

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

UND FLUGTECHNIK 18

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



2046

L. inw. ....



ANACKER

Praxis des Flugzeugbaues II.  
Der Flugzeugmotor

Kreisverlag

# Julius Pintsch A.-G. Berlin

**Behälter und Kessel** wassergas-geschweißt,  
autogen-geschweißt und hart gelötet

**Verzinkungspfannen** wassergas-geschweißt

**Landungslichter und Windrichtungs-  
anzeiger für Flugplätze** D. R. P.

**Leuchtfeuer für die Luftfahrt** D. R. P.

**Blitzfeuer und Blinkfeuer** nach den neusten  
Erfahrungen auf diesem Gebiet für den Betrieb  
mit elektr. Strom, Azetylen oder anderen Gasen

**Alarm-Sirenen** D.R.P. von stärkster Wirkung  
für Preßluft oder andere hochgespannte Gase

**Explosionssichere Scheinwerfer**

**Sonnenbrenner**

**Signalapparate aller Art**

**Glühlampen-  
fabrik**

Preis-anfrage er-bittet  
Glühlampe



Ein-zige, auch nach langer  
Brenndauer stoß-feste

**Metal-Lampe**  
**Stoß-Lampe**

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000297241

# DALLAS Vergaser



Flugmotor  
Vergaser

## Sieger

im internationalen Vergaser-  
Wettbewerb des königl. preuß.  
Kriegsministeriums

★  
Pallas Vergaser G.m.b.H  
Berlin-Charlottenburg 4  
★

Preis

un% 21.45



**WILHELM EISENFÜHR**

**BERLIN S 14**

Kommandantenstraße 31a—32 :: :: Gegründet 1864

---

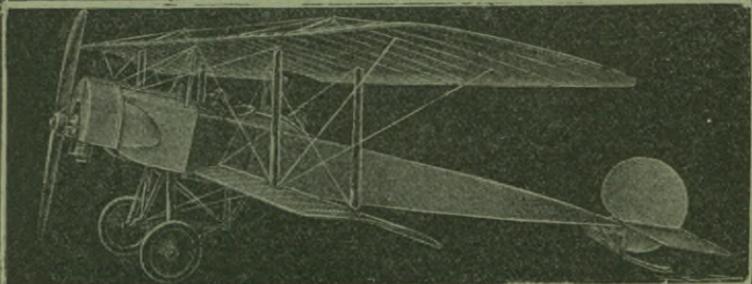
**Werkzeuge – Werkzeugmaschinen**  
für den gesamten  
**Flugzeug- und Motorenbau**  
Einrichtung  
**kompletter Flugzeugwerften**

---

Anfertigung von  
**Werkzeugkästen und Bordtaschen**  
nach eigenen und eingereichten Mustern

---

Lieferant der Fliegertruppen sowie der größten Flugzeugwerften



60

SEKCJA LOTNICZA  
PRZY AKADEMII GÓRNICZEJ -  
WYDZIAŁACH POLITECHNICZNYCH  
W KRAKOWIE

Anacker

Praxis des Flugzeugbaues

Band II

Der Flugzeugmotor

# Praxis des Flugzeugbaues

Ein Handbuch der Flugtechnik in 3 Bänden  
zum praktischen Gebrauch für Betriebsleiter  
und Werkmeister sowie zum Selbstunterricht  
und für Studierende technischer Lehranstalten

von

**Kurt Anacker**

Ingenieur und Flugzeugführer

Band II

## Der Flugzeugmotor



Berlin W. 62  
Richard Carl Schmidt & Co.  
1918

20467

Bibliothek für Luftschiffahrt und Flugtechnik

Band 18

# Der Flugzeugmotor

von

Kurt Anacker

Ingenieur und Flugzeugführer

Mit 226 Abbildungen und Zeichnungen im Texte.



Berlin W.62  
Richard Carl Schmidt & Co.  
1918

II 2046

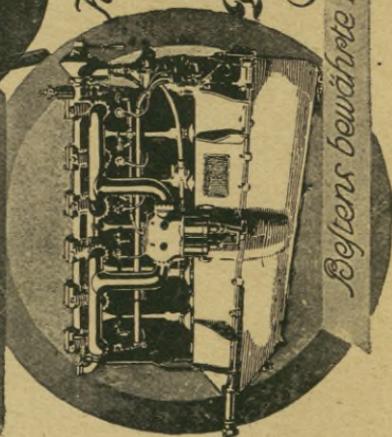


*Hervorragende Konstruktion  
und Ausführung*



*Fabrikat der*

*Daimler-Motoren-Gesellsch.  
Stuttgart-Uertheimern*



*Bestens bewährte Leistungsfähigkeit*

## Vorwort.

Mit der Vervollkommnung des Flugzeuges Hand in Hand ging die Verbesserung des Flugzeugmotors. Eines ist mit dem anderen eng verbunden, und die Erfüllung der heute im Kriege dem Flugzeuge gestellten Aufgaben wäre ohne den bei den Motoren erreichten Grad von Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit nicht möglich.

Jede Maschine kann aber nur dann restlos ausgenutzt werden, wenn sowohl das Bedienungspersonal als auch der Flugzeugführer mit deren ganzem Wesen und Aufbau vollkommen vertraut und ihm Zweck und Wichtigkeit eines jeden Einzelteiles bekannt ist.

Wie im ersten Bande der „Praxis des Flugzeugbaues“: — „Das Flugzeug und sein Aufbau“ — habe ich auch hier, zusammen mit meinen Kollegen Reinhardt und Meiß, im Flugbetriebe gesammelte Erfahrungen zu Papier gebracht und Form und Aufbau des Buches so gewählt, wie es uns aus langer Praxis und durch Tätigkeit im technischen Unterrichtswesen als am vorteilhaftesten erschien. Leicht verständliche Erläuterungen der in Frage kommenden Motorentypen, Erklärung der Arbeitsweise, des Aufbaues und der Wartung, sowie Beschreibung aller Zubehöreinrichtungen unter Einflechtung praktischer Erfahrungen sollen Interesse und Verständnis für den modernen Flugzeugmotor fördern helfen und dem Fachmann nutzbringende Verwertungsmöglichkeit bieten.

Berlin, im Januar 1918.

**Kurt Anacker.**



GENERALVERTRETER DER DEUTSCHEN  
ANKER-PROPELLER

**ARTHUR GÄRTNER-ADLERSHOF**  
Bismarckstr. 4

PERIODEN- UND KOLEKTIV-VERTRÄGE  
TEILHAFTUNG AN DER PROPELLER-HERSTELLUNG

LEISTUNGSFÄHIGKEIT DER PROPELLER IM MONAT

STÄNDIGE PROPELLER-AUSSTELLUNG IN JOHANNISWALD

3

## Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorwort . . . . .	V
I. Einleitung . . . . .	1
Geschichtliches . . . . .	1
Anforderungen an Flugzeugmotoren . . . . .	2
II. Allgemeines über Explosionsmotoren . . . . .	4
Motorenarten . . . . .	4
Einfach- und doppeltwirkende Maschinen . . . . .	5
III. Flugzeugmotoren . . . . .	7
Motoren-Typen . . . . .	7
Standmotoren . . . . .	7
Umlaufmotoren . . . . .	8
IV. Arbeitsverfahren . . . . .	9
A. Viertakt-Arbeitsverfahren nach Otto . . . . .	9
B. Zweitakt-Arbeitsverfahren . . . . .	11
C. Sechstakt-Arbeitsverfahren . . . . .	15
V. Berechnung der Motorenleistung . . . . .	17
Druckdiagramm . . . . .	17
Motorenstärke . . . . .	21
Arbeit . . . . .	21
Leistung . . . . .	21
Pferdestärke . . . . .	22
Motorenleistung . . . . .	23
VI. Wirkungsgrad der Motoren . . . . .	25
Wärmeeinheit (Kalorie) . . . . .	26
Thermischer Wirkungsgrad . . . . .	26
Mechanischer Wirkungsgrad . . . . .	26

	Seite
VII. Abbremsen von Motoren . . . . .	26
Prüfstandarbeiten . . . . .	27
Pronyscher Bremszaum . . . . .	28
Bremspropeller . . . . .	30
Bremsdiagramme . . . . .	32
Prüfung der Leistung am eingebauten Motor . . . . .	34
Elektrische Bremsung . . . . .	35
Bremszaum mit elektrischer Kupplung . . . . .	36
VIII. Brennstoffe . . . . .	37
Benzin . . . . .	37
Benzol . . . . .	38
Siedeprobe . . . . .	38
Drachenblut-Reaktion . . . . .	41
Motol-Gerät . . . . .	41
Gefrierpunkte . . . . .	42
Aussehen der Brennstoffe . . . . .	42
Prüfung auf Säuren und Alkalien . . . . .	42
Prüfung auf Wasserfreiheit . . . . .	43
Kochsalzfilter . . . . .	43
Benzin-Fülltrichter . . . . .	44
Heizwert . . . . .	44
Brennstoffleitung und Lagerung . . . . .	44
IX. Der Sechszylinder-Flugzeugmotor . . . . .	45
Ausführungsformen . . . . .	45
X. Die Einzelteile des Standmotors . . . . .	49
1. Gehäuse . . . . .	49
2. Zylinder . . . . .	51
3. Kolben . . . . .	53
4. Kolbenringe . . . . .	58
5. Kolbenbolzen . . . . .	60
6. Pleuelstange . . . . .	61
7. Kurbelwelle . . . . .	63
8. Ventile . . . . .	64
9. Ventilsteuerung . . . . .	65
10. Einschleifen der Ventile . . . . .	66
11. Dichtigkeitsprüfung von Ventilen . . . . .	66
12. Ventildedern . . . . .	68
13. Schwinghebel . . . . .	69
14. Einstellung der Schwinghebel . . . . .	69
15. Stößel, Stößelstange . . . . .	71
16. Dekompressionsvorrichtung . . . . .	73
17. Einstellung der Ventile und der Zündung . . . . .	74

	Seite
XI. Vergaser . . . . .	77
Oberflächenvergaser . . . . .	77
Prinzip des modernen Vergasers . . . . .	78
Ansaugrohr . . . . .	79
Mercedes-Vergaser . . . . .	81
Benz-Vergaser . . . . .	84
Pallas-Vergaser . . . . .	86
Zenith-Vergaser . . . . .	88
Cudell-Vergaser . . . . .	91
Allgemeines über Vergaser . . . . .	92
XII. Brennstoffzuführung . . . . .	93
Hauptbrennstoffbehälter . . . . .	94
Fallbenzintank . . . . .	96
Handpumpe . . . . .	97
Druck-Reduzierventil . . . . .	97
Mercedes-Luftdruckpumpe . . . . .	98
Benz-Luftdruckpumpe . . . . .	99
Benz-Brennstoffpumpe . . . . .	99
Windkessel für Brennstoffleitungen . . . . .	102
Fokker-Luftpumpe . . . . .	103
L.-V.-G.-Benzinpumpe . . . . .	104
Benzin-Reiniger . . . . .	105
XIII. Zündung . . . . .	108
A. Magnetismus . . . . .	109
B. Magnetisches Feld . . . . .	110
C. Magnetische Beeinflussung . . . . .	110
D. Magnet-elektrische Induktion . . . . .	111
Faradaysches Gesetz . . . . .	111
Lenzsches Gesetz . . . . .	113
E. Prinzip eines Stromerzeugers . . . . .	113
F. Kondensator . . . . .	117
G. Praktische Ausführungsformen des Stromerzeugers . . . . .	120
H. Verlauf des Magnetismus im Zündapparat . . . . .	123
I. Anker . . . . .	123
K. Schaltung im Zündapparat . . . . .	124
L. Primär- und Sekundärstromkreis . . . . .	127
M. Sicherheits-Funkenstrecke . . . . .	131
N. Zündzeitpunkt-Verstellung . . . . .	131
O. Anlasser . . . . .	132
P. Ausschalter . . . . .	134
Q. Schaltschema . . . . .	138
R. Kabelanschlüsse . . . . .	140

	Seite
S. Bosch-Zündung System III . . . . .	140
T. Bosch-Zündung für Umlaufmotoren . . . . .	142
U. Bosch-Zündkerze . . . . .	143
V. Mea- und Eisemann-Zündung . . . . .	144
<b>XIV. Schmierung . . . . .</b>	<b>145</b>
Schmierung des Argus-Motors . . . . .	145
"    " Mercedes-Motors . . . . .	148
"    " Benz-Motors . . . . .	152
Neue Benz-Zahnradölpumpe . . . . .	156
Schmierung des Ventilgestänges . . . . .	158
<b>XV. Schmiermittel . . . . .</b>	<b>159</b>
Mineralöl . . . . .	159
Flammpunkt, Viskosität . . . . .	159
Organische Öle, Rizinusöl . . . . .	161
Konsistente Fette, Staufferfett . . . . .	161
Öfülltrichter . . . . .	162
<b>XVI. Kühlung . . . . .</b>	<b>162</b>
Wasserpumpe . . . . .	163
Kühlwasserleitung . . . . .	165
Kühlertypen . . . . .	165
Prüfung von Kühlern . . . . .	167
Kühlwasser . . . . .	170
<b>XVII. Auspuffsammler . . . . .</b>	<b>172</b>
Anforderungen an Auspuffsammler . . . . .	173
Formen der Sammler . . . . .	176
Fremdländische Auspuffsammler . . . . .	177
<b>XVIII. Untersuchung und Neumontage eines Motors . . . . .</b>	<b>180</b>
Auseinandernehmen eines Mercedes-Motors . . . . .	180
Untersuchung und Instandsetzung . . . . .	181
Neuaufbau des Mercedes-Motors . . . . .	183
Zusammenbau des Benz-Motors . . . . .	186
<b>XIX. Einbau des Motors in das Flugzeug . . . . .</b>	<b>187</b>
Einbringen des Motors . . . . .	187
Verlegen der Leitungen . . . . .	189
Aufsetzen der Luftschraube . . . . .	190
<b>XX. Behandlung und Wartung der Motoren . . . . .</b>	<b>190</b>
Betriebsstoffauffüllung . . . . .	191
Verhalten nach dem Fluge . . . . .	191

	Seite
XXI. Betriebsstörungen und ihre Beseitigung . . . . .	192
Störungen beim Anlassen . . . . .	193
Zündstörungen während des Motorlaufes . . . . .	194
Störungen in der Gaszufuhr . . . . .	195
Störungen infolge Abnutzung . . . . .	196
XXII. Kraftübertragung und Steuerung der Motoren . . . . .	197
Kraftübertragung . . . . .	198
Steuerung . . . . .	198
Inbetriebsetzung des Motors . . . . .	199
XXIII. Moderne Flugzeugmotoren-Typen . . . . .	200
A. Deutsche Motoren . . . . .	201
B. Ausländische Motoren . . . . .	211
XXIV. Der Umlaufmotor . . . . .	222
Beschreibung . . . . .	226
Arten von Umlaufmotoren . . . . .	227
Arbeitsweise der Umlaufmotoren . . . . .	231
Der Gnom-Motor und seine Einzelteile . . . . .	233
Schmierung . . . . .	238
XXV. Ab- und Neuaufbau von Umlaufmotoren . . . . .	241
Abbau . . . . .	241
Neuaufbau . . . . .	241
Einstellung der Auslaßventile . . . . .	243
Motoreinbau in das Flugzeug . . . . .	245
Betriebsstörungen . . . . .	246



RUMPLER  
WERKE  
A.-G.

BERLIN-JOHANNISTHAL

## I. Einleitung.

Aus allen Zeiten, bis zurück ins Altertum, finden wir Aufzeichnungen über Flugversuche. Alle diese Versuche mußten mißlingen, solange man nicht zu der Erkenntnis gekommen war, daß die Körperkräfte des Menschen allein nicht dazu ausreichen, einen tatsächlich verwertbaren Flug zu vollbringen, sondern daß andere recht erhebliche Kraftquellen zu Hilfe genommen werden müssen.

Vornehmlich der Mangel einer geeigneten Kraftquelle war die Ursache aller Mißerfolge im dynamischen Fluge, und erst die Erfindung des im Verhältnis zu seiner Leistung so außerordentlich leichten Explosionsmotors ermöglichte den praktischen Flug.

Für uns Deutsche ist es eine besondere Genugtuung, feststellen zu können, daß das Verdienst, durch sein unermüdliches Arbeiten der Flugmotoren-Industrie der gesamten Welt den Weg gewiesen und so die heutigen Leistungen überhaupt ermöglicht zu haben, einem Deutschen, und zwar Gottlieb Daimler, zuzusprechen ist. Daimler gebührt vor allen Dingen das Verdienst, den Motor zu seinem heutigen geringen Gewicht gebracht zu haben.

Hervorgegangen aus dem Automobil-Motor, ist durch dauerndes Heraufschrauben der Umlaufzahl unter gleichzeitiger Gewichtsverminderung ein Flugmotor entstanden, der wohl als vollkommen bezeichnet werden kann. Ein Daimler-Motor war es denn auch, der als erster Benzinmotor in einem Luftfahrzeug Verwendung fand, und zwar ein 10 PS-Motor, der im Jahre 1896 in dem Luftschiff von Dr. Wölfert verwendet wurde.

An sich ist der Gedanke, das bei der Entzündung brennbarer Gasmengen entstehende Arbeitsvermögen in Kraftmaschinen

nutzbar zu verwerten, nicht neu. Bereits 1680 stellte der Physiker Huyghens Versuche an, mittels zur Entzündung gebrachten Pulvers einen in einem Zylinder beweglichen Kolben in die Höhe zu schleudern.

100 Jahre später versuchte der Franzose Lebon diese Idee weiter auszubauen, indem er ein Gemisch von Gas und atmosphärischer Luft durch elektrischen Strom entzündete. Wirkliche Erfolge auf diesem Wege erzielte jedoch erst der Franzose Lenoir im Jahre 1860.

Diesen für den heutigen Motorenbau grundlegenden Arbeiten wurde praktischer Wert auch wiederum erst durch einen Deutschen verliehen, und zwar durch den Ingenieur Otto, der das Viertakt-Arbeitsverfahren festlegte, nach welchem heute sämtliche Explosionsmotoren für Luftfahrzeuge arbeiten.

Das erste mit einem Benzinmotor ausgerüstete Flugzeug, welches auch tatsächlich vom Boden aus aufsteigen konnte, war das der beiden Amerikaner Gebrüder Wright, welche am 17. Dezember 1903 die ersten Flüge ausführten. Die Wrights verwendeten nicht nur ein Flugzeug eigener Konstruktion, sondern auch einen selbstgebauten Viertakt-Explosionsmotor. Der erste Wrightsche Motortyp leistete bei 1000—1200 Umdrehungen in der Minute 12—15 PS und hatte ein Gewicht von 90 kg. Schon nach 2 Jahren jedoch hatten die Wrights bereits einen Motor von doppelter Leistung hergestellt, der erheblich leichter war.

