbens durch manuelles Drehen des Propellers. Der Arbeitskolben darf in keinem Fall in der seiner unteren Position den Gehäusedeckel berühren oder gar auf diesem aufsitzen.* Ggf. durch Verschieben des Stiftes (E.4) nachjustieren.

(3.6.2) Verdrängerkolbenpleuel

Setzen Sie nun den Gehäusedeckel (2) mit dem fertigen Aufbau auf die Verdrängerplatte (4). Auf den nach oben austretenden Führungsstift stecken Sie nun ca. 3mm weit das offene Ende des Silikonschlauchs des Verdrängerkolbenpleuel. Nacheinander die erste Distanzperle, das Pleuel, die zweite Distanzperle und schließlich den 3mm Schlauchabschnitt (E.6) auf den Hubzapfen der großen Kurbelscheibe (E.1) schieben. Es empfiehlt sich dabei, den Propeller vorher so zu drehen, dass sich der Hubzapfen zur Aufnahme des Pleuels in der oberen Position befindet. Das Pleuel lässt sich dann leichter auf diesen Stift aufstecken. Testen Sie nun den freien Lauf der Verdrängerplatte. ♥ In der oberen Position sollte die Schaumplatte immer noch einen Abstand von ca. einem Millimeter zur Unterseite des Gehäusedeckels haben. ♥ Des weiteren muss des freie Lauf des Propellers geprüft werden. Dieser darf nirgendwo anschlagen. Evtl. müssen die Propellerflügel nachjustiert werden. ♥ Auf die richtige Ausrichtung der Pleuel achten: Die Zylinderstifte (E.4) müssen immer auf den Seiten der Pleuel angeordnet sein, die den Lagerelementen (A.2) zugewandt sind.

(3.7) Schließen des Gehäuses, Öl

Drücken sie nun vorsichtig den Gehäusedeckel (2) mit der montierten Verdrängerplatte in den Gehäuseering (3). Achten Sie dabei darauf, dass der Deckel gerade aufsitzt und nicht verkantet. Der Motor besitzt fünf Lager, die geölt werden sollten: die beiden Buchsen für die Hauptwelle in den Lagerelementen, die oberen Aufhängungen der beiden Pleuel und der Durchgang des Verdrängerführungsstifts im Gehäusedeckel. Geben Sie vorsichtig vor diesen Lagern einen sehr kleinen Tropfen Maschinenöl auf die entsprechenden Stifte. Das Öl sollten dann in den Lagerspalt gesogen werden. ♥ Der Arbeitskolben ist trocken laufend und darf nicht geölt werden! Ihr Motor ist nun bereit für den ersten Testlauf.

(4) Inbetriebnahme

Zur Inbetriebnahme des Motors verwenden Sie unbedingt eine feuerfeste Unterlage. Ihre Experimentierumgebung sollte trocken und gegen Luftzug geschützt sein. Setzen Sie das Teelicht in die entsprechende Aussparung der Untergestells. Nach Anzünden der Kerze wird der eigentliche Motor mittig in des Untergestell gesetzt. Nach ca. 1 bis 2 Minuten können Sie den Motor durch eine leichte Drehung des Propeller im Uhrzeigersinn (Sicht auf den Propeller, s.o.) anwerfen. ecorun2.1 sollte dann augenblicklich starten. Ein Teelicht ermöglicht eine Betriebsdauer von über drei Stunden. Beachten Sie, dass die Größe der Kerzenflamme während der Brenndauer variiert. Dies führt zu sich verändernden Drehzahlen des Motors zwischen ca. 200 und 600 Umdrehungen pro Minute. Verwenden Sie zum Betrieb ausschließlich Teelichter im vorgesehenen Untergestell. Die Flamme darf unter keinen Umständen den unteren Gehäusedeckel (1) berühren. Kürzen Sie evtl. den Docht des Teelichts mit einer Schere.

(5) Fehlerbehebung

Sollte der Motor nicht zufriedenstellend oder gar nicht funktionieren, machen Sie sich in aller Ruhe auf die Fehlersuche. Gehen Sie die nachfolgende Checkliste durch, überprüfen Sie ob ein Fehler vorliegt und beheben Sie diesen gegebenenfalls.

