

# Bauanleitung

## zum Demonstrationsmodell

# *Stirlingmotor*



**TECHNORAMA**



Technorama, Technoramastrasse 1, CH-8404 Winterthur

Tel. +41 (0)52 243 05 05 Fax: +41 (0)52 242 29 67 e-mail: [info@technorama.ch](mailto:info@technorama.ch) Internet: [www.technorama.ch](http://www.technorama.ch)

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	3
Die Haupt-Komponenten	4
Hinweise zur Herstellung des Holzgestells	5
Das Kurbelwellensystem	6
Kurbelwellensystem – Einzelteile	7
Hinweise zum Kurbelwellen-System (inkl. Materialliste)	8
Der Luftverdränger	9
Einzelteile zum Luftverdrängerkolben	10/11
Hinweise zum Luftverdränger (inkl. Materialliste)	12
Der Arbeitskolben	13
Bestandteile des Arbeitskolbens	14/15
Hinweise zum Arbeitskolben (inkl. Materialliste)	16
Das Dosenschwungrad	17
Hinweise zum Dosenschwungrad (inkl. Materialliste)	18
Der Zusammenbau des Motors	19

Herausgegeben durch:  
Technorama der Schweiz, Mai 1999 ©

Autor: Paul Lanz, Endingen

Grafische und redaktionelle Überarbeitung:  
Dr. Rudolf Rüetschi

## Bauanleitung zum Demonstrations-Stirlingmotor

# Vorwort

Vielleicht hat die Besichtigung und die Vorführung der Stirlingmotor-Modelle in Ihnen den Wunsch geweckt, selber so eine Wärmekraftmaschine zu bauen, die bereits mit einer Kerzenflamme oder einer anderen kleinen Wärmequelle betrieben werden kann. Diese Anleitung zeigt Ihnen, wie aus Blechdosen und anderen einfachen Bauteilen aus Metall oder Holz ein funktionierender Stirlingmotor gebaut wird.

Bevor Sie mit dem Eigenbau beginnen, zunächst einige Hinweise:

- Wenn Sie nicht selber eine Drehbank besitzen, ist es fast unumgänglich, Zugang zu einer Werkstatt mit Drehbank oder Fräsmaschine zu haben.
- Wer ohne solche Einrichtungen ans Ziel kommen will, braucht sehr viel handwerkliches Geschick.
- Mit genügend Bastel-Erfahrung und Selbstvertrauen kann man natürlich einzelne Bauteile selber umkonstruieren, doch sollte an den wichtigen Massen wie Hebellängen und Volumeninhalten nichts geändert werden.

### **Zur Materialbeschaffung:**

Als Bezugsquellen für Halbfabrikate aus Aluminium, Messing oder Plexiglas kommen Bastlerläden, Modellbaugeschäfte, Bau- und Flohmärkte, Schlossereien oder sogar Schrottplätze in Frage. Gewisse Bauteile lassen sich aus gleichwertigen anderen Materialien herstellen. Formen und Grössen ersehen Sie aus den Detail-Beschreibungen.

### **Benötigte Hilfsmittel:**

#### **Zum Messen und Anreissen:**

Schiebelehre, Anreissnadel, Körner, Winkel, Markierstifte

#### **Werkzeug:**

Schraubstock, Ständerbohrmaschine, Stahlbohrer 1-10 mm, Kernlochbohrer, Feilen, Raspeln, Metallsäge, Gewindebohrer M2, M3, M4

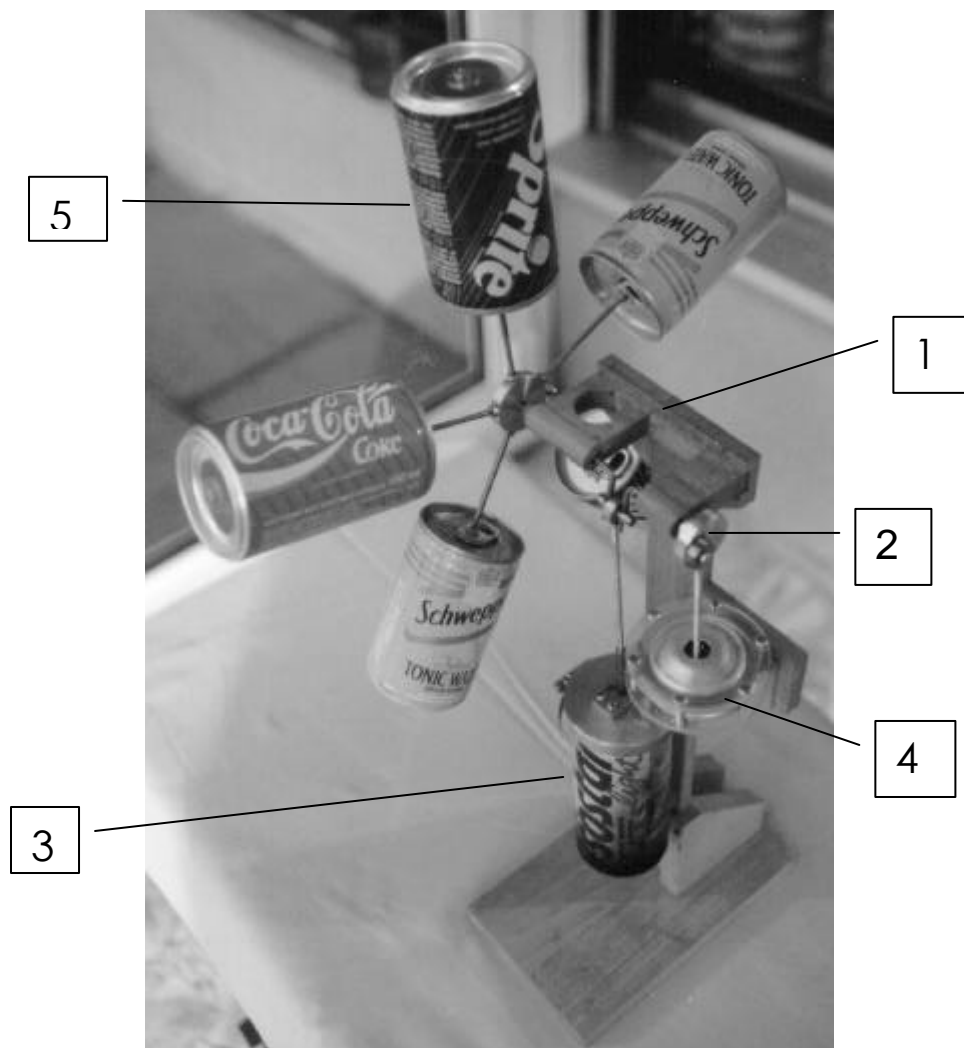
#### **Diverses:**

Gute Holz- und Metallklebstoffe, Schleifpapier.

