IKIER
Schutzmarke.

Alle Teile für Benzinmotoren und Benzinmotor-Modelle liefert:

Ober-Ing. Arno Ikier
Leipzig C 1, Querstr. 27

Werkstoffe
und Werkzeuge
für den Flugmodellbau

Preisliste 68 Seiten, 250 Abbildungen, kostenlos

Das Fachgeschäft
für Flugmodellbau
für
Mal- und Zeichengeräte

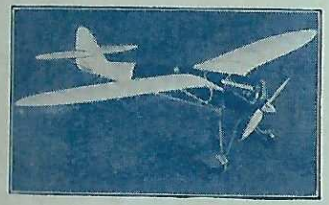
Breslau I
Taschenstr. 29/31
Preislisten kostenlos

Flugmodellbau

Werkstoffe
Werkzeuge
Baupläne
Schrifttum

Von der Korpsführung des NSFK. zur Lieferung des Schwingenflugmodells zugelassen. Bauplan RM. —.25, Werkstoffsatz RM. 2.25

Franz Schreyer, Hamburg 24, Lerchenfeld 7

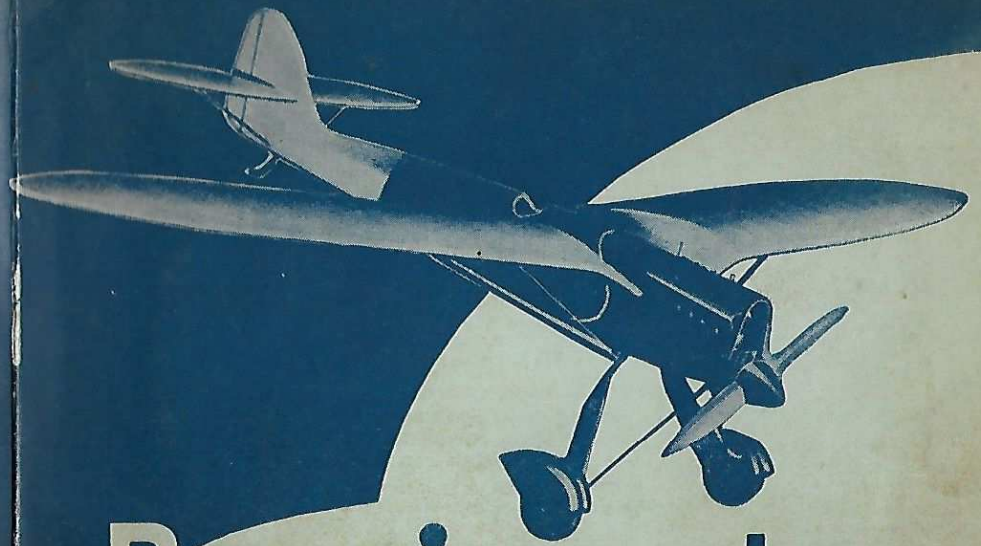


Preisliste kostenlos

Flug-Bufe
Laden und Versandgeschäft
BERLIN W 35, Potsdamer Straße 55
Ruf 223181

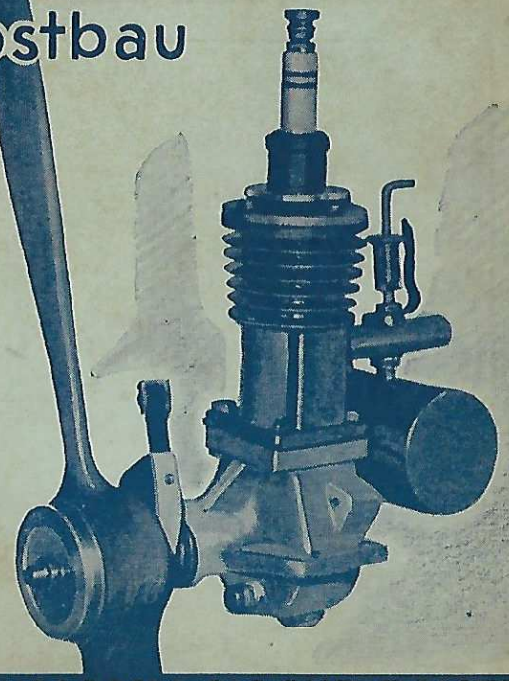
und alles für den Benzinmotoren Flugmodellbau

Felgiebel / Benzinmotoren für Flugmodelle und ihr Selbstbau



Benzinmotoren für Flugmodelle

und ihr Selbstbau



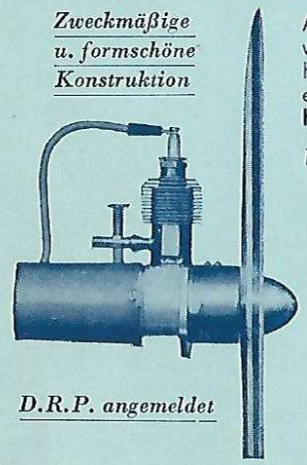
von **A. Felgiebel**

VERLAG C. J. E. VOLCKMANN NACHF. E. WETTE
Berlin-Charlottenburg 2

Kratmo 4 0,15 PS | **Kratmo 10** 0,35 PS | **Kratmo 30** 1,5 PS

Sturzfest / Zündverstellung / Stromlinienform / Zylinder aus Chr.-M.-Stahl / leichtes Handanwerfen / leichtes Gewicht und präzise Arbeit auf neuesten Maschinen sind die Kennzeichen

Zweckmäßige u. formschöne Konstruktion



D.R.P. angemeldet

Alle Rekorde für Land-, Wasser- und Schwingenflugmodelle wurden mit Kratzsch-Motoren erflogen. Flugzeiten bis 2 Std., Höhen über 3000 m und Flugstrecken bis 112 km wurden erreicht. **Die Sturzfestigkeit hat sich auch bei großen Höhen vielfach bewährt.**

Verlangen Sie kostenlos Prospekt B über:

Kratzsch-Motoren 0,1 bis 1,5 PS
Kratzsch-Propeller 2-3-4 Flügel in Holz, Alu und Hydronal.
Kratzsch-Flugzeugräder mit Gummibereifung 60 und 80 mm ∅
Kratzsch-Modellflugzeuge mit Benzinmotor startfertig
Kratzsch-Baupläne vieler flugerprobter und Rekordmodelle
Kratzsch-Ersatz- und Einzelteile

Motorbaupläne für 4-, 10-, und 30-cm³-Motoren mit Bauanleitung — kompl. Werkstoffsätze

Einzelteile für Motor-Selbstbauer zu allen Modell-Motoren verwendbar Zündkerzen 8 g, Kondensator, Zündspulen, Kolbenringe 18/22/32 mm ∅

Motorenbau Walter Kratzsch, Gößnitz Kr. Altenburg
Postfach 36 / Telephon 164

BENZINMOTOREN FÜR FLUGMODELLE

UND IHR SELBSTBAU

VON

ING. A. FELGIEBEL

MIT 179 ABBILDUNGEN
UND 7 TAFELN

2. NEUBEARBEITETE AUFLAGE
(4.—7. TAUSEND)

C. J. E. VOLCKMANN NACHF. E. WETTE
BERLIN-CHARLOTTENBURG 2
1 9 4 0

In unserm Verlag erschien:

BENZINMOTOR-FLUGMODELL HS 100

Von H. F. A. SCHELHASSE

2 große Baupläne, Textheft mit ausführlicher Baubeschreibung und zahlreichen Abbildungen
In Tasche **RM. 3.60**

Das Benzinmotor-Flugmodell HS 100 legt im normalen Geradeausflug eine Strecke von 1400 m in der Minute zurück und erreicht dabei eine Höhe von 150—200 m. Der Gleitwinkel ist 1:12. Bei einer Flughöhe von 200 m würde das Modell also eine Strecke von 2400 m im Gleitflug zurücklegen.

Für den Einbau kann gleich gut **jeder Motor von etwa 7–10 cm³** Hubvolumen Verwendung finden. So ist z. B. auch der Felgiebel-Motor Ausführungsbeispiel I recht geeignet, dessen Selbstherstellung in dem vorliegenden Buch „Benzinmotoren für Flugmodelle und ihr Selbstbau" ausführlich beschrieben ist.

VERLAG C. J. E. VOLCKMANN NACHF. E. WETTE
BERLIN-CHARLOTTENBURG 2

Nachdruck, auch mit Quellenangabe, verboten. Die Motoren nach den in diesem Buch behandelten Ausführungsbeispielen (Abschnitt IX) dürfen nur im Selbstbau hergestellt werden. Die gewerbsmäßige Herstellung und der Vertrieb dieser Motoren sowie ihrer Einzelteile mit Ausnahme der handelsüblichen Markenartikel, wie Zündkerzen usw., ist nur mit Genehmigung des Verfassers gestattet.

Copyright 1938 by C. J. E. Volckmann Nachf. E. Wette, Berlin-Charlottenburg 2 / Printed in Germany — Verantwortlicher Anzeigenleiter: Heinz Dannenbaum, Berlin-Halensee / M.A. 4000 / Vom Werberate genehmigt Nr. 8632 / Druck von C. Schulze & Co., GmbH., Gräfenhainichen

Inhaltsverzeichnis

Seite

Vorwort zur 1. Auflage 5
I. Allgemeine Grundsätze 7
II. Anforderungen an einen Verbrennungsmotor für Flugmodelle 15
III. Einteilung der Systeme und ihre Wirkungsweise . 16
1. Das Viertakt-Verfahren 16
2. Das Zweitakt-Verfahren 18
a) Dreikanal-System 18
b) Zweikanal-System 19
IV. Aufbau der Zweitaktmotoren 21
1. Der Zylinder 22
2. Der Kurbeltrieb 25
a) Der Kolben 25
b) Die Schubstange 29
c) Die Kurbelwelle 31
3. Das Kurbelgehäuse 32
4. Der Vergaser 34
a) Schwimmer-Vergaser 36
b) Schwimmerlose Vergaser 36
5. Der Kraftstoffbehälter 40
6. Die Zündanlage 41
a) Magnetzündung 42
b) Batteriezündung 42
V. Ausgeführte Flugmodell-Motoren 58
1. Deutsche Motoren 58
a) Kratzsch-Motoren 58
b) Argus-Motor 60
c) Häusler-Motor 63
d) Thaler-Motor 64
e) Blankenmeister-Motor 65
f) Meyer-Motor 65
g) ORTUS-Motor 66
2. Ausländische Motoren 67
a) Brown-Junior-Motor 67
b) Baby-Cyclone-Motor 68
VI. Anordnung und Einbau der Motoren bzw. Triebwerksanlagen 69
1. Anordnung der Motoren 69
2. Anordnung der Triebwerksanlagen im Flugmodell unter Berücksichtigung der Lastverteilung 72
3. Einbau der Motoren 78
a) Einbau im Rumpf des Flugmodells ohne Verwendung besonderer Zwischenträger 79
b) Einbau unter Verwendung von Spantblechen 79
c) Einbau unter Verwendung von Konsolträgern 79
4. Einbau der Kraftstoffbehälter 85
5. Einbau der Zündanlage 87

Seite
VII. Betrieb der Motoren 90
1. Allgemeines 90
2. Betriebsmittel 91
a) Kraftstoff 91
b) Schmierstoff 92
3. Bedienung der Motoren 96
a) Anwerfen 96
b) Einstellen auf volle Leistung 98
4. Wartung der Motoren 99
5. Störungen und ihre Ursachen 100
a) Störungen während des Anwerfens 100
b) Störungen während des Betriebs 100
c) Störungen in der Zündanlage 101
d) Störungen im Vergaser 101
VIII. Luftschrauben 102
IX. Ausführungsbeispiele für den Selbstbau von Verbrennungsmotoren für Flugmodelle 102
1. Beschreibung der Motoren 102
2. Werkzeuge und Werkstoffe 107
3. Bauzeichnungen 108
4. Herstellung der Einzelteile 109
a) Zylinder 109
b) Zylinderkopf 114
c) Kolben 114
d) Kolbenbolzen 116
e) Kolbenringe 116
f) Kurbelgehäuse 117
g) Lagerbuchse 121
h) Kurbelwelle 121
i) Mitnehmerscheibe und Druckscheibe für die Befestigung der Luftschraube 122
k) Schubstange 122
5. Teile zu den Vergasern 123
6. Teile zu den Zündanlagen 124
a) Herstellung des Unterbrechers 124
b) Herstellung der Zündspule 126
c) Kondensator 131
d) Zündkerze 131
e) Herstellung des Zeitschalters 131
7. Herstellung der Luftschrauben 132
8. Zusammenbau der Motoren 132
9. Einlaufen und Betrieb der Motoren 136
a) Einlaufen des Motors unter Antrieb durch eine fremde Kraftquelle 136
b) Einstellung des Zündzeitpunktes 137
c) Schaltung der Zündanlage 139
d) Einlaufen des Motors durch eigene Kraft 139
e) Betrieb der Motoren 141
10. Einbau der Motoren im Flugmodell 142
11. Kurze handwerkliche Hinweise 143

Vorwort zur 1. Auflage

Der machtvolle Aufschwung des Modellflugsportes in Deutschland während der letzten Jahre hat zur Folge, daß nunmehr auch dem Bau von Flugmodellen mit Verbrennungsmotoren von allen Seiten größtes Interesse entgegengebracht wird.

Mit solchen Modellen sind bereits sehr beachtliche Erfolge erzielt worden. Dabei zeigte es sich jedoch, daß die bei dem Flugbetrieb vielfach auftretenden Störungen fast ausschließlich auf die ungenügenden Kenntnisse bezüglich der Behandlung und des Einbaues der zur Anwendung gelangenden Motoren zurückzuführen sind.

Das vorliegende Buch ist daher unter dem Gesichtspunkt entstanden, den Modellbauern, die sich bereits mit dem Bau von Modellen mit Verbrennungsmotoren beschäftigen, als Leitfaden zu dienen, sowie diejenigen, die sich erst damit beschäftigen wollen, mit der Wirkungsweise, dem Aufbau und dem Betrieb solcher Motoren vertraut zu machen.

Hierbei war es unerläßlich, auf einige physikalische und thermische Grundsätze zurückzugreifen. Natürlich konnte das im Rahmen der vorliegenden Schrift sowie unter Berücksichtigung des Leserkreises, der sich beim Flugmodellbau aus allen Berufs- und Altersklassen zusammensetzt, nur insoweit geschehen, wie es zum allgemeinen Verständnis erforderlich ist.

Das Buch soll außerdem allen denen, die besonderes Interesse an dem Bau bzw. der Selbstherstellung eines Flugmodell-Verbrennungsmotors haben, als Anleitung dienen. Es werden daher die vom Verfasser besonders für diesen Zweck entworfenen und im Selbstbau hergestellten Motoren in zwei Ausführungsbeispielen eingehend behandelt.

Breslau, im Dezember 1938

A. Felgiebel

Verlangen Sie kostenlose Zusendung meines
„Wegweiser 1939 durch den Flugmodellbau"
80 Seiten stark, mit vielen Abbildungen

I. Allgemeine Grundsätze

Bei den zum Antrieb von Flugmodellen zur Verwendung gelangenden Verbrennungsmotoren handelt es sich um Wärmekraftmaschinen, bei denen Wärmeenergie in mechanische Arbeit umgewandelt wird.

Der zum Antrieb dieser Maschinen erforderliche Kraftstoff, der den Energieträger darstellt, wird hierbei in Form eines Kraftstoff-Luft-

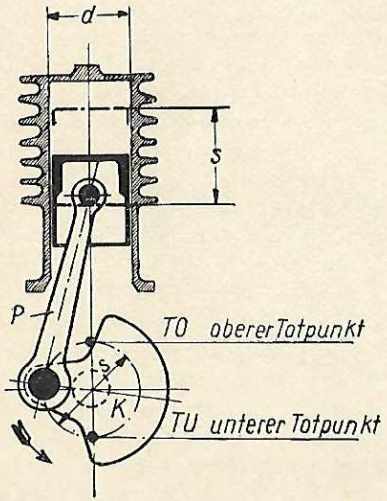


Abb. 1. Kurbeltrieb

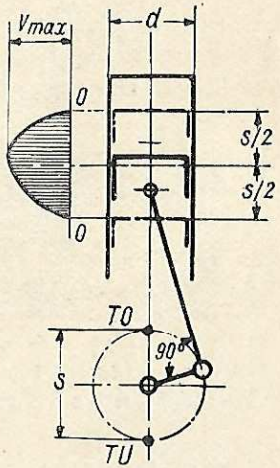


Abb. 2. Darstellung der Kolbengeschwindigkeit

Gemisches in einem bestimmten Mischungsverhältnis dem Arbeitszylinder zugeführt, in diesem verdichtet (komprimiert) und durch einen elektrischen Funken zur Entzündung gebracht. Die hierbei sich bildenden Verbrennungsgase von hoher Spannung wirken wie bei einer Dampfmaschine auf einen Kolben, dessen gradlinige Hin- und Herbewegung mit Hilfe eines Kurbeltriebes, der aus einer Schubstange P und einer Kurbelwelle K besteht, in eine drehende Bewegung umgewandelt wird (Abb. 1).

Der Kolben vollführt bei einer Umdrehung der Kurbelwelle eine aufwärtsgehende und eine abwärtsgehende Bewegung, die jeweils als Hub bezeichnet wird. Eine ganze Umdrehung der Kurbelwelle entspricht somit zwei Hüben. Unter Zugrundelegung eines Motors stehender Bauart wird hierbei die höchste Stellung des Kolbens als der obere Totpunkt, die tiefste Stellung als der untere Totpunkt bezeichnet. Während in den Totpunktlagen die Geschwindigkeit des Kolbens gleich Null ist, tritt bei einem derartigen Kurbeltrieb die Höchstgeschwindigkeit des Kolbens, wie das Kolbengeschwindigkeitsdiagramm (Abb. 2) zeigt, in der jeweiligen Kolbenstellung ein, bei der die Schubstange und die Kurbel einen Winkel von 90° bilden.

Der Inhalt des Zylinders zwischen dem oberen und dem unteren Totpunkt stellt den Hubraum oder das Hubvolumen dar und wird aus der Zylinderbohrung d (Zylinderdurchmesser) und dem Hub s bestimmt. Ein Verbrennungsmotor für Flugmodelle hat demzufolge z. B. bei einer Zylinderbohrung von 20 mm = 2 cm und einem Hub von 22,5 mm = 2,25 cm ein Hubvolumen von

$$V_g = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot s = \frac{2{,}0^2 \cdot 3{,}14}{4} \cdot 2{,}25 = \text{ca. } 7 \text{ cm}^3.$$

Wie bereits eingangs gesagt, wird bei den Verbrennungsmotoren das in den Zylinder eingeführte Kraftstoff-Luft-Gemisch vor der Entzündung verdichtet (komprimiert). Zum Verständnis der Krafterzeugung ist es unerläßlich, kurz auf folgendes hinzuweisen:

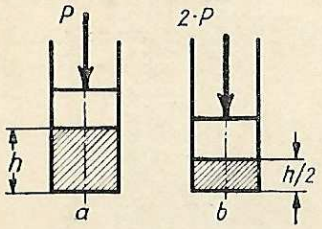


Abb. 3. Abhängigkeit des Rauminhalts vom Druck

Nach der Physik gelten für alle Gase folgende Gesetze:

1. Bei den Gasen verhalten sich die Rauminhalte oder Volumen umgekehrt proportional zu den Drücken, unter denen sie stehen.
2. Die Gase dehnen sich bei 1° C Temperaturerhöhung um den 273. Teil $\left(\frac{1}{273}\right)$ ihres Rauminhaltes aus.

Wird nach Abb. 3a und b z. B. der auf ein Gas wirkende Druck, das in einem Zylinder eingeschlossen ist, verdoppelt, so verringert sich der Rauminhalt des Gases um die Hälfte.

Bei der Verbrennung eines aus Kraftstoff und Luft bestehenden Gasgemisches tritt eine Temperatur von etwa 1500° C ein.

Unter Berücksichtigung der aus dem Gesetz 2 sich ergebenden Formel:

$$V_t = V_o \left(1 + \frac{t}{273}\right),$$

in der

V_t = die Volumenvergrößerung,
V_o = das Volumen des Gases bei 0°,
t = die Temperatursteigerung gegenüber 0°

bedeuten, wird die Volumenvergrößerung

$$V_t = V_o \left(1 + \frac{1500}{273}\right) = V_o \cdot 6{,}5.$$

Wird eine freie Ausdehnungsmöglichkeit des Gases vorausgesetzt, so vergrößert sich das Volumen desselben während der Verbrennung um das 6,5fache gegenüber dem Volumen vor der Verbrennung. Da das in dem Zylinder eingeschlossene Gas jedoch auf den ursprünglichen Rauminhalt beschränkt bleibt, so muß unter Berücksichtigung des Gesetzes 1 der nunmehr im Zylinder auftretende Druck um das 6,5fache des Anfangsdruckes steigen.

Dieser Wert erhebt natürlich keinen Anspruch auf Genauigkeit, da die Temperatur des Gases in Wirklichkeit vor der Verbrennung nicht 0° beträgt.

Wird der Anfangsdruck mit 1 Atmosphäre = 1 at gleich dem normalen Luftdruck (1 kg auf 1 cm²) angenommen, so beträgt der aus der Verbrennung sich ergebende Überdruck

$$6{,}5 - 1 = 5{,}5 \text{ at}_{ü}.$$

Wesentlich höher und somit günstiger für die Arbeitsleistung wird jedoch der Verbrennungsdruck, wenn das Kraftstoff-Luft-Gemisch vor der Verbrennung verdichtet, also sein Anfangsdruck erhöht wird. Die Verdichtung kann jedoch nicht beliebig hoch getrieben werden, da sonst bei zu großer Verdichtung Temperaturen im Zylinder entstehen, die zu ungewollten Selbstentzündungen führen, und auch der Arbeitsaufwand für das Verdichten zu groß wird.

Unter dem Verdichtungsverhältnis versteht man das Verhältnis des Verbrennungsraumes zu dem gesamten Zylinderinhalt. Es wird errechnet, indem man den ganzen Zylinderinhalt, d. h. Verbrennungsraum plus Hubraum, durch den Verbrennungsraum teilt. Nach Abb. 4 wird somit

$$\varepsilon = \frac{V_k + V_h}{V_k},$$

wobei

ε = das Verdichtungsverhältnis,
V_k = den Verbrennungsraum,
V_h = den Hubraum

bedeuten.

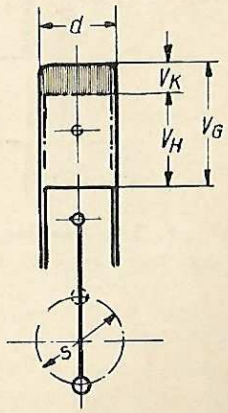


Abb. 4. Verdichtungsverhältnis

Der Verbrennungsraum stellt hierbei den im Zylinder verbleibenden Raum über dem Kolben bei oberer Totpunktlage desselben dar.

Wird vorstehende Formel bei Zweitaktmotoren angewendet, so ist von dem Hubraum der durch die Höhe der im Zylinder befindlichen Überström- und Auspuffschlitze gebildete Raum in Abzug zu bringen. Bei großen Flugmotoren beträgt das Verdichtungsverhältnis im allgemeinen etwa 1 : 6,5, bei Flugmodell-Motoren hingegen 1 : 3,5 bis 1 : 4,5.

Bezüglich der Leistung eines Verbrennungsmotors sei folgendes gesagt:

Während man unter Arbeit den Aufwand einer Kraft P längs eines Weges s, also

$$\text{Arbeit} = \text{Kraft} \cdot \text{Weg} = P \cdot s$$

versteht, so stellt die Leistung die in der Zeiteinheit vollbrachte Arbeit dar.

$$\text{Leistung} = \frac{\text{Kraft} \cdot \text{Weg}}{\text{Zeit}} = \frac{P \cdot s}{t}$$

oder:

$$\text{Leistung} = \text{Kraft} \cdot \text{Geschwindigkeit} = P \cdot v.$$

Die Arbeit wird hierbei in mkg, die Leistung in mkg/s ausgedrückt.

Bei der Angabe von Maschinenleistungen werden jedoch 75 mkg/s zusammengefaßt und, da diese tatsächlich annähernd der Dauerleistung eines Pferdes entsprechen, als eine Pferdestärke bezeichnet. Die Grundformel für die Motorleistung lautet demzufolge:

$$L = \frac{P \cdot s}{75 \cdot t}$$

oder, da $\frac{s}{t}$ die Geschwindigkeit v darstellt:

$$\frac{P \cdot v}{75}.$$

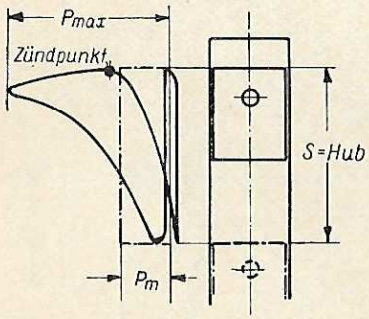


Abb. 5. Mittlerer Druck (Arbeitsdiagramm eines Viertaktmotors)

Die Kraft P stellt hierbei die auf den Kolben wirkende Kraft dar, die von dem Durchmesser bzw. der Bohrung des Zylinders und dem Druck, der bei der Verbrennung des Kraftstoff-Luft-Gemisches entsteht, abhängig ist. Die auf den Kolben wirkende Kraft ist jedoch bei Verbrennungsmotoren nicht während des ganzen Krafthubes gleich groß, sondern erreicht während eines Hubes einen Größt- und einen Kleinstwert. Da obige Formel jedoch eine dauernd gleiche Kraftwirkung voraussetzt, kann für diese nur der aus den verschiedenen Drücken sich ergebende mittlere Druck eingesetzt werden (Abb. 5).

Die Geschwindigkeit v ermittelt sich aus der Umdrehungszahl pro Minute. Wird mit s der Hub in Meter bezeichnet, so ergibt sich, da der Kolben pro Umdrehung 2 Hübe durchläuft:

$$v = \frac{2 \cdot s \cdot n}{60}.$$

Da bei einem Viertaktmotor nur bei jedem vierten Hub eine Krafterzeugung stattfindet, berechnet sich die Leistung eines Zylinders aus

$$L = \frac{P \cdot v}{75 \cdot 4}$$

oder, wenn für P die Kolbenfläche F und der mittlere Druck pm eingesetzt werden:

$$L = \frac{F \cdot pm \cdot \frac{2 \cdot s \cdot n}{60}}{75 \cdot 4}$$

$$L = \frac{F \cdot pm \cdot s \cdot n}{2 \cdot 75 \cdot 60}$$

Unter Berücksichtigung des mechanischen Wirkungsgrades lautet die Formel für die Leistungsberechnung nunmehr wie folgt:

a) bei Viertaktmotoren:

$$N_e = \frac{F \cdot pm \cdot s \cdot n \cdot i}{2 \cdot 60 \cdot 75} \cdot \eta$$

b) bei Zweitaktmotoren,
da bei diesen auf jeden zweiten Hub eine Krafterzeugung stattfindet:

$$N_e = \frac{F \cdot pm \cdot s \cdot n \cdot i}{60 \cdot 75} \cdot \eta.$$

In beiden Formeln bedeutet:

pm = mittlerer Arbeitsdruck,
F = Kolbenfläche in cm^2,
s = Kolbenhub in Meter,
n = Drehzahl pro Minute,
i = Zylinderzahl,
N_e = effektive PS-Zahl (an der Kurbelwelle abgegebene Leistung),
η = der mechanische Wirkungsgrad des Motors.

Bei Gegenüberstellung der beiden vorstehend aufgeführten Formeln muß man annehmen, daß der Zweitaktmotor gegenüber dem Viertaktmotor mit gleicher Zylinderabmessung und der gleichen Drehzahl die doppelte Leistung abgibt. Erfahrungsgemäß wird jedoch in der Praxis von einem Zweitaktmotor normaler Bauart die doppelte Leistung nicht erreicht, da der Zweitaktmotor gewisse Spülverluste aufweist, auf die später eingegangen wird.

So hat z. B. ein Einzylinder-Zweitaktmotor für Flugmodelle bei einer Zylinderbohrung von 20 mm und einem Kolbenhub von 22 mm unter Annahme eines mittleren Druckes von 3,6 at, einem Wirkungsgrad von 0,75 und einer Drehzahl von 3500 U/min unter Benutzung der Formel b) eine Leistung von:

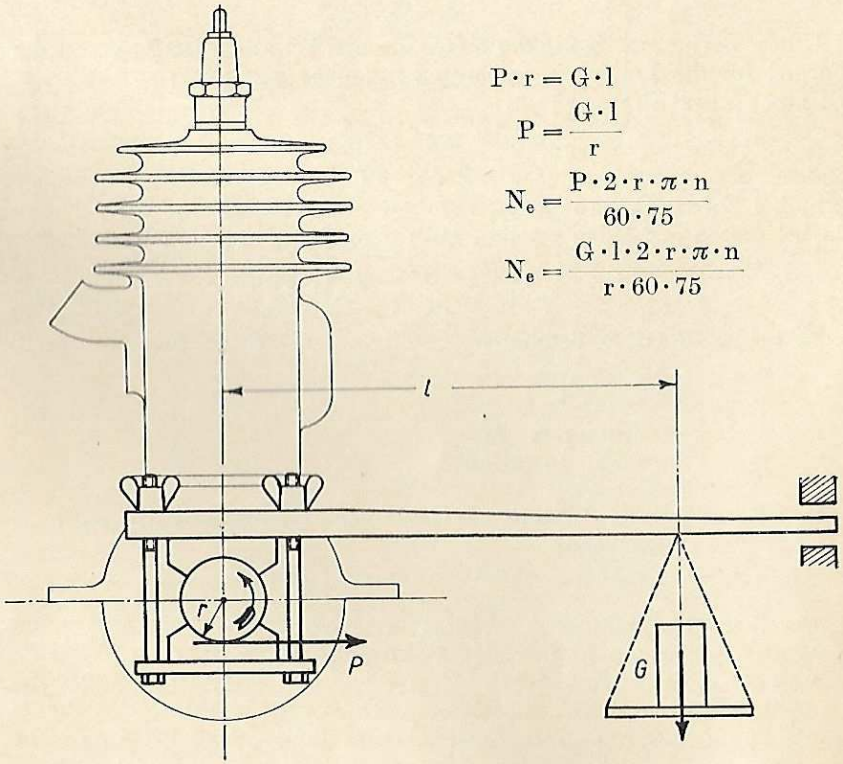
$$N_e = \frac{3{,}6 \, \frac{2^2 \cdot \pi}{4} \cdot 0{,}022 \cdot 3500 \cdot 1}{60 \cdot 75} \cdot 0{,}75 = \text{ca. } 0{,}145 \text{ PS},$$

worin die Größe der Kolbenfläche F aus dem Kolbendurchmesser d nach der geometrischen Formel

$$F = d^2 \frac{\pi}{4}$$

eingesetzt wurde.

Die rechnerische Leistungsermittlung ist bei solch kleinen Motoren natürlich ungenau, da die hierbei einzusetzenden Werte, wie mittlerer



$$P \cdot r = G \cdot l$$

$$P = \frac{G \cdot l}{r}$$

$$N_e = \frac{P \cdot 2 \cdot r \cdot \pi \cdot n}{60 \cdot 75}$$

$$N_e = \frac{G \cdot l \cdot 2 \cdot r \cdot \pi \cdot n}{r \cdot 60 \cdot 75}$$

Abb. 6. Bremswaage

Druck, mechanischer Wirkungsgrad, von der Bauart und Größe der Motoren abhängen und somit Erfahrungswerte darstellen. Aber auch die Werkstattausführung spielt bei der Annahme des mechanischen Wirkungsgrades eine große Rolle, da durch die Reibung des Kolbens und der Lagerstellen des Triebwerks ein großer Teil der Leistung verlorengehen kann. Die tatsächliche, d. h. effektive Leistung läßt sich aber einwandfrei nur am fertigen Motor durch Abbremsen feststellen. Hierbei bedient man sich einer Bremswaage, deren einfachste Ausführung der aus der Physik bekannte Pronymsche Zaum darstellt.

Auf der Kurbelwelle des zu prüfenden Motors wird, wie Abb. 6 zeigt, eine Scheibe befestigt, auf die zwei Bremsbacken unter Anwendung von Spannschrauben geklemmt werden. An der einen Bremsbacke ist ein Hebel befestigt, an dessen Ende zur Aufnahme von Gewichten eine Waagschale hängt. Die Wirkungsweise dieser Bremseinrichtung ist folgende:

Beim Drehen der Welle ist die zwischen der Scheibe und den Bremsbacken auftretende Reibung bestrebt, den Hebel in Drehung zu versetzen. Der Hebel wird durch Auflegen von Gewichten unter gleichzeitigem Regeln des Anpreßdruckes der Bremsbacken so weit belastet, bis er waagerecht zwischen den beiden Anschlägen stehenbleibt. Wird die am Radius r der Bremsscheibe wirkende Reibungskraft mit P, die Länge des Hebels mit l bezeichnet, so muß, wenn Gleichgewicht herrschen soll, $P \cdot r = G \cdot l$ sein, wobei $P = \frac{G \cdot l}{r}$ wird. Während einer Kurbelumdrehung muß die Reibungskraft die Arbeit $P \cdot 2 \cdot r \cdot \pi$ leisten und bei n Umdrehungen n-mal so viel. Wird vorstehendes auf die Sekunde bezogen, so wird die Bremsleistung

$$N_e = \frac{G \cdot l \cdot 2 \cdot r \cdot \pi \cdot n}{r \cdot 60 \cdot 75}.$$

Beträgt z. B. bei der Abbremsung eines Motors der Halbmesser r der Bremsscheibe = 0,015 m, die Länge des Bremshebels l = 0,5 m, das an dem Hebel hängende Gewicht G = 0,3 kg und die Drehzahl des Motors n = 3000 Uml/min, so wird

$$N_e = \frac{0{,}3 \cdot 0{,}5 \cdot 2 \cdot 0{,}015 \cdot \pi \cdot 3000}{0{,}015 \cdot 60 \cdot 75} = \text{ca. } 0{,}63 \text{ PS}.$$

Bei der Beurteilung eines Motors ist nicht nur dessen Leistung ausschlaggebend, sondern es müssen hierzu auch noch andere Werte herangezogen werden.

Neben der Drehzahl ist z. B. von besonderer Wichtigkeit das Einheits- oder Leistungsgewicht des Motors. Dieses gibt das Gewicht des Motors bezogen auf ein PS an. Man erhält das Leistungsgewicht, indem man das Gewicht des Motors durch seine Leistung dividiert, also:

$$\text{Leistungsgewicht} = \frac{\text{Gewicht}}{\text{Leistung}} \left(\frac{\text{kg}}{\text{PS}}\right).$$

Das Leistungsgewicht großer, luftgekühlter Flugmotoren schwankt je nach deren Größe zwischen 0,5—1 kg/PS. Die bisher gebauten Flugmodell-Motoren haben im allgemeinen ein Leistungsgewicht (einschl. Zubehör) von etwa 1,3 kg/PS.

Ein weiterer, ebenso wichtiger Wert ist die Hubraum- oder Literleistung eines Motors. Aus dieser geht hervor, wie groß die Leistung eines Motors ist, bezogen auf 1 Liter Hubraum. Sie wird ermittelt, indem man die Leistung des Motors durch dessen Hubraum dividiert. Also:

$$\text{Hubraumleistung} = \frac{\text{Leistung}}{\text{Hubraum}} \left(\frac{\text{PS}}{\text{l}}\right).$$

Luftgekühlte, große Flugmotoren haben eine Literleistung von etwa 20 PS/l. Bei den bisher gebauten Modellmotoren beträgt die Literleistung im Durchschnitt 25 PS/l.

Abschließend sei kurz etwas über den Wirkungsgrad eines Verbrennungsmotors gesagt. Wie bei allen Wärmekraftmaschinen wird auch im Verbrennungsmotor nur ein Teil der in dem Kraftstoff enthaltenen Energie in Nutzleistung umgewandelt. Der Gesamtwirkungsgrad eines Verbrennungsmotors gibt in Prozenten an, wieviel der Motor von der im Kraftstoff enthaltenen Energie in Nutzleistung umsetzt. Der Gesamtwirkungsgrad setzt sich hierbei aus dem Wärmewirkungsgrad (thermischer) und dem mechanischen Wirkungsgrad zusammen.

Gesamtwirkungsgrad = Wärmewirkungsgrad × mechanischer Wirkungsgrad. Bei einem großen Flugmotor beträgt der Wärmewirkungsgrad etwa 37 % und der mechanische Wirkungsgrad etwa 85 %. Der Gesamtwirkungsgrad beträgt hierbei:

$$\frac{37}{100} \times \frac{85}{100} = \sim 31{,}5\,\%.$$

Es werden also nur etwa 31,5 % der im Kraftstoff enthaltenen Energie in Nutzleistung umgewandelt, während 68,5 % der Energie durch den Auspuff, die Motorkühlung, die Reibung usw. verlorengehen.

Bei Flugmodell-Motoren ist der Gesamtwirkungsgrad infolge der kleinen Abmessungen und der im Verhältnis zur Leistung sehr großen inneren Reibung wesentlich geringer.

II. Anforderungen an einen Verbrennungsmotor für Flugmodelle

An einen brauchbaren Verbrennungsmotor für Flugmodelle sind hauptsächlich folgende Anforderungen zu stellen:

1. Große Leistung bei möglichst geringem Gewicht. Erfahrungsgemäß muß bei Flugmodellen mit Verbrennungsmotoren gegenüber Gummimotor-Modellen eine kräftigere Bauweise gewählt werden, um den aus dem Gewicht des Motors bzw. der Triebwerksanlage sich ergebenden Massenkräften Rechnung zu tragen. Solche Modelle haben daher im allgemeinen eine höhere Flächenbelastung und somit auch größere Fluggeschwindigkeit.

Grundsätzlich wird jedoch auch bei Modellen mit Verbrennungsmotoren eine möglichst geringe Flächenbelastung angestrebt, um einerseits die Bruchgefahr beim Landen herabzusetzen und andererseits eine gute Flugleistung bei ausgeschaltetem Motor zu erzielen.

Da der Motor bzw. die Triebwerksanlage stets einen großen Teil des Gesamtgewichts eines solchen Flugmodells darstellt, so ist das Gewicht des Motors von besonderer Wichtigkeit. Von einem Flugmodell-Motor wird daher große Leistung bei möglichst geringem Gewicht verlangt. Trotz dieser Forderung muß der Motor aber genügend sturzfest sein. Auch darf die Lebensdauer keine Einbuße erleiden. Ein Auswechseln der dem natürlichen Verschleiß unterworfenen Teile darf unbedingt erst nach längerer Betriebszeit erforderlich werden.

2. Unbedingte Betriebssicherheit. Ein Motor für Flugmodelle soll nicht nur in jeder Fluglage und bei allen Temperatur- und Witterungsverhältnissen einwandfrei laufen, sondern muß vor allen Dingen auch jederzeit leicht anspringen. Ein Motor, der beim Anlassen Schwierigkeiten bereitet und besonderer Hilfsmittel bedarf, verdirbt die Freude am Bau von Flugmodellen mit Verbrennungsmotoren.

3. Erschütterungsfreier Lauf. Die Motoren müssen unbedingt erschütterungsfrei laufen, um ein vorzeitiges Zerstören des Flugmodells zu verhindern.

Auch kann die Flugstabilität durch den Lauf des Motors beeinflußt werden. Von einem Flugmodell ist keine gute Flugstabilität zu erwarten, wenn die Motorerschütterungen Tragflügel und Leitwerk in Schwingungen versetzen.

4. Leichte Bedienung. Diese Forderung ist von besonderer Wichtigkeit, da Modellbauer in den meisten Fällen keine Motorfachleute sind.

5. Sturzfestigkeit. Beim Flugbetrieb, besonders beim Einfliegen der Modelle, sind Stürze, bei denen der Motor in Mitleidenschaft gezogen wird, unvermeidlich. Der Motor muß daher, wie bereits erwähnt, genügend sturzfest sein, d. h. die durch einen Sturz am meisten gefährdeten Teile sind besonders kräftig zu bemessen bzw. entsprechend auszubilden. Dies trifft z. B. besonders für die Kurbelwelle des Motors zu.

III. Einteilung der Systeme und ihre Wirkungsweise

Bei den Verbrennungsmotoren unterscheidet man hauptsächlich zwei Arbeitsverfahren, nämlich das Viertakt-Verfahren und das Zweitakt-Verfahren.

Während bei dem Viertakt-Verfahren bei jedem vierten Hub eine Krafterzeugung stattfindet, erfolgt beim Zweitakt-Verfahren diese bereits bei jedem zweiten Hub.

Für den Antrieb von Flugmodellen kommen fast ausschließlich ventillose Motoren, die nach dem Zweitakt-Verfahren arbeiten, zur Anwendung. Gegenüber den nach dem Viertakt-Verfahren arbeitenden Motoren besitzen sie folgende Vorteile:

a) größere Leistungen bei gleichen Zylinderabmessungen und gleicher Drehzahl, da pro Umdrehung der Kurbelwelle ein Kraftimpuls erfolgt,
b) gleichmäßigeres Drehmoment,
c) Gewichtsersparnis infolge größerer Leistung,
d) große Einfachheit infolge Fortfalls der Ansaug- und Auspuffventile sowie deren Steuerungsteile.

Diesen Vorzügen steht jedoch der höhere Brennstoffverbrauch gegenüber, der dadurch hervorgerufen wird, daß die zum Spülen des Zylinders herangezogenen Frischgase zum Teil durch die Auspuffschlitze entweichen. Bei den für Flugmodelle in Frage kommenden kleinen Motorleistungen spielt jedoch der Brennstoffverbrauch eine untergeordnete Rolle, so daß dieser Nachteil durch die Einfachheit und die billige Herstellungsmöglichkeit der Zweitaktmotoren völlig aufgewogen wird.

Obwohl, wie bereits gesagt wurde, für Flugmodelle fast ausschließlich Motoren Verwendung finden, die nach dem Zweitakt-Verfahren arbeiten, wird zum allgemeinen Verständnis auch auf das Viertakt-Verfahren kurz hingewiesen.

1. Das Viertakt-Verfahren

Bei diesem unterscheidet man vier Takte. Jeder entfällt auf einen Hub oder eine halbe Umdrehung der Kurbelwelle.

1. Takt = Ansaugen (Abb. 7a).

Der Kolben befindet sich im oberen Totpunkt, d. h. in der oberen Stellung der Kurbelwelle, und bewegt sich nach abwärts. Hierbei vergrößert sich der Raum des Zylinders, wodurch ein Unterdruck entsteht, der das vom Vergaser kommende und durch das geöffnete Ansaugventil eintretende Kraftstoff-Luft-Gemisch ansaugt. Im unteren Totpunkt schließt sich das Ansaugventil.

2. Takt = Verdichten oder Komprimieren (Abb. 7b).

Bei diesem Takt ist sowohl das Ansaug- wie auch das Auspuffventil geschlossen. Hierdurch preßt der sich nach oben bewegende Kolben das Kraftstoff-Luft-Gemisch zusammen und verdichtet es.

3. Takt = Verbrennen, auch Arbeitstakt genannt (Abb. 7c).

Das verdichtete Kraftstoff-Luft-Gemisch wird etwa im oberen Totpunkt durch einen elektrischen Funken zur Entzündung, d. h. Verbrennung, gebracht. Durch die hierbei auftretende Ausdehnung der Gase wird der Kolben nach unten getrieben, wobei die auf den Kolben wirkenden Druckkräfte über die Schubstange auf die Kurbelwelle übertragen werden. Der während der Verbrennung auftretende Überdruck beträgt je nach der vorangegangenen Verdichtung 25—30 at, die Temperatur etwa 1500° C. Dieser Takt stellt die eigentliche Arbeit dar.

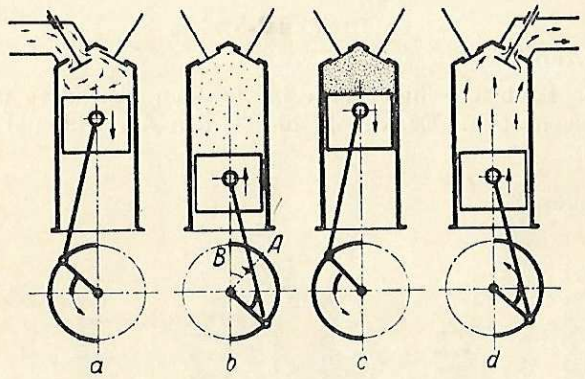


Abb. 7. Viertakt-Verfahren

4. Takt = Auspuffen (Abb. 7d).

Im unteren Totpunkt, d. h. der unteren Stellung der Kurbelwelle, wird das Auspuffventil geöffnet, durch das der nach oben sich bewegende Kolben die verbrannten Gase aus dem Zylinder drückt.

Das Öffnen und Schließen des Ansaug- und Auspuffventils findet hierbei nicht genau in den Totpunktlagen statt. Das Auspuffventil wird bereits vor dem unteren Totpunkt geöffnet, um eine schnellere Entspannung der verbrannten Gase und somit eine Herabsetzung des beim Auspuffhub auf den Kolben wirkenden Gegendruckes zu erzielen. Das Ansaugventil hingegen wird erst nach dem unteren Totpunkt geschlossen, um die durch das Ansaugen in den Frischgasen (Gassäule) sich ergebende lebendige Energie zum Füllen des Zylinders heranzuziehen. Auch findet die Entzündung des verdichteten Kraftstoff-Luft-Gemisches nicht genau im oberen Totpunkt statt, sondern erfolgt aus dem später behandelten Grunde bereits vor dem Totpunkt.

2. Das Zweitakt-Verfahren

Beim Zweitakt-Verfahren erfolgt jedoch, wie eingangs erwähnt, bei jedem zweiten Hub eine Zündung. Die nach dem Zweitakt-Verfahren arbeitenden Motoren werden hierbei hinsichtlich der im Arbeitszylinder befindlichen und durch den Kolben gesteuerten Auspuff-, Überström- und Ansaugkanäle in folgende Systeme unterteilt:

a) Dreikanal-System,
b) Zweikanal-System.

Bei allen Zweitaktmaschinen vollzieht sich während eines Arbeitstaktes oberhalb und unterhalb des Kolbens je ein Arbeitsvorgang.

a) Dreikanal-System

1. Takt (Abb. 8a):

Der Kolben befindet sich im unteren Totpunkt und bewegt sich nach oben. Er schließt hierbei den Auspuffkanal A und den

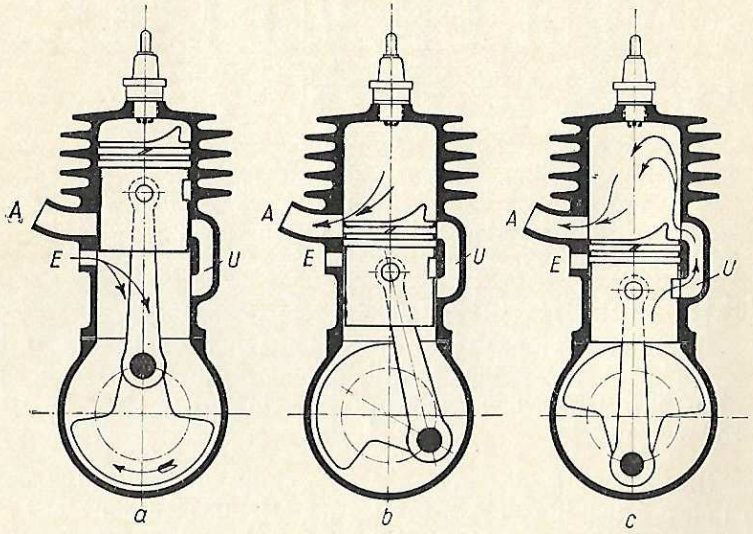


Abb. 8. Zweitakt-Verfahren (Dreikanal-System)

Überströmkanal U ab. Zu gleicher Zeit gibt die Unterkante des Kolbens den an der unteren Zylinderwand befindlichen Einlaßkanal E frei. Durch die Aufwärtsbewegung des Kolbens entsteht im Kurbelgehäuse ein Unterdruck, durch den das im Vergaser gebildete Kraftstoff-Luft-Gemisch durch den Ansaugschlitz in das Gehäuse gesaugt wird. Oberhalb des Kolbens wird gleichzeitig

das Kraftstoff-Luft-Gemisch komprimiert und in der oberen Totpunktlage gleichfalls durch einen elektrischen Funken zur Entzündung gebracht.

2. Takt (Abb. 8b und c):

Durch die Ausdehnung der zur Entzündung gebrachten Gase erfolgt nun der eigentliche Krafthub des Motors. Der Kolben schließt hierbei bei seinem Abwärtsgang den Einströmkanal E ab und verdichtet das im Kurbelgehäuse befindliche Kraftstoff-Luft-Gemisch. Ist der Kolben vor der unteren Totpunktlage angelangt, so gibt er, durch seine Oberkante gesteuert, vorerst den Auspuffkanal A frei, so daß die verbrannten Gase aus dem Zylinder entweichen können. Beim weiteren Herabgehen des Kolbens wird der dem Auspuffkanal gegenüberliegende Überströmkanal U freigegeben, wodurch das im Kurbelgehäuse vorverdichtete Kraftstoff-Luft-Gemisch in den Zylinder gelangt.

Bei dem Dreikanal-System wird, wie aus vorstehendem ersichtlich ist, außer dem Auspuff- und dem Überströmkanal auch der Ansaugkanal durch den Kolben gesteuert.

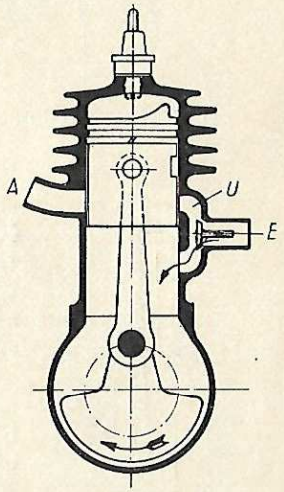


Abb. 9. Zweikanal-System

b) Zweikanal-System

Die Arbeitsweise dieser Motoren ist grundsätzlich die gleiche wie bei denen des Dreikanal-Systems. Bei dem Zweikanal-System werden jedoch von dem Kolben nur der Auspuff- und der Überströmkanal gesteuert.

Für den Eintritt der Frischgase kommen hauptsächlich zwei Bauarten zur Verwendung. Während bei der einen für diesen Zweck in dem Überströmkanal oder auch in dem Kurbelgehäuse ein selbsttätiges Ventil vorhanden ist (Abb. 9), wird bei der zweiten Bauweise der Eintritt der Frischgase durch die hohlgebohrte und als Drehschieber ausgebildete Kurbelwelle gesteuert (Abb. 10).

Die erste Bauart findet bei Flugmodell-Motoren fast keine Anwendung mehr; die zweite Bauart wird jedoch z. B. bei dem bekannten amerikanischen „Baby-Cyclone"-Motor angewendet.

Vorgenannte Verfahren arbeiten nach dem sogenannten Gegenstromprinzip. Während das frische Kraftstoff-Luft-Gemisch auf der einen Zylinderseite nach oben strömt, müssen auf der anderen Zylinderseite gleichzeitig die verbrannten Gase in entgegengesetzter

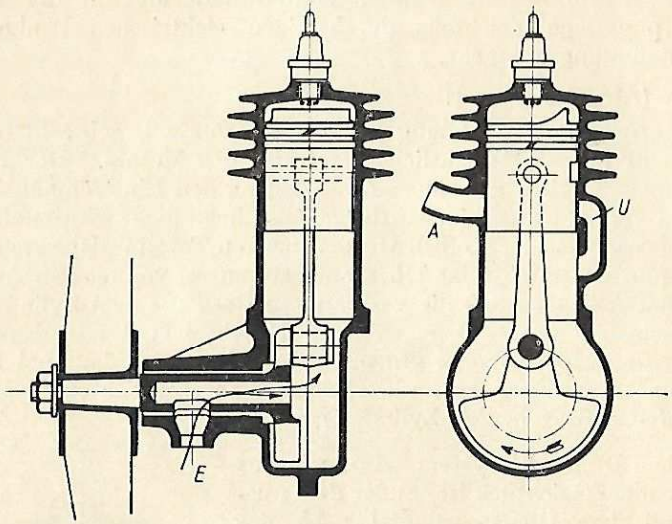


Abb. 10. Zweikanal-System (Kurbelwelle als Drehschieber)

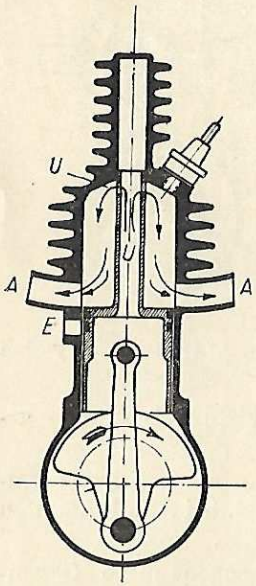


Abb. 11. Zweitaktmotor nach dem Gleichstromprinzip

Richtung, also nach unten, strömen. Es ist erklärlich, daß hierbei eine Mischung des frischen Kraftstoff-Luft-Gemisches mit den verbrannten Gasen stattfindet, die, je nach der angewendeten Bauart, gleichfalls eine weitere Heraufsetzung des Kraftstoffverbrauches des Motors zur Folge hat.

Es werden daher auch Motoren gebaut, die nach dem Gleichstromprinzip arbeiten, d. h. bei denen das frische Kraftstoff-Luft-Gemisch und die verbrannten Abgase sich in der gleichen Richtung, und zwar nach unten, bewegen.

Einen Vertreter dieser Bauart stellt z. B. der in Abb. 11 schematisch dargestellte „Schliha-Motor" dar, der aber als Flugmodell-Motor nicht gebaut wird.

Bei diesem Motor hat der Kolben zentrisch zu seiner Achse einen rohrförmigen Ansatz, der zur Führung des frischen Kraftstoff-Luft-Gemisches dient. Wie aus der Abbildung ersichtlich ist, gibt der Kolben kurz vor dem unteren Totpunkt die Auspuffkanäle A frei, so daß die verbrannten Gase durch diese entweichen können. Bei einem weiteren Niedergang des

Kolbens werden die im oberen Teil des rohrförmigen Ansatzes befindlichen und über den ganzen Umfang verteilten Überströmöffnungen U freigegeben, so daß das aus dem Kurbelgehäuse in den Zylinder eintretende frische Kraftstoff-Luft-Gemisch sich in der gleichen Richtung wie die verbrannten Abgase bewegt. Zur weiteren Herabsetzung des Kraftstoffverbrauches wird bei diesem Motor ein besonderes Zusatzluft-Verfahren angewendet, auf das im Rahmen dieses Buches jedoch nicht näher eingegangen werden kann.

IV. Aufbau der Zweitaktmotoren

Die in Deutschland hergestellten und im Handel befindlichen Verbrennungsmotoren für Flugmodelle sind fast ausschließlich vom Dreikanal-System. Bei der Besprechung des Aufbaues der Zweitaktmotoren wird daher dieses System besonders behandelt.

