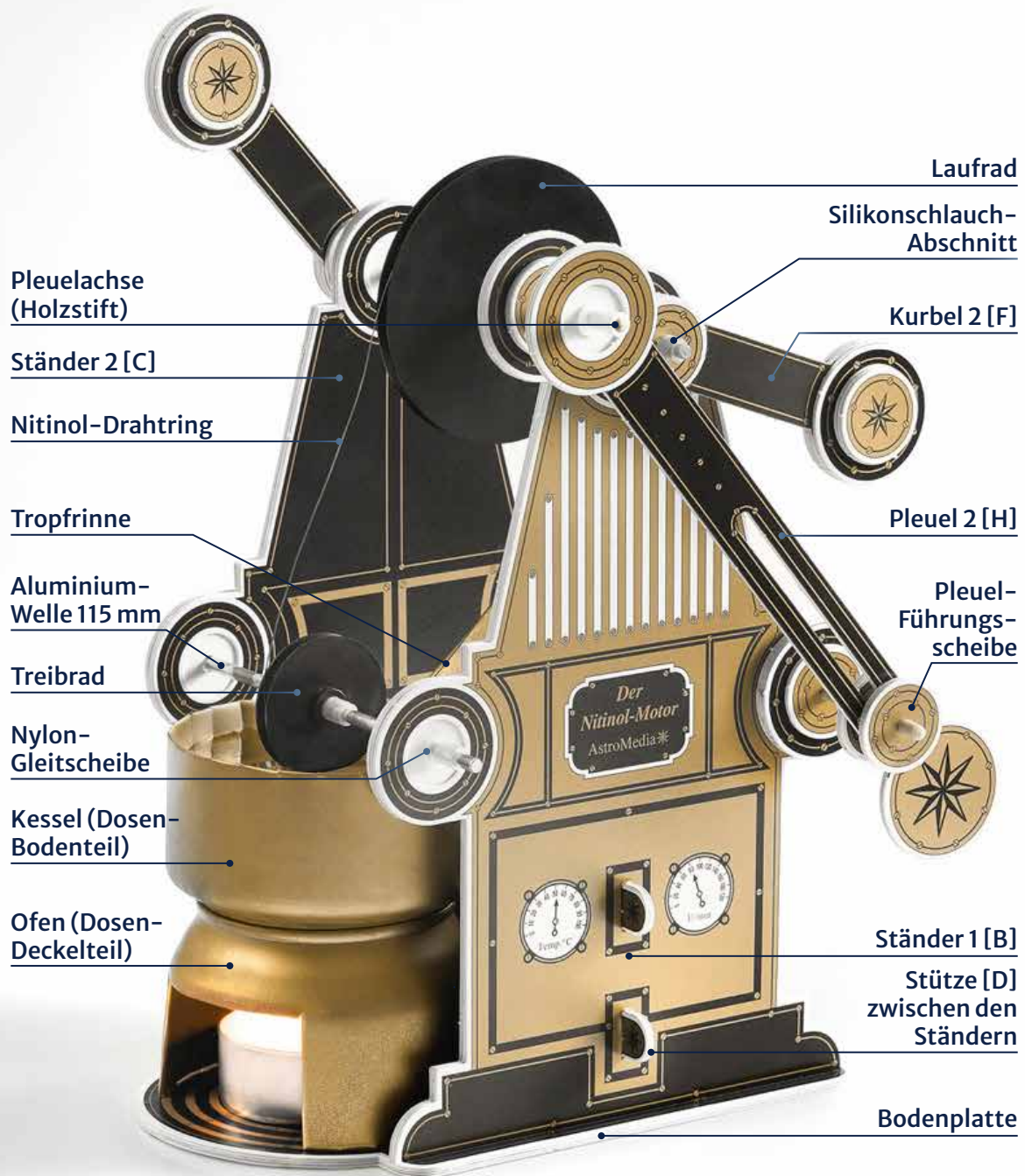


# Der Nitinol-Motor



AstroMedia 

Bastelspaß der Wissenschaft

# Der Nitinol-Motor

## Was ist Nitinol?

Nitinol ist eine Legierung aus den Metallen Nickel (Ni) und Titan (Ti) zu ungefähr gleichen Teilen. Sie wurde erstmals 1959 von William J. Buehler und Frederic Wang am Naval Ordnance Laboratory (NOL) der US-Marine hergestellt. Daher der Name der neuen Legierung:

Ni + Ti + NOL.

Nitinol hat sehr außergewöhnliche Eigenschaften: Oberhalb einer bestimmten Temperatur ist das Material hart wie Federstahl und ähnlich elastisch. Aber unterhalb dieser Temperaturschwelle ist es weich und beliebig verbiegbar. Die Höhe dieser „Sprungtemperatur“ lässt sich durch kleine Änderungen in der Zusammensetzung der Legierung beeinflussen. Bei dem hier verwendeten Nitinoldraht liegt sie bei etwa 45 °C.

Noch überraschender ist aber Folgendes: Bei sehr hohen Temperaturen (>500 °C) kann man dem harten Nitinol eine Form „einprägen“, an die sich das Metall später nach dem Abkühlen „erinnert“, sogar dann noch, wenn man es im kalten weichen Zustand beliebig verbiegt. Erwärmt man das Nitinol später wieder bis zur Sprungtemperatur, so springt es plötzlich und mit großer Kraftentfaltung zurück in die alte, im harten Zustand vorher eingeprägte Form. Dieses Zurückspringen lässt sich nach jedem neuen Abkühlen beliebig oft wiederholen.

Das Nitinol hat das, was Physiker ein „*Formgedächtnis*“ nennen (engl: *Shape-Memory*). Den Grund erklären sie damit, dass sich bei Erreichen der Sprungtemperatur die Anordnung der Nickel- und Titanatome, die sogenannte Kristallstruktur, schlagartig verschiebt. Lagen sie vorher z. B. im Zickzack nebeneinander, so strecken sie sich nun zu einer geraden Kette.

Dieses *Formgedächtnis* wird schon seit Jahrzehnten genutzt, z. B. zum Klammern von Knochenbrüchen, bei Zahnspangen oder in Stellmotoren für Roboterglieder. Man hat auch schon Wärmekraft-Motoren auf Nitinol-Basis konstruiert, bis jetzt wurde aber noch keine wirtschaftlich einsetzbare großtechnische Maschine erfunden. Dennoch gilt das Potential von Nitinol noch nicht als ausgeschöpft.