## Die Haupt-Komponenten

Die zu bauende Stirlingmaschine besteht aus folgenden fünf Teilen:

1. Holzgestell und Bodenplatte als Träger der weiteren vier Komponenten
2. Kurbelwellensystem mit Lagerbuchsen, eingebaut in einen Holzträger
3. Luftverdränger-Kolben (langer Zylinder)
4. Arbeitskolben
5. Dosenschwungrad

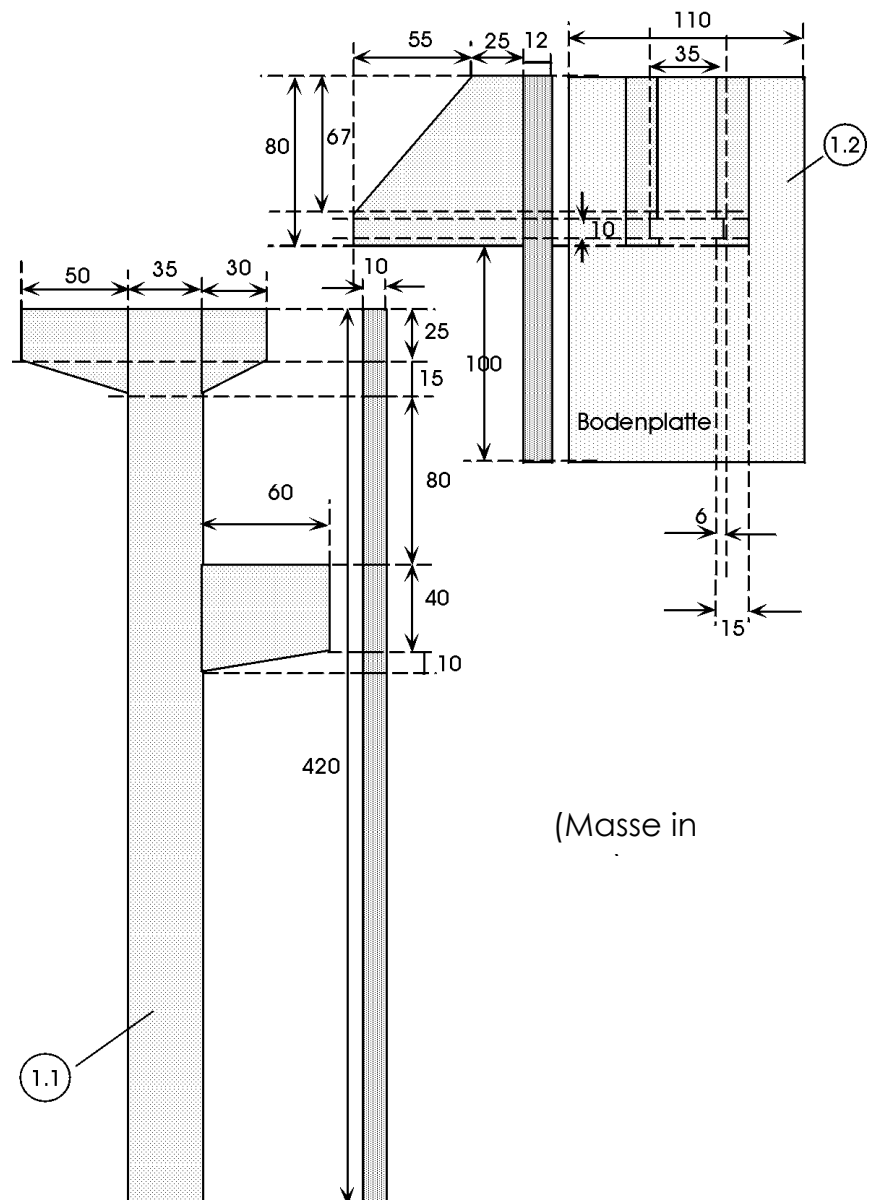


## Hinweise zur Herstellung des Holzgestells (1)

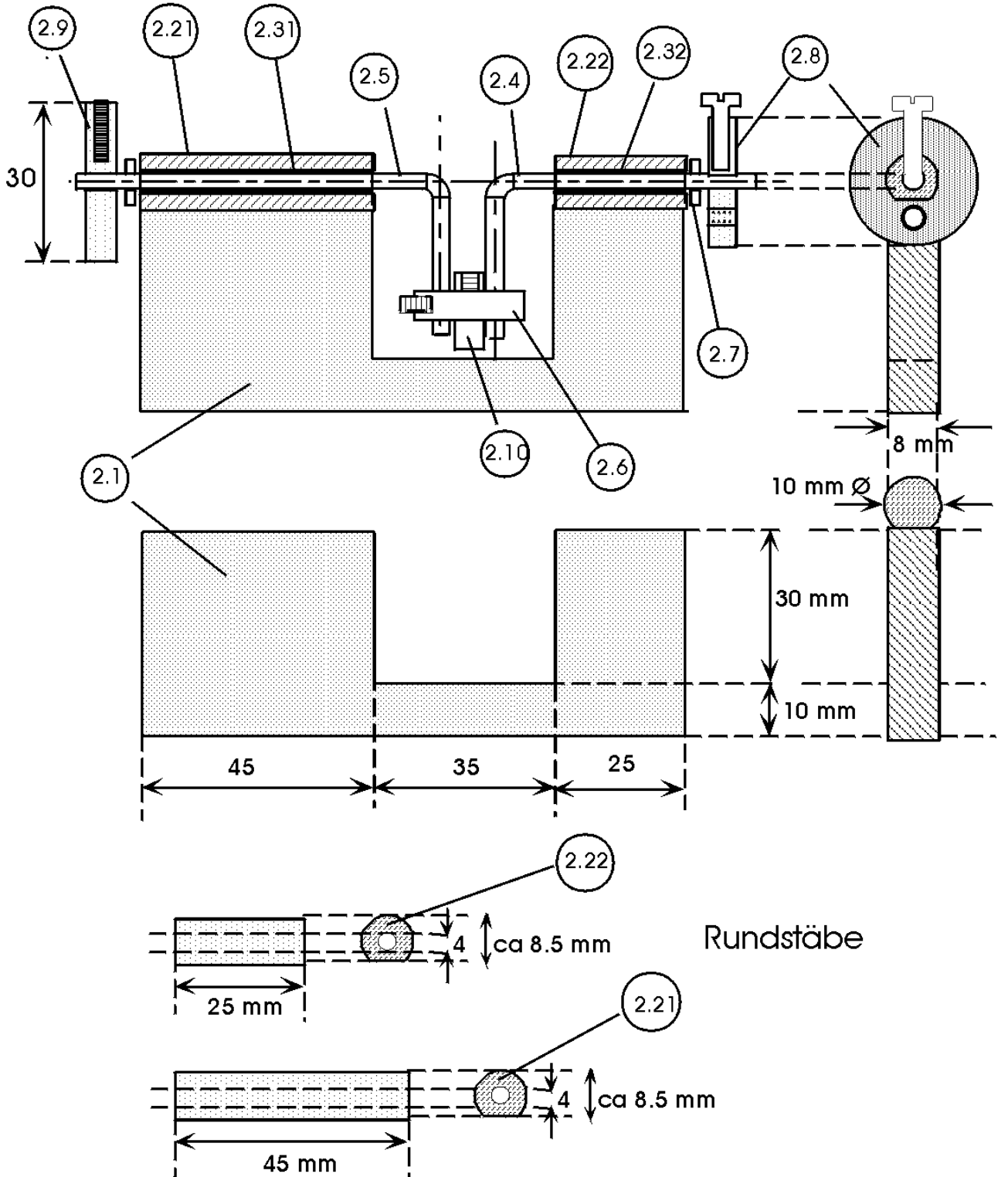
Der vertikale Teil (1.1) kann als Ganzes aus einem Brett ausgesägt oder aus vier Einzelteilen zusammengeleimt werden. Für den Vertikal- und den Bodenteil (1.2) verwenden wir Buchenholz.

