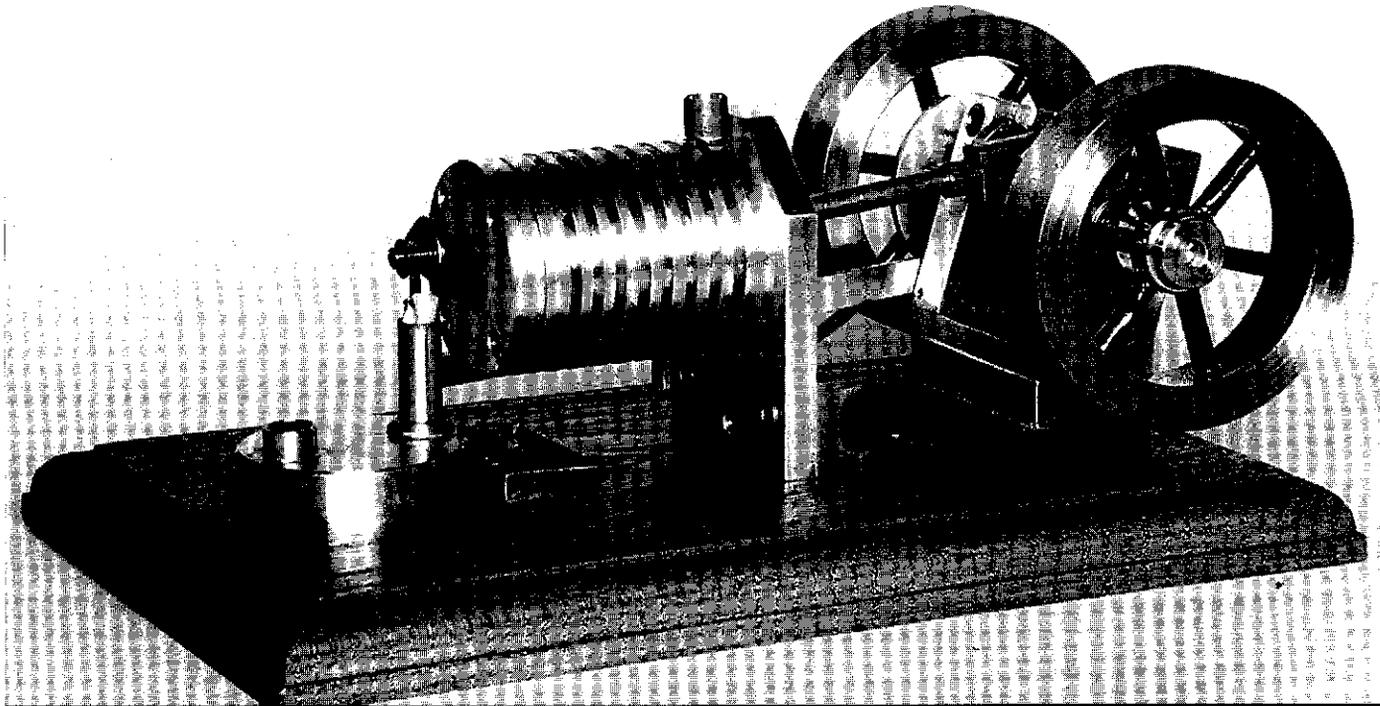


# Vakuum-Motor



Der Flammenfresser hat nur wenige Teile. Vorne am Zylinderdeckel das Ventilplättchen, davor steht der Brenner. Hinter dem Lagerbock sieht man Exzenter und Steuerhebel.

**Dr. Alfred Bachmann**

*Frau Wirtin hatt' auch ein' Motor,  
den stellt sie gern' den Gästen vor.  
Der fraß zur Arbeit Flammen  
und lief damit ganz wunderbar.  
Da staunten Herrn und Damen!*

Leicht zu bauen und einfach zu verstehen ist eine Maschine, deren Wirkungsweise lediglich auf zwei physikalischen Grundlagen beruht: der Fliehkraft und dem atmosphärischen Druck. Das Prinzip ist recht alt, schon 1758 wurde an Henry Wood ein Patent erteilt. Der Kolben saugt durch ein geöffnetes Ventil die frontal aufgestellte Flamme in den Zylinder und erhitzt die darin befindliche Luft. Beim Rückgang des Kolbens schließt das

Ventil, die Luft im Zylinder kühlt ab, und der äußere, nunmehr überwiegende atmosphärische Druck drückt den Kolben vorwärts. Beim vorderen Totpunkt des Kolbens öffnet das Ventil wieder, und das Spiel beginnt von neuem. Ein Schwungrad sorgt für die Überwindung der beiden Totpunkte. Das Ansaugen der Flamme führte zu der volkstümlichen und treffenden Bezeichnung: „Flammenfresser“.

Freilich: Einer solchen Maschine sind keine Kraftakte zuzumuten, und so dient sie in der Hauptsache dem Selbstzweck. Den passionierten Modellbauer sollte das eigentlich gar nicht stören, schon der Bau dieser liebenswürdigen Maschine und die von ihr gebotene Geräuschentwicklung wären Anreiz genug, wieder einmal ein paar Tage in der Werkstatt zu verbringen. „Wenn's einer davon haben kann ...“ (W. Busch), dann soll er sich dieses Plaisiers nicht begeben! In der folgenden Baubeschreibung wurde auf die leichte Beschaffbarkeit des Materials Rücksicht genommen, so ist der Erbauer gar nicht gezwungen, sich an alle Details zu halten und hat gewisse Freiheiten bei der Abänderung der Bauzeichnung. Mein Modell entstand aus dem, was sich gerade anbot, und es sind nicht wenige Bestandteile dabei, die ursprüng-

lich einen ganz anderen Verwendungszweck hatten. Zudem versuche ich, durch Einflechtung einiger arbeitstechnischer Hinweise komplizierte Fertigungsweisen zu erleichtern.