Frederic Wang, einer der Väter des Nitinol, erfand aber schon 1985 einen kleinen Spielzeugmotor: Ein Draht-ring treibt zwei Räder an und nimmt die Energie dazu aus warmem Wasser. Das geniale Prinzip dieser Erfindung liegt auch dem Nitinol-Motor von AstroMedia\* zu Grunde.

## Wie funktioniert der AstroMedia\* Nitinol-Motor?

Bei Zimmertemperatur ist der Draht ring weich und biegsam, und er verläuft annähernd in Form einer Ellipse um die beiden Räder.

Wenn aber das untere Rad in warmes Wasser taucht (über 45 °C), wird die Sprungtemperatur überschritten: Der Draht wird an dieser Stelle sofort hart und steif und müsste sich jetzt zu einer Geraden strecken, woran ihn seine Ringform jedoch hindert. Das lässt sich an einer Verformung der Ellipse gut erkennen. Dadurch zieht er gleichzeitig auf der anderen Seite des Rades ein kleines Stück vom kalten, weichen Draht neu ins warme Wasser hinein, der sich wiederum streckt und auf der anderen Seite ein Stück des gestreckten Drahtes aus dem warmen Wasser wieder herauschiebt. Das kühlt rasch an der Luft ab und wird erneut weich.

Folglich taucht immer wieder abgekühlter weicher Draht in das warme Wasser hinein und das Spiel beginnt von Neuem. Das führt zu einer ständigen Fortbewegung des Draht rings.

In mehrjähriger Arbeit entwickelte der Würzburger Nitinol-Forscher Horst Wagner einen geeigneten Draht ring für den AstroMedia\*-Motor und machte dadurch den Bausatz zu einem erschwinglichen Preis erst möglich.

### Dieser Bausatz enthält:

- 6 Stanzbögen aus Chromo-Karton
- 1 Ring aus  $\varnothing$  0,3 mm Nitinoldraht, das Herzstück des Motors
- 6 scheibenförmige Wellenlager aus 1 mm Hartkunststoff 20 x 3,3 mm
- 12 Gleitscheiben aus 0,5 mm Nylon 7 x 3,2 mm
- 2 Wellen aus Hartaluminium  $\varnothing$  3 mm x 115 + 130 mm
- 1 Rillenrad  $\varnothing$  60 mm, Nabelloch  $\varnothing$  3,1 mm (Lauf rad)
- 1 Rillenrad  $\varnothing$  30 mm, Nabelloch  $\varnothing$  3,1 mm (Treibrad)
- 1 Silikonschlauch 2 x 1 x 120 mm
- 1 Rundholz Birke  $\varnothing$  3 x 200 mm
- 1 Schablonenblatt und diese Bauanleitung

Die Abbildung rechts zeigt den Inhalt des Bausatzes, die Tabelle darunter hilft, die einzelnen Teile schnell auf ihren Kartonbögen zu finden.

Einen ausführlichen bebilderten Baubericht von Michael Monscheuer finden Sie unter:

[michelswunderland.de/solderiron/nitinol.html](http://michelswunderland.de/solderiron/nitinol.html)





**Liste der Teile mit Angabe des Stanzbogens, auf dem sich das jeweilige Bauteil befindet:**

|           |         |           |         |           |         |           |                        |
|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|------------------------|
| <b>A1</b> | Bogen 6 | <b>C4</b> | Bogen 4 | <b>F3</b> | Bogen 3 | <b>J2</b> | Bogen 5, 6             |
| <b>A2</b> | Bogen 6 | <b>D1</b> | Bogen 6 | <b>F4</b> | Bogen 4 | <b>J3</b> | Bogen 6                |
| <b>A3</b> | Bogen 5 | <b>D2</b> | Bogen 6 | <b>G1</b> | Bogen 1 | <b>K1</b> | Bogen 5                |
| <b>A4</b> | Bogen 5 | <b>D3</b> | Bogen 5 | <b>G2</b> | Bogen 2 | <b>K2</b> | Bogen 5, 6             |
| <b>B1</b> | Bogen 1 | <b>D4</b> | Bogen 5 | <b>G3</b> | Bogen 1 | <b>L1</b> | Bogen 1, 2, 3          |
| <b>B2</b> | Bogen 2 | <b>E1</b> | Bogen 1 | <b>G4</b> | Bogen 2 | <b>L2</b> | Bogen 1, 2, 3, 4, 5, 6 |
| <b>B3</b> | Bogen 1 | <b>E2</b> | Bogen 2 | <b>H1</b> | Bogen 3 | <b>M1</b> | Bogen 1, 2, 3, 4,      |
| <b>B4</b> | Bogen 2 | <b>E3</b> | Bogen 1 | <b>H2</b> | Bogen 4 | <b>M2</b> | Bogen 1, 2, 3, 4, 5, 6 |
| <b>C1</b> | Bogen 3 | <b>E4</b> | Bogen 2 | <b>H3</b> | Bogen 3 |           |                        |
| <b>C2</b> | Bogen 4 | <b>F1</b> | Bogen 3 | <b>H4</b> | Bogen 4 |           |                        |
| <b>C3</b> | Bogen 3 | <b>F2</b> | Bogen 4 | <b>J1</b> | Bogen 5 |           |                        |

### Was Sie für den Zusammenbau noch benötigen:

- Eine feste, ebene **Arbeitsfläche**
- Einen guten Lösungsmittelhaltigen Alleskleber, z.B. Tesa oder **UHU Alleskleber**. Lösungsmittelfreie Alleskleber auf Wasserbasis oder Weißleim haften schlecht auf der Schutzlackierung des Kartons und können ihn aufweichen. Alleskleber auf Lösungsmittelbasis bindet auch viel schneller ab, besonders wenn man ihn nach dem Verteilen auf der Klebefläche mehrmals kurz anbläst.
- Etwas feines **Sandpapier** oder die Sandblatt-Bastelfeile von AstroMedia\* (Nr. 400.SBF) zum Entgraten der Aluminiumwellen und Holzachsen
- Eine leere **Getränkedose** mit 500 ml Inhalt für Ofen und Kessel (alternativ auch 2 kleine Dosen à 30 ml) mit dem Standard-Durchmesser 67 mm
- Eine **kleine scharfe Schere**, um die Dosen zurecht zu schneiden, z.B. eine normale, kräftige Nagelschere (keine schmale Nagelhautschere)
- Etwas **Klebefilm**
- Ein **Teelicht** (Normalgröße) zum Betrieb des Ofens