Teil (1.2) besteht aus der Grundplatte und zwei aufgeleimten Seitenteilen, die mit einer Nut versehen sind. In diese Nuten lässt sich Teil (1.1) einschieben. Dies hat den Vorteil, dass die Höhe der beheizten Dose (3) verstellbar ist und der Kerzenflamme angepasst werden kann. Ausserdem lässt sich die Maschine für den Transport leicht zerlegen.

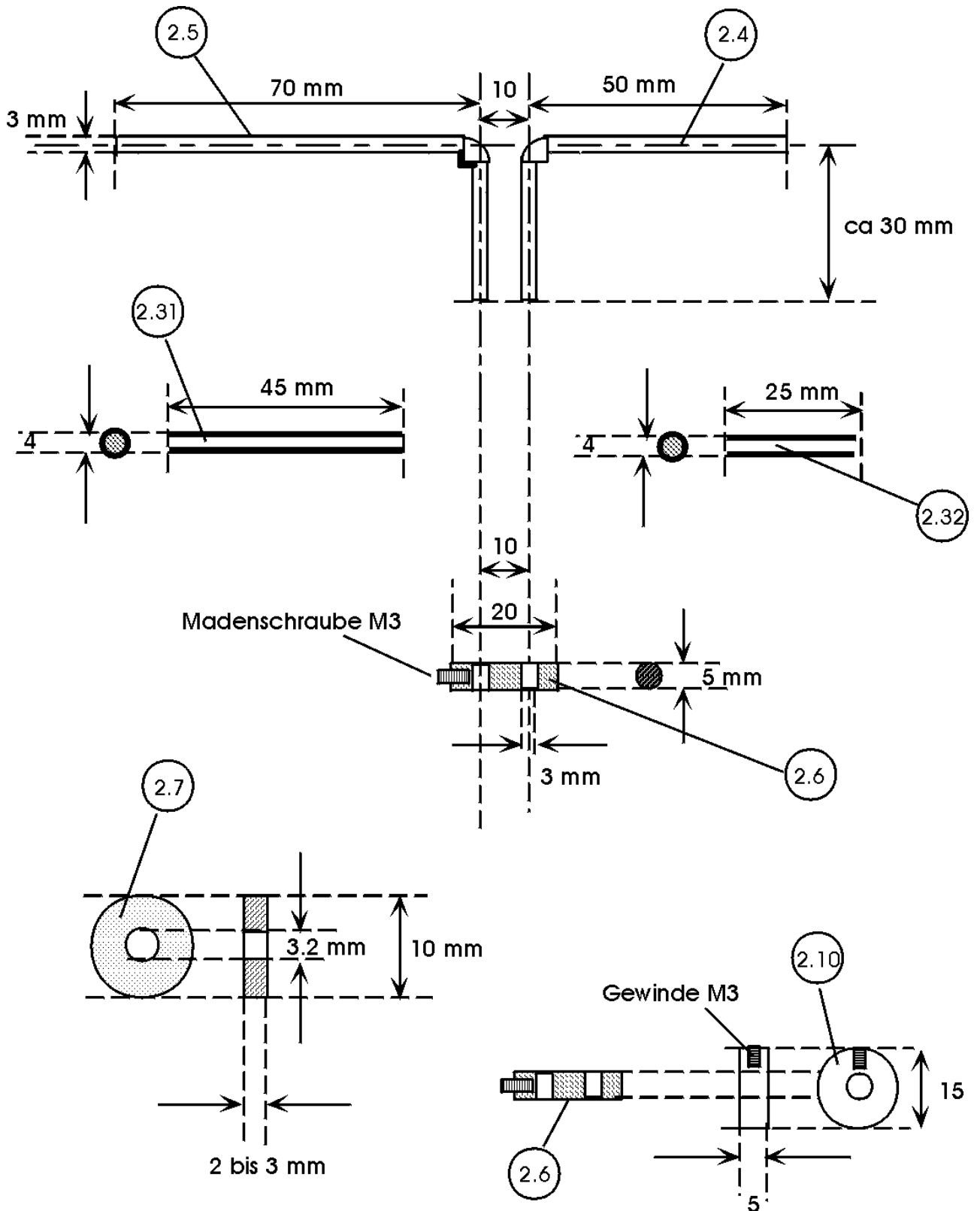
Die Dicken der Holzbretter dürfen um einige Millimeter variieren. Buchenholz-Bretter (oder gleichwertige andere) erhält man in der Holzabteilung von Do-It-Yourself-Läden (Migros, COOP, Jumbo ..). Eine Nachbehandlung oder Bemalung der Holzteile bleibt dem Geschmack des Erbauers überlassen.



# Das Kurbelwellensystem (2)



## Kurbelwellensystem – Einzelteile



## Hinweise zum Kurbelwellen-System (2)

Das Kurbelwellensystem hat die Aufgabe, Luftverdrängerkolben, Arbeitskolben und Dosenschwungrad aneinander zu koppeln.

Vom Schwungrad (5) ist in der Zeichnung der Naben-Teil (2.9) zu sehen, welcher auf die Welle (2.5) montiert wird. Der Luftverdrängerkolben (3) wird mit dem Anschluss-Teil (2.10) verbunden, der Arbeitskolben (4) mit der Rundscheibe (2.8).