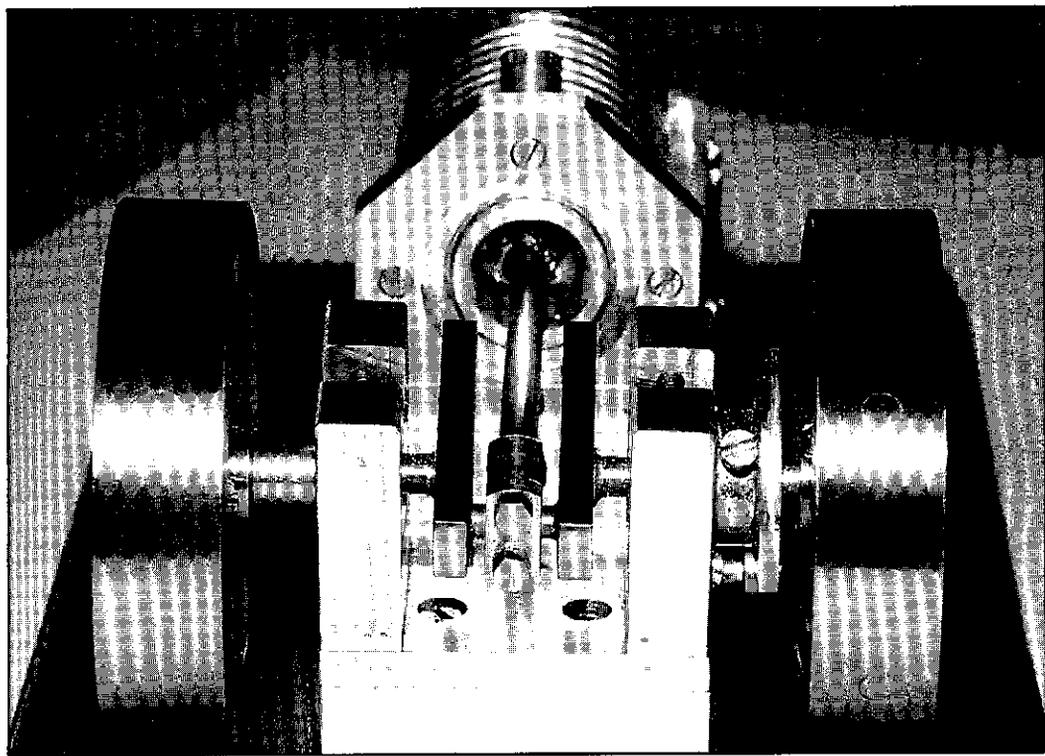
## **Bau des „Flammenfressers“**

**Teil 1: Maschinenbasis**  
Hier ist der rechte Winkel zwischen der Bodenplatte und dem aufstrebenden kurzen Schenkel maßgebend. Ob ein Stück Winkelmaterial zurechtgesägt wird oder die Montage aus zwei Stücken erfolgt, ist gleichgültig.  
**Teil 2: Zylinderträger**  
Auf eine Planscheibe geklemmt, werden der Durchgang und die Abstufung für das hintere Zylinderende ausgedreht. Die Bohrungen zur Befestigung an der Maschinenbasis und zum Festschrauben des Zylinders sind für Zylinderschrauben auszusenden, sie können auch zur

Befestigung des Werkstückes an einer frisch abgedrehten Holzplatte (Ersatz für eine Planscheibe) dienen. Zur leichteren Nachrichtbarkeit sollten die Bohrungen etwas größer als der Schraubendurchmesser sein.

### Teil 3: Zylinder

Eine wesentliche Erleichterung bringt das Einschieben eines Zylinderrohres mit sich, wenn man sich nicht ganz sicher ist, den Kolben auch wirklich genau einpassen zu können (siehe Teil 4). In diesem Fall ist darauf zu achten, daß sich das Rohr ohne besondere Anstrengung in den Zylinder drücken läßt. Wer kann, bediene sich der Methode des Aufschumpfens, wobei der Zylinder stark zu erhitzen ist und das gekühlte Rohr in die Bohrung eingesetzt wird. Das hält wie Eisen! Um die Kühlrippen einstecken zu können, habe ich den bereits gebohrten und mit dem Zylinderrohr versehenen Zylinder auf ein frisch abgedrehtes Rundholz gesteckt, dessen vordere Hälfte mit einem axialen Sägeeinschnitt versehen ist. Der Mitlaufkörper am Reitstock sorgt dafür, daß der Zylinder sich beim Einstechen nicht durchdrehen kann, weil das Holz stark gespreizt wird (siehe Zeichnung 4, Figur 1).



Das Triebwerk von hinten. Deutlich zu sehen ist die in den Aluminiumzylinder eingeschobene Messingbüchse (Zylinderrohr). Rechts am Exzenterhals die Feststellschraube, darunter das Kugellager des Steuerhebels.

Ebenso kann man sich aber auch damit behelfen, indem man das Holz naß macht oder durch das Ölloch einen sicheren Nagel steckt. Die Gewinde zur Befestigung am Zy-

linderträger und für den Zylinderdeckel werden anhand dieser Teile markiert und gebohrt. Das Zylinderrohr wird zuletzt mit feinstem Schleifpapier bis zum Hochglanz ausgeschliffen.

### Teil 4: Zylinderrohr

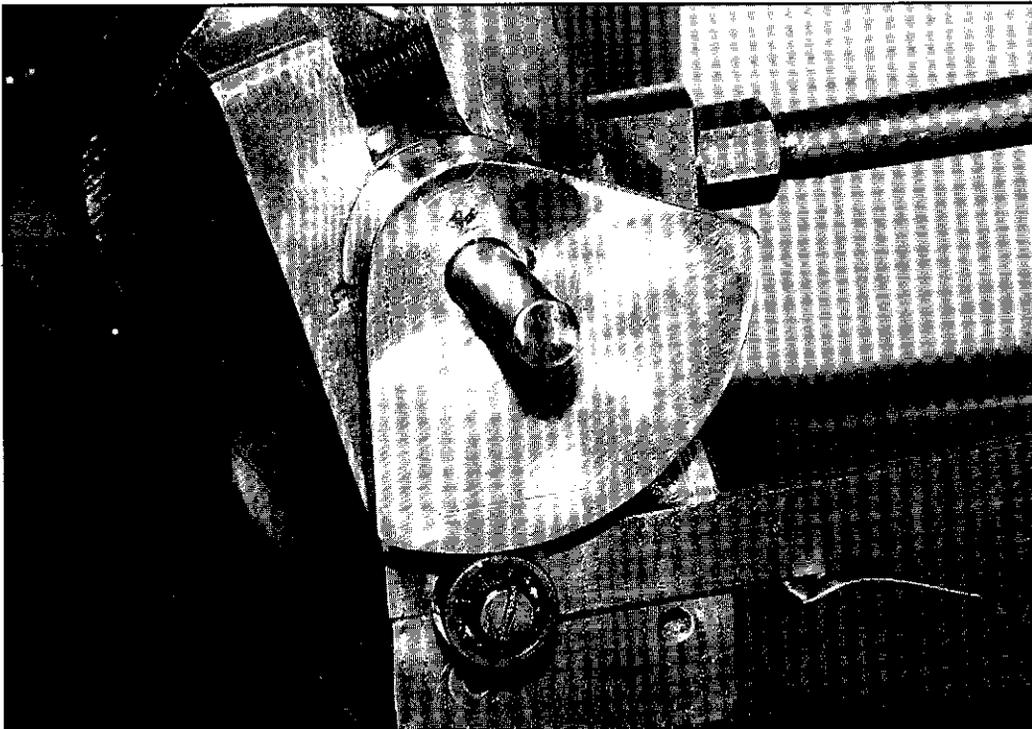
Gut geeignet ist ein Stück Messingrohr, sollte anderes Material zur Verwendung kommen, so ist auf die Gleitverträglichkeit mit dem Kolben zu achten. Jedenfalls darf nur ein Rohr verwendet werden, das absolut unversehrt ist und keine Dellen aufweist. Die 1-mm-Bohrung dient dem Öldurchgang vom Öl her und wird erst nach dem Einsetzen des Rohres in den Zylinder eingebracht.