### Nicht unbedingt nötig, aber hilfreich:

- Ein scharfes **Bastelmesser** oder Skalpell, z.B. das AstroMedia\*-Bastelmesser Nr. 401.MES, um Haltestege der Stanzteile zu durchtrennen, den Silikonschlauch in kleine Stücke zu schneiden und den ersten Schnitt in die Wand der Getränkedose zu machen
- **Sprühlack**, Farbe Gold, zum Lackieren von Ofen und Kessel
- Eine **Kunststoff-Spritze** 10 ml zum einfachen Be- und Nachfüllen sowie Entleeren des Kessels, gibt es in jeder Apotheke

### Bitte vor Beginn durchlesen:

**1** Jedes Teil ist mit seinem Namen und mit einer Teilenummer gekennzeichnet, die aus einem Buchstaben und einer Zahl in einem rechteckigen Rahmen besteht, z.B. **A2**. Der Buchstabe steht für das Bauteil, die Zahl für die Reihenfolge des Zusammenbaus. Nur bei den zahlreichen Scheiben haben gleichartige immer dieselbe Teilenummer. Bei farbig bedruckten Teilen befindet sich die Teilenummer nur auf der Rückseite. Die Rückseite der Teile sind nicht lackiert und dadurch deutlich matter als die Vorderseiten.

**2** Alle zu verklebenden Flächen sind hellgrau gekennzeichnet. Bitte beachten Sie, dass sie manchmal etwas verkleinert sind, damit es nicht zu unerwünschten „Blitzern“ kommt (schmalen überstehenden Rändern). Auf den Klebeflächen der größeren Teile findet sich meist ein Symbol wie dieses: **A2** → . Es gibt an, welches Teil hier hin geklebt werden soll.

**3** Beachten Sie beim Zusammenkleben von Teilen gleicher Größe immer, dass die Kanten überall genau bündig sind.

**4** Lösen Sie vor Beginn alle Teile aus den Kartonsbögen und entfernen Sie aus ihnen ggf. die eingestanzten Schlitz- und Scheiben. Achtung: Alles, was eine Teilenummer hat, wird noch benötigt. **Tipp:** Die 3 mm großen Löcher für die Wellen und Achsen lassen sich sehr einfach mit dem Rundholz herausstoßen. Das funktioniert sogar, wenn man einige Scheiben vorher stapelt. Sortieren Sie alle Teile nach dem Buchstaben in der Teilenummer, nur die Scheiben müssen nach Buchstaben und Nummer sortiert werden. **Hinweis:** Von den kleinen Scheiben [M1] und [M2] gibt es je zwei mehr als benötigt. Sie können z.B. als Reserve dienen.

**5** Schneiden Sie von dem Rundholz 2 Stifte mit 30 mm Länge und 2 Stifte mit 38 mm Länge ab. **Tipp:** Ein scharfes Messer kräftig auf die Schnittstelle drücken, das Rundholz ein paar Mal hin und her rollen und dann abknicken. Die kürzeren Rundhölzer dienen als Achsen, die längeren als Führungen für die Pleuel. Schleifen Sie bei jedem Holzstift die Schnittkante am einen Ende etwas ab, z.B. mit einem Bleistiftspitzer oder mit etwas Sandpapier. **Tipp:** Das restliche ca. 6 cm lange Stück dient als Reserve und hilft beim genauen Aufeinanderkleben von Teilen mit Löchern.

**6** Entgraten Sie die Schnittkanten der Aluminiumwellen, indem Sie die Kanten etwas anschleifen.



# Bauanleitung

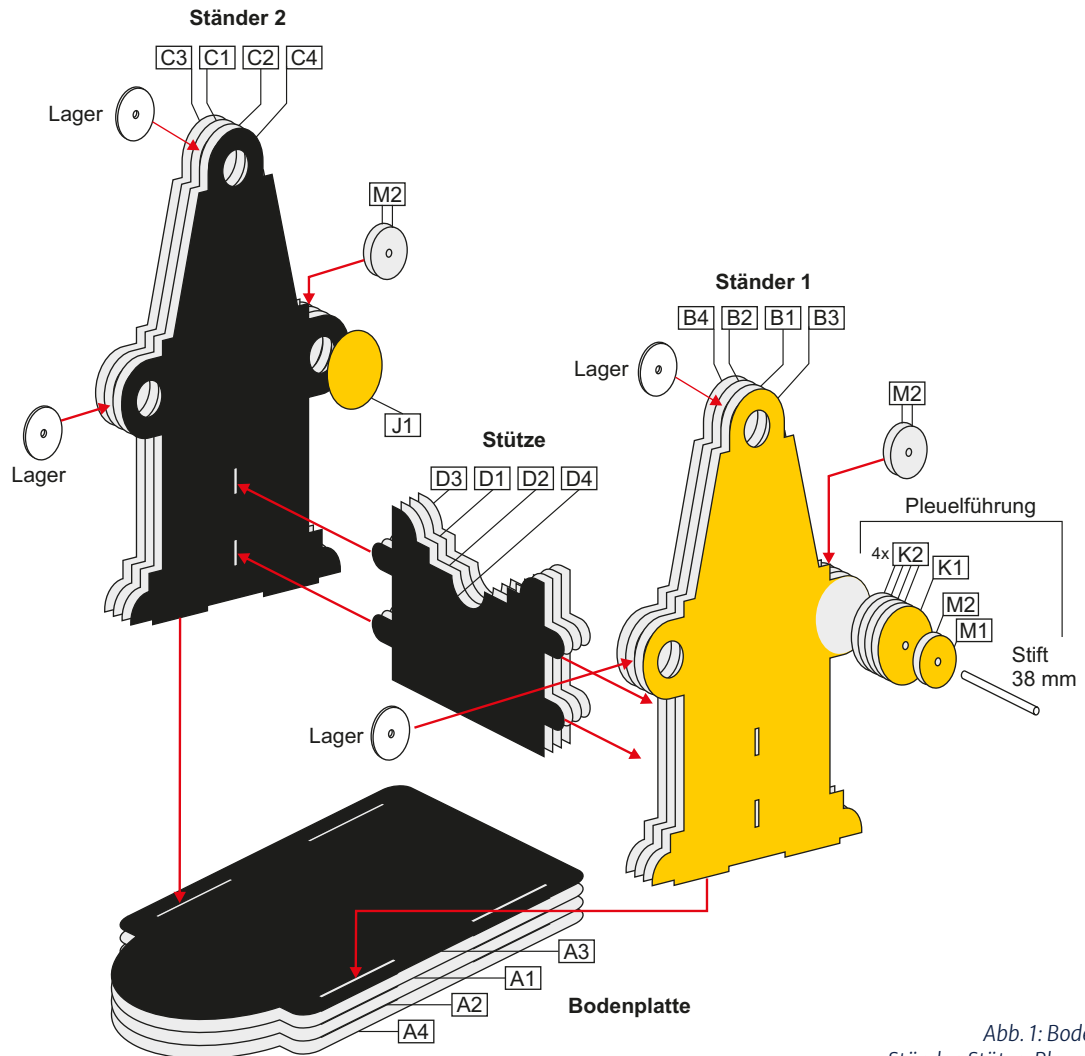


Abb. 1: Bodenplatte, Ständer, Stütze, Pleueführung

## Die Bodenplatte

(Abbildung 1)