Das Kurbelwellensystem (2) ist sehr sorgfältig und genau aufzubauen, damit die Reibungskräfte möglichst klein gehalten werden können. Der Hub des Luftverdrängerkolbens wird eingestellt, indem man das Zwischenstück (2.6) entlang den abgewinkelten Teilen (2.4) und (2.5) verschiebt. Die Teile (2.6), (2.8) und (2.9) werden mit Madenschrauben fixiert.

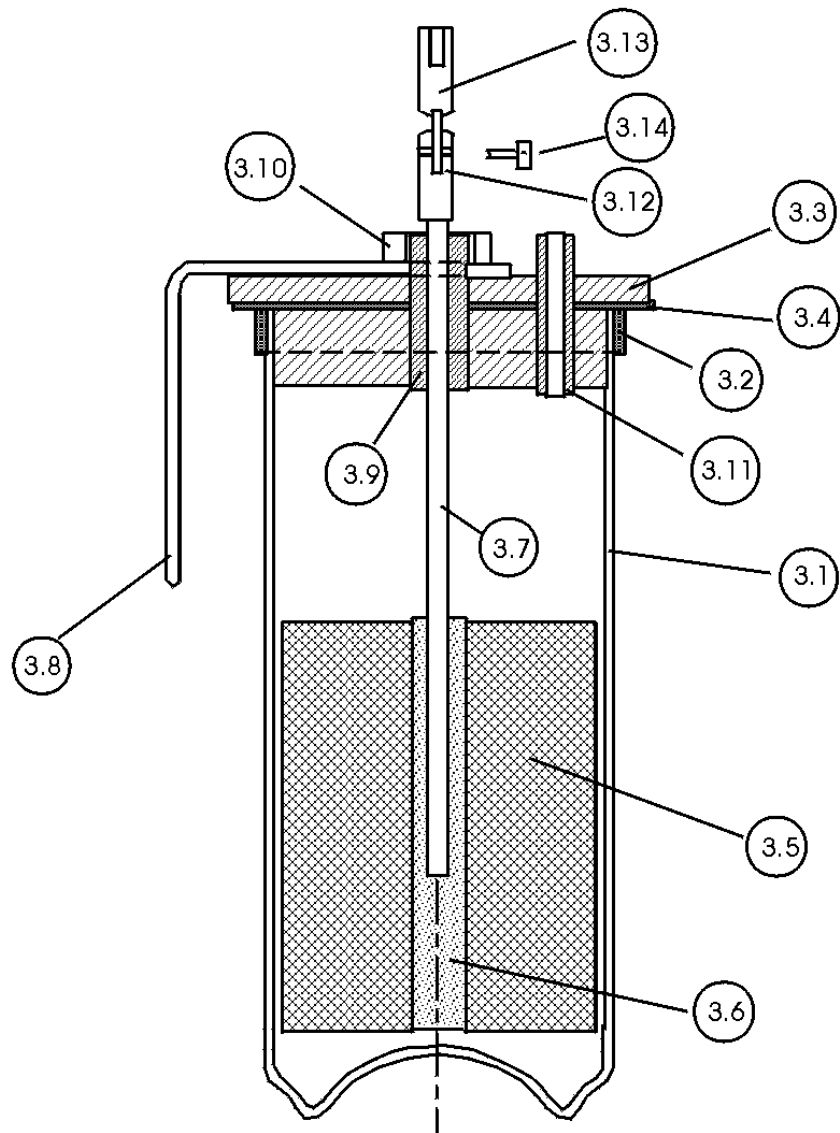
Die Rundhölzer (2.21) und (2.22) werden achsial aufgebohrt und mit Messinghülsen (2.31) und (2.32) als Lagerbuchsen versehen. Dann flacht man die Rundhölzer leicht ab, schiebt sie auf die Kurbelwelle und leimt sie auf den Träger, wobei auf präzises Justieren zu achten ist. Die Kurbelwelle muss in ihrer Lagerung leicht, unverklemmt und reibungsfrei laufen.

Die Trägerplatte (2.1) wird an die obere Kante von Teil (1.1) angeschraubt. Nachher schraubt man sie ab und teilt sie an der unteren Schmalstelle. Dadurch sind spätere Korrekturarbeiten an der Kurbelwelle leicht möglich. Montage und Demontage gehen besser.