(5.1) Dichtigkeit des Arbeitsraums

In der Regel gewährleisten alle Schraub- und Pressverbindungen eine ausreichende Dichtigkeit des Motors bzw. seines Arbeitsraumes. Um dies zu testen, demontieren Sie das Arbeitskolbenpleuel und beobachten das freie Absinken des Arbeitskolbens im Zylinder. Eine Absenizeit von deutlich weniger als zwei Sekunden deutet auf nicht ausreichende Dichtigkeit hin. Folgende Stellen kommen für Leckagen in Frage:

✗ Der Metallwinkel (B.3) auf dem Gehäusedeckel (2). ► Schrauben bzw. Muttern nachziehen und ggf. das Silikonschlauchstück erneuern.

✗ Der Ring für den Arbeitszylinder (7) liegt nicht plan an. ► Ring demontieren und verdreht wieder festschrauben. Sollte immer noch ein Spalt verbleiben, diesen mit etwas Klebstoff (z.B. Uhu Plus) verschließen.

✗ Würde der (obere) Gehäusedeckel zu oft entfernt und wieder eingedrückt, kann es an dem so gedehnten Gehäuseering evtl. zu einer undichten Verbindung mit dem Deckel führen. ► Den Deckel in den Gehäuseering einkleben. Vorsicht: Da nach können Sie den Deckel nicht ohne weiteres entfernen.

Sollten Sie die undichten Stelle nicht direkt finden hilft das Auftragen von etwas

Seifenlauge (Wasser mit Spülmittel) mit einem Pinsel auf die fraglichen Stellen. Durch manuelles Drehen des Propellers können Sie einen kleinen Überdruck im Motor erzeugen. Austretende Luft verrät sich durch Bildung kleiner Bläschen in der Seifenlauge.

(5.2) Mechanische Reibungswiderstände

Beachten Sie alle Hinweise in dieser Bauanleitung, die den freien Lauf und axiales Lagerspiel betreffen. Richten Sie Ihr Augenmerk auf folgende Punkte:

✗ freier Lauf der Achsen in den Pleuelbuchsen ► Distanzelemente nachjustieren

✗ freier Lauf der Hauptwelle in den Buchsen der Lagerelemente ► kleine Kurbelscheibe nachjustieren

(5.3) Freier Lauf der Kolben

Lesen Sie noch einmal die Hinweise in Abschnitt 3.6 "Montage der Pleuel". Eventuell eine entsprechende Nachjustierung vornehmen. In das Motorgehäuse eingedrungene Feuchtigkeit kann in dem Spalt zwischen Arbeitskolben und Zylinder kondensieren und so zum Blockieren des Kolbens führen. Demontieren Sie in diesem Fall die Einheit Arbeitskolben mit Pleuel und trocknen Sie den Graphitkolben. Den Motor eine gewisse Zeit zum Entweichen etwaiger Restfeuchte geöffnet lassen.

(5.4) Phasenverschiebung der Kolbenbewegung

Lesen Sie noch einmal die Hinweise in Abschnitt 3.5 "Die Kurbelscheiben". Eventuell dann die kleine Pleuelscheibe nachjustieren.

(5.5) Heizleistung

Stellen sie sicher, dass der der Motor ausreichend erwärmt wird. Dazu sollte die Flamme des Teelichts eine Höhe von mindestens ein bis anderthalb Zentimeter betragen, sowie ruhig und ohne Flackern brennen. Benutzen Sie ggf. ein neues Teelicht. Damit die Wärme des brennenden Teelichts auch gut auf das Bodenblech des Motor übertragen werden kann, ist dieser unbedingt vor jeglicher Zugluft zu schützen.

(6) Teileliste (Nummer | Bauteil | Anzahl)