Eine der Hauptfragen für die Verwendbarkeit eines Motors in einem Luftschiffe oder Flugzeuge war also die Forderung eines möglichst geringen Gewichtes. Aber nicht nur dieses allein ist ausschlaggebend. Ebenso wichtig ist ein geringer Brennstoffverbrauch, denn es ist bei längerem Fluge keineswegs gleichgültig, ob ein Motor viel oder wenig Brennstoff verbraucht. Allerdings wird ein leichter Motor mit etwas höherem Brennstoffverbrauch einem eine Wenigkeit schwereren Motor mit etwas geringerem Brennstoffverbrauch stets überlegen sein, da der Gewichtsunterschied sich mit zunehmender Flugdauer naturgemäß zugunsten des leichteren Motors verringert.

Eine weitere Voraussetzung für die Eignung eines Motors für Flugzeuge ist möglichst ruhiger Lauf. Erschütterungen müssen unter allen Umständen vermieden werden, da der leichte Bau des Flugzeugrumpfes Schwingungen nicht verträgt und die Festigkeit des ganzen Flugzeuges gefährdet ist. Es besteht außerdem die Gefahr, daß infolge der fortwährenden Erschütterungen die in Schwingungen geratenden Brennstoff-, Öl- und Wasserzuführungen abreißen, also die Betriebssicherheit erheblich vermindert wird.

Die Forderung nach erschütterungsfreiem Lauf ist mit ein Grund dafür, daß die Vierzylindermotoren im Flugbetrieb vollständig durch die Sechszylindermotoren mit ihrem besonders guten Massenausgleich verdrängt worden sind.

Vom Flugmotor muß ferner verlangt werden, daß er in allen, beim Fliegen normalerweise vorkommenden Schräglagen genau so zuverlässig wie in horizontaler Lage arbeitet und seine Leistung unverändert bleibt. Auch das Fliegen in großen Höhen, wobei die erheblich dünnere Luft von großem Einfluß auf den Gang des Motors ist, darf die Arbeitsweise nicht nachteilig beeinflussen.

Vergaser und Kühleranlage müssen den veränderten Luft- und Temperaturverhältnissen sorgfältig angepaßt sein.

Die dem Flugmotorenbauer gestellten Aufgaben sind also recht mannigfaltig und schwierig, so daß bei der kurzen Entwicklungszeit des gesamten Flugmotorenbaues die bis heute erreichten Leistungen ganz besonders anerkannt werden müssen. Motoren mit Leistungen von 260 bis 280 PS in 6 Zylindern bei einem Gewichte von knapp 2 kg pro PS sind heute bereits normale Serientypen.

## II. Allgemeines über Explosionsmotoren.

Unsere Kraftmaschinen können wir nach ihrer Kraftquelle in 4 Gruppen unterteilen:

1. Windmotoren; 2. Wassermotoren; 3. Wärmekraftmotoren; 4. Elektromotoren.

Die Wärmekraftmotoren, zu denen der Explosionsmotor gehört, gruppieren sich wieder in:

A. Dampfmaschinen und B. Verbrennungskraftmaschinen, von denen letztere Gruppe gebildet wird aus:

a) Ölmotoren und b) Gasmotoren.

Unser Flugmotor gehört zu den Gasmotoren, während zu den Ölmotoren die wirtschaftlich noch etwas günstiger arbeitenden

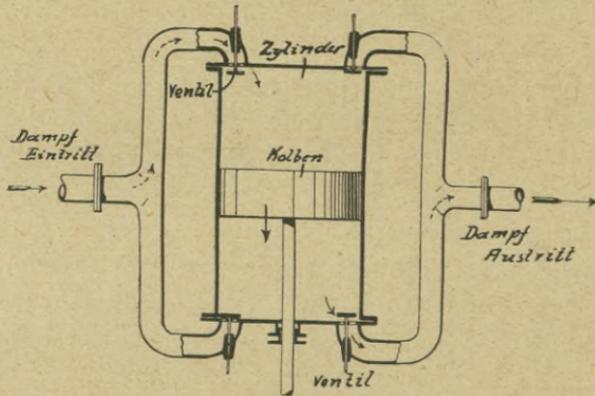


Fig. 1. Schema einer doppelwirkenden Maschine.

Dieselmotoren gehören, die zur Zeit mit besonders gutem Erfolge in unseren Unterseebooten verwandt werden.

In den meisten Wärmekraftmaschinen, wie bei den Dampfmaschinen, wird die hin- und hergehende Bewegung des Kolbens in der bekannten Weise mittels eines Kurbeltriebes in die rotierende Bewegung einer Kurbelwelle umgesetzt.

Zwischen der Arbeitsweise der Dampfmaschine und derjenigen des Explosionsmotors besteht jedoch ein grundlegender Unterschied insofern, als bei den Dampfmaschinen der Dampf

abwechselnd auf beiden Seiten des Kolbens wirkt, je nachdem die Ventile betätigt werden, und bei den Explosionsmotoren stets nur eine Seite des Kolbens zur Kraftaufnahme ausgenutzt wird.

Man bezeichnet die Dampfmaschinen (Fig. 1) als doppelwirkend, die Explosionsmotoren als einfachwirkend (Fig. 2). Sind solche einfachwirkende Kolbenmaschinen Gasmotoren, so spricht man von Zweitaktmotoren, über die später noch Ausführlicheres gesagt ist.

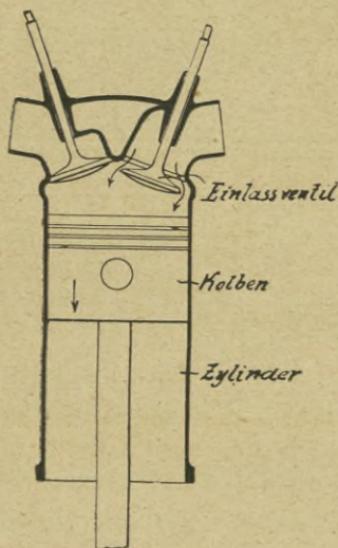


Fig. 2. Schema einer einfachwirkenden Maschine.

Ein weiterer prinzipieller Unterschied zwischen Dampfmaschine und Explosionsmotor ist ferner der, daß bei der Dampfmaschine der Betriebsdampf dem Zylinder bereits unter Überdruck zugeführt wird und in letzterem lediglich durch seine Expansion den Kolben vortreibt, während in den Gasmotoren, nicht aber in den Dieselmotoren, die Kompression der Gase erst im Zylinder selbst erfolgt und sich der Zylinder das Gasmisch selbst ansaugen muß.

In der bereits erwähnten ersten Maschine des Franzosen Lenoir erfolgte überhaupt noch keine Verdichtung des Gas-

gemisches, sondern in der ersten Hälfte des ersten Kolbenhubes wurde das Gasgemisch angesaugt und dieses dann auf halbem Kolbenwege entzündet, so daß während der zweiten Hälfte des ersten Hubes Kraft an den Kolben abgegeben wurde. Im Aufwärtstakte wurden die verbrannten Gase ausgestoßen.

Erst der Erfinder des Viertaktverfahrens, Otto, erkannte den Wert einer guten Verdichtung des Gasgemisches. Er benutzte den ersten Takt, d. h. den Niedergang des Kolbens, zum Ansaugen des Gasgemisches und den zweiten Takt zur Verdichtung, ließ im Übergang vom zweiten zum dritten Takt die Zündung erfolgen, so daß während des dritten Taktes die Gase sich ausdehnen und Kraft an den Kolben abgeben konnten, und benutzte den vierten Takt zur Ausstoßung der verbrannten Gase.

Bei diesem Ottoschen Viertaktverfahren ist die Verbrennung besonders wirtschaftlich, so daß man mit einem Wirkungsgrad von fast  $30\%$  rechnen kann, gegenüber einem solchen von nur  $18\%$  bei Dampfmaschinen.

Weiter ausgebildet wurde das Viertaktverfahren neuerdings noch durch ein Sechstaktverfahren, welches 2 Zusatzhübe erhielt, die vornehmlich eine noch bessere Ausspülung der Gase und Kühlung von Zylinder und Kolben bewirken sollen. Auf diese verschiedenen Arbeitsverfahren wird später noch ausführlich eingegangen.

### III. Flugzeugmotoren.

Die von der Heeresverwaltung an die Flugzeugmotoren gestellten Anforderungen, die zudem bei dem scharfen Wettbewerbe mit dem Feinde dauernd verschärft werden müssen,

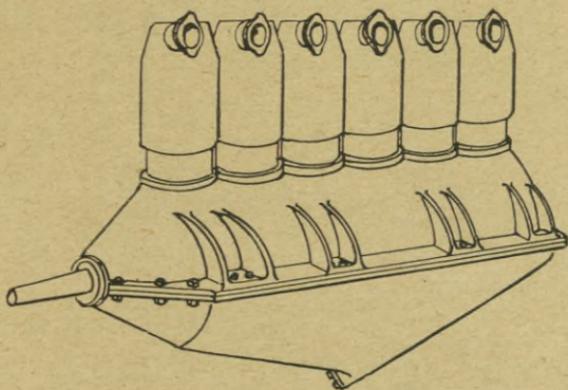


Fig. 3. Sechszylinder-Reihen-Standmotor.

sind recht weitgehend, so daß nur große, aufs modernste eingerichtete Werke in der Lage sind, die Bedingungen zu erfüllen und einwandfreie Flugzeugmotoren herzustellen.

In baulicher Anordnung unterscheiden wir Standmotoren und Umlaufmotoren.

Bei ersteren sind die Zylinder in einer Reihe hintereinander (Fig. 3) oder auch V-förmig (Fig. 4) in zwei einander gegenüber stehenden Reihen angeordnet. Diese feststehenden Zylinder sind, soweit es sich um deutsche Fabrikate handelt, durchweg mit Wasser gekühlt.

Bei den Umlaufmotoren liegen die Zylinder sternförmig im Kreise und schwingen mitsamt dem Gehäuse um die Kurbel-

welle herum (Fig. 5). Derartige Motoren sind im Gegensatz zu den Standmotoren meist luftgekühlt.

Überwiegend werden bei uns Standmotoren verwendet,

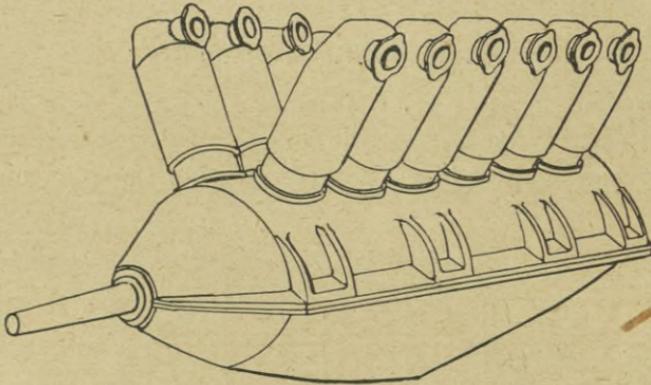


Fig. 4. Standmotor mit V-förmig gestellten Zylindern.

während bei unseren Feinden der Umlaufmotor eine erheblich größere Rolle spielt.

Zu Beginn des Krieges waren die Flugzeugmotoren unserer Feinde unstreitbar den unseren überlegen. Im Laufe der Zeit

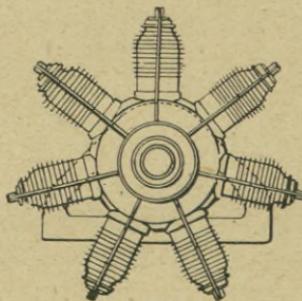


Fig. 5. Umlaufmotor mit luftgekühlten Zylindern.

ist es jedoch möglich gewesen, diesen Vorsprung auszugleichen, und wir können behaupten, daß wir jetzt ein erheblich besseres Motorenmaterial herstellen, womit auch die Führung im Luft-

kämpfe, die hauptsächlich von der Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit des Motors abhängig ist, in unsere Hände übergegangen ist.

## IV. Das Arbeitsverfahren.

### A. Viertakt-Arbeitsverfahren nach Otto.

Hierbei sind, wie aus dem Vorhergesagten sich ergibt, vier Takte, d. h. Kolbenhübe, nötig, um die Maschine einmal durchlaufen zu lassen und eine Kraftwirkung zu erzielen, woraus sich die Bezeichnung „Viertakt“ ergibt.

I. Takt: Während des ersten Taktes (Niedergang des Kolbens) ist das Saugventil geöffnet. Das Gasluftgemisch wird infolge der saugenden Pumpenwirkung des Kolbens in den Zylinder gesaugt, wobei in diesem ein Unterdruck von etwa 0,25 Atm. entsteht.

II. Takt: Beim darauffolgenden Aufwärtsgange des Kolbens sind beide Ventile geschlossen, so daß das über dem Kolben im Zylinder befindliche Gemisch verdichtet wird. Durch diese auf einen Druck von etwa 5 Atm. getriebene Verdichtung wird eine bessere Wärmeausnutzung, d. h. günstigerer thermischer Wirkungsgrad erreicht.

III. Takt: Kurz vor Erreichung des oberen Totpunktes erfolgt die Entzündung des komprimierten Gasgemisches durch einen elektrischen Funken, und die freiwerdenden Kräfte schleudern den Kolben nach unten (Arbeitstakt). Dieser überträgt die Kraftwirkung mittels Pleuelstange und Pleuelwelle auf die Luftschraube. Kurz vor Erreichen des unteren Totpunktes öffnet sich das Auslaßventil, so daß die verbrannten Gase austreten können. Der im Augenblick der Entzündung auftretende Explosionsdruck beträgt 25 bis 27 Atm., die Verbrennungswärme liegt zwischen 1500 und 2000°.

IV. Takt: Während des 4. Taktes geht der Kolben wieder nach oben und treibt die Gase unter Überdruck, der von

anfangs 3 Atm. bald auf 0,8 bis 0,5 Atm. fällt, heraus. Kurz ehe der Kolben in die höchste Stellung kommt, öffnet sich wieder das Einlaßventil, während das Auslaßventil geschlossen wird, worauf das Spiel von neuem beginnt.

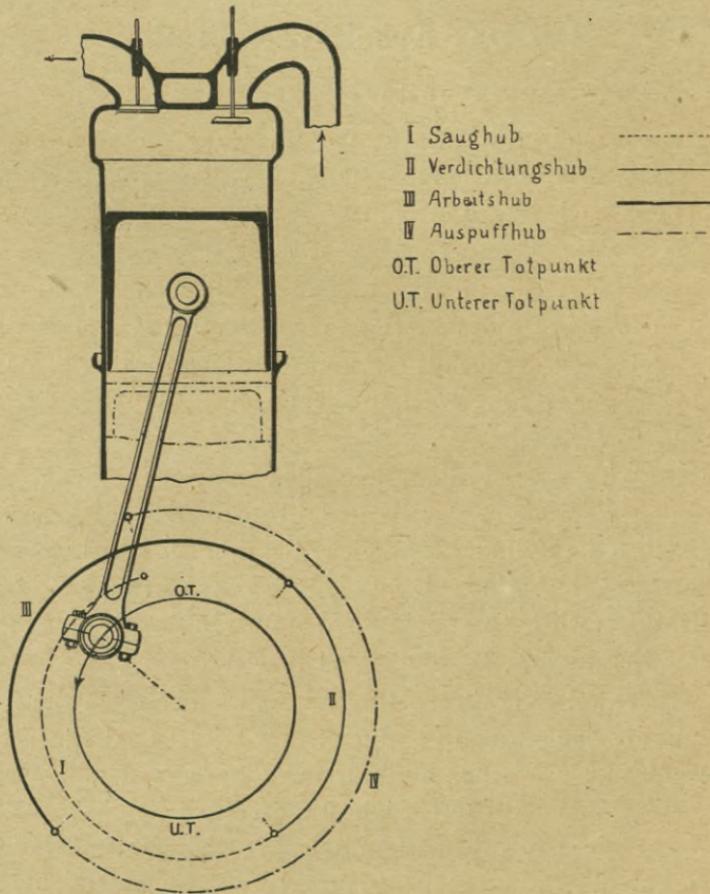


Fig. 6. Schematische Darstellung der vier Takte.

Von den vier Kolbenhüben ist hiernach beim Viertaktmotor nur ein Hub arbeitverrichtend ausgenutzt. Die hohen Drücke, für die der Motor konstruiert werden muß, treten nur im dritten Takt auf, so daß die großen Gewichte während

der anderen drei Takte nutzlos mitgeschleppt werden. Das Triebwerk ist dadurch verhältnismäßig ungünstig ausgenutzt, auch das Drehmoment ist aus dem gleichen Grunde nicht sehr gleichmäßig. Der Arbeitsverlust für diese drei Hilfstakte erreicht 5 bis 10 % der Motorleistung.

In Fig. 6 ist das Viertakt-Verfahren schematisch dargestellt und die einzelnen Hübe in der Spirale durch Anwendung verschiedenartiger Linien erkennbar.

Ein nach dem Viertakt-Verfahren arbeitender Einzylindermotor würde ohne Schwungrad, das den Motor über die drei toten Hübe hinweg in Gang halten muß, nicht arbeiten können.

Erhält jedoch der Motor mehrere auf dieselbe Kurbelwelle arbeitende Zylinder, so kann das Schwungrad fortfallen, wenn die einzelnen Kurbeln der Welle versetzt sind, so daß die einzelnen Zylinder sich niemals im gleichen Takt befinden.

Bei unseren Sechszylinder-Motoren für Flugzeuge werden Schwungräder nicht verwendet, da die Sechszylinder-Bauart mit ihren unter  $120^{\circ}$  versetzten Kurbeln alle ungünstigen Momente der hin- und hergehenden Massen ausgleicht. Natürlich wird ein guter Massenausgleich schon dadurch bewirkt, daß alle hin- und hergehenden Teile so leicht als irgend möglich gehalten sind. Diese Gewichtsverringerung der schwingenden Teile gestattet dann auch wieder, infolge der Verringerung der auftretenden Massenkräfte und Spannungen, eine erheblich schwächere und leichtere Ausführung des Gehäuses.

#### B. Zweitakt-Arbeitsverfahren.

Die dem Viertakt-Arbeits-Verfahren trotz aller Vorzüge noch immer anhaftenden Mängel lassen immer wieder den Gedanken auftauchen, Arbeitsverfahren zur Anwendung zu bringen, bei denen nicht nur jeder vierte Takt arbeitverrichtend wirkt, sondern die Arbeitstakte einander schneller folgen. Besonders das Zweitakt-Arbeitsverfahren wird immer wieder versucht, obschon es diesem bis jetzt nicht gelungen ist, sich im Flugzeugmotor durchzusetzen.