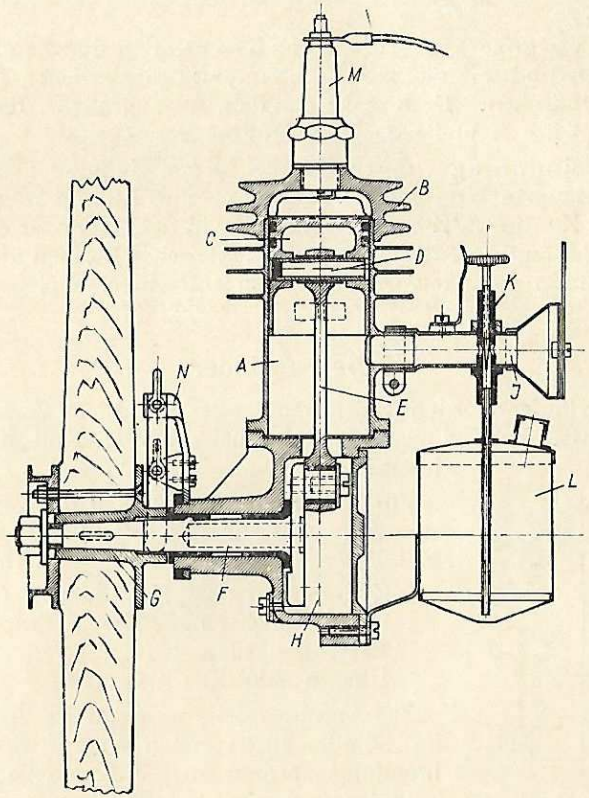


Abb. 12. Aufbau eines Zweitakt-Flugmodell-Motors

Die Bestandteile eines derartigen Motors (Abb. 12):

1. Der Zylinder oder Kraftkörper A, in dem der Verbrennungsvorgang stattfindet. Der Zylinder hat meistens einen abnehmbaren Zylinderkopf B. Für den Eintritt des Kraftstoff-Luft-Gemisches, für den Übertritt desselben in den Zylinder sowie für den Auslaß der verbrannten Gase sind in dem Zylinder Schlitze vorgesehen, die durch den Kolben gesteuert werden.
2. Der Kurbeltrieb, der die geradlinige Bewegung des Kolbens in eine drehende umwandelt. Er besteht aus dem den Zylinder gegen das Kurbelgehäuse dicht abschließenden Kolben C, dem Kolbenbolzen D, der Schubstange E und der Kurbelwelle F. Zur Befestigung der Luftschraube dient die Nabe G.
3. Das Kurbelgehäuse H, das zur Verbindung des Zylinders mit der Kurbelwelle und zur Lagerung derselben dient, und in dem die Vorverdichtung des frischen Kraftstoff-Luft-Gemisches stattfindet.
4. Der Vergaser, der die Aufgabe hat, den Kraftstoff zu zerstäuben und mit der zur Verbrennung erforderlichen Luftmenge zu vermischen. Er besteht aus dem Ansaugrohr J, der verstellbaren Düse K und dem Brennstoffbehälter L.
5. Die Zündanlage, durch die das in den Zylinder gelangte und komprimierte Kraftstoff-Luft-Gemisch zur Entzündung gebracht wird. Zu diesem Zweck befindet sich in dem Zylinder eine Zündkerze M, an deren Elektroden ein elektrischer Funken überspringt. Der Zündzeitpunkt wird durch den Unterbrecher N bestimmt.

1. Der Zylinder

In dem Zylinder oder Kraftkörper findet der eigentliche Verbrennungsvorgang statt. Der Zylinder bildet hierbei mit dem Kolben den Verbrennungsraum.

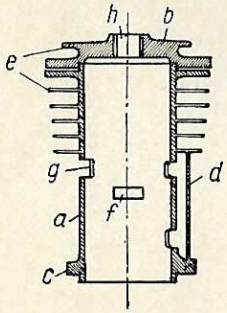


Abb. 13. Stahlzylinder mit Leichtmetallkopf

Für den Zylinder kommen die verschiedensten Bauarten zur Anwendung. Grundsätzlich besteht er aus folgenden Teilen (Abb. 13):

Zylinderlauf oder Zylinderrohr (a),
Zylinderdeckel bzw. Zylinderkopf (b),
Befestigungsflansch (c),
Überströmkanal (d).

Zur Abführung der während der Verbrennung im Zylinder auftretenden Wärme wird bei Verbrennungsmotoren für Flugmodelle die den Zylinder umstreifende Luft herangezogen (Luftkühlung). Der Zylinder und der Zylinderdeckel erhalten daher Kühlrippen e. Deren richtige Ausbildung und Anordnung ist von besonderer Wichtigkeit, da die Leistung des Motors in großem Maße von dem Wärmezustand des Zylinders abhängt.

In dem Zylinderlauf befinden sich für den Ein- bzw. Übertritt des Kraftstoff-Luft-Gemisches und für den Austritt der verbrannten Gase Kanäle f bzw. g. Zur Aufnahme der Zündkerze ist der Zylinderdeckel bzw. Zylinderkopf mit einem entsprechenden Gewinde h versehen.

Motoren kleinerer Leistung erhalten Stahlzylinder, die aus einem Stück bestehen und aus dem Vollen gedreht werden (Abb. 14).

Bei Motoren größerer Leistung werden jedoch vornehmlich gußeiserne Zylinder verwendet, die mit einem Leichtmetallkopf ausgerüstet sind (Abb. 15).

Aber auch die aus Stahl hergestellten und aus dem Vollen gedrehten Zylinder haben zuweilen einen abnehmbaren Zylinderkopf aus Leichtmetall.

Abb. 16 zeigt einen Stahlzylinder, auf den die zu einem Stück vereinigten und aus Leichtmetall bestehenden Kühlrippen aufgepreßt sind. Auch dieser Zylinder hat einen abnehmbaren Kopf.

Eine Sonderheit stellt der in Abb. 17 dargestellte Zylinder (Meyer-Motor) dar, der aus Leichtmetall besteht, und in dem eine stählerne Kolbenlaufbuchse eingepreßt ist.

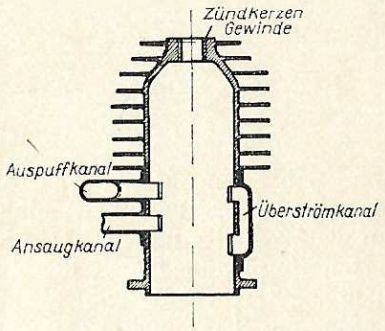


Abb. 14. Zylinder aus dem Vollen

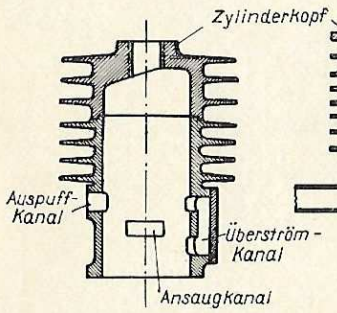


Abb. 15. Zylinder aus Gußeisen mit Leichtmetallkopf

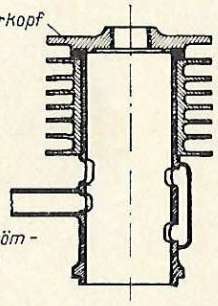


Abb. 16. Stahlzylinder mit aufgepreßten Leichtmetall-Kühlrippen und mit Leichtmetallkopf

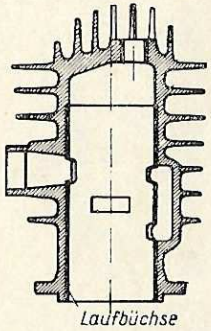


Abb. 17. Leichtmetall zylinder mit Laufbuchse

Die Befestigung des Zylinderkopfes erfolgt fast ausschließlich unter Anwendung von Schrauben.

Während bei den aus Gußeisen bzw. Aluminiumguß bestehenden Zylindern der Überströmkanal und der Ansaugstutzen angegossen sind,

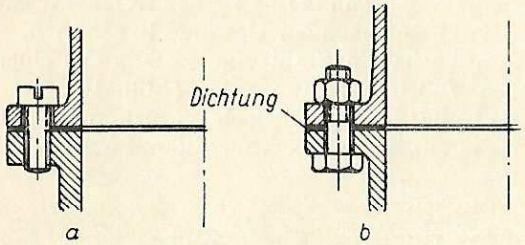


Abb. 18. Zylinder-Flanschbefestigung

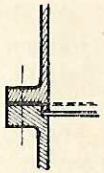


Abb. 19. Zylinderzentrierung

werden bei den aus Stahl gefertigten und aus dem Vollen gedrehten Zylindern diese Teile aus Stahlblech hergestellt und mittels Hartlötung an dem Zylinder befestigt (s. Abb. 13 und 16).

Eine Ausnahme bilden die Motoren mit hochgezogenem Kurbelgehäuse, bei denen Ansaug-, Auspuff- und Überströmkanal in dem Gehäuse ein- bzw. angegossen sind, während in dem Zylinder selbst sich nur die erforderlichen Schlitze befinden.

Bei einigen Motoren erfolgt die Befestigung des Überströmkanals und des Ansaugstutzens jedoch in der Weise, daß diese miteinander durch Schrauben verbunden und an den Zylinder geklemmt werden.

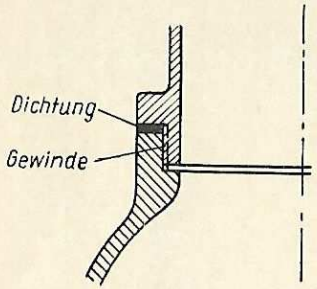


Abb. 20. Zylinder-Schraubverbindung

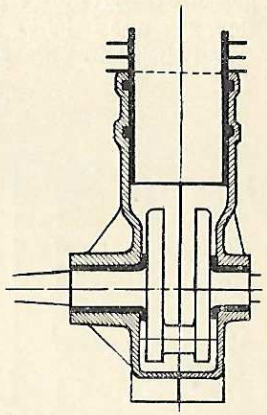


Abb. 21. Zylinderbefestigung durch Zusammenspannen der Gehäusehälften

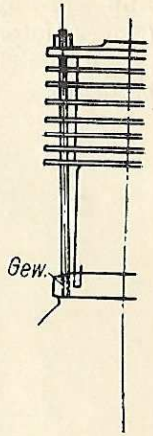


Abb. 22. Zylinderbefestigung unter Anwendung von Schraubenbolzen

Die Befestigung des Zylinders auf dem Motorgehäuse geschieht größtenteils durch Schraubverbindung unter Anwendung eines Flansches (Abb. 18a und b).

Zur Zentrierung des Zylinders in dem Kurbelgehäuse ist zuweilen der Zylinder mit einem Zentrierring versehen (Abb. 19).

Abb. 20 zeigt eine Zylinderbefestigung, bei der der Zylinder in das ungeteilte Kurbelgehäuse eingeschraubt wird. Einen Vertreter dieser Bauart stellt der bekannte amerikanische „Brown-Junior"-Motor dar.

Bei der von Kratzsch gewählten Bauart mit hochgezogenem Kurbelgehäuse wird der als Kammzapfen ausgebildete Zylinder in einfacher Weise durch Zusammenschrauben des zweiteiligen Kurbelgehäuses mit diesem verbunden. Bei dieser Anordnung ist eine Abnahme des Zylinders nur nach Öffnen des Kurbelgehäuses möglich (Abb. 21).

Aber auch die aus dem Groß-Flugmotorenbau her bekannte Zylinderbefestigung mittels durchgehender Schraubenbolzen (Zugstangen), bei der zugleich der Zylinderkopf auf dem Zylinderlauf befestigt wird, findet man vor (Abb. 22).

Die Kolbenlauffläche der Zylinder wird durch Bohren bzw. Ausdrehen vorgearbeitet und durch Schleifen auf genaues Maß gebracht.

2. Der Kurbeltrieb

Der Kurbeltrieb wandelt die hin- und hergehende Bewegung in eine drehende um und besteht im wesentlichsten aus dem Kolben, dem Kolbenbolzen, der Schubstange und der Kurbelwelle.

a) Der Kolben

Dem Kolben fällt die Aufgabe zu:

1. den Verbrennungsraum nach dem Kurbelgehäuse abzudichten,
2. den durch die Verbrennung des Kraftstoff-Luft-Gemisches erzeugten Druck über den Kolbenbolzen auf die Schubstange und die Kurbelwelle zu übertragen,
3. den bei der Übertragung der Druckkräfte auf die Schubstange sich ergebenden Seitendruck des Kolbens auf die Zy-

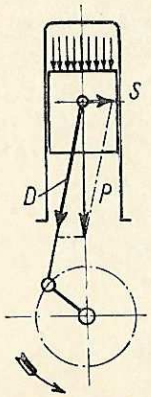


Abb. 23. Zerlegen des Kolbendruckes
P Kolbendruck
D Schubstangendruck
S Seitendruck

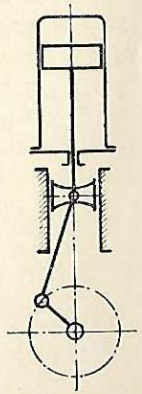


Abb. 24. Dampfmaschinen-Kreuzkopf

linderwand zu übertragen (Abb. 23) und somit als Gradführung an Stelle des von der Dampfmaschine bekannten Kreuzkopfes zu dienen (Abb. 24).

Im Groß-Flugmotorenbau werden für die Abdichtung des Kolbens gegen die Zylinderwand stets Kolbenringe verwendet. Bei Verbrennungsmotoren für Flugmodelle kommen jedoch auch Kolben zur Anwendung, deren Abdichtung nur durch die Kolbenwand bzw. den Kolbenmantel unter Heranziehung des Schmiermittels erfolgt. Man unterscheidet demzufolge grundsätzlich zwei verschiedene Kolbenbauarten:

1. Kolben, die zwecks Abdichtung gegen die Zylinderwand mit Kolbenringen versehen sind, und
2. Kolben, die ohne Kolbenringe arbeiten.

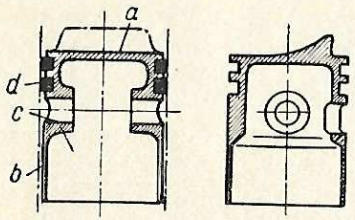


Abb. 25. Leichtmetallkolben mit Kolbenringen

Während erstere ausschließlich aus Leichtmetall bestehen, wird für letztere Stahl verwendet. Abb. 25 zeigt einen Kolben mit Kolbenringen, Abb. 26 einen solchen ohne Kolbenringe.

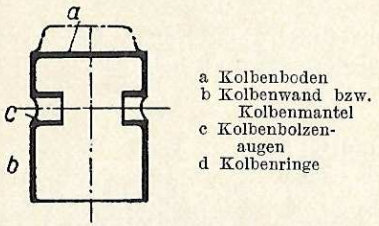


Abb. 26. Stahlkolben ohne Kolbenringe

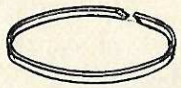


Abb. 27. Kolbenring

Abb. 28. Kolbenring (Querschnitt)

Zum Abdichten der Leichtmetallkolben gegen die Zylinderwand werden Kolbenringe verwendet, die sich durch eigene Spannkraft gegen die Kolbenlaufbahn pressen (Abb. 27). Diese Ringe bestehen aus

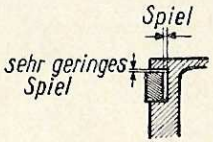


Abb. 29. Kolbenringspiel

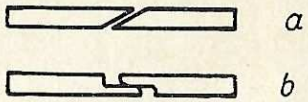


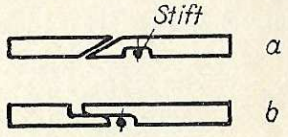
Abb. 30. Kolbenringstöße

Grauguß, da dieser nicht nur besonders gute Gleiteigenschaften besitzt, sondern auch bei den im Zylinder auftretenden hohen Verbrennungstemperaturen die zum Abdichten erforderliche Spannkraft nicht verliert. Je nach der Größe der Zylinderbohrung und der Drehzahl des Motors wird der Kolben mit zwei oder drei Kolbenringen ausgerüstet.

Der Querschnitt dieser Ringe ist, wie Abb. 28 zeigt, rechteckig, wobei mit h die Breite der Ringe bezeichnet wird. Hierzu sei gesagt, daß schmale Kolbenringe für die Abdichtung vorteilhafter sind, da sie sich besser der Zylinderwand anpassen. Jedoch unter Berücksichtigung dessen, daß die Kolbenringe einen großen Teil der vom Kolben aufgenommenen Wärme an die Zylinderwand ableiten müssen, dürfen sie nicht zu schmal gewählt werden. Außerdem besitzen zu schmale Ringe ungenügende Formfestigkeit.

Während die Kolbenringe in den Nuten achsial nur sehr wenig Spiel haben dürfen, müssen die Nuten im Durchmesser stets kleiner gehalten werden als die Kolbenringe (Abb. 29).

Die Schnittfläche oder, fachmännisch ausgedrückt, der Kolbenringstoß wird entweder in Form einer unter 45° geneigten Fläche ausgeführt (Abb. 30a) oder stufenförmig ausgebildet (Abb. 30b).



Bei der Anordnung der Kolbenringe ist von großer Wichtigkeit, daß die Stoßfugen einerseits zur Vermeidung des „Durchblasens" gegeneinander versetzt liegen, andererseits aber die in dem Zylinder befindlichen Kanäle nicht überlaufen, da hierbei ein Blockieren des Motors stattfindet. Die Kolbenringe werden daher durch einen Stift, der aus weichem Material besteht und in den Kolben stramm eingeschlagen wird, gegen Verdrehen gesichert (Abb. 31a und b).

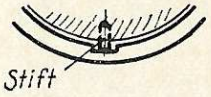


Abb. 31. Kolbenringsicherung

Die auf den Kolben wirkenden Verbrennungsdrücke werden über den Kolbenbolzen auf die Schubstange und somit die Kurbelwelle übertragen. Der Kolbenbolzen ist also das Verbindungsglied zwischen dem Kolben und der Schubstange. Infolge der auftretenden hohen Beanspruchung wird hochwertiger Baustoff verwendet. Zur Gewichtserleichterung wird er meistens hohlgebohrt. Der Kolbenbolzen wird fast ausschließlich in dem Kolben fest gelagert und dreht sich in dem mit einer Buchse versehenen Auge der Schubstange. Die Bohrung im

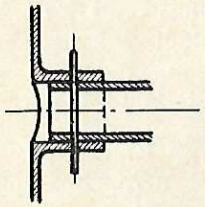


Abb. 32. Kolbenbolzensicherung durch Stift

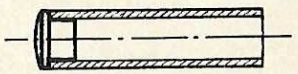


Abb. 33. Kolbenbolzensicherung durch Pilz

Kolben wird zur Erzielung eines festen Sitzes des Kolbenbolzens meistens leicht konisch ausgeführt. Der Kolbenbolzen kann hierbei nur von einer Kolbenseite aus eingeschlagen werden.

Damit der Kolbenbolzen bei einer eventuell auftretenden Lockerung nicht gegen die Zylinderwand reiben und diese zerstören kann, muß eine entsprechende Sicherung vorgesehen werden. Der Kolbenbolzen wird hierbei entweder unter Anwendung eines Stiftes im Kolben festgelegt (Abb. 32), oder es wird ein Berühren des Kolbenbolzens mit der Zylinderwand durch den Einbau von Sicherungspilzen verhindert (Abb. 33). Diese Pilze bestehen aus weichem Baustoff und werden in den meist hohlgebohrten Kolbenbolzen eingepreßt. Kolbenbolzen mit vollem Querschnitt erhalten hingegen nur Sicherungsscheiben.

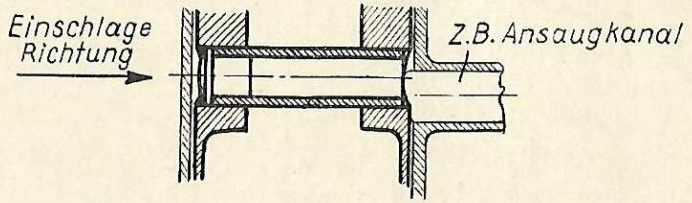


Abb. 34. Anordnung des Sicherungspilzes bei konischer Kolbenbolzenbohrung im Kolben

Bei Kolbenbolzen, die in einer konischen Bohrung sitzen, ergibt sich die Lage des Sicherungspilzes aus der Einschlagrichtung. Diese erfolgt unter Berücksichtigung der im Zylinder befindlichen Kanäle, damit der Kolbenbolzen durch Eintreten in einen Kanal den Motor nicht blockiert (Abb. 34). Kolbenbolzen, die in einer zylindrischen Bohrung sitzen, also von beiden Kolbenseiten eingeschlagen werden können, erhalten beiderseits Sicherungspilze.

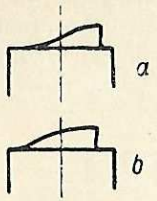


Abb. 35. Nasenkolben

Das Spiel zwischen Kolben und Zylinderwand hängt von den zur Verwendung gelangenden Baustoffen ab. Bei Stahlkolben, die in einem Stahlzylinder laufen, wird infolge der Materialgleichheit nur ein sehr geringes Spiel benötigt, das auch durch die ringlose Bauart bedingt wird. Kolben aus Leichtmetall müssen jedoch unter Berücksichtigung der größeren Wärmeausdehnung des zur Verwendung gelangenden Baustoffes mit einem weit größeren Spiel versehen werden.

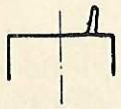


Abb. 36. Kolben mit Ablenkplatte

Die Herstellung von Leichtmetallkolben erfolgt in der Weise, daß das hierfür erforderliche Gußstück gedreht, gebohrt und auf genaues Maß geschliffen wird. Stahlkolben werden jedoch zur Herabsetzung

der Abnutzung nach erfolgtem Vordrehen und Bohren meistens gehärtet und dann erst auf genaues Maß geschliffen.

Wie unter „Wirkungsweise der Motoren" gesagt wurde, muß das in dem Kurbelgehäuse vorverdichtete und durch den Überströmkanal in den Zylinder gelangende Kraftstoff-Luft-Gemisch so geführt werden, daß es bei Eintritt in den Zylinder nicht sofort durch die Auspuffschlitze entweicht, sondern zur Spülung des Zylinders herangezogen wird. Die Kolben werden daher je nach der verwendeten Konstruktion als Nasenkolben (Abb. 35a und b) ausgebildet oder auch mit einer Ablenkplatte versehen (Abb. 36).

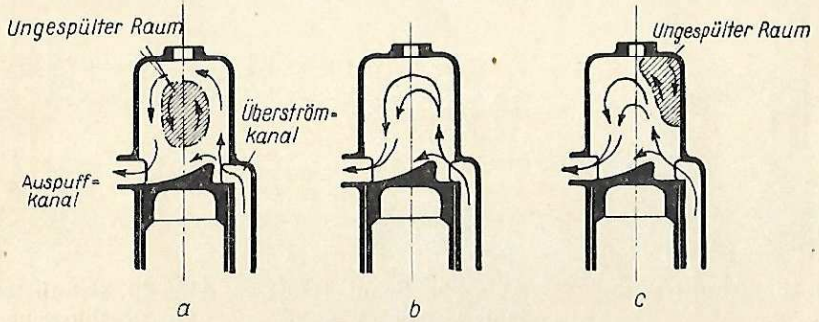


Abb. 37. Spülungsverlauf

a Ablenknase zu dicht an Zylinderwand
b Lage der Ablenknase normal
c Ablenknase zu weit von Zylinderwand

Die Zylinderspülung hängt von der Führung der eintretenden Gase in den Zylinder ab; Abmessungen und Formgebung der Kolbennase bzw. des Ablenkers sind daher von großem Einfluß auf die Spülung des Zylinders. In Abb. 37a—c ist der Spülungsverlauf bei verschiedener Ablenkeranordnung bzw. Kolbenbodenausbildung dargestellt.

Obwohl im allgemeinen die Motoren mit einem Nasenkolben bzw. einem Kolben mit Ablenker ausgerüstet sind, werden neuerdings auch Flachkolben verwendet. So ist u. a. der von Argus und Blankenmeister herausgebrachte Motor mit einem solchen Flachkolben ausgerüstet. Bei diesen Motoren wird die Ablenkwirkung der Kolbennase bzw. des Ablenkers durch ein besonderes Spülverfahren unter Verwendung mehrerer Überströmkanäle ersetzt.

b) Die Schubstange

Die Übertragung des Kolbendruckes auf die Kurbelwelle erfolgt durch die Schubstange (Pleuelstange) (Abb. 38). Diese besteht aus dem oberen Auge (A), dem unteren Kopf (K) und dem Schaft (S).

Das zur Aufnahme des Kolbenbolzens dienende obere Auge ist stets ungeteilt und mit einer Lagerbuchse versehen. Der untere Stangenkopf

wird hingegen je nach der Ausführung der zum Einbau gelangenden Kurbelwelle ausgebildet. So erhält eine doppelt gelagerte und aus einem Stück bestehende Kurbelwelle eine Schubstange, deren unterer Kopf zwecks Aufbringung derselben geteilt ist (Abb. 39).

Bei einer Kurbelwelle, die als Stirnkurbel ausgebildet ist, wird jedoch der untere Kopf der Schubstange, gleich wie das obere Auge, geschlossen ausgeführt (Abb. 40a).

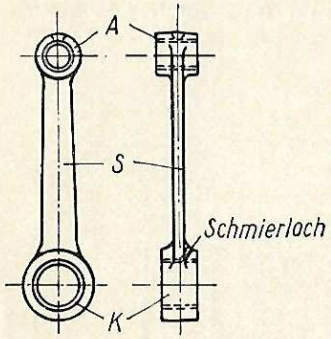


Abb. 38. Schubstange

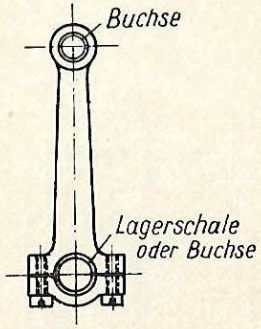


Abb. 39. Schubstange mit geteiltem Kopf

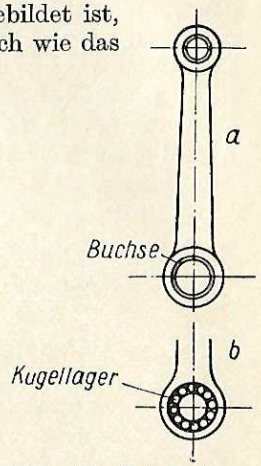


Abb. 40. Schubstange mit geschlossenem Kopf

Während bei Schubstangen mit geteiltem Kopf für die Lagerung Lagerschalen oder eine geteilte Buchse zur Anwendung gelangen, erfolgt die Lagerung der Schubstange mit geschlossenem unterem Kopf mittels einer Buchse oder eines Kugellagers (Abb. 40b).

Der Querschnitt des Schubstangenschaftes wird je nach der angewendeten Konstruktion rund, rechteckig oder auch doppel-T-förmig ausgeführt (Abb. 41).

Zum Verständnis der auf die Schubstange wirkenden Kräfte sei folgendes gesagt:

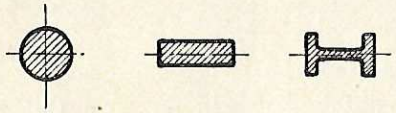


Abb. 41. Schubstangenquerschnitte

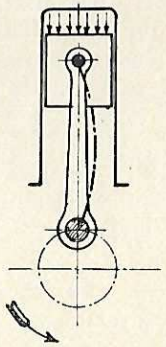


Abb. 42. Beanspruchung der Schubstange auf Knickung

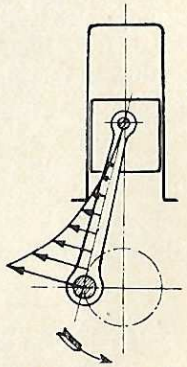


Abb. 43. Beanspruchung der Schubstange auf Biegung

Die Schubstange wird nicht nur durch die Druckkräfte, die sich aus dem Verbrennungsdruck resultieren, auf Zerknicken beansprucht (Abb. 42), sondern es wirken auch die aus der Drehbewegung sich ergebenden Fliehkräfte verbiegend auf den Schubstangenschaft (Abb. 43) ein. Wie in dieser Abbildung schematisch dargestellt ist, steigen die Fliehkräfte nach dem Schubstangenkopf an, da die Masse der Schubstange und auch die Bewegungsänderung nach dort zunehmen.

Die Druckkräfte, die aus der Verbrennung sich ergeben und auf den Kolben wirken, nehmen selbst bei kleineren Flugmodell-Motoren erhebliche Werte an. So tritt z. B. bei einem Motor mit einem Kolbendurchmesser von 20 mm, entsprechend einer Kolbenfläche von

$$F = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{2^2 \cdot \pi}{4} = 3{,}14 \text{ cm}^2,$$

unter Annahme eines Verbrennungsdruckes von 25 at/cm² eine Kolbenkraft von

$$P = \text{Fläche} \cdot \text{Verbrennungsdruck} = 3{,}14 \cdot 25 = 78{,}5 \text{ kg}$$

auf.

Die Schubstange muß daher aus hochwertigen Baustoffen hergestellt werden. Sie besteht fast ausschließlich aus Stahl; jedoch wird bereits mit gutem Erfolg auch hochwertiges Leichtmetall verwendet.

c) Die Kurbelwelle

Die Ausführung der Kurbelwelle ist von der Bauart des Motors abhängig. Während bei einigen Motorkonstruktionen der doppelt ge-

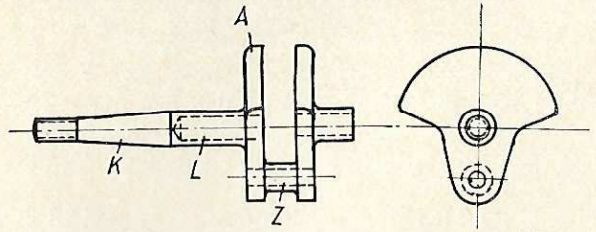


Abb. 44. Doppelt gelagerte Kurbelwelle

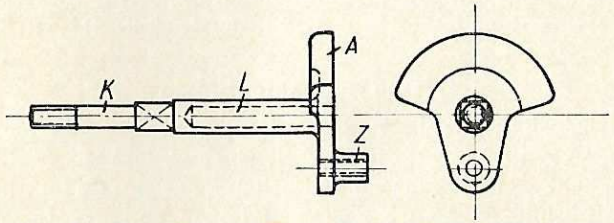


Abb. 45. Einseitig gelagerte Kurbelwelle (Stirnkurbel)

A Kurbelarm, K der zur Befestigung der Luftschraube mit einem Gewinde versehene Kurbelteil, L Kurbellager, Z Kurbelzapfen

lagerten Bauart der Vorzug gegeben wird (Abb. 44) (siehe Kratzsch-Motoren), so findet man jedoch im allgemeinen vorwiegend Stirnkurbeln, die nur einseitig gelagert sind, vor (Abb. 45).

Die Kurbelwellen werden oft zur Gewichtserleichterung hohlgebohrt. Zum Ausgleich der aus dem Kolben und einem Teil der Schubstange herrührenden Massenkräfte werden die Kurbelarme als Ausgleichgewichte ausgebildet.

Bei Motoren größerer Leistung ist für die Befestigung der Luftschraube eine besondere Nabe vorgesehen, die unter Anwendung eines Konus auf der Kurbelwelle mittels einer Mutter befestigt wird (Abb. 46).

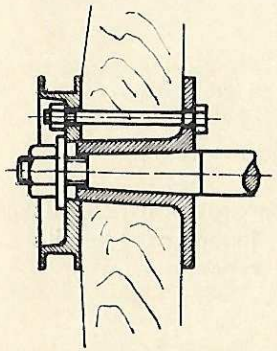


Abb. 46. Luftschraubenbefestigung mittels besonderer Nabe

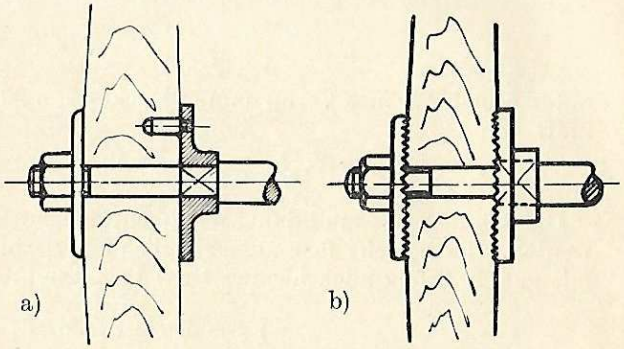


Abb. 47. Luftschraubenbefestigung durch Anpressen an Mitnehmerscheibe: a) mit Mitnehmerstift, b) mit gezahnten Scheiben

Bei Motoren kleinerer Leistung findet dagegen die Befestigung der Luftschraube in der Weise statt, daß sie mittels einer Mutter und einer Druckscheibe gegen eine Mitnehmerscheibe gepreßt wird, die auf einem Vierkant der Kurbelwelle sitzt (Abb. 47).

Die Kurbelwelle stellt bei Flugmodell-Motoren den meistbeanspruchten Teil dar, da sie besonders den bei Flugmodellen unvermeidlichen Stürzen gewachsen sein muß. Es kommen daher für die Kurbelwelle nur erstklassige Baustoffe wie z. B. Chrom-Nickel-Stahl in Betracht.

3. Das Kurbelgehäuse

Das Kurbelgehäuse stellt das Fundament des ganzen Motors dar. Es nimmt den Zylinder und die Kurbelwelle auf, schließt das Triebwerk öl- und gasdicht ab und dient zur Befestigung des Motors im Flugmodell.

Die Ausführung des Kurbelgehäuses hängt von der Lagerung der Kurbelwelle ab. Grundsätzlich unterscheidet man zwei Bauarten. Bei der einen wird wegen des Einbaues der Kurbelwelle das Kurbel-

gehäuse zweiteilig, also mit einer Teilfuge ausgeführt (Abb. 48), während bei der zweiten Bauart das Kurbelgehäuse einteilig ist (Abb. 49). Die Kurbelwelle wird hierbei durch eine Öffnung, die durch einen Deckel verschlossen wird, in das Kurbelgehäuse eingeschoben.

Die erstere Bauart findet man hauptsächlich bei doppelt gelagerten Kurbelwellen vor; jedoch werden solche Gehäuse auch bei einseitig gelagerten Kurbelwellen benutzt. Die aus einem Stück

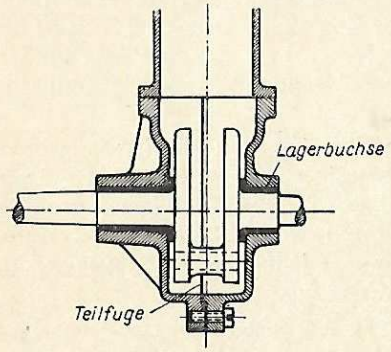


Abb. 48. Zweiteiliges Kurbelgehäuse

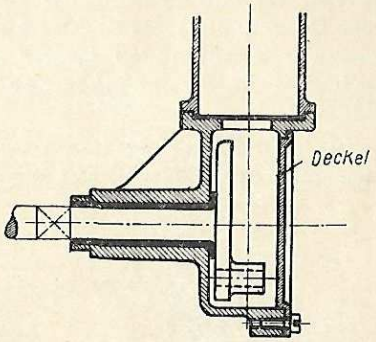


Abb. 49. Einteiliges Kurbelgehäuse

bestehenden und in Abb. 49 dargestellten einteiligen Gehäuse werden jedoch nur bei Motoren mit einseitig gelagerten Kurbelwellen verwendet.

Für das Zusammenschrauben der beiden Hälften des zweiteiligen Kurbelgehäuses sowie zur Befestigung des Deckels an dem einteiligen Kurbelgehäuse kommen Schrauben zur Anwendung. Bei einigen Motorkonstruktionen wird der Deckel des einteiligen Gehäuses mittels eines Gewindes befestigt.

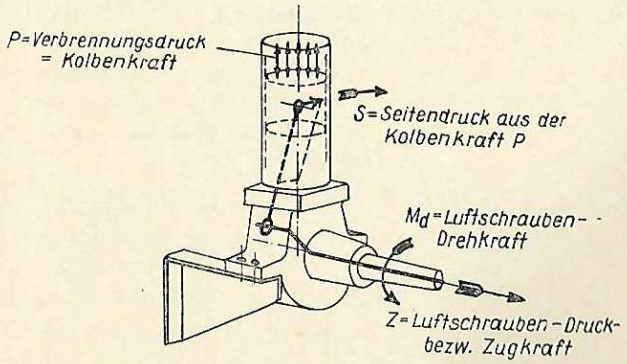


Abb. 50. Kräfte, die das Kurbelgehäuse aufnehmen bzw. übertragen muß

Zum Einbau der Motoren sind an dem Kurbelgehäuse Tragarme oder Putzen, die zur Aufnahme von Befestigungsschrauben dienen, vorgesehen (siehe Teil VI „Anordnung und Einbau der Motoren").

Das Kurbelgehäuse besteht fast ausschließlich aus Leichtmetall uud wird aus einem Gußstück hergestellt.

Da das Kurbelgehäuse das Fundament des ganzen Motors darstellt, so ist es natürlich auch den verschiedensten Beanspruchungen unterworfen. Es muß nicht nur die aus dem Verbrennungsdruck im Zylinder, dem Drehmoment des Motors und der Zug- bzw. Druckkraft der Luftschraube herrührenden Kräfte aufnehmen bzw. übertragen, sondern auch den im Modellflugbetrieb vorkommenden Stürzen standhalten (Abb. 50).

Für die Lagerung der Kurbelwelle im Kurbelgehäuse werden meistens Lagerbuchsen, die aus erstklassiger Bronze bestehen müssen, eingebaut. Bei einigen größeren Motoren, wie z. B. dem Meyer-Motor, kommen jedoch auch Kugellager zur Anwendung.

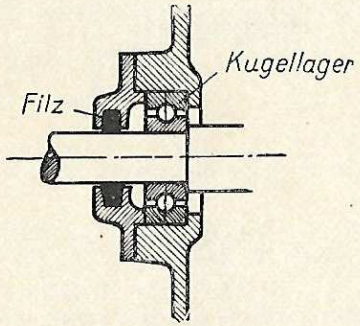


Abb. 51. Kurbelwellenabdichtung

Das Kurbelgehäuse dient bei Zweitaktmotoren fast ausschließlich zum Vorverdichten des Kraftstoff-Luft-Gemisches. Es muß daher vollkommen dicht sein und wird zur Erreichung einer genügend großen Vorverdichtung möglichst klein ausgeführt.

Während bei Verwendung von Lagerbuchsen die Abdichtung der Kurbelwelle durch diese selbst erfolgt, muß bei Verwendung von Kugellagern für eine besondere Abdichtung der Wellen Sorge getragen werden. Hierfür dienen meistens Filzringe (Abb. 51).

4. Der Vergaser

Dem Vergaser fällt die Aufgabe zu, den flüssigen Kraftstoff zu zerstäuben und mit der für die Verbrennung erforderlichen Luft zu vermischen. Der Vergaser dient somit zur Umwandlung des Kraftstoffes in ein zünd- und brennbares Kraftstoff-Luft-Gemisch. Die Zerstäubung des Kraftstoffes findet hierbei an der Düse des Vergasers, die Mischung mit der Luft jedoch größtenteils erst im Motor selbst statt.

Hierzu sei bemerkt, daß der Luftbedarf z. B. bei Verwendung von Benzin das 18fache und bei Benzol das 16fache des Kraftstoffes, bezogen auf das Gewicht, beträgt. Für 1 kg Benzol sind demzufolge 16 kg Luft erforderlich.

Ist das Mischungsverhältnis kleiner, d. h. wird weniger Luft verwendet, so erhält man ein fettes oder kraftstoffreiches Gemisch. Wird hingegen die gleiche Menge Kraftstoff mit zuviel Luft vermischt, so erhält man ein zu dünnes oder kraftstoffarmes Gemisch.

Bei Verwendung eines kraftstoffarmen Gemisches kann der Motor naturgemäß seine volle Leistung nicht entwickeln. Auch tritt bei Verwendung eines solchen Gemisches stets eine unzulässige Erwärmung des Motors ein, da die Verbrennung im Zylinder zu langsam vor sich geht.

Gelangt ein zu fettes, d. h. kraftstoffreiches Gemisch zur Verwendung, so kann der Motor gleichfalls nicht seine volle Leistung abgeben, da zur restlosen Verbrennung eines solchen Gemisches nicht genügend Sauerstoff zur Verfügung steht.

Aus vorstehendem geht hervor, daß die volle Leistungsabgabe eines Motors in erster Linie von dem Mischungsverhältnis des Kraftstoff-Luft-Gemisches abhängig ist. Es ist daher unbedingt erforderlich, die Vergaser durch Bemessung des richtigen Düsenquerschnittes auf das erforderliche Mischungsverhältnis einzustellen. Das Mischungsverhältnis ändert sich natürlich auch mit dem zur Verwendung gelangenden Kraftstoff, da, wie eingangs erwähnt, der Luftbedarf der einzelnen Kraftstoffe verschieden ist.

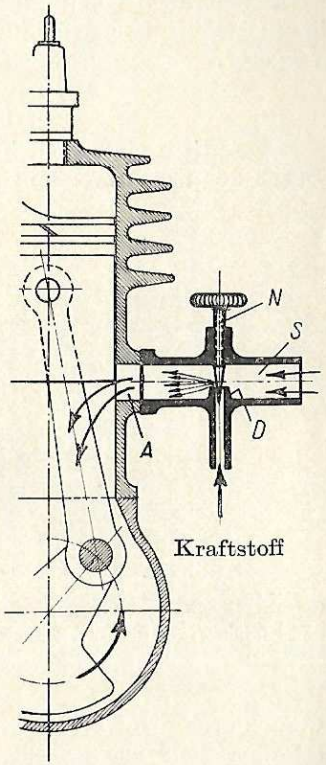


Abb. 52. Schema eines Spritzvergasers

Bei Verbrennungsmotoren für Flugmodelle kommen fast ausschließlich sogenannte Spritzvergaser zur Anwendung, die auf dem Prinzip des Blumenbestäubers beruhen. Die Wirkungsweise solcher Vergaser ist folgende (Abb. 52):

Durch die Aufwärtsbewegung des Kolbens und die sich hieraus ergebende Raumvergrößerung in dem Kurbelgehäuse wird in diesem ein Unterdruck erzeugt, der nach Freigabe des Ansaugkanals A ein Ansaugen von Frischluft durch das Saugrohr bzw. die Saugkammer S

zur Folge hat. Der Luftstrom umfließt hierbei die Kraftstoffdüse D und nimmt eine bestimmte Menge Kraftstoff in fein zerstäubtem Zustande mit. Die Menge des mit der Ansaugluft sich vermischenden Kraftstoffes wird hierbei durch den Querschnitt der Düse D bestimmt und kann bei fast allen zur Anwendung gelangenden Vergaserbauarten durch eine einstellbare Düsennadel N eingestellt werden.

Die nach dem vorstehenden Grundsatz arbeitenden Vergaser werden hauptsächlich eingeteilt in Schwimmer-Vergaser und schwimmerlose Vergaser.

a) Schwimmer-Vergaser

Der Aufbau eines Schwimmer-Vergasers ist aus Abb. 53 ersichtlich. Durch den zur Anwendung gelangenden Schwimmer wird erreicht, daß bei diesen Vergasern der Kraftstoff in der Düse stets eine bestimmte und gleichbleibende Höhe annimmt. Der Schwimmer Sch ist zu diesem Zweck mit der Schwimmernadel Sn verbunden, die an ihrem unteren Ende den Ventilkegel K trägt. Bei Ansteigen des Kraftstoffes in dem Schwimmergehäuse S wird durch den Schwimmer Sch die Zuflußöffnung durch den Ventilkegel K selbsttätig abgeschlossen; eine Freigabe der Zuflußöffnung erfolgt erst dann, wenn durch den Verbrauch des Motors der Kraftstoffspiegel unter die erforderliche Höhe gesunken ist.

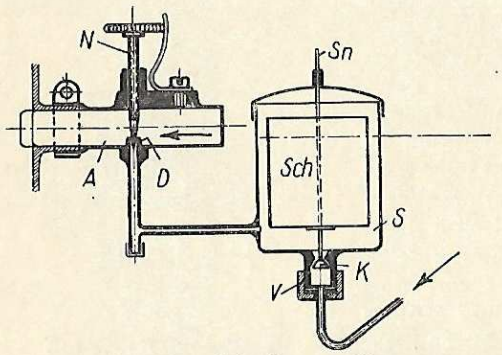


Abb. 53. Schwimmer-Vergaser

A Ansaugrohr bzw. Saugkammer, D Düse, N verstellbare Düsennadel, S Schwimmergehäuse, Sch Schwimmer, Sn Schwimmernadel mit dem daran befindlichen Ventilkegel K, V Ventilkörper, der gleichzeitig als Anschluß für die Kraftstoffzuführung dient

Infolge der geringen Abmessungen bei Flugmodell-Motoren ist eine einwandfreie Abdichtung des Schwimmerventils nicht immer zu erreichen, so daß diese Vergaser leicht Anlaß zu Betriebsstörungen geben. Es werden daher für Flugmodell-Motoren fast ausnahmslos schwimmerlose Vergaser verwendet.

b) Schwimmerlose Vergaser

Diese Vergaser lassen sich je nach der Zuführung und der Unterbringung des Kraftstoffes in folgende Bauarten einteilen:

1. Schwimmerlose Vergaser, bei denen der Kraftstoff durch den Motor angesaugt wird.

Zur Aufnahme des Kraftstoffes ist bei diesen ein Behälter vorgesehen, der dicht am Motor angeordnet wird. Abb. 54 zeigt den Aufbau und die Wirkungsweise eines solchen Vergasers.

Aus der Abbildung ist ersichtlich, daß bei dieser Bauart der Kraftstoffbehälter mit dem eigentlichen Vergaser einen unmittelbaren Zusammenhang bildet. Der Kraftstoffbehälter kann daher nicht beliebig weit vom Motor entfernt angeordnet werden.

Solche Vergaser gelangen u. a. bei den Motoren von Argus und Kratzsch „Kratmo 4" zur Anwendung. Bei dem Argus-Motor wird jedoch auf eine verstellbare Düsennadel verzichtet.

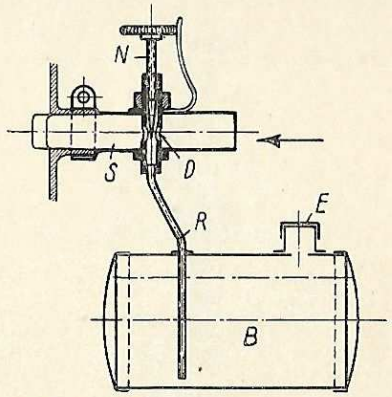


Abb. 54. Schwimmerloser Vergaser

S Saugrohr oder Saugkammer, D Düse, N verstellbare Düsennadel, B Kraftstoffbehälter, E Einfüllverschraubung, R das die Düse mit dem Kraftstoffbehälter verbindende Rohr

Erwähnt sei, daß bei einigen Vergaserbauarten das Rohr R, das die Düse mit dem Kraftstoffbehälter verbindet, in einen Ansatz geführt wird, der sich an der tiefsten Stelle des Kraftstoffbehälters befindet und eine Filzeinlage enthält (Abb. 55). Durch diese Maßnahme wird nicht nur ein restloser Verbrauch des Kraftstoffes gewährleistet, sondern es werden auch Unreinigkeiten sowie unaufgelöste Ölteile von der Düse ferngehalten.

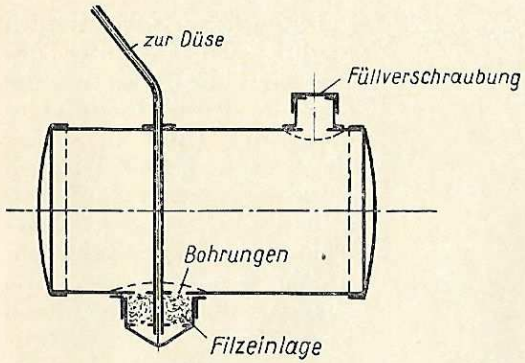


Abb. 55. Kraftstoffbehälter mit Filter

Bei Vergasern mit einer verstellbaren Düsennadel, die auch als Nadelvergaser bezeichnet werden, sind die Ausführung und die Beschaffenheit der Düse und der Düsennadel von großer Wichtigkeit. Hiervon hängt in erster Linie das einwandfreie Arbeiten dieser Vergaser ab.

Die Düsennadeln müssen nicht nur eine unbedingt genaue axiale Lage zur Düse aufweisen, sondern müssen auch in ihrer Führung unbedingt ohne Spiel sitzen bzw. sich bewegen lassen. Es ist erklärlich, daß bei einer lose sitzenden Düsennadel durch deren Bewegung eine ständige Querschnittveränderung

der Düse (durch die Erschütterung des Motors) eintritt, so daß sich hierbei ein einwandfreier, regelmäßiger Lauf unter keinen Umständen erzielen läßt. Die Düsennadeln werden daher zur Gewährleistung einer

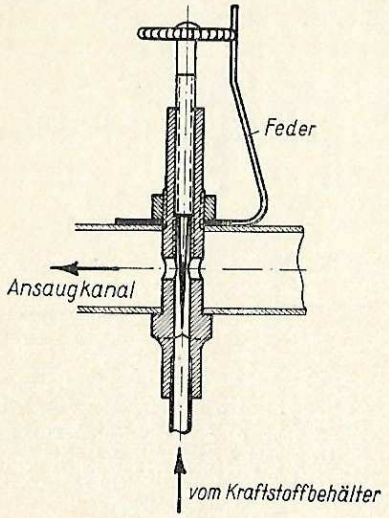


Abb. 56. Düsenstock

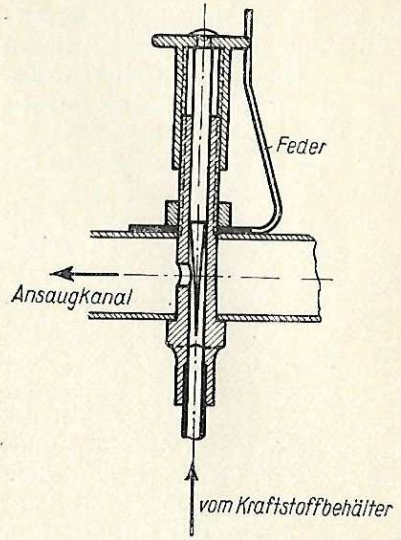


Abb. 57. Düsenstock

genauen axialen Lage zur Düse in einem sogenannten Düsenstock geführt (Abb. 56 und 57).

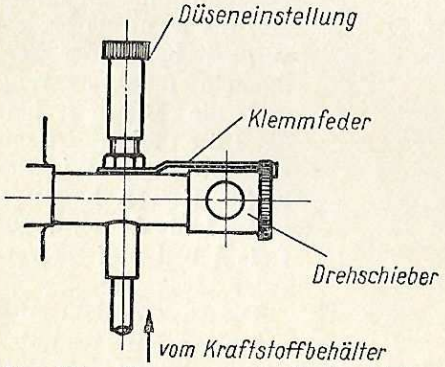


Abb. 58. Vergaser mit Drehschieber für Luftregelung

Die Düsennadeln werden hierbei entweder unter Anwendung eines Außengewindes direkt in den Düsenstock eingeschraubt (Abb. 56), oder sie werden glatt-zylindrisch ausgeführt und in ein deckelartiges Gewindestück eingenietet (Abb. 57). Die Düsennadeln werden meist, wie aus den Abb. ersichtlich, durch Verwendung einer Klemmfeder, die gegen eine Rändelscheibe drückt, gegen Verdrehen gesichert. Abb. 58 zeigt einen Vergaser, bei dem die Ansaugluft unter Anwendung eines Drehschiebers eingestellt werden kann.

2. Schwimmerlose Vergaser, bei denen der Kraftstoff der Düse durch natürliches Gefälle zufließt.

Diese Vergaser sind meist mit einer waagerecht liegenden Düse ausgerüstet, deren Querschnitt gleichfalls durch eine verstellbare Düsennadel verändert werden kann. Der Kraftstoff fließt diesen Vergasern, wie bereits vorstehend gesagt, aus einem höher liegenden Behälter

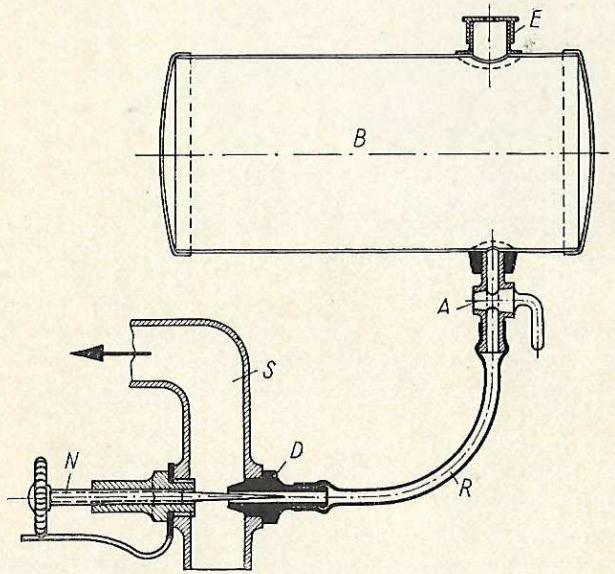


Abb. 59. Schwimmerloser Vergaser mit hochliegendem Kraftstoffbehälter

S Saugrohr oder Saugkammer; D Düse, die außenseits den Anschluß für die Kraftstoffleitung trägt; N verstellbare Düsennadel; B Kraftstoffbehälter; E Einfüllverschraubung; A Absperrhahn; R das die Düse mit dem Kraftstoffbehälter verbindende Rohr bzw. der Schlauch

unter Anwendung eines Schlauches oder eines Rohres durch natürliches Gefälle zu. Der Aufbau eines solchen Vergasers ist aus Abb. 59 ersichtlich.

Bei dieser Vergaserbauart ist der Kraftstoffbehälter nicht an die Lage des Motors gebunden, sondern kann entsprechend der Bauart des Flugmodells in dessen Rumpf beliebig angeordnet werden, wobei natürlich ein bestimmtes Gefälle des Kraftstoffes stets vorhanden sein muß. Zur Erreichung einer gleichbleibenden Auslastung des Flugmodells auch bei abnehmendem Kraftstoff wird der Kraftstoffbehälter zweckmäßigerweise möglichst nahe an den Schwerpunkt bzw. die Schwerachse des Flugmodells gelegt.

Nach Öffnen des Absperrhahnes A tropft bei Stillstand des Motors und geöffneter Düsennadel der Kraftstoff ständig an der Düse ab.

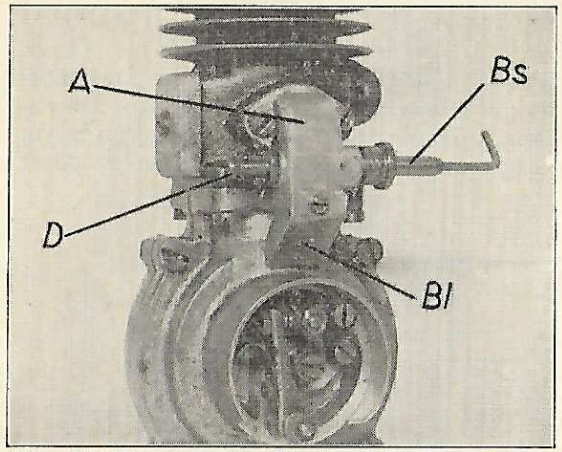


Abb. 60. Vergaser der Kratzsch-Motoren Type F 10 E und F 30 B

Diese Vergaser gehören daher, obwohl sie ihrer Wirkung nach als reine Spritzvergaser angesprochen werden können, gleichzeitig in die Gattung der Tropfvergaser. Beim Einbau von Motoren mit derartigen Vergasern ist daher dafür Sorge zu tragen, daß der abtropfende Kraftstoff sich nicht in der Motorverschalung bzw. dem Rumpf des Flugmodells sammeln kann, sondern abläuft. Auch dürfen von dem abtropfenden Kraftstoff keine Motorteile, die gegen Feuchtigkeit empfindlich sind, berührt werden.

So ist an dem von Kratzsch gebauten Vergaser (Abb. 60) zum Schutz des unter dem Vergaser liegenden und in einem ringförmigen Gehäuse sich befindenden Unterbrechers ein besonderes Abtropfblech Bl vorgesehen.

Dieser Vergaser ist, wie Abb. 61 schematisch darstellt, mit einer Düsennadel ausgerüstet, die in dem Ansaugstutzen A mittels eines zylindrisch ausgebildeten Teiles geführt und durch den Sicherungsstift St gegen Verdrehen gesichert wird. Beim Drehen der Bedienungsschraube Bs erfolgt eine Verschiebung der Düsennadel unter gleichzeitigem Anspannen der Feder F, wobei sich der Querschnitt der Düse D entsprechend ändert.

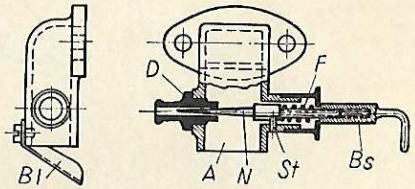


Abb. 61. Vergaser der Kratzsch-Motoren Type F 10 E und F 30 B (schematisch)

5. Der Kraftstoffbehälter

Die Kraftstoffbehälter haben im allgemeinen der einfachen Herstellung wegen zylindrische Form. Sie werden je nach der Einbauart stehend oder liegend angeordnet. Liegend angeordnete Behälter haben den Nachteil, daß bei fortgeschrittenem Kraftstoffverbrauch infolge der im Modellflugbetrieb auftretenden großen Schräglagen in die Kraftstoffleitung leicht Luft eintreten kann, wodurch ein Aussetzen und Stehenbleiben

der Motoren unvermeidlich ist. Größere Behälter dieser Anordnung erhalten daher sogenannte Schwallbleche, d. h. Querwände, die den Zweck haben, die Bewegung des Kraftstoffes in dem Behälter zu dämpfen (Abb. 62).