### Teil 5: Zylinderdeckel

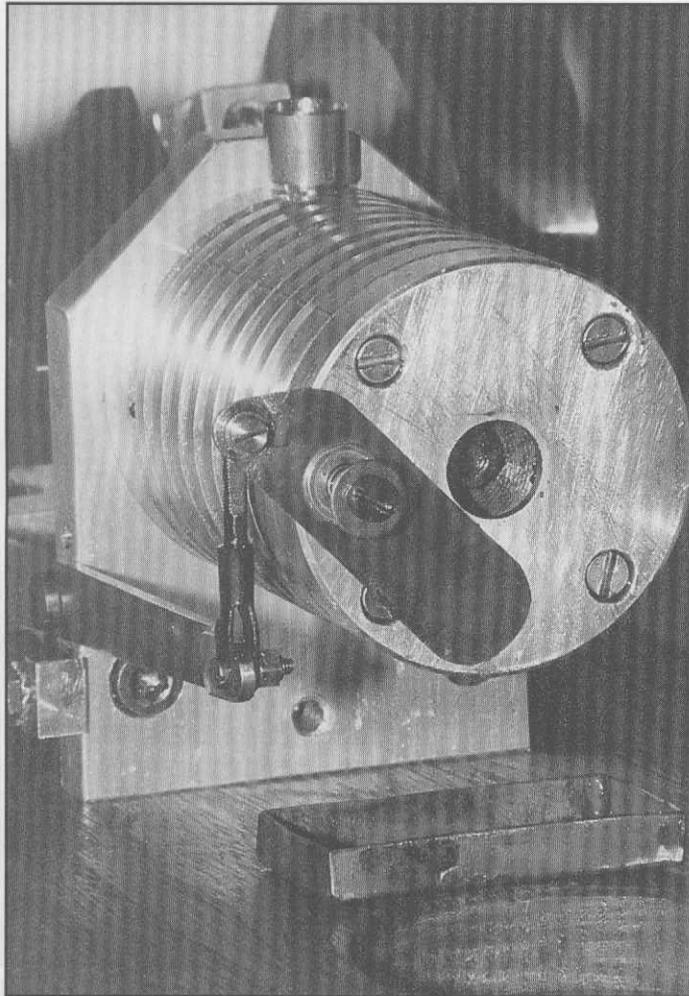
Er wird wie der Zylinderträger (Teil 2) mit vier ausgesenkten Bohrungen versehen, die als Bohrlehre für die entsprechenden Gewinde am Zylinder dienen. Die zentrale Bohrung (Flammeneintritt) ist auf der Innenseite stark anzusenken, um den Flammeneintritt nicht zu behindern. Das Gewinde M3 für die Blattventilachse gestaltet man auf jeden Fall als Sackloch.

### Teil 6: Lagerböcke mit Sockel

Die beiden Lagerböcke sind identisch und werden zunächst mit den Bohrungen für die Kurbelwellenlager versehen, hier sind es kleine Kugellager. An der Oberkante befinden sich Einschnitte für den Durchgang



Die Steuerung erfolgt über den Exzenter, der an einem Kugellager des Steuerhebels abrollt, das rechte Schwungrad ist abgenommen.



Am Zylinderdeckel ist das Blattventil schwenkbar angeordnet, es wird über das Übertragungsgelenk vom Steuerhebel aus betätigt.

der Kurbelwelle bei der Montage. Die Kugellager können mit Querschrauben eingeklemmt werden. Zum Abgleichen kann man sich der Methode gemäß Figur 2 in der Zeichnung 4 bedienen: Beide Lagerböcke werden mit einem kurzen Rohrstück verbunden und auf die Support-Spannplatte gespannt, wobei eine kräftige Beilage-scheibe aufzulegen ist. Mit einem Schlagfräser lassen sich jetzt die Bodenflächen gemeinsam ebnen. Zuletzt schraubt man beide Lagerböcke auf den Sockel. Dazu werden die Lager mit einer Querstange versehen, festgeklemmt und in diesem Zustand die Bodenschrauben eingesetzt. Auch hier soll ein Übermaß bei den Durchgangsbohrungen das Nachorientieren ermöglichen.

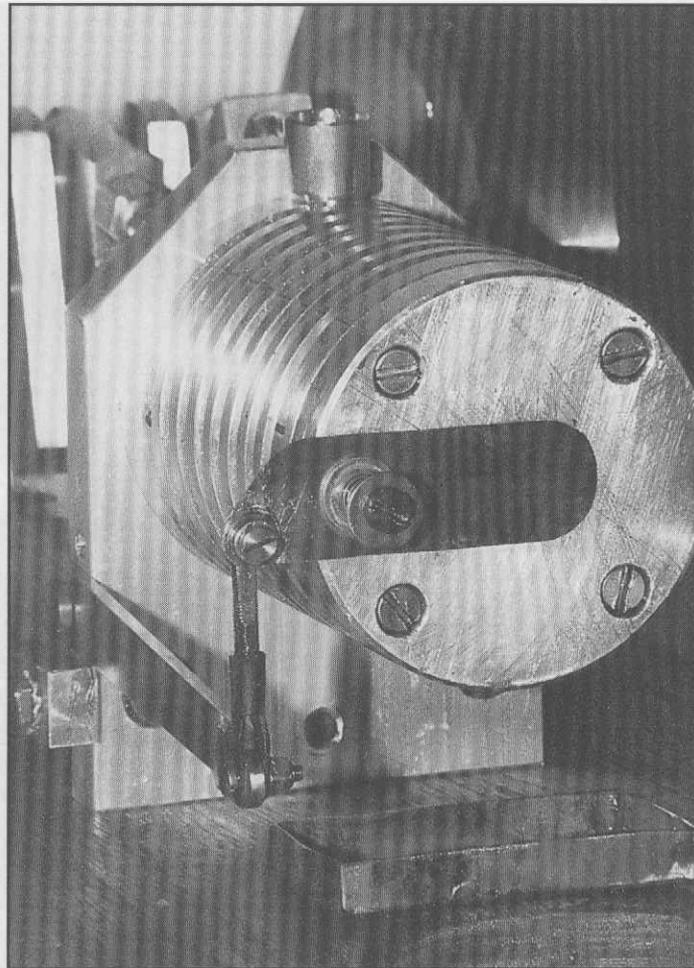
#### Teil 7: Kolben

Wie schon beim Zylinderrohr (Teil 4) erwähnt, muß bei der

Materialwahl auf die passenden Gleiteigenschaften Rücksicht genommen werden. Die Verwendung von unbeschädigten Halbfabrikaten sowohl beim Kolben als auch beim Rohr bringt unter Umständen die Gewähr sauberer und dichter Passung mit sich. Das zentrale M4-Gewinde und die Ausdehnung des Kolbens erfordern keine besonderen Genauigkeit hinsichtlich des Rundlaufes. Die Lauffläche des Kolbens wird – wie das Rohr – spiegelnd blank geschliffen. Auf jeden Fall ist darauf zu achten, daß sich der Kolben spielfrei und leicht im Rohr bewegt.