Die Eigenart des Zweitakt-Verfahrens besteht, wie aus dem Namen hervorgeht, darin, daß jeder zweite Takt ein Arbeitstakt ist, d. h. daß bei derselben Umlaufzahl doppelt soviel Explosionshübe vorhanden sind, wie beim Viertaktverfahren. Das Triebwerk wird also besser ausgenutzt, auch das Drehmoment ist gleichmäßiger. Hierzu kommt weiter daß man beim Zweitaktmotor mit weniger Ventilen oder auch

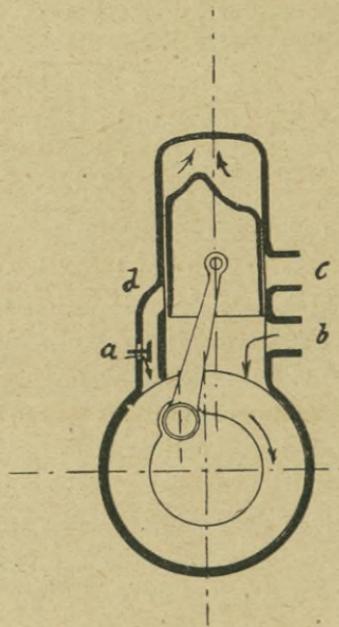


Fig. 7. Zweitaktmotor mit selbsttätigem Einlaßventil (Verdichtung des Gasgemisches).

ganz ohne solche auskommt, wodurch die für die Ventile erforderlichen Steuerorgane fortfallen und die Störungsmöglichkeiten weiter beschränkt werden. Diesen Vorteilen des Zweitakt-Verfahrens stehen andererseits aber auch Nachteile gegenüber, vor allen Dingen ein hoher Brennstoffverbrauch und geringere Veränderlichkeit der Umlaufzahl. Weiter ist die Ausspülung der verbrannten Gase bei dem Zweitaktmotor er-

heblich schlechter, auch die Abkühlung der Zylinderwände und des Kolbens läßt zu wünschen übrig.

Nachfolgend seien einige Ausführungsformen für Zweitaktmotoren beschrieben.

Bei dem Motor nach Fig. 7 u. 8 entsteht beim Aufwärtsgang des Kolbens im Gehäuse ein Unterdruck, wodurch das Gasgemisch ins Gehäuse gesaugt wird. Der Gaszutritt erfolgt teils durch das sich selbsttätig öffnende Ventil *a*, teils über

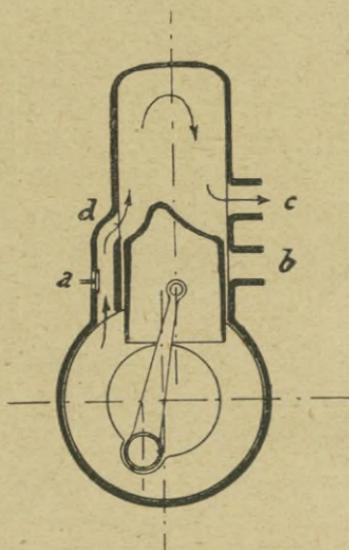


Fig. 8. Zweitaktmotor (Gas in den Zylinder strömend).

einen seitlichen Kanal *b* nachdem dieser durch die Unterkante des aufwärtsgehenden Kolbens freigelegt ist, (Kolbenstellung Fig. 7). Beim Niedergang des Kolbens wird Kanal *b* wieder abgedeckt, während Ventil *a* infolge des jetzt auftretenden Überdruckes sich selbsttätig schließt. Die Gase werden verdichtet und strömen, wenn die obere Kante des Kolbens den Kanal *d* freigelegt hat, aus dem Gehäuse in den Zylinder (Kolbenstellung Fig. 8). Der Gaseintritt erfolgt bei einer Kurbelstellung von etwa  $40^{\circ}$  vor dem unteren

Totpunkt. Die durch *d* unter Druck in den Zylinder strömenden frischen Gase schieben die hier von der vorhergegangenen Explosion noch vorhandenen verbrannten Gase durch Kanal *c* ins Freie.

Die auf dem Kolbenboden angeordnete Zunge hat den Zweck, den einströmenden Frischgasen den richtigen Weg zu weisen. Infolge des scharfen Auftreffens auf die Zunge strömen sie nicht direkt zu *c*, sondern in Pfeilrichtung zunächst gegen

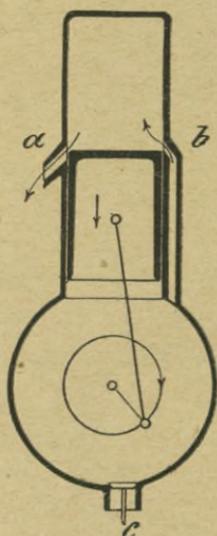


Fig. 9. Zweitaktmotor mit Einlaßventil im Gehäuse.

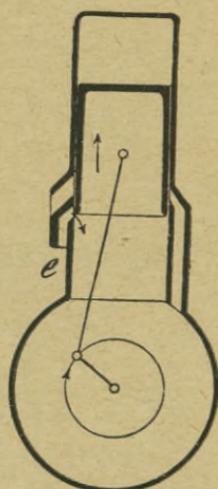


Fig. 10. Ventilloser Zweitaktmotor.

den Zylinderboden (Fig. 8), kehren dort um und treiben so die Abgasreste vor sich her. Beim Aufwärtsgang des Kolbens wird, nachdem Kanal *c* und *d* durch die Kolbenoberkante abgedeckt sind, über dem Kolben die neue Ladung verdichtet und es kann im oberen Totpunkt die Entzündung erfolgen. Gleichzeitig hat unter dem Kolben das Spiel bereits von neuem begonnen.

Bei dem Zweitaktmotor nach Fig. 9 ist ebenfalls ein Einlaßventil vorhanden. Die Abgase entweichen nach Freigabe

der Austrittsöffnung durch Kanal *a*, während das Frischgasgemisch durch Kanal *b* Zutritt. Geht dann der Kolben wieder nach oben, so verdichtet er das Gasgemisch im Zylinder, während gleichzeitig in das Gehäuse durch Ventil *c* frisches Gas eintritt. Nach erfolgter Zündung wird dieses in der Kurbelkammer vorkomprimiert, so daß es sofort nach Freigabe des Kanals *b* mit großer Geschwindigkeit nach oben gelangt.

Die Abbildung Fig. 10 zeigt einen vollkommen ventillosen Zweitaktmotor, bei dem das Gasgemisch durch einen von der Kolbenunterkante freigegebenen Kanal *e* in die Kurbelkammer eintritt, während im übrigen die Arbeitsweise derjenigen der vorherbeschriebenen Motoren gleich ist.

Bei den Zweitaktmotoren wird also, im Gegensatz zu den Viertaktmotoren, auch das Gehäuse für die Brennstoff-Zuführung bezw. Vorbereitung verwendet. Auch die Kolbenunterseite ist auf diese Weise zur Verrichtung von nutzbringender Arbeit, gewissermaßen zur Unterstützung der Kolbenoberseite, benutzt.

### C. Sechstakt-Arbeitsverfahren.

Beim Sechstaktmotor sind zu den Hüben des Viertaktes noch 2 weitere Kolbenhübe vorgesehen. Eine sehr sinnreiche Ausführungsform für den Sechstaktmotor ist in den Abbildungen 11 bis 14 dargestellt.

Dieser Motor wird durch ein einziges mit einem Kolbenschieber vereinigt Tellerventil gesteuert, welches sowohl die Gaszufuhr als auch den Eintritt der Spülluft regelt.

Am Ende der durch eine Nockenscheibe geführten Stößelstange sitzt ein normales Tellerventil, darunter der Ringschieber der axial durchbohrt ist, und in den verschiedenen Stellungen entweder den oberen Kanal *b* oder den darunter liegenden Kanal *a* abdeckt bezw. freigibt.

Die die Stößelstange betätigende Nockenscheibe dreht sich während der 6 Takte nur einmal herum. Das Übersetzungsverhältnis zur Kurbelwelle ist also 3:1.

Dreifach verschiedener Radius der Nockenscheibe ermöglicht drei verschiedene Höhenstellungen des Ringschiebers.

In der Ventilstellung nach Abbildung 11 ist sowohl das Tellerventil geschlossen als auch der Gaskanal *a* durch den Ringschieber abgedeckt. Die Stößelstange sitzt im kleinsten Nockenradius.

Bei der Stellung nach Abbildung 12, die das Ventil während des Saughubes einnimmt, schließt der Ringschieber den Luft-

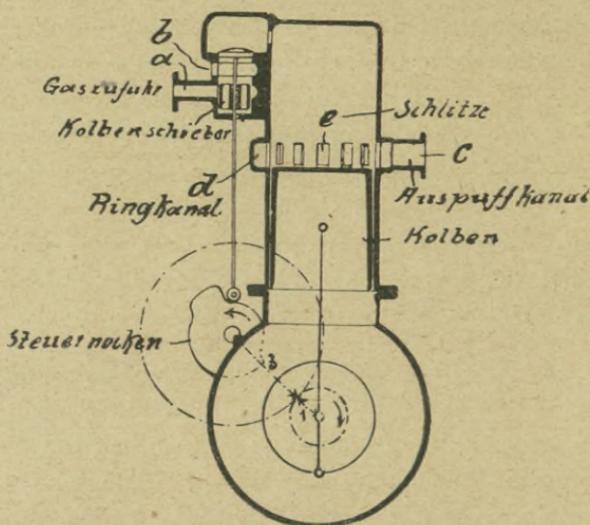


Fig. 11. Sechstaktmotor.

kanal *b* ab, während das Gas aus *a* durch die Bohrungen des Ringschiebers und das abgehobene Tellerventil eintritt. Die Stößelstange ruht auf dem großen Nockenradius.

Fig. 13 zeigt die Steuerstellung während des zweiten und dritten Taktes, wobei weder Gas noch Luft Zutritt. Fig. 14 endlich zeigt die Stellung bei den weiteren drei Spülhuben, während welcher der Ringschieber die Gaszuführung abschließt und die Luft durch *b* und das geöffnete Tellerventil ungehindert Zutritt hat.

Der Auspuff erfolgt über die Schlitze *e* und den Ringkanal *c* in die Auspuffleitung. Die Schlitze *c* werden in der in Fig. 11 gezeichneten tiefsten Kolbenstellung freigegeben.

Dieses eine ganz ausgezeichnete Reinigung und Kühlung der Zylinder erreichende Sechstakt-Arbeitsverfahren wird bis-

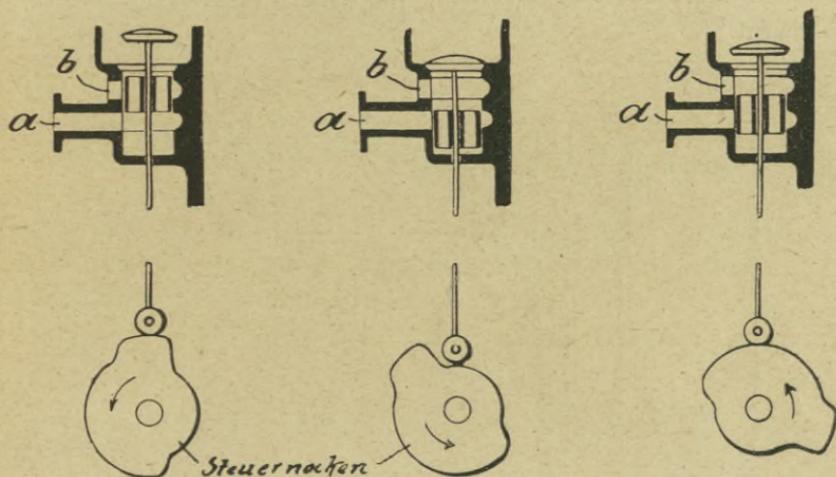


Fig. 12, 13, 14. Sechstaktmotor (Ventilstellungen).

her im Flugmotorenbau nicht verwandt und sei hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt. Gleichzeitig soll diese Beschreibung zum Nachdenken darüber anregen, ob die nicht geringen Vorzüge des Sechstaktes in gleicher oder ähnlicher Form für den Flugzeugmotor nutzbar gemacht werden können, ohne irgendwelche Nachteile anderer Art hineinzubringen.

## V. Berechnung der Motorenleistung.

### Druckdiagramm.

Der bei unseren Flugmotoren im Augenblick der Entzündung des Gasgemisches auftretende Höchstdruck erreicht, wie bereits erwähnt, 25 bis 27 Atm. Dieser Druck fällt bei dem gleich

darauf einsetzenden Niedergange des Kolbens infolge der dadurch eintretenden Vergrößerung des Zylinderraumes über dem Kolben sofort nach einer ganz bestimmten Linie ab.

Zum Verständnis dieses Druckabfalles diene die in Fig. 15 dargestellte Mariottesche Linie mit schematisch daneben angedeutetem Zylinder, in welchem sich ein Kolben bewegt.

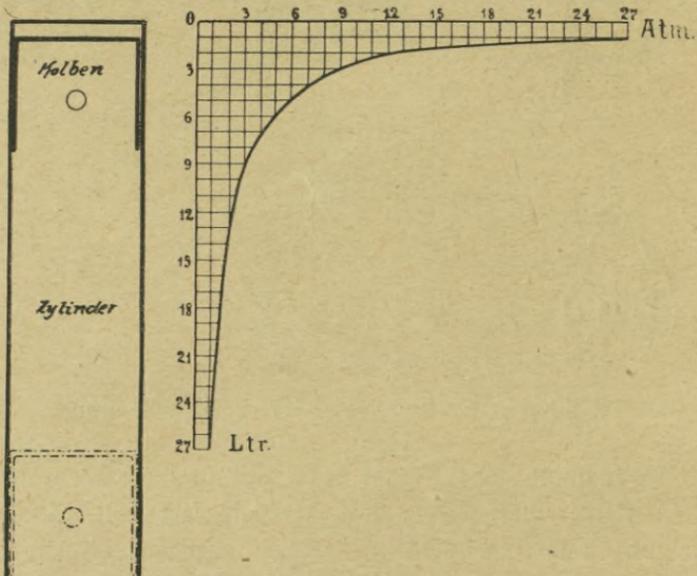


Fig. 15. Mariottesche Linie.

Wenn in diesem Zylinder der Kolben so hoch steht, daß der übrigbleibende Raum 1 cbdm (1 Liter) groß ist, und das in diesem Raume befindliche Gas unter einem Druck von 27 Atm. steht, so wird die Spannung beispielsweise auf 9 Atm. fallen, wenn der Raum auf 3 cbdm vergrößert wird. Proportional der Raumvergrößerung erfolgt also eine Druckverminderung.

Wenn man diese der jeweiligen Raumvergrößerung entsprechende Druckverminderung in ein Koordinaten-System überträgt und die einzelnen Punkte zu einer Linie verbindet,

so erhält man ein Bild von der Veränderung der Spannung während der Kolbenbewegung. Der Verlauf dieser Schaulinie zeigt also den jeweils im Zylinder herrschenden Druck an und läßt auf diese Weise einen Schluß auf die Arbeitsleistung in dem Zylinder zu.

Um die Druckverhältnisse im Zylinder und damit die Arbeitsleistung zu ermitteln, stellt man durch ein besonderes Instrument, den sogenannten Indikator, den Druckverlauf fest. Bei Dampfmaschinen, überhaupt bei allen langsam laufenden Kraftmaschinen, lassen sich einwandfreie Druckdiagramme verhältnismäßig leicht herstellen, bei den schnellaufenden Explosionsmotoren sind diese Messungen erheblich schwieriger, doch sind neuerdings auch hierfür zuverlässig aufzeichnende Indikatoren hergestellt worden.

Im Zylinder eines nicht im Betrieb befindlichen Motors ist weder Druck noch Unterdruck vorhanden, sondern ein vollständiger Ausgleich mit dem Druck der atmosphärischen Luft hergestellt.

Figur 16 zeigt ein Diagramm für einen Explosionsmotor, und zwar gibt die punktierte Linie das theoretische Idealdiagramm an, während die vollgezeichnete etwa den in Wirklichkeit herrschenden Druckverhältnissen entspricht. Die Abweichungen des Normaldiagramms gegenüber dem Idealdiagramm ergeben sich aus den verschiedensten ungünstigen Beeinflussungen wie zu rascher Lauf, Ventilfehler, Zündungsstörungen usw.

Der beim Viertaktmotor während des Kolbenniederganges im 1. Takt entstehende Unterdruck von etwa 0,25 Atm. bedingt im Diagramm eine unter den Normaldruck fallende Linie (I), während die im 2. Takt einsetzende Verdichtung der Gase auf 5—6 Atm. ein entsprechendes Ansteigen der Schaulinie (II) zur Folge hat.

Eine weitere Steigerung des Kompressionsdruckes über 5 bis höchstens 6 Atm. hinaus ist nicht möglich, da durch die bei der Verdichtung entstehende Eigenwärme schließlich eine Selbstentzündung des Gases erfolgen könnte.

Die Zündung erfolgt in der Regel kurz vor Erreichung des oberen Totpunktes, so daß die durch die Explosion bedingte Drucksteigerung bereits eintritt, während der Kolben sich noch weiter nach oben bewegt. Die Zündung darf jedoch nicht so früh erfolgen, daß bereits der Höchstdruck erreicht ist, ehe der Kolben über den Totpunkt hinweg ist!

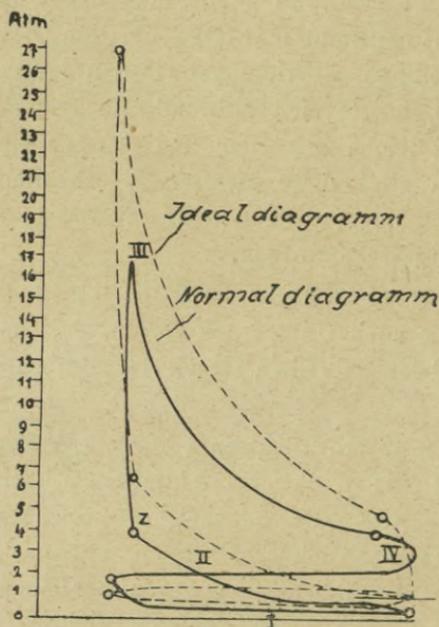


Fig. 16. Druckdiagramm.

Nach Linie III springt der Druck im Idealdiagramm nach der Entzündung plötzlich bis auf 27 Atm. an, um entsprechend dem Kolbenniedergang sofort wieder abzufallen.

Kurz vor Erreichung des unteren Totpunktes, etwa wenn die Gase noch eine Spannung von 4 bis 5 Atm. haben, beginnt der Austritt unter einem Druckabfall von anfangs 3 bis 4 auf 0,8 bis 0,5 Atm. Dieser geringe Überdruck (Linie IV) bleibt während des ganzen Aufganges des Kolbens (4. Takt) bestehen. Am Schluß des 4. Taktes fällt dann bei Wiederöffnung des Einlaßventils und Umkehrung der Kolbenbewegung der Druck

wieder von  $+ 0,5$  Atm. auf  $- 0,25$  Atm. und das Spiel beginnt von neuem.