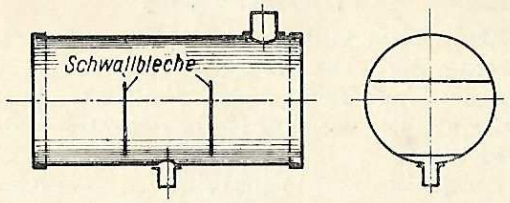


Abb. 62. Kraftstoffbehälter mit Schwallblechen

Es werden aber auch Behälter verwendet, die der Formgebung des Flugmodells bzw. dessen Rumpf angepaßt sind.

Die Kraftstoffbehälter bestehen größtenteils aus dünnem Messingblech und werden weich gelötet. Aber auch Leichtmetall wird bei der Herstellung von Kraftstoffbehältern des öfteren verwendet. Neuerdings findet man bei Motoren amerikanischer Herstellung auch Kraftstoffbehälter vor, die aus durchsichtigem Kunstharz bestehen.

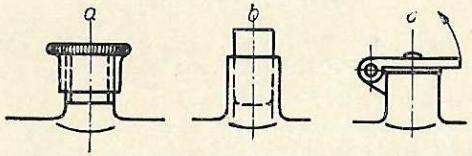


Abb. 63. Verschluß des Füllstutzens am Kraftstoffbehälter durch Verschraubung (a), Stopfen (b), Klappdeckel (c)

Die Kraftstoffbehälter sind mit Füllstutzen ausgerüstet. Die gebräuchlichsten Verschlüsse der Füllstutzen sind aus Abb. 63 ersichtlich.

6. Die Zündanlage

Unter „Wirkungsweise der Motoren" wurde bereits gesagt, daß bei Verbrennungsmotoren die Entzündung des im Zylinder verdichteten Kraftstoff-Luft-Gemisches durch einen elektrischen Funken unter Anwendung einer Zündkerze erfolgt. Es kommen hauptsächlich zwei Zündungssysteme zur Anwendung: die Magnetzündung und die Batteriezündung. Beide Systeme wandeln einen Strom von geringer Spannung

und großer Stromstärke unter Anwendung einer Induktionsspule in einen solchen von hoher Spannung und geringer Stromstärke um.

a) Magnetzündung

Bei diesem Zündsystem wird der für die Erzeugung des Zündfunkens erforderliche Strom durch die Zündanlage selbst erzeugt. Die Stromerzeugung und die Umformung finden hierbei in einem sogenannten Magnetapparat statt, der mit dem Motor organisch verbunden ist und als Schwungrad dient.

Eine solche Anlage ist daher unabhängig von einer besonderen Stromquelle. Die Laufzeit des Motors wird hierbei nur durch die Menge des mitgeführten Kraftstoffes begrenzt. Allerdings findet bei dieser Zündanlage eine Stromerzeugung erst bei einer bestimmten Drehzahl des Motors statt. Es ist daher erklärlich, daß die mit einer solchen Zündanlage ausgerüsteten Motoren erst bei Erreichung dieser Drehzahl anspringen können. Erwähnt sei, daß der in diesen Magnetapparaten erzeugte niedergespannte Strom im Gegensatz zu der Batteriezündung Wechselstrom ist, der gleichfalls in einer Induktionsspule hochgespannt wird.

b) Batteriezündung

Die Batterie-Zündanlage entnimmt dagegen, wie schon durch ihren Namen gekennzeichnet wird, den für die Erzeugung des Zündfunkens erforderlichen Strom einer Batterie. Der hierbei zur Verfügung stehende Strom ist daher unabhängig von der Drehzahl des Motors. Es wird daher selbst bei geringster Drehzahl ein kräftiger Zündfunken und somit ein leichtes Anwerfen des Motors gewährleistet.

Während, wie bereits gesagt, die Magnetzündung mit dem Motor im direkten Zusammenhang steht und somit an die Lage des Motors gebunden ist, bietet die Batteriezündung bezüglich der im Flugmodell zu berücksichtigenden Lastverteilung nicht unterschätzbare Vorteile. Die Batterie und die Zündspule, die ganz besonders bei kleinen Motoren einen großen Anteil des Gesamtgewichtes der Triebwerksanlage ausmachen, sind nicht an die Lage des Motors gebunden und können je nach Bedarf bzw. der zur Anwendung gelangenden Flugmodellkonstruktion auch vom Motor entfernt angeordnet werden.

Da für Flugmodell-Motoren fast ausschließlich Batterie-Zündanlagen zur Anwendung kommen, so sollen in nachstehendem eingehend der Aufbau und die Wirkungsweise dieser Anlagen beschrieben werden.

Die Batterie-Zündanlagen bestehen im wesentlichen aus der als Stromquelle dienenden Batterie, der Zündspule, der Zündkerze, dem Unterbrecher mit dem zugehörigen Kondensator, sowie einem Ausschalter.

Die Wirkungsweise einer solchen Anlage sei an Hand der schematischen Abb. 64 erklärt.

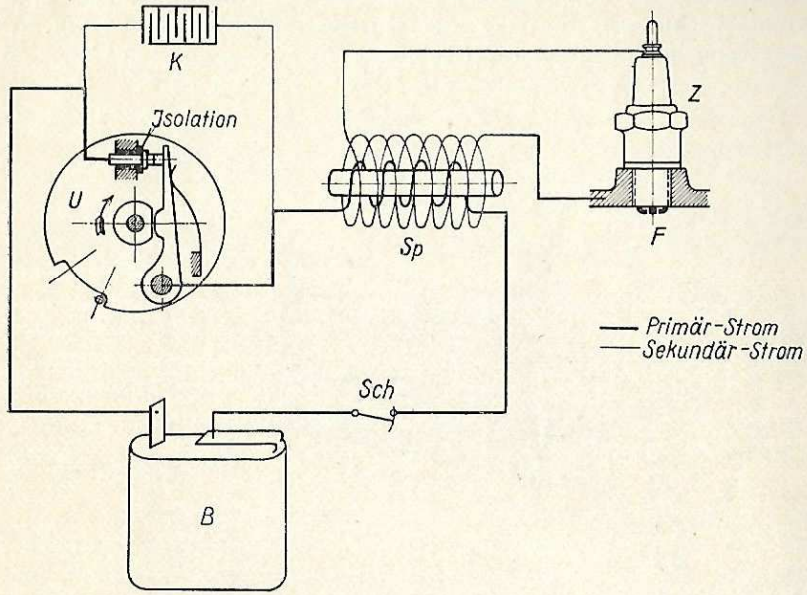


Abb. 64. Schema einer Batterie-Zündanlage

Die Batterie B schickt durch die aus wenigen Drähten bestehenden Primärwicklungen der Zündspule Sp einen niedergespannten Strom, wenn der Unterbrecher U geschlossen ist. Der fließende Primärstrom baut hierbei in dem Eisenkern ein starkes magnetisches Feld auf. Im Zündmoment öffnet der Unterbrecher U den Primärstromkreis, das Magnetfeld stürzt zusammen und induziert in der aus vielen dünnen Drähten bestehenden Sekundär- oder Hochspannungswicklung einen hochgespannten Stromstoß, der imstande ist, die Funkenstrecke F der Zündkerze Z in Form eines zündfähigen Funkens zu überbrücken. Die Rückleitung des Stromes erfolgt hierbei durch die Masse des Motors.

Um beim Öffnen des Unterbrechers ein plötzliches Abreißen des Primärstromes und damit eine Änderung des Magnetfeldes im Eisenkern der Zündspule zu gewährleisten, muß der zwischen den Unterbrecherkontakten entstehende Öffnungs-Lichtbogen unterdrückt werden. Dies wird durch die Verwendung eines Kondensators K, der den Kontakten des Unterbrechers parallel geschaltet ist, erreicht.

Zum Ein- und Ausschalten des Batteriestromes ist in dem Primärstromkreis ein Schalter vorgesehen, der zur Begrenzung der Laufzeit der Motoren meist in Form eines Zeitschalters ausgeführt wird.

Zündspule

Die Zündspulen bestehen hauptsächlich aus dem Eisenkern K, der Niederspannungs- oder Primärwicklung P, der Hochspannungs- oder Sekundärwicklung S und der die einzelnen Wicklungslagen voneinander trennenden Isolation J (Abb. 65).

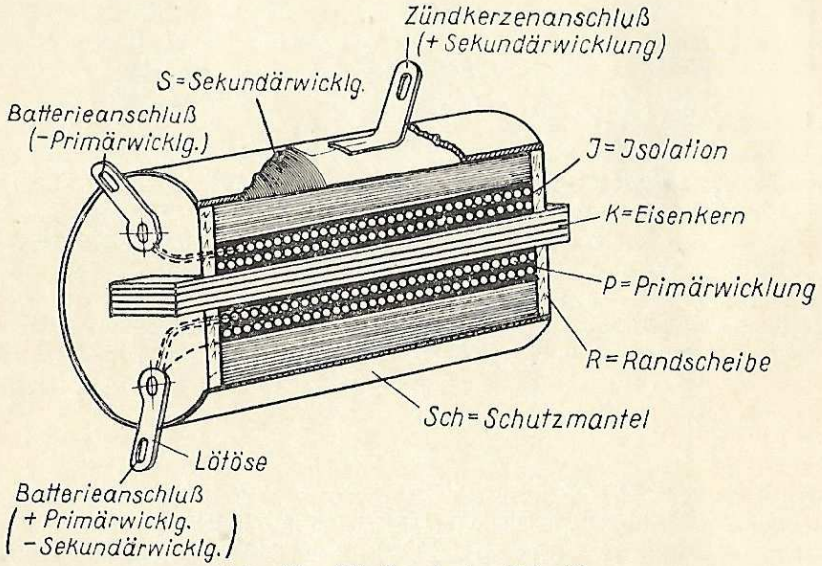


Abb. 65. Zündspule im Schnitt

Der Eisenkern K wird zur Vermeidung von Wirbelstromverlusten unterteilt und hierzu meist aus gestanzten Dynamoblechen, die voneinander durch Papier-Zwischenlagen oder eine Lackschicht isoliert sind, gebildet (Abb. 66). Bei einigen Zündspulenbauarten werden jedoch für den Eisenkern Eisendrähte verwendet (Abb. 67).

Abb. 66. Eisenkern aus Dynamoblechen

Abb. 67. Eisenkern aus Drähten

Auf den Eisenkern ist die Primärspule gewickelt, die aus wenigen Lagen besteht, und zu der emaillierter oder baumwollumsponnener Kupferdraht in einer Stärke von 0,5—1 mm verwendet wird. Der Durchmesser des Drahtes richtet sich hierbei nach der vorgesehenen Betriebsspannung.

Über der Primärwicklung liegt die Hochspannungs- oder Sekundärwicklung, die von der Primärwicklung durch eine entsprechende Isolation aus Bakelitpapier, Isolierseide usw. getrennt ist. Die Sekundärwicklung besteht aus vielen Lagen, die voneinander gleichfalls gut isoliert sind, um ein Durchschlagen der Zündspule zu verhindern. Für diese Wicklung kommt bei den meisten Ausführungen emaillierter Kupferdraht mit einem Durchmesser von 0,06—0,1 mm zur Verwendung.

Die Leistungsfähigkeit der Zündspule wird durch das Windungsverhältnis der Primärwicklung zu der Sekundärwicklung bestimmt.

Die Spannungen des Primär- und des Sekundärstromes verhalten sich dabei wie die Anzahl der Windungen; die Stromstärken sind jedoch den Windungen umgekehrt proportional.

Die Zündspulen werden meist in zylindrischer Form ausgeführt und haben die Größe einer mittleren Taschenlampen-Stabbatterie. Zum Schutz sind sie größtenteils mit einem Mantel aus Bakelitpapier oder Kunstmasse umgeben.

Das Gewicht der Zündspulen für Flugmodell-Motoren schwankt zwischen 50 und 100 g. Die Betriebsspannung derartiger Spulen ist in der Regel für 3—4 V berechnet.

Der Einfachheit halber wird bei den Zündspulen häufig das eine Ende der Sekundärwicklung innerhalb der Zündspule an das eine Ende der Primärwicklung gelegt. Solche Zündspulen haben demzufolge äußerlich drei Anschlüsse, von denen zwei zum Anschluß des Primärstromes (Batterie und Unterbrecher) und einer zum Anschluß der Hochspannungsleitung zur Zündkerze dient. Für den Anschluß der Drähte und Kabel kommen je nach der Bauart der Zündspule Schraubverbindungen oder Lötösen zur Verwendung.

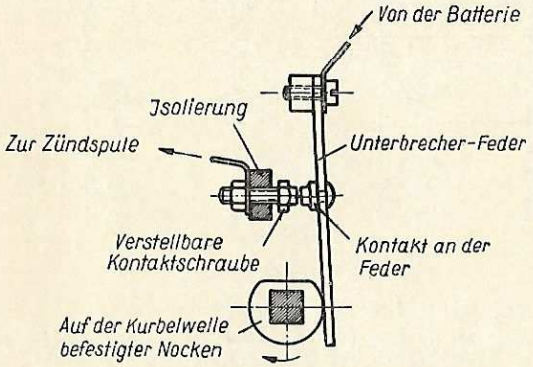


Abb. 68. Schema eines Unterbrechers (Unterbrecher geöffnet gezeichnet)

Unterbrecher

Der Unterbrecher hat die Aufgabe, den Zeitpunkt der Zündung zu regeln. Dies geschieht, wie bereits gesagt wurde, in der Weise, daß der Unterbrecher zu dem erforderlichen Zeitpunkt den Primärstromkreis der Zündspule öffnet. Der Unterbrecher ist somit ein elektrischer Schalter, der von dem Motor betätigt wird (Abb. 68).

Bei Flugmodell-Motoren unterscheidet man hinsichtlich der Wirkungsweise zwei Unterbrechersysteme. Während bei dem einen Unterbrechersystem der Primärstromkreis dauernd geschlossen gehalten und

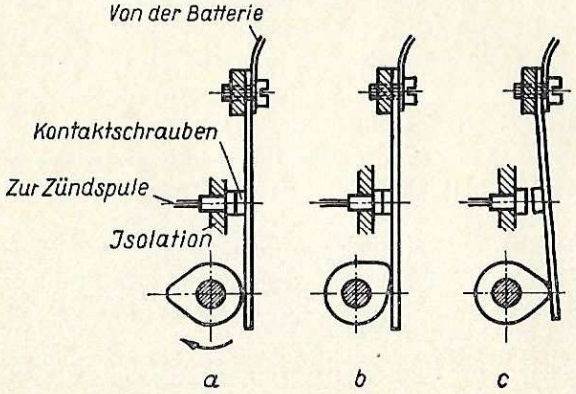


Abb. 69. Unterbrechersystem I

a Unterbrecher geschlossen, b Unterbrecher im Augenblick des Öffnens = Stellung im Zündzeitpunkt, c Unterbrecher geöffnet

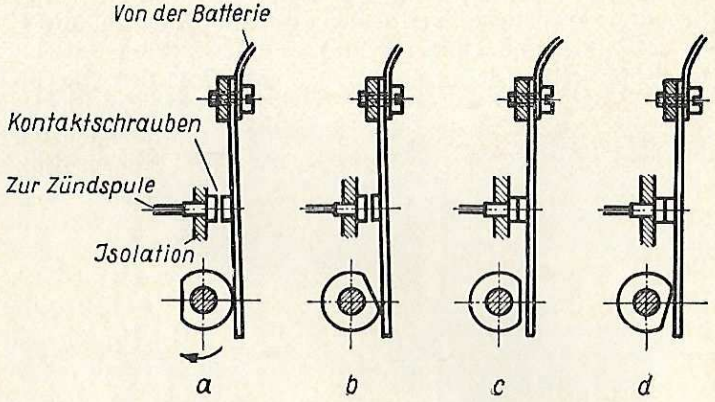
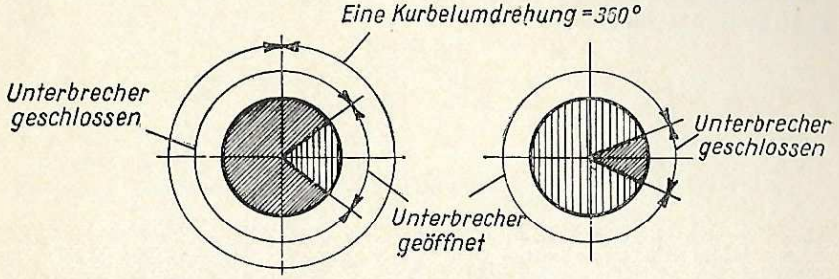


Abb. 70. Unterbrechersystem II

a Unterbrecher geöffnet, b Unterbrecher im Augenblick des Schließens, c Unterbrecher geschlossen, d Unterbrecher im Augenblick des Öffnens = Stellung im Zündzeitpunkt

nur im Zündzeitpunkt unterbrochen wird (Abb. 69), bleibt bei dem anderen System der Primärstromkreis dauernd geöffnet und wird nur kurz vor dem Zündzeitpunkt und dem hierbei erforderlichen Öffnen, für kurze Zeit geschlossen (Abb. 70). Letzteres System hat den Vorteil,

daß bei stillstehendem Motor und eingeschalteter Zündung kein Stromverbrauch auftritt, da der Stromschluß kurz vor dem Zündzeitpunkt erfolgt und der Motor normalerweise auf Kompression nicht stehenbleibt.



Unterbrecher nach Abb. 69 Unterbrecher nach Abb. 70

Abb. 71. Gegenüberstellung der Öffnungs- und Schließzeiten der Unterbrechersysteme I und II (Abb. 69 und 70) während einer Kurbelumdrehung

In Abb. 71 sind die Öffnungs- bzw. Schließzeiten dieser beiden Unterbrechersysteme bezogen auf eine Kurbelumdrehung gegenübergestellt.

Der Wirkungsweise dieser Unterbrecher entsprechend wird auch die Form der für die Steuerung erforderlichen Nocken ausgeführt. Die einzelnen Stellungen der Nocken sind aus den Abb. 69 und 70 ersichtlich.

Je nachdem, ob nun die Entzündung des Kraftstoff-Luft-Gemisches im Zylinder vor oder während der oberen Totpunktlage des Kolbens stattfindet, spricht man von Früh- oder Spätzündung (Abb. 72).

Die meisten Unterbrecher sind so ausgebildet, daß der Zündzeitpunkt in einfacher Weise während des Betriebes von Hand aus verstellt werden kann.

Die Anordnung bzw. die Lage des Unterbrechers richtet sich nach der Bau-

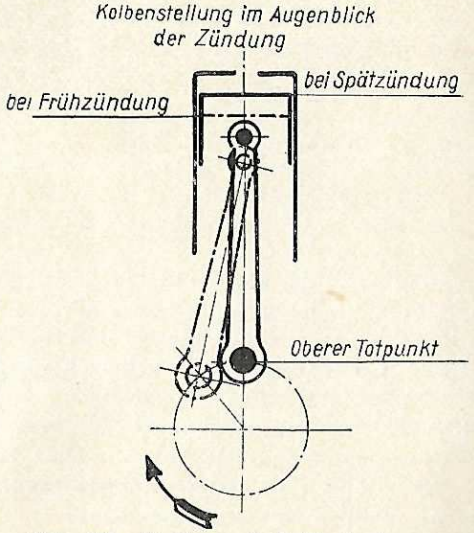


Abb. 72. Spät- und Frühzündung

art der Motoren. Bei Motoren mit doppelt gelagerter Kurbelwelle befindet sich der Unterbrecher meistens, von der Luftschraube aus gesehen, hinter dem Kurbelgehäuse, da der Unterbrecher auf dem freien Ende der Kurbelwelle befestigt wird (Abb. 73). Diese Anordnung findet man z. B. bei dem Motor von Häusler und den Kratzsch-Motoren F 10 E und F 30 B vor.

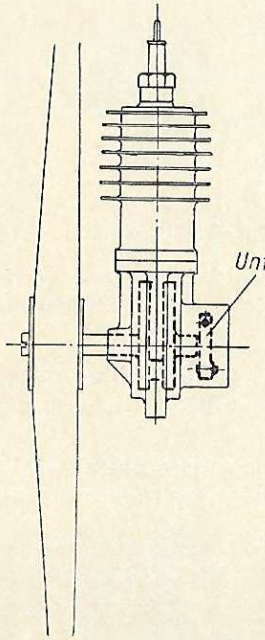


Abb. 73. Anordnung des Unterbrechers bei doppelt gelagerter Kurbelwelle

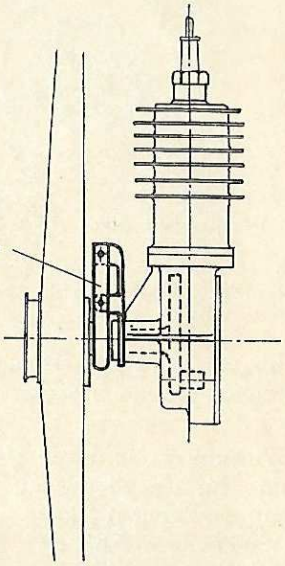


Abb. 74. Anordnung des Unterbrechers bei einseitig gelagerter Kurbelwelle

Die Bauart der Motoren mit einseitig gelagerter Kurbelwelle erfordert hingegen, daß der Unterbrecher vor dem Kurbelgehäuse angeordnet wird (Abb. 74). Der Unterbrecher wird hierbei entweder, wie bei dem Argus-Motor, direkt am Kurbelgehäuse oder auf dem Lagerhals dicht hinter der Luftschraube befestigt. Letztere Anordnung findet man u. a. bei dem Blankenmeister-Motor vor.

Die Ausführung der Unterbrecher ist ganz verschieden, da diese meistens durch die Bauart des Motors bestimmt werden. Es ist daher nicht möglich, im Rahmen dieses Buches alle Ausführungen zu besprechen. Grundsätzlich unterscheidet man zwei Unterbrecherbauarten.

Während bei der einen Bauart das Öffnen und Schließen der Kontakte unter Verwendung eines Hebels erfolgt, wird bei der anderen Bauart dieser Hebel durch eine Blattfeder ersetzt. Man spricht daher von Hebel- und Federunterbrechern.

Ein Vertreter der erstgenannten Bauart ist der in Abb. 75 gezeigte Unterbrecher der Kratzsch-Motoren F 10E und F 30 B.

Die Arbeitsweise dieses Unterbrechers bedarf keiner besonderen Erklärung, da sie sich aus dem Schema Abb. 64 ergibt. Auch ist der Stromdurchgang aus diesem Schema ersichtlich.

Der für die Betätigung des Unterbrechers erforderliche Nocken N kann zwecks Veränderung der Zündeinstellung auf der Kurbelwelle verstellt werden. Die Veränderung der Zündeinstellung läßt sich jedoch nur bei Stillstand des Motors vornehmen.

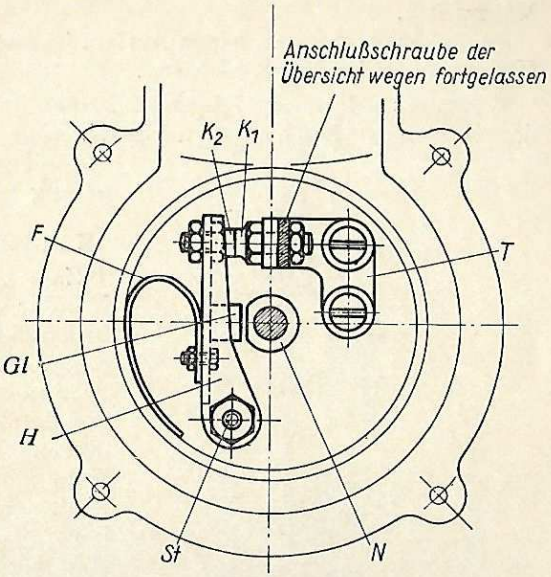


Abb. 75. Hebelunterbrecher der Kratzsch-Motoren Type F 10 E und F 30 B

N der mit der Kurbelwelle durch eine Schraube verbundene Nocken; H der um den Stift St sich drehende Unterbrecherhebel, an dem das aus Vulkanfiber bestehende Nocken-Gleitstück Gl befestigt ist; T der auf dem Gehäuse isoliert befestigte Kontakthalter; K_1 die an dem Kontakthalter verstellbar befestigte Kontaktschraube; K_2 die an dem Unterbrecherhebel H befestigte Kontaktschraube; F die den Kontaktschluß hervorrufende und auf den Unterbrecherhebel wirkende Feder

Ein Unterbrecher ähnlicher Bauart kommt auch bei dem Argus-Motor zum Einbau. Bei diesem ist der Unterbrecherhebel jedoch als Winkelhebel ausgebildet.

Die Abb. 76 und 77 zeigen einen Unterbrecher der zweiten Bauart, also einen Federunterbrecher. Bei dem Unterbrecher nach Abb. 76 ist die Unterbrecherfeder senkrecht zur Kurbelwelle angeordnet. Der Unterbrecher in Abb. 77 hat hingegen eine Unterbrecherfeder, die parallel zur Kurbelwelle liegt.

Der die Betätigung vornehmende Nocken ist bei diesen Unterbrechern als Mitnehmerscheibe für die Luftschraube ausgebildet und wird auf der Kurbelwelle mittels eines Vierkantes befestigt.

Die in Abb. 76 und 77 gezeigten Unterbrecher sind auf einem zylindrischen Ansatz des Kurbelgehäuse-Lagerhalses befestigt und sitzen

dicht hinter der Luftschraube. Durch einfaches Drehen der Unterbrecher läßt sich auch während des Betriebs der Zündzeitpunkt verstellen.

Abb. 77 stellt den Unterbrecher des amerikanischen Brown-Junior-Motors dar.

Bemerkenswert durch seinen Aufbau ist auch der in Abb. 78 gezeigte Unterbrecher der Meyer-Motoren.

Besonders sei darauf hingewiesen, daß das einwandfreie Arbeiten der vorstehend beschriebenen Unterbrecher in erster Linie von dem Anpreßdruck der Kontakte abhängig ist.

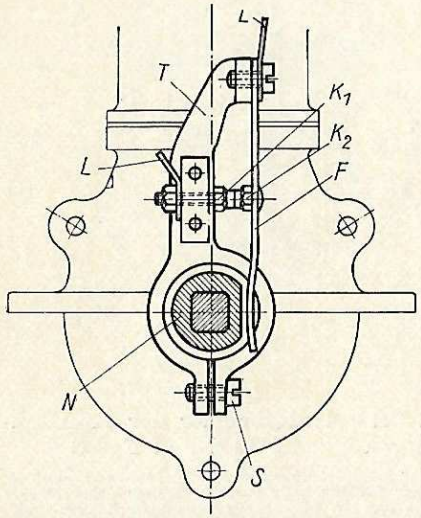


Abb. 76. Federunterbrecher (Unterbrecherfeder senkrecht zur Kurbelwelle)

N der mit der Kurbelwelle unter Anwendung eines Vierkantes befestigte Nocken; T der auf dem Lagerfeld des Kurbelgehäuses drehbar befestigte Unterbrecherträger; F die an dem Unterbrecherträger befestigte Unterbrecherfeder; K_1 die an dem Unterbrecherträger isoliert befestigte Kontaktschraube; K_2 die an der Unterbrecherfeder befestigte Kontaktschraube; L die Lötösen für den Anschluß der Kabel bzw. Drähte; S die zum Festklemmen des Unterbrecherträgers dienende Schraube

Zündzeitpunkteinstellung

Zum Verständnis der Wichtigkeit der richtigen Zündeinstellung, insbesondere aber der Frühzündung, sei folgendes gesagt:

Wird bei Spätzündung das Kraftstoff-Luft-Gemisch erst im oberen Totpunkt des Kolbens zur Entzündung gebracht, so hat der Kolben diesen bereits überschritten, bevor das Gasgemisch voll zur Entzündung kommt. Durch die bereits stattgefundene Abwärtsbewegung des Kolbens hat das verdichtete Kraftstoff-Luft-Gemisch schon vor der vollkommenen Verbrennung ein größeres Volumen eingenommen. Zur Entzündung des gesamten Kraftstoff-Luft-Gemisches wird daher eine größere Zeit benötigt, so daß die hierbei auftretende Verbrennungstemperatur länger in dem Zylinder verbleibt. Bei Spätzündung tritt demzufolge eine größere Erwärmung auf als bei Frühzündung. Aber auch die Leistungsabgabe des Motors ist bei Spätzündung geringer, da ja durch die Vergrößerung des Verbrennungsraumes und der sich hieraus ergebenden geringeren Verdichtung während des Verbrennungsvorganges der Explosionsdruck nicht die volle Höhe wie bei Frühzündung erreicht.

Bei Frühzündung findet hingegen die Entzündung des Kraftstoff-Luft-Gemisches bereits vor der oberen Totpunktlage des Kolbens statt.

Das Kraftstoff-Luft-Gemisch kommt hierbei zur Verbrennung, wenn der Kolben im oberen Totpunkt angelangt ist, so daß der Motor unter Ausnützung des vollen Verdichtungsdruckes seine höchste Leistung abgibt.

Die Einstellung der Zündung wird hierbei konstruktiv in Winkelgraden, die sich auf die Stellung des Kurbelarmes der Kurbelwelle zur Zylinderachse beziehen, festgelegt (Abb. 79). Da in der Praxis eine Einstellung der Zündung hierbei nicht immer möglich ist, wird für diesen Zweck die Einstellung in mm-Kolbenweg vor dem oberen Totpunkt angegeben.

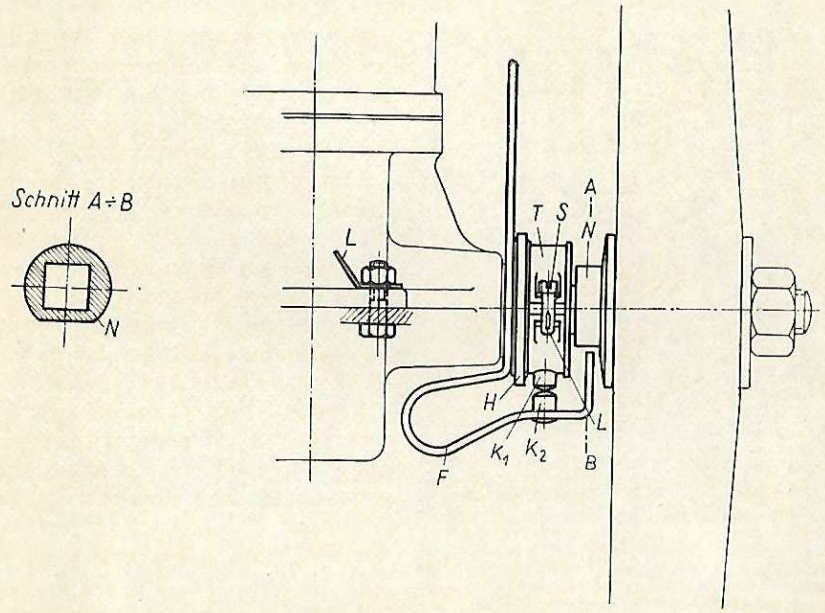


Abb. 77. Federunterbrecher (Unterbrecherfeder parallel zur Kurbelwelle)

N der mit der Kurbelwelle unter Anwendung eines Vierkantes befestigte Nocken; H die auf dem Lagerhals des Kurbelgehäuses drehbar angeordnete Hülse, die als Unterbrecherträger dient; F die an der Hülse befestigte Unterbrecherfeder, die gleichzeitig als Verstellhebel ausgebildet ist; T der auf der Hülse isoliert befestigte und als Schelle ausgebildete Kontaktträger; K_1 der an dem Kontaktträger T befestigte Kontakt; K_2 der an der Unterbrecherfeder befestigte Kontakt; L die Lötösen für den Anschluß der Kabel bzw. Drähte; S die zum Festklemmen des Kontaktträgers dienende Schraube

Während im allgemeinen bei Motoren mit kleiner Drehzahl nur wenig Frühzündung zur Erreichung der vollen Leistung benötigt wird, arbeiten die in Flugmodellen verwendeten Motoren infolge der in Frage kommenden großen Drehzahlen mit verhältnismäßig viel Frühzündung. Infolge der Größenordnung solcher Motoren läßt sich jedoch eine genaue Norm für die erforderliche Frühzündung nicht aufstellen; sie wird

zweckmäßigerweise praktisch ausprobiert. Die Frühzündung beträgt je nach Größe und Drehzahl der Motoren etwa 2,5—4 mm. Sie beträgt z. B. beim Kratzsch-Motor Type F 30 B etwa 3,5—4 mm und bei der Type F 10 E etwa 2,5 mm.

Die Einstellung der Zündung erfolgt in der Weise, daß der Kolben vorerst in seine obere Totpunktlage gebracht und durch Drehen der

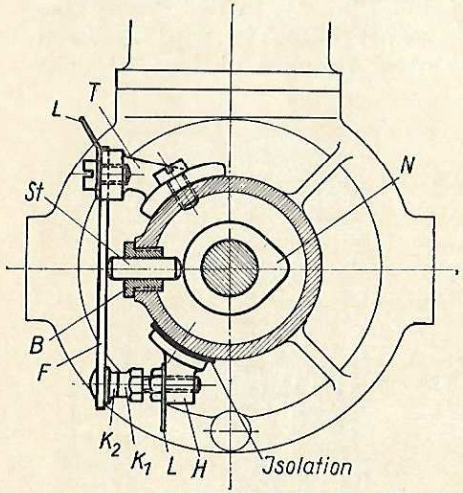


Abb. 78. Unterbrecher der Meyer-Motoren

N der auf der Kurbelwelle befestigte Nocken; T der auf dem Lagerhals des Kurbelgehäuses befestigte Träger für die Unterbrecherfeder; F die an dem Federträger befestigte Unterbrecherfeder; H der auf dem Lagerhals des Kurbelgehäuses isoliert befestigte Kontakthalter; St der in der Büchse B sich bewegende Druckbolzen; K_1 die an dem Kontakthalter befestigte Kontaktschraube; K_2 die an der Unterbrecherfeder befestigte Kontaktschraube; L die Lötösen für den Anschluß der Kabel bzw. Drähte

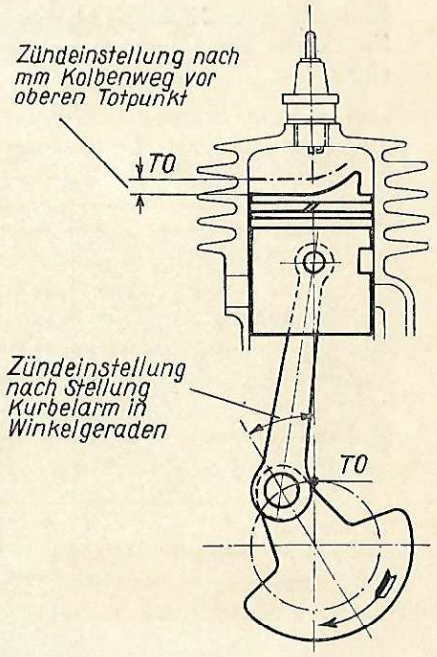


Abb. 79. Zündeinstellung nach Winkelgraden und Kolbenweg

Kurbel entgegen der Drehrichtung des Motors um das für die Frühzündung erforderliche Maß abwärtsbewegt wird. Der Unterbrechernocken ist hierbei so einzustellen, daß die Unterbrecherkontakte sich im Augenblick der verlangten Zündung gerade öffnen. Bereits bei einem Luftspalt von 0,05 mm tritt eine Funkenbildung ein.

Bei vollkommen abgehobenen Unterbrecherkontakten soll der Luftspalt nicht größer als etwa 0,4 mm sein, da sonst der Motor schwer anspringt.

Kondensator

Wie bereits gesagt wurde, hat der Kondensator die Aufgabe, den beim Öffnen des Primärstromkreises an den Unterbrecherkontakten

auftretenden Lichtbogen zu unterdrücken. Dieser Lichtbogen kann durch Verwendung eines Kondensators nicht gänzlich aufgehoben werden; er setzt die Wirkung dieses Lichtbogens aber so weit herab, daß eine frühzeitige Zerstörung (Abbrand) der Unterbrecherkontakte nicht stattfindet. Der Kondensator besteht aus einer großen Anzahl gestanzter Stanniolplättchen, die durch Glimmerplättchen voneinander isoliert sind (Abb. 80). Die eine Reihe der Stanniolplättchen ist hierbei vor, die andere Reihe hinter dem Unterbrecher angeschlossen. Der Kondensator ist demzufolge ein Stromspeicher, dessen Entladung dann erfolgt, wenn die Unterbrechung des Primärstromes vorüber ist, d. h. die Unterbrecherkontakte wieder geschlossen sind.

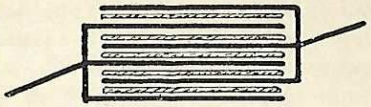


Abb. 80. Kondensator (schematisch)

Bezüglich der Leistungsfähigkeit eines Kondensators ist zu sagen, daß diese von dem Flächeninhalt der zur Anwendung gelangenden Stanniolplättchen, sowie von der Qualität des Isolationsmaterials bzw. dessen Stärke abhängt.

Die Leistungsfähigkeit eines Kondensators wird bei gleichem Flächeninhalt der Stanniolplättchen um so größer, je dünner die Isolationsschicht ist.

Zur Erreichung eines möglichst geringen Gewichtes werden für Flugmodell-Motoren fast ausschließlich gewickelte Kondensatoren von zylindrischer Form verwendet (Abb. 81). Da der Kondensator um so wirksamer ist, je näher er an der Unterbrechungsstelle, d. h. am Unterbrecher liegt, ist bei der Anordnung des Kondensators hierauf besonders Rücksicht zu nehmen.

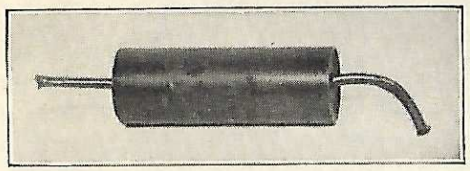


Abb. 81. Wickelkondensator

Die Kapazität der erforderlichen Kondensatoren schwankt erfahrungsgemäß zwischen 0,1—0,5 μF und richtet sich nach der vorhandenen Zündspule und deren Betriebsspannung. Das Gewicht eines derartigen Kondensators beträgt etwa 15 g.

Zündkerze

Die Zündkerze dient als Funkenstrecke zur Entzündung des in dem Zylinder verdichteten Kraftstoff-Luft-Gemisches (Abb. 82).

Der von der Zündspule bzw. dem Magnetapparat erzeugte hochgespannte Sekundärstrom gelangt unter Anwendung eines Kabels zur Mittelelektrode 1 und überspringt den Luftspalt zwischen der Mittel-

elektrode und der bzw. den in dem Zündkerzenkörper eingesetzten Elektroden, wobei der Rückfluß durch die Masse des Motors erfolgt.

Der richtige Abstand der Elektroden, der die Funkenstrecke der Zündkerze darstellt, ist für das einwandfreie Arbeiten der Zündkerze von großer Wichtigkeit. Großer Elektrodenabstand bietet erhöhte Betriebssicherheit gegen Verölen, erfordert aber naturgemäß eine große elektrische Energie und setzt bei Batteriezündung stets die Verwendung einer entsprechend starken Batterie voraus. Bei zu kleinem Elektrodenabstand tritt hingegen leicht ein Verölen der Zündkerze und somit ein Aussetzen der Zündung ein. Der Abstand der Elektroden beträgt etwa 0,4—0,6 mm und entspricht der Stärke einer normalen Postkarte. Im allgemeinen richte man sich nach den Vorschriften der Lieferfirma der Zündkerze.

Obwohl das richtige Arbeiten der Zündanlage und somit der einwandfreie Lauf des Motors in großem Maße von dem Arbeiten der Zündkerze abhängt, wird ihr von Nichtfachleuten nur sehr wenig Beachtung geschenkt.

Es ist daher unerläßlich, auf die Anforderungen, die während des Betriebs an eine Zündkerze gestellt werden, besonders hinzuweisen.

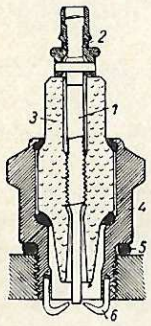


Abb. 82. Aufbau einer Zündkerze (im Schnitt)

1 Zündstift oder Mittelelektrode, 2 Anschlußmutter zur Befestigung des Zündkabels, 3 Isolierkörper aus Porzellan, Glimmer, Quarz usw., 4 Kerzenkörper mit Gewinde zum Einschrauben in den Zylinder, 5 Verdichtungsring aus Kupfer mit Asbesteinlage, 6 Elektroden im Kerzenkörper

Eine Zündkerze muß hauptsächlich drei grundsätzlich verschiedenen Beanspruchungen standhalten:

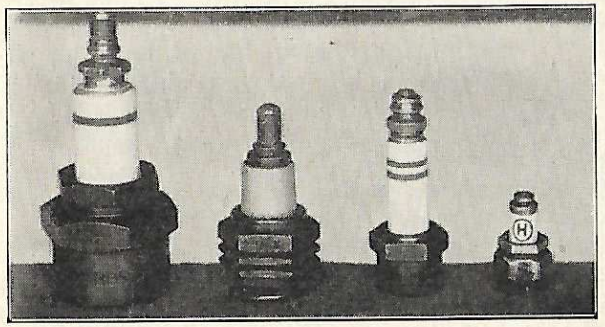
1. der mechanischen Beanspruchung,
2. der elektrischen Beanspruchung,
3. der thermischen Beanspruchung.

Mechanische Beanspruchung. Diese wird hervorgerufen durch den Verbrennungsdruck im Zylinder. Die Zündkerze muß diesen Druck nicht nur aufnehmen können, sondern trotz der stets auftretenden Temperaturschwankungen auch gasdicht sein.

Bei Flugmodell-Motoren ist vorstehendes besonders wichtig, da infolge der zur Anwendung gelangenden kleinen Zylinderabmessungen schon die geringste Undichtheit der Zündkerze einen erheblichen Leistungsabfall zur Folge hat, der durch Ansaugen von Falschluft und Verdichtungsverlust hervorgerufen wird.

Elektrische Beanspruchung. Die Zündkerze muß derart isoliert sein, daß der von der Zündspule bzw. dem Magnetapparat kommende hochgespannte Sekundärstrom sich nur an den Elektroden ausgleicht bzw. nur an diesen überspringt und somit keinen anderen Weg zur Masse des Motors findet.

Der im Zylinder erzeugte Verdichtungsdruck setzt dem Zündfunken einen erheblichen Widerstand entgegen. Es ist daher erklärlich, daß der hochgespannte Sekundärstrom stets den kürzesten und leichtesten Weg zur Masse sucht. Ein Durchschlagen der Zündkerze kann daher bereits bei Vorhandensein von Rissen in dem Isolierkörper, die mit dem bloßen Auge nicht erkennbar sind, und durch Verschmutzen der in den Zylinder ragenden Teile der Zündkerze stattfinden.



a b c d

Abb. 83. Bosch-Zündkerze mit 18-mm- (a), 12-mm- (b), 10 mm- (c) Gewinde. d Spezial-Zündkerze mit $^3/_8''$-Gewinde für kleine Flugmodell-Motoren

Thermische Beanspruchung. Die von den heißen Verbrennungsgasen umspülten Teile der Zündkerze müssen so ausgebildet sein bzw. aus solchem Material bestehen, daß selbst bei dauernder Belastung des Motors ein Glühen dieser Teile und somit eine Glühzündung nicht eintritt.

Andererseits muß aber eine bestimmte Temperatur stets vorhanden sein, damit sich Ruß und unverbranntes Öl nicht in der Zündkerze festsetzen bzw. die Elektroden nicht verschmutzen, sondern sofort verbrennen.

Zündkerzenausführungen. Für Flugmodell-Motoren müssen infolge ihrer kleinen Abmessungen auch entsprechend kleine und leichte Zündkerzen zur Anwendung gelangen.

Für Motoren mittlerer Größe und Leistung wird vielfach die in Abb. 83c gezeigte Bosch-Zündkerze mit 10-mm-Gewinde verwendet, die zur Zeit die kleinste im Handel befindliche Zündkerze für große Verbrennungsmotoren ist. Diese Zündkerzen werden in folgenden Typen in den Handel gebracht:

U 175 T2	Gewicht	20 g
U 200 T2	„	19 g
U 225 T2	„	18 g
U 240 T2	„	18 g
U 260 T2	„	18 g

Die Zahl nach dem Buchstaben U kennzeichnet den Wärmewert. Je größer der Wärmewert, um so höhere Temperaturen verträgt die Kerze.

Die Kerze mit niedrigem Wärmewert ist demzufolge für einen Motor geeignet, in dem sie nur wenig erwärmt wird. In einem schnell laufenden Motor würde sich dieser Typ schnell überhitzen und zu Glühzündungen Anlaß geben. Dagegen wird eine Kerze mit höherem Wärmewert, die in einem schnell laufenden Motor gerade die Selbstreinigungstemperatur erreicht, in einem langsam laufenden Motor kalt bleiben und verschmutzen.

Für Motoren mit kleinen Abmessungen und kleiner Leistung sind die vorstehend aufgeführten Zündkerzen noch zu groß und würden das Gewicht der Motoren zu ungünstig beeinflussen.

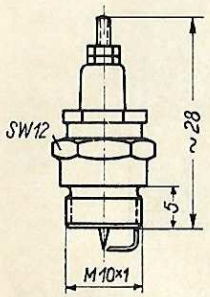


Abb. 84. Kratzsch-Spezial-Zündkerze mit 10-mm-Gewinde (auseinandernehmbar)

Auch ist der Totraum dieser Kerzen, da sie, wie bereits erwähnt, eigentlich für große Verbrennungsmotoren bestimmt sind, im Verhältnis zum Zylindervolumen und zum Verbrennungsraum der Flugmodell-Motoren derart groß, daß die Spülwirkung außerordentlich ungünstig beeinflußt wird.

Aus diesem Grunde werden kleinere Flugmodell-Motoren zum größten Teil mit Spezial-Zündkerzen ausgerüstet, die besonders für derartige Motoren entwickelt worden sind und von den Motorenfirmen fast ausschließlich selbst hergestellt werden.

So haben z. B. der „Kratmo 4" und der Häusler-Motor eine derartige Zündkerze.

Abb. 84 zeigt die bei Kratzsch-Motoren zum Einbau kommende Spezial-Zündkerze mit 10-mm-Gewinde, die trotz ihrer geringen Abmessungen auseinandernehmbar ist und nur etwa 8 g wiegt. Aber auch von der Firma Bosch wurde eine Spezial-Zündkerze entwickelt, die ein 6-mm-Gewinde hat, und deren Gewicht etwa 7 g beträgt.

Bei einigen größeren Motoren werden auch Zündkerzen mit 12-mm-Gewinde verwendet (Abb. 83 b). Zum Größenvergleich ist in Abb. 83 a eine normale Zündkerze für große Verbrennungsmotoren einer Spezial-Zündkerze für kleine Flugmodell-Motoren (Abb. 83 d) gegenübergestellt.

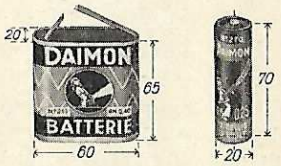


Abb. 85. Taschenlampenbatterien

Links: 4,5-Volt-Normalbatterie (Gewicht etwa 120 g); rechts: 3-Volt-Stabbatterie (Gewicht etwa 40 g)

Batterie

Als Stromquelle reicht im allgemeinen für Motoren bis zu einer mittleren Leistung eine gute Taschenlampenbatterie aus. Bei kleineren Motoren werden fast ausschließlich Stabbatterien verwendet, deren Spannung $3^1/_2$ V beträgt. Nach den bisher gemachten

Erfahrungen wird bei Verwendung einer guten Taschenlampenbatterie eine Laufzeit von etwa 1,5—2 Stunden gewährleistet (Abb. 85).

Zeitschalter

Nach den Wettbewerbsbestimmungen der Korpsführung des NSFK. müssen sämtliche Modelle mit Verbrennungsmotor mit einem Zeitschalter ausgerüstet sein, der nach Ablauf einer bestimmten Motorlaufzeit die Zündanlage des Motors und somit diesen selbst außer Betrieb setzt.

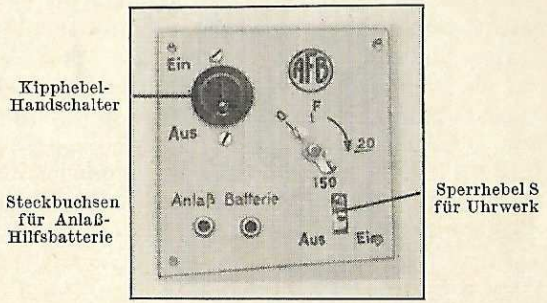


Abb. 86. Schalttafel mit Zeitschalter (Vorderansicht)

Da derartige Zeitschalter z. Z. noch nicht im Handel erhältlich sind, so müssen sie von den Modellbauern selbst hergestellt werden. Es kommen hierbei Uhrwerke verschiedenster Art zur Verwendung.

Die Abb. 86 und 87 zeigen einen Zeitschalter, der vom Verfasser gebaut wurde, und bei dem ein normaler Photo-Selbstauslöser Ver-

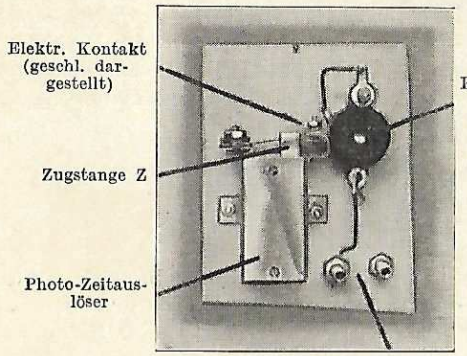


Abb. 87. Rückansicht der Schalttafel mit Zeitschalter

wendung fand. Wie aus den Abbildungen ersichtlich ist, wurde die gesamte Schalteinrichtung in Form einer Schalttafel ausgebildet. Abb. 87 zeigt die Schalteinrichtung von der Rückseite.

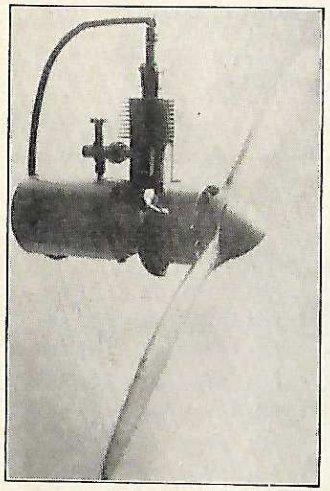
V. Ausgeführte Flugmodell-Motoren

1. Deutsche Motoren

a) Kratzsch-Motoren

Von dem Kratzsch-Motorenbau, Gößnitz (Kr. Altenburg), werden zur Zeit drei Motorentypen hergestellt, die die Bezeichnung „Kratmo 4", „Kratmo 10" und „Kratmo 30" haben. Die Motoren arbeiten nach dem Zweitakt-Verfahren und gehören dem Dreikanaltyp an.

Der kleinste dieser Motoren mit der Bezeichnung „Kratmo 4" hat ein Hubvolumen von 4 cm³ (Abb. 88 a und b). Er dürfte z. Z. der kleinste in Deutschland serienmäßig hergestellte Flugmodell-Motor sein. Die Leistung dieses Motors beträgt nach Angabe der Herstellerfirma 0,15 PS bei 6000 U/min, das Gewicht einschließlich Zündspule, Kondensator, Kraftstoffbehälter, Luftschraube und Luftschraubenkappe, jedoch ohne Batterie etwa 250 g.



(Werkphoto)

Abb. 88 a. Kratzsch-Motor Type „Kratmo 4"

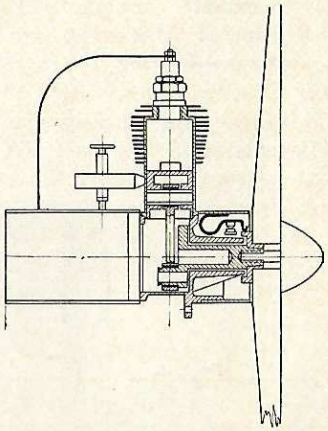


Abb. 88 b. Schnitt durch den Kratzsch-Motor Type „Kratmo 4" DRP. a.

Der Motor „Kratmo 10" hat hingegen ein Hubvolumen von 10 cm³ und eine Leistung von 0,35 PS bei 6000 U/min. Das Gewicht dieses Motors beträgt einschließlich Zündspule, Kondensator, Kraftstoffbehälter und Luftschraubenkappe, jedoch ohne Batterie 430 g.

Der größte der Kratzsch-Motoren hat die Bezeichnung „Kratmo 30".

Die vorgenannten Motoren sind in ihrem Aufbau grundsätzlich gleich. Der Zylinder ist aus dem Vollen gedreht und besteht aus

Chrom-Molybdän-Stahl. Die einseitig gelagerte Kurbelwelle ist reichlich bemessen und hohlgebohrt. Der Kolben besteht aus Leichtmetall. Für die Schubstange wird Stahl verwendet.

An dem Kurbelgehäuse ist für die Befestigung ein runder Flansch vorgesehen, mit dem es möglich ist, die Motoren mittels zweier Schrauben am ersten Spant des Flugmodellrumpfes wahlweise mit stehend oder hängend angeordnetem Zylinder zu befestigen.

In Verbindung mit der großen Luftschraubenkappe stellt das Motorgehäuse einen Stromlinienkörper dar. Es wird hierdurch ein günstiger aerodynamischer Einbau der Motoren auch ohne besondere Verschalung erzielt.

Die Motoren haben einen Vergaser, bei dem der Kraftstoff durch eine verstellbare Düse aus dem Kraftstoffbehälter gesaugt wird. Der Kraftstoffbehälter liegt, gleich wie die Zündspule, gut gekapselt im verlängerten Kurbelgehäuse.

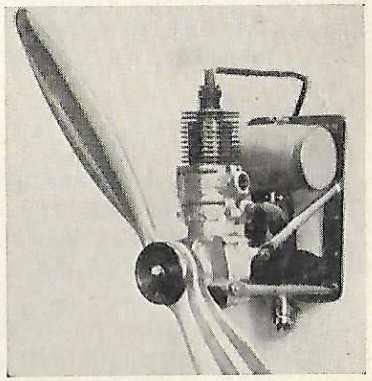
Die Motoren sind mit einer Batterie-Zündanlage ausgerüstet, bei der eine Spezial-Zündkerze mit einem Gewicht von nur 8 g zur Verwendung gelangt.

Neuartig ist der Einbau des Unterbrechers. Letzterer befindet sich innerhalb eines Stahlringes, der die Aufgabe hat, ein Verbiegen der Kurbelwelle bei schweren Stürzen zu verhindern. Die Luftschraube läuft zu diesem Zweck dicht an dem Stahlring. Der Unterbrecher kann während des Betriebs zur Veränderung des Zündzeitpunktes verstellt werden.

Das Anwerfen der Motoren erfolgt von Hand aus unmittelbar an der Luftschraube.

Für den Entwurf der Motoren „Kratmo 4, 10 und 30" waren die Erfahrungen mit den 1934 entwickelten Kratzsch-Motoren Type F 10 E und F 30 B maßgebend. Durch den Bau des Motors „Kratmo 10" wird der Motor F 10 E (Abb. 89) nicht mehr hergestellt. Da jedoch von diesen Motoren noch eine große Anzahl im Betrieb sind, wird im folgenden kurz auf sie hingewiesen. Die technischen

Motorbezeichnung	F 10 E	F 30 B
Zylinderzahl	1	1
Hubraum	9,5 cm³	29 cm³
Leistung in PS	0,22	0,65
Drehzahl	4500	4500
Gewicht d. Motors	260 g	600 g
Gewicht d. Zündspule u. d. Kondensators	65 g	65 g



(Werkphoto)

Abb. 89. Kratzsch-Motor Type F 10 E

Daten der Motoren F 10 E und F 30 B sind aus umstehender Tabelle ersichtlich.