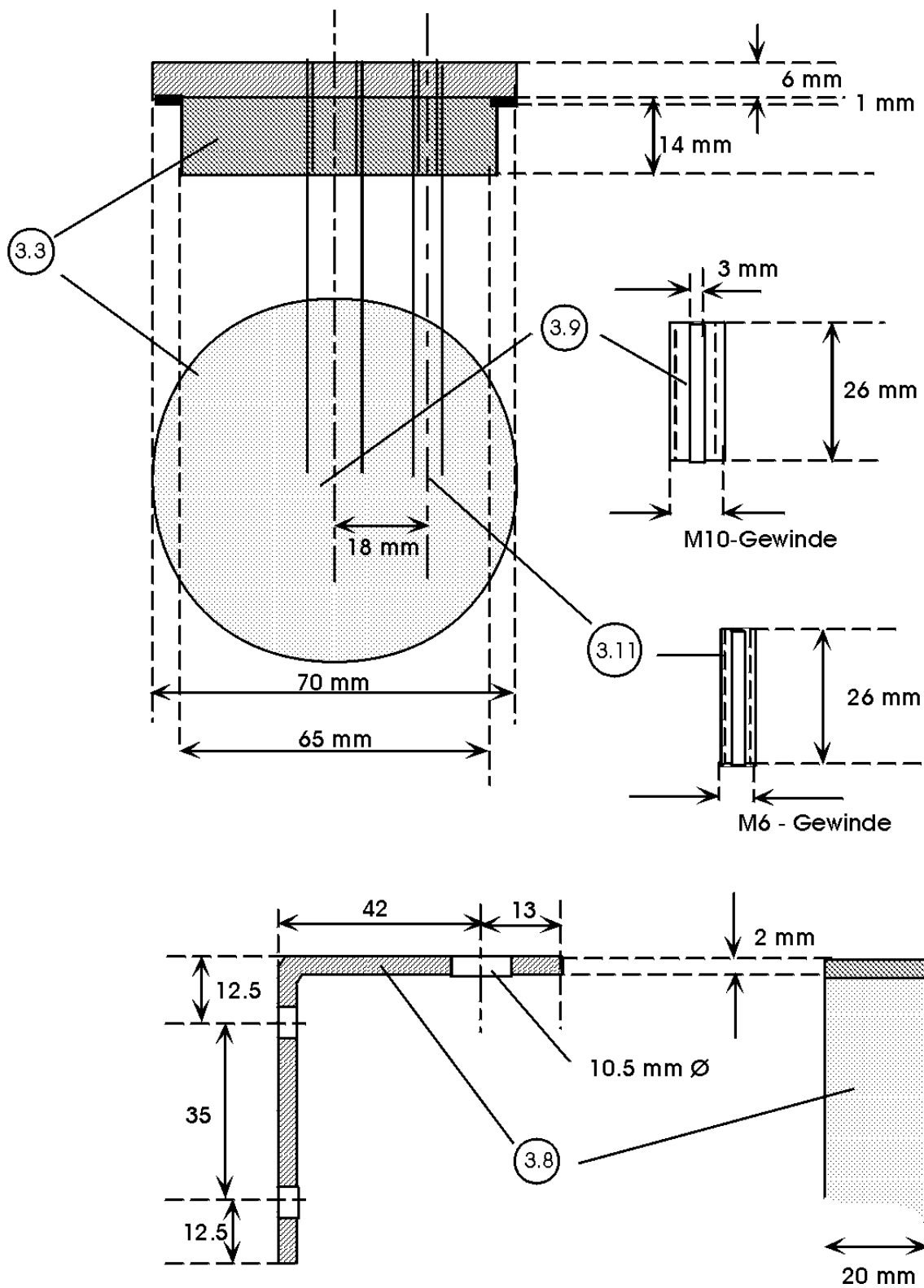
### Materialliste

Pos	Anz.	Bezeichnung	Masse (mm)	Material
2.1	1	Trägerplatte	105 x 40 x 8	Buchenholz
2.21	1	Rundstab	45 x 10 Ø	Buchenholz
2.22	1	Rundstab	25 x 10 Ø	Buchenholz
2.31	1	Lagerhülse	45 x 4/3 Ø	Messingrohr
2.32	1	Lagerhülse	25 x 4/3 Ø	Messingrohr
2.4	1	Kurbel	80 x 3 Ø	Stahl
2.5	1	Kurbel	100 x 3 Ø	Stahl
2.6	1	Verbindung	20 x 5 Ø	Messing
2.7	2	Abstandsscheibe	10 x 3.2 Ø	Messing (oder Alu)
2.8	1	Rundscheibe	5 x 25 Ø	Aluminium
2.9	1	Rundscheibe	6 x 30 Ø	Aluminium
2.10	1	Anschlussstück	5 x 15 Ø	Aluminium

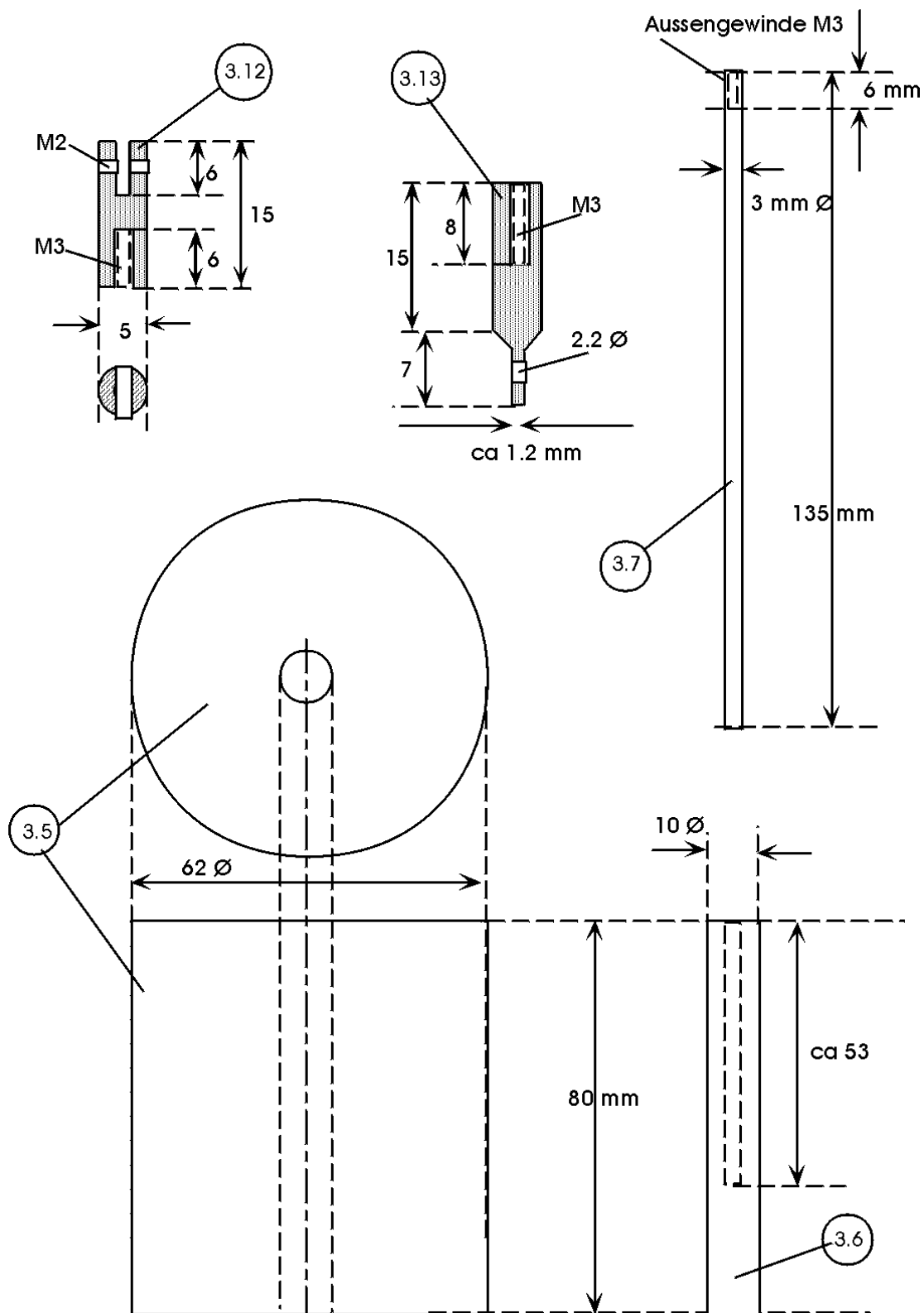
## Der Luftverdränger (3)



## Einzelteile zum Luftverdrängerkolben (3)



## Einzelteile zum Luftverdrängerkolben (3)



## Hinweise zum Luftverdränger (3)

Der Kolben (3.5) bewegt sich in der luftdichten Dose (3.1) auf und ab und schiebt so die Luft durch den Ringspalt zwischen heissem und kaltem Dosenteil hin und her. Die hierbei entstehende Druckänderung überträgt sich durch die Öffnung (3.11) über ein Schlauchstück auf den Arbeitskolben (4). In den Schaumstoffkolben (3.5) wird ein Rundstab (3.6) hineingeklebt und in diesen die Kolbenstange (3.7).