### **Motorenstärke.**

Die zur Bewegung des Flugzeuges in der Luft erforderlichen Kräfte können wir nicht sehen, aber ihre Wirkung wahrnehmen und durch verschiedene Berechnungsmethoden die Größe des sich der Flugzeugbewegung entgegenstellenden Widerstandes berechnen.

Die zur Fortbewegung eines Flugzeuges nötige Motor-  
kraft läßt sich genau bestimmen.

### **Arbeit.**

Denkt man sich beispielsweise ein Flugzeug an einem über einer Rolle geführten Seil befestigt, an dessen anderm Ende ein Gewicht zieht, so wird das Gewicht imstande sein, das Flugzeug vorwärts zu bewegen. Die Kraft (Gewicht) verrichtet also eine Arbeit, und diese Arbeit ist um so größer, je weiter das Flugzeug bewegt wurde. War das Gewicht nun 75 kg schwer und die vom Flugzeug zurückgelegte Strecke 1 m, so hat die Kraft von 75 kg eine „Arbeit“ von

$$75 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m} = 75 \text{ Meterkilogramm (mkg)}$$

verrichtet, bei einer Bewegung von 2 m also eine Arbeit von 150 mkg. usf.

Es ergibt sich hieraus als Erklärung für den Begriff „Arbeit“, daß

„Arbeit ein Produkt aus Kraft · Weg“

ist, wobei die Kraft in kg, der Weg in m einzusetzen ist.

### **Leistung.**

Für die Bewertung einer Arbeit ist es nötig, zu wissen, in welcher Zeit sie verrichtet wurde, woraus sich ergibt, daß

„Leistung ein Produkt aus Kraft · Weg in der Zeit  
einheit“

darstellt.

### Pferdestärke.

Eine Leistung von 75 mkg/Sek. bezeichnet man mit einer „Pferdestärke“, also ist:

$$1 \text{ PS} = \frac{\text{Kraft} \cdot \text{Weg}}{\text{Zeit}} \cdot 75 = 75 \text{ mkg/Sek.}$$

Würde in dieser Weise das Gewicht von 75 kg die Zeit einer Sekunde benötigt haben, um das Flugzeug 1 m weit vorwärts zu bewegen, so wäre dies eine Leistung von einer PS.

Hiernach muß ein Motor bei einer Leistung von 10 PS imstande sein,  $75 \cdot 10 = 750$  kg in in 1 Sekunde 1 m weit vorwärts zu bewegen, bzw. zu heben.

Im Zylinder des Motors bewegt sich der Kolben. Der Hub des Kolbens ist hier der Weg, der auf den Kolben ausgeübte Druck die Kraft, wir haben also die Werte für Kraft und Weg. Da im Motor in einer Sekunde mehr als ein Hub ausgeführt wird, muß auch die Anzahl der Umläufe bzw. Kolbenhübe berücksichtigt werden, um auf den Weg in der Zeiteinheit zu kommen. Die Kraft, d. h. der Druck auf den Kolben, ist abhängig von der Spannung der Gase über dem Kolben. Wir bezeichnen sie mit  $P$  und drücken sie in Atmosphären, d. h. kg auf 1 cm<sup>2</sup>, aus. Die Größe der Kraft ist außerdem aber abhängig von der Größe der Kolbenfläche. Da die Kolbenfläche ein Kreis ist, so ergibt sich die Größe der Kraft aus:

$$\text{Kraft } P = p \cdot \frac{d^2 \pi}{4}.$$

Der Explosionsdruck  $p$  wird praktisch entsprechend dem Normal-Diagramm Fig. 16, nicht mit 25—27 Atm., sondern nur mit 20 Atm. eingesetzt.

Hat der Kolben einen Durchmesser von angenommen 130 mm = 13 cm, so berechnet sich die Kraft  $P$  aus:

$$\text{Kraft } P = 20 \cdot \frac{d^2 \pi}{4}$$

$$P = 20 \cdot \frac{13 \cdot 13 \cdot 3,14}{4}$$

$$P = 2653 \text{ kg}$$

Der Weg, auf dem diese Kräfte wirken, ist der Kolbenhub, der bei dem Flugmotor zwischen 120 und 200 mm schwankt. Zur Berechnung müssen wir den vom Kolben in der Zeiteinheit überhaupt zurückgelegten Weg, also die mittlere Kolbengeschwindigkeit wissen. Diese ergibt sich aus der Umlaufzahl. Wenn ein Motor angenommen 150 mm Hub hat und mit 1400 Touren läuft, so ergibt sich für 1 Minute ein Weg von  $150 \cdot 1400$ . Dieser Wert ist noch mit 2 zu multiplizieren, da auf eine Umdrehung 2 Hübe kommen.

Für die Minute ergibt sich also ein Kolbenweg von  $150 \cdot 2 \cdot 1400 = 420\,000 \text{ mm} = 420 \text{ m}$ . Zur Berechnung brauchen wir den Weg in der Sekunde, so daß sich folgende Formel ergibt:

$$\text{Weg/Sekunde} = \frac{\text{Hub} \cdot 2 \cdot \text{Umlaufzahl}}{60}$$

Für unser Beispiel ergibt sich ein Weg von  $420 : 60 = 7 \text{ m/sek}$ .

Mit diesen beiden Werten für Kraft und Weg kann nunmehr die Leistung nach der Formel

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

$$L = \left( p \cdot \frac{d^2 \pi}{4} \right) \cdot \left( \frac{2 \cdot \text{Hub} \cdot n}{60} \right)$$

bestimmt werden, worin  $n$  die Umlaufzahl bedeutet.

### Motorenleistung.

Zur Ermittlung der Leistung eines Motors darf nun für  $p$  nicht die doch nur vorübergehend, im Moment der Explosion auftretende Spannung von 20 Atm. eingesetzt werden, sondern ein erheblich geringerer Wert, der sich aus dem Diagramm bzw. den Erfahrungen der Praxis mit etwa 8 Atm. ergibt.

Berücksichtigt muß ferner werden, daß unsere Flugzeugmotoren Viertakt-Motoren sind, also dieser mittlere Druck von  $\sim 8$  Atm. ( $p_m$ ) nur während des vierten Teiles des Gesamtkolbenweges wirkt. Sind mehrere Zylinder vorhanden, so muß weiter auch die Anzahl dieser Zylinder berücksichtigt werden, so daß sich für die Ermittlung der Leistung eines Motors folgende Formel ergibt:

$$\text{Leistung} \sim = \frac{p_m \cdot \frac{d^2 \pi}{4} \cdot 2 \cdot H \cdot n}{4 \cdot 60} \cdot Z,$$

worin

„ $\pi$ “ die Konstante  $\sim 3,14$ ,

„ $H$ “ den Hub in Metern,

„ $d$ “ den Kolbendurchmesser in cm,

„ $n$ “ die Umlaufzahl

„ $Z$ “ die Anzahl der Zylinder bedeutet.

Um die Leistung in Pferdestärken auszudrücken, ist das sich hieraus ergebende Produkt, da zu einer Pferdestärke 75 mkg gehören, durch 75 zu teilen. Die Anzahl der von einem Motor geleisteten Pferdestärken, errechnet sich hiernach aus

$$N_{(PS)} = \frac{p_m \cdot \frac{d^2 \pi}{4} \cdot 2 \cdot H \cdot n}{4 \cdot 60 \cdot 75} \cdot Z$$

Hiernach würde sich z. B. die Leistung eines Sechszylinder-Motors mit 120 mm Zylinderbohrung und 150 mm Hub bei 1400 Umdrehungen ergeben mit:

$$N_{(PS)} = \frac{8 \cdot \frac{12^2 \cdot 3,14}{4} \cdot 2 \cdot 0,15 \cdot 1400}{4 \cdot 75 \cdot 60} \cdot 6 = 127 \text{ PS.}$$

## VI. Wirkungsgrad der Motoren.

Im Motorenbau wird zwecks Steigerung der Leistungsfähigkeit besonderer Wert auf größtmögliche Erhöhung der Kolbengeschwindigkeit gelegt, und man hat Motoren gebaut, die mittlere Kolbengeschwindigkeiten von 9 — 10 m in der Sekunde erreichen.

Natürlich gelingt dies nur bei Verwendung höchstwertiger Materialien und sorgfältigster Ausführung aller im Motor verwendeten Teile.

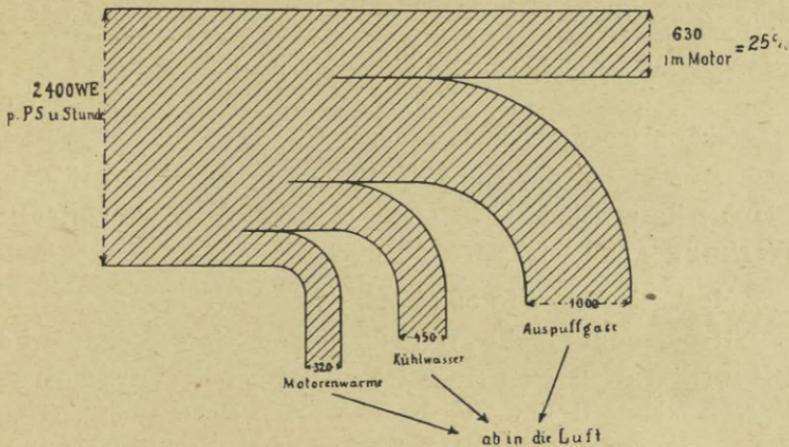


Fig. 17. Graphische Darstellung der Ausnutzung der Energiewerte des Benzins.

Die Verringerung des schädlichen Raumes bei möglicher Annäherung des Verbrennungsraumes an die Kugelform sowie bessere Kompressionsverhältnisse und vervollkommnete Verbrennung ermöglichen die jetzigen hohen Leistungen.

Trotzdem geht von dem Energiewert des Benzins immer noch ein sehr großer Teil verloren, und nur  $25\%$ , höchstens  $30\%$ , werden in Nutzleistung umgesetzt.

Die Verluste ergeben sich aus der graphischen Darstellung Abbildung 17.

### Wärmeeinheit.

Man bemißt den Wert eines Brennstoffes nach der Menge der in ihm enthaltenen Wärmeeinheiten, auch Kalorien genannt.

Unter einer Kalorie (W. E.) versteht man diejenige Wärmemenge, die erforderlich ist, die Temperatur von 1 l Wasser um  $1^{\circ}$ , genauer von  $14\frac{1}{2}^{\circ}$  auf  $15\frac{1}{2}^{\circ}$ , zu erhöhen. Eine Kalorie ist imstande, eine Arbeit von etwa 424 bis 428 mkg zu leisten. Neuerdings rechnet man mit dem Werte von 426 mkg. Theoretisch wären hiernach für eine Pferdestärke stündlich

$$\frac{75 \cdot 60 \cdot 60}{426} = 631 \text{ Wärmeeinheiten eines Brennstoffes erforderlich.}$$

Bei vollkommener Ausnutzung eines Brennstoffes würde also jede Wärmeeinheit  $\frac{428 \text{ mkg}}{75} = 5,7 \text{ PS}$  leisten.

### Thermischer Wirkungsgrad.

Diese ideale Umsetzung der Wärme in Arbeit wird jedoch, wie bereits erwähnt, nicht erreicht, sondern der thermische Wirkungsgrad ist bestenfalls  $30\%$ .

### Mechanischer Wirkungsgrad.

Der mechanische Wirkungsgrad eines Motors wird festgestellt, indem man einen leeren Motor mit einer Dynamomaschine kuppelt und die Kraft mißt, welche zum Treiben des Motors erforderlich ist. Der mechanische Wirkungsgrad wird dabei meistens mit  $85\%$  festgestellt, d. h.,  $15\%$  der Motorleistung werden zur Überwindung der Reibung und sonstiger innerer Widerstände benötigt.

## VII. Abbremsen von Motoren.

Sämtliche Motoren, neuhergestellte sowohl wie instandgesetzte, werden vor der Inbetriebnahme sorgfältig auf Leistung, Betriebsstoffverbrauch, Umlaufzahl usw. geprüft. Während des Probelaufes wird ferner die Temperatur des Öles sowie die des Kühlwassers festgestellt und der Vergaser einreguliert.

### Prüfstandarbeiten.

Bei der auf dem Prüfstand (Fig. 18) vorgenommenen Untersuchung muß der betreffende Motor bei einer bekannten Leistung mit der dafür vorgeschriebenen Luftschraube eine bestimmte Umlaufzahl erreichen, wobei besonders darauf geachtet wird, daß kein Schwanken in dieser Umlaufzahl eintritt.

Währenddessen wird der Benzinverbrauch ermittelt, indem man mit Hilfe einer Stoppuhr die Zeit festlegt, in der der Motor ein Liter Benzin verbraucht hat. Der Benzinver-

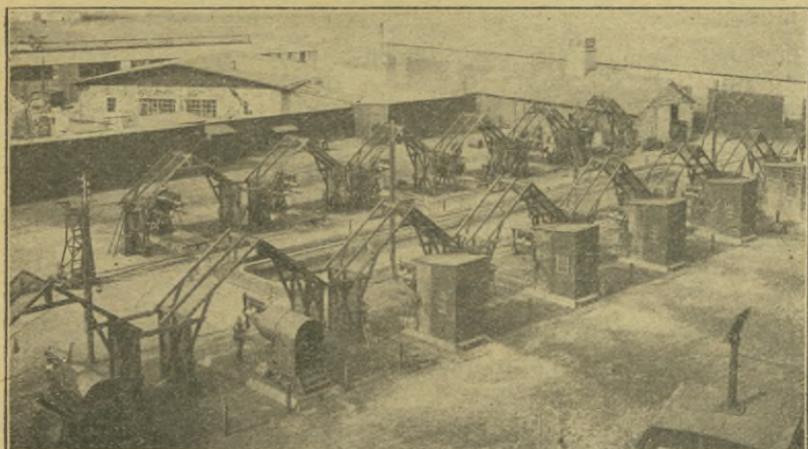


Fig. 18. Motoren-Prüfstand.

brauch wird einheitlich in Litern für die Stunde angegeben; wenn also z. B. festgestellt wurde, daß ein Liter in der Zeit von 90 Sekunden verbraucht wurde, so ergibt sich der Stundenverbrauch aus:  $\frac{3600 \text{ Sek.}}{90} = 40 \text{ L.}$

In derselben Weise wird auch der Ölverbrauch gemessen, wobei man der Messung zweckmäßig jedoch nicht die Menge von einem Liter zugrunde legt, sondern ein geringeres Quantum. Die Temperatur des Wassers soll zwischen 70 und 75°, die des Öles bei 50° liegen.

Ferner wird der Vergaser endgültig einreguliert, indem

der Durchlaß der Leerlaufdüse bestimmt wird. Arbeiten an der Hauptdüse sind unzulässig, da diese bereits die richtige Düsenöffnung hat und Änderungen in der Regel zu Mißerfolgen führen.

Durch Verstellung der Einstellschraube an der Leerlaufdüse wird die Durchlaßöffnung so eingestellt, daß der Motor nicht mehr als 300 Umdrehungen macht.

Für die Beurteilung des Laufes des Motors leistet ein geübtes Gehör gute Dienste. Eine Änderung des Motorgeräusches zeigt stets eine Änderung im Laufe des Motors an. Die feinen Unterschiede der Motorgeräusche warnen einen aufmerksamen Beobachter rechtzeitig vor drohenden Gefahren.

Die ausschlagende Flamme gibt Aufschluß über die Zusammensetzung des Brennstoffgemisches; am günstigsten ist hellrote Färbung; dunkelrote, qualmende Flammen sind die Folge von zu benzinreichem Gasgemisch, während hellgelbe ein benzinarmes Gemisch anzeigen.

#### Pronyscher Bremszaum.

Die Feststellung der Leistung kann auf verschiedene Art erfolgen. Bei Dampfmaschinen, und als man es noch mit

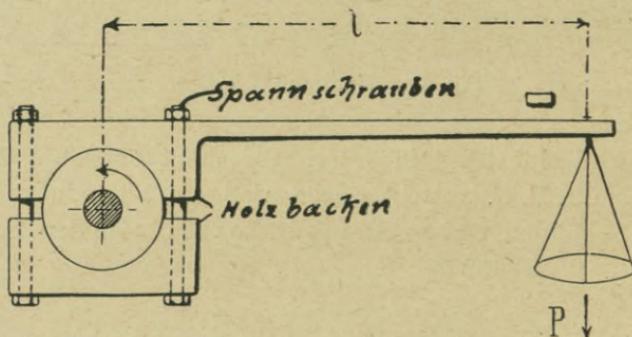


Fig. 19. Pronyscher Bremszaum.

kleineren Motoren zu tun hatte, bediente man sich des Pronyschen Bremszaumes (Fig. 19).

Dieser Bremszaum besteht aus zwei durch Schrauben an-

zuspannende Holzbacken, von denen die obere mit einem Hebelarm ausgerüstet ist, an dem ein Gewicht befestigt werden kann. Die Holzbacken werden um die Motorschwungscheibe gelegt und während des Laufes des Motors mittels der Schrauben so weit zusammengespant, daß der Motor genau mit der vorgeschriebenen Drehzahl läuft. Die Messung ist eine ziemlich rohe, da es nicht leicht ist, die Reibung zwischen Scheibe und Bremsbacken einige Zeit hintereinander auf gleicher Höhe zu halten, der Hebelarm also fortwährend schwanken wird. Die durch die Reibung der Scheibe an den Bremsbacken erzeugte Wärme muß durch Wasserkühlung abgeführt werden.

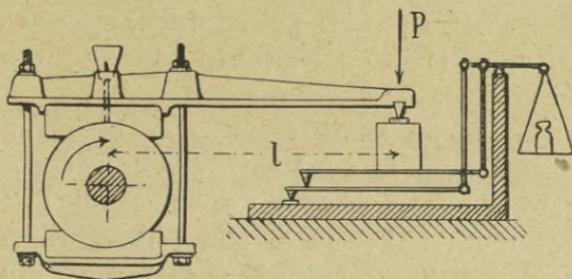


Fig. 20. Verbesserter Bremszaum mit Dezimalwage.

Eine vervollkommnete Ausführung des Pronyschen Bremszaumes zeigt die Fig. 20. Im Prinzip ist diese Ausführung die gleiche, nur wird das gewünschte Drehmoment mit Hilfe einer Dezimalwage eingestellt und durch entsprechende Spannung der Spannschrauben das Einspielen der Wage erreicht. Gute Schmierung und Kühlung ist natürlich auch hier Bedingung.

Das Drehmoment  $M_d$  ergibt sich aus Gewicht  $P$  mal Hebelarmlänge  $l$

$$M_d = P \cdot l$$

Bei beiden Ausführungsformen des Bremszaumes wird nun die Leistung nach folgender Formel berechnet:

$$\text{Leistung in PS} = \frac{P \cdot l \cdot 2 \cdot \pi \cdot n}{60 \cdot 75}$$

Aus dieser Formel die Werte  $\frac{2 \cdot \pi}{60 \cdot 75}$  als Konstante ermittelt, ergibt  $\frac{2 \cdot 3,14}{4500} = \frac{1}{716}$ .