#### Teil 8: Kolbenstangengelenk

Es ist aus einem Stück Rundmessing gearbeitet, wobei der 5-mm-Schlitz zunächst „von der Stange weg“ gefräst (gefeilt, wer das noch kann!), anschließend abgesägt und der Gewindevansatz gefertigt wird. Die



Das Ventil ist geschlossen, das Vakuum wird wirksam, und der äußere atmosphärische Druck drückt den Kolben in den Zylinder. Oben der Öler, unten die Auffangschale.

Querbohrung nimmt man gemeinsam mit dem Gelenkkopf an der Kolbenstange (Teil 9) vor. Dieses Gelenk wird nun an die Innenfläche des Kolbens unter Beilage einer Sicherungsscheibe geschraubt, aber erst, wenn der Gelenkkopf daran befestigt ist. Es geht auch, wenn man in den Kolben nur ein Durchgangsloch bohrt, den Gewindevansatz des Gelenks verlängert und die Montage mit einer Mutter vornimmt.

#### Teil 9: Kolbenstange mit Gelenkkopf

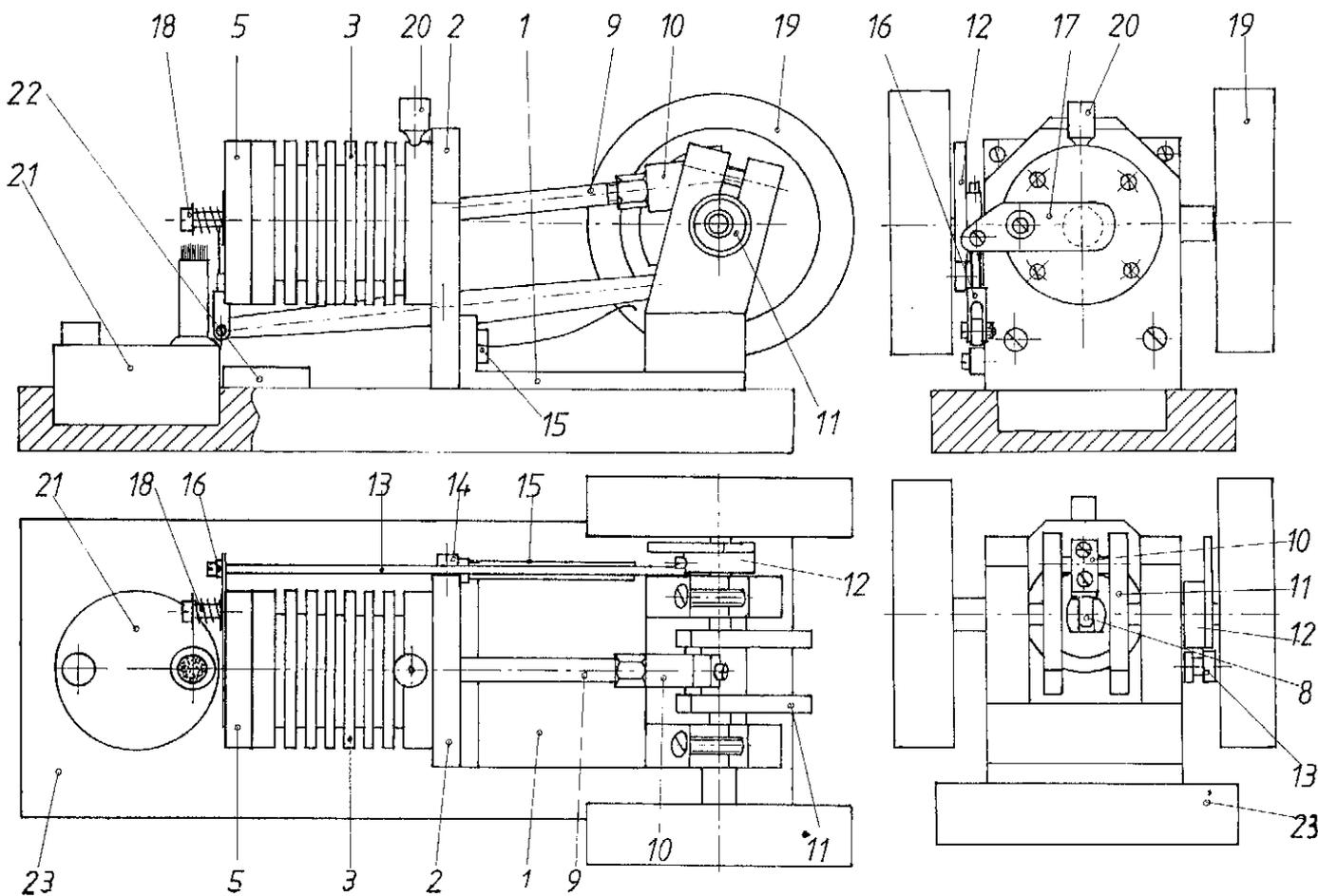
Der Gelenkkopf ist das Pedant zum Kolbenstangengelenk (Teil 8) und wird stramm an die Kolbenstange geschraubt. Verankern ist zu vermeiden! Das triebwerkseitige Ende der Kolbenstange erhält ein Gewinde, dessen Länge und die Länge der Kolbenstange selbst bei der Montage festzustellen sind. Zwischen Kolbenstangenkopf

und Kolbenstange wird Platz für eine Kontermutter gelassen.

**Teil 10: Kolbenstangenkopf** Wichtig ist hier die Winkeltreue zwischen der Querbohrung und dem axialen Gewinde für die Kolbenstange. Der Kopf und sein Deckel werden zunächst mit den Gewinden beziehungsweise Durchgangslöchern versehen und dann mit einem Scheibenfräser getrennt. Um den rechten Winkel zu wahren, bohren wir auf der Drehbank unter Vorsatz der Reitstockpinole. Nach dem Ausreiben und Markieren auf Zusammengehörigkeit kann der ganze Kopf auf die Kolbenstange gesteckt und fein überdreht werden.