1	Gehäusedeckel, unten	1
2	Gehäusedeckel, oben	1
3	Gehäuseering, Teile 1-3 bilden die Verpackungsdose	1+1
4	Verdrängerplatte mit Führungsstift	1
5	Ringstreifen des Untergestells, farbig	3
6	Scheibe des Untergestells, farbig	1
7	Arbeitszylinderring	1
8	Teelicht, Brennstoff	1
A.1	Standelement des Untergestells, schwarz	6
A.2	Lagerelement der Kurbelwelle, schwarz	2
A.3	Pleuel, lang	1
A.4	Pleuel, kurz	1
A.5	Metallflachstab 7Loch	4
A.6	Propellerflügel A, farbig	4
A.7	Propellerflügel B, farbig	2
B.1	Distanzrollen, weiß, 8mm	6
B.2	Distanzrollen, schwarz, 11mm	6
B.3	Metallwinkel	8
C.1	Senkschraube, M2 x 4, kurz	6
C.2	Senkschraube, M2 x 6, lang	6
C.3	Zylinderschraube, M4 x 5, kurz	3
C.4	Zylinderschraube, M4 x 16, mittellang	12
C.5	Zylinderschraube, M4 x 35, lang	3
D.1	Mutter, M2	12
D.2	Mutter, M4	24
D.3	Beilagscheibe, Ø innen=2,2mm, klein	2
D.4	Beilagscheibe, Ø innen=3,2mm, mittelgroß	9
D.5	Beilagscheibe, Ø innen=4,3mm, groß	9
E.1	Kurbelscheibe mit Hauptwelle und Hubzapfen, groß	1
E.2	Kurbelscheibe, klein	1
E.3	Zylinderstift, Länge=12mm, kurz, Hubzapfen	1
E.4	Zylinderstift, Länge=16mm, mittellang	2
E.5	Zylinderstift, Länge=26mm, lang, Werkzeug	+1
E.6	Silikonschlauch, Länge=~30mm, dünn Stücke schneiden: 2x 2mm, 2x 3mm, 2x 8mm	1
E.7	Silikonschlauch, Länge=~l0mm, mittlere Dicke Stücke schneiden: 2x 2mm	1
E.8	Silikonschlauch, Länge=~30mm, dick Stücke schneiden: 2x 8mm	1
E.9	Distanzperle (2 Ersatzperlen)	6+2
F.1	Arbeitszylinder	1
F.2	Arbeitskolben mit Pin	1

ecorun2.1-kit

Teelicht-Stirling-Motor Candle Stirling Engine

Bauanleitung Construction Guide

Safety Instructions

Attention: The Stirling Engine ecorun2.1 is not a toy and not suitable for children under the age of 14. When running this engine use the same safety precautions as for open fire and flames. Never leave the engine running or the candle burning unsupervised. Never let a stopped engine heat for more than 3 minutes. Don't touch the engine's bottom cover - burn injury hazard. Exergia is not responsible for any damages or injury occurring during the operation of this engine.

(1) Design

The ecorun2.1 Stirling engine consists of five main units:

- x Main working space: 'Can' comprising top and bottom housing covers connected by a white cardboard ring
- x Power piston: A graphite piston running in an aluminium power cylinder directly connected to the main working space.
- x Displacer piston: A foam disc inside the main working space.
- x Crankshaft and propeller: Two rods connect the crankshaft to the displacer and power piston – the phase difference between the sinusoidal movement of the pistons is about 90 degrees.
- x Rack with candle

(2) Hints - see Fig. 0

The kit includes all parts to assemble the engine. No gluing is required. Only common hand tools are required:

- x Small screwdrivers (Philips N° 1 and N° 2)
- x 7mm (M4 nuts) and 4mm (M2 nuts) spanners are useful but not essential
- x Small flat-nosed pliers
- x Small hammer
- x Craft knife (sharp!) for cutting and de-burring
- x Sand paper for de-burring

Additionally you should have at hand:

- x A small piece of wood, like a child's brick, to press the power cylinder by hand into its ring.
- x A few drops of thin mineral oil (Not vegetable oil!)

Before starting to assemble the engine pull off the printed paper cylinder, carefully remove the adhesive tapes and separate the replacement housing ring (3). The parts are packed in the main working space. Identify all the parts by name and part number given in the parts list. The parts come in groups as follows:

- x Loose in the can - Parts 1-8
- x Plastic bag - A.1-7, B.1-3, C.1-5, D1-5, E.1-9, F.1-2

The six stages for assembling the engine are in described in the paragraphs below. All steps that need extra care or additional tests of assembled units are marked with a ♥ in the text. Please carefully read through each stage before starting work, follow the tips and take your time. Only finger-tighten fasteners to begin with, only tighten properly when the instructions say so. For further information see: www.exergia.de/ecorun2.1. Have a lot of fun with the ecorun2.1 engine!