Der Zylinder des Motors F 30 B besteht aus Grauguß und hat einen abnehmbaren Zylinderkopf aus Leichtmetall. Die Befestigung des Zylinders auf dem Kurbelgehäuse erfolgt in der üblichen Weise unter Anwendung eines Flansches und vier Schrauben. Bei dem Motor F 10 E wird hingegen der Zylinder aus Stahl hergestellt und aus dem Vollen gearbeitet. Die Befestigung des Zylinders erfolgt bei diesem Motor durch Zusammenschrauben des zweiteiligen Kurbelgehäuses.

Während der Motor F 30 B ein Kurbelgehäuse in der üblichen Bauart hat, ist bei dem Motor F 10 E das Kurbelgehäuse bis über die Ansaug-, Auspuff- und Überströmkanäle hochgezogen.

Die Kurbelwellen sind bei den Motoren beiderseits gelagert und laufen in Büchsen bzw. Lagern aus Caro-Bronze. Die aus Leichtmetall bestehenden Kolben erhalten zur Abdichtung jeweils zwei Kolbenringe. Die kräftig ausgeführten Kolbenbolzen sind hohlgebohrt und werden durch einen Pilz gesichert. Die Schubstangen bestehen aus Stahl und haben einen geteilten Stangenkopf mit Lagerschalen aus Caro-Bronze.

Die Motoren sind mit einem schwimmerlosen Vergaser mit verstellbarer Düsennadel ausgerüstet, dem der Betriebsstoff durch Gefälle zugeführt werden muß.

Die Zündung erfolgt durch die übliche Batterie-Zündanlage. Der Motor F 30 B hat eine Zündkerze mit 12-mm-Gewinde, der Motor F 10 E eine solche mit 10-mm-Gewinde. Der Unterbrecher, bei dem einige im Handel erhältliche Normalteile Verwendung finden, sitzt an der der Luftschraube gegenüberliegenden Gehäusehälfte.

Für die Schmierung der Kratzsch-Motoren wird dem Kraftstoff Schmierstoff beigegeben. Das Mischungsverhältnis beträgt beim Motor „Kratmo 4“ 1 : 5, beim Motor „Kratmo 10“ 1 : 7.

b) Argus-Motor

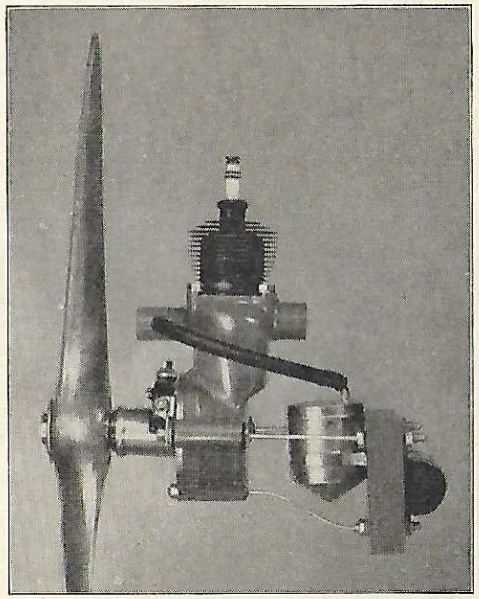
Von der Argus-Motoren Gesellschaft m. b. H., Berlin-Reinickendorf, der ältesten Flugmotorenfabrik Deutschlands, wird ein Einzylinder-Zweitaktmotor auf den Markt gebracht (Abb. 90), der sich besonders durch seinen einfachen Aufbau und seine große Leistungsfähigkeit auszeichnet.

Das Kurbelgehäuse dieses Motors besteht aus einem Stück und ist bis über die Ansaug-, Überström- und Auspuffkanäle hochgezogen.

Der tief in das Kurbelgehäuse hineinragende Zylinder besteht aus Stahl und ist aus dem Vollen gedreht. Der aus Leichtmetall hergestellte Kolben hat einen flachen Boden. Die Abdichtung desselben übernehmen

zwei Kolbenringe. Die als Stirnkurbel ausgebildete Kurbelwelle ist in dem Gehäusedeckel gelagert. Die Bedienung des Motors erfordert keinerlei besondere Fachkenntnisse. Zur Vermeidung von Fehlerquellen bei unsachgemäßer Behandlung sind der Vergaser und die Zündung fest eingestellt.

Der Motor ist mit einer Batterie-Zündanlage und einer Bosch-Zündkerze mit 10-mm-Gewinde ausgerüstet. Der Unterbrecher ist an dem Deckel des Kurbelgehäuses angeordnet und hat einen winklig ausgebildeten Unterbrecherhebel, der auf einem innerhalb des Lagerhalses liegenden Nocken der Kurbelwelle gleitet. Für den Durchtritt des Unterbrecherhebels ist in dem Lagerhals des Gehäusedeckels ein entsprechender Ausschnitt vorgesehen.



(Werkphoto)

Abb. 90. Argus-Motor

Bei dem zur Anwendung gelangenden Vergaser mit offener Düse ohne Düsennadel wird der Kraftstoff direkt aus dem Kraftstoffbehälter angesaugt.

Etwas Neuartiges stellt die elastische Aufhängung des Motors dar. Um Schwingungen von dem Flugmodell fernzuhalten, wird der Motor durch federnde Streben mit einer Montageplatte verbunden, die zur Befestigung des Motors dient. Zwei dieser Streben dienen gleichzeitig als Stromzufuhr zum Unterbrecher. Zündspule, Kondensator und Kraftstoffbehälter sind an der Montageplatte befestigt, so daß die Anlage mit Ausnahme der Batterie ein vollständiges Aggregat darstellt.

Sehr beachtenswert ist besonders die Leistungsfähigkeit des Motors. Beim Entwurf desselben wurden alle Möglichkeiten, die das Zweitakt-Verfahren bei solch kleinen Zylinderabmessungen bietet, voll ausgenützt.

Wie die Kurve (Abb. 91) zeigt, nimmt die Leistung des Motors in einem Drehzahlbereich von 2500 bis fast 9000 U/min praktisch linear mit der Drehzahl zu. Der Motor hat bei 3000 U/min eine Leistung von 0,6 PS, die sich für jede Drehzahlerhöhung von 1000 U/min um 0,2 PS

steigert. Bei einer Drehzahl von 8000 U/min leistet der Motor demzufolge 1,6 PS.

Weiterhin ist aus der Leistungskurve auch das Einheitsgewicht des Motors, bezogen auf die Drehzahl, ersichtlich. Während die dünn ausgezogene Linie das Einheitsgewicht des Motors allein darstellt, veran-

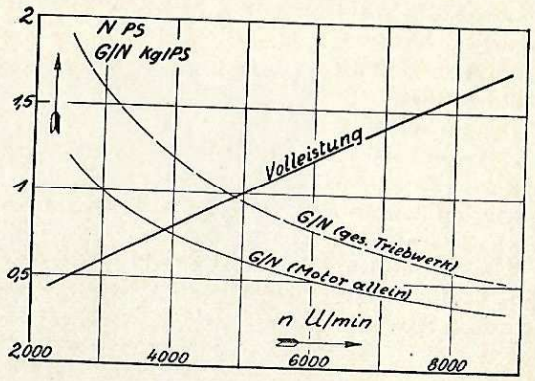


Abb. 91. Leistungskurve des Argus-Motors. (Aus „Flugsport")

schaulicht die dünn ausgezogene punktierte Linie das Einheitsgewicht des gesamten Triebwerks. Bereits bei 3000 U/min beträgt das Einheitsgewicht des Motors nur 1 kg/PS, während bei 6000 U/min der erstaunlich günstige Wert von 0,5 kg/PS erreicht wird.

Das Einbaugewicht des Motors beträgt ausschließlich Batterie 950 g und setzt sich wie folgt zusammen:

Motor	600 g
Zündkerze einschl. Dichtung	17 g
Luftschraubennabe mit Befestigung	41 g
Spant mit Federstreben	121 g
Zündspule, Kondensator und Zündkabel	133 g
Kraftstoffbehälter einschl. Schlauch	38 g

Die Schmierung des Motors erfolgt durch Beigabe von Schmierstoff in den Kraftstoff in einem Verhältnis von 1 : 15.

Der Motor springt außerordentlich leicht an und wird von Hand aus direkt an der Luftschraube angeworfen.

Erwähnt sei, daß die Luftschraube genauestens auf die Leistung des Motors abgestimmt ist und von der Herstellerfirma mitgeliefert wird.

c) Häusler-Motor

Der von der Firma H. Häusler, Baierbrunn bei München, geschaffene Motor ist gleichfalls ein nach dem Dreikanal-System arbeitender Zweitakter (Abb. 92). Die technischen Daten dieses Motors sind folgende:

Bohrung	22 mm
Hub	27 mm
Hubvolumen	10,3 cm³
Leistung bei 4500 U/min	0,27 PS
Leistung bei 6000 U/min	0,3 PS
Mittlerer Druck bei 4500 U/min	2,6 atü
Gewicht des Motors einschließlich Zündkerze, Kondensator, Zündspule, Leichtmetallkonsol, ausschließlich Luftschraube	500 g

Bei diesem Motor kommt weitgehendst Leichtmetall zur Verwendung. So bestehen der Zylinder, der Zylinderkopf, der Kolben sowie das Kurbelgehäuse und dessen Anschlußflansch aus diesem Werkstoff.

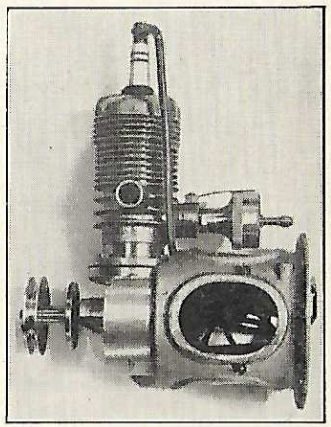


Photo: Gg. Schödl, München

Abb. 92. Häusler-Motor

Der Zylinder hat eine eingesetzte Stahllaufbüchse. Der Zylinderkopf ist aufgeschraubt und, wie die Abbildung zeigt, mit besonders reichlich bemessenen Kühlrippen versehen. Für die Abdichtung des Kolbens, der mit einer senkrechten Ablenkplatte ausgerüstet ist, sind Kolbenringe aus Caro-Bronze vorgesehen. Der Kolbenbolzen ist abgestuft und hat einen einseitigen Sicherungspilz. Die doppelt gelagerte Kurbelwelle läuft in Caro-Büchsen. Diese sind in dem aus Leichtmetall bestehenden und in der Mitte senkrecht geteilten Kurbelgehäuse eingepreßt.

Für die Zündung kommt eine Batterie-Zündanlage mit einer Spezial-Zündkerze eigener Bauart zur Anwendung. Das Gewicht der Zündkerze, die zerlegbar ist, beträgt 15 g. Zündspule, Unterbrecher und Kondensator sind in dem am Kurbelgehäuse sitzenden Anschlußflansch untergebracht, der zur Befestigung des Motors dient.

Wie aus der Abbildung weiterhin hervorgeht, kommt ein schwimmerloser Vergaser zur Anwendung, dem der Kraftstoff durch natürliches Gefälle zugeführt wird. Die Bauart dieses Vergasers ist beachtenswert durch die Art der Düseneinstellung, da die Düsennadel fest gelagert ist und die Düse selbst den verstellbaren Teil darstellt. Die Düse be-

findet sich hierzu an einem Gewindestück, das gleichzeitig den Anschluß der Kraftstoffleitung trägt.

Nach Angaben der Herstellerfirma arbeitet der Motor gleich gut mit stehendem oder hängendem Zylinder. Das Anwerfen des Motors erfolgt mit der Hand an der Luftschraube.

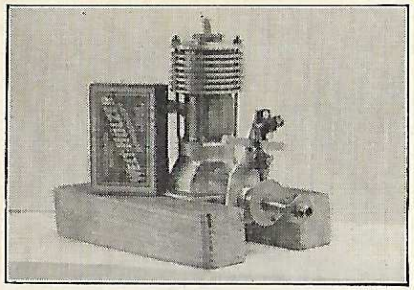
d) Thaler-Motor

Der im Handel befindliche, von der Firma Thaler, Berlin-Hessenwinkel, hergestellte Motor ist ein nach dem Dreikanal-System arbeitender Zweitakter (Abb. 93).

Die technischen Daten dieses Motors sind folgende:

Bohrung	23 mm
Hub	22 mm
Hubraum	etwa 9 cm³
Leistung bei 6000 U/min	$^1/_5$ PS
Gewicht des Motors	220 g

Der Zylinder besteht aus Stahl und hat Kühlrippen sowie einen Zylinderkopf aus Leichtmetall. Für den Kolben, der ohne Kolbenringe arbeitet, wird Stahl verwendet. Die Kurbelwelle ist als Stirnkurbel ausgebildet und läuft in einem langen Bronzelager. Durch eine entsprechende Überbemessung sowie durch die Verwendung von hochwertigem Baustoff ist diese auch schweren Stürzen gewachsen.



(Werkphoto)

Abb. 93. Thaler-Motor

Die Zündung erfolgt unter Anwendung einer Zündkerze eigener Bauart mit 8-mm-Gewinde. Die Zündspule ist gleichfalls eigener Bauart. Zur Speisung der Zündanlage ist eine normale Taschenlampenbatterie ausreichend. Der für Früh- und Spätzündung einstellbare Unterbrecher ist so ausgebildet, daß ein Verschmutzen der Kontakte durch Spritzöl nicht eintreten kann.

Der Motor ist mit einem Vergaser ausgerüstet, bei dem der Kraftstoff durch eine verstellbare Düse direkt aus dem Kraftstoffbehälter angesaugt wird. Der Kraftstoffbehälter ist dicht am Motor angeordnet.

Die Schmierung des Motors erfolgt durch Beigabe von Schmierstoff in den Kraftstoff.

Für die Befestigung des Motors sind seitlich am Kurbelgehäuse entsprechende Angüsse vorgesehen.

Das Andrehen des Motors erfolgt von Hand aus direkt an der Luftschraube.

e) Blankenmeister-Motor

Der in Abb. 94 gezeigte und von Blankenmeister, Mannheim, konstruierte Motor arbeitet nach dem Zweitakt-Verfahren und ist durch seine Bauart besonders bemerkenswert.

Die technischen Daten dieses Motors sind folgende:

Bohrung	24 mm
Hub	24 mm
Hubraum	etwa 10,7 cm³
Leistung bei 5000 U/min	0,2 PS
Gewicht einschl. Zubehör flugfertig	610 g

Das Kurbelgehäuse dieses Motors ist bis über die Ansaug-, Überström- und Auspuffkanäle hochgezogen und besteht aus Silumin-Gamma. Der Zylinder ist aus dem Vollen gedreht. Der zur Verwendung kommende Flachkolben besteht aus Grauguß.

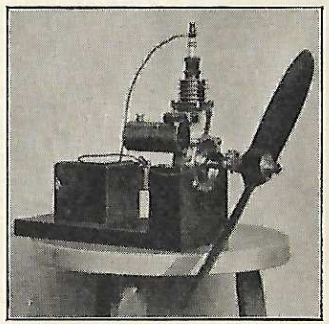


Abb. 94. Blankenmeister-Motor

Die als Stirnkurbel ausgebildete und aus Chrom-Nickel-Stahl gefertigte Kurbelwelle ist in dem Kurbeldeckel in einer Bronzebüchse gelagert. Die Schubstange besteht aus Elektron und ist mit Bronzebüchsen versehen.

Auch dieser Motor ist mit der üblichen Batterie-Zündanlage ausgerüstet. Der Unterbrecher sitzt, wie aus Abb. 94 hervorgeht, dicht auf dem Kurbelwellenlagerhals. Für den Motor ist vorerst eine Bosch-Zündkerze mit 10-mm-Gewinde vorgesehen, die natürlich auch durch eine kleinere Spezial-Zündkerze ersetzt werden kann.

f) Meyer-Motor

Die Firma Fritz Meyer, St. Michaelis, beschäftigt sich gleichfalls mit der Herstellung von Motoren für Flugmodelle.

Die Motoren arbeiten nach dem Zweitakt-Verfahren und gehören dem Dreikanal-System an. Ihre Bauart verdient insofern besondere Beachtung, als außer dem zweiteilig ausgeführten Kurbelgehäuse und dem mit zwei Ringen versehenen Kolben auch der Zylinder aus Leichtmetall besteht, der mit einer Stahllaufbüchse versehen ist.

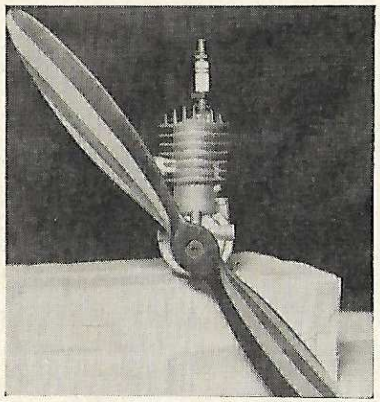
Zur Lagerung der als Stirnkurbel ausgebildeten Kurbelwelle dient eine Bronzebüchse. Die Schubstange ist hingegen auf dem Kurbelzapfen kugelgelagert.

Die mit einer 10-mm-Bosch-Zündkerze ausgerüstete Batterie-Zündanlage hat einen Federunterbrecher, desen Aufbau aus Abb. 78 hervorgeht.

Der Vergaser besitzt eine verstellbare Düsennadel sowie Luftregulierung. Der Kraftstoff wird unmittelbar aus dem dicht am Motor liegenden Kraftstoffbehälter angesaugt.

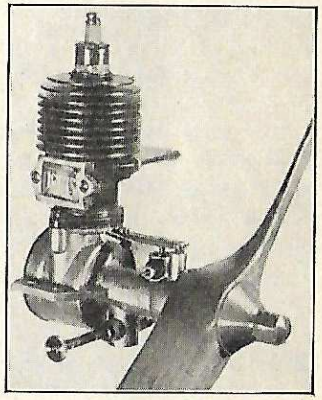
Die technischen Daten des kleinsten, von der Firma Meyer gebauten Motors sind folgende (Abb. 95):

Bohrung	24 mm
Hub	22 mm
Hubraum	10 cm³
Leistung bei 3500 U/min	etwa 0,2 PS
Gewicht einschl. Kraftstoffbehälter	etwa 300 g



(Werkphoto)

Abb. 95. Meyer-Motor



(Werkphoto)

Abb. 96. ORTUS-Motor

g) ORTUS-Motor

Der von der Firma O. Ried, Pasing bei München, herausgebrachte ORTUS-Motor dürfte zur Zeit der einzige, in Deutschland serienmäßig hergestellte Zweitaktmotor sein, der dem Zweikanal-System angehört (Abb. 96).

Bei diesem Motor werden von dem Kolben nur die Auspuff- und Überströmkanäle gesteuert, während das Ansaugen durch die als Drehschieber ausgebildete und hohlgebohrte Kurbelwelle erfolgt (vgl. Abb. 10).

Die technischen Daten des ORTUS-Motors sind folgende:

Bohrung	19 mm
Hub	20 mm
Hubraum	5,8 cm³
Leistung bei 4500 U/min	etwa $^1/_6$ PS

Gewicht einschl. Luftschraube, Vergaser und Zündkerze, jedoch ohne Kraftstoffbehälter und Zündzubehör	etwa 265 g

Das Kurbelgehäuse sowie alle übrigen Leichtmetallteile des Motors bestehen aus Elektron, der Zylinder und der in ringloser Bauart ausgeführte Kolben aus Grauguß.

2. Ausländische Motoren

Der Vollständigkeit halber wird auf zwei ausländische Motoren hingewiesen, die hinsichtlich ihres Aufbaues besonders bemerkenswert sind.

a) Brown-Junior-Motor

Einer der bekanntesten ausländischen Flugmodell-Motoren wird in Amerika von der „Junior Motor Corporation" in Philadelphia herausgebracht (Abb. 97). Die technischen Daten dieses Motors sind folgende:

Bohrung	22,2 mm
Hub	25,4 mm
Hubraum	9,72 cm³
Drehzahl	1200—10000 U/min
Leistung	$^1/_5$ PS
Gewicht des Motors allein	etwa 185 g

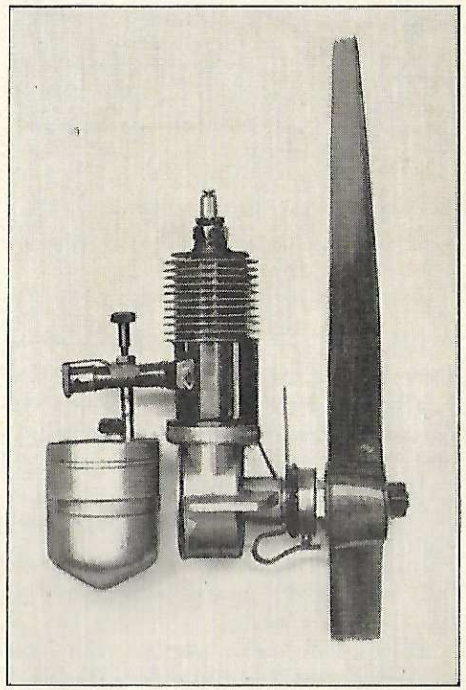


Abb. 97. Brown-Junior-Motor

Dieser Motor arbeitet gleichfalls nach dem Zweitakt-Verfahren und gehört dem Dreikanal-System an.

Der Zylinder ist aus dem Vollen gearbeitet. Überströmkanal und Ansaugstutzen sind hart angelötet. Die Befestigung des Zylinders erfolgt durch Einschrauben in das Kurbelgehäuse.

Wie aus dem Motorschnitt (Abb. 98) ersichtlich ist, kommt ein Kolben ohne Kolbenringe zur Anwendung. Der Kolben besteht aus Stahl und ist gleich wie der Zylinder gehärtet und geschliffen. Zur Erreichung einer guten Kolbenabdichtung wird der Motor mit einem Kraftstoff betrieben, dem Schmierstoff im Verhältnis 4 : 1 zugesetzt wird.

Die Kurbelwelle ist einseitig gelagert und als Stirnkurbel ausgebildet. Sie ist zur Gewichtserleichterung hohlgebohrt. Das Kurbelgehäuse ist aus Leichtmetall und besteht aus einem Stück. Zum Einbringen der Kurbelwelle ist auf der Rückseite ein Deckel vorgesehen, der gleichfalls in das Kurbelgehäuse eingeschraubt ist. Das Kurbelgehäuse hat zur Befestigung des Motors seitliche Tragfüße.

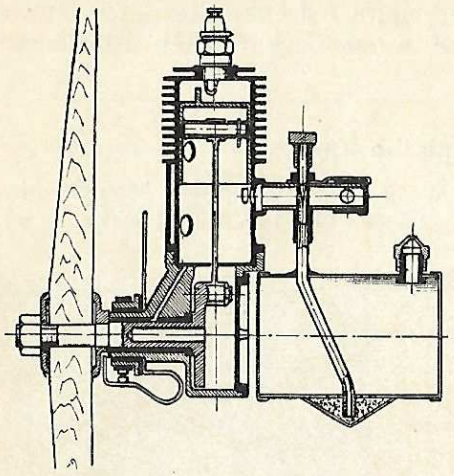


Abb. 98. Schnitt durch den Brown-Junior-Motor

Auch bei diesem Motor kommt eine Batterie-Zündanlage zur Verwendung. Der am Kurbelwellenlager dicht hinter der Luftschraube sitzende Unterbrecher ist verstellbar. Besonders bemerkenswert ist die außerordentlich kleine, zerlegbare Spezial-Zündkerze, die mit einem $^3/_8$-mm-Gewinde versehen ist, und deren Gewicht 8 g beträgt.

Der Vergaser arbeitet schwimmerlos und hat eine fein einstellbare Düse. Der Kraftstoff wird direkt aus dem dicht am Motor angeordneten Kraftstoffbehälter gesaugt. Zur Regulierung der Ansaugluft ist das Ansaugrohr mit einem Drehschieber ausgerüstet. Das Anwerfen des Motors erfolgt mit der Hand an der Luftschraube.

b) Baby-Cyclone-Motor

Im Gegensatz zu den bisher besprochenen Motoren gehört der gleichfalls in Amerika hergestellte Baby-Cyclone-Motor (Abb. 99) dem Zweikanal-System an.

Bei diesem Motor werden vom Kolben nur der Überströmkanal und die Auspuffschlitze gesteuert. Der Eintritt der Frischgase in das Kurbelgehäuse erfolgt durch die hohlgebohrte und als Drehschieber ausgebildete Kurbelwelle. Die technischen Daten des Motors sind folgende:

Bohrung	19 mm
Hub	20 mm
Hubraum	5,7 cm³
Leistung	$^1/_5$—$^1/_6$ PS
Drehzahl	500—4000 U/min
Gewicht des Motors allein	etwa 195 g

Der Zylinder des Motors besteht aus Spezialguß und hat einen ovalen Befestigungsflansch. Für die Befestigung auf dem Kurbelgehäuse sind zwei Schrauben vorgesehen.

Das Kurbelgehäuse ist ungeteilt und besteht aus Leichtmetall. Zum Einbringen der einseitig gelagerten Kurbelwelle ist dieses rückseits mit einem Deckel versehen. Für die Befestigung des Motors befinden sich seitlich an dem Kurbelgehäuse Tragfüße. Der Motor wird jedoch, wie die Abbildung zeigt, auch als einbaufertiges Aggregat geliefert.

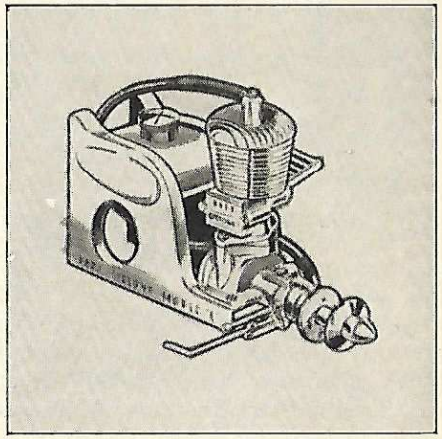


Abb. 99. Baby-Cyclone-Motor

Der Vergaser ist bei diesem Motor unter dem Kurbelwellenlager, also vor dem Kurbelgehäuse, angeordnet und hat eine fein einstellbare, waagerecht liegende Düsennadel. Der Kraftstoff wird durch natürliches Gefälle der Düse des Vergasers aus einem höher liegenden Kraftstoffbehälter zugeführt.

Der Motor ist gleichfalls mit der bereits beschriebenen üblichen Batterie-Zündanlage ausgerüstet. Der Unterbrecher sitzt dicht hinter der Luftschraube auf dem Kurbelwellenlager und ist verstellbar. Wie aus der Abbildung hervorgeht, hat auch dieser Motor eine Spezial-Zündkerze mit sehr kleinen Abmessungen.

Für die Schmierung des Motors wird dem Kraftstoff Schmierstoff in einem Verhältnis von 1 : 3 beigemischt.

Das Anwerfen geschieht direkt an der Luftschraube ohne besondere Hilfsmittel.

VI. Anordnung und Einbau der Motoren bzw. Triebwerksanlagen

1. Anordnung der Motoren

Die Anordnung der Motoren wird in erster Linie durch die Bauart des Flugmodells bestimmt.

Grundsätzlich unterscheidet man Flugmodelle, die mit einer Zug- oder einer Druckschraube ausgerüstet sind (Abb. 100 und 101). Bei Flugmodellen mit Druckschraube befindet sich, abgesehen von Sonder-

bauarten, die Luftschraube stets hinter dem Tragflügel. Diese Anordnung hat den Vorteil, daß selbst bei schweren Stürzen der Motor erfahrungsgemäß unversehrt bleibt.

Hinsichtlich der Lage des Motors unterscheidet man weiterhin zwei Anordnungen, und zwar mit stehendem oder mit hängendem Zylinder (Abb. 102 und 103). Die Anordnung des Motors mit stehendem Zylinder ist die allgemein übliche und kommt am meisten zur Anwendung. Aber auch die Anordnung mit hängendem Zylinder findet man häufig vor. Bei dieser Anordnung liegt die Kurbelwelle, d. h. die Luftschraubenachse, im Modell höher als bei der Anordnung mit stehendem Zylinder, wodurch die Verwendung eines niedrigen Laufwerkes auch bei großem Luftschraubendurchmesser ermöglicht wird. Auch läßt sich bei hängend angeordnetem Motor in vielen Fällen die Triebwerksverkleidung in bessere aerodynamische Form bringen.

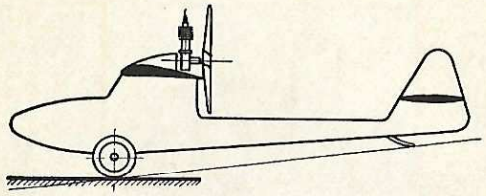


Abb. 100. Druckschraubenmodell

Im allgemeinen werden die Triebwerksanlagen in der Weise eingebaut, daß die zum Motor gehörenden Hilfseinrichtungen, wie Batterie, Zündspule und je nach der Vergaserbauart auch der Kraftstoffbehälter, für die Auslastung des Modells herangezogen werden (Abb. 104). Der Kraftstoffbehälter ist hierbei möglichst an den Schwerpunkt des Flugmodells zu legen, um auch bei abnehmendem Kraftstoff eine gleichbleibende Auslastung des Modells zu erzielen.

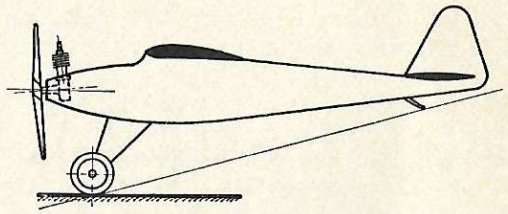


Abb. 101. Zugschraubenmodell

Neuerdings kommen auch Triebwerksanlagen zur Verwendung, bei denen der Motor einschließlich der Hilfseinrichtungen, wie Zündspule, Kondensator und Kraftstoffbehälter, zu einem Aggregat vereinigt sind (Abb. 105). Die für die Speisung der Zündanlage erforderliche Batterie ist jedoch an irgendeiner Stelle im Flugmodell unterzubringen und kann als Lastausgleich herangezogen werden. Die Verwendung einer solchen Triebwerksanlage bietet den Vorteil, daß die vollständige Anlage nach Lösen weniger Schrauben abgenommen werden kann. Diese Anordnung hat, wie alle Triebwerksanlagen, bei denen die Lage des

Kraftstoffbehälters durch die Vergaserbauart bestimmt wird, den Nachteil, daß mit steter Abnahme des Kraftstoffes sich auch die Auslastung

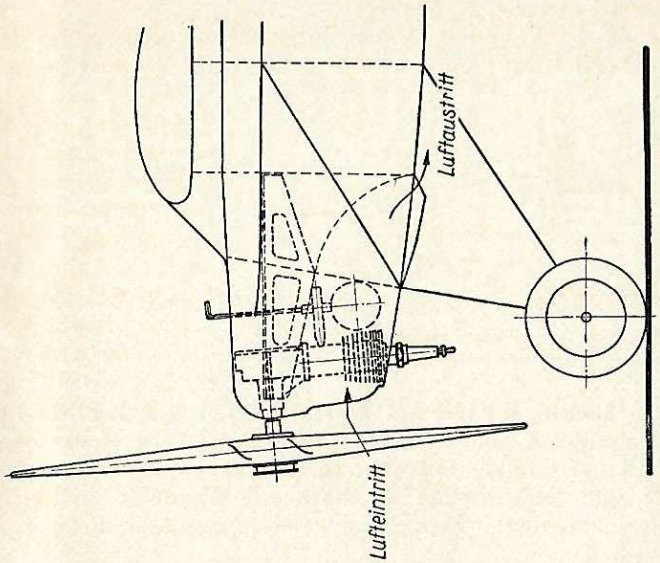


Abb. 103. Anordnung des Motors mit hängendem Zylinder

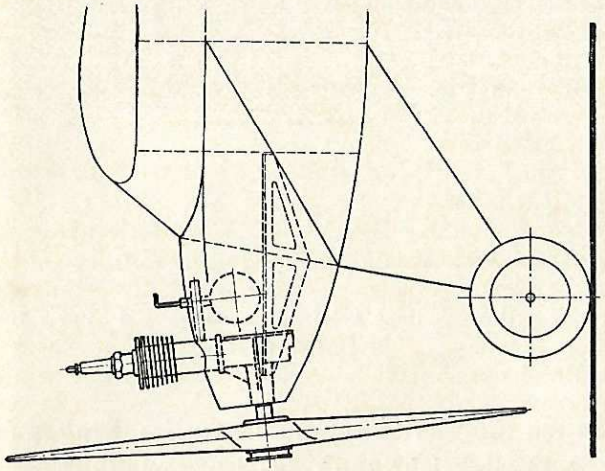


Abb. 102. Anordnung des Motors mit stehendem Zylinder

des Flugmodells ändert. Bei Verwendung solcher Triebwerksanlagen ist es daher zweckmäßig, das Modell so auszulasten, daß bei halbem Kraftstoffvorrat der erforderliche Gleichgewichtszustand erreicht wird.

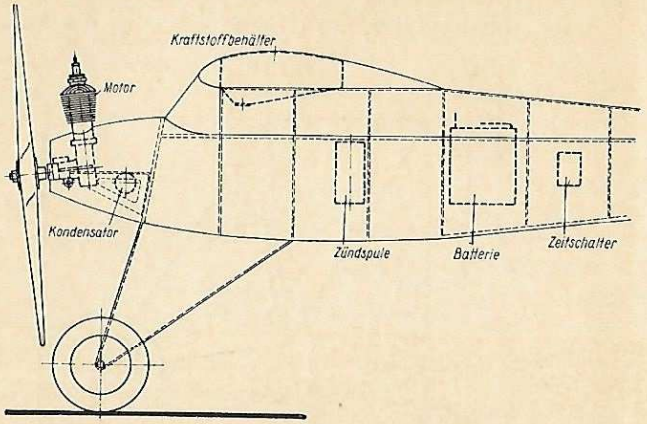


Abb. 104. Anordnung einer im Rumpf verteilt angeordneten Triebwerksanlage

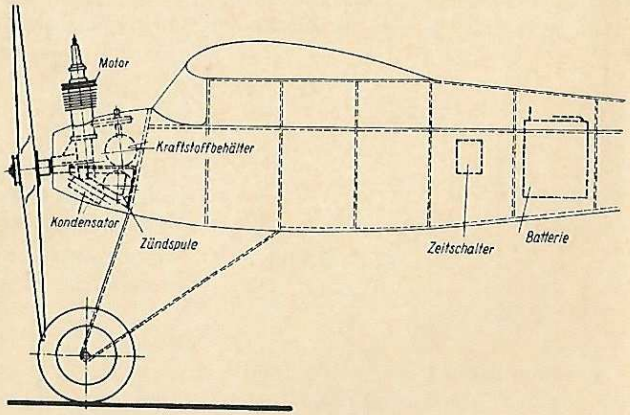


Abb. 105. Anordnung der Triebwerksanlage bei Verwendung eines Motoraggregates

2. Anordnung der Triebwerksanlagen im Flugmodell unter Berücksichtigung der Lastverteilung

Zum Lastausgleich des Flugmodells werden meistens die zum Motor gehörenden Hilfseinrichtungen, wie Batterie und Zündspule, herangezogen. Die Anordnung dieser Teile wird daher durch die Konstruktion

der Flugmodelle bestimmt und muß schon beim Entwurf festgelegt werden.

Am fertigen Flugmodell läßt sich eine Veränderung des auf der Längsachse liegenden Schwerpunkts nur durch Verschieben des Tragflügels oder durch Versetzen eines Bauteiles vornehmen.

Bei den heutigen modernen Konstruktionen ist der Tragflügel zur Erreichung eines guten aerodynamischen Überganges mit dem Rumpf derart organisch verbunden, daß sich eine Verschiebung des Tragflügels nicht ohne weiteres vornehmen läßt. Der Lastausgleich kann daher nur durch Verlegen eines Bauteiles des Flugmodells oder der Triebwerksanlage vorgenommen werden. Diese Maßnahme hat natürlich Änderungen zur Folge, die stets mit größeren Arbeiten verbunden sind, und die in den meisten Fällen eine Zwangskonstruktion darstellen.

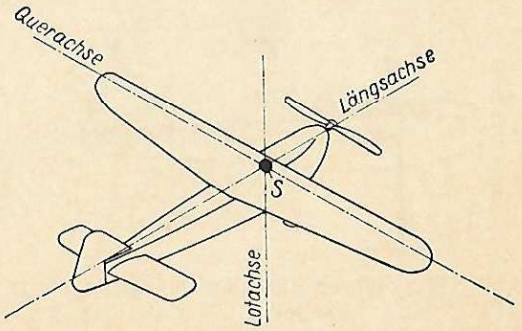


Abb. 106. Die drei Achsen eines Flugmodells

Es ist daher unbedingt erforderlich sich bei dem Entwurf und der Konstruktion eines Flugmodells mit dessen Schwerpunktslage zu beschäftigen bzw. eine Schwerpunktsermittlung aufzustellen.

Da der Einbau der Triebwerksanlage unmittelbar von der Schwerpunktslage des Flugmodells abhängt, soll im folgenden kurz auf die Aufstellung einer Schwerpunktsermittlung eingegangen werden, die auf die Lage der Querachse des Flugmodells Bezug nimmt.

Der Vollständigkeit halber sei mit Abb. 106 auf die drei Achsen eines Flugmodells hingewiesen.

Bevor auf die Schwerpunktsermittlung eingegangen wird, sei folgendes gesagt:

Der Schwerpunkt eines Körpers ist derjenige Punkt, in dem der Körper unterstützt bzw. aufgehängt werden muß, um sich im Gleichgewicht zu befinden. Das Gesamtgewicht des Körpers denkt man sich hierbei in dessen Schwerpunkt vereinigt.

Zur Bestimmung des Schwerpunktes eines Flugmodells ist es erforderlich, das Modell in seine hauptsächlichsten Teile, wie Triebwerk, Rumpf, Fahrwerk, Tragflügel, Leitwerk usw., zu zerlegen und das Gewicht sowie den Schwerpunkt dieser Teile zu ermitteln.

Die Ermittlung der Gewichte dieser Teile und ihres Schwerpunktes dürfte dem ernsthaft arbeitenden Modellbauer keine Schwierigkeiten bereiten.

Bekanntlich muß der Schwerpunkt eines Flugmodells, d. h. die Stelle, an der das Modell unterstützt sich im Gleichgewicht befindet, stets vor dem Auftriebsmittel des Tragflügels liegen (Abb. 107).

Die Lage des Auftriebsmittels eines Tragflügels hängt im allgemeinen von dem Flügelprofil, der Grundrißform sowie dem Einstellwinkel des Tragflügels ab. Bei Verwendung eines üblichen Flügelprofils, einer rechteckigen Tragflügelform und eines normalen Einstellwinkels liegt das Auftriebsmittel etwa im ersten Drittel der Flügeltiefe (Abb. 108)[1].

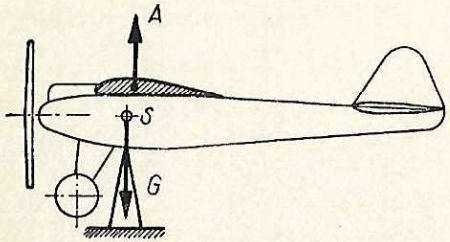


Abb. 107. Schwerpunktslage eines Flugmodells
A Auftriebsmittel, S Schwerpunkt, G Gesamtgewicht

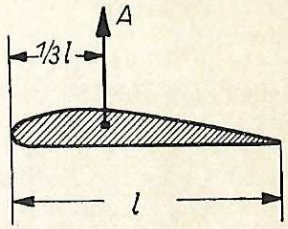


Abb. 108. Auftriebsmittel eines Tragflügels

Zur Aufstellung einer Schwerpunktsermittlung muß man zunächst die Teilgewichte des betreffenden Flugmodells bestimmen und deren Abstand zu einer angenommenen Bezugslinie festlegen. Hierbei empfiehlt es sich, bei einem normalen Zugschraubenmodell die Bezugslinie an Vorderkante Luftschraubennabe zu legen (s. Tafel I).

Die Bestimmung der Schwerpunkte der Teile des Flugmodells, wie z. B. des Rumpfes, kann in der gleichen Weise, wie nachstehend für das ganze Modell beschrieben, durchgeführt werden. Bei einem Rumpf ist es z. B. erforderlich, diesen gleichfalls wiederum in seine Einzelteile, wie Spanten, Holme usw., zu zerlegen und die Gewichte dieser Teile bzw. deren Abstand zu einer angenommenen Bezugslinie festzulegen.

Berechnungsbeispiel

Dem nachstehenden Berechnungsbeispiel (Tafel I) ist ein Wasserflugmodell mit Verbrennungsmotor in Schulterdecker-Bauart zugrunde gelegt.

Die technischen Daten dieses Modells sind folgende:

Spannweite	1700 mm
Länge über alles	1450 mm
Tragflügel-Grundrißform	Mittelstück rechteckig, Endstücke trapezförmig
Lage des Auftriebsmittels	im ersten Drittel des Mittelstückes
Tragflügelinhalt	36 dm²
Gesamt-Fluggewicht bei $^1/_2$ Kraftstoffvorrat	1300 g
Flächenbelastung	36 g/dm²
Triebwerk	Selbstbau-Verbrennungsmotor 7,6 cm³ Hubraum nach Ausführungsbeispiel I
Luftschraube	350 mm ∅, 190 mm Steigung

[1]) Näheres hierüber ist aus dem im gleichen Verlage erschienenen „Handbuch des Flugmodellbaues" von Horst Winkler zu entnehmen.

Das Gesamt-Fluggewicht setzt sich wie folgt zusammen:

Triebwerk	
Motor vollständig	
Luftschraube	
Kondensator	$P_1 = 340$ g
Motorträger	
Kraftstoff ($^1/_2$ Vorrat)	
Zündspule	$P_4 = 60$ g
Batterie	$P_5 = 120$ g
Zeitauslöser	$P_6 = 50$ g
Zelle	
Rumpf	
Leitwerk	$P_2 = 530$ g
Schwimmwerk	
Tragflügel	$P_3 = 200$ g
Betriebsmittel	
Kraftstoff (s. Triebwerk)	
Gesamt-Fluggewicht bei $^1/_2$ Kraftstoffvorrat	1300 g

Rechnerische Schwerpunktsermittlung

Bei der rechnerischen Ermittlung kommt die aus der Physik bekannte Hebel- oder Momentengleichung zur Anwendung.

In einem zweiarmigen Hebelsystem herrscht Gleichgewicht, wenn die Summe der linksdrehenden Momente gleich der Summe der rechtsdrehenden Momente ist. Nach Abb. 109 muß demzufolge sein:

$$P \cdot l = G \cdot L. \qquad (1)$$

Wird die Last P z. B. in zwei Teilgewichte P_1 und P_2 zerlegt (Abb. 110), so wird

$$P_1 \cdot l_1 + P_2 \cdot l_2 = G \cdot L. \qquad (2)$$

Das Moment des Gesamtgewichtes (Schwergewicht) eines Körpers ist also gleich der Summe der Momente seiner Teilgewichte.

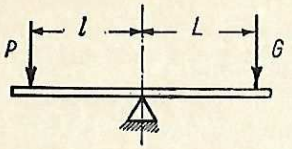


Abb. 109. Zweiarmiger Hebel

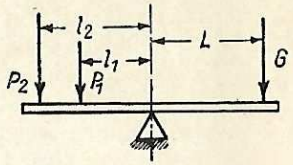


Abb. 110. Zweiarmiger Hebel mit Teilgewichten

Entspricht G der Summe der Teilgewichte $P_1 + P_2$, so wird, wenn L den gesuchten Schwerabstand darstellt,

$$L = \frac{P_1 \cdot l_1 + P_2 \cdot l_2}{G}. \qquad (3)$$

Die umseitig aufgeführten Teilgewichte des Flugmodells und die auf Tafel I festgelegten Abstände dieser Teilgewichte zu der Bezugslinie m—m werden nunmehr in vorstehende Formel eingesetzt.

Stellt L den gesuchten Gesamt-Schwerabstand x des Modells von der Bezugslinie m—m dar, so wird

$$x = \frac{P_1 \cdot l_1 + P_2 \cdot l_2 + P_3 \cdot l_3 + P_4 \cdot l_4 + P_5 \cdot l_5 + P_6 \cdot l_6}{G}.$$

Zur Erleichterung der Rechnung empfiehlt es sich, nachstehende Tabellenform zu wählen:

$P_1 \cdot l_1$	340 · 110	= 37400	mmg
$P_2 \cdot l_2$	530 · 360	= 190800	„
$P_3 \cdot l_3$	200 · 370	= 74000	„
$P_4 \cdot l_4$	60 · 420	= 25200	„
$P_5 \cdot l_5$	120 · 600	= 72000	„
$P_6 \cdot l_6$	50 · 710	= 35500	„
Summe der Momente $P \cdot l$		= 434900	mmg

$$x = \frac{434900}{1300} = \sim 335 \text{ mm}$$

Der Schwerpunkt des Flugmodells, bezogen auf die Querachse, liegt somit 335 mm entfernt von Vorderkante Luftschraubennabe und somit 5 mm vor dem Auftriebsmittel des Tragflügels.

Zeichnerische (graphische) Schwerpunktsermittlung

Die zeichnerische oder graphische Schwerpunktsermittlung wird im allgemeinen unter Anwendung des aus der Statik bekannten Kräfteseilzuges (Seilpolygon) vorgenommen.

Im folgenden wird auf ein zeichnerisches Verfahren hingewiesen, das sich besonders durch seine einfache und übersichtliche Darstellung auszeichnet. Soll z. B. der Schwerpunkt von zwei auf einem Balken ruhenden Gewichten (Lasten) P_1 und P_2 (Abb. 111) ermittelt werden, so sind die Gewichte zunächst entsprechend ihrer wirklichen Lage zueinander in einem bestimmten Maßstabe, wie z. B. 10 g = 1 mm, als Strecken auf einer waagerechten Grundlinie n—n aufzuzeichnen.

In dem vorliegenden Beispiel sind die Gewichte P_1 und P_2 dementsprechend in den Punkten a und d der Grundlinie n—n senkrecht zu dieser als Strecken aufgezeichnet. Nun wird die Wirkungslinie des Gewichtes P_1 über a hinaus nach unten verlängert und auf dieser Linie vor-

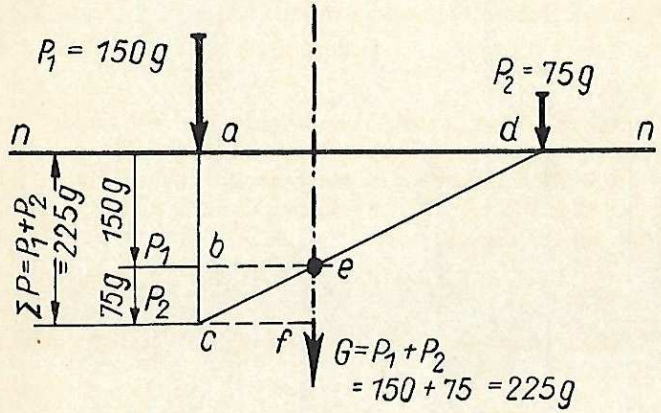


Abb. 111. Zeichnerische (graphische) Ermittlung des Schwerpunktes von zwei Gewichten: $P_1 = 150$ g, $P_2 = 75$ g
Gewichts-(Kräfte-)maßstab 10 g = 1 mm

erst die Strecke a—b = P_1 und daran unmittelbar anschließend die Strecke b—c = P_2 von a aus abgetragen. Die Strecke a—c stellt also in dem gewählten Maßstab die Summe der Gewichte P_1 und P_2 dar. Nunmehr wird der Endpunkt c der Strecke b—c mit dem Punkt d der Grundlinie n—n, dem Fußpunkt des Gewichtes P_2, verbunden. Zieht man jetzt durch den Punkt b der Strecke a—c eine Parallele zu der Grundlinie n—n und bringt diese zum Schnitt mit der Verbindungslinie c—d, so geht durch den Schnittpunkt e die gesuchte Schwerpunktslinie der Gewichte P_1 und P_2.

Ist der Schwerpunkt von mehreren Gewichten, wie z. B. von P_1, P_2 und P_3 festzustellen, so ist zunächst der Schwerpunkt der Gewichte P_1 und P_2 in der gleichen Weise wie vorstehend beschrieben zu ermitteln (Abb. 112). Durch den Schwerpunkt e, der die Lage der Schwerpunktslinie der Gewichte P_1 und P_2 bestimmt, ist nunmehr eine Parallele zu der

Strecke a—b—c zu ziehen, die in ihrer Länge e—f der Strecke b—c entspricht. Nun trägt man auf ihrer Verlängerung die Strecke f—g an, deren Größe das Gewicht P_3 darstellt, und verbindet wiederum den Punkt g mit dem Fußpunkt h des senkrecht zur Grundlinie n—n aufgezeichneten Gewichtes P_3. Wird nun durch den Punkt f eine Parallele zur Grundlinie n—n gezogen, so zeigt der Punkt S, in dem diese Parallele die Verbindungslinie g—h schneidet, die Lage der Schwerpunktslinie der Gewichte P_1, P_2 und P_3 an.

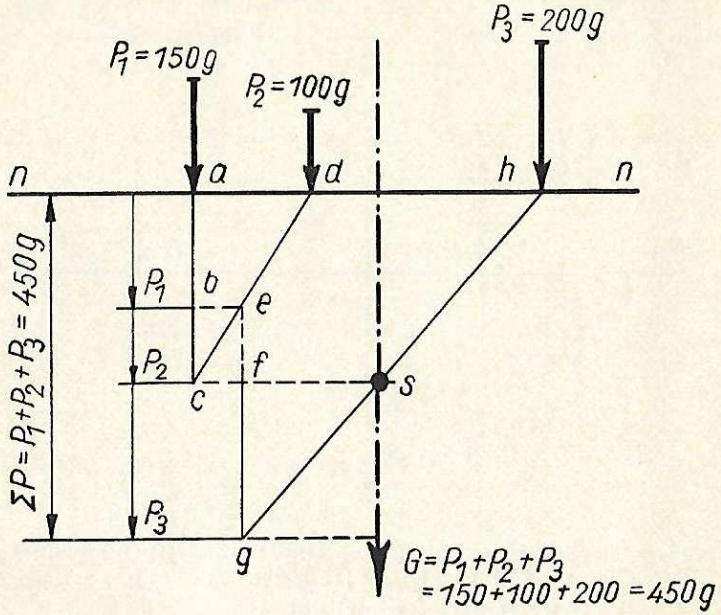


Abb. 112. Zeichnerische (graphische) Ermittlung des Schwerpunktes von mehreren Gewichten, z. B. $P_1 = 150$ g, $P_2 = 100$ g, $P_3 = 200$ g
Gewichts-(Kräfte-)maßstab 10 g = 1 mm

Auf diese Weise kann der Schwerpunkt einer beliebig großen Anzahl von Einzelgewichten ermittelt werden. Auf Tafel I ist das vorstehend beschriebene Verfahren praktisch angewendet.

Erwähnt sei, daß der Abstand des Endpunktes der letzten Gewichtsstrecke von der Grundlinie n–n stets gleich sein muß der Summe der Einzelgewichte, so daß sich hierdurch eine gute Prüfung der Ermittlung ergibt.

3. Einbau der Motoren

Der Einbau bzw. die Befestigung der Motoren wird nicht nur durch die Bauart der Motoren bestimmt, sondern hängt auch von der Konstruktion des Flugmodells ab und kann daher sehr verschieden sein. Im allgemeinen kommen jedoch die nachstehend beschriebenen drei Einbauarten zur Anwendung.

a) Einbau im Rumpf des Flugmodells ohne Verwendung besonderer Zwischenträger

Bei dieser Einbauart werden Motoren, die mit seitlichen Tragfüßen versehen sind, unmittelbar auf den als Motorträger ausgebildeten Holmen

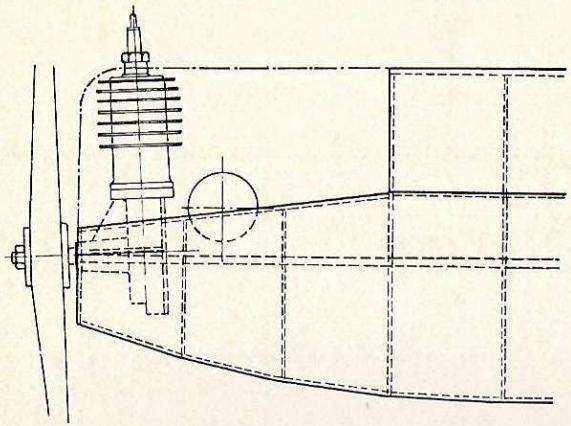


Abb. 113. Motoreinbau unter Verwendung der als Motorträger ausgebildeten Rumpfholme

des Rumpfes befestigt (Abb. 113). Sehr häufig werden jedoch die Motoren auch an den ersten Rumpfspant geschraubt. Diese Einbauart setzt allerdings eine besondere Ausbildung des Kurbelgehäuses voraus.

b) Einbau unter Verwendung von Spantblechen

Die Motoren werden hierbei an Spantblechen befestigt, die wiederum mit dem Rumpf des Flugmodells verschraubt werden. Die Befestigung der Spantbleche am Motor erfolgt in der Regel unter Verwendung der die Gehäuseteile zusammenhaltenden Schrauben (Abb. 114). Die Spantbleche werden aus hochwertigem Stahlblech hergestellt und haben je nach der Motorgröße eine Stärke von 1—2 mm.

c) Einbau unter Verwendung von Konsolträgern

Zur Befestigung der Motoren an den Konsolträgern sind an den Motorgehäusen Tragfüße vorgesehen, oder an den Gehäusen befinden sich zur Aufnahme der Befestigungsschrauben besondere Angüsse.

Die Befestigung der Konsolträger mit dem Rumpf des Flugmodells kann auf verschiedene Art erfolgen. So ist der Konsolträger nach

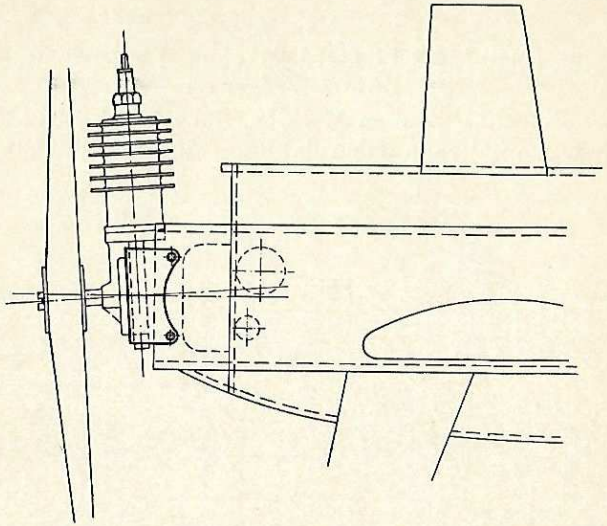


Abb. 114. Motoreinbau unter Verwendung von Spantblechen

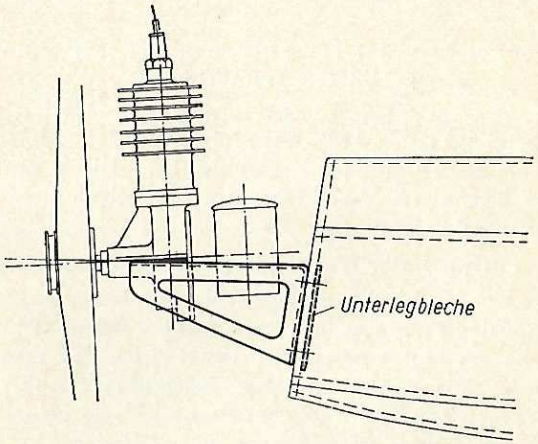


Abb. 115. Motoreinbau unter Verwendung von Konsolträgern, die am ersten Rumpfspant befestigt sind

Abb. 115 ausschließlich am vorderen Rumpfspant befestigt. Hierbei ist natürlich Bedingung, daß dieser Rumpfspant entsprechend stark ausgeführt und mit den Rumpfholmen gut verbunden ist.

Der in Abb. 116 dargestellte Konsolträger wird dagegen durch den vorderen Rumpfspant hindurchgeführt und an dem nächstfolgenden Spant abgestützt. Zur Befestigung der Konsolträger mit dem vorderen Rumpfspant dienen Winkelstücke.