#### Teil 11: Kurbelwelle mit Kugellagern

Die Kurbelwangen werden zuge-schnitten und weich aneinander gelötet. In diesem Zustand sind sie auf Paarigkeit zu kennzeichnen und gemeinsam zu be-



**Zeichnung 1: Teileübersicht**

arbeiten. Gebohrt wird wieder auf der Drehbank unter Pinolenvorsatz. Welle und Kurbelzapfen sollen sich eben noch einschieben lassen. Nachdem die beiden Kurbelwangen wieder voneinander getrennt wurden, kann der gut orientierte Zusammenbau nun mit Silber hartgelötet werden, wobei beim Kurbelzapfen das Lot von außen, bei der Welle selbst von innen her zugeführt wird. Ohne das Wellenstück zwischen den Kurbelwangen herauszusägen, überdreht man nun die Außenflächen und die Peripherie der Wangen mit feinen Spänen. Das Heraussägen des zwischen den Wangen befindlichen Wellenstückes muß sehr gefühlvoll vor sich gehen, um die Rundlaufgenauigkeit nicht zu zerstören. Am besten geht es noch mit einer Laubsäge, denn die Wangen lassen sich nur schlecht einspannen. Nun ent-

fernt man die Zunderreste mit einer Staubfeile (Hieb Nr. 6) und feinem Schleifpapier. Die Eigenart der Endmontage erfordert es, daß die beiden Kugellager leicht auf die Welle zu schieben sein müssen. Sie werden etwas nach außen geschoben, die Welle durch die oben aufgeschlitzten Lagerböcke geführt und sodann die Lager an ihren Sitz gebracht. In diesem Zustand werden sie festgeklemmt. Das axiale Spiel ist später durch das linke Schwungrad und den Exzenter begrenzt.  
**Teil 12: Exzenter**  
 Eine Scheibe und ein Halsstück werden hart aneinandergelötet und gebohrt. Auf einem Gewindedorn dreht man nun Hals und Außendurchmesser fein ab. Nach dem Wegsägen des überflüssigen Scheibenanteiles sind die Abrollflächen des Kugellagers am Steuerhebel (Teil 13)

verlaufend fein abzuschleifen. Zur Befestigung des Exzenters an der Kurbelwelle dient eine M4-Schraube, zunächst aus Messing, um die Welle bei der Einstellarbeit nicht zu beschädigen, später kann sie durch eine sichtbare Stahlschraube ersetzt werden.  
**Teil 13: Steuerhebel mit Kugellager**  
 Der am Zylinderträger schwenkbar angeordnete Hebel trägt am triebwerkseitigen Arm ein kleines Kugellager, das mit einer abgesetzten Schraube befestigt ist. Es genügt auch eine gewöhnliche Schraube mit Distanzhülse, Hauptsache ist, daß Schraubenkopf und Hülse nicht größer sind als der Innenring des Kugellagers. Das andere Ende ist für die Aufnahme des gabelförmigen Teiles des Ventil-Übertragungsgelenks vorgesehen (Teil 16).  
**Teil 14: Steuerhebelachse**

Es ist nur ein einfaches Drahtteil, bei dem auf die Leichtgängigkeit des Steuerhebels zu achten ist.  
**Teil 15: Andrückfeder**  
 Um das Kugellager des Steuerhebels ständig auf dem Exzenter abrollen zu lassen, bedarf es einer Feder, die auf den Hebel einwirkt. In den kleinen Messingblock schneidet man einen Schlitz, in welchen sich eine dünne Uhrfeder eben noch einpressen läßt. Der Block wird an den Zylinderträger geschraubt und läßt sich zur Einstellung schwenken. Länge und Krümmung der Feder sind nach Bedarf zu ermitteln. Der Druck darf nur ganz leicht sein, um nicht allzuviel Kraft wegzunehmen.  
**Teil 16: Ventil-Übertragungsgelenk**  
 Der untere, gabelförmige Teil wird aus einem Stück Rundstahl gefertigt, dessen oberer

Anteil ein M3-Gewinde trägt. In diesem ist verstellbar eine abgeplattete M3-Schraube mit einem M2-Quergewinde eingeschraubt. So ist die Längenverstellbarkeit zwischen Hebel und Ventilplättchen gewährleistet (ich habe mir diese Arbeit erspart und Übertragungsstangen aus einer alten elektrischen Schreibmaschine verwendet). Die Gabel wird am Hebelende mit einem kurzen Stahlstift, am Ventilplättchen mit einer M2-Schraube mit Kontermutter verbunden.

### Teil 17: Blattventil

Die Notwendigkeit, der Flammenhitze trotzen zu müssen und andererseits dicht abzuschließen, erfordert dünnes Material von erheblicher Elastizität. Eine 0,3 mm dicke Lamelle aus Phosphorbronze erwies sich als richtig dafür, ein Stahlplättchen täte es auch. Zur besseren Führung der M2-Schraube am Oberteil des Ventil-Übertragungsgelenks (Teil 16) ist an das Blattventil eine kleine Hülse angelötet, Weichlot reicht noch aus. Wenn das Blattventil

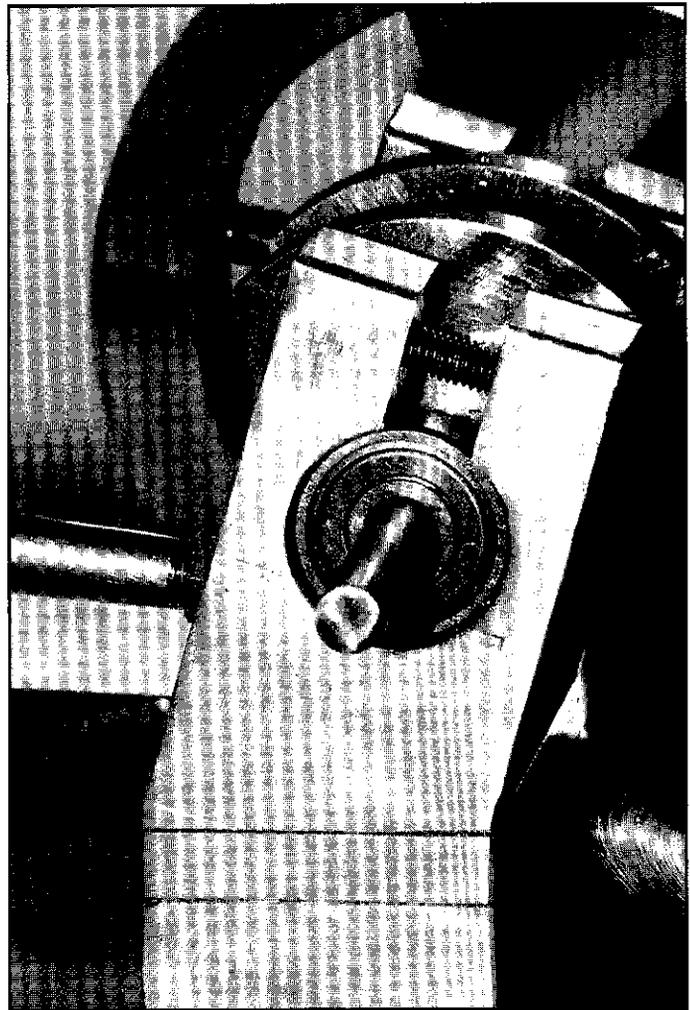
mit Hilfe der Blattventilachse (Teil 18) am Zylinderdeckel befestigt ist, muß es vollkommen plan aufliegen, sonst gibt es falsche Luft.