Die Kolbenstange soll sich im Verschlussdeckel (3.3) leicht verschieben lassen, aber mit möglichst wenig Spiel, also praktisch luftdicht. Man kann eventuell auf die Führungshülse (3.9) verzichten. Dann muss allerdings der Befestigungswinkel (3.8) mit zusätzlichen Schrauben am Deckel (3.3) fixiert werden.

Am oberen Ende trägt die Kolbenstange die Gelenkstücke (3.12) und (3.13), die aus einer 5 mm-Messingstange geformt werden. Das Innere des Verdrängers muss luftdicht geschlossen sein. Dazu wird die Gummidichtung (3.4) im Deckel eingesetzt. Die Dose wird kräftig angedrückt und mit einer Schlauchbride (3.2) festgeklemmt. Der Kolben darf die Dosenwand nicht berühren. Es muss ein Abstand von 1.5 bis 2 mm eingehalten werden.

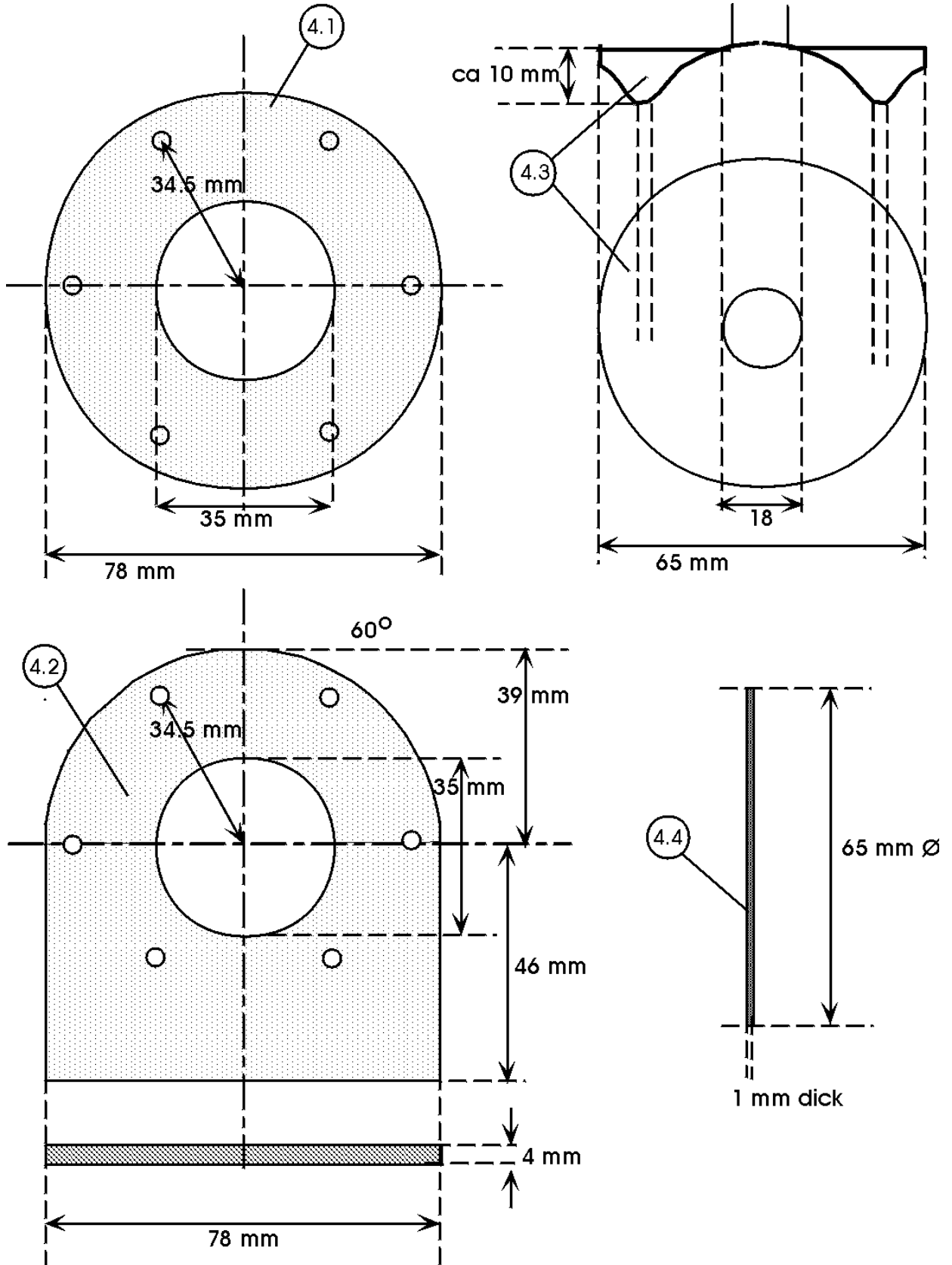
### Materialliste für den Luftverdränger (3)

Pos.	Anz.	Bezeichnung	Masse (in mm)	Material
3.1	1	Grosse Dose	ca 80 x 65 Ø	Aluminium oder Eisen
3.2	1	Schlauchbride	70 Ø	
3.3	1	Verschluss	20 x 70 Ø	Aluminium
3.4	1	Dichtungsring	71/60 Ø x 1	Gummi
3.5	1	Kolben	80 x 62 Ø	Schaumglas *
3.6	1	Rundholz	80 x 10 Ø	Holz
3.7	1	Kolbenstange	135 x 3 Ø	Stahl oder Messing
3.8	1	Winkelstück	55 x 60	Aluminium
3.9	1	Gewindestange	26 x M10	Messing
3.10	1	Mutter	M10	Eisen oder Messing
3.11	1	Gewindestange	26 x M6	Messing oder Eisen
3.12	1	Gelenkteil	16 x 5	Messing
3.13	1	Gelenkteil	22 x 4	Messing
3.14	1	Schraube	8 x M2	Messing