Es erübrigt sich, darauf hinzuweisen, daß die Konsolträger an den Rumpfspanten gut befestigt werden müssen. So sind unter den Schraubenköpfen und Muttern, die auf den Rumpfspanten aufliegen, Unterlegscheiben vorzusehen. Besser ist die Verwendung von Unterlegblechen, da hierdurch gleichzeitig eine Versteifung des betreffenden Rumpfspantes stattfindet.

Als Baustoff für derartige Konsolträger dient hochwertiges Stahlblech oder auch Duralumin. Die Stärke der Bleche richtet sich nach der

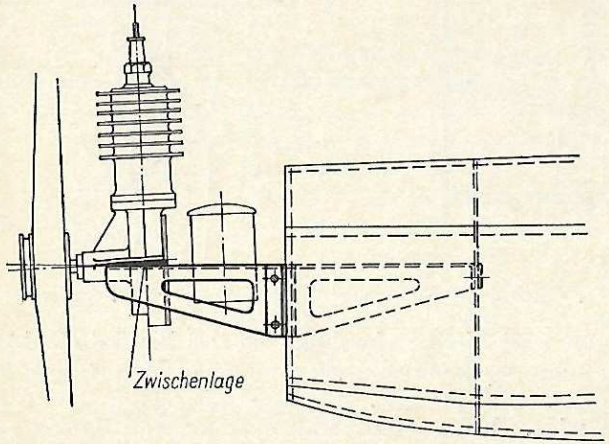


Abb. 116. Motoreinbau unter Verwendung durchgehender Konsolträger

Motorengröße. Bei einem Motor mit einem Hubvolumen von 8 cm³ ist Stahlblech mit einer Stärke von 1 mm und Duraluminblech mit einer Stärke von 1,5 mm Verwendung ausreichend. Die Bleche werden mit der Schere zugeschnitten bzw. mit der Metallsäge ausgesägt und entsprechend abgekantet.

Sehr oft werden auch zur Befestigung der Motoren Konsolträger verwendet, die aus Stahlrohr bestehen. Die Stahlrohre werden hierbei an einem Stahlblechschild befestigt, das mit dem ersten Rumpfspant verschraubt wird (Abb. 117).

Bei der Inbetriebnahme der Motoren bzw. bei geringen Drehzahlen treten oft Schwingungen auf, die zerstörend auf das Flugmodell wirken. Die Motoren werden daher neuerdings vielfach elastisch mit dem Motorträger bzw. dem Flugmodell verbunden. Hierzu werden im allgemeinen Gummizwischenlagen verwendet. Interessant ist die von Argus ge-

wählte Federstrebenaufhängung, auf die bereits in der Beschreibung dieses Motors hingewiesen wurde (siehe S. 61).

Um die Bruchgefahr der Luftschraube bzw. des Triebwerks während des Flugbetriebs größtmöglich herabzusetzen, wurde bereits mit gutem Erfolg ein Motoreinbau erprobt, bei dem — ähnlich wie die Luftschraubenlagerung bei Motormodellen mit Gummiantrieb — der Motor elastisch mit dem Rumpf des Flugmodells verbunden ist und bei Bodenberührung abkippen kann.

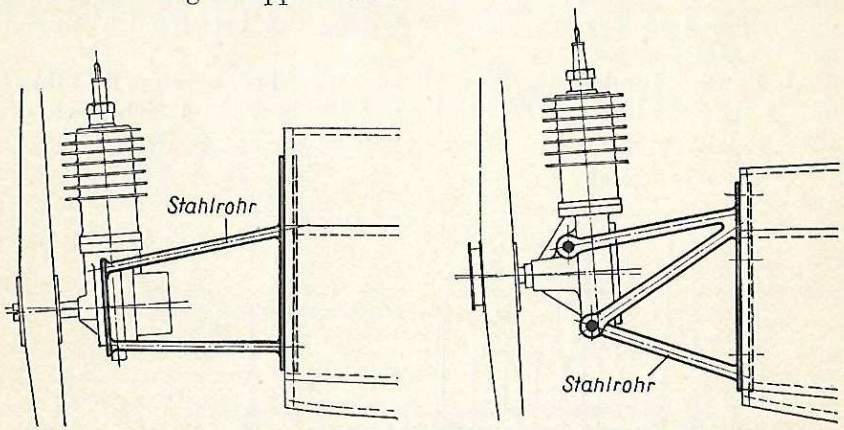


Abb. 117. Motoreinbau unter Verwendung von Stahlrohrträgern

Der Motor wird hierbei einschließlich des Kraftstoffbehälters, der Zündspule und des Kondensators auf einen Motorträger aufgebaut, der durch Gummiringe bzw. -schnüre mit dem ersten Rumpfspant verbunden wird. Ein am Motorträger sitzender rechteckiger Ansatz, der in eine entsprechende Aussparung im ersten Rumpfspant eingreift, legt die Lage des Motors zum Flugzeugrumpf fest. Daß der Motor auch nach dem Abkippen mit dem Flugmodell verbunden bleiben muß, ist selbstverständlich.

Wie die bisherigen Versuche zeigten, kommt der vorbeschriebene Motoreinbau nur für kleinere Motoren in Frage. Auch setzt er reichliche Erfahrungen mit Benzinmotormodellen bzw. deren Bau und Betrieb voraus. Nur erfahrene Modellbauer sollten daher diesen Motoreinbau erproben.

Lage der Motoren zur Flugmodell-Längsachse

Bei laufendem Motor hat ein Kraftflugmodell stets das Bestreben, entgegen der Drehrichtung des Motors auszuweichen. Dieser Drall beruht auf der Wirkung des Motordrehmomentes. Soll das Modell im Kraftflug sowie im Gleitflug geradeaus fliegen, so muß die durch das Drehmoment des Motors bedingte Kurve durch ein Versetzen der Zugrichtung des Motors ausgeglichen werden (Abb. 118).

Wird das Drehmoment des Motors durch eine entsprechende Verstellung des Seitenruders oder durch eine Verwindung des Tragflügels ausgeglichen, so würde das Modell wohl im Kraftflug geradeaus fliegen, aber im Gleitflug, d. h. bei Fortfall des Motordrehmomentes, entsprechend der Wirkung des Ruderausschlages oder der Verwindung des Tragflügels einen Kurvenflug ausführen. Der Versetzungswinkel hängt von dem Drehmoment des Motors ab und muß praktisch erprobt werden. Er kann bis zu 3° betragen. Da bei linksdrehender Luftschraube das Modell eine Rechtskurve fliegen will, mußdie Zugrichtung des Motors nach links versetzt werden und bei rechtsdrehendem Motor entsprechend umgekehrt. Hierbei sei gesagt, daß bei einem Flugmodell rechts und links stets hinter dem Modell stehend und in Flugrichtung gesehen angegeben wird (Abb. 119).

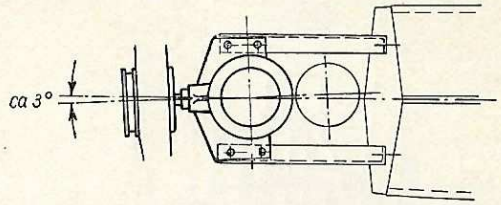


Abb. 118. Ausgleich des durch das Motordrehmoment bedingten Kurvenfluges

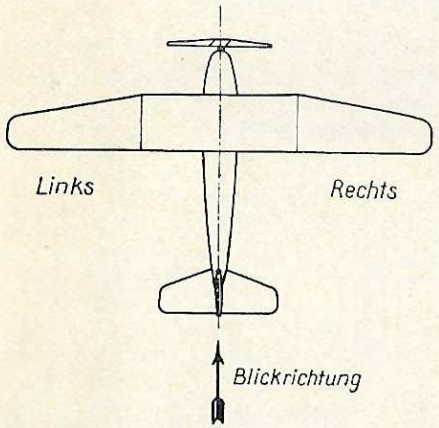


Abb. 119. Seitenbezeichnung eines Flugmodells

Wie jedem Modellbauer bekannt ist, kann man weiterhin durch eine entsprechende Einstellung der Luftschraubenachse nicht nur das Motordrehmoment ausgleichen, sondern auch eine Höhen- und Tiefensteuerwirkung erzielen.

Bei Flugmodellen in Hoch- und Schulterdecker-Bauart wird durch die meist unter dem Schwerpunkt angreifende Luftschraubenzugkraft ein Drehmoment um die Querachse des Modells erzeugt, das ein Aufbäumen des Modells während des Kraftfluges zur Folge hat. Die Zugrichtung der Luftschraube darf also gleichfalls zur Längsachse nicht parallel liegen, sondern muß nach unten geneigt sein (Abb. 120). Der vorzusehende Neigungswinkel richtet sich hierbei nach der Modellbauart und auch nach dem Leistungsüberschuß des zum Einbau gelangenden Motors. Auch dieser Neigungswinkel läßt sich rechnerisch nicht erfassen und muß gleich-

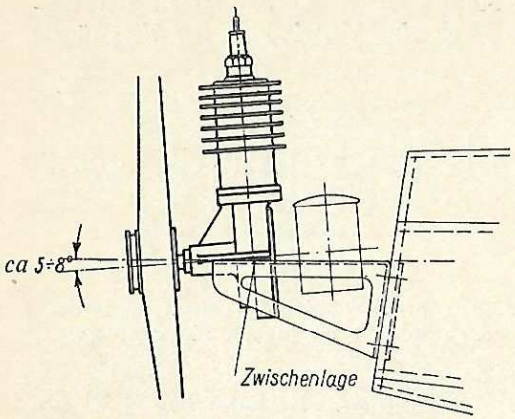


Abb. 120. Neigung der Zugrichtung der Luftschraube zur Längsachse des Flugmodellrumpfes

falls praktisch erprobt werden. Im allgemeinen liegt er zwischen 5—8°.

Der erste Flug eines solchen Flugmodells stellt daher für den Modellbauer ein Wagnis dar. Beim Einfliegen ist also mit Vorsicht vorzugehen und das Modell nur im Bodenstart zu erproben.

Zur Vermeidung des Aufbäumens empfiehlt es sich, den Neigungswinkel des Motors eher zu groß als zu klein zu wählen. Bei zu groß gewähltem Neigungswinkel wird das Modell erklärlicherweise vom Boden

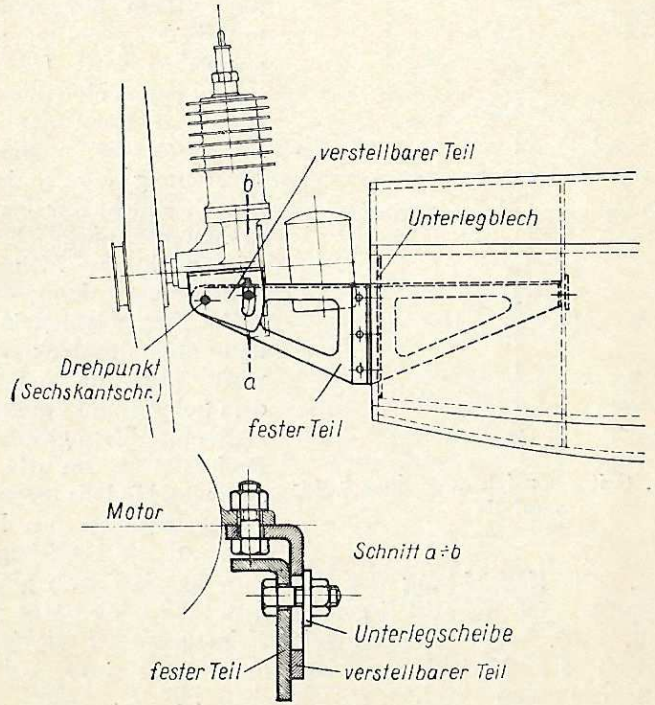


Abb. 121. Motoreinbau unter Anwendung eines verstellbaren Konsolträgers

nicht freikommen. Da bei den ersten Startversuchen die Motorlaufzeit nur zwischen 10 und 20 Sekunden liegen soll, kann hierbei nichts Besonderes eintreten. Bei weiteren Startversuchen ist der Neigungswinkel so weit zu verkleinern, bis das Modell den gewünschten Kraftflug ausführt. Nach den Erfahrungen des Verfassers ist der Steigwinkel bei Modellen mit Verbrennungsmotoren wegen des meist vorhandenen Kraftüberschusses sehr groß. Es ist daher zweckmäßig, die Laufzeit des Motors nicht unter 10 Sekunden zu halten, damit das Modell nach dessen Ausschalten die für den Übergang in den Gleitflug erforderliche Höhe erreicht hat.

Die Neigung des Motors um die Querachse des Flugmodells erfolgt im allgemeinen dadurch, daß man den Motor unter Verwendung von keilförmigen Zwischenlagen auf den Konsolträgern befestigt. Natürlich kann man auch, wenn es die Konstruktion zuläßt, den Motor samt dem Motorträger absenken.

Abb. 121 zeigt einen vom Verfasser erprobten Konsolträger, bei dem der Motor zwecks leichter Einstellung des Neigungswinkels auf einem schwenkbaren Zwischenstück gelagert wird.

4. Einbau der Kraftstoffbehälter

Der weitaus größte Teil der bisher gebauten Motoren ist mit einem Vergaser ausgerüstet, bei dem der Kraftstoff durch eine Düse direkt aus dem dicht am Motor angeordneten Kraftstoffbehälter angesaugt wird (Abb. 122). Der Kraftstoffbehälter stellt in gewissem Sinne hierbei

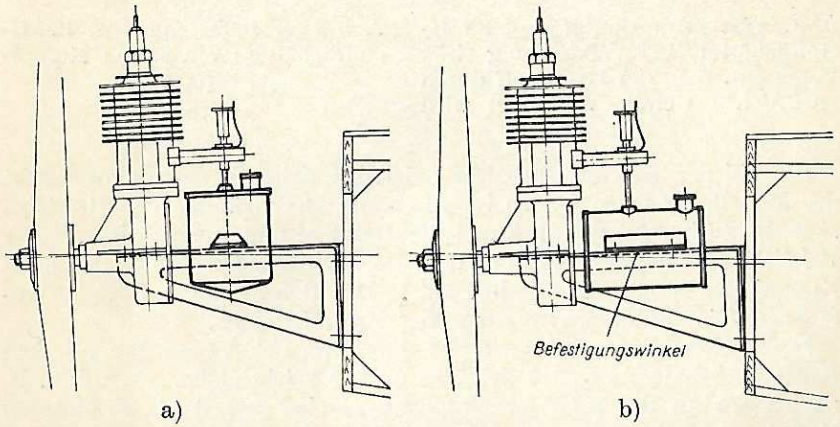


Abb. 122. Anordnung des Kraftstoffbehälters bei Verwendung eines Vergasers, bei dem der Kraftstoff aus dem dicht am Motor liegenden Behälter gesaugt wird. a) Behälter stehend angeordnet, b) Behälter liegend angeordnet

einen Teil des Vergasers dar und ist an die Lage des Motors gebunden. Aus diesem Grunde wird der Kraftstoffbehälter fast ausschließlich auf dem Motorträger befestigt. Hierzu sind an dem Kraftstoffbehälter, je nach dessen Ausführung, Blechwinkel vorgesehen. Zuweilen erfolgt die Besfestigung auch unter Verwendung von Spannbändern. Bei einigen Motoren ist der Kraftstoffbehälter mit diesen derart verbunden, daß sich eine besondere Befestigung erübrigt.

Anders verhält es sich jedoch bei Motoren, die mit einem Vergaser ausgerüstet sind, bei denen der Kraftstoff der Düse durch natürliches Gefälle zugeführt wird (Abb. 123). Bei dieser Ausführung ist die Lage des Kraftstoffbehälters nicht an die Lage des Motors gebunden. Der Kraftstoffbehälter kann hierbei nach der Bauart des Flugmodells angeordnet werden.

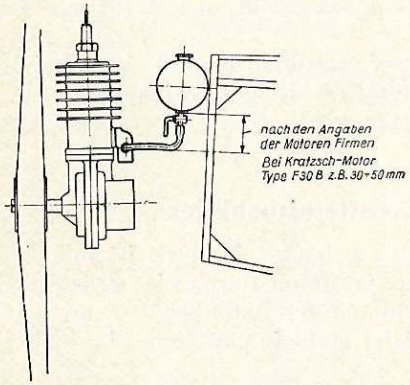


Abb. 123. Anordnung des Kraftstoffbehälters bei Verwendung eines Vergasers, dem der Kraftstoff durch natürliches Gefälle zugeführt wird

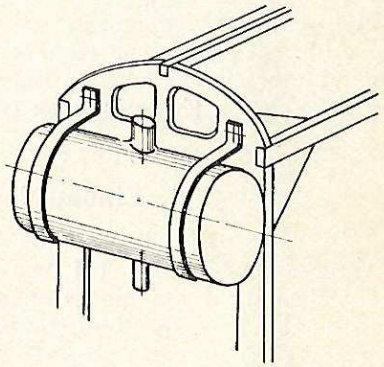


Abb. 124. Befestigung des Kraftstoffbehälters am ersten Rumpfspant

Obwohl der Kraftstoffbehälter möglichst nahe an den Schwerpunkt des Modells zu legen ist, so ist wiederum aus Gründen der Betriebssicherheit eine möglichst kurze Kraftstoffleitung anzustreben. Der Behälter wird daher vielfach an dem ersten, hinter dem Motor liegenden Rumpfspant angeordnet (Abb. 124). Die Befestigung erfolgt in einfacher Weise unter Verwendung von Spannbändern.

Der Höhenunterschied zwischen der Düse des Vergasers und dem Kraftstoffbehälter ist natürlich von großer Wichtigkeit. So soll z. B. nach Angaben des Kratzsch-Motorenbaues bei den Kratzsch-Motoren F 10 E und F 30 B der Kraftstoffbehälter so angeordnet werden, daß dessen Unterkante etwa 30—50 mm über dem Anschluß der Kraftstoffleitung an dem Vergaser, d. h. also über Mitte Düse, zu liegen kommt (Abb. 123).

Für die Kraftstoffleitung wird je nach deren Länge entweder Gummischlauch oder dünnwandiges Messing- bzw. Kupferrohr verwendet.

Während bei kurzen Kraftstoffleitungen ohne weiteres ein Gummischlauch Verwendung finden kann, empfiehlt es sich, längere Leitungen aus dünnwandigem Messing- oder Kupferrohr herzustellen.

Die aus Gummischlauch bestehenden Kraftstoffleitungen sind so anzuordnen, daß sie durch die stets unvermeidlichen Erschütterungen bzw. Bewegungen des Motors nicht schwingen können, da hierdurch leicht eine Querschnittsverminderung und somit ein Aussetzen des Motors eintreten kann.

5. Einbau der Zündanlage

Von ganz besonderer Wichtigkeit für das Arbeiten der Motoren ist der sachgemäße Einbau der Zündanlage.

Es braucht nicht erwähnt zu werden, daß sämtliche Leitungen so anzuschließen sind, daß Wackelkontakte unbedingt vermieden werden. Auch ist bei der außerordentlich geringen Energie der zur Verwendung gelangenden Batterien besonderes Augenmerk auf eine gute elektrische Verbindung der Leitungsanschlüsse zu legen. Es empfiehlt sich, weitgehendst Lötverbindungen anzuwenden. Bei Schraubverbindungen sind unbedingt Lötösen zu verwenden, da einfach untergeklemmte Drahtösen erfahrungsgemäß Anlaß zu Störungen geben.

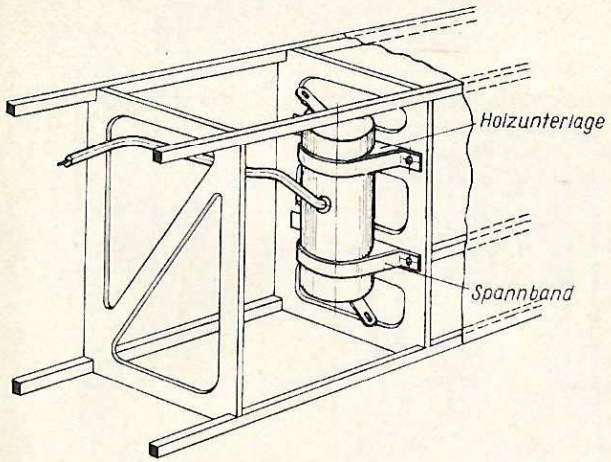


Abb. 125. Einbau einer Zündspule

Sämtliche Leitungen sind zur Vermeidung von Spannungsverlusten möglichst kurz zu verlegen, wobei auf genügend großen Drahtquerschnitt zu achten ist. Ferner verwende man stets gut isolierten Draht. Gut

eignet sich hierfür der aus der Radiotechnik bekannte Schaltdraht mit Lacküberzug.

Für Leitungen, die den stets unvermeidlichen Bewegungen des Motors unterworfen sind, ist eine Drahtschleife vorzusehen, um das Brechen

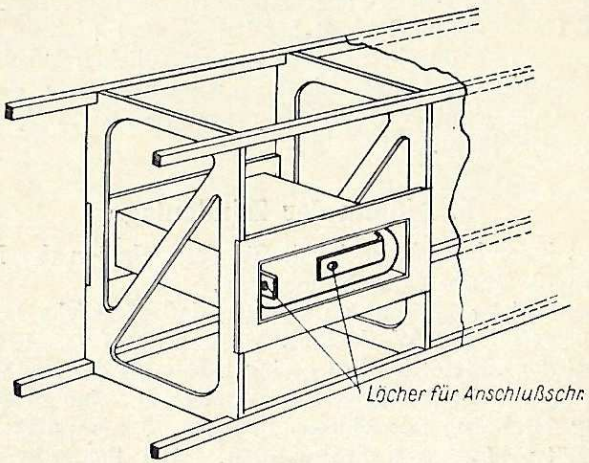


Abb. 126. Einbau einer normalen Taschenlampenbatterie

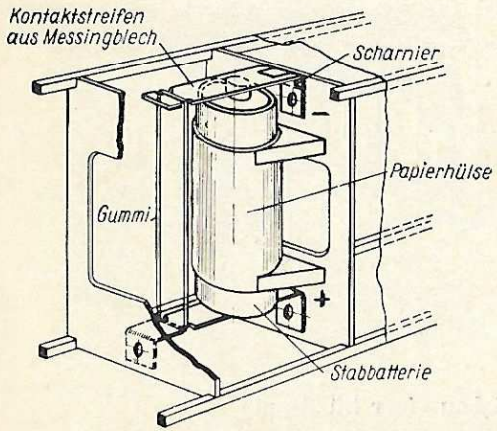


Abb. 127. Einbau einer Stabbatterie; Anschluß unter Verwendung von Kontakt-Blechstreifen

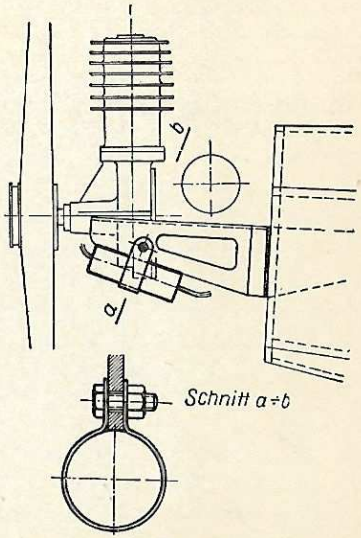


Abb. 128. Kondensatoranordnung

des Drahtes zu vermeiden. Besser ist jedoch die Verwendung von einadrigem Gummikabel. Daß für die Verbindung der Zündspule mit der Zündkerze nur gut isoliertes Gummikabel verwendet werden darf, ist selbstverständlich.

Die Befestigung der Zündspule erfolgt in der Regel unter Verwendung von Spannbändern an einem Spant bzw. Zwischenboden des Rumpfes (Abb. 125).

Der Einbau der Batterie muß stets in der Weise vorgenommen werden, daß diese leicht zugänglich, aber trotzdem im Modell gut befestigt ist. Sehr häufig wird die in Abb. 126 dargestellte Einbauart gewählt, bei der die Batterie in einen Kasten eingeschoben wird, der fest im Rumpf eingebaut und zum Teil mit diesem organisch verbunden ist. Diese Einbauart läßt sich sowohl für normale Taschenlampenbatterien als auch für Stabbatterien anwenden. Bei normalen Taschenlampenbatterien erfolgt der Anschluß der Leitungen zweckmäßigerweise unter Anwendung von Schraubverbindungen. Die Anschluß-Blechstreifen der Batterien sind hierfür mit einer entsprechenden Bohrung zu versehen (s. Abb. 126). Bei Stabbatterien erfolgt jedoch der Anschluß durch Andrücken

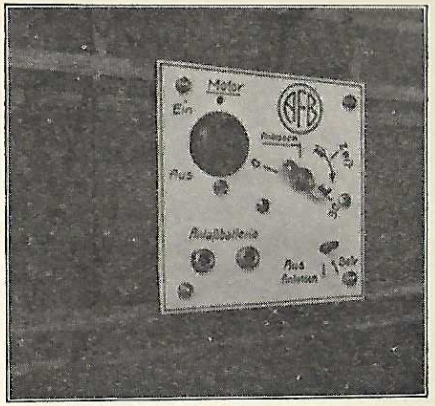
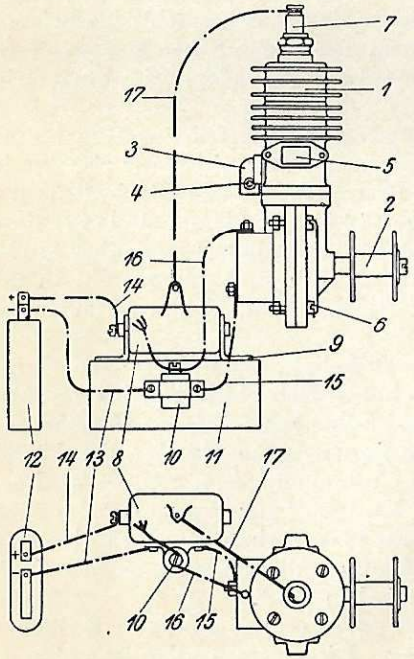


Abb. 129. Einbau eines Zeitschalters



1. Motor, 2. Luftschraubennabe, 3. schwimmerloser Vergaser, 4. Anschluß für Benzinleitung, 5. Auspuff, 6. Befestigungsschrauben, 7. Zündkerze, 8. Zündspule, 9. Winkel für Zündspule, 10. Kondensator, 11. Holzunterlage, 12. Taschenlampenbatterie, 13. Kupferleitung von der Batterie zur Masse Kondensator, 14. Kupferleitung von der Batterie zur Masse Zündspule, 15. Kupferleitung von der Masse Kondensator zur Masse Motor, 16. Kupferleitung vom Kondensator zum Unterbrecher, 17. Hochspannungskabel von der Zündspule zur Zündkerze

Abb. 130. Schaltschema der Kratzsch-Motoren Type F 10 E und F 30 B

von Kontakt-Blechstreifen. Abb. 127 zeigt den Einbau und den Anschluß einer Stabbatterie.

Der Kondensator ist möglichst nahe an dem Unterbrecher anzuordnen. Die Befestigung des Kondensators, der meistens als Wickelkondensator ausgebildet ist, erfolgt durch eine Schelle (Abb. 128).

Der Zeitschalter ist so einzubauen, daß er zur Kontrolle der Kontakte leicht zugänglich ist. Befestigt wird er in einfacher Weise auf einer Frontplatte (Abb. 129).

Die Schaltung der Zündanlage hat im allgemeinen nach den Vorschriften der Lieferfirma der Motoren zu erfolgen. Abb. 130 zeigt z. B. die Schaltung der Zündanlage der Kratzsch-Motoren, Baumuster F 10 E und F 30 B.

VII. Betrieb der Motoren

1. Allgemeines

Bevor auf den Betrieb der Motoren näher eingegangen wird, erscheint es angebracht, darauf hinzuweisen, daß hierbei unbedingt Vorsicht geboten ist, um sich und andere vor Schaden zu schützen, handelt es sich doch um Kraftmaschinen, die einerseits eine ganz beträchtliche Leistung abgeben und andererseits mit einem feuergefährlichen Kraftstoff betrieben werden. Vorstehendes gilt natürlich besonders beim Flugbetrieb in bewohnten Gegenden.

Will man von einem Verbrennungsmotor volle Leistungsabgabe und einen störungsfreien Lauf verlangen, so muß er nicht nur richtig eingestellt sein, sondern vor allen Dingen auch zweckmäßig bedient und gewartet werden. Dies trifft naturgemäß in besonderem Maße für Flugmodell-Motoren zu, die infolge ihrer Größenordnung gegenüber großen Verbrennungsmotoren besonders empfindlich sind und sowohl in mechanischer als auch thermischer Hinsicht ein kleines Wunderwerk darstellen.

Man braucht sich nur vor Augen zu halten, mit welcher Genauigkeit z. B. bei den in Frage kommenden hohen Betriebsdrehzahlen von 3500 bis 6000 U/min die Zündanlage und hierbei besonders der Unterbrecher arbeiten muß. Berücksichtigt man ferner den außerordentlich kleinen Hubraum im Gegensatz zu großen Verbrennungsmotoren, so wird erst verständlich, welch geringe Menge Kraftstoff zur Erzeugung des zündfähigen Kraftstoff-Luft-Gemisches für eine Verbrennung benötigt wird. Es ist leicht erklärlich, daß die Kraftstoffdüse hierbei einen beinahe mikroskopisch kleinen Querschnitt haben muß.

Beim Betrieb solcher Motoren ist daher ordnungsgemäße Bedienung und gute Wartung Grundbedingung. Diese setzen allerdings eine genaue Kenntnis der Motoren voraus. Es genügt hierbei keineswegs, nur

ihre Wirkungsweise zu kennen, sondern man muß sich vor allen Dingen mit dem Aufbau dieser Motoren, ihren Einzelteilen sowie deren Aufgaben genauestens vertraut machen.

Aber auch die zu verwendenden Betriebsmittel, wie Kraftstoff und Schmierstoff, sind gerade bei Flugmodell-Motoren von größter Wichtigkeit. Es ist daher unbedingt erforderlich, hierauf näher einzugehen.

2. Betriebsmittel

a) Kraftstoff

Als Kraftstoff kommen Benzin, Benzol oder auch ein aus Benzol-Benzin-Spiritus bestehendes sogenanntes Markengemisch zur Anwendung. Von einem brauchbaren Kraftstoff werden folgende Eigenschaften gefordert:

1. Der Kraftstoff muß sich leicht mit der Verbrennungsluft vermischen bzw. schon bei niedriger Temperatur verdampfen.
2. Der Kraftstoff muß einen möglichst hohen Heizwert aufweisen, d. h. er soll möglichst viel Wärmeeinheiten enthalten.
3. Der Kraftstoff muß eine hohe Verdichtungsfestigkeit besitzen, d. h. klopffest sein, damit er sich nicht vor der durch die Zündung eingeleiteten Verbrennung von selbst entzündet.
4. Der Kraftstoff muß derart beschaffen sein, daß sich bei der Verbrennung keine schädlichen Rückstände bilden.

Bevor auf die eingangs erwähnten Kraftstoffe eingegangen wird, sei zum Verständnis bzw. zum Vergleich auf folgende physikalischen und chemischen Begriffe hingewiesen:

Spezifisches Gewicht. Das spezifische Gewicht gibt an, um wieviel ein Körper schwerer ist als das gleiche Volumen Wasser.

Das spezifische Gewicht wird ausgedrückt in einer Dezimalzahl, wie z. B. 0,85, wobei, wie als bekannt vorausgesetzt wird, 1 cm^3 Wasser = 1 g wiegt.

Heizwert. Der Heizwert gibt an, wie groß die Wärmemenge in Kilokalorien ist (kcal), die in einem Kilogramm eines Stoffes enthalten ist. Eine kcal stellt diejenige Wärmemenge dar, die erforderlich wird, um 1 kg Wasser um 1^0 C zu erwärmen.

Siedepunkt. Der Siedepunkt gibt diejenige Temperatur in C an, bei der der Kraftstoff zu verdampfen beginnt.

Luftbedarf. Der Luftbedarf gibt an, wieviel kg Luft zur Verbrennung von 1 kg Kraftstoff erforderlich sind.

Selbstentzündungstemperatur. Die Selbstentzündungstemperatur ist diejenige Temperatur, bei der sich ein Körper selbst entzündet.

Zu den eingangs aufgeführten Kraftstoffen ist folgendes zu sagen:

Benzin. Benzin ist ein Erzeugnis, das durch Sieden oder auch nach dem Spaltverfahren aus Erdöl gewonnen wird. Außerdem wird Benzin künstlich aus Steinkohle, Braunkohle und Torf hergestellt.

Spezifisches Gewicht	0,86—0,7
Heizwert	10000 kcal/kg
Luftbedarf	etwa 16fach
Siedepunkt im Mittel	100° C
Selbstentzündungstemperatur	500° C
Chemische Zusammensetzung	85—87% Kohlenstoff, 13—15% Wasserstoff

Benzol. Benzol wird durch Sieden aus Steinkohlenteer gewonnen

Spezifisches Gewicht	0,88
Heizwert	9600 kcal/kg
Luftbedarf	etwa 18fach
Siedepunkt im Mittel	80° C
Selbstentzündungstemperatur	730° C
Chemische Zusammensetzung	92% Kohlenstoff, 8% Wasserstoff

Aus vorstehendem ist ersichtlich, daß bei Verwendung von Benzol infolge der höheren Selbstentzündungstemperatur auch eine höhere Verdichtung möglich ist.

Markengemisch. Unter Markengemisch versteht man einen Kraftstoff, der aus Benzol, Benzin und Spiritus besteht. Der Heizwert solcher Gemische liegt zwischen 9000—10000 kcal/kg, die Siedegrenze zwischen 35 und 200° C. Das spezifische Gewicht beträgt etwa 0,8.

Durch den Zusatz von Spiritus, der durch Vergärung stärkehaltiger Pflanzen hergestellt wird, und dessen Alkoholgehalt etwa 99,6% beträgt, wird die Klopffestigkeit bzw. die Selbstentzündungstemperatur wesentlich erhöht.

Ergänzend sei gesagt, daß auch in Deutschland Kraftstoffe mit außerordentlich hoher Klopffestigkeit hergestellt werden. Da diese Kraftstoffe oft giftige Beimengungen enthalten, so werden sie zur Kenntlichmachung gefärbt.

Bei der Wahl des Kraftstoffes richte man sich nach den Angaben der Herstellerfirma der Motoren. Während für einige Motoren reines Benzin vorgeschrieben wird, kann für andere wieder jedes Markengemisch Verwendung finden. Zuweilen wird dem Kraftstoff auch in geringen Mengen Äther zugesetzt, da hierdurch eine geringere Erwärmung des Motors eintritt.

b) Schmierstoff

Der einwandfreie Lauf und die Leistung eines Verbrennungsmotors hängen in großem Maße von der Schmierung bzw. dem hierbei verwendeten Schmierstoff, in diesem Falle Schmieröl, ab.

Zum Verständnis des Begriffes „Schmieren" muß folgendes Grundsätzliche gesagt werden:

Jede Fläche, auch wenn sie dem Auge noch so glatt poliert erscheint, weist, unter dem Mikroskop betrachtet, Unebenheiten auf. Werden zwei dieser aufeinander ruhenden Flächen gegeneinander in Bewegung gesetzt, so greifen diese Unebenheiten ineinander und bieten einen Widerstand. Hierdurch wird bei größerer Belastung Wärme erzeugt, wobei eine Zerstörung der gleitenden Flächen eintritt.

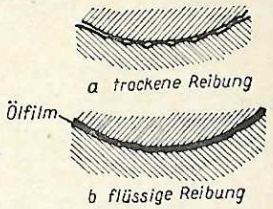


Abb. 131. Trockene und flüssige Reibung

Das Schmieröl hat die Aufgabe, die aufeinander gleitenden Metallteile durch eine dünne Ölschicht voneinander zu trennen und damit die trockene Reibung in eine sogenannte flüssige Reibung zu verwandeln. Die die Flächen trennende Ölschicht, schmiertechnisch Ölfilm genannt, hat meistens eine Dicke von wenigen hundertstel Millimeter (Abb. 131).

In einem Verbrennungsmotor muß das Schmieröl zwischen dessen gleitenden Flächen, wie z. B. den Kurbelwellen- und Schubstangenlagern sowie dem Kolben und der Zylinderwand, eine dünne Ölschicht erzeugen, um die Reibung auf einen Geringstwert zu beschränken, damit möglichst wenig Arbeit durch Reibung verlorengeht. Außer der Schmierung des Motors hat das Schmieröl weiterhin die Aufgabe, für eine gute Abdichtung des Verbrennungsraumes gegenüber dem Kurbelgehäuse Sorge zu tragen. Trotz genauester Arbeit verbleibt zwischen der Zylinderwand und den Kolbenringen stets ein Zwischenraum, der durch Erzeugung eines Ölfilms abgedichtet werden muß (Abb. 132).

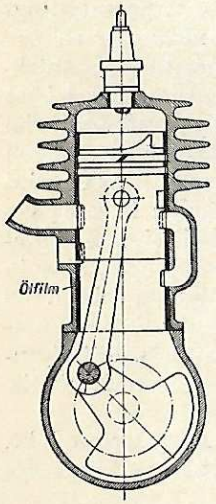


Abb. 132. Ölfilm zwischen Zylinder und Kolben

Während bei Motoren mit Kolben, die mit Kolbenringen versehen sind, durch die Ölschicht nur eine Feinabdichtung vorgenommen zu werden braucht, übernimmt bei einigen Modell-Motoren, bei denen zur Abdichtung des Verbrennungsraumes keine Kolbenringe verwendet werden, die Ölschicht zwischen der Zylinderwand und dem Kolben fast ausschließlich die gesamte Abdichtung.

Bei der Verbrennung des Kraftstoff-Luft-Gemisches werden große Wärmemengen erzeugt, die zum großen Teil durch die Kühlrippen des Zylinders an die den Motor umgebende bzw. beim Fluge vorbeistreichende Luft abgegeben werden. Ein Teil dieser Wärme wird jedoch durch Wärmeleitung der Metalle an die Lager abgegeben, die bereits durch die Reibungsarbeit erwärmt werden. Das Schmier-

öl hat hierbei weiterhin die Aufgabe, diese Wärme weitgehendst abzuleiten.

Aus vorstehendem geht hervor, daß das Schmieröl drei Aufgaben zu erfüllen hat: Reibungsverminderung, Abdichtung des Kolbens und Kühlung.

Diese Aufgaben können von dem Schmieröl jedoch nur erfüllt werden, wenn es bei den im Motorbetrieb auftretenden hohen Temperaturen schmierfähig bleibt. Auch muß das in den Verbrennungsraum gelangende Öl leicht und ohne Rückstände verbrennen, damit im Zylinder sich keine Ölkohle bildet, die leicht zu Glühzündungen Anlaß gibt. Fernerhin darf das Öl keine Asphaltrückstände enthalten, weil dadurch Störungen im Betriebe, wie festsitzende Kolbenringe usw., hervorgerufen werden.

Verwendet werden fast ausschließlich Mineralöle, wogegen man Pflanzenöle nur noch in besonderen Fällen vorfindet.

Eine Ausnahme bildet Rizinusöl, das bei großen, luftgekühlten Hochleistungsmotoren zuweilen noch gebraucht wird, da es gegenüber anderen Ölen auch bei hohen Temperaturen seine Schmierfähigkeit beibehält.

Von der Verwendung dieses Öles in Flugmodell-Motoren sei unbedingt abgeraten. Rizinusöl läßt sich mit dem Kraftstoff nicht nur schwer vermengen, sondern hat durch die Bildung von gelatinösen Rückständen auch ein Verkleben des Motors zur Folge. Allerdings leistet Rizinusöl infolge seiner schweren Mischbarkeit mit dem Kraftstoff beim Einlaufen neuer Motoren gute Dienste, da dieses Öl gegenüber anderen Ölen längere Zeit im Zylinder verbleibt, ehe es verbrennt. Das Öl wird vor bzw. während des Einlaufens in gewissen Abständen in ganz geringen Mengen direkt in den Zylinder gegeben. Hierbei sei darauf hingewiesen, daß reine Mineralöle zwar rückstandfrei verbrennen, aber in Motoren mit hohen Temperaturen leicht zur Schlammbildung neigen. Es gibt jedoch bereits Spezialöle im Handel, bei denen nicht nur die Schlammbildung vermieden wird, sondern die bezüglich der Viskositätseigenschaften nahezu dem Rizinusöl entsprechen, ohne dessen Nachteile aufzuweisen.

Die Mineralöle unterscheiden sich nach ihrem Ausgangsprodukt, aus dem sie hergestellt werden. Hierbei unterscheidet man Schmieröle aus Erdöl, Braunkohle und Steinkohle.

Die Schmieröle aus Erdöl sind Öle, die durch Destillation des Erdöles nach Entfernung der Benzine, Leuchtöle usw. gewonnen werden.

Die Schmieröle aus Braunkohle werden im Arbeitsgang der Herstellung von synthetischen Benzinen gewonnen.

Schmieröle aus Steinkohle sind ein Nebenprodukt des Steinkohlenteers, der sich bei der Verkokung der Steinkohle ergibt.

Die Qualität eines Schmieröles kann nur von einem Fachmann, keineswegs aber von einem Laien beurteilt werden.

Für die Schmiereigenschaft ist es gleichgültig, ob das Öl wasserhell, honiggelb oder dunkel gefärbt ist. Auch das Fließvermögen, bzw. ob es dünn, mittel oder stark dickflüssig ist, läßt auf die Qualität keine Rückschlüsse zu. Die vielfach angewendete Fingerprobe, d. h. das Zerreiben eines Tropfens zwischen den Fingern, führt meist zu falschen Urteilen.

Um sich vor Schäden zu bewahren, ist es unbedingt erforderlich, nur erstklassige Spezial-Markenöle zu verwenden, wenn nicht, wie bereits üblich, von den Herstellerfirmen der Motoren besondere Angaben bezüglich des Schmieröles gemacht werden.

Da wiederholt Analysendaten für Schmieröle angegeben werden, so sollen zu ihrem Verständnis in nachstehendem die wichtigsten kurz besprochen werden. Die physikalischen Eigenschaften des Schmieröles werden hauptsächlich bestimmt durch:

a) das spezifische Gewicht. Dieses gibt an, um wieviel das Schmieröl schwerer ist als das gleiche Volumen Wasser. Auf die Schmierfähigkeit und die Bewährung im praktischen Betrieb lassen sich aus dieser Angabe keine Rückschlüsse ziehen;
b) die Viskosität oder Zähflüssigkeit. Diese wird bestimmt auf Grund eines Vergleiches der Zeit, in der eine bestimmte Menge Öl gegenüber der gleichen Menge Wasser durch ein Röhrchen gleichen Querschnittes fließt. Die Bestimmung erfolgt in einem von Engler konstruierten Apparat, dem sogenannten Viskosimeter, und wird in Deutschland meist in Engler-Graden angegeben;
c) den Flammpunkt, der die Temperatur des Schmieröles angibt, bei der sich die hierbei bildenden Dämpfe bei Vorhandensein von Luft mit einer Flamme gerade noch entzünden können;
d) den Brennpunkt, unter dem man hingegen diejenige Temperatur des Schmieröles versteht, bei der die sich bildenden Dämpfe bei Vorhandensein von Luft auch nach dem Entfernen der Zündflamme weiterbrennen;
e) den Stockpunkt, d. h. die Temperatur, bei der ein Öl so starr geworden ist, daß ein Fließen sich mit dem bloßen Auge nicht mehr wahrnehmen läßt.

Der Vollständigkeit halber sei darauf hingewiesen, daß schlecht raffinierte Mineralöle einen gewissen Säuregehalt und bei der Verbrennung einen wiegbaren Aschegehalt aufweisen. Von einem guten Spezialöl muß jedoch verlangt werden, daß es keinen Gehalt von schädlichen Säuren aufweist, und daß sich bei der Verbrennung keine wägbaren Mengen Asche zeigen.

Kraftstoff-Schmierstoff-Gemisch

Bei Zweitakt-Flugmodell-Motoren gelangt fast ausschließlich Gemischschmierung zu Anwendung. Dem Kraftstoff wird hierbei eine bestimmte Menge Schmierstoff beigemischt. Der Schmiervorgang bei Gemisch-

schmierung ist folgender: Mit dem angesaugten Kraftstoff-Luft-Gemisch gelangt auch der dem Kraftstoff beigemischte Schmierstoff in fein verteiltem Zustand in das Kurbelgehäuse des Motors und schmiert das Triebwerk und die Lagerstellen der Kurbelwelle. Beim Überströmen des Kraftstoff-Luft-Gemisches in den Zylinder erfolgt eine Schmierung der Zylinderlaufbahn.

Von großer Wichtigkeit ist bei Gemischschmierung natürlich das Mischungsverhältnis zwischen Kraftstoff und Schmierstoff. Im allgemeinen schwankt es zwischen 1 : 15 und 1 : 20. Es kommt somit z. B. auf 15 Teile Kraftstoff ein Teil Schmierstoff. Für Motoren, die ohne Kolbenringe arbeiten, wird zuweilen ein Mischungsverhältnis von 1 : 3 vorgeschrieben.

Reichlicher Schmierstoffzusatz ergibt eine gute Kolbenabdichtung und somit Verdichtung. Bei ungeeignetem Schmierstoff tritt jedoch eine Ölkohlenbildung auf dem Kolben ein, die Glühzündungen und dadurch einen unregelmäßigen Lauf des Motors zur Folge hat.

Geringer Schmierstoffzusatz ergibt höhere Zündfähigkeit des Kraftstoff-Luft-Gemisches und eine bessere Leistung. Wird aber der Schmierstoffzusatz zu gering gewählt, so tritt bei ungeeignetem Schmierstoff leicht eine vorzeitige Abnutzung des Motors ein. Auch kann bei ungenügendem Schmierstoffzusatz der Kolben leicht fest werden (fressen), wodurch unter Umständen eine Zerstörung des Motors bzw. größere Reparatur unvermeidlich wird.

Da die Ansichten über das Mischungsverhältnis sehr geteilt sind und dieses auch von dem zur Verwendung gelangenden Schmierstoff und der Ausführung des Motors abhängt, so richte man sich stets nach den jeweiligen Vorschriften der Motorenfirmen.

3. Bedienung der Motoren

a) Anwerfen

Das Anwerfen der Motoren erfolgt je nach deren Bauart direkt mit der Hand an der Luftschraube (Abb. 133) oder unter Anwendung einer Schnur, die auf eine an der Luftschraubennabe befestigte Schnurscheibe gewickelt wird (Abb. 134). Beide Anwerfarten setzen gewisse Übung voraus, die jedoch bald angeeignet ist. Beim Anwerfen des Motors mit der Hand an der Luftschraube ist Vorsicht geboten, um Verletzungen der Finger bei einem evtl. Rückschlagen des Motors zu verhüten.

Da das Anwerfen der Motoren von der Bauart des Vergasers usw. abhängt, richte man sich stets nach den Betriebsvorschriften der Motorenfirmen.

Im allgemeinen geht das Anwerfen wie nachstehend beschrieben vor sich:

I. Bei Motoren, die den Kraftstoff aus dem dicht am Motor angeordneten Kraftstoffbehälter selbst ansaugen:

Nachdem der Kraftstoffbehälter mit dem vorschriftsmäßigen Kraftstoff-Schmierstoff-Gemisch gefüllt ist, wird die Düsennadel in die Anlaß-

Abb. 133. Anwerfen des Motors an der Luftschraube

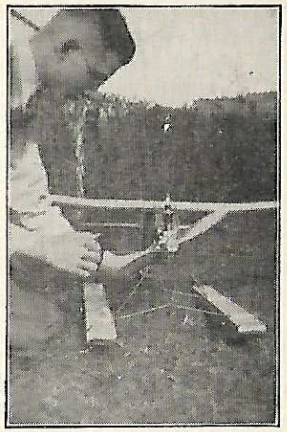


Abb. 134. Anwerfen des Motors unter Verwendung einer Schnur (Selbstbau-Motor Ausführungsbeispiel I in Wasserflugmodell eingebaut)

stellung gebracht, d. h. reichlich geöffnet. Durch mehrmaliges Durchdrehen des Motors bei ausgeschalteter Zündung läßt man nunmehr den Motor genügend zündfähiges Gemisch ansaugen. Um den Ansaugvorgang zu beschleunigen bzw. die Saugwirkung zu erhöhen, wird das Ansaugrohr mit dem Finger oder, wenn ein Drosselschieber vorhanden ist, mit diesem verschlossen. Da hierbei die gesamte Saugwirkung des Motors auf die Düse wirkt, ist beim Durchdrehen Vorsicht zu üben, damit der Motor unter keinen Umständen zuviel Brennstoff ansaugt und, fachmännisch ausgedrückt, „ersäuft". Nunmehr wird die Zündung eingeschaltet und der Motor kräftig durchgedreht. Springt der Motor hierbei trotz einwandfreien Zündfunkens nicht an, so hat er ein zu armes Kraftstoff-Luft-Gemisch oder bereits zuviel Kraftstoff angesaugt. Im ersten Falle wird der Ansaugvorgang wiederholt. Hat der Motor jedoch bereits zuviel Kraftstoff angesaugt, so wird er bei vollständig geschlossener Düse und bei eingeschalteter Zündung so lange durchgedreht, bis die ersten Zündungen erfolgen. Der Motor läuft dann so lange bei geschlossener Düse, bis der im Kurbelgehäuse angesammelte Kraftstoff verbraucht ist. Nach Öffnen der Düse und nochmaligem Anwerfen wird der Motor dann durchlaufen.

II. Bei Motoren, denen der Kraftstoff durch natürliches Gefälle zugeführt wird.

Für diese Motoren gilt sinngemäß das gleiche wie unter I. Durch die selbsttätige Zuführung des Kraftstoffes wird das zum Anwerfen erforderliche Kraftstoff-Luft-Gemisch schon durch entsprechendes Öffnen der Düsennadel erreicht, so daß sich weitere Maßnahmen erübrigen.

Um beim Anwerfen der Motoren bzw. beim Warmlaufenlassen die in dem Modell eingebaute Batterie zu schonen, wird sehr oft hierbei eine besondere Anlaßbatterie (Akkumulator) verwendet.

b) Einstellen auf volle Leistung

Zur Erreichung der vollen Leistung bzw. Drehzahl der Motoren muß der Vergaser sowie der Zündzeitpunkt genauestens eingestellt werden.

Wie schon unter „Vergaser" (siehe S. 35) gesagt wurde, muß die Düse des Vergasers auf den jeweilig zur Verwendung gelangenden Kraftstoff eingestellt werden, da der Luftbedarf der einzelnen Kraftstoffe verschieden ist.

Die meisten Motoren sind mit einem Vergaser ausgerüstet, dessen Düse unter Anwendung einer Düsennadel in einfacher Weise eingestellt werden kann. Einige Motoren, wie z. B. der Argus-Motor, haben jedoch eine auf Höchstleistung eingestellte feste Düse. Die für die volle Leistungsabgabe erforderliche Vergasereinstellung bzw. Wahl des Düsenquerschnitts läßt sich nur im betriebswarmen Zustand des Motors vornehmen. Die Vergaser- bzw. Düseneinstellung ändert sich erfahrungsgemäß mit der Erwärmung des Motors. So wird z. B. beim Anwerfen eines Motors im kalten Zustand stets mehr Kraftstoff benötigt als im betriebswarmen Zustand. Zur Einstellung des Vergasers ist es daher erforderlich, die Motoren einige Zeit warmlaufen zu lassen. Man lasse den Motor jedoch stets nur so lange warmlaufen, wie es für die Vergasereinstellung unbedingt erforderlich ist, da infolge des fehlenden Fahrtwindes leicht ein Überhitzen eintritt, was auf jeden Fall vermieden werden muß.

Auch hängt die volle Leistungsabgabe weiterhin von der Zündeinstellung, d. h. von dem Zündzeitpunkt, ab und bedingt stets Frühzündung. Diese richtet sich nach der Drehzahl des Motors.

Zuviel Frühzündung hat nicht nur ein Rückschlagen des Motors beim Anwerfen zur Folge, sondern es treten auch bei geringeren Drehzahlen ein harter Lauf und eine erhöhte Beanspruchung des Triebwerks ein. Letztere führt naturgemäß zu einer vorzeitigen Abnutzung der Lagerstellen.

Während der größte Teil der Motoren mit einem Unterbrecher ausgerüstet ist, bei dem der Zündzeitpunkt während des Betriebs eingestellt werden kann, ist bei einigen Motoren, wie z. B. beim Argus-Motor, bei

den Kratzsch-Motoren F 10 E und F 30 B und dem Häusler-Motor, der Unterbrecher fest eingestellt.

Genaue Angaben über die Vergaser- und Zündeinstellung lassen sich nicht machen, da diese praktisch während des Betriebs erprobt werden müssen. Auch hier richte man sich im allgemeinen nach den Betriebsvorschriften der Motorenfirmen.

4. Wartung der Motoren

Wie schon gesagt wurde, ist ein einwandfreier Betrieb der Motoren nur bei guter Wartung möglich.

Größtes Augenmerk ist hier auf das Sauberhalten der Motoren zu richten, da während des Flugbetriebs beim Landen der Modelle ein Überschlagen und somit eine Berührung der Motoren mit dem Boden unvermeidlich ist. Es ist erklärlich, daß bei dem außerordentlich geringen Kolbenspiel schon selbst kleine Unreinigkeiten im Zylinder großen Schaden anrichten können.

Im übrigen besteht die Wartung hauptsächlich aus folgenden Arbeiten, die in entsprechenden Abständen je nach der Laufzeit der Motoren vorzunehmen sind:

- Nachziehen sämtlicher Schrauben am Motor, da infolge der Erschütterungen eine Lockerung unvermeidlich ist,
- Prüfung der Beschaffenheit und der Abstände der Unterbrecherkontakte,
- Prüfung der Beschaffenheit der Zündkerze bzw. der Elektrodenabstände,
- Prüfung sämtlicher Leitungsanschlüsse auf guten Stromdurchgang,
- Prüfung der Befestigung der Luftschraube,
- Reinigung des Kraftstoffbehälters.

Auch prüfe man sorgfältig sämtliche Dichtungsstellen am Kurbelgehäuse und am Zylinder. Bei Motoren mit abnehmbarem Zylinderkopf ist besonders auf die Abdichtung des Zylinderkopfes zu achten. Die Prüfung der Dichtungen bzw. der Dichtungsstellen erfolgt in einfacher Weise durch Bestreichen mit Öl und durch kräftiges Durchdrehen des Motors. Die auftretenden Luftblasen zeigen einwandfrei die schadhafte Dichtung an, die dann entsprechend durch eine neue zu ersetzen ist.

Nach längeren Betriebszeiten sind der Kolben und die Kanäle im Zylinder von anhaftender Ölkohle zu befreien. Letzteres trifft besonders für die Auspuffkanäle zu. Auch sind die Kolbenringe auf Beweglichkeit zu prüfen, da diese sich durch Ölkohlenbildung festsetzen und wirkungslos werden. Weiter empfiehlt es sich, den Motor, besonders aber den Zylinder, mit Petroleum auszuwaschen. Da hierbei ein Entölen des Zylinders eintritt, muß dieser vor der ersten Inbetriebnahme des Motors einige Tropfen Schmieröl erhalten.

5. Störungen und ihre Ursachen

Erfahrungsgemäß sind Störungen fast ausschließlich auf unsachgemäße Behandlung und unzweckmäßigen Einbau der Motoren bzw. der Triebwerksanlagen zurückzuführen.

Tritt eine Störung ein, so gehe man bei der Ermittlung der Ursache unbedingt planmäßig vor. Planloses Herumprobieren führt stets eher zu einem neuen Fehler als zum Auffinden des gesuchten. Bevor mit der Ermittlung der Störungsursache begonnen wird, prüfe man grundsätzlich zuerst die Spannung der Zündbatterie und den Kraftstoffvorrat. Obwohl letzteres als Selbstverständlichkeit vorausgesetzt werden müßte, so hätte sich, wie die Praxis zeigt, schon manches längere Suchen einer Störung erübrigt, wenn als erstes der Kraftstoffvorrat einer Prüfung unterzogen worden wäre.

Auf Grund von Erfahrungen ist weiterhin zunächst die Zündanlage zu überprüfen. Erst an zweiter Stelle prüfe man den Vergaser sowie die übrigen Teile des Motors.