### Teil 18: Blattventilachse

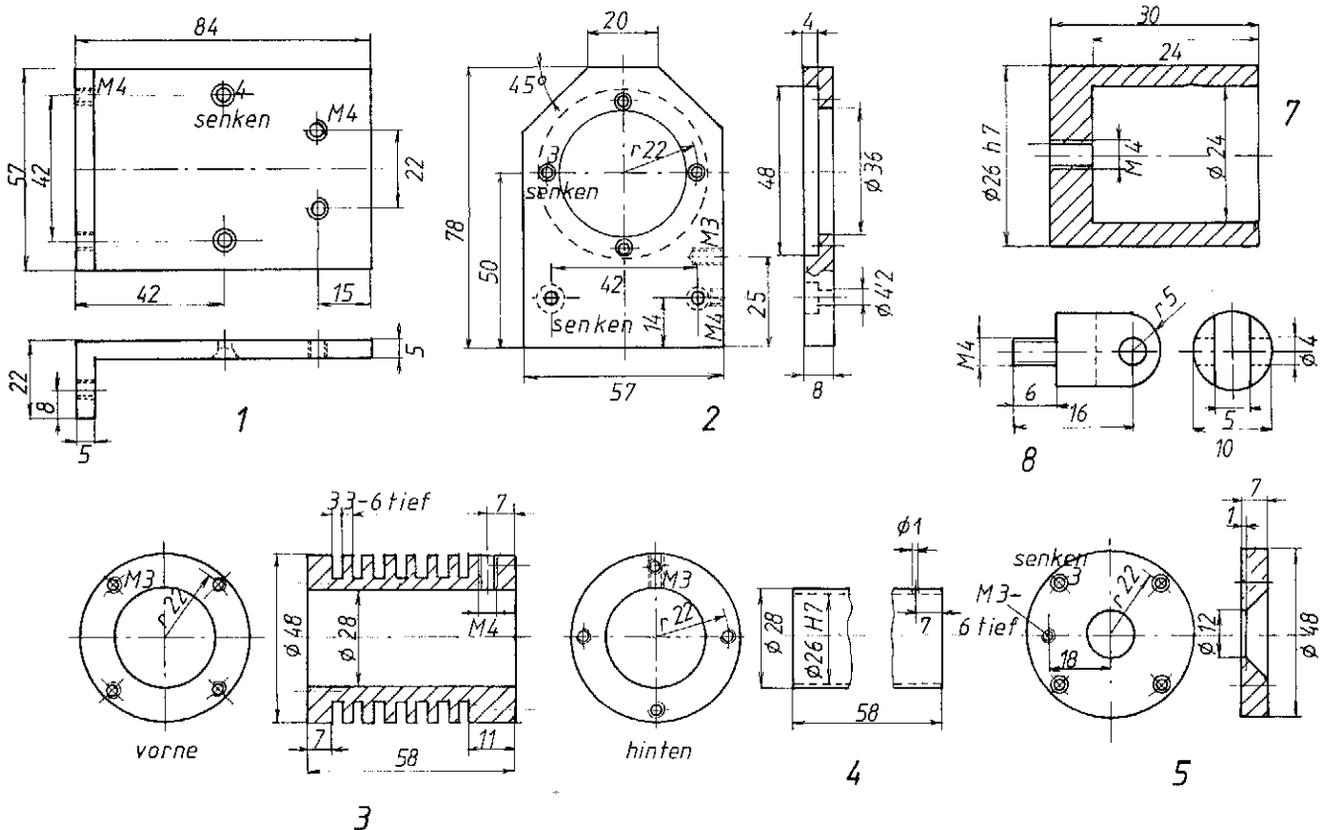
Eine abgesetzte Schraube, deren Schaft genau dem Loch im Blattventil entsprechen muß, eine oder zwei Beilagescheiben mit demselben Loch und eine schwache Druckfeder stellen den steten Andruck des Ventils an den Zylinderdeckel sicher. Zu beachten ist, daß der Gewindecansatz keinen Platz zwischen Zylinderdeckel und Schraubensansatz aufweist, er ist also gut zu hinterstechen. Bei der Montage hebt man das Blattventil so weit an, daß seine Bohrung über dem Schaft liegt, was mit einer Pinzette oder einer kleinen Blechgabel leicht erreicht werden kann.