Die Bodenplatte besteht, wie alle anderen Karton-Bauteile auch, aus vier 0,5 mm dicken Lagen Karton (2 grauen in der Mitte, je eine farbig bedruckte außen). Damit erreichen die Bauteile eine Gesamtdicke von 2 mm und haben nach dem Durchtrocknen des Klebers eine Steifigkeit, die sich mit Sperrholz messen kann.

**Schritt 1** Kleben Sie die beiden Mittelteile der Bodenplatte [A1] und [A2] wie von den Klebesymbolen angegeben mit den Rückseiten gegeneinander.

**Schritt 2** Kleben Sie auf der einen Seite die Oberseite [A3] und auf der anderen die Unterseite [A4] auf. Gut trocknen lassen. **Tipp:** Füllen Sie am besten jetzt das Feld für den Namen und das Baujahr aus – nach dem Zusammenbau wird es schwieriger.

## Der Ständer 1

(Abbildung 1)

Damit die Ständer die beiden Wellen von Treibrad (Ø 30 mm) und Laufrad (Ø 60 mm) tragen können, werden Lager aus Kunststoffscheiben eingeklebt. Um die nötige vertikale Stabilität zu bekommen, werden die Ständer durch eine Querstütze verbunden. Ihre Außenseiten sind mit Gold bedruckt, ihre Innenseiten mit Schwarz.

**Schritt 3** Kleben Sie die grauen Mittelteile [B1] und [B2] mit den Rückseiten gegeneinander und dann darauf die Außenseite [B3]. Jetzt sind innen drei Vertiefungen entstanden. In zwei von ihnen wird je eine Lagerscheibe bündig eingedrückt, und zwar dort, wo sich auf der Außenseite farbiger Druck (Gold und Schwarz) befindet. In die dritte Vertiefung, die außen eine graue Klebefläche hat, kleben Sie zwei Scheiben M2.

**Schritt 4** Kleben Sie die Innenseite [B4] auf das Mittelteil. Gut trocknen lassen.

## Der Ständer 2

(Abbildung 1)

Der zweite Ständer hat zwar die gleiche Form wie der erste, die untere Lagerscheibe sitzt aber auf der entgegengesetzten Seite.

**Schritt 5** Kleben Sie die Mittelteile [C1] und [C2] mit den Rückseiten gegeneinander und darauf die Außenseite [C3]. Drücken Sie zwei Lagerscheiben in die Vertiefungen, die außen mit Gold und Schwarz bedruckt sind kleben Sie in die Vertiefung, die außen eine graue Klebefläche hat, zwei Scheiben M2.

**Schritt 6** Kleben Sie die Innenseite [C4] an ihren Platz. Gut trocknen lassen.

## Die Stütze und die Montage der Ständer

(Abbildung 1)

**Schritt 7** Kleben Sie die beiden grauen Mittelteile der Stütze [D1] und [D2] mit den Rückseiten wie angegeben zusammen und dann darauf die beiden Außenseiten [D3] und [D4]. Kleber abdichten lassen.

**Schritt 8** Prüfen Sie, ob sich die runden Stecklaschen durch die Schlitz in den Ständern schieben lassen. Falls nötig, müssen sie etwas zusammengedrückt werden. Stecken Sie die beiden Ständer und die Stütze zunächst ohne Kleber probeweise zusammen: Die Stütze wird von der schwarzen Seite her in die Ständer gesteckt und das goldene AstroMedia\*-Schild zeigt dabei in die Richtung, in welcher die Ständer keine Kunststoff-Lagerscheibe haben. **Tipp:** Ziehen Sie die Stecklaschen außen kräftig aus dem Ständer heraus, bis die Kante der Stütze an der Ständerwand anliegt.

**Schritt 9** Trennen Sie die Stütze wieder von den Ständern, bestreichen Sie ihre seitlichen Kanten sowie die Ansätze der Stecklaschen mit Klebstoff und kleben Sie die Ständer und die Stützen zu einem stabilen Verbund zusammen.

**Schritt 10** Setzen Sie die Ständer probeweise auf die Bodenplatte. Die Ständerseite mit den Achslagerscheiben muss dabei zum runden Ende der Bodenplatte zeigen, auf dem dann später der Ofen mit dem Kessel stehen wird. Unter den Füßen der Ständer befinden sich zwei lange, 2 mm große Vorsprünge. Diese Vorsprünge passen genau in die Schlitz der Bodenplatte. Probieren Sie es zunächst trocken und kleben Sie dann die Ständer und auch die Unterkante der Stütze in dieser Position auf der Bodenplatte fest.