Die Formel für die Ermittlung der Leistung wird dadurch vereinfacht in:

$$L_{(PS)} = \frac{P \cdot l \cdot n}{716}.$$

### Bremspropeller.

Die Kontrolle von Flugmotoren im Felde und in kleineren Betrieben, wo Bremsstände fehlen, erfolgt durch Bremspropeller. Diese Bremspropeller sind mit Hilfe daran befestigter (verstellbarer) Platten so einreguliert, daß der damit versehene Motor bei einer bestimmten Motorenleistung eine ganz bestimmte Umlaufzahl erreicht. Der Bremspropeller trägt auf der Nabe den Vermerk, für welchen Motorentyp er bestimmt ist und wieviel Umdrehungen in der Minute der Propeller mit einem Motor der betreffenden Art machen muß. Bleibt die mit dem Versuchsmotor erreichte Umlaufzahl hinter dieser Ziffer zurück, so beweist das, daß die Leistung des Motors zu gering ist, während andererseits ein Überschreiten angibt, daß der Motor das Verlangte bezw. sogar mehr leistet.

Außer dem Vermerk des Motorentypes und Drehzahl ist auf jeden Bremspropeller noch angegeben, für welche Temperatur und welchen Barometerstand die eingetragenen Ziffern Geltung haben, denn selbstverständlich ist Temperatur und Luftdruck von großem Einfluß auf die Motorleistung.

Zur Erklärung der Wirkung des Bremspropellers diene Fig. 21. Hier ist der Motor *m* auf eine Schwinge *a* gesetzt, die den Hebel *l* trägt. Am Ende des Hebels befindet sich eine Wage, am besten eine Federwage. Der Motor ist mit einem Bremspropeller versehen, der so dimensioniert ist, daß der Motor mit ihm die verlangte Anzahl Umdrehungen in der Minute macht.

Das Motorgehäuse wird sich, da jede Kraft eine gleich große Gegenwirkung auslöst, mit dem gleichen Drehmoment,

aber in entgegengesetzter Richtung, zu drehen versuchen wie der Bremspropeller.

Die Leistung des Motors berechnet sich aus der bereits bekannten vorher entwickelten Formel:

$$L_{(PS)} = \frac{P \cdot l \cdot n}{716}$$

Macht man nun nach Fig. 21 den Hebelarm  $l$  gleich 716 mm lang, so würde sich in der Formel der Hebelarm  $l = 716$  gegen die Konstante 716 unter dem Bruchstrich fortheben, so

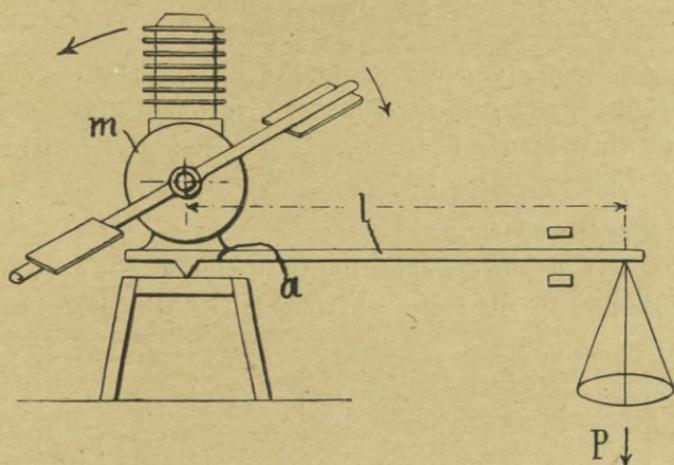


Fig. 21. Pendelnd gelagerter Motor mit Bremspropeller.

daß man vereinfacht die Motorenleistung als Produkt aus Umlaufzahl und Gewicht  $P$  bekommt. Also

$$L_{(PS)} = P \cdot n$$

(d. h. aber ausschließlich dann, wenn der Hebelarm  $l = 716$  mm lang ist!).

Hat man Größe und Stellung der an dem Bremspropeller sitzenden Flächen richtig festgelegt, so genügt es, einfach die Umlaufzahl eines Motors derselben Art zu messen, um festzustellen, ob er die vorgeschriebene Leistung erreicht, wobei es sich natürlich erübrigt, ihn beweglich zu lagern.

Diese Bremspropeller nach Fig. 22 kann man fertig beziehen, für die Fliegertruppen werden sie von der Flugzeugmeisterei geliefert. Zu beachten ist, daß derartige Bremsversuche stets im Freien vorgenommen werden müssen und jedwede Beschädigung dieser Propeller sorgfältig vermieden werden

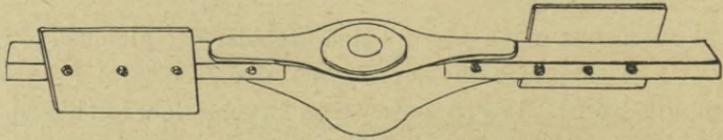


Fig. 22. Bremspropeller.

muß. Jede Änderung der Stellung der Bremsplatten, das geringfügigste Verbiegen derselben usw. bedingt eine Änderung des Luftwiderstandes und macht ein genaues Ermitteln der Leistung unmöglich.

#### Bremsdiagramme.

Da, wie bereits erwähnt, die Witterungsverhältnisse erheblichen Einfluß auf die Motorenleistung haben, wird jedem Brems-

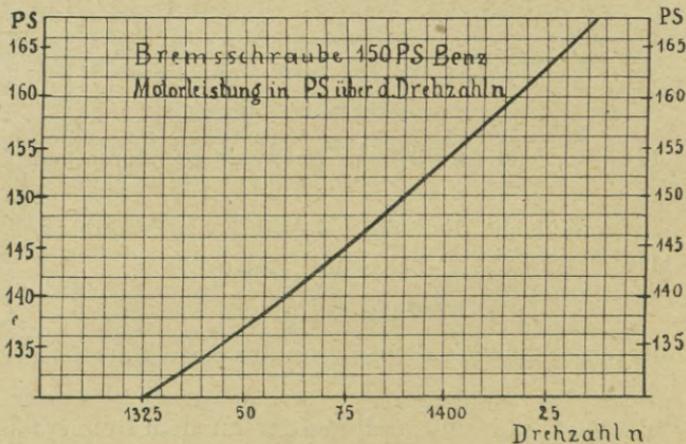


Fig. 23. Bremskurve.

propeller eine Tabelle beigegeben, mit Hilfe welcher ermittelt werden kann, welche Umlaufzahl bei den zur Zeit der Prüfung

herrschenden Witterungsverhältnissen erreicht werden muß. Fig. 23 zeigt eine solche Bremskurve zu einem Bremspropeller für 150 PS Benzmotoren.

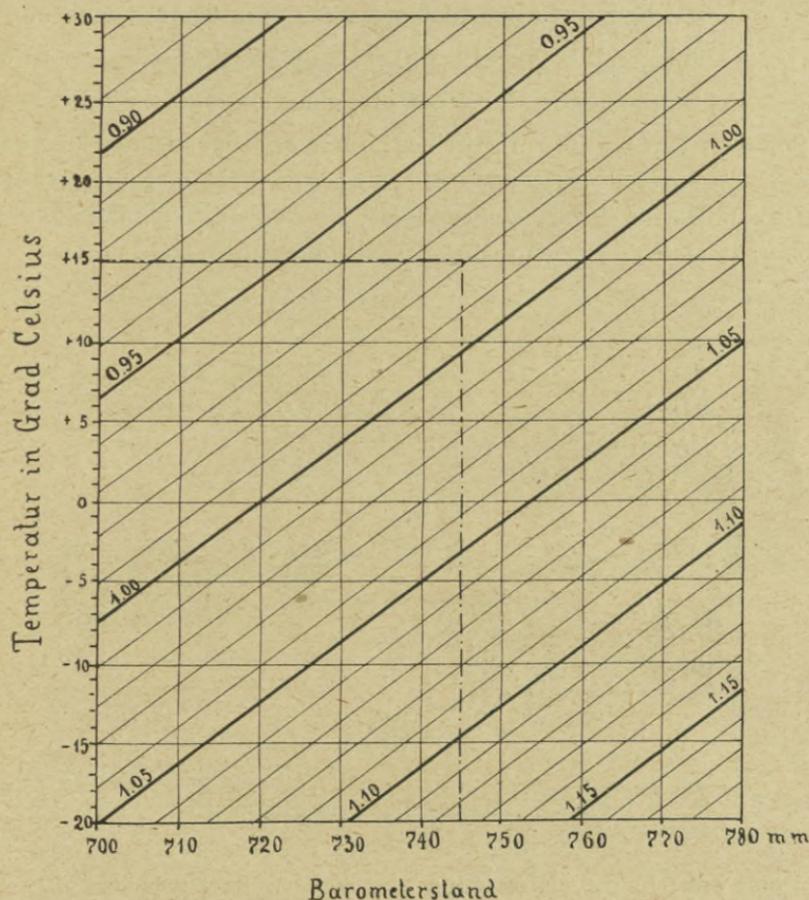


Fig. 24. Berechnungstafel für die Motorleistung mit Bremspropeller.

Diese Kurve gibt an, welches die Normalleistung des Motors in PS bei der erreichten Drehzahl ist, und zwar unter Berücksichtigung normaler Witterungsverhältnisse, umgerechnet auf 760 mm Barometerstand und 15° C.

Soll die mit dem Motor wirklich erreichte Leistung fest-  
Anacker, Praxis des Flugzeugbaues, 2.

gestellt werden, dann muß der aus der Kurve (Fig. 23) entnommene Wert noch mit einem Faktor multipliziert werden, der dem Schema (Fig. 24) entnommen werden kann.

Dieser Faktor ist beispielsweise für eine Temperatur von  $+15^{\circ}$  und Barometerstand von 745 mm = 0,98.

### Prüfung der Leistung am eingebauten Motor.

Um das Drehmoment eines im Flugzeug sitzenden Motors zu messen, stellt man das Flugzeug mit beiden Rädern auf Dezimalwagen. Der Schwanz ist zu befestigen; man kann hierbei gleich den vom Motor ausgeübten Längszug ablesen,

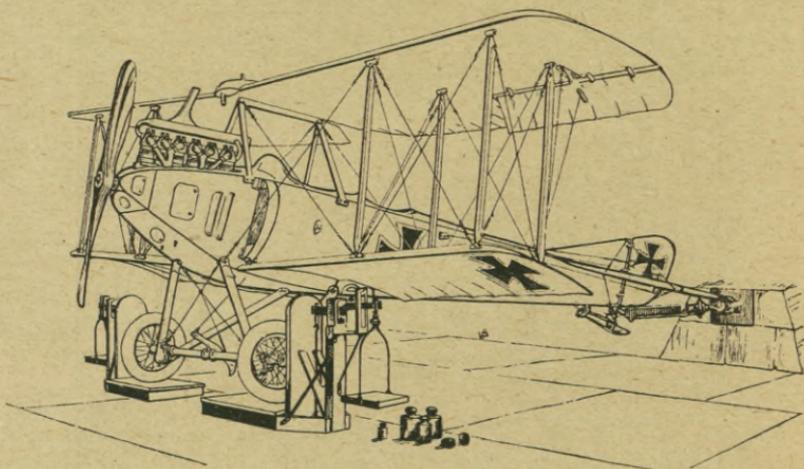


Fig. 25. Motorprüfung im Flugzeuge.

wenn man in die Befestigung eine Federwage einschaltet. Der Längszug beträgt im übrigen bei einem 100-PS-Motor etwa 300 kg.

Man stellt nun zunächst den Druck eines jeden Rades fest, läßt darauf den Motor anlaufen und ermittelt den während des Laufens des Motors auf jeder Wage angezeigten Druck.

Beträgt der Radabstand =  $l$ , der während der Bewegung auftretende Druck-Unterschied der Räder =  $P$  und die Umlaufzahl in der Minute =  $n$ , so ergibt sich die von der

Schraube aufgenommene Motorleistung in PS wiederum aus der Formel:

$$L_{(PS)} = \frac{P \cdot l \cdot n}{716},$$

wobei zu beachten ist, daß bei unteretzten Schrauben, die mit geringerer Drehzahl als der Motor selbst laufen, für  $n$  nicht die Motoren-, sondern die Schrauben-Drehzahl einzusetzen ist, da das an den Rädern sich zeigende Drehmoment von der Schraube herrührt.

### Elektrische Bremsung.

Die einwandfreieste und einfachste, andererseits aber auch teuerste Art der Leistungsbestimmung ist die elektrische Bremsung.

Hierbei treibt, wie Fig. 26 erkennen läßt, der zu prüfende Motor eine Dynamomaschine, deren Leistung sich aus dem

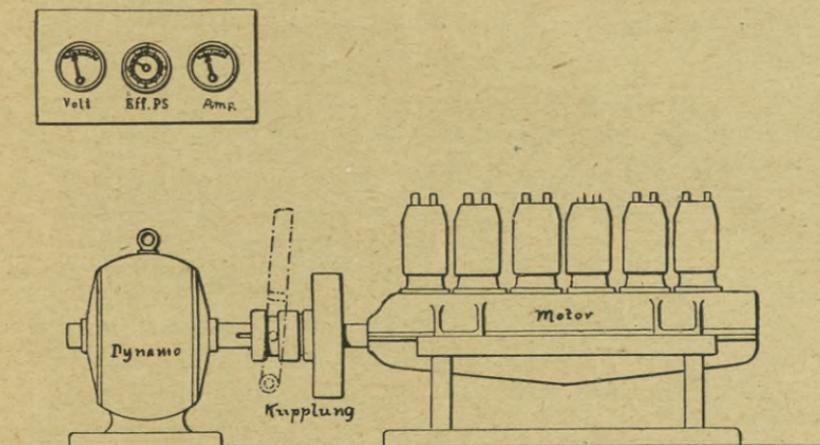


Fig. 26. Elektrischer Bremsstand.

Produkt der erzeugten Spannung (Volt) und der Stromstärke (Ampère), d. h. in Watt ergibt. Theoretisch entsprechen der Leistung einer Pferdestärke  $N = 736$  Watt. Wenn die gesamte Motorleistung in elektrische Energie umgesetzt werden

würde, also keine Verluste vorhanden wären, hätte man einfach die ermittelte Anzahl Watt durch 736 zu teilen, um die Motorleistung in PS zu bekommen.

Da die neueren Dynamomaschinen meist mit einem Wirkungsgrad von 85 % arbeiten, darf man jedoch die abgelesene Wattzahl nicht durch 736, sondern nur durch 625 dividieren, um auf den richtigen Wert zu kommen. Beispielsweise leistet ein Motor, bei dessen Abbremsung 270 Amp. bei 220 Volt, also 59400 Watt, ermittelt werden  $= \frac{59400}{625} = 95$  PS. Die in der Praxis bei den meisten Motorenfirmen eingeführten elektrischen Bremsstände sind in der Regel mit einem Apparat ausgestattet, an dem man das Produkt aus Volt mal Ampère durch 625, also die PS, direkt ohne Rechnung ablesen kann.

#### Bremszaum mit elektrischer Kupplung.

Eine weitere Vorrichtung, bei der die Leistung des Motors ebenfalls in elektrische Energie umgesetzt, letztere aber nicht gemessen wird, ist in Fig. 27 dargestellt. Diese Einrichtung

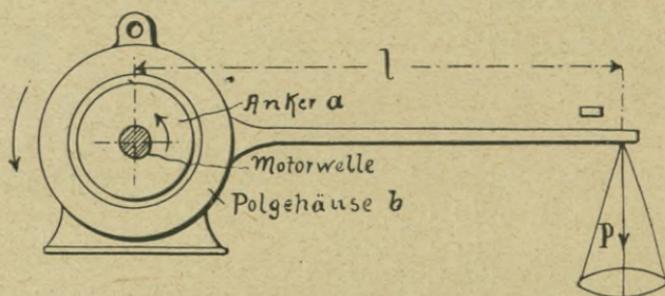


Fig. 27. Bremszaum mit elektrischer Kupplung.

entspricht im Prinzip dem Pronyschen Bremszaum, nur mit dem Unterschied, daß die Reibungskupplung durch eine elektrische Kupplung ersetzt wird.

Man setzt das mit den Anker a versehene Polgehäuse b, an dem der Hebelarm l mit dem Gewicht P sitzt, auf den Wellenkonus frei drehbar auf. Wird nun der Anker durch

den Motor gedreht, so werden die entstehenden Induktionsströme das Bestreben haben, das Polgehäuse mitzunehmen.

Da die elektrische Bremsung in ihrer Wirkung der mechanischen Reibungskupplung nach Fig. 19. und 20 gleich ist, findet für die Ermittlung der Leistung auch die gleiche Formel Anwendung.

## VIII. Brennstoffe.

### Benzin.

Zur Zeit kommt reines Benzin als Betriebsstoff für Motoren kaum in Frage, statt dessen werden in der Regel Gemische von Benzin und Benzol verwendet.

Benzin ist ein Rohölprodukt und wird neben Petroleum und Mineralölen durch Destillation aus dem Rohöl gewonnen. Das Rohöl, vermutlich durch Zersetzung tierischer Stoffe im Erdinnern entstanden, wird durch Bohrung vornehmlich in Rußland, Rumänien, Amerika und auch Japan aus der Erde gewonnen.

Benzin ist der leichtestsiedende Bestandteil des Erdöls und geht bei der Destillation bei unter  $150^{\circ}$  liegenden Temperaturen in Dampf über. Petroleum scheidet bei der weiteren Erwärmung von  $150^{\circ}$  bis zu  $275^{\circ}$  bis  $300^{\circ}$  und die Mineralöle bei den darüber liegenden Temperaturen aus.

Das so gewonnene Benzin wird weiter fraktioniert in Leichtbenzin und Schwerbenzin, wobei man die unter  $100^{\circ}$  übergehenden Bestandteile mit Leichtbenzin, die zwischen  $100$  und  $150^{\circ}$  auscheidenden mit Schwerbenzin bezeichnet.

Eine aus Leicht- und Schwerbenzin bestehende Mischung wird mit Mittelbenzin bezeichnet, welches Bestandteile enthält, die zwischen  $30^{\circ}$  und  $130^{\circ}$  oder  $40^{\circ}$  und  $140^{\circ}$  verdampfen. Für Zwecke des Flugzeugmotors zu verwendendes Mittelbenzin muß mindestens  $60\%$  Bestandteile enthalten, die bei Temperaturen unter  $100^{\circ}$  während der Destillation übertreten.

Für Benzin ergibt sich hiernach ein Entwicklungsschema nach Fig. 28.

### **Benzol.**

Das Benzol ist ein Trockendestillat der Steinkohle, das in Gasanstalten, vornehmlich aber in den großen Kokereien gewonnen wird. Bei der Destillation der Steinkohle werden 70 bis 80 % Koks gewonnen, die Rückstände bilden Benzol, Ammoniak und Teer (Pech). Benzol ist also, ebenso wie Benzin, ein Kohlenwasserstoff, hat aber erheblich abweichende Siedeverhältnisse.