### Teil 19: Schwungrad

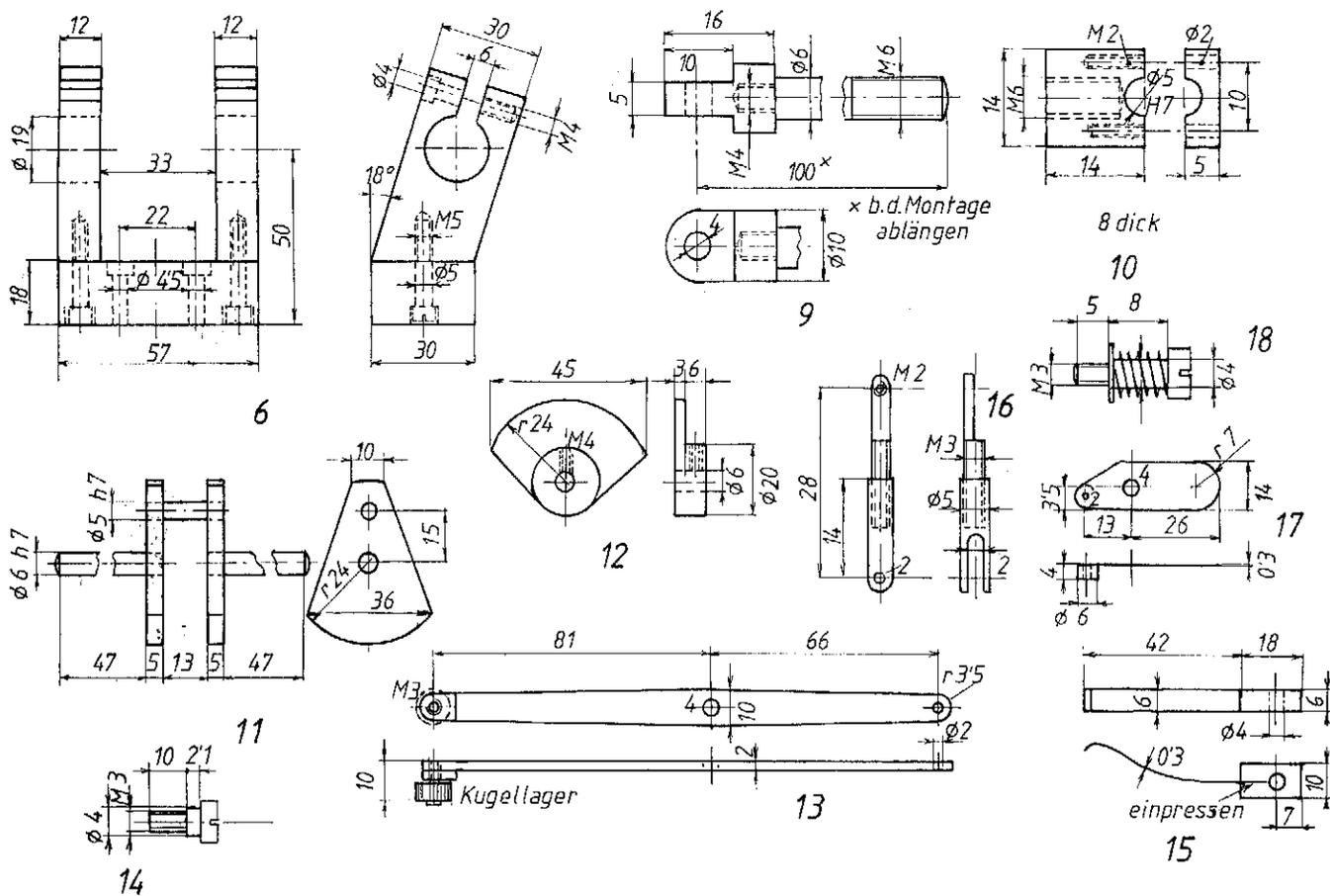
An die Schwungräder werden keine besonderen Ansprüche gestellt, gemäß der Eigenart der Maschine müssen sie aber genügend Masse haben, um die Totpunkte sicher zu überwin-



Von Querschrauben festgehaltene Kugellager in den Lagerblöcken sorgen für den leichten Lauf der Kurbelwelle.



Zeichnung 2: Plan der Teile 1-5 und 7-8.



Zeichnung 3: Plan der Teile 6 und 9-18.

den. Anstelle aufwendigem Löten (und der damit verbundenen Nacharbeit) können Schwungräder auch geklebt werden. Loctite 648 ist ein anaerober Kleber für Metalle, der bei Luftabschluss schnell und nachhaltig erhärtet, er ist hier sehr zu empfehlen. Der Felgenreif und die Nabe sind mit den entsprechenden radialen Bohrungen zu versehen, wobei die Löcher in der Nabe das Zentrum nicht erreichen dürfen. Sonst gibt es Ärger beim Bohren des Achsloches! Eine Holzscheibe wird nun mit einer Abstufung, auf welche der Innendurchmesser der Felge paßt, und für die Nabe (vorerst noch mit Überlänge) mit einem zentralen Loch versehen. Die Speichen können jetzt eingeführt werden, das muß ganz leicht gehen. Einschlagen würde die Zentrierung zerstören. Zuletzt fügt man vor jedem Loch einen Tropfen Loctite 648 bei und schiebt die Speichen schnell bis zum An-

schlag ein (siehe Zeichnung 4, Figur 3). Sicherheitshalber wartet man noch ein paar Stunden, um dann die überstehenden Speichenenden abzusägen und die Räder fertigzudrehen. Zweckmäßigerweise spannt man die Schwungräder auf den Innenseiten der Felgen auf und vollführt die ganze Arbeit, von der Peripherie bis zum ausgeriebenen Achsloch, in einem Arbeitsgang. Die Gegenseite erfordert dann nur noch die Dreharbeit an Nabe und Felgenvorseite. Der überflüssige Kleber kann einfach weggewischt werden.

#### Teil 20: Öler

Nach dem Einschrauben des Ölers in den Zylinder ist nur noch das 1-mm-Loch auch durch das Zylinderrohr zu bohren.

#### Teil 21: Spiritusbrenner

Mit hart aufgelötetem Messingblech wird ein Rohrstück oben und unten verschlossen und an der Oberseite mit einem Ein-

füllstutzen und dem Dochrohr versehen. Vor dem Löten ist ein Luftloch zu bohren. Bezüglich der Höhe des Dochrohres können keine verbindlichen Maßangaben gemacht werden, das Optimum muß man an jeder Maschine empirisch ermitteln. Ebenso können die Abstände zwischen Flamme und Flammloch individuell verschieden sein, auch hier helfen nur die Erfahrung und das Ausprobieren.

#### Teil 22: Auffangschale

Um das Grundbrett nicht unnötig mit Öl zu verschmutzen, wird unter das vordere Zylinderende eine flache Schale gestellt. Sie ist aus Messing- oder Kupferblech zu biegen und zwecks Unverrückbarkeit mit zwei kurzen Stiften zu versehen.

#### Teil 23: Grundbrett

Da man von einem Flammfresser keine besondere nutzbare Leistung erwarten darf, so soll er wenigstens auf einer Ba-

sis stehen, die seiner technischen Schönheit erst den richtigen Ausdruck verleiht. Eiche, Buche, Mahagoni, einerei: Farblos lackiert wird das Grundbrett einen prächtigen Kontrast zu den rot lackierten Schwungrädern und den blankgeschliffenen sonstigen Metallteilen geben. Für den Brenner wird ein Loch ausgearbeitet, das lediglich eine geringe Verrückbarkeit des Brenners erlaubt, für die Stifte der Auffangschale gibt es zwei seichte Bohrungen.