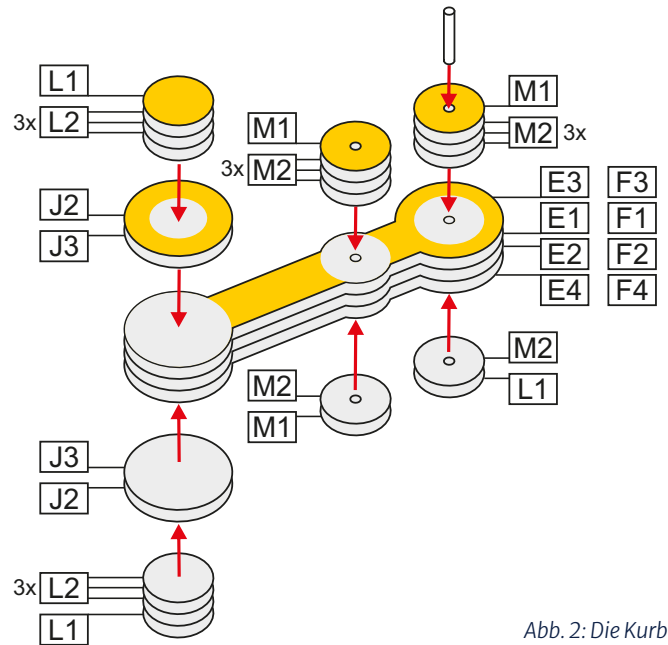


Abb. 2: Die Kurbel

## Die Kurbel 1

(Abbildung 2)

Die beiden Kurbeln dienen zur Bewegung der Pleuel. Das nahe der Mitte gelegene Loch, die Nabe, wird mit Kartonscheiben verstärkt und später auf der oberen Welle befestigt. In das andere Loch am kürzeren Ende kommt die Achse für das Pleuel (Holzstift 30 mm) mit einer Halterung. Auf das andere, längere Ende der Kurbel kommt beidseitig ein Gegengewicht aus Kartonscheiben, um die Unwucht zu verringern.

**Schritt 11 Kurbel 1:** Kleben Sie die beiden grauen Mittelteile [E1] und [E2] mit den Rückseiten wie angegeben zusammen und dann darauf die beiden Außenseiten [E3] und [E4].

**Schritt 12 Gegengewichte:** Kleben Sie je eine der großen Scheiben [J2] und [J3] aufeinander und diesen Block dann kantengenau auf die Klebefläche am längeren Ende der Kurbel. Kleben Sie dann 3 kleine graue Scheiben [L2] aufeinander und darauf eine kleine farbige Scheibe [L1]. Kleben Sie diesen Block mittig auf das graue Klebefeld des großen Scheibenblocks. Wenden Sie anschließend die Kurbel und führen Sie genau dasselbe auf der Rückseite aus.

**Schritt 13 Verstärkung der Nabe:** Kleben Sie eine Scheibe [M1] auf eine Scheibe [M2] und kleben Sie diesen Block auf eine Seite der Nabe. Kleben Sie eine Scheibe [M1] auf drei Scheiben [M2] und kleben Sie diesen dickeren Block auf die andere Seite der Nabe. Achten Sie darauf, dass die Löcher genau übereinander liegen, damit die Kurbel rechtwinklig auf der Achse sitzen kann. **Tipp:** Sie können den Rest des Holzstabs oder einen der Metallstäbe provisorisch durch alle Löcher hindurch stecken und so die Rechtwinkligkeit überprüfen.

**Schritt 14 Pleuelachse:** Kleben Sie eine Scheibe [L1] (ohne Loch) auf eine Scheibe [M2] (mit Loch) und kleben Sie diesen Block auf das kurze Ende der Pleuel, und zwar auf dieselbe Seite, auf der auch die Nabe mit nur 2 Scheiben verstärkt ist. Kleben Sie dann eine Scheibe [M1] auf drei Scheiben [M2] und kleben Sie diesen Block auf die andere Seite des kurzen Pleuelendes, also auf die Seite, auf der auch die Nabe mit einem 4-Scheiben-Block verstärkt ist. Schieben Sie nach dem Antrocknen einen 30mm-Holzstift mit der nicht angespitzten Seite bis zum Anschlag in das Loch und prüfen Sie, ob er rechtwinklig aus der Pleuel ragt. Kleben Sie ihn in dieser Position fest.

## Die Pleuel 2

(Abbildung 2)

Kurbel 2 wird genau in derselben Weise zusammengeklebt wie Kurbel 1, deshalb hier die Schritte nur in Kurzfassung:

**Schritt 15 Kurbel 2:** Mittelteile [F1] und [F2] und die beiden Außenseiten [F3] und [F4] wie bei Kurbel 1 zusammenkleben.

**Schritt 16 Gegengewichte:** Je eine Scheibe [J2] und [J3] aufeinander und auf das lange Ende der Pleuel kleben, darauf 3 graue Scheiben [L2] und eine farbige Scheibe [L1]. Dasselbe auf der Rückseite der Pleuel.

**Schritt 17 Nabe:** Eine Scheibe [M1] und eine Scheibe [M2] auf eine Seite der Nabe kleben, eine Scheibe [M1] und drei Scheiben [M2] auf die andere Seite.

**Schritt 18 Pleuelachse:** Eine Scheibe [L1] und eine Scheibe [M2] auf die Seite der Pleuel kleben, wo die Nabe mit nur 2 Scheiben verstärkt ist. Eine Scheibe [M1] und drei Scheiben [M2] auf die andere Seite kleben, in das Loch einen 30mm-Holzstift kleben.

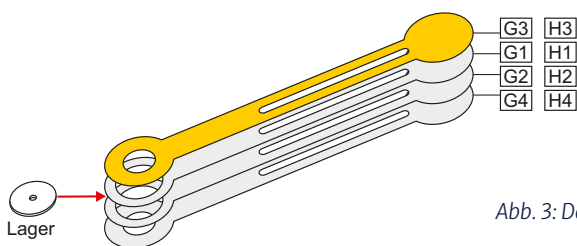


Abb. 3: Das Pleuel

## Die Pleuel 1 und 2

(Abbildung 3)

Die beiden Pleuel wandeln die Kreisbewegung der Pleueln in eine Hin- und Herbewegung um. Mit dem langen Schlitz wird das Pleuel über den Holzstift an der Seite des Ständers geführt.

**Schritt 19** Kleben Sie die beiden grauen Mittelteile [G1] und [G2] mit den Rückseiten wie angegeben zusammen und dann darauf die eine Außenseite [G3]. Kleben Sie in die so entstandene Vertiefung eine Achslager-Scheibe und kleben Sie dann darauf die andere Außenseite [G4].

**Schritt 20** Verfahren Sie mit den beiden Mittelteilen [H1] und [H2], der Außenseite [H3], einer weiteren Achslager-Scheibe und der Außenseite [H4] ebenso.

## Die Pleueführungen

(Abbildung 1)

Dort, wo die Ständer keine Kunststoff-Lagerscheibe haben, werden außen mit Hilfe einer Halterung die beiden 38 mm langen Holzstifte befestigt, die als Führung für die Pleuel dienen.

**Schritt 21** Kleben Sie 4 große graue Lochscheiben [K2] aufeinander und darauf eine farbige Lochscheibe [K1].

**Schritt 22** Kleben Sie eine kleine farbige Lochscheibe [M1] auf eine graue Lochscheibe [M2] und kleben diesen Block mittig auf den Block aus großen Scheiben.