Bei Störungen unterscheidet man solche, die während des Anwerfens des Motors auftreten, und solche, die sich während des Betriebs zeigen.

a) Störungen während des Anwerfens

Motor springt schwer an. Schweres Anspringen ist hauptsächlich auf eine Störung in der Zündanlage sowie auf falsche Vergasereinstellung zurückzuführen.

Nach längerer Betriebszeit eines Motors kann das Anwerfen jedoch durch Eindringen von Nebenluft an den Dichtungen des Zylinders, des Kurbelgehäuses sowie an den Kurbelwellenlagern sehr erschwert werden. Auch wird bei undichtem Kolben durch den Verdichtungsverlust ein erschwertes Anwerfen hervorgerufen.

Motor bleibt kurz nach dem Anspringen stehen. Diese Störung ist meistens auf falsche Vergasereinstellung sowie Unreinigkeit im Kraftstoff zurückzuführen. Aber auch die Verwendung einer abgelagerten Batterie kann hierzu Anlaß geben.

b) Störungen während des Betriebs

Unregelmäßiger Lauf des Motors. Hierbei unterscheidet man das sog. „Viertakt-Laufen" der Motoren, sowie Störungen während des normalen Zweitakt-Laufens. Das Viertakt-Laufen beruht hautpsächlich auf falscher Vergasereinstellung, und zwar auf zu großer Düse. Aber auch zu reichlicher Schmierölzusatz und zuviel Vorzündung geben hierzu Anlaß. Ein Aussetzen während des normalen Zweitakt-Laufens ist hingegen fast ausschließlich auf eine Störung in der Zündanlage, sowie auf Unreinigkeiten im Kraftstoff zurückzuführen. Sehr oft wird ein unregelmäßiger Lauf der Motoren durch eine nicht fest sitzende Düsennadel verursacht.

Heißwerden des Motors. Das Heißwerden des Motors ist in erster Linie eine Folge falscher Vergasereinstellung. Falsche Zündeinstellung sowie die Verwendung unzweckmäßiger Betriebsmittel geben oft hierzu Anlaß. Nach längerer Betriebszeit eines Motors kann das Heißwerden oft durch Eintreten von falscher Luft an den Dichtungen und den Kurbelwellenlagern hervorgerufen werden.

Ungenügende Leistung des Motors. Falsche Zünd- und Vergasereinstellung sowie die Verwendung unzweckmäßiger Betriebsmittel (Kraftstoff, Schmieröl) und auch Zündkerzen (falscher Glühwert) haben ungenügende Leistung zur Folge. Weiterhin kann das Eintreten von Nebenluft Anlaß zu einer Leistungsverminderung geben. Nach längerer Betriebszeit wird letztere hauptsächlich durch Verdichtungsverlust im Zylinder (undichter Kolben) und im Kurbelgehäuse (ausgelaufene Kurbelwellenlager) hervorgerufen.

Die meisten Störungen gehen, wie aus vorstehendem zu entnehmen ist, von der Zündanlage und vom Vergaser aus. Es wird daher im folgenden kurz auf die auftretenden Mängel und deren Ursache eingegangen.

c) Störungen in der Zündanlage

Bei einer Störung in der Zündanlage untersuche man diese nicht nur vom elektrischen Gesichtspunkt aus, sondern man prüfe auch vor allen Dingen ihren mechanischen Teil. Ein Defekt in den Leitungen, in der Zündspule, im Kondensator und vor allem im Unterbrecher kann eine nachteilige Beeinflussung des Zündfunkens herbeiführen. Besonders zu beachten ist die Beschaffenheit der Unterbrecherkontakte. Ihr Abbrand läßt meistens auf einen Defekt des Kondensators schließen. Verschmutzen bzw. Verölen der Unterbrecherkontakte führt gleichfalls zu Störungen. Von großer Wichtigkeit ist fernerhin der Kontaktschluß, der nur durch eine entsprechend starke Feder erreicht werden kann. Weiterhin spielt der Abstand der Kontaktflächen bei geöffnetem Unterbrecher eine große Rolle; er soll im allgemeinen 0,5 mm betragen. Bei größerer Entfernung besteht Gefahr, daß der Zündfunken bei hoher Drehzahl aussetzt. Vor allen Dingen aber kann die Zündkerze Anlaß zu Störungen geben. Beim Versagen der Zündung sehe man daher stets zuerst nach, ob die Zündkerze in Ordnung ist. Hierbei empfiehlt es sich, trotz eines guten Funkens an der Kerze diese versuchsweise durch eine andere zu ersetzen, da sich die Zündkerze unter dem Verdichtungsdruck anders verhält als unter dem normalen Luftdruck.

d) Störungen im Vergaser

Bei Flugmodell-Motoren spielt die Beschaffenheit des Vergasers, insbesondere aber die der Düse eine große Rolle. Eine im Gewinde bzw. in ihrer Führung lose sitzende Düsennadel gibt stets Anlaß zu Störungen.

Ein großer Teil der Störungen wird aber auch durch Ansaugen von Falschluft herbeigeführt. Bei der Prüfung des Vergasers ist hierauf besonders zu achten.

VIII. Luftschrauben

Die Luftschraube hat die Aufgabe, die vom Motor abgegebene Leistung in Arbeit (Zug oder Druck) umzusetzen. Soll hierbei ein möglichst guter Wirkungsgrad erzielt werden, so ist es erforderlich, den Durchmesser und die Steigung der Luftschraube der Motorleistung anzupassen.

Bei Flugmodellen mit Verbrennungsmotoren wird demzufolge im Gegensatz zu Flugmodellen mit Gummiantrieb die Größe der Luftschraube nicht durch die Spannweite des Modells, sondern durch den zur Verwendung gelangenden Motor bestimmt.

Aus diesem Grunde werden von den meisten Motorenfirmen die Luftschrauben mit den Motoren geliefert bzw. genaue Angaben über die Abmessungen der Luftschrauben gemacht. Bei anderweitiger Beschaffung bzw. Selbstherstellung sind diese Angaben unbedingt zu berücksichtigen.

Nachstehende Tabelle zeigt die Daten der Luftschraube (zweiflügelig) für einige der besprochenen Motoren:

		Kratzsch					
		Kratmo 4	Kratmo 10	F 10 E	F 30 B	Argus	Häusler
Durchmesser	mm	270	365	365	600	420	200
Steigung	mm	—	—	—	—	200	180
Gewicht	g	—	38	38	150	100	45

Die Luftschrauben bestehen größtenteils aus Buchenholz. Unter Berücksichtigung der großen Drehzahlen müssen sie sehr gut ausgewuchtet werden.

Obwohl meistens zweiflügelige Luftschrauben Verwendung finden, sind sehr gute Erfolge auch mit dreiflügeligen Luftschrauben erzielt worden.

IX. Ausführungsbeispiele für den Selbstbau von Verbrennungsmotoren für Flugmodelle

1. Beschreibung der Motoren

Für diejenigen Modellbauer, die sich einen Flugmodell-Motor selbst herstellen wollen, werden im nachfolgenden zwei Motoren beschrieben, die vom Verfasser entworfen und gebaut worden sind. Der Aufbau beider Motoren ist grundsätzlich der gleiche, so daß sie sich im allgemeinen nur durch ihre Größe unterscheiden (Abb. 136).

Der Motor nach Ausführungsbeispiel I (Abb. 135) ist für kleinere Modelle gedacht, die in ihren Abmessungen einem größeren Motorflugmodell mit Gummimotorantrieb entsprechen. Die Spannweite des Modells kann bis zu etwa 2000 mm, das Gesamt-Fluggewicht bis zu etwa 1800 g betragen. Die Luftschraube hat bei diesem Motor zweckmäßigerweise einen Durchmesser von 350 mm bei einer Steigung von etwa 190 mm.

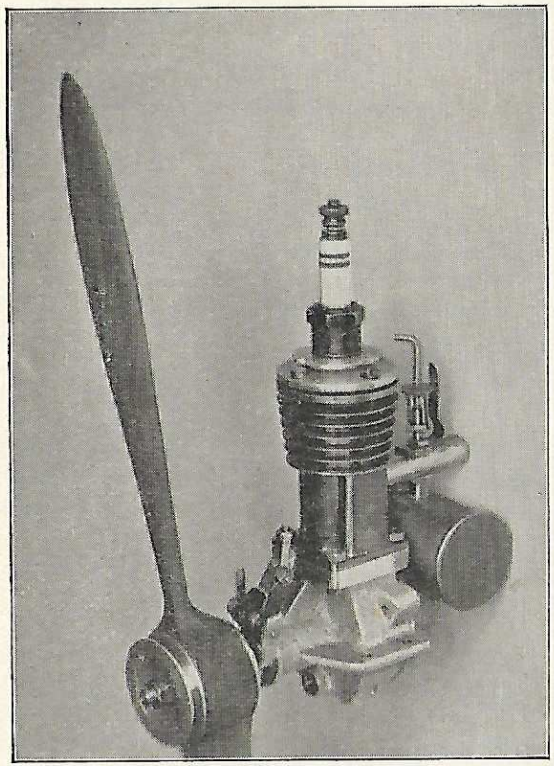


Abb. 135. Flugmodell-Motor zum Selbstbau
Ausführungsbeispiel I = 7,6 cm³ Hubraum;
Ausführungsbeispiel II = 14,3 cm³ Hubraum

Der Motor nach Ausführungsbeispiel II ist hingegen für größere Flugmodelle gedacht, die gegebenenfalls mit einer Selbststeuerung ausgerüstet werden sollen. Die Leistung dieses Motors reicht für Modelle mit einer Spannweite bis etwa 3000 mm und einem Gesamt-Fluggewicht bis zu etwa 3500 g aus. Der Durchmesser der Luftschraube beträgt bei diesem Motor 450 mm, die Steigung etwa 220 mm.

A = 7 mm ϕ A = 10 mm ϕ

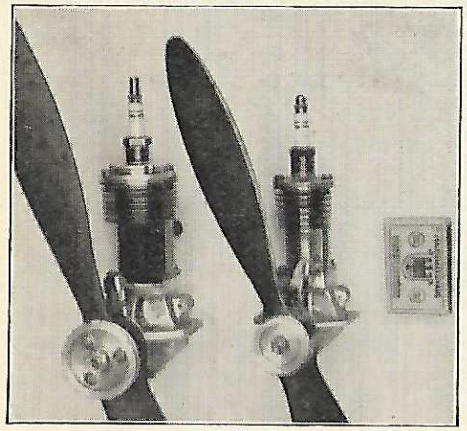
Die technischen Daten dieser Motoren sind folgende:

	Beispiel I	Beispiel II
Zylinderbohrung	21 mm	26 mm
Hub	22 mm	27 mm
Hubraum	7,6 cm³	14,3 cm³
Leistung	etwa 0,18 PS	0,3 PS
Drehzahl	4500 U/min	4000 U/min
Verdichtungsverhältnis	etwa 1 : 3,7	1 : 3,7
Gewicht des Motors einschl. Zündkerze, jedoch ohne Luftschraube, Zündspule, Batterie und Kondensator	etwa 250 g	480 g
Drehrichtung	im Uhrzeigersinn von der Luftschraube aus gesehen	

26,5 ϕ
14,88 cm³

Die Motoren arbeiten nach dem Zweitakt-Verfahren und gehören dem Dreikanal-System an. Ihr Aufbau geht aus Abb. 137 und 138 hervor.

Der Zylinder besteht aus Stahl und hat einen abnehmbaren Zylinderkopf aus Leichtmetall. Die Befestigung des Zylinders auf dem Kurbelgehäuse erfolgt durch einen Flansch und vier Schrauben. Wie aus der Abbildung ersichtlich ist, kommt ein Nasenkolben mit zwei Kolbenringen zur Verwendung. Der Kolben besteht aus Leichtmetall. Für das Überströmen des im Kurbelgehäuse vorverdichteten Kraftstoff-Luft-Gemisches ist der Kolben mit einem Fenster versehen. Das Kurbelgehäuse ist einteilig und in Leichtmetall ausgeführt. Zum Einbringen der Kurbelwelle ist auf der Rückseite ein Deckel vorgesehen, der durch drei Schrauben befestigt wird. Für den Einbau des Motors befinden sich an dem Kurbelgehäuse seitliche Tragfüße.



II I

Abb. 136. Größenvergleich der Selbstbau-Motoren Ausführungsbeispiel I und II

Die Kurbelwelle ist als einseitig gelagerte Stirnkurbel ausgebildet und zur Gewichtserleichterung hohlgebohrt. Sie besteht aus hochwertigem Stahl und läuft in einer langen Lagerbuchse aus Bronze. Für die Lagerung der aus Stahl bestehenden Schubstange sind gleichfalls Bronzebuchsen vorgesehen. Die Befestigung der Luftschraube erfolgt mittels einer Mitnehmerscheibe und einer Druckplatte.

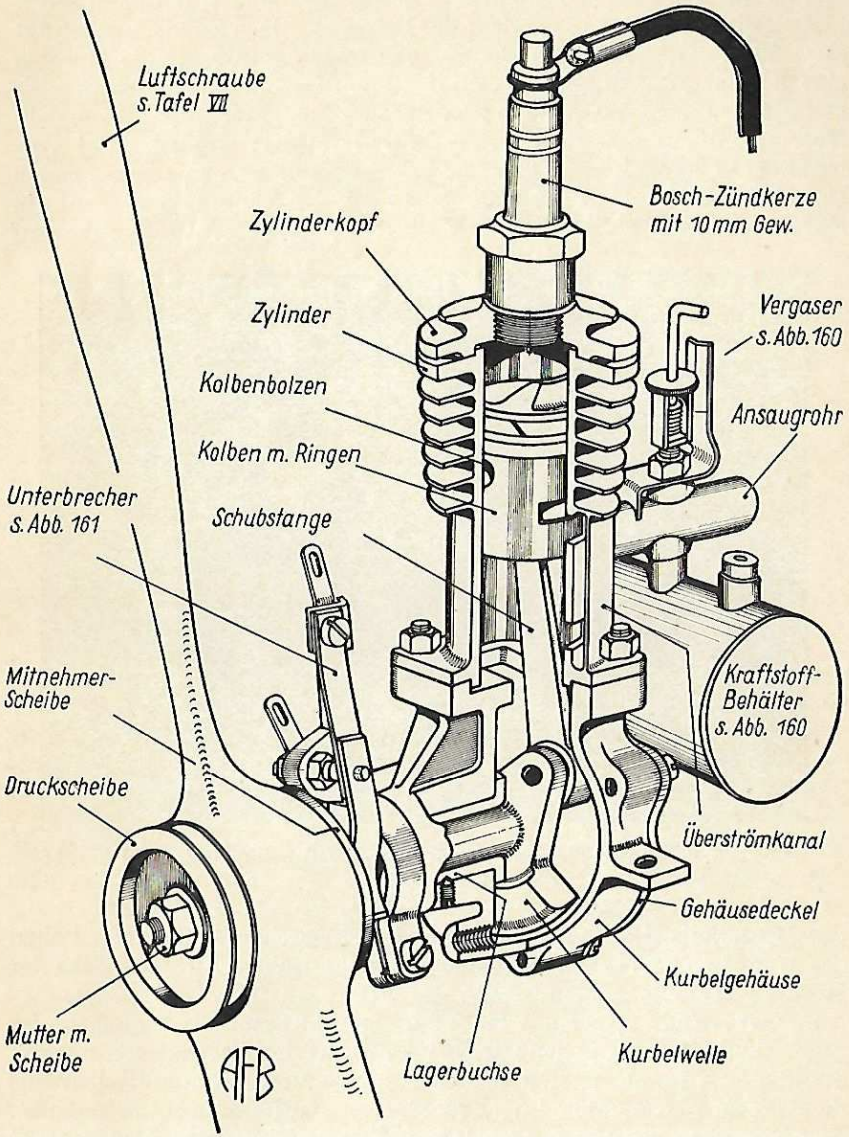


Abb. 137. Aufbau der Flugmodell-Motoren Ausführungsbeispiel I und II

Die Motoren sind mit der üblichen Batterie-Zündanlage ausgerüstet. Die hierfür erforderliche Zündspule ist eigener Bauart und kann selbst hergestellt werden. Das Gewicht der betriebsfertigen Zündspule beträgt etwa 60 g. Der leichteren Beschaffung wegen wurde für die Motoren eine normale Bosch-Zündkerze mit 10-mm-Gewinde vorgesehen. Sie kann jedoch auch durch die neuen Spezial-Zündkerzen für Flugmodell-Motoren mit 10-mm- oder 6-mm-Gewinde ersetzt werden. Bei Verwendung letzterer Kerze ist der Zylinderkopf mit einem entsprechenden Gewinde zu versehen. Für die Auslösung des Zündfunkens dient ein einfacher Federunterbrecher, der dicht hinter der Luftschraube auf

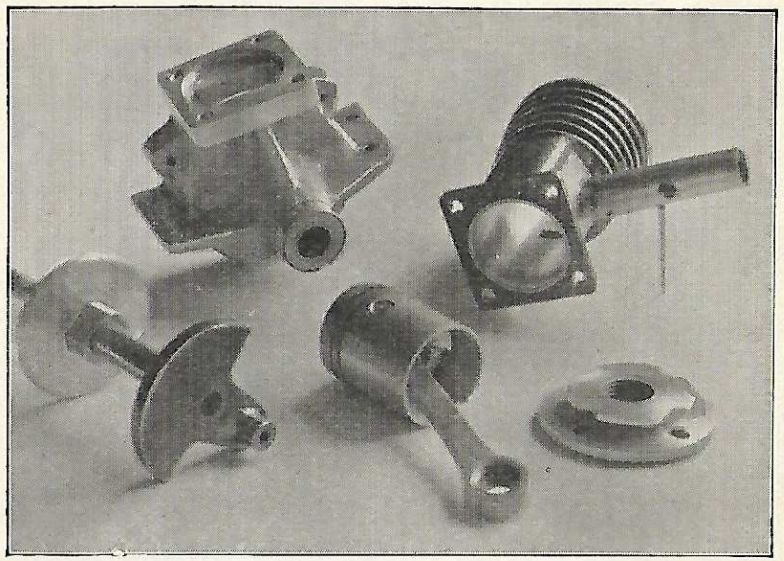


Abb. 138. Teile der Flugmodell-Motoren Ausführungsbeispiel I und II

dem Lagerhals des Kurbelgehäuses sitzt. Durch einfaches Verdrehen des Unterbrechers kann der Zündzeitpunkt während des Betriebs der Motoren verstellt werden.

Zur Verwendung gelangt ein Vergaser schwimmerloser Bauart, der gegen die beim Flugmodellbetrieb vorkommenden Schräglagen unempfindlich ist. Der Kraftstoff wird bei diesem Vergaser unmittelbar aus dem dicht an den Motoren angeordneten Kraftstoffbehälter gesaugt. Das Einstellen des Vergasers wird durch eine verstellbare Düsennadel vorgenommen. Der Kraftstoffbehälter kann je nach dem vorgesehenen Motoreinbau wahlweise liegend oder stehend angeordnet werden (Tafel V).

Die Schmierung der Motoren erfolgt, wie allgemein üblich, durch Beigabe von Schmierstoff in den Kraftstoff. Das Mischungsverhältnis beträgt bei eingelaufenem Motor 1 : 4 bis 1 : 5.

Die Motoren können sowohl mit einer Zug- als auch mit einer Druckschraube ausgerüstet werden. Sie laufen gleich gut bei stehendem und hängendem Einbau. Der Kraftstoffbehälter ist bei hängendem Einbau entsprechend anzuordnen.

Die Motoren werden normalerweise von Hand aus an der Luftschraube angeworfen. Damit sie auch mit einer Schnur durchgedreht werden können, ist die Druckscheibe für die Befestigung der Luftschraube als Schnurscheibe ausgebildet.

Das Gewicht der Triebwerksanlage setzt sich wie folgt zusammen:

	Beispiel I	Beispiel II
Motor einschl. Zündkerze, Vergaser und Unterbrecher . ca.	250 g	450 g
Luftschraube	30 „	55 „
Zündspule	60 „	60 „
Kondensator	15 „	15 „
Taschenlampenbatterie	120 „	120 „
Gewicht der Triebwerksanlage ausschl. Zeitauslöser . . . ca.	475 g	700 g

2. Werkzeuge und Werkstoffe

Bereits im Vorwort wurde erwähnt, daß der Entwurf der Motoren unter Berücksichtigung der Selbstherstellung erfolgte. Es war hierbei die Forderung maßgebend, schwierige Gußstücke zu vermeiden bzw. möglichst wenig Gußstücke zu verwenden. Der Zylinderkopf und der Kolben werden daher aus Stangenmaterial hergestellt, d. h. aus dem Vollen gedreht. Für die Herstellung der Einzelteile ist natürlich außer den üblichen Schlosserwerkzeugen das Vorhandensein einer Drehbank unumgänglich. Damit sämtliche Dreharbeiten jedoch auf einer einfachen Drehbank, d. h. auf einer solchen ohne Leitspindel, ausgeführt werden können, wurde von der Anwendung von Gewinden, die auf der Drehbank zu schneiden sind, grundsätzlich abgesehen.

Sämtliche Gewinde lassen sich mit einer einfachen Kluppe und den dazugehörigen Gewindebohrern schneiden. Für alle Schrauben und Muttern ist metrisches Gewinde nach DIN 13 vorgesehen. Es kann aber auch SI-Gewinde verwendet werden, da die hierfür erforderlichen Schneidwerkzeuge billiger sind. So ist z. B. eine einfache Ringkluppe (Abb. 139) mit den zugehörigen Gewindebohrern bereits für wenig Geld in jedem einschlägigen Fachgeschäft erhältlich.

Auch wird eine Handbohrmaschine benötigt, mit der Spiralbohrer bis zu etwa 8 mm gespannt werden können. Sehr erleichtert wird natür-

lich die Arbeit durch das Vorhandensein einer kleinen Tisch- oder Ständerbohrmaschine.

Die in den Bauzeichnungen angegebenen Werkstoffe sind möglichst zu verwenden. Sie können aber auch durch andere Werkstoffe gleicher Güte ersetzt werden.

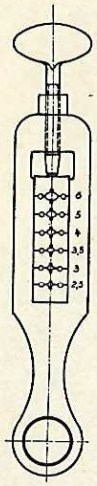


Abb. 139. Gewindeschneidkluppe für SI-Gewinde 2,5—6 mm

3. Bauzeichnungen

Der Bau der Motoren erfolgt nach Tafel II—VI. Die Tafeln III—VI dienen für die Herstellung der Einzelteile. Der Zusammenbau der Motoren ist hingegen nach der Zusammenstellungszeichnung Tafel II vorzunehmen.

Die Tafeln II, V und VI gelten für beide Ausführungsbeispiele. Diesen Zeichnungen wurde der Motor Ausführungsbeispiel I zugrunde gelegt. Bei der Herstellung der Teile für diesen Motor ist daher nach den offenen Maßen zu arbeiten. Für den Motor Ausführungsbeispiel II kommen hingegen die Klammermaße in Frage.

Sämtliche Teile sind in den Zeichnungen in natürlicher Größe 1 : 1 dargestellt. Von einigen Teilen wurden außerdem der besseren Übersicht und leichteren Vermaßung wegen einige Ausschnitte vergrößert gezeichnet, wobei der durch die Normung bedingte Maßstab 2 : 1 Anwendung fand.

Obwohl sämtliche Teile maßstäblich dargestellt sind, so gilt auch für diese Zeichnungen der Grundsatz, daß für die Ausführung stets nur die Maßzahl bindend ist.

Sämtliche Maße sind in Millimeter angegeben. Die großen Zahlen stellen die Teilzahlen dar und entsprechen der Stückliste und der Bauanleitung.

Für die Bearbeitung der Einzelteile sind in den Zeichnungen folgende Bearbeitungszeichen verwendet, die als bekannt vorausgesetzt werden:

$\simeq$	$\underline{V}$	$\overline{\underline{VV}}$
kratzen	schrubben	schlichten

Sonderbearbeitungen, wie Schleifen, Härten usw., sind auf einer Bezugslinie mit Haken an der betreffenden Stelle beigeschrieben, z. B.:

$$\underline{V}^{\text{schleifen}}$$

Bei Teilen, die an sämtlichen Flächen die gleiche Bearbeitung haben, sind die vorerwähnten Bearbeitungszeichen zur Teilnummer des Werkstückes gesetzt.

Für Motoren, die in großen Serien hergestellt werden, kommt stets der Austauschbau in Frage, da hierdurch der Zusammenbau ohne jede Nacharbeit der Einzelteile ermöglicht wird. In den Werkzeichnungen der Teile dieser Motoren werden daher Abmaße (Toleranzen) vorgeschrieben, die durch den Deutschen Normenausschuß (DIN) und neuerdings den Internationalen Normenausschuß (ISA) festgelegt worden sind. Hierbei werden Kurzbezeichnungen angewendet, die bei der Fertigung eine genaue Kenntnis der Normenblätter und das Vorhandensein der erforderlichen Lehren und Meßwerkzeuge voraussetzen.

Da die zur Einhaltung der vorerwähnten Abmaße erforderlichen Meßwerkzeuge und Lehren nur selten zur Verfügung stehen, wird bei den Bauzeichnungen auf die Angabe von Abmaßen verzichtet, zumal es sich um eine Einzelanfertigung handelt.

Für einige besonders wichtige Maße war es jedoch unerläßlich, trotzdem ein gewisses Abmaß einzuschreiben. So bedeutet z. B. bei Angabe eines Maßes von $30 \pm {}^{0,1}$, daß dieses Maß nur 0,1 mm über- bzw. unterschritten werden darf. Die mit einem Abmaß versehenen Maße lassen sich jedoch mit einer einfachen Schublehre mit Zehntelnonius messen.

4. Herstellung der Einzelteile

Die Herstellung der Einzelteile richtet sich naturgemäß nach den zur Verfügung stehenden Werkzeugen und Werkstoffen. Die in der Bauanleitung angegebenen Arbeitsvorgänge dienen daher als Richtlinien.

Peinlichst genaue Einhaltung der vorgeschriebenen Maße und saubere Ausführung sind Grundbedingung. Schon geringe Abweichungen können den Lauf der Motoren und besonders ihre volle Leistungsabgabe in Frage stellen.

Bevor man mit der Herstellung der Einzelteile beginnt, ist es unbedingt erforderlich, sich mit den Zeichnungen und der gesamten Bauanleitung bestens vertraut zu machen. Dies trifft besonders für die Abschnitte „Zusammenbau" und „Einlaufen der Motoren" zu. In diesen Abschnitten wird auf die Schwierigkeiten hingewiesen, die sich infolge mangelhafter Herstellung der Einzelteile ergeben können.

Auch sei dringend angeraten, fehlerhaft ausgeführte Teile unter keinen Umständen zu verwenden. Solche Teile können nicht nur den Lauf der Motoren in Frage stellen, sondern unter Umständen sogar zu deren Zerstörung führen. Man fertige daher solche Teile lieber gleich noch einmal an.

a) Zylinder

Der Zylinder besteht aus einem Zylinderkörper, der aus dem Vollen gedreht wird (Abb. 142). Das Ansaugrohr A und das den Überström-

kanal bildende Blech B werden durch Hartlötung an diesem befestigt. Der Zylinderkörper wird aus einem entsprechenden Stück Rundstahl 60.11 gedreht. Es läßt sich aber auch jeder andere hochwertige Stahl verwenden. Aus Gründen der Materialersparnis bzw. mit Rücksicht darauf, daß ein geeignetes Stück Rundstahl nicht immer zur Verfügung steht, kann der Zylinder des Motors Ausführungsbeispiel II auch vollkommen aus Einzelteilen hergestellt werden (Abb. 143), die gleichfalls durch Hartlöten miteinander zu verbinden sind. Diese Herstellungsart setzt allerdings schon reichliche Übung und Erfahrung im Hartlöten voraus.

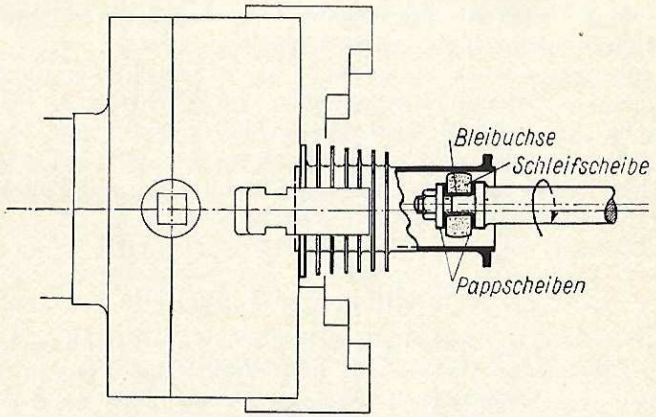


Abb. 140. Ausschleifen des Zylinders unter Anwendung einer angetriebenen Schleifscheibe

Bei der Herstellung der Zylinder ist auf maßgerechte Ausführung zu achten. Dies trifft natürlich ganz besonders für die Ansaug-, Auspuff- und Überströmkanäle zu. Auch ist die saubere und genaue Ausführung der Zylinderbohrung bzw. Lauffläche von größter Wichtigkeit. Zur Erreichung einer genauen runden und zylindrischen Bohrung ist es am zweckmäßigsten, den Zylinder unter Anwendung einer angetriebenen Schleifscheibe auszuschleifen bzw. ausschleifen zu lassen (Abb. 140). Allerdings wird hierfür an der Drehbank eine Schleifvorrichtung benötigt.

Die für einen einwandfreien Lauf des Motors erforderliche Zylinderlauffläche läßt sich jedoch auch durch Handschleifen erzielen.

Das Handschleifen erfolgt unter Anwendung eines aus Holz bestehenden Schleifkolbens, der mit einem Streifen Schmirgelleinen belegt und zur Veränderung des Durchmessers mit einem Keil versehen ist (Abb. 141). Zum Schleifen wird entweder der Zylinder (Abb. 141) oder der Schleifkolben in das Patentfutter der Drehbank gespannt. Letztere Anordnung hat den Vorteil, daß der Schleifkolben innerhalb des Zylinders nachgestellt werden kann. Das Schleifen selbst geschieht in der Weise, daß der Schleifkolben bzw. der Zylinder eine hin- und hergehende sowie gleichzeitig drehende Bewegung erhält. Das zur Verwendung gelangende Schmirgelleinen ist anfänglich gröber und weiterhin feiner zu wählen. Das Schleifen hat so lange zu erfolgen, bis sämtliche Drehrillen restlos entfernt sind.

Beide Schleifarten unterscheiden sich grundsätzlich durch ihren Arbeitsvorgang und die sich hieraus ergebende Vorbearbeitung des Zylinders. Es muß daher kurz auf folgendes hingewiesen werden:

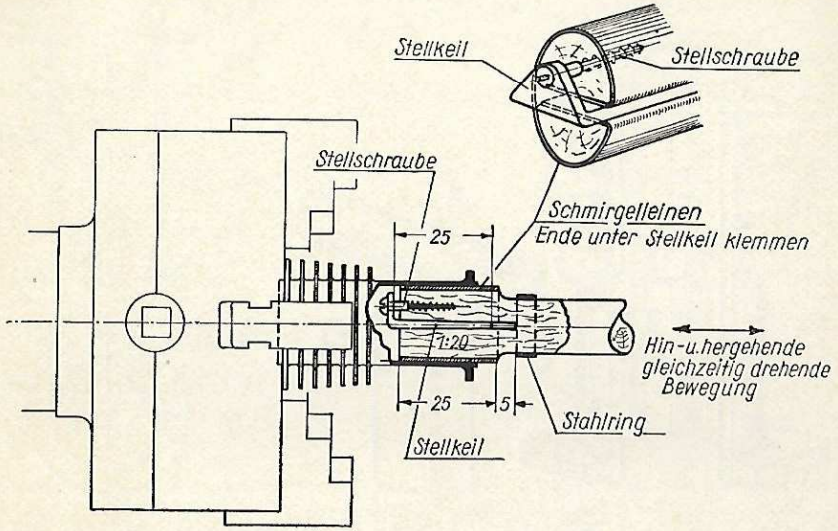


Abb. 141. Ausschleifen des Zylinders von Hand unter Anwendung eines Holzkolbens
(Gezeichnet für Motor Ausführungsbeispiel I)

Das Ausschleifen des Zylinders unter Anwendung einer angetriebenen Schleifscheibe ist ebenso wie das Ausdrehen eines Zylinders ein spanabnehmender Arbeitsvorgang, bei dem die Schleifscheibe zwangsläufig in diesem geführt wird. Es wird bei dieser Schleifart nicht nur eine gute Oberflächenbeschaffenheit, sondern auch eine vollkommen runde und zylindrische Bohrung erzielt.

Beim Handschleifen hingegen findet eine Spanabnahme in dem vorgeschilderten Sinne nicht statt. Durch Handschleifen kann daher eine Vergrößerung der Formgenauigkeit, wie Rundung und zylindrische Bohrung, nicht erreicht werden, da der zur Anwendung gelangende Schleifdorn nicht zwangsläufig geführt wird, sondern der Zylinderbohrung nachläuft. Bei dieser Schleifart kann demzufolge nur eine Verbesserung bzw. ein Glätten der Oberfläche der Zylinderlaufbahn

erzielt werden. Infolgedessen sind auch die Vorbearbeitung des Zylinders und die hierbei zu berücksichtigende Schleifzugabe verschieden.

Während beim Ausschleifen mittels angetriebener Schleifscheibe die beim Vordrehen evtl. entstandenen Ungenauigkeiten der Bohrung beseitigt werden, ist letzteres beim Handschleifen nicht möglich. Bei letzterer Schleifart ist daher auf runde und zylindrische Ausführung der Zylinderbohrung beim Drehen ganz besonders zu achten. Die beim Vordrehen des Zylinders zu berücksichtigende Schleifzugabe richtet sich, wie schon gesagt, nach der Schleifart.

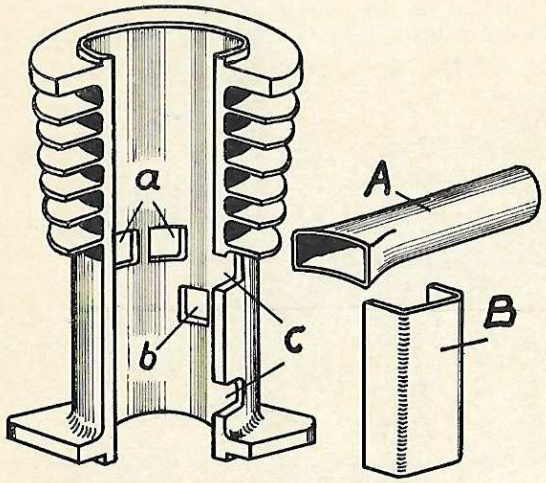


Abb. 142. Aus dem Vollen gedrehter Zylinderkörper

a Auspuffkanäle, b Ansaugkanäle, c Überströmkanäle
A Ansaugrohr
B Blech für Überströmkanal

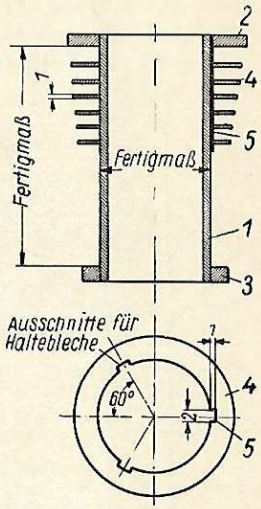


Abb. 143. Aus Einzelteilen hergestellter Zylinderkörper (vor dem Hartlöten)

1 Zylinderrohr, 2 oberer, runder Flansch, 3 unterer, viereckiger Flansch, 4 Kühlrippen, 5 Haltebleche für die Kühlrippen

Wird das Ausschleifen des Zylinders mittels einer angetriebenen Schleifscheibe vorgenommen, so ist mit einer Schleifzugabe von etwa 0,3 mm zu rechnen, während die Schleifzugabe beim Handschleifen etwa 0,15 mm beträgt.

Bei Herstellung des Zylinders ergeben sich folgende Arbeitsvorgänge:

Drehen des Zylinderkörpers,
Anreißen, Vorbohren und Ausfeilen der Kanäle,
Anreißen und Bearbeiten des unteren Befestigungsflansches,
Befestigung des Ansaugrohres und Überströmkanals durch Hartlöten,

Ausschleifen des Zylinders,
Anreißen und Bohren der Löcher bzw. Gewindelöcher für die Befestigungsschrauben.

Die Gewindelöcher für die Befestigung des Zylinderkopfes sind nach dem Zylinderkopf zu bohren.

Wird hingegen der Zylinder des Motors Ausführungsbeispiel II vollkommen aus Einzelteilen hergestellt, so besteht der Zylinderkörper aus den in Abb. 143 dargestellten Teilen.

Für das Zylinderrohr ist ein entsprechendes Stück nahtlos gezogenes Stahlrohr zu verwenden. Die Flansche (2 und 3) sind stramm auf das Rohr aufzupassen. Der Abstand der innenliegenden Fächen muß dem Fertigmaß des Zylinders entsprechen, da diese Flächen zur Erhaltung der Löthohlkehle nach dem Löten nicht bearbeitet werden. Auch sind die Flansche daher genau rechtwinklig zur Zylinderachse stehend auszurichten.

Die Kühlrippen (4) sind gleichfalls stramm aufzupassen. Um ein Verschieben während des Lötens zu verhindern, sind sie durch Haltebleche in dem vorgesehenen Abstand festzulegen.

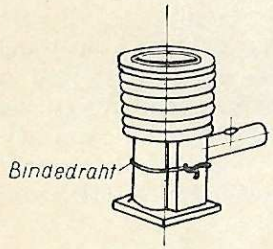


Abb. 144. Befestigung des Überströmkanals vor dem Hartlöten

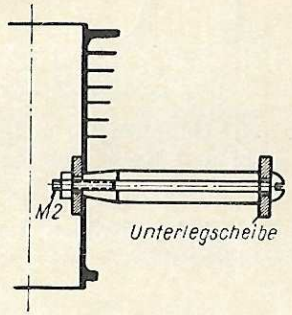


Abb. 145. Befestigung des Ansaugrohres vor dem Hartlöten

Das Ansaugrohr wird bei beiden Zylinderbauarten aus einem Stück Stahlrohr von entsprechendem Durchmesser hergestellt, das auf der Zylinderseite auf einem Dorn aufgeweitet wird. Steht Stahlrohr nicht zur Verfügung, so ist das Ansaugrohr aus Blech St 34.23 herzustellen. Die hierbei entstehende Naht ist selbstverständlich gut zu verlöten.

Der Überströmkanal ist gleichfalls aus Blech St 34.23 zu fertigen und gut an den Zylinder anzupassen. Die Befestigung des Ansaugrohres und Überströmkanals erfolgt durch Hartlöten. Vor dem Hartlöten sind diese Teile an dem Zylinder behelfsmäßig zu befestigen. Während die Befestigung des Überströmkanals, wie Abb. 144 zeigt, durch Bindedraht erfolgen kann, ist für das Ansaugrohr eine Befestigungsschraube vorzusehen (Abb. 145).

Für das Hartlöten ist zweckmäßigerweise Silberlot zu verwenden.

b) Zylinderkopf

Der Zylinderkopf besteht aus Leichtmetallguß und wird aus dem Vollen gedreht. Steht ein entsprechendes Stück Stangenmaterial nicht zur Verfügung, so kann es durch Gießen selbst hergestellt werden. Die hierfür erforderliche Einrichtung ist in Abb. 146 dargestellt und besteht aus einem Stück Stahlrohr mit dem erforderlichen Durchmesser, das auf einen Ziegel- oder Schamottestein gesetzt und mit Lehm gut abgedichtet wird. Vor dem Gießen muß letzterer vollkommen trocken sein. Das Gießen erfolgt unter Verwendung einer normalen Gießkelle. Die Gießmasse wird im Schmiedefeuer oder durch eine Lötlampe bzw. einen Schweißbrenner erhitzt und zum Schmelzen gebracht. Vor dem Guß ist die Gießmasse gut abzuschlacken.

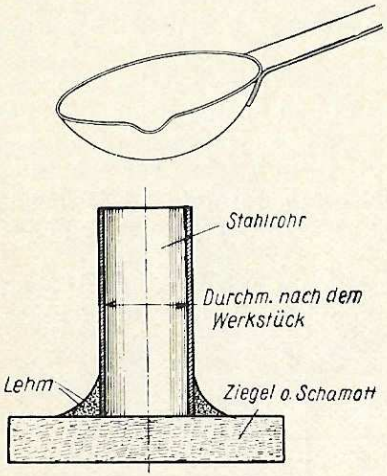


Abb. 146. Gußform für Zylinderkopf und Kolbenrohling

Zur Vermeidung von Brandverletzungen ist beim Gießen große Vorsicht geboten. Als Gießmasse wird Leichtmetall von Motorgehäusedeckeln, Kolben usw. verwendet, das als Altmaterial auf Autoschlachthöfen oder auch in Automobilwerkstätten erhältlich ist.

Beim Drehen des Zylinderkopfes ist besonders auf genaues Plandrehen der Dichtungsfläche zu achten. Das Gewinde für die Zündkerze wird mit einem Gewindebohrer geschnitten. Zu beachten ist hierbei, daß die Zündkerzen im Gegensatz zu den zur Verwendung kommenden Schrauben metrisches Feingewinde nach DIN 241/243 haben. Da jede Kraftfahrzeug-Reparaturwerkstatt über solche Schneidwerkzeuge verfügt, ist es vorteilhaft, das Zündkerzengewinde dort schneiden zu lassen.

c) Kolben

Der Kolben besteht aus Leichtmetall und wird aus dem Vollen gedreht. Zum Gießen des Stangenmaterials sind Stücke eines großen Motorkolbens zu verwenden. Bei der Herstellung ergeben sich folgende Arbeitsvorgänge:

Ausbohren und Ausdrehen des Kolbens,

Drehen der Kolbenaußenseite (Schleifzugabe beachten!) und des zylindrischen Ansatzes für die Ablenknase,

Plandrehen der Kolbenunterseite,

Einstechen der Kolbenringnuten,

Abstechen bzw. Absägen des fertig gedrehten Kolbens,

Anreißen und Bohren der Kolbenbolzenbohrung,

Bearbeitung des Kolbenbodens bzw. der Ablenknase durch Aussägen und Feilen.

Der Kolben ist in den fertig bearbeiteten und geschliffenen Zylinder mit größter Sorgfalt einzupassen. Das in der Bauzeichnung vorgeschriebene Spiel ist unbedingt einzuhalten. Stehen die für die Messung erforderlichen Werkzeuge nicht zur Verfügung, so muß das Einpassen nach dem Gefühl erfolgen. Der Kolben ist hierbei so einzupassen, daß er sich in gut gereinigtem Zustand unter Beigabe von Schmieröl gerade noch mit dem Finger im Zylinder bewegen läßt. Grundsätzlich ist das Kolbenspiel eher etwas geringer als zu groß zu wählen. Dies ist besonders zu beachten, da beim Einlaufen des Motors in der ersten Zeit die Kolbenringe noch nicht tragen und somit abdichten können. Während dieser Zeit muß der Kolben selbst hauptsächlich das Abdichten übernehmen.

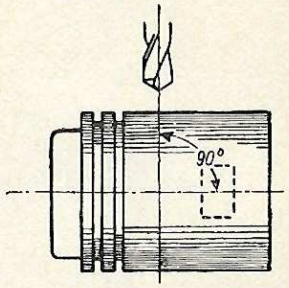


Abb. 147. Bohren der Kolbenbolzenbohrung

Zum Einpassen wird der fertig bearbeitete Kolben auf einen in der Drehbank gespannten Dorn geschoben und so lange geschliffen, bis das vorgenannte Spiel im Zylinder erreicht ist. Das Schleifen kann hierbei entweder wiederum unter Verwendung einer angetriebenen Schleifscheibe oder auch von Hand aus erfolgen. Beim Handschleifen wird ein mit Schmirgelleinwand belegtes Brettchen verwendet, das etwas breiter als die Kolbenlänge sein muß. Beim Schleifen ist anfänglich etwas gröberes und dann feineres Schmirgelleinen zu nehmen.

Die Bohrung für den Kolbenbolzen muß genau im rechten Winkel zur Kolbenlängsache liegen, damit ein Verkanten der Schubstange nicht eintritt (Abb. 147). Die Nuten für die Kolbenringe sind zweckmäßigerweise nach den Kolbenringen einzustechen. Das in der Bauzeichnung vorgeschriebene achsiale und radiale Spiel ist einzuhalten. Die Kolbenringe müssen sich in den Kolbenringnuten leicht bewegen lassen.

Bei der Bearbeitung der Ablenknase ist zu beachten, daß die den Überströmkanälen zugekehrte Fläche nicht kreisförmig, sondern gerade verläuft.

d) Kolbenbolzen

Der Kolbenbolzen besteht aus Stahl 60.11 und wird hohlgebohrt. Er kann auch aus dem Schaft eines unbrauchbaren Spiralbohrers hergestellt werden. Der Kolbenbolzen muß in dem Kolben gut festsitzen. Zur Vermeidung einer Beschädigung der Zylinderwand bei Lockerung und Verschiebung des Kolbenbolzens erhält dieser auf jeder Seite einen Sicherungspilz, der aus Leichtmetall bzw. Messing hergestellt wird.

e) Kolbenringe

Die Kolben der Motoren sind mit zwei Kolbenringen aus Gußeisen ausgerüstet. Da die Herstellung eines einwandfreien Kolbenringes mit den im allgemeinen zur Verfügung stehenden einfachen Mitteln nicht ohne weiteres möglich ist, so sind diese zweckmäßigerweise fertig zu beschaffen. Die Kolbenringe sind gegen Verdrehen zu sichern. Für die Sicherung sind Messingstifte vorgesehen, die in eine Bohrung innerhalb der Kolbenringnuten eingeschlagen werden und in eine Aussparung der Kolbenringe greifen (Abb. 148). Die Stifte sind nach dem Einschlagen auf das entsprechende Maß abzufeilen und, wie aus der Abbildung hervorgeht, mittels einer Raumfeile abzusetzen. Der Stoß der Kolbenringe ist versetzt anzuordnen und so zu legen, daß er die Kanäle im Zylinder nicht überläuft (Abb. 149). Vor

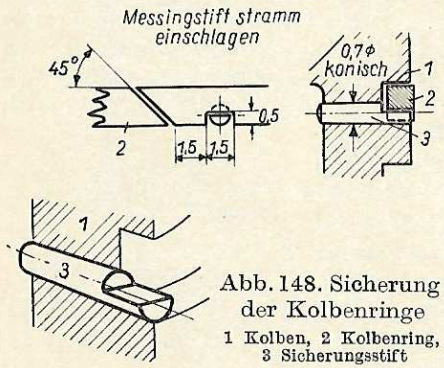


Abb. 148. Sicherung der Kolbenringe
1 Kolben, 2 Kolbenring, 3 Sicherungsstift

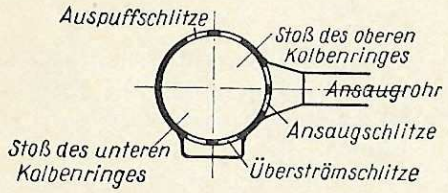


Abb. 149. Anordnung der Kolbenringstöße (Auspuff-, Ansaug- und Überströmschlitze), der Übersicht wegen in einer Ebene liegend gezeichnet

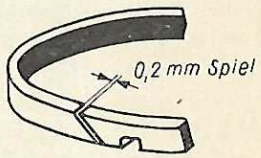


Abb. 150. Spiel im Kolbenringstoß bei den Motoren Ausführungsbeispiel I und II (in kaltem Zustand)

dem Aufbringen auf den Kolben sind die Kolbenringe in den Zylinder so einzupassen, daß in dem Stoß ein Spiel von 0,2 mm verbleibt (Abb. 150).

Da die aus Gußeisen bestehenden Ringe sehr leicht brechen, so ist beim Einpassen und Aufbringen große Vorsicht geboten.

f) Kurbelgehäuse

Die Herstellung des Gußstückes für das Kurbelgehäuse wird in der üblichen Weise unter Anwendung eines Holzmodells und einer Sandform vorgenommen (Abb. 151). Im nachfolgenden wird jedoch auf eine Herstellungsart hingewiesen, die gießereitechnisch zwar ungewöhnlich, aber nicht ganz unbekannt ist. Das für die Gußform erforderliche Modell wird hierbei nicht wie üblich aus Holz, sondern aus Wachs oder Stearin hergestellt und in Gips eingeformt (Abb. 152). Zur Aufnahme

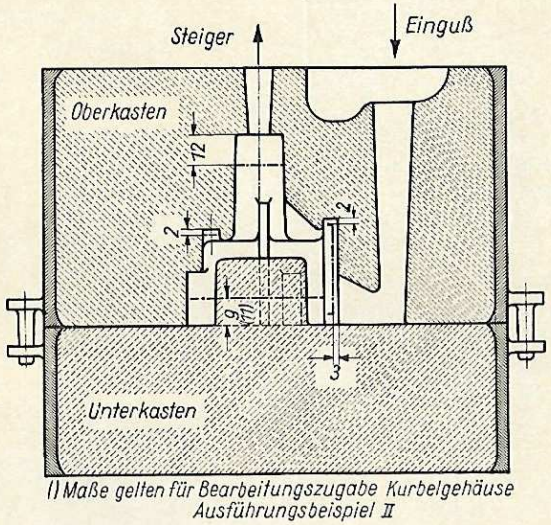


Abb. 151. Gußform für das Kurbelgehäuse unter Verwendung eines Holzmodells (in Sand eingeformt)

der Form dient hierbei ein Holzkästchen. Keineswegs darf dieser Kasten aus Blech bestehen. Nachdem der Gips abgebunden hat, wird das Modell in einfacher Weise ausgeschmolzen.

Vor dem Guß ist die Form aus dem Holzkästchen zu nehmen und gut zu trocknen. Ein einwandfreier Guß läßt sich nur bei vollkommen trockener Form erzielen. Die Form ist daher zweckmäßigerweise durchzuglühen. Das Durchglühen muß natürlich sehr allmählich vor sich gehen, da sonst Rißbildungen auftreten. Das Gießen erfolgt unter Verwendung einer normalen Gießkelle. Die Gießmasse wird im Schmiedefeuer oder durch eine Lötlampe bzw. einen Schweißbrenner erhitzt

und zum Schmelzen gebracht. Vor dem Guß ist die Gießmasse gut abzuschlacken.

Als Gießmasse ist gleichfalls Leichtmetall von Motorgehäusen, Getriebekästen usw. gut geeignet.

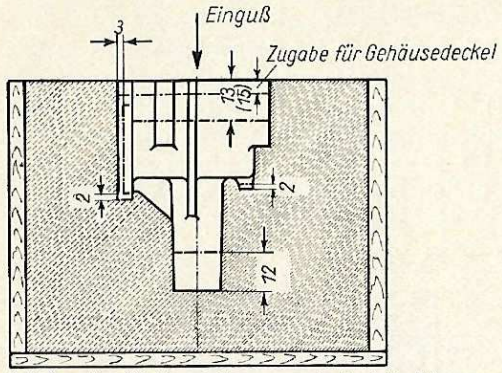


Abb. 152. Gußform für das Kurbelgehäuse unter Verwendung eines Wachsmodells (in Gips eingeformt)

Die auf diese Weise hergestellten Gußstücke fallen selbstverständlich nicht so sauber aus wie diejenigen, die unter Anwendung eines Holzmodells und einer Sandform hergestellt werden. Die Abgüsse erfordern daher ein Nacharbeiten, das jedoch bei den in Frage kommenden kleinen Abmessungen keine Schwierigkeiten bereitet. Abb. 153 zeigt ein Gehäusegußstück, das nach der vorstehend beschriebenen Gießart hergestellt wurde.

Bei der Herstellung der Modelle ist zu berücksichtigen, daß die Gießmasse beim Erkalten schwindet. Die Modelle sind daher unter Berücksichtigung von Leichtmetall mit einem Übermaß von ~ 2 % auszuführen. Wird ein Holzmodell verwendet, so ist dieses zum besseren Herausnehmen aus der Form leicht konisch auszuführen.

Diejenigen, die sich mit der Selbstherstellung der Gußstücke nicht befassen wollen, werden darauf hingewiesen, daß diese auch im Handel erhältlich sind.

Nach dem Anreißen wird das Kurbelgehäuse-Gußstück auf der Drehbank wie nachstehend beschrieben bearbeitet:

1. Kurbelgehäuse-Gußstück mit dem Lagerhals in das Dreibackenfutter gespannt (Abb. 154),

Vorbohren der für die Lagerbuchse erforderlichen Bohrung, Ausdrehen des Kurbelgehäuses, Plandrehen der Dichtungsfläche für den Gehäusedeckel.

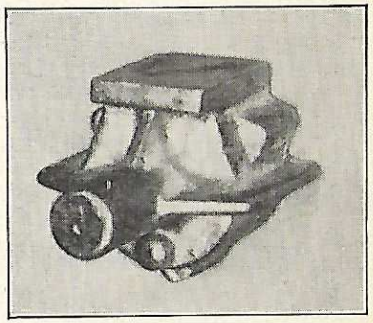


Abb. 153. Kurbelgehäuse-Rohguß bei Verwendung eines Wachsmodells (in Gips eingeformt)

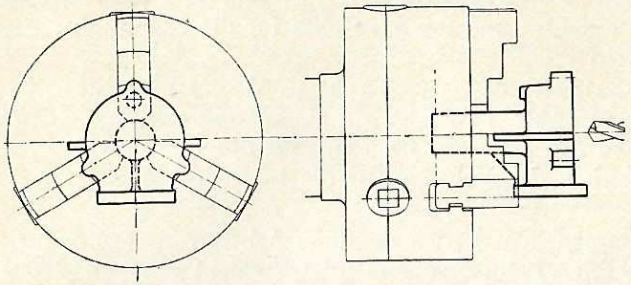


Abb. 154. Kurbelgehäuse-Gußstück zum Bohren und Ausdrehen mit dem Lagerhals in das Dreibackenfutter (Patentfutter) gespannt

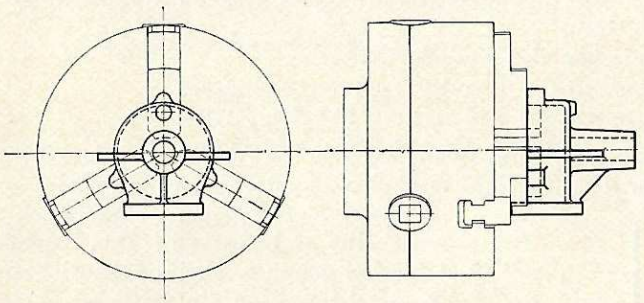


Abb. 155. Kurbelgehäuse-Gußstück zur Fertigbearbeitung des Lagerhalses in das Dreibackenfutter (Patentfutter) gespannt

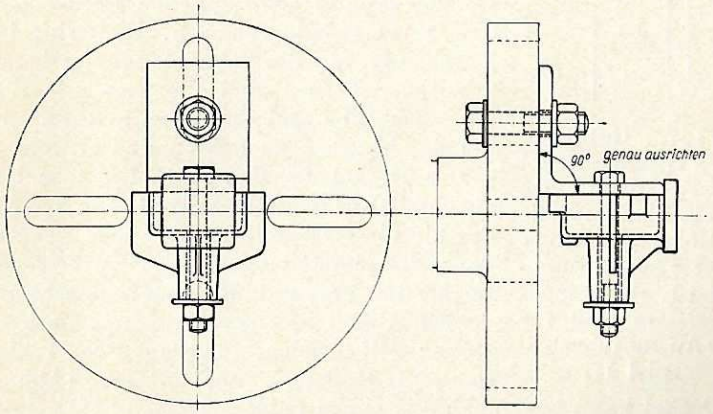


Abb. 156. Kurbelgehäuse-Gußstück zur Bearbeitung der Zylindersitzfläche auf der Planscheibe befestigt

Die beim Plandrehen der Dichtungsfläche stehenbleibenden Teile der Gehäuseaugen und des Flansches für die Zylinderbefestigung sind abzufeilen.

2. Kurbelgehäuse-Gußstück in das Dreibackenfutter gespannt (Abb. 155) oder auf einen Dorn gesetzt,
   Drehen des Ansatzes für den Sitz des Unterbrechers,
   Ausdrehen der Bohrung für die Lagerbuchse,
   Plandrehen des Lagerhalses.