### Probelauf und Einstellungen

Wenn alle Teile gut zusammenpassen und sich die Maschine leicht von Hand drehen läßt, gibt man ein paar Tropfen Nähmaschinenöl in den Öler und sieht nach, ob sich das Ventil öffnet, wenn der Kolben seinen vorderen Totpunkt erreicht hat. Das Ventil muß auf

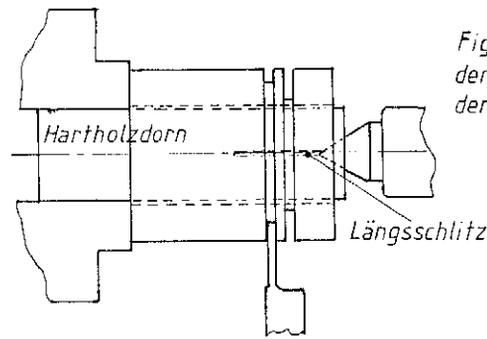
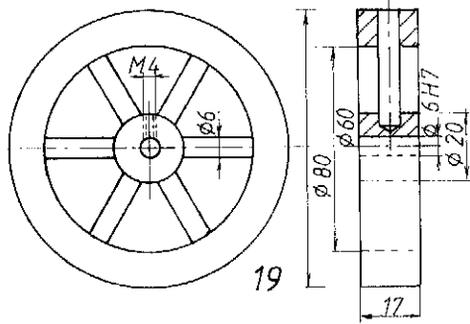


Fig. 1: Einstecken der Kühlrippen in den Zylinder

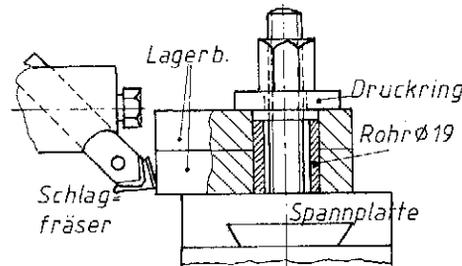
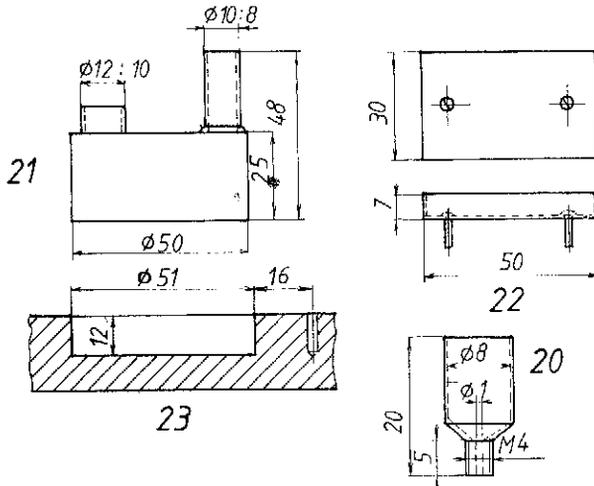
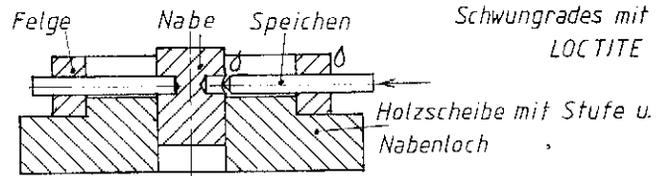


Fig. 2: Ebenen der Lagerböcke in gemeinsamer Aufspannung

Fig. 3: Kleben des Schwungrades mit LOCTITE



Zeichnung 4: Plan der Teile 19-23 und Fertigungsskizzen.

jeden Fall, wenn es geschlossen ist, gleichmäßig vor der Flamme stehen, dreht man den Kolben zurück, muß es deutlichen Widerstand (Gegenschlag) an der Pleuellwelle zeigen (der Pleuellwelle versucht, ein Vakuum zu erzeugen). Nochmals: Die richtige Einstellung des Pleuellwenders ist erreicht, wenn der Pleuellwender ganz vorne ist und sich das Ventil schlagartig öffnet. Wenn nicht, wird die Pleuellschraube des Pleuellwenders gelockert und der Pleuellwender verdreht, bis der Idealzustand erreicht ist. Je nach Stellung des Pleuellwenders wird die Pleuellmaschine rechts- oder links herum laufen. Die zukünftige Pleuellrichtung kann man auch daran erkennen, daß sich bei ihr die Pleuellmaschine ohne Widerstand durchdrehen läßt. Jetzt wird die Pleuellmaschine entzündet und die Pleuellmaschine in der Pleuellrichtung angeworfen. Wenn alles richtig war, sollte (sollte!) sich das Vehikel in Bewegung setzen. Wenn nicht, so

ist durch wiederholtes Anwerfen der Pleuellmaschine herbeizuführen. Dabei achte man darauf, daß von der Pleuellmaschine ein guter Teil eingesaugt wird. Abstand und Stellung der Pleuellmaschine vor dem Pleuellloch können ebenfalls nicht eindeutig angegeben werden, auch das ist durch Erfahrung festzustellen. Man ist fast versucht zu glauben, daß eine solche Pleuellmaschine ein Eigenleben entwickelt, jedenfalls bemüht sie sich sichtbar (und auch hörbar), den Erbauer durch ein lautes Klappern (Ventilhebel und Pleuellwender) und ein blubberndes Fauchen (vom Ventil) zu ergötzen. Was die Pleuellreinlichkeit angeht, könnte der Pleuellflammenfresser als Vorbild für so manche Pleuellmaschine gelten, außer ein paar Tropfen Öl in der Pleuellabfängerwanne und ein klein bisschen Gestank nach Spiritus spielt sich nichts ab. Das sind Argumente, welche die Pleuellschwachbrüstigkeit unseres Pleuellflammenfressers verzeihlich erscheinen lassen!

### Stückliste

Teil Nr.	Bezeichnung	Material
1	Maschinenbasis	Aluminium, Messing
2	Zylinderträger	Aluminium, Messing
3	Zylinder	Aluminium, Gußeisen, Messing
4	Zylinderrohr	Messing, Gußeisen
5	Zylinderdeckel	Aluminium, Messing
6	Lagerböcke mit Sockel	Aluminium, Messing
7	Kolben	Gußeisen, Bronze
8	Kolbenstangenauge	Messing
9	Kolbenstange mit Gelenkkopf	Stahl, Messing
10	Kolbenstangenkopf	Messing
11	Kurbelwelle mit Kugellager 19/6	Stahl
12	Exzenter	Messing, Stahl
13	Steuervebel mit Kugellager 10/3	Stahl, Messing
14	Steuervebelachse	Stahl
15	Andruckfeder	Messing, Uhrfeder 0,3 mm
16	Ventil-Übertragungsgelenk	Stahl
17	Blattventil	Bronzeblech 0,3 mm
18	Blattventilachse	Stahl, Beilagescheiben, Druckfeder
19	Schwungrad	Gußeisen, Messing, Stahl
20	Öler	Aluminium, Messing
21	Spiritusbrenner	Messing
22	Auffangschale	Messingblech
23	Grundbrett	Eiche, Buche o.ä. zirka 20 mm

Kleinteile wie Schrauben, Stifte, Muttern, sind nicht gesondert angeführt.