**Schritt 23** Stecken Sie einen der 38 mm-Holzstifte mit der glatt abgeschnittenen Seite und mit etwas Klebstoff in das Loch durch alle Scheiben hindurch, bis er auf der anderen Seite ca. 1 mm übersteht. Prüfen Sie, ob er allseitig rechtwinklig aus dem Stapel Scheiben herausragt. Kleben Sie dann das Ganze auf der Außenseite eines Ständers auf die runde graue Klebefläche, wobei der überstehende Holzstift in das dortige kleine Loch einrastet.

**Schritt 24** Kleben Sie bei dem Ständer auf der nach innen weisenden Seite eine große Scheibe [J1] auf die graue Klebefläche.

**Schritt 25** Führen Sie dann die Schritte 22 bis 24 in gleicher Weise auch auf dem anderen Ständer aus.

## Die Montage des Treibrads

Das Treibrad ist das kleinere der beiden Rillenräder. Beide Räder werden mit kleinen Stücken Silikon-schlauch auf ihren Wellen fixiert, und die Wellen selber werden ebenfalls mit Schlauchstücken in ihren Lagern gehalten. Um zu vermeiden, dass sich Silikon und Lagerscheibe berühren und den Motor bremsen, werden die kleinen Gleitscheiben aus Nylon dazwischen gelegt.

**Schritt 26** Schneiden Sie den Silikonschlauch mit einer Schere oder einem scharfen Messer in 14 Stücke von 7 mm Länge.

**Schritt 27** Stecken Sie das Treibrad auf die kürzere der beiden Aluminiumwellen und schieben Sie von jeder Seite mit einer drehenden Bewegung ein Stück Schlauch auf die Welle. Klemmen Sie das Rad zwischen den Schlauchabschnitten fest ein, so dass es sich nicht mehr auf der Welle, sondern nur noch mit ihr drehen kann. Verschieben Sie das Rad, falls nötig, bis es genau in der Mitte steht.

**Schritt 28** Stecken Sie die Welle erst durch den Ring aus Nitinoldraht und dann von innen durch die beiden unteren Lagerscheiben. Schieben Sie über jedes der außen überstehenden Enden eine Gleitscheibe und dann ein Stück Schlauch, aber nur so weit, dass sich die Welle noch etwa 5 mm in ihren Lagern hin und her bewegen kann.

## Die Montage des Laufrads

**Schritt 29** Schieben Sie das Laufrad auf die längere Aluminiumwelle und fixieren Sie es mit zwei Schlauchstücken genau in der Mitte.

**Schritt 30** Stecken Sie die Welle erst durch den Draht-ring und dann durch die beiden oberen Lagerscheiben. Die Welle steht auf jeder Seite ca. 20 mm über. Schieben Sie über ihre Enden je eine Gleitscheibe und ein Stück Schlauch, aber so, dass sich Treibrad und noch ca. 5 mm hin und her bewegen können.

**Schritt 31** Ziehen Sie den Draht-ring über die beiden Rillenräder. Dass er so locker sitzt, ist technisch bedingt: Er benötigt den Spielraum, um sich dort, wo er erwärmt wird, in die Gerade strecken zu können, was dann zu seiner Drehbewegung führt.

## Die Montage der Pleuel auf den Kurbeln

**Schritt 32** Schieben Sie bei beiden Kurbeln ein Stück Schlauch so weit auf die hölzerne Pleuel-Achse, dass noch ca. 10 mm Achse überstehen. Schieben Sie auf die Achse eine Gleitscheibe, dann das Pleuel mit seiner Lagerscheibe, dann wieder eine Gleitscheibe und dann zur Sicherung wieder ein Schlauchstück. Das Lager des Pleuels soll mehrere Millimeter seitliches Spiel haben. Bauen Sie die zweite Kurbel und das zweite Pleuel in gleicher Weise zusammen.

## Die Montage der Kurbeln auf der Laufrad-Welle

**Schritt 33** Stecken Sie auf jedes Ende der Laufrad-Welle eine Kurbel, mit dem Pleuel außen, und darüber ein weiteres Schlauchstück. Klemmen Sie die Kurbeln zwischen den beiden Schlauchstücken fest ein, so dass sie sich mit der Welle drehen müssen. Die Kurbeln sollten um 180° verdreht zu einander stehen, der Motor läuft aber auch bei jeder anderen Stellung, nur nicht ganz so gleichmäßig.

## Die Montage der Pleuel auf ihrer Führung

Das Pleuel läuft mit seinem Schlitz auf dem Holzstift seitlich am Ständer hin und her. Zwei Führungsscheiben aus Karton geben dem Pleuel Halt.

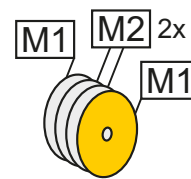


Abb. 4: Die Führungsscheibe

**Schritt 34** **Führungsscheiben:** Kleben Sie zwei Scheiben [M2] zusammen und dann auf jede Seite noch eine Scheibe [M1]. Fertigen Sie dann noch 3 weitere solcher vierlagigen Führungsscheiben an.

**Schritt 35** Schieben Sie bei beiden Ständern eine Führungsscheibe auf den Holzstift, fügen Sie eine Nylon-Gleitscheibe hinzu, dann das Pleuel mit seinem Schlitz, dann eine weitere Gleitscheibe und dann wieder eine Führungsscheibe. Die Pleuel sollen einen guten Millimeter Spiel zwischen den Führungsscheiben haben. Die Führungsscheiben müssen nicht festgeklebt werden.

**Schritt 36** Drehen Sie das Laufrad zur Probe mit der Hand und vergewissern Sie sich, dass alle Lager leicht beweglich sind und die Pleuel genug Spiel haben und nirgends anstoßen. Damit ist der Bau des eigentlichen Motors abgeschlossen.

## Der Ofen

(Schablone A)

Ofen und Kessel werden aus handelsüblichen Getränkedosen mit 67 mm Durchmesser geschnitten und gefalzt, der Ofen aus der Deckelseite, der Kessel aus der Bodenseite. Sie benötigen dafür entweder eine große Dose (500 ml, Höhe 168 mm) oder zwei kleine (330 ml, Höhe 115 mm), mit etwas Glück finden Sie sogar Dosen, die schon goldbedruckt sind und nicht mehr lackiert werden müssen.