(3) Assembly

(3.1) The Candle Rack - see Fig.1

If necessary, push out from the back (white) any 'chads' left in the punched holes of the ring strips (5) and the disc (6). To each of the three long M4 screws (C.5), fit two washers

(D.5) and a metal angle bracket (B.3). Lay the three ring strips on top of each other so that the holes are staggered by one position to line up one clearance hole (in the middle) through all three strips. Put one of the prepared screws into this hole and fit an M4 nut (D.2) to hold the strips in place. ♥ Now wrap the three strips into a ring. Be very careful as the cardboard strips are easily broken. You should get a multilayer ring assembly, with every strip starting with one end in the inner layer and its other (rounded) end in the outer layer. Fit the other two long M4 screws (C.5) with an M4 nut (D.2) each taking care to get the right orientation of the angle brackets (B.3). Attach three other angle brackets (B.3) to the disc (6) with a short M4 screw (C.3) and nut (D.2). Now fit the angle brackets on the disc over the three ends of the long M4 screws (C.5) that already hold the ring assembly together. Use two M4 nuts (D.2) for each bracket. Make sure that the inner M4 nuts are flush with the ends of the screws to make a proper seat for the tea light candle (9).

Assemble two black supports (A.1) to each angle bracket on the ring assembly. Use two medium M4 screws (C.4), two black distance pieces (B.2), two M4 nuts (D.2) for each bracket and don't forget one M4 washer (D.5) for the upper distance piece. ♥ Now fit the candle (9) and the housing ring (3) with its bottom cover (1) into the rack, adjusting the supports and brackets so that everything fits well. Finally, tighten all screws and nuts.

(3.2) The Top Cover - see Fig.2

Remove the power piston from its cylinder. With a craft knife and/or sand paper, carefully remove any burrs from the edges of the power cylinder (E.1) and its ring (8).

♥ Very carefully clean all traces of dust from the power cylinder. Refit the piston and check that it glides smoothly inside the cylinder without noticeable friction or any sticking. Place the ring (7) on a hard flat surface and carefully push the power cylinder into it using hand pressure. Making sure that it stays vertical to avoid the cylinder jamming. A small piece of wood on top of the cylinder may help to increase hand pressure to push it down flush. Cut two 2mm long pieces of the medium sized flexible tube (E.7). Fix the last two angle brackets (B.3) on the top of the cover using long M2 screws (C.2), the medium sized M3 washer (D.4), the tube piece, the small M3 washer (D.3) and the M2 nut (D.1). ♥ Take care that with the correct orientation of the brackets. Fit the power cylinder and ring to the top cover (2) using the four long M2 screws (C.2), the medium M3 washers (D.4) and the M2 nuts (D.1). ♥ As a first step, only finger-tighten the nuts. Ensure that there is no gap between the ring and the top cover before final tightening the nuts.

(3.3) Crankshaft Support Assembly - Fig.3a/b

Fit four M4 x 16 screws (C.4) into the holes in one of the crankshaft support plates (A.2) and lay it on the table with the screw heads down. Fit two of the metal strips (A.5), the white distance pieces (B.1), two more metal strips and the second support plate (A.2), fastening this stack with four M4 nuts (D.2). ♥ Attach this assembly to the metal angle brackets on the top cover with two more M4x16 screws (C.4), distance pieces (B.1) and M4 nuts (D.2) in the highest position possible - see fig.3b. Tighten the two screws firmly. ♥ Fit the main axle of the large crank disc (E.1) into the bushes. It must be horizontal, and perpendicular to each support plate (A.2). If not, adjust by slightly moving the supports relative to each other. Now final tighten the four screws and their nuts. ♥ The complete assembled upper structure should be perpendicular to the upper cover surface. If this is not the case carefully correct this by slightly bending the metal strips.

(3.4) Propeller and Crank Disc Assembly - Fig.4

If necessary, push out from the back (white) any 'chads' left in the punched holes of the propeller blades A (A.6) and B (A.7). Fastened pairs of blades together - white sides face to face - with short M2 screws (C.1), M3 washer (D.4) and the M2 nut (D.1) to the crank disc (E.1). Then fasten together each blade pair at their outer ends with M2 screws (C.1) and nuts (D.1) - no washers. ♥ Take care that each blade's surface is perpendicular to the main axle.