Die Spannbacken werden für diese Arbeitsvorgänge umgedreht bzw. ausgewechselt. Beim Einspannen ist Vorsicht geboten. Das Futter ist zur Vermeidung eines Bruches oder Verziehens des Kurbelgehäuses nur so weit anzuspannen, daß die bei vorsichtiger Spanabnahme erforderliche Spannfestigkeit erreicht wird.

3. Kurbelgehäuse-Gußstück auf der Planscheibe befestigt (Abb. 156),
   Plandrehen der Zylindersitzfläche,
   Vorbohren des Schubstangendurchganges,
   Eindrehen der Zentrierung für den Zylinder.

Für diesen Arbeitsvorgang ist, wie die Abbildung zeigt, das Gehäuse unter Verwendung eines Winkeleisens 50×50×5 bzw. einem aus einem Flacheisen abgebogenen Winkelstück an der Planscheibe zu befestigen. Das Kurbelgehäuse ist hierbei genau winkelig auszurichten.

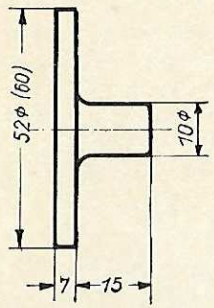


Abb. 157. Gußstück für den Gehäusedeckel bei Verwendung eines Kurbelgehäusemodells aus Holz (gezeichnet für Motor Ausführungsbeispiel I, nach eingeklammertem Maß für Motor Ausführungsbeispiel II)

Nunmehr werden die seitlichen Flächen des Flansches für die Zylinderbefestigung genau winkelig bearbeitet und die für die Befestigung des Motors, des Zylinders und des Gehäusedeckels erforderlichen Löcher gebohrt bzw. mit Gewinde versehen. Weiterhin ist der Durchgang für die Schubstange fertig auszuarbeiten. Ferner sind die Gewinde für die Ablaßschraube und die Sicherungsschraube für die Lagerbuchse zu bohren und zu schneiden.

Der Deckel für das Kurbelgehäuse besteht gleichfalls aus Leichtmetallguß. Die Herstellung des hierfür erforderlichen Rohlings richtet sich nach der Herstellungsart des Kurbelgehäuses. So ist bei Verwendung eines Kurbelgehäuses, dessen Abguß in einer Sandform nach einem Holzmodell erfolgt, für den Deckel ein besonderes Gußstück anzufertigen (Abb. 157). Der Deckel kann aber auch aus einem entsprechenden Stück Stangenmaterial gedreht werden, dessen Herstellung unter „Zylinderkopf" beschrieben wurde.

Wird hingegen das Gehäuse unter Verwendung eines Wachsmodells hergestellt, so wird das Gußstück für den Deckel einfach von dem entsprechend länger ausgeführten Gehäusegußstück abgeschnitten (s. Abb. 152).

Das Gußstück wird zunächst auf der Drehbank bearbeitet und dann durch Feilen der Gehäuseform angepaßt. Die Dichtungsfläche ist genau plan zu drehen.

g) Lagerbuchse

Für die Lagerbuchse muß erstklassige Bronze verwendet werden, damit ein zu schnelles Auslaufen verhindert wird. Der äußere Durchmesser der Lagerbuchse ist mit einem Übermaß für Einpressen auszuführen. Näheres hierüber siehe unter „Zusammenbau der Motoren"! Die Bohrung für die Kurbelwelle ist hingegen mit einem Untermaß zu bohren bzw. auszudrehen, damit die Lagerbuchse zum Einpassen der Kurbelwelle mit einer Reibahle aufgerieben werden kann.

h) Kurbelwelle

Die Kurbelwelle wird aus St 60.11 hergestellt. Sie wird je nach dem vorhandenen Baustoff vollständig aus dem Vollen gedreht oder aus Teilen zusammengesetzt. Abb. 158 zeigt die aus drei Teilen zusammengesetzte Kurbelwelle, die aus dem Wellenstück, dem Kurbelarm und

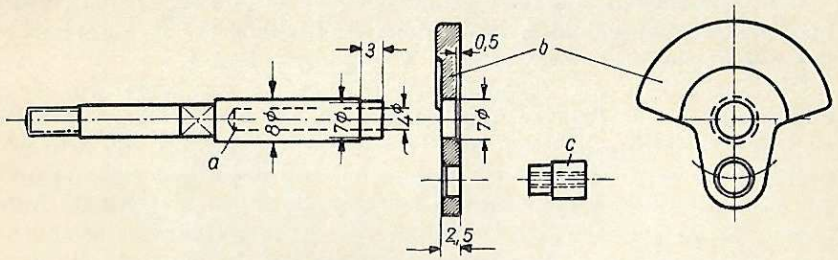


Abb. 158. Aus drei Teilen zusammengesetzte Kurbelwelle: a Wellenstück, b Kurbelarm, c Kurbelzapfen. Gezeichnet ist die Kurbelwelle für Motor Ausführungsbeispiel I. (Nicht angegebene Maße siehe Tafel IV)

dem Kurbelzapfen besteht. Die Teile sind stramm zusammenzupassen und gut hart zu löten. Sehr gut läßt sich die Kurbelwelle auch aus dem Ventil eines Kraftfahrzeugmotors herstellen (Abb. 159). Der Kurbelzapfen kann hierbei gleichfalls nicht aus dem Vollen gedreht werden. Er ist gesondert herzustellen und an der Kurbelwelle zu befestigen. Dies geschieht so, daß der fertig gearbeitete Kurbelzapfen stramm in die hierfür vorgesehene Bohrung der Kurbelwange eingepreßt, auf der Rückseite vernietet und gut hart verlötet wird. Der Kurbelzapfen

wird aus dem Schaft des verwendeten Kraftfahrzeugventils oder aus dem Schaft eines unbrauchbaren Spiralbohrers hergestellt. Das Gewinde in dem Kurbelzapfen ist vor dem Hartlöten zu schneiden, da nach dem Löten der Kurbelzapfen meist hart wird.

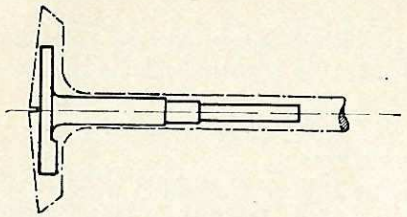


Abb. 159. Herstellung der Kurbelwelle aus dem Ventil eines Kraftfahrzeugmotors

Bei der Herstellung der Kurbelwelle ist besonders darauf zu achten, daß die Ausbohrung sowie die Abrundung der Welle am Kurbelarm und das Gegengewicht zeichnungsgemäß ausgeführt werden. Lagersitz und Kurbelzapfen sind sauber zu polieren. Das für die Befestigungsmutter erforderliche Gewinde wird mit einem Schneideisen oder einer verstellbaren Kluppe geschnitten. Die Befestigungsmutter muß hierbei ohne Spiel auf dem Gewinde gehen. Die Kurbelwelle ist in die Lagerbuchse so einzupassen, daß sie sich leicht, aber ohne merkbares Spiel drehen läßt. In axialer Richtung ist ein Spiel von insgesamt 0,5 mm zu berücksichtigen.

i) Mitnehmerscheibe und Druckscheibe für die Befestigung der Luftschraube

Die Mitnehmerscheibe für die Luftschraube ist gleichzeitig als Unterbrechernocken ausgebildet. Sie besteht aus Stahl 50.11. Es kann natürlich auch jeder andere gute Stahl Verwendung finden.

Die Herstellung der Mitnehmerscheibe geht in der Weise vor sich, daß zunächst eine Scheibe angefertigt wird, die den Vierkant erhält. Vor der Weiterbearbeitung ist die Scheibe sauber auf die Kurbelwelle aufzupassen. Die Mitnehmerscheibe muß unbedingt stramm und gut tragend auf dem Vierkant der Kurbelwelle sitzen. Nach dem Aufpassen ist die Lage der Scheibe durch zwei Körnerschläge zu zeichnen. Das Fertigdrehen der Mitnehmerscheibe ist auf der Kurbelwelle vorzunehmen, damit die Mitnehmerscheibe genau läuft. Beim Anfeilen der Fläche des Unterbrechernockens ist zu beachten, daß die Stellung dieser Fläche zum Kurbelarm zeichnungsgemäß ausgeführt wird. Während bei dem Motor Ausführungsbeispiel I ein Mitnehmerstift Verwendung findet, sind bei dem Motor Ausführungsbeispiel II zwei Mitnehmerschrauben vorgesehen. Die Bohrungen für die Mitnehmerschrauben sind zusammen mit der als Schnurscheibe ausgebildeten Druckscheibe zu bohren. Die Druckscheibe wird aus Leichtmetall hergestellt.

k) Schubstange

Die Schubstange wird aus Stahl 50.11 hergestellt. Es kann aber auch jeder andere hochwertige Stahl Verwendung finden. Sie wird aus

einem entsprechenden Stück Flachmaterial mit einer Metallaubsäge ausgesägt und durch Feilen in die richtige Form gebracht. Die Bohrungen für die Lagerbuchsen sind vor dem Aussägen zu bohren. Die Lagerbuchsen müssen selbstverständlich stramm in die Schubstange eingepreßt werden und genau rechtwinklig zu deren Längsachse liegen. Hierauf ist besonders zu achten. Von besonderer Wichtigkeit ist das in der Schubstange vorzusehende Schmierloch, das keineswegs zu vergessen ist. Die Schubstange ist auf den Zapfen der Kurbelwelle so aufzupassen, daß sich diese ohne Spiel leicht drehen läßt. Seitlich ist auf den Kurbelzapfen ein Spiel von insgesamt 0,5 mm zu berücksichtigen. Auch der Kolbenbolzen muß sich ohne Spiel leicht drehen lassen.

5. Teile zu den Vergasern

Der Vergaser besteht, wie Abb. 160 zeigt, im wesentlichsten aus folgenden Teilen:

dem Ansaugrohr, das mit dem Zylinder organisch verbunden ist,
dem Düsenstock,

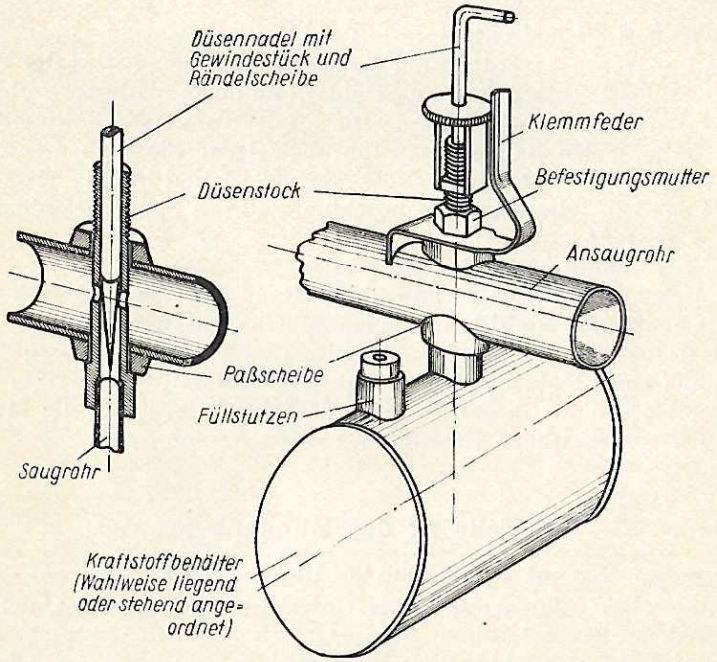


Abb. 160. Vergaser der Motoren zum Selbstbau, Ausführungsbeispiel I und II

der Düsennadel mit Gewindestück und Rändelscheibe,
der Klemmfeder,
dem Saugrohr und
dem Kraftstoffbehälter.

Die Herstellung des Vergasers erfolgt nach Tafel V. Bei der Herstellung des Düsenstockes und der Düse ist besonders auf saubere Arbeit zu achten.

Der Düsenstock wird aus einem entsprechenden Stück Rundmessing gedreht; er kann aber auch unter Verwendung eines Messingrohres hergestellt werden. Die für den Austritt des Kraftstoffes vorzusehende waagerecht liegende Bohrung ist genau nach Zeichnung auszuführen.

Die Düsennadel besteht aus einem Stück Rundstahl und ist für das Einstellen am freien Ende hakenförmig umgebogen. Wie bereits unter „Vergaser" in Abschnitt IV erwähnt wurde, hängt das einwandfreie Arbeiten eines solchen Vergasers von der Beschaffenheit der Düse und der Düsennadel ab. Die Düsennadel darf in dem Düsenstock auf keinen Fall wackeln, sondern muß sich in ihm ohne Spiel bewegen lassen. Auch ist die Düsenspitze genauestens zentrisch auszuführen. Bei der Herstellung der Düsennadel und bei ihrem Einpassen in den Düsenstock ist vorstehendes besonders zu beachten.

Der Kraftstoffbehälter kann, wie Tafel V zeigt, wahlweise liegend oder stehend angeordnet werden. Bei stehender Anordnung wird der Boden des Behälters trichterförmig ausgebildet, um einen restlosen Verbrauch des Kraftstoffes zu gewährleisten. Die auf der Tafel dargestellten Kraftstoffbehälter sollen die Normalausführung zeigen. Sie können natürlich auch nach dem Verwendungszweck vergrößert und in ihrer Form verändert werden. Hierbei ist zu beachten, daß das Saugrohr keineswegs zu lang werden darf.

Der Kraftstoffbehälter besteht aus 0,2 mm starkem Messing- bzw. Weißblech und ist weich zu löten. Der Rand der Böden ist über einer aus Hartholz oder Stahl bestehenden Scheibe zu börteln.

Für das Füllen des Kraftstoffbehälters ist ein Stutzen vorgesehen, der durch einen einfachen Stopfen aus Leichtmetall verschlossen wird. Bei der Herstellung dieses Stopfens darf auf keinen Fall die für den Luftzutritt vorgesehene Bohrung vergessen werden.

6. Teile zu den Zündanlagen

a) Herstellung des Unterbrechers

Die Motoren werden mit einem Unterbrecher ausgerüstet, der eine senkrecht zur Kurbelwelle stehende Unterbrecherfeder hat.

Der Unterbrecher (Abb. 161) besteht im wesentlichsten aus folgenden Teilen:

dem auf der Kurbelwelle befestigten Nocken (Mitnehmerscheibe),

dem auf dem Lagerhals des Kurbelgehäuses drehbar befestigten Unterbrecherträger,
dem an dem Unterbrecherträger angeschraubten und aus Isolationsmaterial bestehenden Kontaktschraubenträger,
der an dem Unterbrecherträger angeschraubten Unterbrecherfeder, die an ihrem unteren Teil ein Gleitstück aus Leichtmetall trägt,
den beiden Kontaktschrauben, von denen eine mit der Unterbrecherfeder fest verbunden, während die andere in den Kontaktträger eingeschraubt ist.

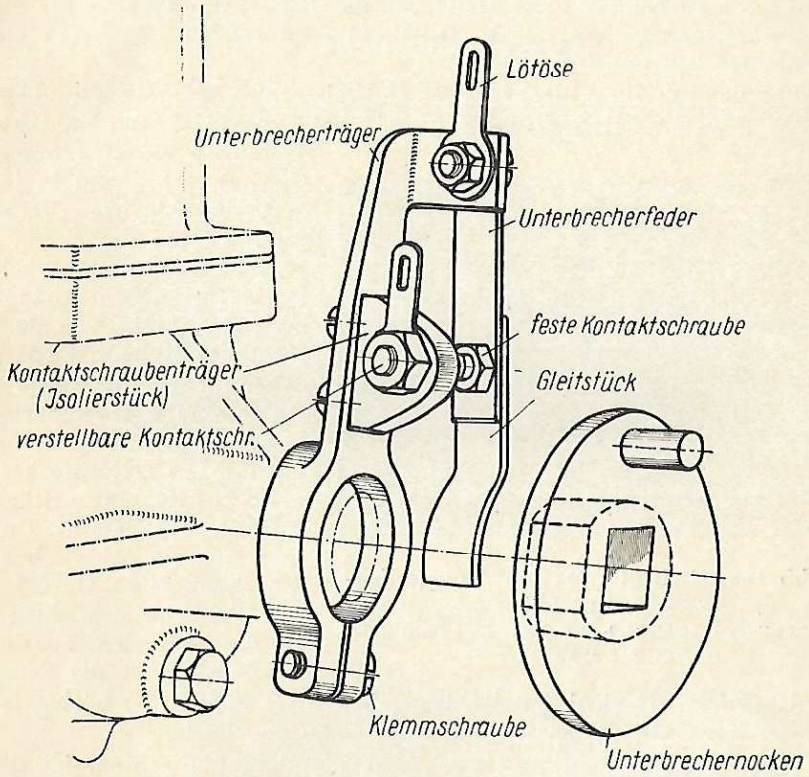


Abb. 161. Unterbrecher der Motoren zum Selbstbau, Ausführungsbeispiel I und II
(In der Abbildung wurde der besseren Übersicht wegen die Kurbelwelle fortgelassen und der Unterbrechernocken abgezogen dargestellt)

Für beide Ausführungsbeispiele kommt die gleiche Unterbrecherbauart zur Anwendung. Die Teile des Unterbrechers sind bis auf den Unterbrecherträger für beide Motoren gleich. Die Unterbrecherträger

unterscheiden sich hauptsächlich nur durch die Abmessungen des für die Befestigung vorgesehenen Auges.

Die Herstellung des Unterbrechers bzw. seiner Einzelteile geht aus Tafel VI hervor. Bei der Herstellung des Unterbrecherträgers ist zu beachten, daß die offenen Maße für Ausführungsbeispiel I, die Klammermaße für Ausführungsbeispiel II gelten.

Der Unterbrecherträger ist aus einem Stück Leichtmetall von 6 mm Stärke herzustellen. Er ist mittels einer Metallaubsäge auszusägen und durch Feilen weiterzubearbeiten. Vor dem Aussägen empfiehlt es sich, das Auge zu bohren. Das Umbiegen des Befestigungslappens für die Unterbrecherfeder hat nicht scharfkantig zu erfolgen, da sonst ein Einreißen des Baustoffes eintritt.

Für den am Unterbrecherträger angeschraubten Kontaktschraubenträger wird ein entsprechendes Stück Fiber verwendet. Die Kontaktschrauben haben 2,6-mm-Gewinde. Sie sind in jedem einschlägigen Fachgeschäft erhältlich.

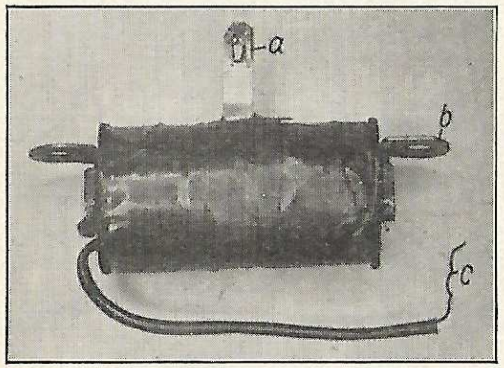


Abb. 162. Einbaufertige Zündspule (selbsthergestellt)
a Zündkerzenanschluß, b Batterieanschluß (vom Unterbrecher), c Batterieanschluß

Das einwandfreie Arbeiten des Unterbrechers hängt in erster Linie von dem Kontaktschluß ab. Es darf daher nur eine gut gehärtete Feder von der vorgeschriebenen Stärke Verwendung finden. Die Unterbrecherfeder wird aus einem Stück Federstahl hergestellt. Gut läßt sich ein entsprechendes Stück einer Uhrfeder von der vorgeschriebenen Stärke verwenden. Vor der Bearbeitung ist die Feder auszuglühen. Nach der Bearbeitung bzw. dem Bohren der Löcher ist die Feder wieder zu härten und dunkelblau anzulassen.

Beim Zusammenbau des Unterbrechers ist darauf zu achten, daß die Unterbrecherfeder die Kontakte unbedingt fest aufeinanderpreßt. Sie ist aus diesem Grunde mit genügend Vorspannung einzusetzen. Weiter ist zu beachten, daß die Flächen der Kontaktschrauben genau aufeinanderliegen.

b) Herstellung der Zündspule

Die Kennzeichen der für beide Motoren bestimmten Zündspule sind folgende (Abb. 162):

Betriebsspannung	3,5—4,5 V
Eisenkern	10 Bleche 8×50 mm ca. 0,5 mm stark, Gesamtstärke des Kerns etwa 5 mm
Primärwicklung	2 Lagen lackisolierter Kupferdraht 0,5 mm ∅ mit je 65 Windungen
Sekundärwicklung	$30^1/_2$ Lagen lackisolierter Kupferdraht 0,07 mm ∅ mit je 480—500 Windungen
Zwischenisolierung der Primärwicklungen	starkes Schreibmaschinenpapier
Zwischenisolierung der Sekundärwicklungen	gute, dünne Isolierseide
Gewicht der fertigen Spule	etwa 60 g

Das Wickeln der Spule erfolgt auf einer Wickelmaschine bzw. einer entsprechenden Einrichtung. Abb. 163 zeigt eine vom Verfasser be-

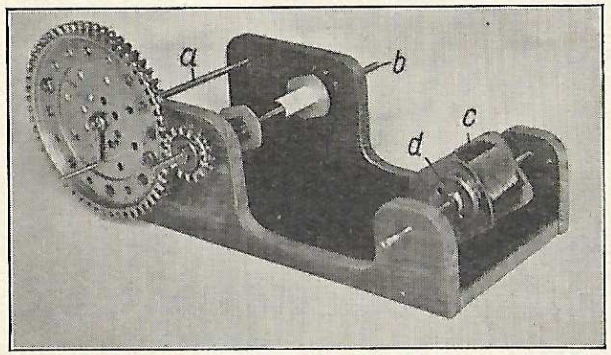


Abb. 163. Wickelmaschine für die Selbstherstellung einer Zündspule
a Vorlegewelle, b Aufwickelwelle eines befestigten Zündspulenkerns, c Abwickelwelle, d Bremse auf der Abwickelwelle

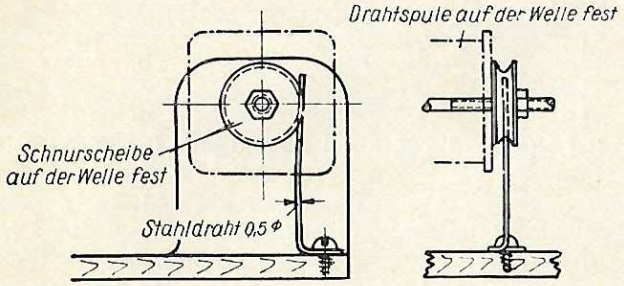


Abb. 164. Bremse auf der Abwickelwelle der Zündspulen-Wickelmaschine

helfsmäßig aus Teilen eines Konstruktionsbaukastens hergestellte Wickelmaschine, die sich gut bewährt hat. Ihr Aufbau ist aus der Abbildung ersichtlich, so daß sich eine eingehende Erklärung erübrigt. Erwähnt sei, daß die Abwickelwelle, d. h. die Welle, auf der die Spule sitzt, von der der aufzuwickelnde Draht entnommen wird, mit einer

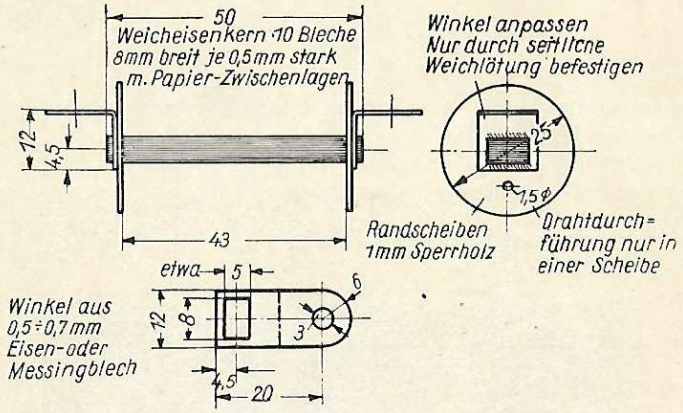


Abb. 165. Eisenkern der Zündspule

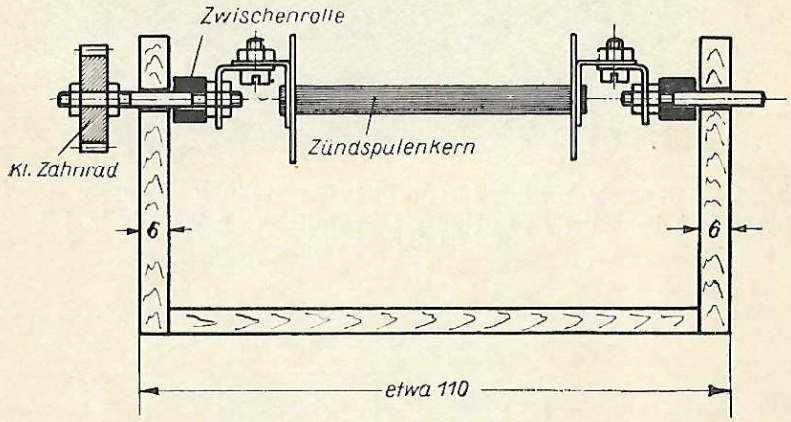


Abb. 166. Befestigung des Kerns der Zündspule in der Wickelmaschine

Bremse versehen ist (Abb. 164). Diese Einrichtung ist erforderlich, da bei plötzlicher Unterbrechung des Spulvorganges diese Welle sich infolge des Beharrungsvermögens weiterdreht und ein Verwickeln bzw. Reißen des Drahtes eintritt. Selbstverständlich darf die Bremswirkung unter Berücksichtigung des dünnen Drahtes nur ganz gering sein.

Der fertige Eisenkern der Zündspule ist in Abb. 165 dargestellt. Er ist mit seitlichen Winkeln versehen, die in erster Linie zur Befestigung der Spule in der Wickelmaschine gedacht sind (Abb. 166). Diese Winkel bestehen am besten aus Messingblech und werden durch Weichlöten mit dem Kern verbunden. Der Kern erhält seitliche Randscheiben, die aus 1 mm starkem Sperrholz bestehen. Sie sind stramm aufzupassen und während des Anlötens der Winkel auf Mitte Kern zu schieben.

Die seitlichen Winkel werden weiterhin auch zur Befestigung der Zündspule im Flugmodell herangezogen (Abb. 167).

Bei Herstellung der Zündspule geht man wie nachstehend beschrieben vor.

Die den Eisenkern bildenden Bleche werden zunächst durch Zwischenlegen von Papier gut voneinander isoliert. Nachdem die Randscheiben aufgebracht und die seitlichen Winkel angelötet sind, erhält der Kern eine aus drei Lagen Schreibmaschinenpapier bestehende Isolation. Auf diese Isolation wird nunmehr die Primärwicklung gelegt, die aus zwei Lagen 0,5 mm starkem, lackisoliertem Kupferdraht mit je 65 Windungen besteht. Diese beiden Lagen sind gleichfalls durch Schreibmaschinenpapier voneinander zu isolieren. Während der Anfang der Primärwicklung (Abb. 168) mit einem seitlichen Winkel verbunden wird (weich löten!), ist das Ende durch die Randscheibe nach außen zu führen. Die obere Lage der Primärwicklung erhält wiederum eine Isolation aus Schreibmaschinenpapier, auf die nunmehr die aus 0,07 mm starkem, lackisoliertem Kupferdraht bestehende Sekundärwicklung aufgewickelt wird. Für die Sekundärwicklung sind $30^1/_2$ Lagen zu je 480—500 Windungen vorzusehen. Die einzelnen Lagen sind unter Verwendung von Isolierseide gut voneinander zu isolieren.

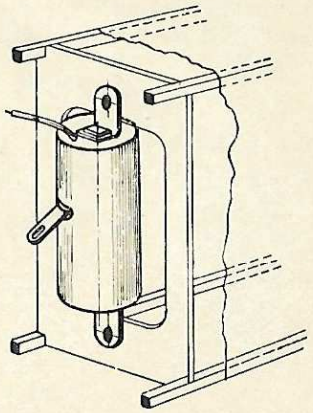


Abb. 167. Vorschlag für die Befestigung der selbsthergestellten Zündspule (s. Abb. 162) im Flugmodell

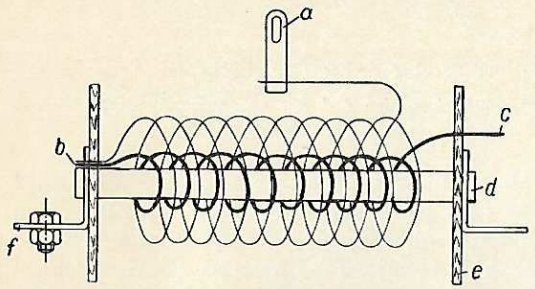


Abb. 168. Schema der Zündspule

a Zündkerzenanschluß, Ende Sekundärwicklung; b Batterieanschluß, Anfang Primärwicklung und Sekundärwicklung; c Batterieanschluß, Ende Primärwicklung; d Eisenkern; e Randscheiben; f Befestigungswinkel

Der Anfang der Sekundärwicklung wird mit dem Anfang der Primärwicklung vereinigt und wiederum an den seitlichen Befestigungswinkel gelötet. Das Ende dieser Wicklung wird hingegen an einen Blechstreifen gelötet, der zum Anschluß des Verbindungskabels zur Zündkerze dient. Dieser Blechstreifen ist auf der Spule gut mit Schnur zu befestigen.

Das einwandfreie Arbeiten der Zündspule hängt in erster Linie von der Isolation der einzelnen Windungen ab. Um ein seitliches Durchschlagen der Spule zu verhindern, ist beim Wickeln der Sekundärwicklung zu beachten, daß die einzelnen Lagen mindestens 3 mm von den Rand-

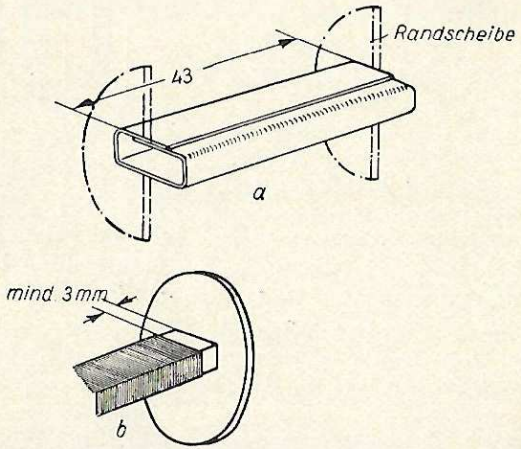


Abb. 169. Isolierung der Sekundärwicklung

a Isolierseide muß gut überdeckt aufgebracht werden und bis an die Randscheiben reichen.
b Der Abstand der Wicklungen von den Randscheiben muß mindestens 3 mm betragen

scheiben entfernt liegen (Abb. 169b). Die Isolation ist jedoch unbedingt bis an die Randscheiben zu führen. Auch müssen die zwischen den einzelnen Lagen vorzusehenden Isolierungen sich gut überdecken, so daß kein freier Spalt bleibt (Abb. 169a). Die oberste Lage der Sekundärwicklung erhält wiederum eine gute Isolation aus Isolierseide, auf die zum Schutz gegen Feuchtigkeit eine weitere Isolation aus Isolierband aufzubringen ist.

Für die Herstellung der Zündspule läßt sich gut ein unbrauchbarer, entsprechend großer Niederfrequenz-Radiotransformator verwenden. Von diesem werden nicht nur der Draht für die Sekundärwicklung, sondern auch die Bleche für den Eisenkern entnommen.

Mit einer neuen, guten 4-Volt-Taschenlampenbatterie muß unter Verwendung eines Wickelkondensators von 0,2 MF die Spule einen Funken erzeugen, der einen Luftspalt von etwa 8 mm überbrückt.

c) Kondensator

Für die Zündanlage wird ein normaler Rundfunkkondensator von 0,2 MF verwendet, der am besten zylindrische Form hat und in jedem einschlägigen Fachgeschäft erhältlich ist. Bei seiner Beschaffung ist auf möglichst niedriges Gewicht und kleine Abmessungen zu achten.

d) Zündkerze

Für die Motoren ist eine Bosch-Zündkerze mit 10-mm-Gewinde vorgesehen (Abb. 170). Sie kann jedoch ohne weiteres durch die neuen Spezial-Flugmodell-Zündkerzen mit 6- und 10-mm-Gewinde ersetzt werden (s. Abb. 84).

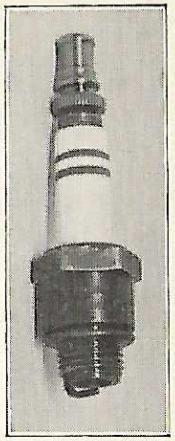


Abb. 170. Bosch-Zündkerze mit 10-mm-Gewinde

e) Herstellung des Zeitschalters

Abb. 171 zeigt einen Zeitschalter, der vom Verfasser unter Verwendung eines einfachen Photo-Zeitauslösers (Abb. 172) hergestellt wurde. Aus der Abbildung ist

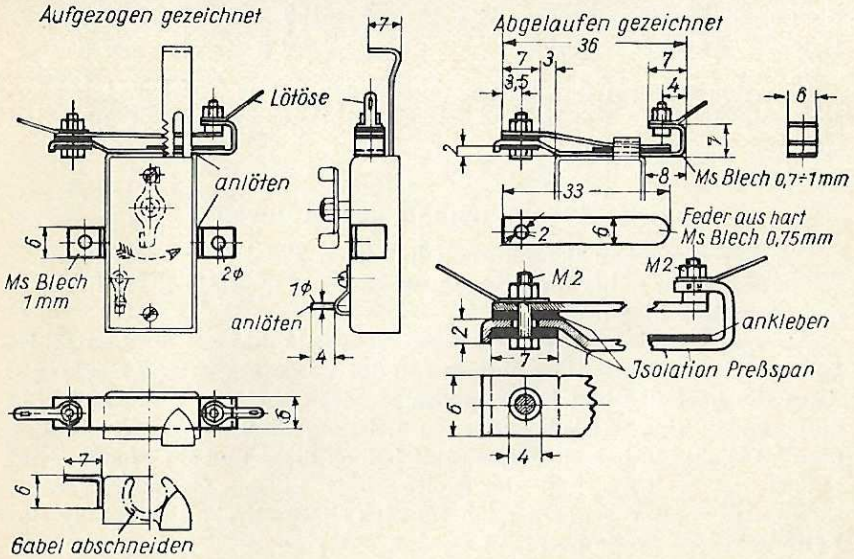


Abb. 171. Aus einem Photo-Zeitauslöser hergestellter Zeitschalter

alles Nähere ersichtlich, so daß von einer ausführlichen Beschreibung Abstand genommen werden kann. Die Laufzeit eines solchen Photo-Zeitauslösers ist natürlich sehr kurz. Sie wird in einfachster Weise dadurch verlängert, indem das in dem Auslöser eingebaute Bremsflügelrad durch Auflöten eines Zinntropfens beschwert wird. Hierdurch lassen sich ohne weiteres Laufzeiten von 2 min erreichen. Das Auflöten muß natürlich mit großer Vorsicht vorgenommen werden. Die Kontaktfeder muß unbedingt stramm an der Kontaktschraube anliegen, damit ein guter Stromdurchgang gewährleistet wird. Die Feder ist daher mit genügender Vorspannung einzusetzen.

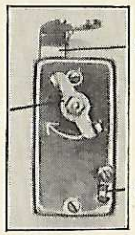


Abb. 172. Photo-Zeitauslöser

7. Herstellung der Luftschrauben

Die Motoren werden am zweckmäßigsten mit zweiflügeligen Luftschrauben ausgerüstet, die folgende Daten haben:

Motor Ausführungsbeispiel	I	II
Durchmesser der Luftschraube	350 mm	450 mm
Steigung	190 mm	220 mm
Gewicht der Luftschraube	30 g	55 g

Die Abmessungen der Luftschrauben gehen aus Tafel VII hervor. Die Luftschrauben werden aus astfreier Rotbuche hergestellt und sind sehr gut auszuwuchten.

8. Zusammenbau der Motoren

Der Zusammenbau der Motoren hat nach Tafel II zu erfolgen.

Bevor hierauf näher eingegangen wird, ist es unerläßlich, auf folgendes besonders hinzuweisen:

Wie eingangs des Buches schon gesagt wurde, hängen die Lauffähigkeit und die Leistung eines Motors von der Verdichtung im Zylinder ab. Auch die im Selbstbau hergestellten Motoren sind nur dann lauffähig und können eine zufriedenstellende Leistung abgeben, wenn sie eine gute Verdichtung haben. Diese setzt jedoch nicht nur ein genaues Einpassen des Kolbens und der Kolbenringe in den Zylinder voraus, sondern es muß vor allem auch für eine einwandfreie Abdichtung des Zylinderkopfes Sorge getragen werden.

Weiterhin hängt die Leistung der Motoren von der Spülung im Zylinder ab, die durch die Vorverdichtung im Kurbelgehäuse bedingt wird.

Es ist daher ganz besonders auf gute Abdichtung des letzteren zu achten. Bei Gußstücken, die selbst gegossen werden, können leicht poröse Stellen auftreten. Es empfiehlt sich daher, das Kurbelgehäuse hierauf zu prüfen. Poröse Stellen lassen sich meistens durch Wasserglas abdichten, das im Gehäuse unter Druck zu setzen ist.

Daß größte Sorgfalt und peinlichste Sauberkeit beim Zusammenbau Voraussetzung für einen einwandfreien Lauf der Motoren sind, braucht nicht betont zu werden. Sämtliche Teile sind vor dem Zusammenbau sehr gut zu reinigen, damit unter keinen Umständen Bearbeitungsrückstände, wie Feilspäne usw., an ihnen haften. Dies ist natürlich ganz besonders beim Einbau des Kolbens zu beachten, da infolge des außerordentlich geringen Spiels zwischen Kolben und Zylinderwand selbst die kleinsten Fremdkörper zu einem Festgehen, ja sogar Fressen des Kolbens und somit unter Umständen zur Zerstörung des Motors Anlaß geben können.

Der Zusammenbau der Motoren erfolgt wie nachstehend beschrieben:

1. Einpressen der Lagerbuchse in das Kurbelgehäuse und Sichern derselben,
2. Einbringen der Kurbelwelle,
3. Aufsetzen des Unterbrechers,
4. Aufschlagen der Mitnehmerscheibe,
5. Aufbringen der Schubstange und Sichern derselben,
6. Befestigen des Kolbens,
7. Aufsetzen des Zylinders,
8. Befestigen des Zylinderkopfes und des Gehäusedeckels,
9. Anbauen des Vergasers,
10. Aufbringen und Befestigen der Luftschraube,
11. Einstellen des Unterbrechers bzw. des Zündzeitpunktes.

Hierbei ist folgendes zu beachten:

Zu 1. Das Einpressen der Lagerbuchse (Teil 2, Tafel III und IV) in das Kurbelgehäuse erfolgt am zweckmäßigsten im Schraubstock und muß mit großer Vorsicht vorgenommen werden. Der Preßsitz, d. h. das für das Festsitzen der Buchse erforderliche Übermaß, darf unter keinen Umständen zu groß gewählt werden, da sonst bei dem Einpressen in den Lagerhals unzulässige Spannungen auftreten, die ein Platzen zur Folge haben. Beim Einpressen der Buchse ist weiterhin zu beachten, daß der Bund gut an der inneren Wand des Kurbelgehäuses anliegt. Nach dem Einpressen ist die Buchse mit der Aussenkung für die Sicherungsschraube zu versehen. Das Gewinde für die Sicherungsschraube ist in den Lagerhals vor dem Einpressen der Buchse zu schneiden.

Zu 2. Für das Einpassen der Kurbelwelle gilt das unter „Kurbelwelle" Gesagte. Beim Einpassen ist zu beachten, daß die Wellenabrundung am Kurbelarm gut frei in der Buchse geht und nur der Kurbelarm am Bund der Lagerbuchse anläuft.

Zu 3. Der Unterbrecherträger (Teil 1, Tafel IV) ist auf dem Lagerhals des Kurbelgehäuses durch Anziehen der Klemmschraube so zu befestigen, daß er sich zum Verstellen des Zündzeitpunktes gerade noch drehen läßt. Ein selbsttätiges Verstellen darf aber keineswegs eintreten.

Die Unterbrecherfeder (Teil 2, Tafel IV) ist erst nach dem Einlaufen des Motors unter Antrieb durch eine fremde Kraftquelle anzubauen.

Zur Erleichterung des Motoreinbaues und des Anbringens der Motorverkleidung wird der Unterbrecher zweckmäßigerweise parallel zum Zylinder angeordnet (siehe Tafel V).

Zu 4. Das Aufschlagen der Mitnehmerscheibe (Teil 13, Tafel III und IV) geht aus Abb. 173 hervor. Es sei nochmals darauf hingewiesen, daß die Mitnehmerscheibe unbedingt stramm auf dem Vierkant der Kurbelwelle sitzen muß.

Zum Abziehen der Mitnehmerscheibe ist am zweckmäßigsten eine Vorrichtung gemäß Abb. 174 herzustellen.

Zu 5. Zum Aufbringen der Schubstange (Teil 19, Tafel III und IV) ist die Kurbelwelle so zu drehen, daß der Kurbelzapfen sich in der unteren Totpunktlage befindet.

Zu 6. Beim Einbau des Kolbens (Teil 15, Tafel III und IV) ist auf die richtige Lage des Fensters bzw. der Nase zu achten. Diese müssen von der Luftschraube aus auf den Zylinder gesehen rechts liegen.

Vor dem Aufsetzen des Kolbens sind die Kolbenringe aufzubringen und zu sichern. (Anordnung der Kolbenringstöße siehe Abb. 149.) Nach dem Einschlagen des Kolbenbolzens sind die Sicherungspilze einzusetzen.

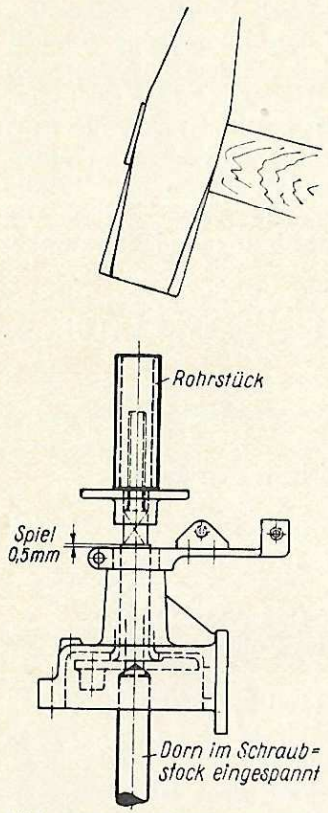


Abb. 173. Aufschlagen der Mitnehmerscheibe auf die Kurbelwelle beim Zusammenbau der Motoren

Zu 7. Der Zylinder (Teil 4—6, Tafel III und IV) ist unbedingt dicht auf dem Kurbelgehäuse zu befestigen. Zwischen den Zylinderflansch und das Kurbelgehäuse ist eine Dichtung aus Zeichenpapier zu legen. Die Schrauben für die Zylinderbefestigung sind gleichmäßig übereck anzuziehen. Wie aus Abb. 175 ersichtlich ist, müssen die Köpfe dieser Befestigungsschrauben an das Kurbelgehäuse angepaßt werden. Sie sind durch Feilen zeichnungsgemäß wegzunehmen. Beim Aufsetzen des Zylinders ist an den Kolben reichlich Schmierstoff zu geben.

Zu 8. Für die Abdichtung des Zylinderkopfes (Teil 4, Tafel III und IV) ist ein Dichtungsring aus weichem Kupfer- oder Aluminiumblech zu verwenden, der zweckmäßigerweise eine Stärke von etwa 0,3 mm hat (Schablonenblech).

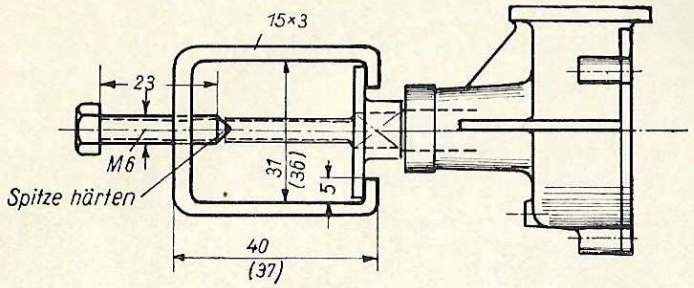


Abb. 174. Abziehvorrichtung für die Mitnehmerscheibe (Gezeichnet für Motor Ausführungsbeispiel I, nach eingeklammerten Maßen für Motor Ausführungsbeispiel II)

Die Befestigungsschrauben für den Zylinderkopf müssen stramm im Zylinder gehen. Sie sind gleichmäßig übereck anzuziehen, um ein Verspannen des Zylinderkopfes zu vermeiden.

Der Deckel des Kurbelgehäuses muß unbedingt dicht schließend befestigt werden. Auch hier ist eine Dichtung aus Zeichenpapier zwischenzulegen.

Zu 9. Beim Anbau des Vergasers bzw. des Düsenstockes (Teil 1, Tafel V) ist darauf zu achten, daß falsche Luft nicht angesaugt werden kann. Die am Ansaugrohr (Teil 6, Tafel III und IV) liegenden Paßscheiben (Teil 6, Tafel V) sind daher gut dicht an dieses anzupassen.

Zu 10. Die Lage der Luftschraube zur Kurbelstellung ist für das Anwerfen des Motors von Wichtigkeit. Die Luftschraube ist so aufzusetzen, daß sie von vorn gesehen im Winkel von 45° nach rechts steht, wenn der Kolben sich im oberen Totpunkt befindet.

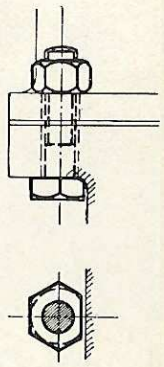


Abb. 175. Anpassen der Befestigungsschrauben für den Zylinder

Zu 11. Das Gleitstück (Teil 4, Tafel VI) ist an der Unterbrecherfeder so anzupassen, daß bei geschlossenem Unterbrecher zwischen der geraden Fläche des Unterbrechernockens und dem Gleitstück das aus Tafel VI ersichtliche Spiel verbleibt.

Bei geöffnetem Unterbrecher soll der Abstand der Kontakte (Teil 5 und 6, Tafel VI) 0,5 mm betragen. Dieses Spiel ist unbedingt einzuhalten.

Da die Motoren erst nach dem Einlaufen durch eine fremde Kraft endgültig abzudichten sind, so ist die am Kurbelgehäuse zwischen dem Zylinderflansch und dem Gehäusedeckel vorzusehende Zeichenpapierdichtung zunächst ohne Dichtungsmittel zu verwenden.

9. Einlaufen und Betrieb der Motoren

Wie allgemein bekannt ist, bedarf jeder neue Motor erst einer gewissen Einlaufzeit, bevor er voll belastet und in den Dauerbetrieb genommen werden kann. Diese Zeit wird bedingt durch das erforderliche Einlaufen sämtlicher beweglichen Teile und hierbei besonders des Kolbens und der Kolbenringe. Da von dem Einlaufen nicht nur die Leistung des Motors, sondern auch seine Lebensdauer abhängt, ist dieser Arbeit besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

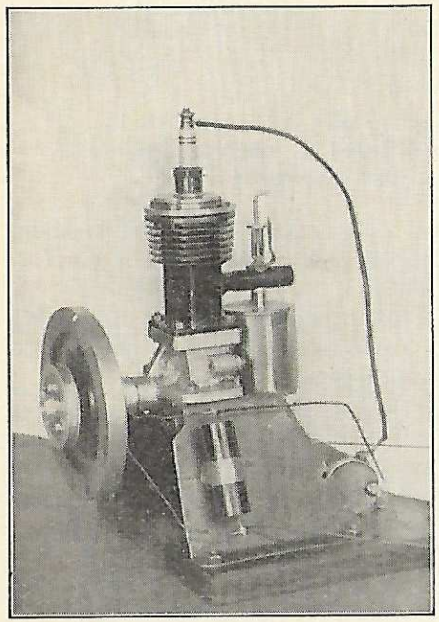


Abb. 176. Flugmodell-Motor, Ausführungsbeispiel II, zum Einlaufen mit Schwungscheibe versehen

Beim Einlaufen eines Flugmodell-Motors unterscheidet man grundsätzlich das Einlaufen des Motors unter Antrieb durch eine fremde Kraftquelle und das Einlaufen des Motors mit eigener Kraft.

a) Einlaufen des Motors unter Antrieb durch eine fremde Kraftquelle

Der zusammengebaute Motor läßt sich vorerst schwer durchdrehen, da die beweglichen Teile, und hierbei besonders der Kolben, sehr stramm gehen. Es ist daher unumgänglich, den Motor vor der ersten Inbetriebnahme durch eine fremde Kraft anzutreiben. Zur Erleichterung des Durchdrehens ist hierzu die Zündkerze zu entfernen. Auch wird an Stelle der Luftschraube zunächst ein Schwungrad verwendet (Abb. 176). Dieses Schwungrad wird erfahrungsgemäß auch beim Einlaufen des Motors mit eigener Kraft erforderlich, da die Masse der Luftschraube anfänglich nicht genügt, den Kolben über die Totpunkte zu bewegen. Das Schwungrad muß also hierbei mithelfen.

Das Schwungrad kann als einfache Scheibe ausgeführt werden, wobei die Nabenstärke der Luftschraube durch Zwischenlegen entsprechender Scheiben auszugleichen ist. Für den Motor Ausführungsbeispiel I muß der Durchmesser des Schwungrades etwa 75 mm, die Breite etwa 8 mm betragen. Das Schwungrad für den Motor Ausführungsbeispiel II hat hingegen zweckmäßigerweise einen Durchmesser von etwa 100 mm bei einer Breite von etwa 10 mm. Es ist auf der Kurbelwelle so zu befestigen, daß es unbedingt gut „läuft", d. h. in keiner Richtung schlägt. Auch ist das Schwungrad unbedingt fest unter Anwendung des Mitnehmerstiftes bzw. der Mitnehmerschrauben auf der Kurbelwelle zu befestigen.

Zum Einlaufen wird der Motor entweder auf zwei Hartholzleisten oder, wie aus Abb. 176 ersichtlich ist, auf zwei Blechträgern befestigt.

Das Antreiben findet zweckmäßigerweise durch die Drehbank unter Anwendung eines Lederrundriemens von etwa 3 mm Durchmesser statt. Die den Motor antreibende Riemenscheibe wird auf einem Dorn befestigt, der in das Patentfutter der Drehbank gespannt wird. Als angetriebene Scheibe dient am besten das Schwungrad, das zur Aufnahme des Antriebriemens eine Rille erhält. Zum Antreiben kann natürlich auch irgendeine andere Vorrichtung, die von Hand aus betrieben wird, verwendet werden. Die Drehzahl des Motors darf beim Einlaufen keineswegs zu hoch gewählt werden.

Den Motor läßt man nun so lange mit fremder Kraft einlaufen, bis er sich leichter durchdrehen läßt. Beim Einlaufen ist in den Zylinder und an die Lagerstellen reichlich Schmierstoff zu geben. Nach dem Einlaufen ist der Motor nochmals zu reinigen (auf den Überströmkanal achten!). Nachdem der Motor abgedichtet und die Zündkerze eingeschraubt worden ist, prüfe man ihn zunächst auf dichten Zusammenbau. Zum Abdichten sind die aus Zeichenpapier bestehenden Dichtungen beiderseitig mit einem Dichtungsmittel, wie Curil, zu bestreichen, das sich mit Spiritus verdünnen läßt. Das Dichtungsmittel darf keinesfalls zu dick aufgetragen werden, damit es beim Zusammenschrauben der Teile nicht in den Motor dringt.

Das Prüfen auf Dichtigkeit erfolgt in der Weise, daß man die zu prüfenden Stellen mit Schmierstoff bestreicht und den Motor kräftig durchdreht. Auftretende Luftblasen zeigen einwandfrei undichte Stellen an, die neu abzudichten sind.

b) Einstellung des Zündzeitpunktes

Die Einstellung des Zündzeitpunktes erfolgt wie bereits unter „Zündanlage" beschrieben. Bei dem Motor Ausführungsbeispiel I hat die Zündung etwa 2,0 mm und bei dem Motor Ausführungsbeispiel II etwa 3,0 mm vor dem oberen Totpunkt zu erfolgen.

Zur ersten Inbetriebnahme durch eigene Kraft ist die Frühzündung zunächst geringer zu wählen.

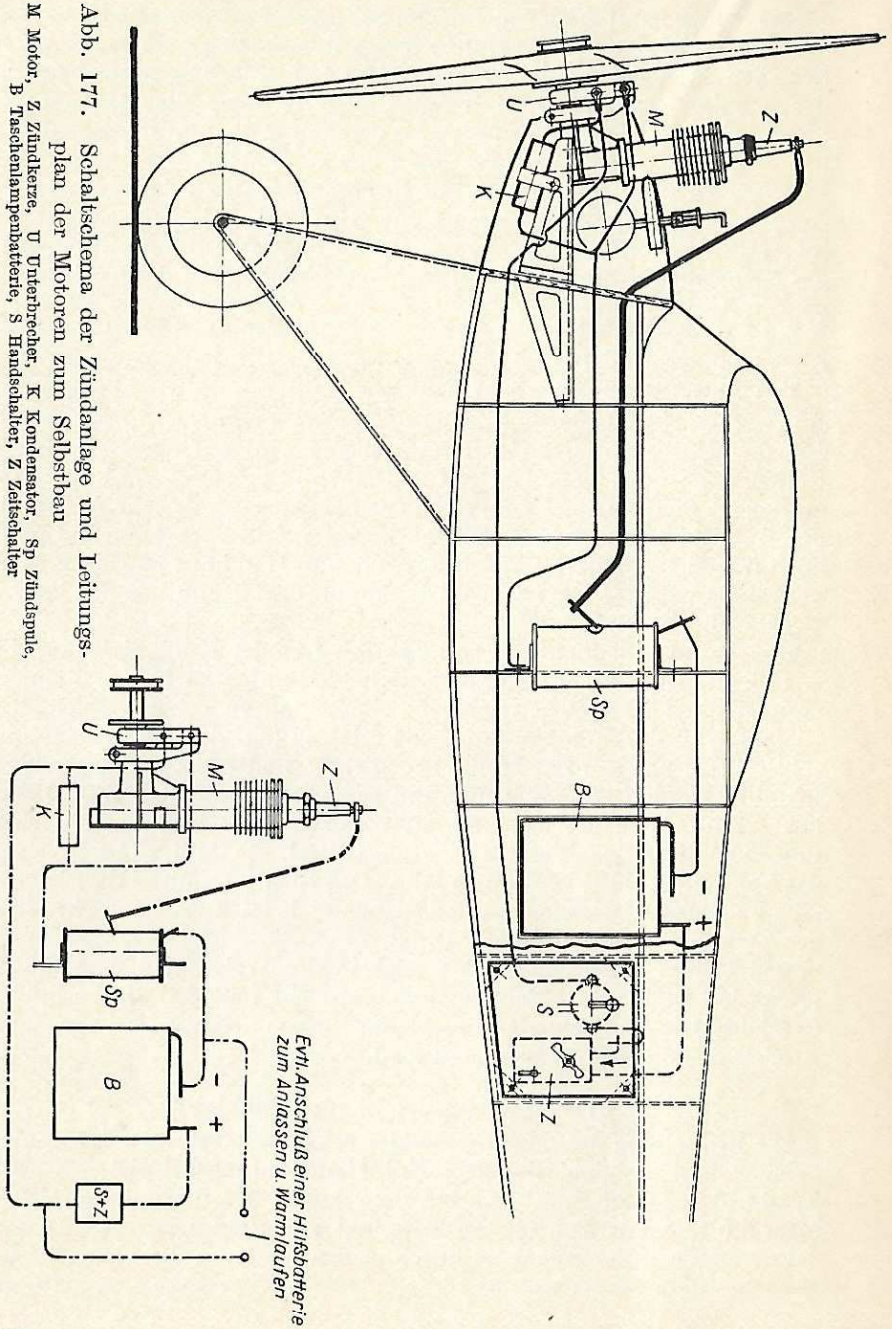


Abb. 177. Schaltschema der Zündanlage und Leitungsplan der Motoren zum Selbstbau

M Motor, Z Zündkerze, U Unterbrecher, K Kondensator, Sp Zündspule, B Taschenlampenbatterie, S Handschalter, Z Zeitschalter

Beim Einstellen des Zündzeitpunktes ist zu beachten, daß die Zündung bereits eintritt, wenn die Unterbrecherkontakte sich etwa 0,05 mm abgehoben haben.

c) Schaltung der Zündanlage

Die Schaltung der Zündanlage hat nach dem Schaltschema Abb. 177 zu erfolgen. Der Kondensator ist möglichst nahe an dem Unterbrecher anzuordnen. Beim Schalten der Zündanlage ist besonders auf gute Verbindung der Kabel und Leitungen zu achten. Näheres hierüber siehe in Abschnitt VI, 5 „Einbau der Zündanlage".