Da Benzol einen bei  $+5^{\circ}$  liegenden Gefrierpunkt hat, ist reines Benzol für Flugzeuge nicht verwendbar. Für Flugzeuge wird daher, abgesehen von Mischungen des Benzols mit Benzin, zur Heruntersetzung des Gefrierpunktes ein sogenanntes Winterbenzol hergestellt, welches eine Mischung von Benzol mit natürlichem Xylolgehalt und Solventnaphtha darstellt, und zwar besteht diese Mischung aus 77 % Benzol und 23 % Solventnaphtha.

Reines Benzol verdampft bei der Destillation zwischen  $82^{\circ}$  und  $85^{\circ}$ .

Da die Leistung des Motors erheblich durch die Beschaffenheit des Brennstoffes beeinflusst wird, erfolgt eine Prüfung desselben nach verschiedenen Gesichtspunkten, denn es muß sehr oft erst festgestellt werden, welches Material vorliegt, ob es sich um ein Gemisch (Spirituszusatz usw.) handelt bzw. um welches, und ob dieses überhaupt für den Flugmotor geeignet ist oder nicht.

### **Siedeprobe.**

Eine gebräuchliche Prüfungsmethode ist die der Destillation zum Zweck der Feststellung des Siedeverlaufs.

In Fig. 29 ist ein derartiger Versuchsapparat dargestellt. Er besteht aus einer Kupferblase von 150 ccm Inhalt, über der in einem Kniestück ein Thermometer angeordnet ist, und zwar so, daß die in die anschließende Kondensröhre übertretenden Gase daran vorbeistreichen. Die Röhre ist auf 800 mm Länge mit einem Wassermantel als Kühler versehen und unter 100 mm Gefälle verlegt. Unter der Ausflußöffnung steht ein

Meßzylinder. Die Kupferblase wird durch einen untergestellten Bunsenbrenner erhitzt.

Die Blase wird mit genau 100 ccm des zu prüfenden

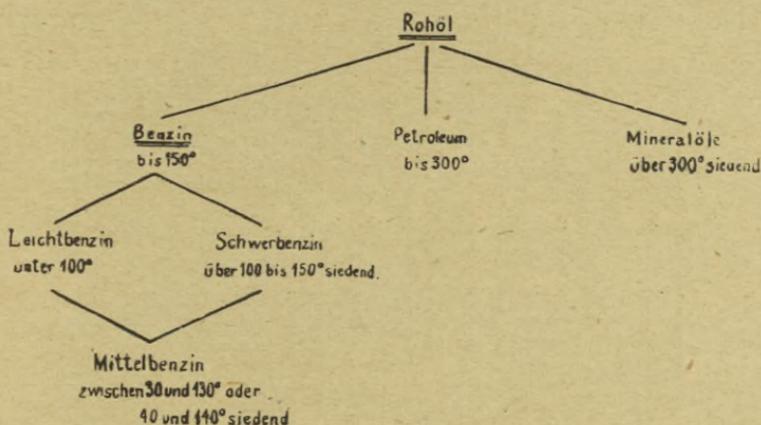


Fig. 28. Rohölprodukte.

Brennstoffes gefüllt und Erhitzung bzw. Abkühlung so einreguliert, daß 5 ccm in einer Minute überdestillieren, was einer

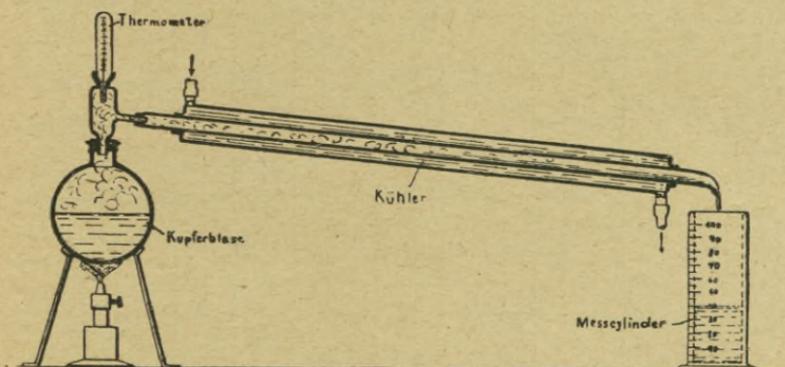


Fig. 29. Apparatur für die Siedeprobe.

Menge von 2 Tropfen in der Sekunde entspricht. Während des Versuchs wird am Thermometer die Temperatur abgelesen, welche jeweils nach Überdestillation von 5 ccm angezeigt wird.

Die so ermittelten Temperaturwerte werden in ein Koordinatensystem übertragen, und man erhält durch Verbindung der einzelnen Punkte eine charakteristische Kurve, die den Sieverlauf anzeigt. (Fig. 29 und 30.)

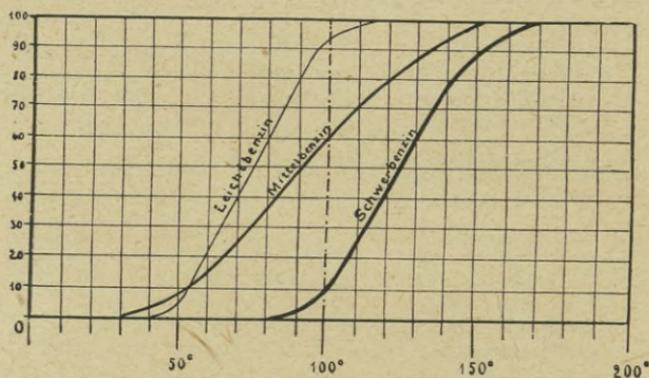


Fig. 30. Siedekurven für Leicht-, Mittel- und Schwerbenzin.

Bei reinem Benzin muß nach der Verdampfung im Meßglas restlos wieder die Menge von 100 ccm vorhanden sein.

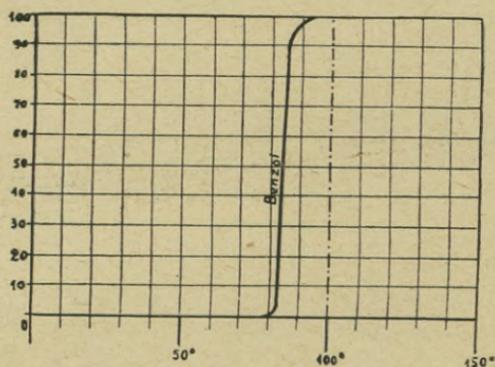


Fig. 31. Siedekurven für Benzol.

In der Regel verdampfen nur 95<sup>0</sup>/<sub>100</sub> der Gesamtmenge; der Rest sind schwere, ölige Bestandteile, die erst bei höheren Temperaturen übergehen.

Das spezifische Gewicht des Brennstoffes ist also, wie

besonders hervorgehoben sein möge, keineswegs ein Gradmesser für die Güte eines Brennstoffes.

Das spezifische Gewicht des Benzins schwankt zwischen 0,660 für Leicht- bis 0,735 für Schwerbenzin. Benzin von höheren spezifischen Gewichten ist für Flugzeugmotoren nicht geeignet. Das spezifische Gewicht des reinen Benzols liegt bei 0,880, das des Benzols mit natürlichem Xylolgehalt bei 0,810.

### **Drachenblut-Reaktion.**

Eine weitere Prüfungsmethode ist die Bestimmung der Zusammensetzung der Brennstoffe durch die Dracorobin-Reaktion (Drachenblut). Diese besteht darin, daß man einen mit einem roten, aus einem tropischen Baum stammenden Harz getränkten Papierstreifen in den Brennstoff taucht. Dieses Harz ist in Benzin nicht löslich, während es in Benzol nahezu vollständig und in Spiritus (Alkohol) absolut aufgelöst wird.

Das Drachenblutpapier behält also, wenn es in Benzin getaucht wird, seine Farbe und das Benzin selbst bleibt klar. Benzol dagegen färbt sich blutrot, während das Papier selbst eine ziegelrote Färbung bekommt. Spiritus wird tief dunkelrot, das Papier selbst bekommt eine ganz lichte rosa Farbe.

Zwischenfärbungen lassen einen Schluß auf Mischungsverhältnisse zu. Beispielsweise wird ein Zusatz von 10<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Benzol zu Benzin das Papier ähnlich färben wie Spiritus, ein Zusatz von 20<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Benzol färbt das Papier hellrot.

### **Motol-Gerät.**

Eine zwar nicht ganz genaue, im Felde aber leicht anwendbare Prüfungsmethode ist die mit dem Motolgerät. Hierbei wird in einer Glasschale eine bestimmte Menge des Brennstoffes ohne Erwärmung an der Luft verdunstet und die Zeit festgestellt, welche zum Verdunsten nötig war. Naturgemäß wird zunächst das Leichtbenzin verdunsten, während die schwerverflüchtenden Bestandteile, Schmutz usw. zurückbleiben. Eine beigegebene Tabelle gibt Aufschluß über die Güte des Brennstoffes an der Hand der festgestellten Zeiten.

Zu dem Gerät gehören Blätter aus Filtrierpapier, auf die man das Benzin gießt. Nach dem Verdunsten des Benzins sind Öle und sonstige Rückstände leicht festzustellen, denn gutes Benzin muß ohne Hinterlassung von Spuren verdunsten.

### Gefrierpunkte.

Wichtig ist, wie bereits erwähnt wurde, die Bestimmung des Gefrierpunktes. Der Gefrierpunkt liegt bei der in Frage kommenden Brennstoffen wie folgt:

Benzol = + 3° bis + 5°

Leichtbenzin = — 55° bis — 65°

Mittelbenzin = — 65° bis — 75°

Schwerbenzin = — 90° bis — 100°

Benzin mit Solventnaphthazusatz = — 50°

Benzin-Benzol-Gemisch, bestehend aus 60 Teilen

Benzol und 40 Teilen Benzin = — 20° bis 24°

Winterbenzol (77% Benzol mit 23% Solventnaphtha) =  
— 7° bis — 8°.

### Aussehen der Brennstoffe.

Allgemein muß man vom Benzin verlangen, daß es hell, d. h. hellweingelb und wasserfrei ist und keine Öle enthält. Gleiches verlangt man vom Benzol, nur wird dieses meist eine dunkelweingelbe Farbe haben, auch ist bei Benzol noch besonders auf Naphthalinfreiheit zu achten. Des weiteren wird verlangt, daß der Brennstoff weder sauer noch alkalisch ist. Er muß absolut neutral sein.

### Prüfung auf Säuren und Alkalien.

Das Vorhandensein von Alkalien (Ammoniak) wird festgestellt durch Eintauchen von rotem Lackmuspapier. Dieses rote Lackmuspapier wird sich in diesem Falle blau färben, während Säuren vorhanden sind; wenn sich eingetauchtes blaues Lackmuspapier rot färbt.

Neutrale Brennstoffe werden die Farbe von blauem Lackmuspapier nicht verändern.

Schwefelsäureverbindungen können durch die Silbernitratprüfung festgestellt werden.

### Prüfung auf Wasserfreiheit.

Die Löslichkeit des Benzins in Wasser ist äußerst gering. Das Vorhandensein von Wasser in Benzin zeigt sich meist durch grüne Färbung an.

Benzin kann auf Wassergehalt geprüft werden, indem man einer kleinen Menge Benzin Calciumcarbid zusetzt. Dieses wird sich in wasserhaltigem Benzin lösen und Acetylgase entwickeln, so daß Blasen aufsteigen.

### Kochsalzfilter.

Um zu verhüten, daß Wasser aus den Transportgefäßen mit in den Zylinder gelangt, darf der Brennstoff niemals ohne

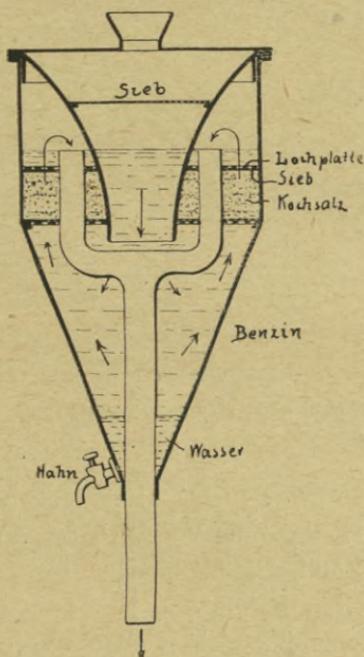


Fig. 32. Kochsalzfilter für Benzin.

Schutzmaßregeln umgefüllt werden. Zumindest hat die Auffüllung des Benzins durch einen Siebtrichter mit eingelegtem Lederlappen, besser aber durch einen Kochsalzfilter nach Fig. 32 zu erfolgen.

Dieser besteht aus einem Trichter mit doppeltem Lochboden und Siebeinlage; zwischen den Böden befindet sich eine Kochsalzschicht. Das aufgefüllte Benzin ist gezwungen, diese Kochsalzschicht zu durchfließen, wobei im Benzin enthaltene Wasserteilchen von dem Salz aufgenommen werden.

#### **Benzin-Fülltrichter.**

Ein einfacherer aber insofern zweckmäßiger Fülltrichter, als wenigstens feste Rückstände darin aufgefangen werden, ist der nach Fig. 33.

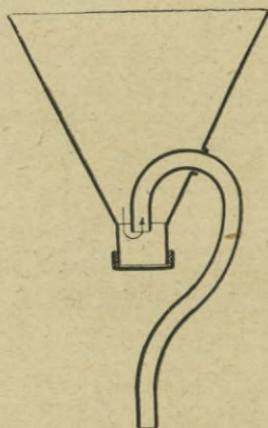


Fig. 33. Benzin-Fülltrichter.

#### **Heizwert.**

Der Heizwert des Benzins beträgt etwa 11 000 Kal., der des Benzols 10 000 Kal. Zum Vergleich sei erwähnt, daß beste Steinkohle etwa 7 500, Steinkohlengas etwa 5 200 und Holz 2 500 Wärmeeinheiten hergibt.

Die im Automobilbetrieb vielfach verwendeten Benzol- bzw. Benzin-Spiritus-Gemische kommen für Flugzeugmotoren nicht in Frage.

#### **Brennstoffleitung und Lagerung.**

Zu beachten ist, daß Benzin, wie auch alle Benzin enthaltenden Gemische weder direkt mit Aluminium noch mit Gummi in Berührung gebracht werden dürfen. Bei Aluminium

scheidet sich ein gallertartiges Nitrat aus, das enge Leitungen, Düsen usw. verstopft, während Gummi von Benzin zersetzt und brüchig wird.

Die Lagerung von Benzin erfolgt in eisernen Fässern oder bei größeren Mengen in Tanks. Als sicherste Art der Lagerung hat sich ein als absolut feuer- und explosionsicher zu bezeichnendes System der Firma Martini & Hünecke, Berlin, bestens bewährt. Diese Lagerung feuergefährlicher Stoffe wird im 3. Band unter „Flugplatzeinrichtungen“ ausführlicher behandelt.

## IX. Der Sechszylinder-Flugzeugmotor.

Die gebräuchlichste Ausführungsform für unsere Viertakt-Motoren ist die mit sechs in einer Reihe hintereinander angeordneten Zylindern (Fig. 3). In dieser Anordnung werden die eingangs erwähnten Bedingungen bezügl. Massenausgleich usw. am vollkommensten erfüllt.

In der Motorenfabrikation ist die Herstellung aller Einzelteile als Massen- oder Reihenartikel bis ins kleinste durchgeführt, was ein leichtes Auswechseln von beschädigten Teilen und damit die denkbar schnellste Wiederherstellung reparaturbedürftiger Motoren ermöglicht.

Wie sich u. a. aus Fig. 34 ergibt, sind in der Regel die sechs Zylinder auf einem zweiteiligen Gehäuse angeordnet, in dessen Mitte horizontal die Kurbelwelle liegt, an der die Luftschraube befestigt ist. Vereinzelt sitzt jedoch, wie dies z. B. in Fig. 200 gezeigt ist, der Propeller nicht direkt auf der Kurbelwelle, sondern, da in diesem Falle die Luftschraube mit geringerer Drehzahl arbeiten soll, unter Zwischenschaltung eines Zahnradgetriebes, darüber an einem besonderen Zapfen.

Der Brennstoff wird in die Vergaser (fast durchweg sind zwei vorhanden) geleitet, dort vergast, mit Luft gemischt und dann weiter den Zylindern zugeführt.

Die Schmierung ist durchweg als Umlaufschmierung ausgebildet; bei Automobilmotoren kommt auch Tauchschmierung zur Anwendung.

Die Entzündung des Gasgemisches erfolgt in der Regel durch zwei unabhängig voneinander arbeitende Magnetapparate, vornehmlich Fabrikat Bosch.

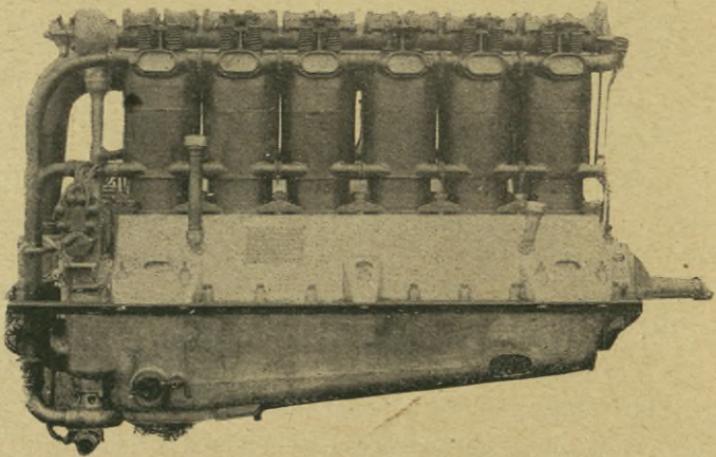


Fig. 34. Sechszylinder-Reihenmotor.

Der Wasserumlauf zwecks Kühlung der Zylinder wird durch eine von der Kurbelwelle angetriebene Zentrifugalpumpe bewirkt, die an der tiefsten Stelle der ganzen Motoranlage angeordnet ist.

Die den Auspuffventilen der verschiedenen Zylinder entströmenden Abgase werden zwecks Ableitung der Flammen in nicht störender Richtung, Verminderung des Motorengeräusches und Unterdrückung sichtbarer Auspuffflammen in der Nacht, in einem Auspuffsammler vereinigt, von dem aus sie ins Freie treten.