Das Zuschneiden ist nicht schwierig, Sie müssen sich nur vor den scharfen Schnittkanten in Acht nehmen (nach der Fertigstellung werden Ofen und Kessel keine scharfen Kanten mehr haben). – Die Schablonen auf dem beiliegenden Blatt machen den Zuschnitt einfach und sorgen für die genaue Bauhöhe, denn der Ofen mit dem darauf sitzenden Kessel muss gerade noch unter die Treibradwelle passen, ohne an ihr zu schleifen. Die durchgezogenen Linien sind Schnittlinien, die gestrichelten sind Falzlinien.

**Schritt 37** Schneiden Sie die rechteckige Schablone A für den Ofen entlang der mit dem Scherensymbol ① gekennzeichneten Linie aus, auch das kleine mit ① markierte Fixier-Fenster. Es dient dazu, die Schablone mit Klebstreifen gegen Verrutschen zu sichern. Schneiden Sie noch nicht die Linien ② bis ④ aus. **Tipp:** Falls Sie sich verschneiden oder später einmal Ersatz für Ofen und Kessel benötigen, ist das kein Problem: Die Schablone kann als PDF zusammen mit der Bauanleitung auf der Internetseite [www.astromedia.de](http://www.astromedia.de) heruntergeladen werden, und Getränkedosen gibt es überall.

**Schritt 38** Stellen Sie die Dose mit der Deckelseite nach unten auf Ihre Arbeitsfläche. **Tipp:** Falls die Dose nicht fest steht, muss evtl. noch der Zugang der Öffnungslasche entfernt werden. Rollen Sie die Schablone leicht, damit sie rund wird wie ein Zylinder und sich besser anschmiegen kann, und stellen Sie sie so um die Dose, dass ihre Kante ebenfalls auf der Arbeitsfläche aufsitzt. Wenn der Dosendurchmesser stimmt, treffen sich die beiden Enden der Schablone genau mit ihren kurzen Kanten. Kleben Sie erst das eine Ende mit Klebefilm an der Dose fest und verbinden Sie dann die beiden Enden mit einem weiteren Stück Klebefilm. Fixieren Sie dann die Schablone zusätzlich mit einem Klebstreifen über dem quadratischen Fenster. Sie liegt jetzt eng an der Dose an, nur dort, wo sich die Dose zum Deckel hin verjüngt, steht das Papier frei über.

**Schritt 39** Stoßen Sie knapp über der Schablone mit einem spitzen Messer einen Schnitt in die Dose und schneiden Sie von dort ausgehend mit einer Nagelschere o.ä. direkt an der Oberkante der Schablone das Oberteil der Dose ab. **Tipp:** Bei großen Dosen bleibt auf diese Weise genug übrig für den Kessel.

**Schritt 40** Schneiden Sie zunächst das Blech entlang der mit ② markierten Linien von der Kante her ein. **Tipp:** Setzen Sie die Schere am besten immer so an, dass die Spitze genau dort endet, wo die Schnittlinie auf die gestrichelte Linie stößt. Auf diese Weise werden die Schnitte nicht zu lang und nicht zu kurz, das gewährleistet einen glatten Rand, wenn die Laschen umgefaltet werden, und damit einen wackelfreien Stand des Ofens.

**Schritt 41** Schneiden Sie dann die mit ③ markierten Flächen aus und bringen Sie die mit ④ gekennzeichneten Schnitte an.

**Schritt 42** Entfernen Sie die Schablone und falzen Sie alle Blechlaschen kräftig bis zum Ende der Schnittlinien ins Innere der Dose, so dass dabei durchgehende, glatte Ränder entstehen. **Tipp:** Sie können das mit Hilfe der Nagelschere machen, es geht aber auch gut mit den Fingern, wenn man vorsichtig ist.

**Schritt 43** Als Letztes muss noch der Deckel entfernt werden. Schneiden Sie dazu mit der Nagelschere von der Trinköffnung ausgehend vom Deckel so viel weg, dass ein ca. 6–8 mm breiter Randbereich stehen bleibt. Machen Sie dann etwa alle 8 mm in diesen Randbereich einen Schnitt, so dass lauter kleine Laschen entstehen, und falzen Sie diese dann auch ins Innere der Dose. Der Ofen ist jetzt fertig. Er hat keine scharfen Schnittkanten mehr. Die beiden rechteckigen Öffnungen dienen der Be- und Entlüftung und erlauben es, ein Teelicht von außen unter den Ofen zu schieben. Prüfen Sie, ob er wackelfrei steht und von der Arbeitsfläche aus gemessen eine Gesamthöhe von 45 mm hat.

## Der Kessel

(Schablone B)

Der Rand des Bodenteils der Dose wird auch hier eingeschnitten und die Laschen umgefaltet, so dass am Kessel keine Schnittgefahr mehr besteht. Der Flügel, der an einer Stelle übersteht, ist die Tropfrinne für das Wasser, das hin und wieder vom großen Rillenrad herabtropft. Der Kessel hat einen sicheren Sitz auf dem Ofen, weil sein Boden so geformt ist, dass er in ihn einrastet.

**Schritt 44** Schneiden Sie die rechteckige Schablone B für den Kessel entlang der mit ① gekennzeichneten Linie aus, auch die beiden mit ① markierten Fixier-Fenster.

**Schritt 45** Stellen Sie die Dose mit dem Boden nach unten auf Ihre Arbeitsfläche, legen Sie die leicht vorgerollte Schablone herum und kleben Sie ein Ende mit Klebefilm an der Dosenwand fest. Kleben Sie danach das andere Ende so fest, dass es direkt an das erste anschließt, und fixieren Sie die Schablone zusätzlich mit Klebstreifen über den Fixier-Fenstern.

#### Schritt 46

Schneiden Sie entlang der Line ② das überschüssige Blech ab und bringen Sie dann die zahlreichen mit ③ markierten Einschnitte an, wieder jeweils so, dass der Schnitt an der gestrichelten Linie endet.

*Im nächsten Schritt werden die Laschen bei den lang gestrichelten Linien ins Innere der Dose gefalzt, bei den kurz gestrichelten rund um die Tropfrinne nach außen.*

#### Schritt 47

Entfernen Sie die Schablone und falzen Sie zunächst alle Laschen am Kesselrand stramm nach innen. Biegen Sie dann die 3 größeren Laschen hinter die Tropfrinne und diese dann auf der Höhe des Kesselrandes horizontal nach innen. Knapp darüber, direkt unterhalb ihrer seitlichen Laschen, wird die Tropfrinne dann wieder zurück nach außen gebogen. Auf diese Weise ragt ihr unteres Ende ein paar Millimeter in den Kessel hinein (s. Abb. 5). Geben Sie der Rinne zum Abschluss noch eine etwas stärkere Rundung.