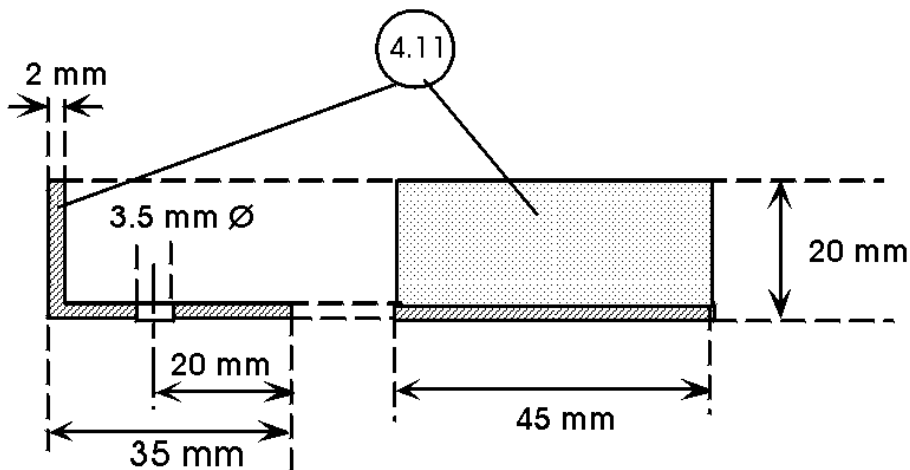
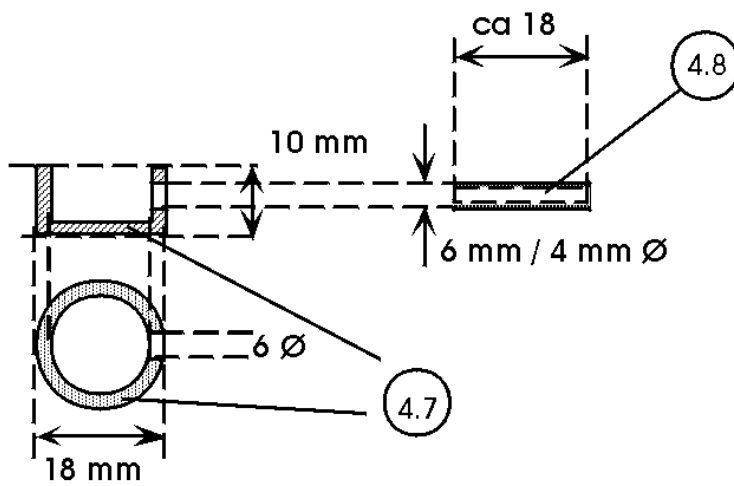
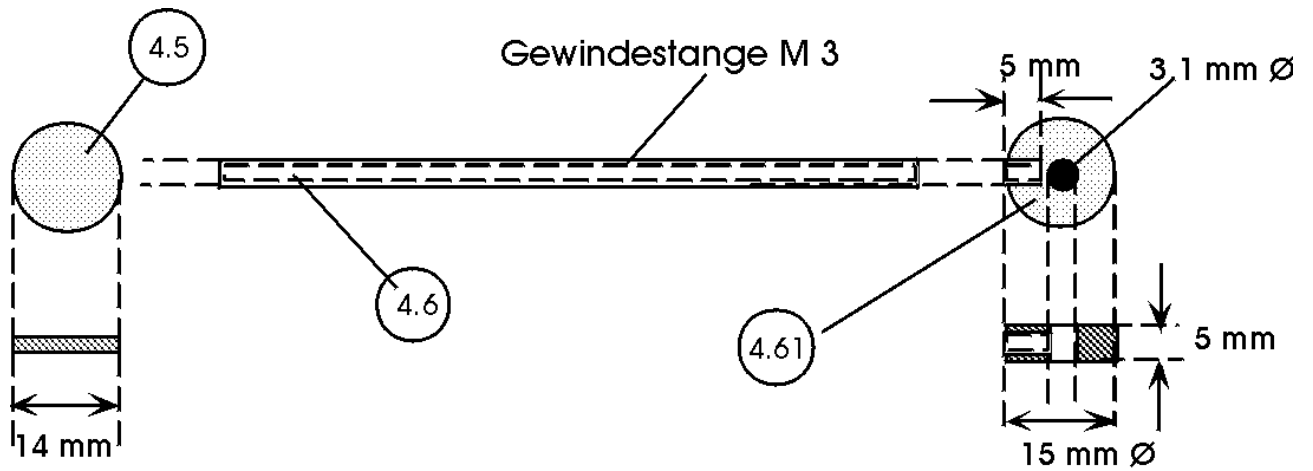
\* Schaumglas ist bei Baustoffhändlern, die Wärmedämmstoffe verkaufen, erhältlich. Informationen unter Tel 041 79019019 oder 032 329 11 11.



# Bestandteile des Arbeitskolbens (4)



## Bestandteile des Arbeitskolbens (4)



## Hinweise zum Arbeitskolben (4)

Die im Luftverdränger erzeugten Druckänderungen gelangen über einen an (4.8) angeschlossenen Schlauch in den unteren, luftdichten Raum des Arbeitskolbens und bewegen die eingespannte Gummimembran im Rythmus der Änderungen auf und ab. Diese Bewegung wird über die Gewindestange (4.6) auf die Kurbelwelle übertragen.

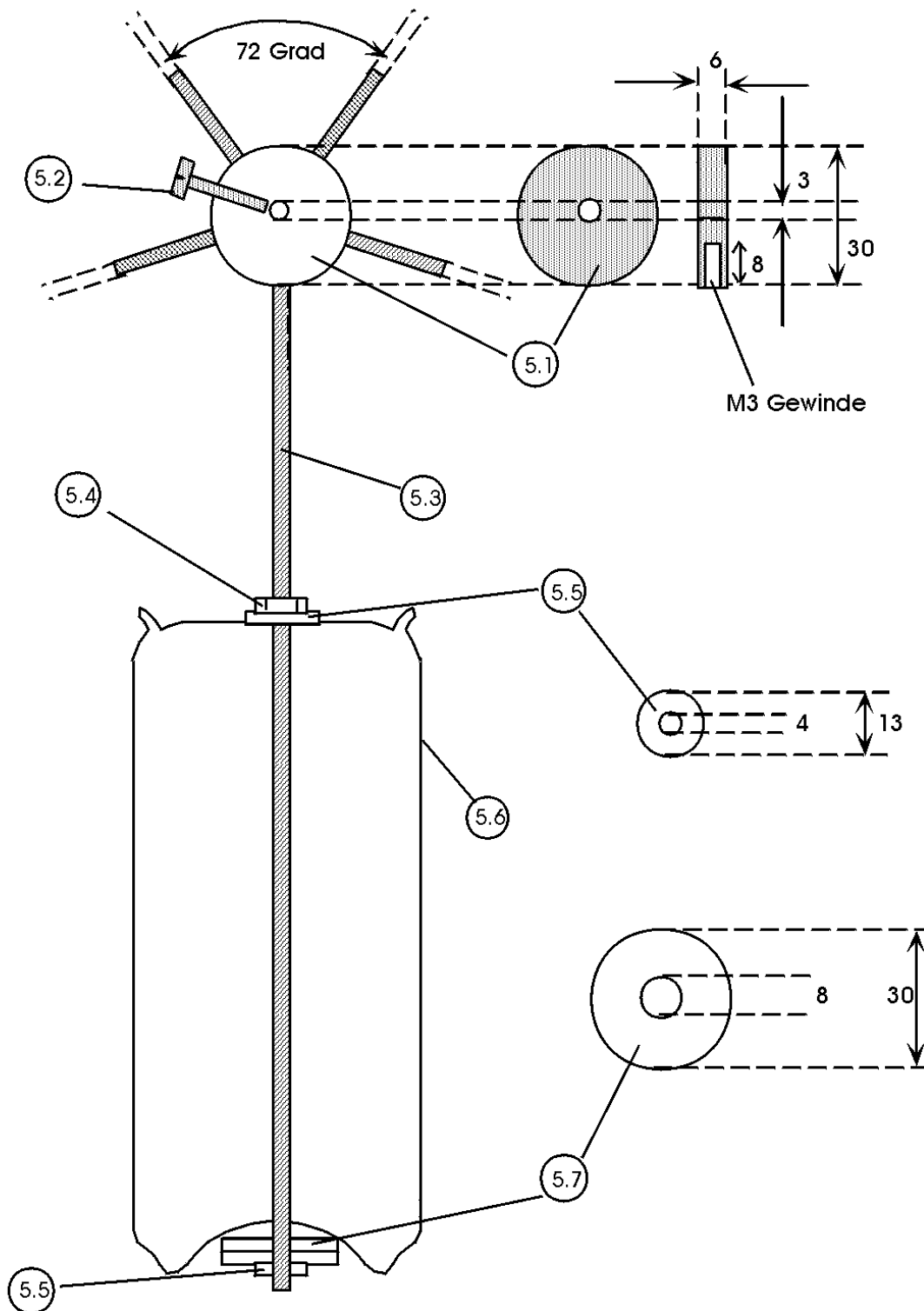
Zwischen zwei gegeneinander gerichteten Dosenböden (4.3) ist die kreisförmige Gummischeibe (4.4) eingeklemmt. Die Metallscheibe (4.5) wird mit der Gewindestange (4.6) verlötet und dann mit Kontaktkleber zentral auf die Gummischeibe geklebt.