Im übrigen werden auch Flugmotoren mit umgekehrter Anordnung der Zylinder gebaut, die jedoch im deutschen Militärflugwesen keine Verwendung finden. Hierbei liegt das Gehäuse über den Zylindern, während die Zylinder selbst unten daran hängen. Diese Ausführung hat den Vorteil, daß der Führer gute Sicht nach vorn hat und durch Auspuffgase auch dann nicht belästigt werden kann, wenn kein Auspuffsammler vorhanden ist. Nachteilig ist jedoch, daß die Schmierung der-

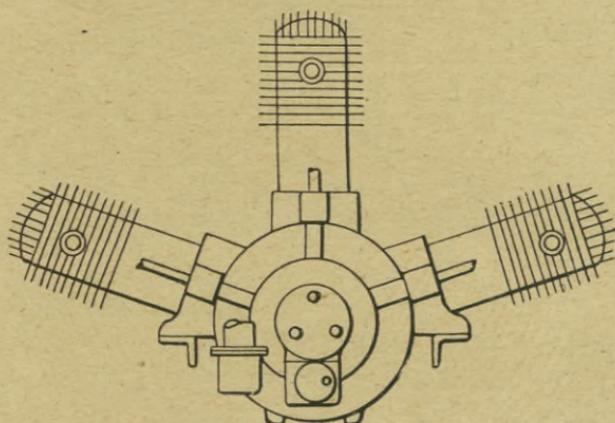


Fig. 35. Fächermotor.

artiger Motoren nur durch Frischöl erfolgen kann, da ein Sammeln und Wiederverwenden des benutzten Öles nicht möglich ist.

Neuerdings kommt man auch im deutschen Motorenbau, um bei besonders starken Motoren etwas an Gewicht zu sparen, wieder auf die V-förmige Bauart zurück, die besonders bei den Franzosen vielfach angewandt wird (Fig. 4). In Deutschland schenkte man dieser Bauart bisher weniger Beachtung, da man sie fast nur bei luftgekühlten Motoren, insbesondere französischen Renault-Motoren (Fig. 202), kannte.

Die Zylinderachsen liegen bei der V-förmigen Bauart radial zur Kurbelwelle, je zwei etwas versetzt einander gegenüberstehende Zylinder auf dieselbe Kurbel arbeitend, so daß das Gehäuse eines derartigen Motors mit 12 Zylindern nur wenig länger wird als das eines Sechszylinder-Motors von halb

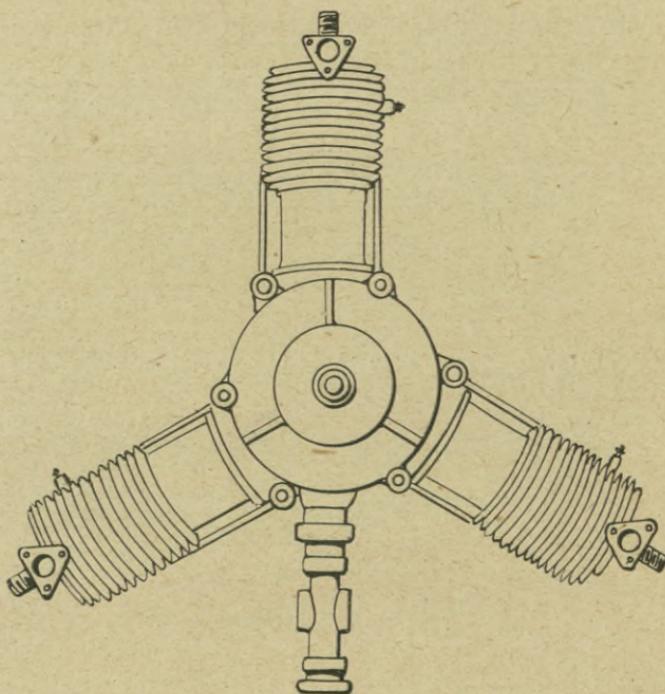


Fig. 36. Sternmotor mit feststehenden Zylindern.

so großer Leistung. Die Gewichtersparnis auf die Pferdestärke ist also ganz erheblich.

Sind die Zylinder nach Fig. 35 angeordnet, so spricht man von Fächermotoren, die also ebenfalls feststehende Zylinder haben (französische Ausführung). Motoren mit feststehenden Zylindern nach Fig. 36 bezeichnet man mit Sternmotoren, die also nicht mit den umlaufenden Sternmotoren,

Umlaufmotoren, zu verwechseln sind. (Französischer Anzani-Motor.)

Umlaufmotoren werden lediglich in sternförmiger Anordnung der Zylinder nach Fig. 5 gebaut.

## X. Die Einzelteile des Standmotors.

### 1. Gehäuse.

Das Gehäuse des Motors besteht aus Gehäuseober- und Unterteil und dient der ganzen Maschine zum allgemeinen Aufbau. Auf dem Gehäuse sitzen die Zylinder, während in der Regel seitlich die Vergaser und an der schmalen Endseite die Magnete angeordnet sind. Ebenfalls am Ende, unter

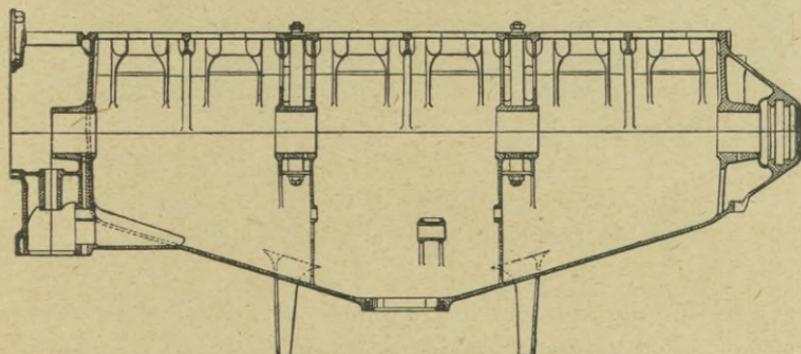


Fig. 37. Trichterförmiges Gehäuseunterteil.

den Magneten, befindet sich die Wasserpumpe, im Gehäuse selbst Ölpumpe und Kurbelwelle.

Das gegossene Gehäuse besteht aus einer Legierung von 85% Aluminium, 10% Zinn und 5% Kupfer, die bei einem spezifischen Gewicht von 2,9 bis 3 eine Festigkeit von 25 kg/qmm und 2% Dehnung hat.

Neuerdings wird auch ein Aluminium-Elektro-Metall verwendet, das bei einem spez. Gewicht von nur 1,8 eine Bruchfestigkeit von 32 — 36 kg/qmm hat.

Das Gehäuseunterteil ist meist trichterförmig nach Fig. 37 ausgeführt, d. h. die tiefste Stelle des Gehäuses, wo auch die Ölpumpe eingebaut ist, liegt in der Mitte. Angewandt wird aber auch eine Gehäuseform nach Fig. 38, bei der die tiefste Stelle und infolgedessen auch die Ölpumpe hinten am Ende des Motors liegt.

Hauptaufgabe des Gehäuses ist die Lagerung der Kurbelwelle, die besonderer Sorgfalt bedarf. Zur Versteifung des Gehäuses und Aufnahme der Kurbelwellenlager sind Querwände und Rippen vorgesehen. Die Anzahl der Kurbelwellenlager richtet sich nach der Stärke des Motors. 100 und 120 PS-Mercedes-Motoren haben beispielsweise nur vier Lager-

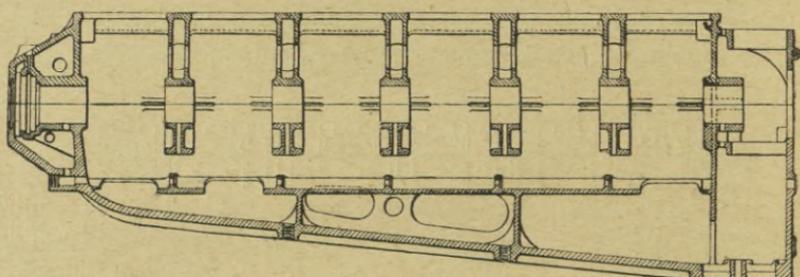


Fig. 38. Nach hinten abfallendes Gehäuse.

stellen für die Kurbelwelle, während bei den anderen Typen sieben Lager vorgesehen sind.

Außer diesen 4 bzw. 7 Lagern für die Welle ist im Gehäuse, hinter dem Propeller, noch ein Druckkugellager vorgesehen, das den vom Propeller, ausgeübten Längszug aufnimmt, der nicht auf die für Seitendruck nicht berechneten Wellenlager übertragen werden darf.

Eine weitere Aufgabe des Gehäuses ist die Aufnahme und Sammlung des Umlauföles, das dort für eine Betriebszeit von etwa 8 Stunden unterzubringen ist. Die Auffüllhöhe für das Öl ist durch einen Ölkontrollhahn festgelegt, bis zu dessen Höhe das Öl bei wagerecht stehendem Gehäuse vor jedem Fluge aufgefüllt werden muß.

Das Auffüllen des Öles in das Gehäuse erfolgt durch besondere Ölstutzen, die als Dunstrohre gleichzeitig zur Entlüftung, d. h. zum Austritt sich evtl. bildender Öldämpfe dienen. Zur Befestigung des Motors im Flugzeuge sind seitlich teils am Ober-, teils am Unterteil, in der Verlängerung der Lagerrippen Gehäusefüße angeordnet; ebenso sind verschiedentlich unten am Gehäuseunterteil Füße vorgesehen, auf denen der ausgebaute Motor auf dem Boden stehen kann.

Große Sorgfalt ist beim Zusammenbau auf die Verschraubung der beiden Gehäuseteile zu legen. Sämtliche Schrauben sind nach jedem Fluge zu kontrollieren, da sie sich unter dem Einfluß der dauernd wirkenden Explosionskräfte und der Erwärmung leicht strecken.

Die Schrauben sind ferner sorgfältig zu sichern und zu versplinten, wobei darauf zu achten ist, daß evtl. verwendete Sprengringe nicht direkt auf Aluminium liegen, da sie sich dort mit der Zeit eindrücken.

## 2. Zylinder.

Zweck des Zylinders ist die Aufnahme des Gasgemisches zwecks Verdichtung, dessen Verbrennung und die Führung des Kolbens.

Im Verbrennungsraum des Zylinders sind Öffnungen für den Einbau von Ein- und Auslaßventil, sowie für die Zündkerzen vorgesehen. Im oberen Teile befindet sich seitlich eine weitere Bohrung zum Einsetzen des Probierhahnes.

Die Kraftwirkung der entzündeten Gase ist am günstigsten, wenn der bei höchster Stellung des Kolbens freibleibende Raum möglichst kugelförmig ist, weshalb man nicht nur gern den Zylinderboden, sondern teilweise auch den Kolbenboden entsprechend wölbt.

Als Material für die Zylinder wird teilweise Grauguß (Fig. 39), teils Stahl (Fig. 40) verwendet. Graugußzylinder sind zwar in bezug auf Bearbeitung und vor allen Dingen für die Kolbenführung günstiger, doch wird man, wenn Gewicht

zu sparen ist, besser die erheblich dünnwandigere Ausführung erlaubenden Stahlzylinder verwenden.

Graugußzylinder sowohl wie Stahlzylinder erhalten meist Verstärkungsringe, von denen in dem stärker beanspruchten Teil bei dem Kompressionsraum naturgemäß mehr angebracht werden als im unteren, fast nur der Kolbenführung dienenden.

Bei den Motoren bis zu 120 PS, die im übrigen für Militärflugzeuge nur noch vereinzelt, z. B. für Schulflugzeuge, verwendet und z. Z. wohl kaum gebaut werden, sind die Zylinder paarweise in Blockform gegossen, wodurch eine Ge-

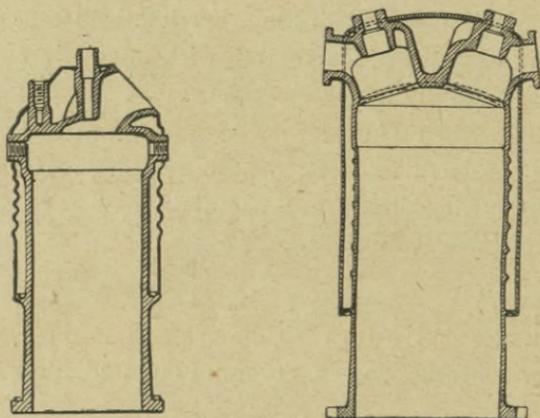


Fig. 39. Graugußzylinder.

Fig. 40. Stahlzylinder.

wichtsverminderung infolge Verkürzung des Motors erzielt wird. Die Anordnung von nur vier Lagern für die Kurbelwelle ist durch diese paarweise Anordnung der Zylinder bedingt, da die Pleuelstangen von je 2 Zylindern zu nahe zusammenliegen.

In jedem der Zylinder erfolgen in der Minute zwischen 600 bis 700 Explosionen, wobei eine Temperatur von etwa  $1700^{\circ}$  erzeugt wird. Diese enorme Wärme muß durch intensive Kühlung der Zylinder abgeführt werden, weshalb man jeden Zylinder bezw. Zylinderblock mit einem Kühlmantel umschließt. Der Mantel, der mit dem Zylinder verschweißt ist, besteht in der Regel aus Stahlblech. Um der verschieden

großen Ausdehnung von Zylinder und Kühlmantel gerecht zu werden, versieht man letzteren vielfach mit einigen rundherumlaufenden Wellen (Fig. 39), die gleichzeitig zur Versteifung dienen.

Die Befestigung des Zylinders auf dem Gehäuse erfolgt meist durch vier Schrauben, die sachgemäß einzusetzen und beim Aufbau nicht hintereinander, sondern kreuzweise anzuziehen sind.

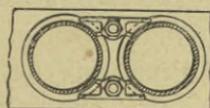


Fig. 41. Paarweise Zylinderbefestigung.

Verschiedentlich erfolgt die Befestigung auch durch je 2 Zylinder gleichzeitig haltende Krampen nach Fig. 41, zu deren Befestigung die Gehäuseschrauben benutzt sind.

### 3. Kolben.

Der Kolben ist eines der wichtigsten Elemente im Motor und der am meisten beanspruchte Teil desselben. Er muß, obgleich größte Gewichtersparnis Bedingung ist, doch gegenüber den starken, bei der Explosion auftretenden Kräften genügend widerstandsfähig sein, woraus sich ergibt, daß man

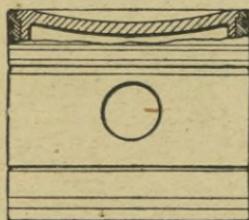


Fig. 42a.

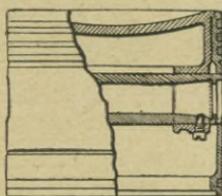


Fig. 42b.

Konkaver Kolbenboden (Mercedes).

als Material für die Kolben von Flugmotoren am vorteilhaftesten einen möglichst hochwertigen Stahl verwendet, der neben genügender Festigkeit gegenüber einem Gußkolben eine bedeutende Gewichtersparnis erlaubt.

Gebäuchlich ist aber auch die gemeinsame Verwendung von Stahl und Grauguß. So besteht z. B. bei den Kolben der 160 PS Mercedes-Motoren der Boden aus Stahl, die Führung

aber aus Grauguß. Der Stahlboden ist eingeschraubt und verschweißt (Fig. 42b).

Im allgemeinen sind bei der Konstruktion von Kolben für die schnellaufenden Explosionsmotoren folgende Gesichtspunkte maßgebend:

a) Genügende Länge des Kolbens. Er soll mindestens so lang sein wie er stark ist. Kürzere Bauart neigt immer zum Klopfen.

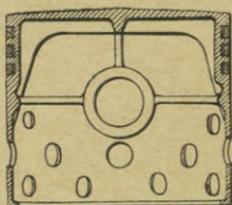


Fig. 43 a.

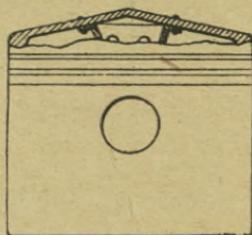


Fig. 43 b.

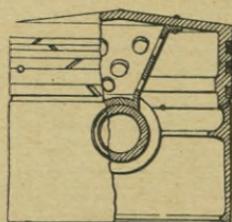


Fig. 43 c.

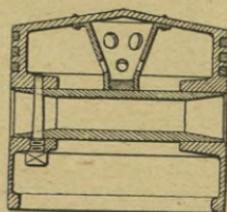


Fig. 43 d.

Fig. 43 a, b, c, d. Konvexer Kolbenboden (43 a Mercedes, 43 b, c, d Benz).

b) Genügende Bodenstärke; der Boden darf nicht nur so dimensioniert werden, daß er den während der Explosion auftretenden Druck (bis zu 30 kg auf den qcm) aushält, sondern es ist zu beachten, daß zu schwach gehaltene Böden insofern zu Störungen Anlaß geben, daß sie leicht zu glühen beginnen und dadurch Selbstentzündung verursachen. So wünschenswert eine Gewichtsersparnis gerade am Kolben ist, darf sie mit Rücksicht hierauf jedoch nicht zu andern Nachteilen führen.

Für Stahlkolben sind erfahrungsgemäß Böden von 5 bis 6 mm Stärke als angebracht zu bezeichnen. Der Kolbenboden wird teils nach innen (Fig. 42) teils nach außen gewölbt (Fig. 43) oder auch gerade ausgeführt (Fig. 44). Die gerade Form ist für die Wirkung der Explosionskräfte am günstigsten.

Kolben mit konkavem Boden sind in dieser Beziehung wieder besser als solche mit nach außen gewölbtem und haben außerdem den Vorzug, daß damit der günstigere kugelförmige Verbrennungsraum geschaffen wird. Ein zu kleiner Explosionsraum führt leicht zu Selbstentzündungen.

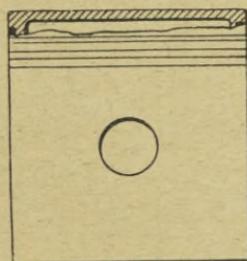


Fig. 44. Gerader Kolbenboden.

Die Kolbenbodenkante muß scharfkantig an der Zylinderlauffläche anliegen und darf nicht gebrochen werden, da sich sonst leicht harte Ölkohleteilchen zwischen Wand und Kolben einziehen, die ein Einkratzen von Riefen und Festfressen des Kolbens zur Folge haben.

Ein gebrochener Kolben zeigt sich durch Verqualmen des Gehäuses an, d. h. aus den Entlüftungsstutzen des Gehäuses entweicht weißer Qualm.

c) Die Kolbenfläche dient nicht nur zur Führung, sondern sie hat gleichzeitig für Ableitung der Kolbenbodenwärme zu sorgen, weshalb sie besonders leicht und dünn gehalten werden muß.

Da dieser Zweck durch Absetzen von Ölkohle vereitelt werden kann, muß man für öftere sorgfältige Entfernung der Ölkohle nicht nur vom Kolbenboden, sondern auch aus dem Kolbeninnern sorgen.

Während des Laufes des Motors dehnen sich infolge der großen Erhitzung die dem Kolbenboden zunächst liegenden Zonen der Lauffläche mehr aus als die unteren.