(3.5) Fitting and Adjustment of Crank Discs - Fig.5

The central hole in the small crank disc (E.2) has to be enlarged using the long pin (E.5) as a tool. ♥ With a small hammer, carefully drive the tool pin (E.5) into the central hole in the crank disc taking care that it is perpendicular to the disc. Using the pliers, carefully pull out the pin. Now turn the crank disc over and drive the short pin (E.3) into the outer hole. Cut two 2mm long pieces of the thin flexible tube (E.6) and fit one each to the axle and the pin of the large crank disc (E.1). Put one of the small beads (E.9) on the axle and pass the axle through the bushes of the support assembly. Put another bead on the free end of the axle. Hold the large crank disc with one hand - grasp between the propeller blades. With your other hand, twist the small disc on to the axle. Ensure that the axle has about a half millimetre of end-play (float). ♥ Test the free running of the propeller. After a flick with your finger, it should continue to spin for about two seconds. Now it's time to adjust the off-set between the two crank discs. This provides the so-called 'phase difference', the correlation between the movement of the two pistons. It should be somewhere about 90 deg. Imagine the pins in the two crank discs as the hands of a clock. Looking at the propeller from the front, turn it until its crank pin is in the 12 o'clock position. Hold the large crank disc in this position, and twist the small crank disc until its pin is at 9 o'clock as seen from the same (propeller) end. Set like this, the engine will run clockwise. If you set the small crank disc's pin to 3 o'clock, the engine will run anti-clockwise.

(3.6) The Connecting Rods - Fig.6

From the thin flexible tube (E.6), cut two 3mm lengths and two 8mm lengths. From the thick flexible tube (E.8), cut two 8mm lengths. Carefully push an 8mm lengths of (E.8) onto the narrow end of each connecting rod - the Power Piston Con Rod (A.4) the Displacer Piston Con Rod (A.3). ♥ Be very careful as you can easily break the cardboard. Insert the

the medium sized pin (E.4) into the gap between the tube and the connecting rod (referenced to below as con rod tube and pin). The pins must protrude 5mm below the lower end of the con rods. Push an 8mm length of the thin flexible tube (E.6) about 4mm over the bare end of each pin (E.4).

(3.6.1) Power Piston Con Rod (PPC)

Push pin of the power piston (F.2) about 3mm into the open end of the PPC tube; this should leave a gap inside the tube of about 1mm between the ends of the two pins. Insert the power piston into its cylinder. Fit a bead (E.9) onto the the pin of the small crank disc (E.2) followed by the head of the PPC and a second bead (E.2). Push a 3mm length of the thin flexible tube (E.6) onto the open end of the crank pin to stop the con rod coming off. Ensure that there is a slight gap (about half a millimetre) between the bead and the tube. ♥ Manually spin the propeller to test the free movement of the power piston. The power piston must not touch the top cover. If necessary readjust the PPC pin.

(3.6.2) Displacer Piston Con Rod (DPC)

Now fit the top cover over the displacer piston (4) pin so that the piston will eventually be inside the working space (the 'can'). Push the displacer piston's pin about 3mm into the open end of the DPC's tube. Then finish assembling the DPC onto the propeller crank pin as you did with the PPC. The easiest way to fit the DCP onto the crank pin is to rotate the prop until the pin is in its upper-most position.

♥ The assembled displacer piston should have a minimum distance from the top cover of about one millimetre in its upper position. ♥ Check the free running of the propeller. If necessary readjust the propeller blades. ♥ Take care to orientate the con rods correctly. The pins must be on the side of the con rods that faces the support plates (A.2).

(3.7) Closing the Housing and Lubrication

Now carefully press the top cover (2) with the complete upper assembly into the housing ring. The engine has five bearing bushes: two bushes for the main axle in the support plates, two bushes in the connecting rods and one in the top cover to guide the displacer rod. Use a thin piece of wire or the long cylindrical pin (E.5) to apply a tiny drop of machine oil to each pin or axle where it goes through the bushes. Make sure that the oil goes into the bearing. ♥ DO NOT get any oil on the power piston or cylinder! Now your engine is ready for the first test run.

(4) Operating Instructions

Before starting, make sure that you're set up on a fireproof base in a dry and draft-free environment.

Put the tea light candle into the rack, light the candle and fit the engine centred on top of the rack over the burning candle. After a minute or two, flip the prop in a clockwise direction (assuming you are looking toward the prop, see paragraph 4.5). The ecorun2.1 engine should start immediately and will run for more than thee hours - the burning time of the candle.

Please note that the size of the candle flame may vary during burning resulting in the engine's speed varying anywhere between 200 and 600 rpm.

The candle flame must never touch the surface of the lower housing cover. If necessary, shorten the candle's wick with a pair of scissors.

(5) Troubleshooting

If you can't get your engine to operate properly or not run at all, go through the following check list step by step, fixing any problems identified.

(5.1) Sealing of the Working Space

The working space must be fairly air-tight. Normally all of the screwed and pressed connections should provide adequate sealing of the engine. To check there are no major leaks, remove the power piston con rod from its crank pin and see how fast the power piston sinks down the cylinder. Not much below two seconds indicates adequate sealing of the engine.