Abb. 5: Kessel

#### Ofen und Kessel in den Motor einsetzen

#### Schritt 48

Halten Sie den Kessel so unter die Achse des Treibrads, dass die Tropfrinne schräg unter dem Laufrad steht und der Kesselrand an die Treibradwelle anstößt. Schieben Sie dann den Ofen darunter, mit der einen Öffnung nach vorne, und lassen Sie den Kessel in den Ofen einrasten. Die Welle sitzt jetzt knapp über dem Kesselrand, darf aber nicht an ihm schleifen. Stellen Sie auch sicher, dass die Tropfrinne nicht am Drahring schleift. Verstellen Sie, falls nötig, ihre Neigung und/oder verschieben Sie den Ofen etwas nach hinten.

#### Herzlichen Glückwunsch!

*Jetzt ist Ihr Nitinol-Motor fertig. Sie gehören zu den wenigen Menschen, die einen Nitinol-Motor besitzen und ihn auch noch selber gebaut haben.*



## Bitte beachten Sie vor der Inbetriebnahme des Nitinol-Motors:

- Lassen Sie den Motor nie unbeaufsichtigt mit brennendem Teelicht laufen!
- Lassen Sie Teelichter nie mehr als bis auf etwa ein Viertel herunterbrennen – das Wachs könnte so heiß werden, dass es sich flächig entzündet!
- Kinder dürfen den Nitinol-Motor nur unter Aufsicht eines Erwachsenen bedienen. Vorsicht: Das Wasser wird 50 °C heiß!

### So nehmen Sie den Motor in Betrieb

**1** Füllen Sie den Kessel, bis das Treibrad mit dem Drahring einige Millimeter tief ins Wasser eintaucht. Benutzen Sie dafür z. B. ein Sahnekännchen oder eine 10-ml-Spritze aus der Apotheke. Mit warmem Wasser startet der Motor schneller. **Tipp:** Entfernen Sie vergossenes Wasser immer gleich wieder, damit der Karton nicht aufweicht.

**2** Entzünden Sie ein Teelicht und schieben Sie es in den Ofen.

**3** Warten Sie etwa 5 Minuten, bis das Wasser ca. 45 °C warm ist. Wenn der eingetauchte Draht anfängt sich zu strecken, können Sie den Motor mit einem leichten Schubs starten. Wenn sich alle Teile besonders reibungsarm bewegen können, springt er oft auch von alleine an.

**4** Um die Lebensdauer des Nitinol-Drahrings zu verlängern, empfiehlt es sich, den Motor nicht länger als 15 bis 20 Minuten am Stück laufen zu lassen.

### Wir wünschen Ihnen viel Spaß mit dem Nitinol-Motor!

Wenn Sie Kommentare, Fragen oder Anregungen für uns haben, freuen wir uns über eine Mitteilung an: [info@astromedia.de](mailto:info@astromedia.de).

### Fragen und Antworten:

**?** Kann man die Kurbeln auch so verdrehen, dass sie beide parallel stehen und nicht um 180° versetzt?

**!** *Probieren Sie es aus! Der Motor dreht sich dann zwar etwas ungleichmäßiger, aber die Bewegungen wirken dafür wuchtiger.*

**?** Kann man mit dem Nitinol-Motor etwas antreiben?

**!** *Dafür eignet sich z.B. der AstroMedia\*-Bausatz "Das Riesenrad", Artikel Nr. 435.DMR. Der Antrieb erfolgt entweder über die Treibrad-Welle des Nitinol-Motors oder über die Laufrad-Welle, wenn ein Pleuel entfernt wird. Ihrer Fantasie sind keine Grenzen gesetzt!*

**?** Wo gibt es Ersatzteile, z.B. einen Ersatz für den Nitinol-Drahring?

**!** *Schreiben Sie an [service@astromedia.de](mailto:service@astromedia.de) oder bestellen Sie über den Internetshop [www.astromedia.de](http://www.astromedia.de).*

**?** Der Draht springt manchmal aus dem kleinen Rillenrad. Was kann ich tun?

**!** *Verschieben Sie das kleine Rad auf seiner Welle in die Richtung, in welche der Draht herauspringt. Wenn die Welle des Treibrads genügend Spiel hat, verschiebt sie sich auch von alleine so, dass der Draht in seiner Rille bleibt.*

**?** Der Motor bewegt sich nicht. Woran kann das liegen?

- !**
1. Prüfen Sie, ob alle Wellen ausreichend Spiel haben und sich leicht drehen.
  2. Prüfen Sie durch langsames Drehen von Hand, ob vielleicht ein Pleuel irgendwo anstößt.
  3. Prüfen Sie, ob das Wasser warm genug wird. Es kann z.B. das Teelicht zu schwach sein, weil der Docht abgebrochen ist.
  4. Prüfen Sie, ob der Drahring, wenn er sich bei Erwärmung streckt, an der Tropfrinne schleift. Biegen Sie diese ggf. etwas steiler und/oder schieben Sie den Ofen mit dem Kessel nach hinten Richtung Stützwand.

# Entdecken Sie lehrreiche **Motoren-Bausätze** und spannendes Zubehör



**DAS RIESENRAD**

## Ergänzungsmodell zur Dampfmaschine

Eine schöne Erweiterung für unsere Maschinenmodelle, die sich auch mit dem Nitinol- und dem Stirling-Motor betreiben lässt.



**DIE DAMPF-  
MASCHINE**

## Der faszinierende Klassiker

Ein Teelicht-Antrieb mit raffinierter Dampfführung ermöglichen eine funktionstüchtige Maschine aus Karton.



**DAS BOOSTER-SET FÜR  
DEN NITINOLMOTOR**

## Erlaubtes Doping

Das Ergänzungsset aus Rillenrädern und Drahttring machen aus Ihrem Nitinol-Motor einen kleinen Kraftprotz mit doppelt so großer Antriebskraft.



**DER STIRLING-  
MOTOR**

## Ein heißer Kaffee genügt

Wenn dieser Stirling-Motor auf einer Tasse sitzt, verwandelt er die aufsteigende Wärme in eine rasante Drehbewegung.