In die Abschlusskappe (4.7) wird das Rohrstück (4.8) eingelötet. Sodann verlötet man die Abschlusskappe mit dem unteren Dosenboden. Die Dosenböden werden mit Hilfe von 6 Schrauben zwischen die Plexiglasscheiben (4.1) und (4.2) gespannt. Zwei dieser Schrauben fixieren den Arbeitskolben am Montagewinkel (4.11).

### Materialliste für den Arbeitskolben

Pos.	Anz.	Bezeichnung	Masse (in mm)	Material
4.1	1	Deckscheibe	5 x 78 Ø	Plexiglas
4.2	1	Basisscheibe	6 x 78 x 85	Plexiglas
4.3	2	Dosenböden	ca 10 x 60 Ø	Eisen
4.4	1	Gummimembran	1 x 65 Ø	Gummi
4.5	1	Scheibe	1 x 14 Ø	Eisen
4.6	1	Gewindestange	110 x M3	Eisen
4.61	1	Scheibe	5 x 15 Ø	Messing oder Aluminium
4.7	1	Abschlusskappe	10 x 18 Ø	Kupfer
4.8	1	Rohrstück	18 x 6/4 Ø	Kupfer
4.9	1	Schraube	30 x M3	Eisen
4.10	1	Schraube	25 x M3	Eisen
4.11	1	Winkelstück	45 x 35/20 x 2	Aluminium

## Das Dosenschwungrad (5)



## Hinweise zum Dosenschwungrad (5)

Der Aufbau aus fünf Getränkedosen ist einfach und billig in der Herstellung, zudem sogar etwas spektakulär. Der relativ grosse Luftwiderstand der Dosen bewirkt eine niedrige Drehzahl und andererseits ist etwas Luftzug erwünscht für die Kühlung.

Der komplizierteste Teil ist die Nabe (5.1). Fünf radiale Bohrungen im Winkelabstand von 72 Grad werden mit M3-Gewinde versehen. In diese schraubt man die Gewindestangen (5.3) mit den aufmontierten Dosen. Zwei grosse Unterlagsscheiben (5.7) am äusseren Ende vergrössern die Schwungkraft.

### Materialliste für das Dosenschwungrad:

Pos.	Anz.	Bezeichnung	Masse (in mm)	Material
5.1	1	Nabenteil	6 x 30 Ø	Aluminium
5.2	1	Zylinderkopfschraube	20 x M3	
5.3	5	Gewindestangen	180 x M3	Eisen
5.4	10	Muttern	M3	
5.5	10	Unterlagsscheiben	M3	
5.6	5	Getränkedosen	ca 65 Ø	Aluminium
5.7	10	Unterlagsscheiben	2 x 80/8 Ø	Eisen

## Der Zusammenbau des Motors

Zunächst wird das Kurbelwellensystem (2) mit vier Holzschrauben (4 x 20 mm) oben auf das Gestell (1.1) geschraubt. Dann befestigt man den Arbeitskolben (4) mit dem Montagewinkel am rechts vorstehenden Holzteil. Anstelle von Holzschrauben 10 x 4 mm kann man auch durchgehende M4-Metallschrauben verwenden, wobei die Muttern von der Rückseite her festgezogen werden. Das gleiche gilt für die Befestigung des Luftverdrängers (3).

Nun wird der Verdränger (3) mit der Kurbelwelle (2) verbunden. Dazu schraubt man eine etwa 125 mm lange M3-Gewindestange in das Verbindungsstück (3.13) ein. Das obere Ende wird in die Scheibe (2.10) eingeschraubt. Diese sitzt auf der verschiebbaren Verbindung (2.6), welche man so eingestellt, dass der Kolbenhub optimal genutzt wird.

Die Gewindestange (4.6), welche an der Membran des Arbeitskolbens festgemacht ist, erhält am oberen Ende die Scheibe (4.61). Diese wiederum wird mit einer M3-Schraube seitlich an die Scheibe (2.8) der Kurbelwelle geschraubt. Der Abstand dieser Schraube von der Achse bestimmt den Hub des Arbeitskolbens; gemäss Figur beträgt er ca. 2x8 mm.

**Wichtig: Arbeitskolben (4) und Verdrängerkolben (3) müssen sich um 90 Grad phasenverschoben bewegen, sonst läuft die Maschine nicht.**

Ein kurzer Gummi- oder Plastikschlauch verbindet (3.11) mit (4.8) und sorgt so für die Druckübertragung. Zuletzt montiert man das Schwungrad auf das linke, freie Ende der Kurbelwelle. Eine gute Auswuchtung ist erwünscht.

Auch bei sorgfältiger Ausführung läuft der Stirlingmotor nicht immer auf Anhieb. Dann gilt es, das Klemmen und Reiben zu beheben und mit Geduld die Fehlerstellen zu suchen.

**Viel Glück!**