Critical points for the sealing are as follows:

- x The screws holding the metal brackets onto the top cover. ► Tighten up the fastenings of the angle brackets. If necessary, remove the top cover.
- x There is a small gap between the power cylinder ring and the top cover. ► Try reassembling with the cylinder and ring rotated (90 or 180 deg) on the cover. If this does not help, fill the gap with some glue.
- x There is a leakage between the power cylinder and its ring. ► Fill the gap with some glue.
- x If the top cover has been removed from the housing ring several times, there may be a poor seal between cover and ring. ► Fill the gap with glue. Beware: after doing this you won't be able to remove the top cover again. If necessary you may open the housing from the bottom side.

If you have problems locating the leakage, put a drop of washing-up liquid in a little water and apply sparingly to the places above in question. Manually rotate the propeller. Little bubbles will show where air is leaking. Make sure you dry the engine properly.

(5.2) Mechanical Friction

Reread all hints in this guide that relate to free running and axial play. In particular that:

- x There is not enough axial play on the main axle. ► Carefully pull the small crank disc slightly (a few tenths of a millimetre) along the main axle away from the support plate.
- x The con rods do not move freely on the crank pins. ► Readjust the retainers (E.6).

(5.3) Free Running Pistons

Reread the related hints in the paragraph 3.6 "The Connecting Rods". ► Readjust pins and flexible tubes if needed.

If any moisture has entered the engine's working space (perhaps when checking for leaks), water may have condensed in the gap between the power piston and cylinder, causing the piston to stick. ► Disassemble the power piston together with its con rod and dry it. Leave it disassembled for a while so any residual moisture may evaporate.

(5.4) Crank Phase Difference

The movement of the two pistons must be approximately 90° out of phase. Reread the paragraph 3.5 "Fitting and Adjustment of the Crank Discs". ► Readjust the small crank disc if needed.

(5.5) Engine Heating

To ensure sufficient heating, the candle flame needs to be at least 10 to 15 millimetres high. If necessary, replace the candle.

A draft-free environment is essential to ensure optimal heat transfer from the candle flame to the bottom housing cover.

(6) Parts list (Number | Part | Quantity)

1	Housing cover, bottom	1
2	Housing cover, top	1
3	Housing ring	1+1
4	Displacer piston with rod	1
5	Ring strips, rack	3
6	Disc, rack	1
7	Power cylinder ring	1
8	Tea light candle, Fuel	1
A.1	Support, rack	6
A.2	Support plate, crankshaft	2
A.3	Displacer Piston Con-rod (DPC), long	1
A.4	Power Piston Con-rod (PPC), short	1
A.5	Metal strip, 7 holes	4
A.6	Propeller blade A (2 holes)	4
A.7	Propeller blade B (3 holes)	2
B.1	Distance piece, white, 8mm	6
B.2	Distance piece, black, 11mm	6
B.3	Metal angle bracket	8
C.1	Flat-head Screw, M2 x 4, short	6
C.2	Flat-head Screw, M2 x 6, long	6
C.3	Cheese-head Screw, M4 x 5, short	3
C.4	Cheese-head Screw, M4 x 16, medium	12
C.5	Cheese-head Screw, M4 x 35, long	3
D.1	Nut, M2	12
D.2	Nut, M4	24
D.3	Washer M2, Ø inner=2,2mm, small	2
D.4	Washer M3, Ø inner=3,2mm, medium	9
D.5	Washer, M4, Ø inner=4,2mm, large	9
E.1	Crank disc with main axle and pin, large	1
E.2	Crank disc, small	1
E.3	Pin 1x12, short	1
E.4	Pin 1x16, medium	2
E.5	Tool, Pin 1x26, long	+1
E.6	Flexible tube, outer diameter 1.6mm, Length~30mm, thin wall, to be cut: 2x 2mm, 2x 3mm, 2x 8mm	1
E.7	Flexible tube, outer diameter 4.5mm, Length~10mm, medium wall, to be cut: 2x 2mm	1
E.8	Flexible tube, outer diameter 5mm, Length~30mm, thick wall, to be cut: 2x 8mm	1
E.9	Bead, spacer	6+2
F.1	Power cylinder	1
F.2	Power piston with pin	1

(7) Credits

Many thanks to Guy Attfield for the help with this English version of the construction guide.