Da bei der ersten Inbetriebnahme und beim Einlaufen der Motoren erfahrungsgemäß stets viel Strom verbraucht wird, so ist als Kraftquelle ein Akkumulator zu verwenden. Bei Stillstand der Motoren ist die Stromquelle stets abzuschalten, oder die Luftschraube ist so zu drehen, daß die Unterbrecherkontakte geöffnet sind, damit ein dauernder Stromdurchgang durch die Zündspule nicht stattfindet. Dieser hat nicht nur eine unzulässige Erwärmung der Zündspule, sondern natürlich auch eine rasche Entladung der Stromquelle zur Folge.

Nunmehr wird die Zündfähigkeit der Zündanlage geprüft. Bei einwandfrei arbeitender Zündanlage muß der Zündfunken mit Leichtigkeit einen Luftspalt von etwa 4 mm überbrücken. Zum Prüfen des Zündfunkens ist der Kabelschuh des Zündkabels in dieser Entfernung an den Zylinderkopf zu halten.

d) Einlaufen des Motors durch eigene Kraft

Soll nun der Motor erstmalig in Betrieb genommen werden, so ist die Düsennadel reichlich zu öffnen und der Motor bei ausgeschalteter Zündung unter gleichzeitigem Zuhalten des Ansaugrohres einige Male durchzudrehen, damit er genügend Kraftstoff ansaugen kann. Hierbei gehe man vorsichtig zu Werke, damit der Motor nicht sofort zuviel Kraftstoff ansaugt und „ersäuft". Nun wird der Motor bei eingeschalteter Zündung so lange durchgedreht werden, bis die ersten Zündungen erfolgen.

Erfahrungsgemäß wird der Motor nicht sofort durchlaufen, sondern nach einigen Zündungen stehenbleiben. Auch kann es natürlich vorkommen, daß der Motor durchaus nicht laufen will. Ist die Zündanlage in Ordnung, so kann vorstehendes seine Ursache darin haben, daß der Motor entweder bereits zuviel Kraftstoff angesaugt hat, oder daß das für die Verbrennung erforderliche Kraftstoff-Luft-Gemisch noch nicht vorhanden ist. Es empfiehlt sich daher, in den Zylinder zwei bis drei Tropfen Kraftstoff zu geben und den Motor wieder anzuwerfen. Von einer öfteren Wiederholung oder dem Einspritzen einer größeren Kraftstoffmenge sei dringend abgeraten, da hierdurch der Schmierstoff auf dem Kolben abgewaschen und die abdichtende Wirkung hinfällig wird.

Findet eine Verbrennung des eingespritzten Kraftstoffes statt, so ist mit Sicherheit anzunehmen, daß der Motor beim Durchdrehen zu wenig Kraftstoff angesaugt hat. Zündet hingegen der Motor nicht, so hat er bereits zuviel Kraftstoff angesaugt. Während beim weiteren Durchdrehen im ersteren Falle die Düse entsprechend zu öffnen ist, ist im letzteren Falle die Düsennadel vollkommen zu schließen und der Motor so lange durchzudrehen, bis die Zündungen erfolgen und der im Kurbelgehäuse angesammelte Kraftstoff verbraucht ist. (Siehe auch Abschnitt VII „Betrieb der Motoren".)

Bleibt der Motor nach einigen Zündungen stehen, so ist das Anwerfen unter gleichzeitiger Veränderung der Düseneinstellung so lange zu wiederholen, bis der Motor durchläuft.

Das Durchdrehen erfolgt entweder unter Anwendung einer Schnur oder eines Riemenantriebs. Hierbei sind in den Zylinder von Zeit zu Zeit einige Tropfen Schmierstoff zu geben, weil dadurch die Verdichtung verbessert und das Anspringen erleichtert wird. Dies ist besonders wichtig, weil die Kolbenringe in der ersten Zeit des Einlaufens noch nicht voll tragen und der Kolben die Abdichtung selbst übernehmen muß.

Die Beigabe von Schmierstoff muß natürlich in gewissen Grenzen bleiben, da sonst ein Verölen der Zündkerze und ein Aussetzen der Zündanlage eintritt. Die Zündkerze ist daher zeitweise auf einwandfreies Arbeiten zu prüfen.

Läuft der Motor nunmehr durch, so ist darauf zu achten, daß er keinesfalls sofort auf hohe Drehzahlen gehen darf. Dies ist wichtig, da beim Schwungradbetrieb die Drehzahlen weit höher liegen als beim Betrieb mit der Luftschraube. Beträgt doch die Drehzahl des mit einer Schwungscheibe ausgerüsteten Motors Ausführungsbeispiel I über 8000 U/min.

Grundsätzlich lasse man den Motor mit dem Schwungrad nur so lange einlaufen, wie es unbedingt erforderlich ist, da infolge der ungenügenden Kühlung sehr schnell eine unzulässige Erwärmung eintritt, die ein Festgehen des Kolbens (bei zu geringem Spiel) zur Folge haben kann. Über die Ursache des Festgehens des Kolbens und die Abhilfe hierbei wird im folgenden Abschnitt „Betrieb der Motoren" hingewiesen. Soll der Motor mit Schwungrad längere Zeit einlaufen, so ist für künstliche Kühlung durch einen Ventilator Sorge zu tragen. Steht ein solcher nicht zur Verfügung, so darf der Motor stets nur einige Zeit laufen, um dann wieder abzukühlen. Sobald der Motor mit dem Schwungrad durchläuft und sich hierbei leicht anwerfen läßt, wird zum Betrieb mit der Luftschraube übergegangen. Hierbei wird es natürlich vorkommen, daß der Motor die Luftschraube noch nicht durchzieht. Man läßt in diesem Falle den Motor noch einige Zeit mit dem Schwungrad oder einer Luftschraube mit geringerer Steigung einlaufen.

Das eigentliche Einlaufen des Motors wird mit der Luftschraube vorgenommen, da hierbei durch den Luftschraubenstrom bereits eine

Kühlwirkung erzielt wird und der Motor infolge der Belastung keine unzulässigen Drehzahlen annimmt.

Bei Motoren, die im Austauschbau unter Anwendung modernster Bearbeitungsmaschinen und Meßwerkzeuge hergestellt werden, läßt sich die Einlaufzeit auf Grund von Erfahrungen festlegen. Dies ist jedoch bei einem Motor, der im Selbstbau hergestellt wird, nicht möglich, da die Einlaufzeit von der Ausführung der Einzelteile und dem Zusammenbau des Motors abhängt. Die Zeitdauer des Einlaufens ist daher bei einem solchen Motor gefühlsmäßig zu bestimmen.

e) Betrieb der Motoren

Von großer Wichtigkeit beim Einlaufen sowie beim Betrieb der Motoren ist die richtige Wahl der Betriebsmittel. Erfahrungsgemäß können die Motoren mit jedem Markenkraftstoff betrieben werden. Gute Erfolge sind mit BV-Aral und Shell erzielt worden.

Ein geeigneter Schmierstoff ist das von der Deutschen Vacuum-Gesellschaft herausgebrachte „GARGOYLE Zwo ta mix"-Zweitakt-Schmieröl, das auch in kleinen Büchsen im Handel erhältlich ist.

Während beim Einlaufen zweckmäßigerweise ein Mischungsverhältnis von 1 : 3, d. h. auf drei Teile Kraftstoff ein Teil Schmierstoff, genommen wird, beträgt das Mischungsverhältnis bei eingelaufenen Motoren etwa 1 : 4 bis 1 : 5.

Durch den Selbstbau der Motoren läßt sich eine Verschiedenheit in der Ausführung der Einzelteile bzw. des ganzen Motors nicht vermeiden. So kann selbst bei mehreren Motoren gleicher Bauart und Größe die Vergaser- und Zündzeitpunkteinstellung verschieden sein. Die günstigste Vergaser- und Zündzeitpunkteinstellung ist aus diesem Grunde während des Betriebs zu ermitteln. Im allgemeinen richte man sich nach dem unter Abschnitt VII „Betrieb der Motoren" Gesagten.

Weiterhin ist es unbedingt erforderlich, sich mit der Eigenart der Motoren vertraut zu machen. Auch zum Betrieb bei selbstgebauten Flugmodell-Motoren gehört, wie in allen Dingen des täglichen Lebens, eine gewisse Erfahrung.

Während des Einlaufens sowie während des Betriebs der vorbeschriebenen Motoren wird ein Festgehen des Kolbens bei sachgemäßer Ausführung und Handhabung nicht eintreten. Trotzdem sei über die Ursache folgendes gesagt:

Das Festgehen des Kolbens kann hauptsächlich bei zu gering gewähltem Kolbenspiel und zu starker, anhaltender Überhitzung des Motors stattfinden. Seine Ursache ist die ungleiche Ausdehnung der Werkstoffe von Zylinder und Kolben. Bei Einhaltung des vorgeschriebenen Schmierstoffzusatzes treten, wie anderweitige Erfahrungen zeigen, ein Fressen des Kolbens und eine Beschädigung der Zylinderwand und des Kolbens nicht ein. Es findet somit eigentlich nur ein Festklemmen des Kolbens statt, so daß der Motor nach dem Auskühlen wieder betriebsfähig ist.

Anders verhält es sich jedoch bei Verwendung eines zu geringen Schmierstoffzusatzes oder beim Eintreten eines Fremdkörpers zwischen Zylinderwand und Kolben. Hierbei tritt erfahrungsgemäß ein Fressen des Kolbens ein, das ein Angreifen der Zylinderwand und des Kolbens zur Folge hat. In diesem Falle sitzt der Kolben auch nach dem Abkühlen des Motors im Zylinder fest und läßt sich nur je nach dem Grad des Fressens mit mehr oder weniger Kraft aus dem Zylinder entfernen. Nach dem Entfernen des Kolbens sind die in Frage kommenden Stellen an der Zylinderwand und dem Kolben durch Schmirgelleinen zu glätten und zu polieren.

Aus vorstehendem ist deutlich zu ersehen, welche Wichtigkeit der Kühlung der Motoren, der Einhaltung des richtigen Schmierstoffzusatzes und auch dem Reinhalten beizumessen ist. Es kann daher nicht dringend genug empfohlen werden, während des Betriebs der Motoren, und hierbei ganz besonders beim Flugbetrieb, auf die Reinhaltung zu achten. Bei einer Bodenberührung sind die Motoren genauestens auf eventuell eingedrungene Fremdkörper zu prüfen und vor einer weiteren Inbetriebnahme gründlich zu reinigen.

10. Einbau der Motoren im Flugmodell

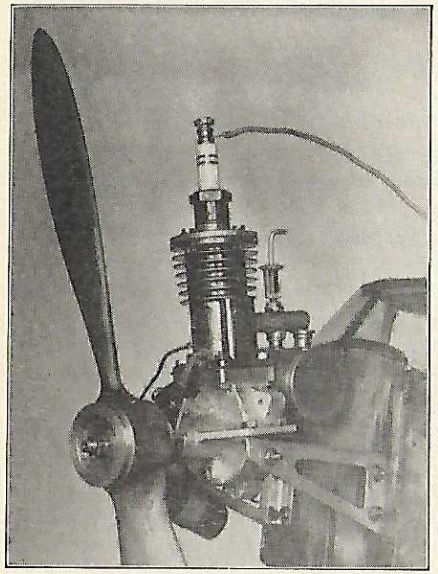


Abb. 178. Einbau des Motors Ausführungsbeispiel I

Der Einbau der Motoren wird durch die Bauart des Flugmodells bestimmt. So wird z. B. in dem Benzinmotor-Flugmodell von Schelhasse[1]) der Motor durch einfaches Aufschrauben auf die als Motorträger ausgebildeten Holme des Rumpfes befestigt Soll hingegen der Motor an einem Rumpfspant eingebaut werden, so sind, wie Abb. 178 zeigt, Konsolträger erforderlich. Diese Konsolträger können je nach dem zur Verfügung stehenden Werkstoff aus Stahlblech oder Duralumin hergestellt werden (Abb. 179). Bezüglich der Lage der Motoren zur Flugmodell-Längsachse ist beim Einbau derselben das in Abschnitt VI, 3 „Einbau der Motoren" (S. 82—85) Gesagte zu beachten.

[1]) Erschien im gleichen Verlage als Bauplan. Preis RM. 3,60.

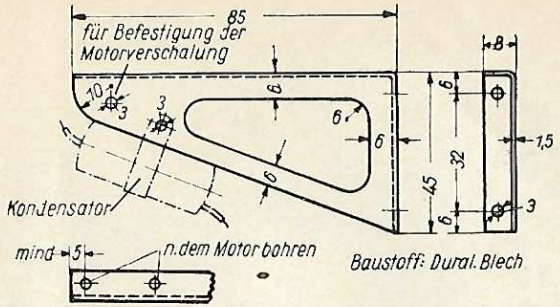


Abb. 179. Motorträger für Motor Ausführungsbeispiel I (einmal rechts, einmal links ausführen)

11. Kurze handwerkliche Hinweise

Die Fertigkeit in den beim Bau der Motoren vorkommenden Arbeiten, wie Drehen, Gewindeschneiden, Bohren, wird vorausgesetzt. Über die Sonderarbeiten, wie Schleifen, Hartlöten und die Wärmebehandlung von Federstahl, sei abschließend kurz folgendes gesagt:

Schleifen

Anwendung: Schleifen des Kolbens und Ausschleifen des Zylinders.

Erforderliche Vorrichtung: Im Support eingespannte Schleifeinrichtung mit Motorantrieb. Schleifscheibe etwa 20 mm ∅.

Arbeitsregeln: Genau rund laufende Schleifscheibe Grundbedingung. Werkstück mittlere, Schleifscheibe große Drehzahl. Beim Außenschleifen (Kolben) Werkstück und Schleifscheibe gleiche Drehzahl. Beim Innenschleifen (Zylinder) Werkstück und Schleifscheibe entgegengesetzte Drehrichtung. Reichlich Kühlflüssigkeit zuführen.

Hartlöten

Anwendung: Befestigung des Ansaugrohres und des Überströmkanals am Zylinder. Zusammenlöten der Teile der Kurbelwelle.

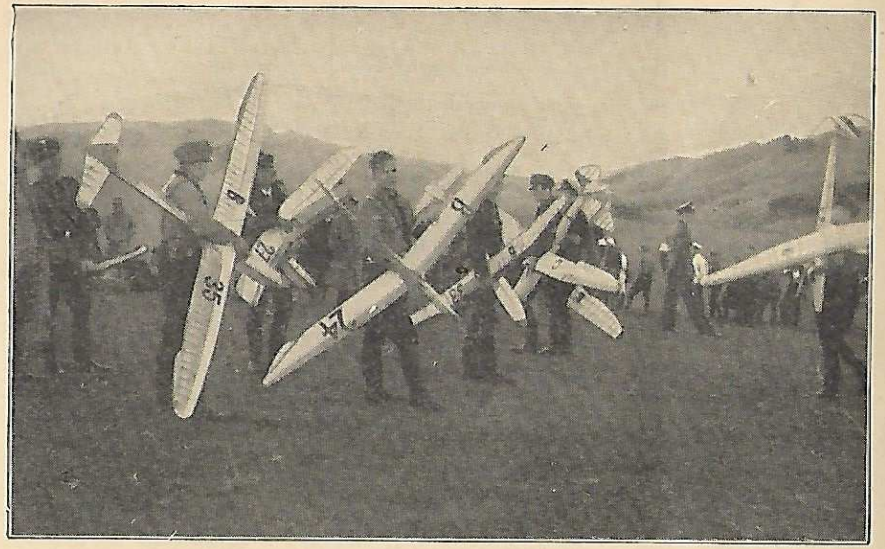
Lötmittel: Silberlot oder leicht schmelzbares Hartlot, Borax.

Arbeitsregeln: Lötstellen gut reinigen. Teile behelfsmäßig verbinden. Grundbedingung: zu lötende Teile so erhitzen (etwa hellrot), daß Lot wie Wasser fließt. Vor dem Angeben des Lotes Lötstellen mit Borax bestreuen, um die durch die Erhitzung entstehenden Metalloxyde aufzulösen.

Wärmebehandlung von Federstahl

Anwendung: Unterbrecherfeder, Klemmfeder für Düsennadel.

Arbeitsregeln: Ausglühen: dunkelrot erhitzen und ganz langsam abkühlen lassen. Härten: dunkelrot erhitzen, in Wasser rasch abkühlen. Anlassen: Feder blank reiben, über Flamme bis zum dunkelblauen Anlaufen erhitzen, dann in Wasser rasch abkühlen. Grundbedingung: Stahl nicht hellrot erhitzen, da er sonst verbrennt und unbrauchbar wird.



UHU

Flugmodell- und Schiffsmodellbau-Spezialitäten

anerkannt, empfohlen und bevorzugt von den Modellbau-Ingenieuren und Reichsmodellbauschulen

UHU-Alleskleber, UHU-Col-Klebstoff für Papier- und Mikrofilm, UHU-hart, UHU-Mikrofilm, UHU-Mikrofilmheber, UHU-Spannlack, UHU-P-Lack (Glanz- und Überzugslack), UHU-Farblack (= Unterwasserlack und Farbglanzlack), UHU-Imprägnierlack, UHU-C-Klebelack, UHU-Silberlack, Gumant-Gummischmiermittel, „Rhön"-Kaltleimpulver

UHU-Alleskleber ist

wasserfest • farblos • schnelltrocknend • unbrennbar

säure- und alkalifrei und bleibt stets elastisch,
daher der Spezialklebstoff für den Flug- und Schiffsmodellbau

„. . . geradezu ideal beim Leimen der Spanten, Rippen, Holme und Bespannung, überhaupt für alle vorkommenden Klebearbeiten."

Verlangen Sie UHU in Fachgeschäften! Kostenlose Proben vom Werk!

UHU-Werk H. und M. Fischer O. H. G. Bühl (Baden)

seither Ludwig Hoerth Gegr. 1884

Einzige deutsche Spezialfabrik für den gesamten chemischen Modellbau-Bedarf

Bauen Sie sich selbst einen Flugmodell-Motor!

Wir machen es Ihnen leicht!

Sie können zum Selbstbau von Original-Felgiebel-Motoren (2 verschiedene Typen) die erforderlichen Roh- und Einzelteile von der

KOFRI-INDUSTRIE Dipl.-Ing. Eberhard Tonn

Breslau 23, Bunsenstraße 19, billigst beziehen.

Preisliste bereitwilligst und kostenfrei

Das Fachbuch für den Motorenbau

Bereits in dritter, neubearb. Auflage erschien:

Handbuch für Flugmotorenkunde. Von Dipl.-Ing. **Franz Merkle** VDI., Flieger-Hauptingenieur, Leiter d. Technischen Schule Berlin-Adlershof. 197 Seiten, mit 218 Abb. einschl. 4 Tafeln. Kart. RM. 3.80, Leinen RM. 5.—

Verlangen Sie Sonderprospekte über unsere flugtechnischen Bücher und Modellbauliteratur!

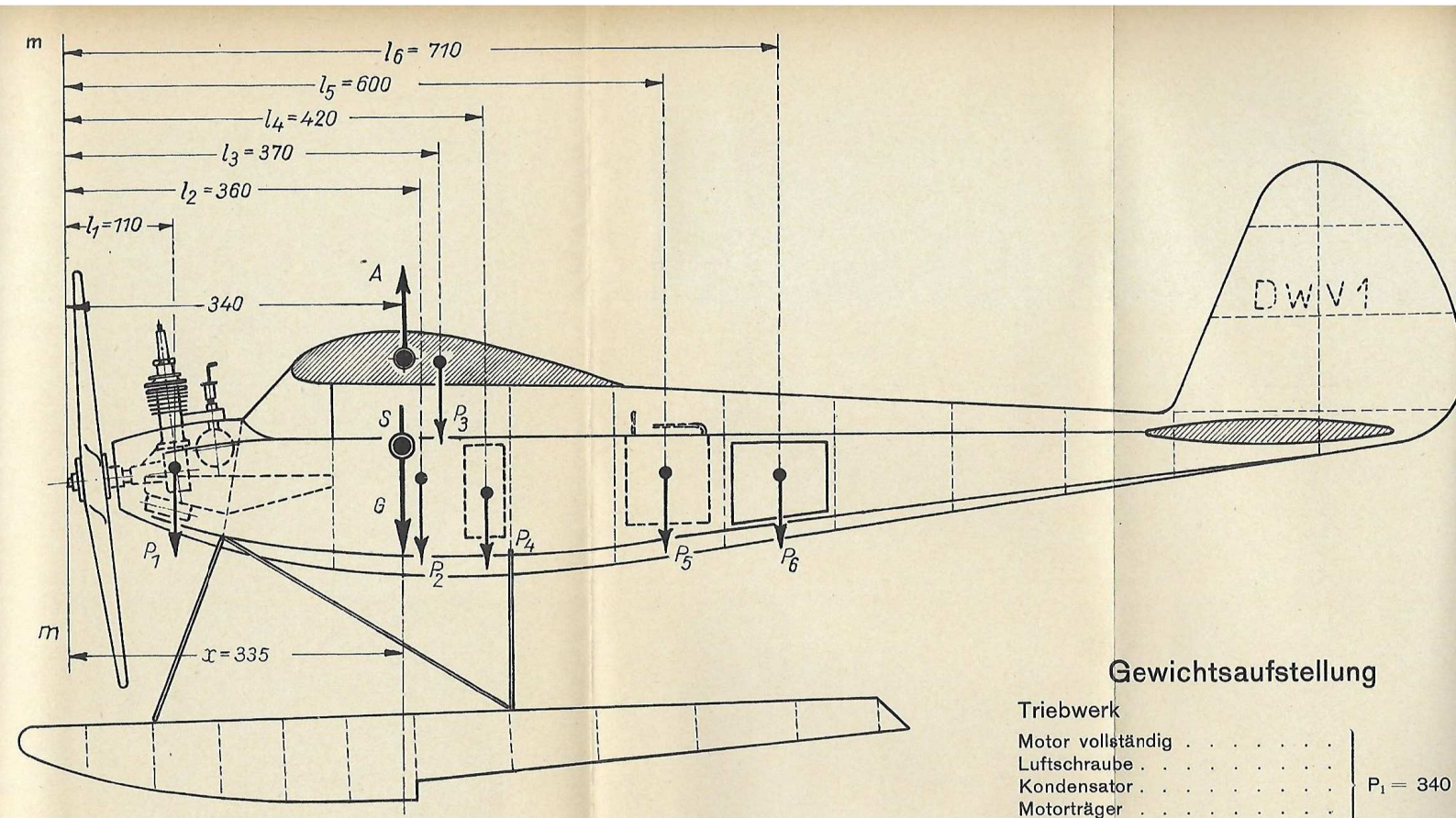
C. J. E. Volckmann Nachf. E. Wette, Berlin-Charlottenburg 2

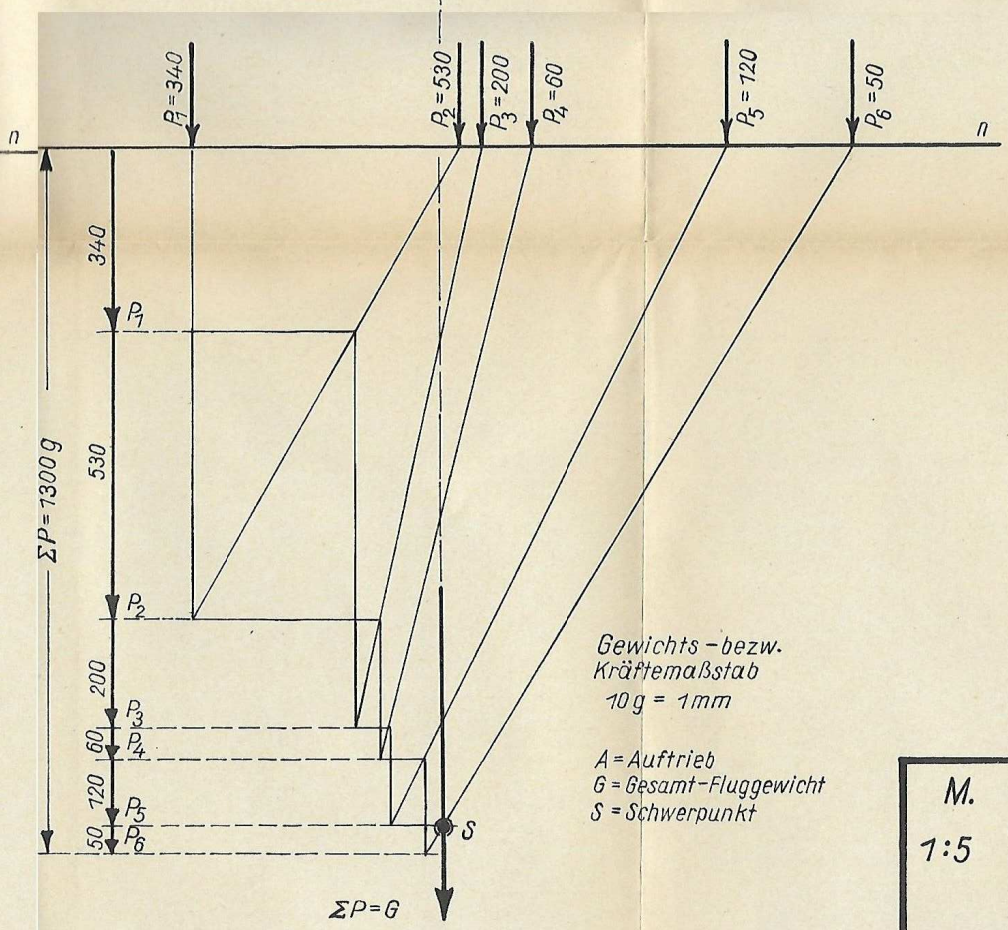
BAUPLÄNE
WERKSTOFFE
WERKZEUGE

für den **Flugmodellbau**
für den **Schiffsmodellbau**

liefert bekannt preiswert und gut

Robert Löbermann, Nürnberg N, Johannisstr. 5





Gewichts- bezw. Kräftemaßstab
10 g = 1 mm

A = Auftrieb
G = Gesamt-Fluggewicht
S = Schwerpunkt

Gewichtsaufstellung

Triebwerk

Motor vollständig	$P_1 = 340$
Luftschraube	
Kondensator	
Motorträger	
Kraftstoff (1/2 Vorrat)	
Zündspule	$P_1 = 60$
Batterie	$P_5 = 120$
Zeitschalter	$P_6 = 50$

Zelle

Rumpf	$P_2 = 530$
Leitwerk	
Schwimmwerk	
Tragflügel	$P_3 = 200$

Betriebsmittel

Kraftstoff (s. Triebwerk)

Gesamt-Fluggewicht bei 1/2 Kraftstoffvorrat = 1300

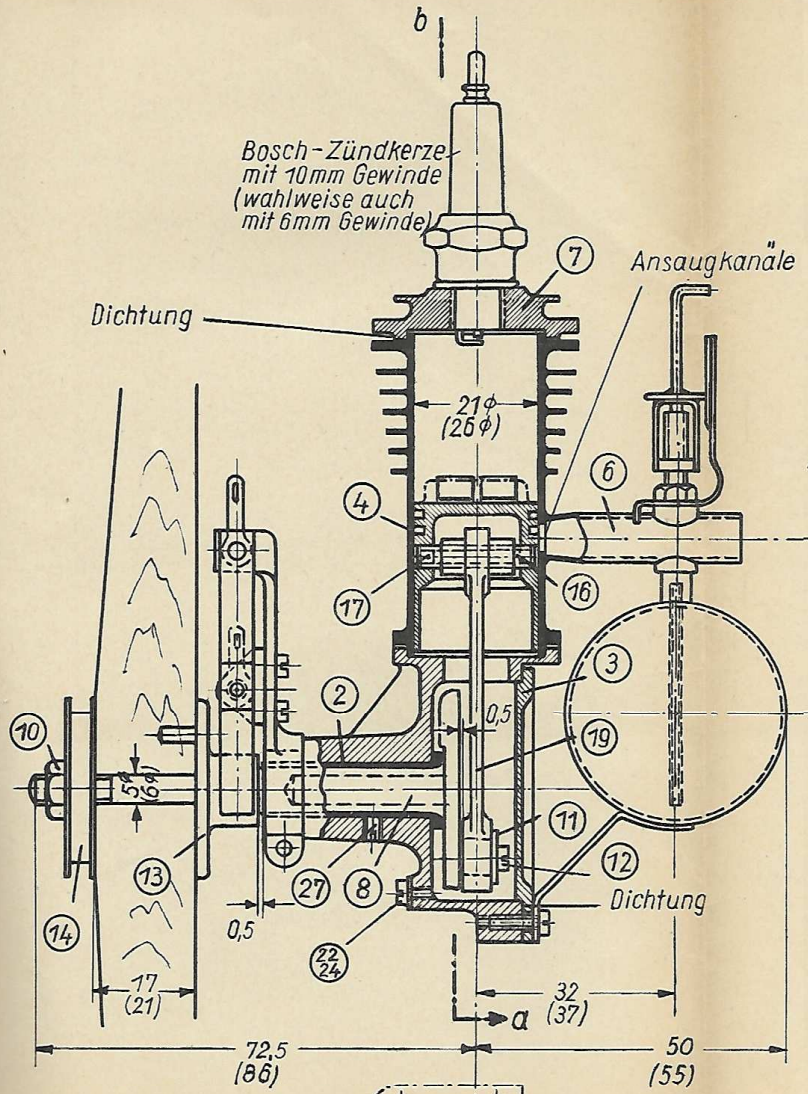
Wasserflugmodell

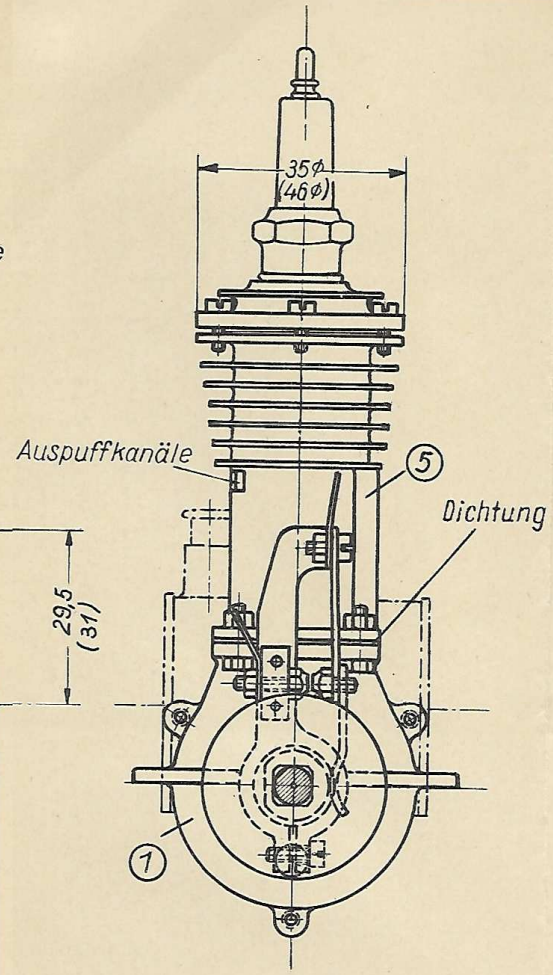
Entwurf: Felgiebel jun.

mit Selbstbau-Verbrennungsmotor 7,6 cm
nach Ausführungsbeispiel I

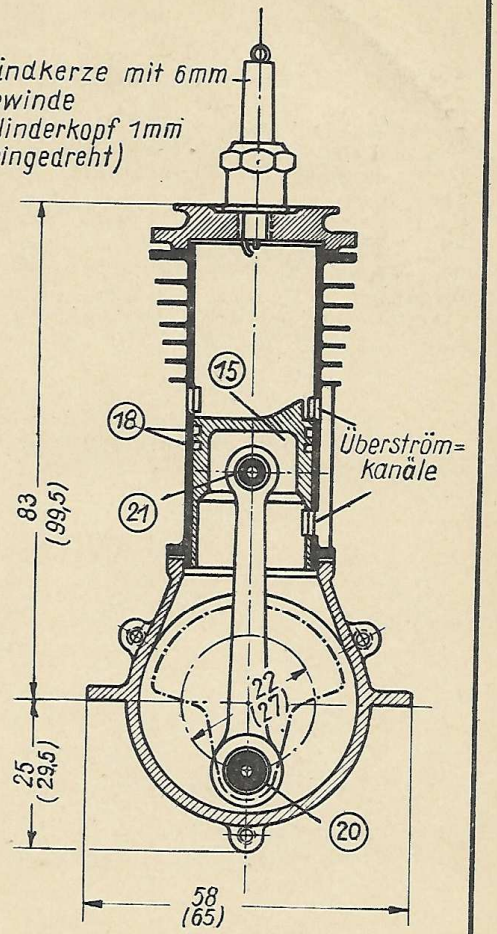
Spannweite	1700 mm
Länge über alles	1450 mm
Tragflügel	36 dm²
Luftschraube	350 mm ∅, 190 mm Steigun

M.	Zeichnerische (graphische) Schwerpunktsermittelung	Tafel I
1:5		



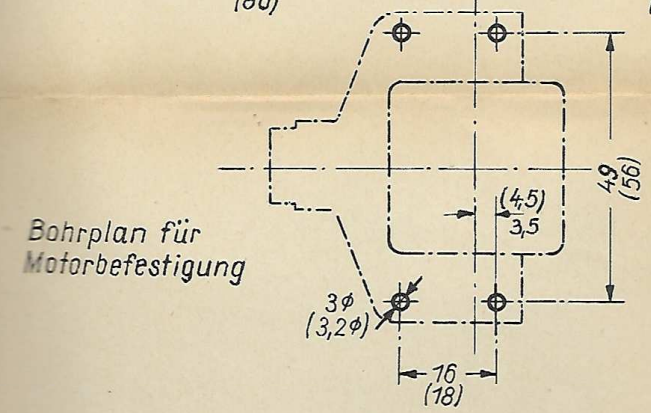


Schnitt a÷b
(von der Luftschraube gesehen)



Gezeichnet ist der Motor Ausführungsbeispiel I = 7,6 cm³ Hubraum
( ) Maße gelten für " " II = 14,3 cm³ "

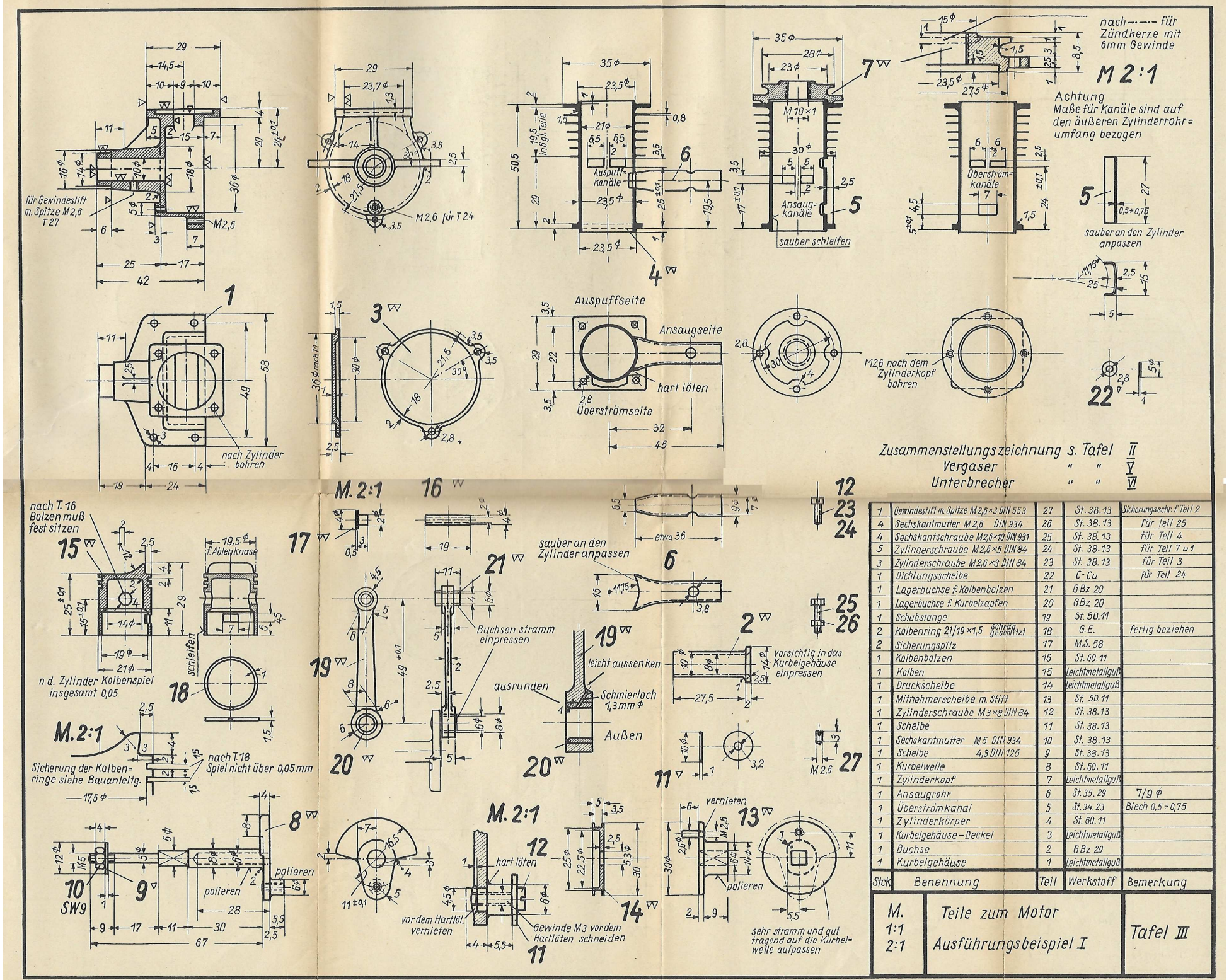
Teile zu den Motoren s. Tafel III u. IV
Vergaser " " V
Unterbrecher " " VI
Luftschrauben " " VII



Bohrplan für Motorbefestigung

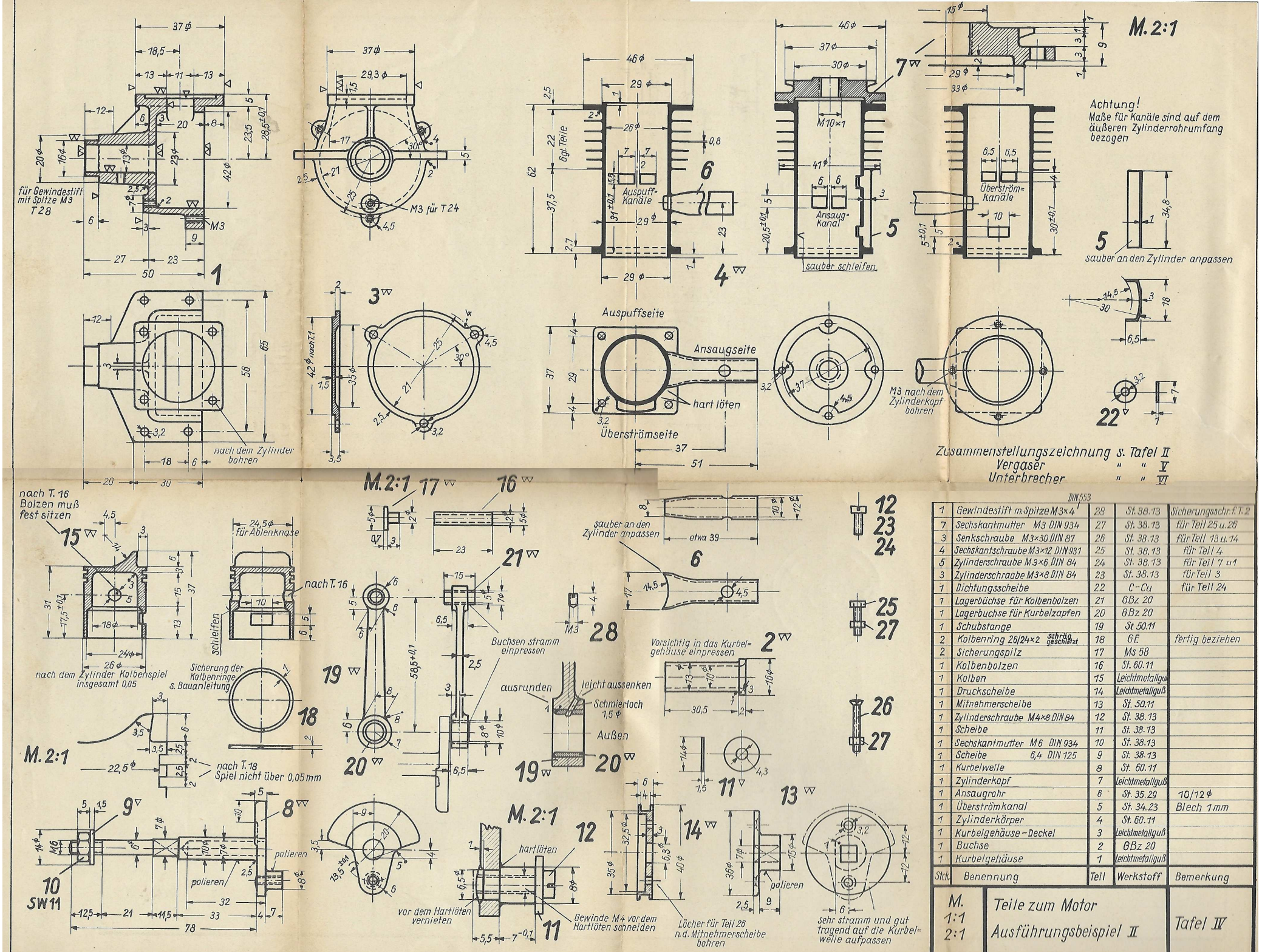
Die Zahlen im ○ entsprechen den Teilzahlen der Tafeln II u. IV

M. 1:1	Flugmodell-Motoren zum Selbstbau Ausführungsbeispiel I u. II	Tafel II



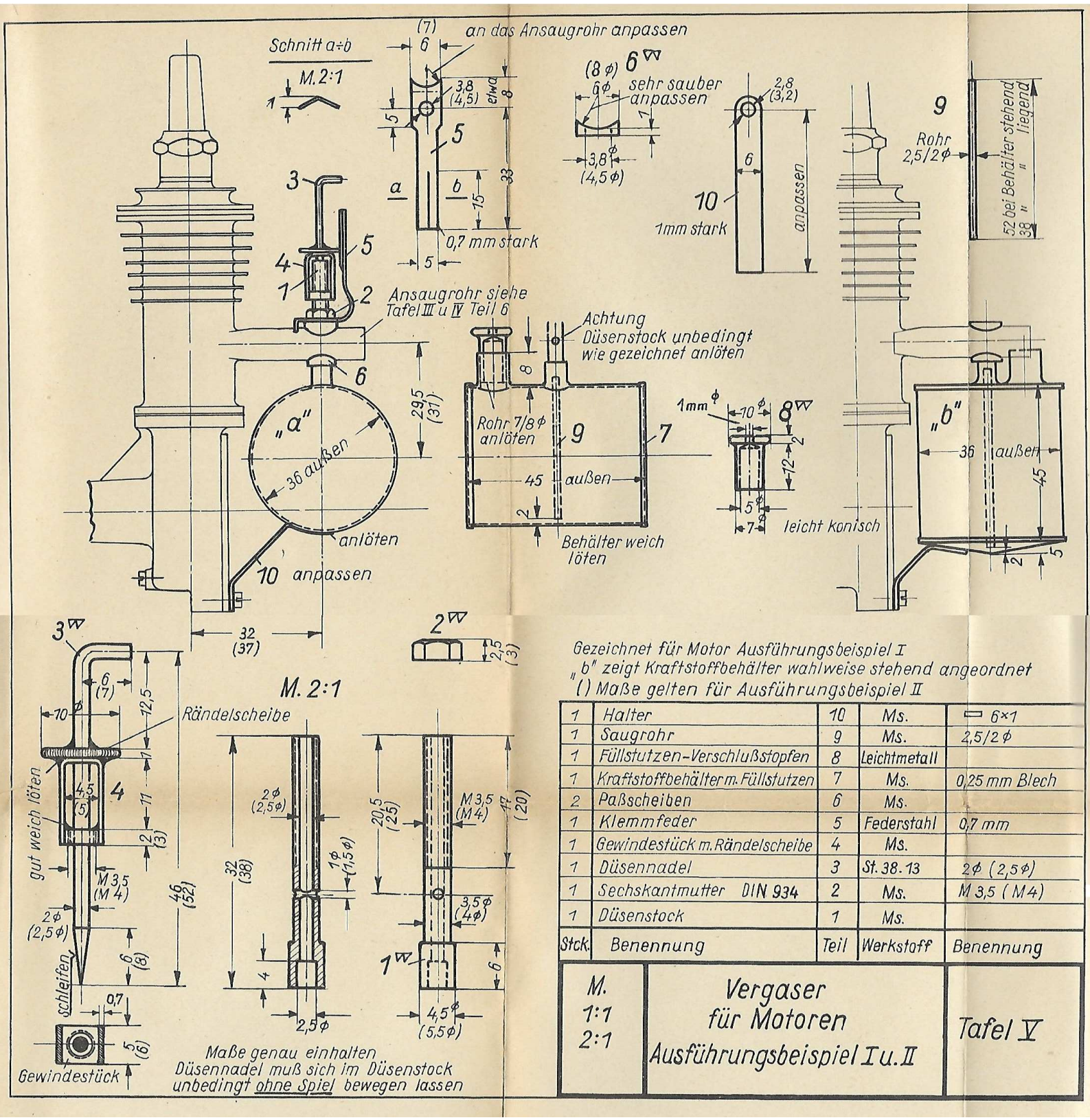
Stck	Benennung	Teil	Werkstoff	Bemerkung
1	Gewindestift m. Spitze M2,6×3 DIN 553	27	St. 38.13	Sicherungsschr. f. Teil 2
4	Sechskantmutter M2,6 DIN 934	26	St. 38.13	Für Teil 25
4	Sechskantschraube M2,6×10 DIN 931	25	St. 38.13	Für Teil 4
5	Zylinderschraube M2,6×5 DIN 84	24	St. 38.13	Für Teil 7 u 1
3	Zylinderschraube M2,6×8 DIN 84	23	St. 38.13	Für Teil 3
1	Dichtungsscheibe	22	C-Cu	Für Teil 24
1	Lagerbuchse f. Kolbenbolzen	21	GBz 20	
1	Lagerbuchse f. Kurbelzapfen	20	GBz 20	
1	Schubstange	19	St. 50.11	
2	Kolbenring 21/19×1,5 schräg geschnitzt	18	G.E.	fertig beziehen
2	Sicherungsspitz	17	M.S. 58	
1	Kolbenbolzen	16	St. 60.11	
1	Kolben	15	Leichtmetallguß	
1	Druckscheibe	14	Leichtmetallguß	
1	Mitnehmerscheibe m. Stift	13	St. 50.11	
1	Zylinderschraube M3×8 DIN 84	12	St. 38.13	
1	Scheibe	11	St. 38.13	
1	Sechskantmutter M5 DIN 934	10	St. 38.13	
1	Scheibe 4,3 DIN 125	9	St. 38.13	
1	Kurbelwelle	8	St. 60.11	
1	Zylinderkopf	7	Leichtmetallguß	
1	Ansaugrohr	6	St. 35.29	7/9 ⌀
1	Überströmkanal	5	St. 34.23	Blech 0,5 ÷ 0,75
1	Zylinderkörper	4	St. 60.11	
1	Kurbelgehäuse-Deckel	3	Leichtmetallguß	
1	Buchse	2	GBz 20	
1	Kurbelgehäuse	1	Leichtmetallguß	

M.		
1:1 2:1	Teile zum Motor Ausführungsbeispiel I	Tafel III



Stck	Benennung	Teil	Werkstoff	Bemerkung
1	Gewindestift m. Spitze M3×4 DIN 553	28	St. 38.13	Sicherungsschr. f. T. 2
7	Sechskantmutter M3 DIN 934	27	St. 38.13	für Teil 25 u. 26
3	Senkschraube M3×30 DIN 87	26	St. 38.13	für Teil 13 u. 14
4	Sechskantschraube M3×12 DIN 931	25	St. 38.13	für Teil 4
5	Zylinderschraube M3×6 DIN 84	24	St. 38.13	für Teil 7 u. 1
3	Zylinderschraube M3×8 DIN 84	23	St. 38.13	für Teil 3
1	Dichtungsscheibe	22	C-Cu	für Teil 24
1	Lagerbüchse für Kolbenbolzen	21	GBz 20	
1	Lagerbuchse für Kurbelzapfen	20	GBz 20	
1	Schubstange	19	St 50.11	
2	Kolbenring 26/24×2 schräg geschlitzt	18	GE	fertig beziehen
2	Sicherungspilz	17	Ms 58	
1	Kolbenbolzen	16	St. 60.11	
1	Kolben	15	Leichtmetallguß	
1	Druckscheibe	14	Leichtmetallguß	
1	Mitnehmerscheibe	13	St. 50.11	
1	Zylinderschraube M4×8 DIN 84	12	St. 38.13	
1	Scheibe	11	St. 38.13	
1	Sechskantmutter M6 DIN 934	10	St. 38.13	
1	Scheibe 6,4 DIN 125	9	St. 38.13	
1	Kurbelwelle	8	St. 60.11	
1	Zylinderkopf	7	Leichtmetallguß	
1	Ansaugrohr	6	St. 35.29	10/12 ⌀
1	Überströmkanal	5	St. 34.23	Blech 1 mm
1	Zylinderkörper	4	St. 60.11	
1	Kurbelgehäuse-Deckel	3	Leichtmetallguß	
1	Buchse	2	GBz 20	
1	Kurbelgehäuse	1	Leichtmetallguß	

M.	Teile zum Motor	
1:1	Ausführungsbeispiel II	Tafel IV
2:1		

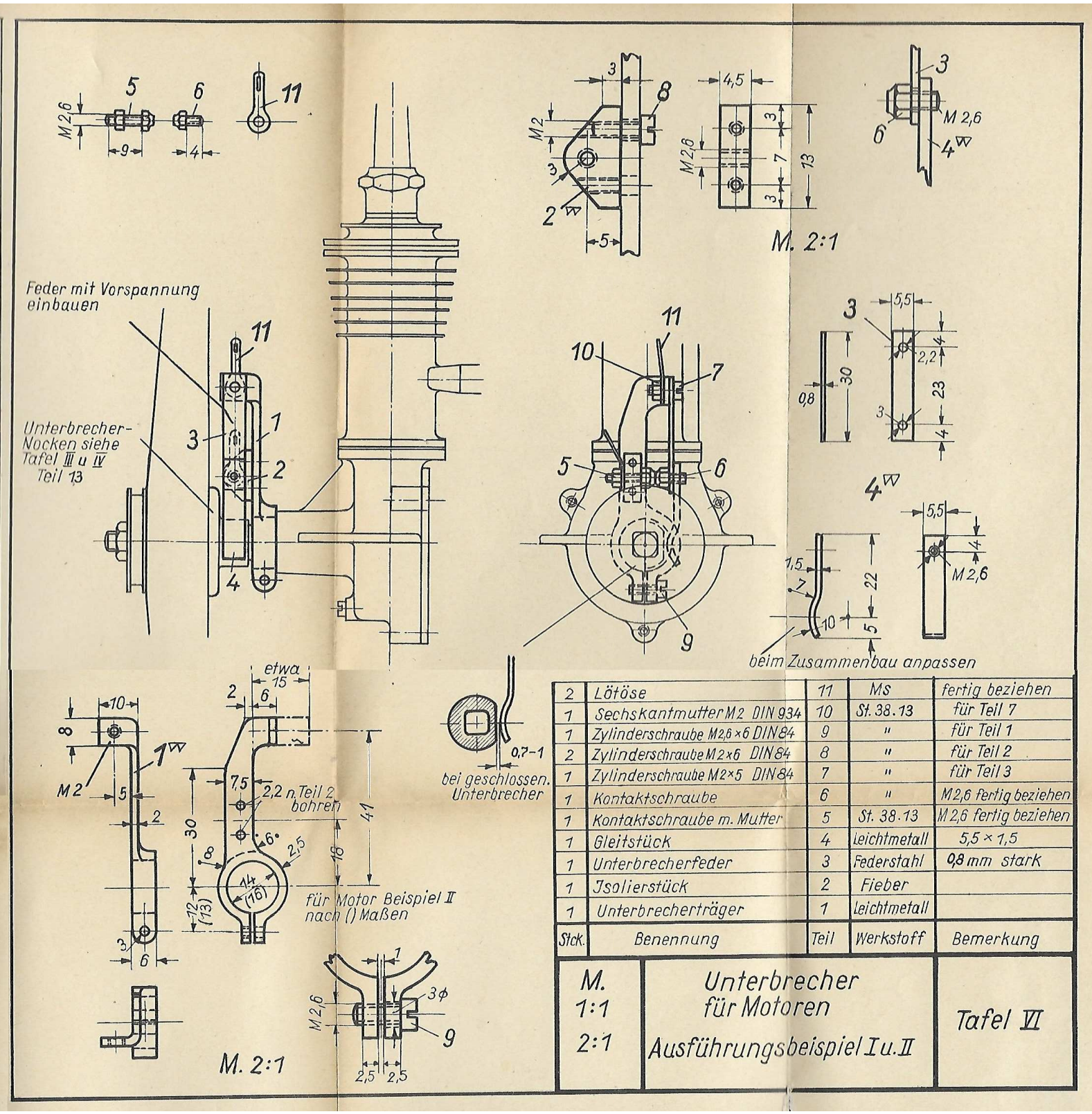


Gezeichnet für Motor Ausführungsbeispiel I
„b" zeigt Kraftstoffbehälter wahlweise stehend angeordnet
() Maße gelten für Ausführungsbeispiel II

Stck.	Benennung	Teil	Werkstoff	Benennung
1	Halter	10	Ms.	▭ 6×1
1	Saugrohr	9	Ms.	2,5/2ϕ
1	Füllstutzen-Verschlußstopfen	8	Leichtmetall	
1	Kraftstoffbehälter m. Füllstutzen	7	Ms.	0,25 mm Blech
2	Paßscheiben	6	Ms.	
1	Klemmfeder	5	Federstahl	0,7 mm
1	Gewindestück m. Rändelscheibe	4	Ms.	
1	Düsennadel	3	St. 38.13	2ϕ (2,5ϕ)
1	Sechskantmutter DIN 934	2	Ms.	M 3,5 (M 4)
1	Düsenstock	1	Ms.	

Maße genau einhalten
Düsennadel muß sich im Düsenstock unbedingt ohne Spiel bewegen lassen

M.	Vergaser für Motoren Ausführungsbeispiel I u. II	Tafel V
1:1 2:1		



Stck.	Benennung	Teil	Werkstoff	Bemerkung
2	Lötöse	11	Ms	fertig beziehen
1	Sechskantmutter M2 DIN 934	10	St. 38.13	für Teil 7
1	Zylinderschraube M2,6×6 DIN 84	9	"	für Teil 1
2	Zylinderschraube M2×6 DIN 84	8	"	für Teil 2
1	Zylinderschraube M2×5 DIN 84	7	"	für Teil 3
1	Kontaktschraube	6	"	M2,6 fertig beziehen
1	Kontaktschraube m. Mutter	5	St. 38.13	M2,6 fertig beziehen
1	Gleitstück	4	Leichtmetall	5,5 × 1,5
1	Unterbrecherfeder	3	Federstahl	0,8 mm stark
1	Isolierstück	2	Fieber	
1	Unterbrecherträger	1	Leichtmetall	

M.		
1:1 2:1	Unterbrecher für Motoren Ausführungsbeispiel I u. II	Tafel VI