Aus diesem Grunde wird der Durchmesser des Kolbens zwischen den einzelnen Kolbenringen nach oben zu schwächer

werdend abgesetzt. Die Größe dieser Staffelung ergibt sich für einige der bekannten Kolbentypen aus der Tabelle Fig. 45 bzw. der Skizze Fig. 46.

TYPE	PS.	ZYL.	BOHRHUB		KONTROLLSTREIFEN FÜR LUFT DER KOLBEN	KOLBENRINGLUFT I. SCHNITT	STAFFELUNG			
			mm/mm	mm/mm			I.	II.	III.	IV.
MERCEDES	100	6	120	140	0,125	1	0,15	0,07½	0,03½	0,01½
"	120	6	125	145	0,125	1	0,30	0,20	0,10	0,05
"	160	6	140	160	0,125	1	0,30	0,20	0,10	0,05
"	220	8	140	160	0,125	1	0,30	0,20	0,10	0,05
"	260	6	160	180	0,175	1	VON DER MITL. KOLBENRINGLUFT NACH OBEN 4/10 0,50 7/10 1/10 NACH SCHLEIFEN U. OBER RING NACHMALS 0,15 7/10 0,00 SCHLEIFEN.			
BENZ	110	6	116	160	0,085	1	0,27	0,06	0,02½	
"	150	6	130	180	0,085	1	0,60	0,08	0,07	
"	200	6	145	190	0,175	1 ½	0,23	0,06	0,06	
ARGUS	120	6	130	150	0,175	1	0,30	0,20	0,15	
"	180	6	145	160	0,301	1 ½				

Fig. 45. Tabelle der Kolbenstaffelung.

Infolge der hohen Materialspannungen, nicht genügenden Spieles (falsche Staffelung), zu dünner Wandungen usw. entstehen oft Risse. Derart beschädigte Kolben sind sofort auszuwechselln, da sich diese Risse schnell vergrößern. Ein An-

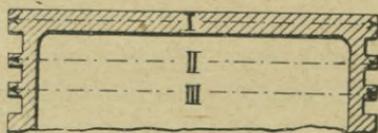


Fig. 46. Kolbenstaffelung.

bohren des Kolbens nach Fig. 47 ist ein Notbehelf, wenn Ersatz nicht sofort zur Stelle ist.

d) Das für den Kolben verwendete Material soll möglichst etwas weicher sein als das der verwendeten Zylinder,

da ein sich früher abnutzender Kolben naturgemäß leichter als ein ganzer Zylinder zu ersetzen ist. Im übrigen empfiehlt es sich, da gleiche Metalle schlecht aufeinander laufen, in Stahl-

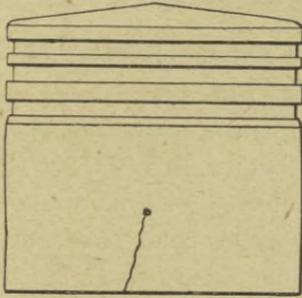


Fig. 47.  
Abbohren eines Kolbenrisses.

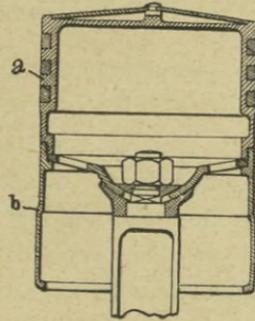


Fig. 48.  
Kolben der D. W. M. F.

zylindern Gußkolben und in Gußzylindern Stahlkolben zu verwenden, wobei darauf zu achten ist, daß Stahlkolben gegenüber den Gußkolben eine etwas reichlichere Schmierung erfordern.

Aluminium als Kolbenmaterial hat sich bisher für Flugmotoren noch nicht besonders bewährt, obgleich es in Kraftwagenmotoren bereits mit Erfolg angewandt ist.

Ein Kolben, bei dem Stahl in Verbindung mit Aluminium Verwendung findet, wird von den Deutschen Waffen- und Munitionsfabriken versucht. Er besteht nach Fig. 48 aus dem Oberteil *a*, dem Unterteil *b* und dem Mittelstück *c*. Das Oberteil *a* und das Mittelstück *c* sind aus Gußstahl hergestellt, während für das Unterteil *b* Aluminium (Elektrometall) verwendet wird.

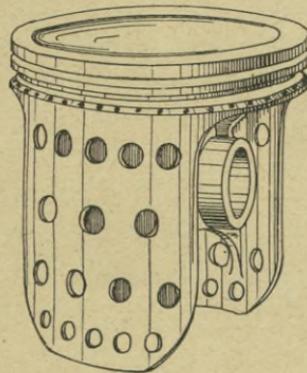


Fig. 49. Aluminium-Kolben,  
Fabrikat Ricardo.

Auf dem Kolbenboden ist eine gewölbte Stützplatte an-

gebracht, die einerseits den Boden versteifen, gleichzeitig aber auch einen isolierenden Luftzwischenraum schaffen soll. Für die Lagerung des Kolbenbolzens bzw. die Befestigung der Pleuelstange ist in das Mittelstück *c* eine Kalotte eingesetzt.

Eine Sonderausführung für Automobil-Motorkolben aus Aluminium, Fabrikat Ricardo, zeigt Fig. 49.

Dieser Kolben mit stark nach innen gewölbtem Boden besitzt 2 Kolbenringe. Unter dem zweiten Ringe befindet sich eine mit nach dem Kolbeninnern führenden Löchern versehene Nut, welche dazu dient, von dem Kolbenring beim Niedergang von den Zylinderwänden abgestreiftes überschüssiges Öl aufzufangen und nach innen abzuführen.

Hierdurch wird verhütet, daß das Öl oben auf den Zylinderboden gelangt, dort verbrennt, verkohlt und Störungen verursacht.

Pleuelstangenlagerung und Kolbenwände ähneln dem Kreuzkopf einer Dampfmaschine, indem nur 2 Gleitbahnen statt eines geschlossenen Mantels vorhanden sind. In diesen Gleitbahnen sind Löcher angeordnet, die dafür sorgen, daß zwischen Kolben und Zylinder stets genügend Öl vorhanden ist. Da bei Aluminiumkolben ganz besonders auf in jeder Beziehung einwandfreie Schmierung geachtet werden muß, soll verhütet werden, daß unter Umständen der hohe Seitendruck das Öl herauspreßt. In diesen Löchern der Gleitbahn wird ständig Öl mitgeschleift und dieses an die Zylinderwand abgegeben.

#### 4. Kolbenringe.

Die Kolbenringe haben die Aufgabe, einen dichten Abschluß zwischen Kolben und Zylinderwand zu schaffen, da nur so eine gute Verdichtung des Gasgemisches möglich ist.

Da nicht dicht haltende Ringe einen großen Verlust an Arbeitsdruck bedingen, ist darauf zu achten, daß die Ringe ihre Elastizität nicht verlieren und gut in die Nuten passen, aber auch genügend Zwischenraum für die Ausdehnung infolge der Erwärmung übrig bleibt. Auch das richtige Spiel zwischen

den Kolbenringenden (0,7 mm) nach dem Einsetzen des Kolbens in den Zylinder ist nötig. Diese Stöße der Kolbenringe müssen

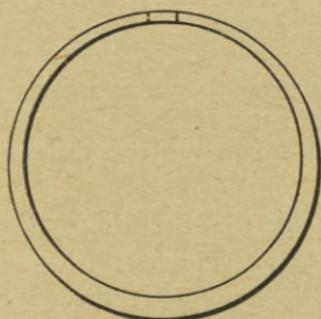


Fig. 50.  
Exzentrischer Kolbenring.

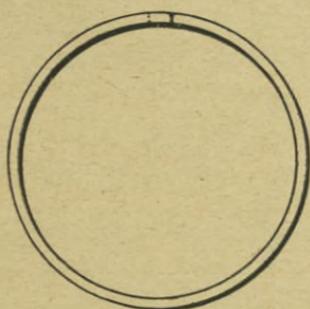


Fig. 51.  
Konzentrischer Kolbenring.

beim Einbau gegeneinander versetzt werden, um den Gasen den Durchtritt nach Möglichkeit zu erschweren.



Fig. 52. Abgeschrägter Kolbenstoß.

Die Kolbenringe sind aus einem automatisch gehämmerten Spezialgußeisen hergestellt, nur selten wird Bronze verwendet.

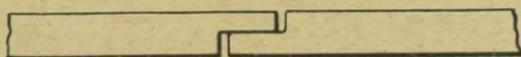


Fig. 53. Überlappter Kolbenstoß.

Die nach außen spannenden Ringe können exzentrisch nach Fig. 50 oder auch konzentrisch nach Fig. 51 sein.

Der Kolbenstoß ist niemals gerade, sondern entweder abgescrängt nach Fig. 52, oder noch besser überlappt nach Fig. 53 ausgeführt.

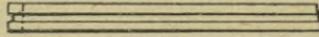


Fig. 54. Ölabbstreifung.

Die Kolben der Flugzeugmotoren werden meist mit 3 Kolbenringen versehen, zu welchen bei den größeren Motoren noch ein Ölabbstreifring am unteren Rande kommt, welcher mit einer Ringnute nach Fig. 54 versehen ist.

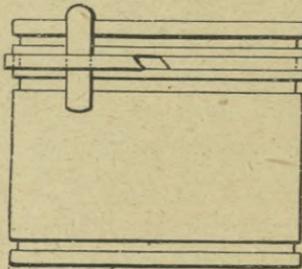


Fig. 55. Demontage der Kolbenringe.

Zur Erleichterung des Abstreifens auszuwechselnder Kolbenringe benutzt man vorteilhaft Blechstreifen, welche nach Fig. 55 in gleichen Abständen zwischen Kolben und Ring eingeführt werden.

### 5. Kolbenbolzen.

Die Kolbenbolzen werden ebenfalls aus geeignetem Material hergestellt, und zwar verwendet man dafür Stahl von etwa 60 kg/qmm Zerreißfestigkeit bei 25 % Dehnung.

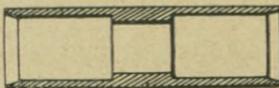


Fig. 56. Kolbenbolzen.



Fig. 57. Kolbenbolzen.

Der Kolbenbolzen stellt die Verbindung zwischen Kolben und Pleuelstange dar und hat den Explosionsdruck von dem Kolben auf letztere zu übertragen.

Vorwiegend werden die Bolzen hohl nach Fig. 56 und 57 ausgeführt, aber auch solche in der Ausführungsform nach

Fig. 58 oder Fig. 59 mit zylindrischem oder konischem Kopf sind viel verwendet.

Die Befestigung dieser Bolzen im Kolben erfolgt durch Schrauben, die eine absolute Sicherheit sowohl gegen axiale Verschiebung als auch gegen Verdrehung bieten müssen.

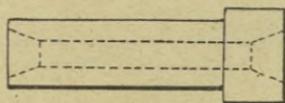


Fig. 58. Kolbenbolzen mit zylindrischem Kopf.

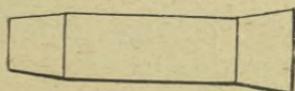


Fig. 59. Kolbenbolzen mit konischem Kopf.

Um den Bolzen vor allzu schneller Abnutzung zu sichern, gibt man ihm eine Oberflächenhärtung, läßt dagegen das Metall innen weich.

Über den Bolzen wird eine gehärtete Büchse aus Stahl oder aus Bronze geschoben, die mit einer Anzahl Öllöcher versehen ist.

## 6. Pleuelstange.

Die Pleuelstange hat die auf den Kolben wirkenden Kräfte auf die Kurbelwelle zu übertragen. Da dieselbe durch hohe Kräfte sowohl auf Knickung als auch auf Biegung beansprucht ist, muß sie aus hochwertigem Stahl bestehen und außerdem Formen bekommen, die für die Kraftübertragung besonders günstig sind.

Während die Firma Benz für ihre Fabrikate eine Pleuelstange von kreisrundem Querschnitt verwendet, führt die Firma Daimler die Pleuelstange ihres Mercedes-Motors, wie auch einige andere Firmen, in doppel T-förmigem Querschnitt aus.

Die Pleuelstange hat auch das für die Schmierung des Kolbenbolzens bzw. der Zylinderwände nötige Öl von der Kurbelwelle aus an diese Stellen weiterzuleiten. Bei runden hohlen Pleuelstangen, Fig. 60 (Benz), ist hierfür ein innerhalb hochgeführtes Rohr vorgesehen, während bei Pleuelstangen mit doppel T-förmigem Querschnitt, Fig. 61 (Daimler-Mercedes), ein Ölröhrchen außen am Steg der Pleuelstange verlegt ist.

Die Verbindung der Pleuelstange mit der Kurbelwelle erfolgt durch ein Weißmetall- oder Bronzelager, auf dessen genaues Einpassen beim Zusammenbau des Motors ganz besonders zu achten ist, da zu straff angepaßte Lager zum Klemmen und schließlich zu Pleuelstangenbruch führen.

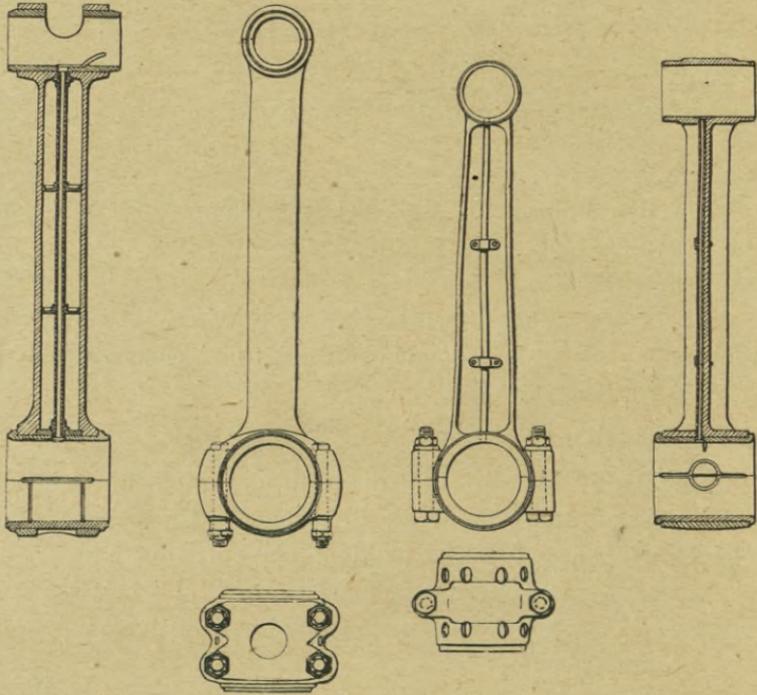


Fig. 60. Hohle Pleuelstange des Benz-Motors.

Fig. 61. I-förmige Pleuelstange des Mercedes-Motors.

Derartige falsch d. h. zu straff laufende Lager zeigen sich meist dadurch an, daß der Propeller nach dem Abstellen des Motors nicht etwas zurückschnellt, sondern hart in jeder Lage stehen bleibt.

Ein Klopfen im Gehäuse während des Laufens des Motors läßt auf ein ausgelaufenes Pleuelstangenlager schließen.

### 7. Kurbelwelle.

Die Kurbelwelle in Verbindung mit den Pleuelstangen hat den Zweck, die hin- und hergehende Bewegung der Kolben in Drehung umzuwandeln, die in den einzelnen Zylindern erzeugten Kräfte zu vereinigen und an die Luftschraube zwecks

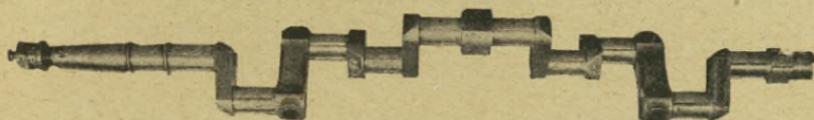


Fig. 62. Kurbelwelle Mercedes 120 PS.

Arbeitsleistung abzugeben. Da die Kurbelwelle auf Biegung und Verdrehung äußerst ungünstig beansprucht wird, kommt hierfür nur bester Chromnickel-stahl mit einer Festigkeit von etwa 90 kg/qmm bei 10 % Dehnung in Frage.

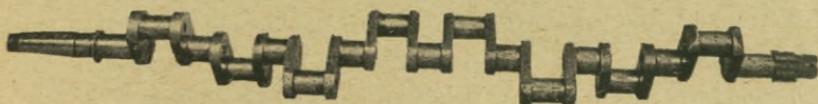


Fig. 63. Kurbelwelle Mercedes 200 PS.

Die Welle wird aus dem Vollen herausgearbeitet und ausgebohrt, um durch Herstellung im günstigsten Querschnitt an Gewicht zu sparen und gleichzeitig die ganze Welle als Teil der Ölleitung verwenden zu können.

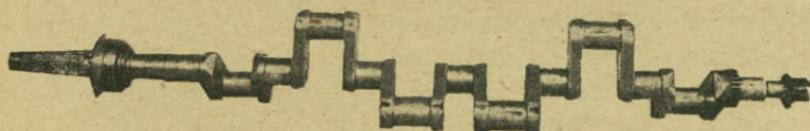


Fig. 64. Kurbelwelle Benz 150 PS.

Die Kurbelwelle des Flugmotors hat 6 Kröpfungen oder Kurbeln, die gegeneinander um 120 % versetzt stehen und zwar so, daß je 2 Kurbeln gleichgerichtet sind.

Durch diese Anordnung der Kurbeln wird eine günstige

Verteilung des Druckes erreicht, so daß der Gang der Kurbelwelle, obwohl die Kräfte in den einzelnen Zylindern stoßweise auftreten, verhältnismäßig ruhig wird.

Wichtig ist die Lagerung der Kurbelwelle, da auf die Lagerstellen diese einzelnen Stöße übertragen werden müssen. Wie bereits bei Erklärung der Gehäuse erwähnt wurde, sind die Kurbelwellen aller Motoren über 120 PS, vorausgesetzt, daß es sich um 6-Zylinder-Motoren handelt, siebenmal gelagert.

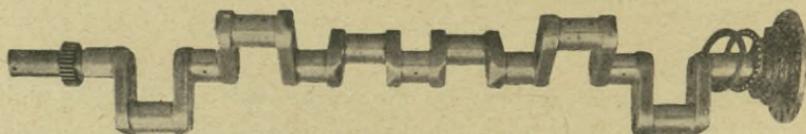


Fig. 65. Kurbelwelle Benz 200 PS.

Bei 8-Zylinder-Motoren erhält die Kurbelwelle natürlich 8 Kröpfungen, die um  $90^\circ$  Grad zueinander versetzt sind. Dementsprechend wird eine derartige Welle auch nicht nur an 7, sondern an 9 Stellen gelagert.

Die gefährlichste Stelle der Kurbelwellen, an der sich immer wieder einmal Brüche zeigen können, liegt am Übergang von den einzelnen Armen zu den Kurbelzapfen. Auf sachgemäße Ausführung besonders dieser Stellen und gute Abrundung im Radius von mindestens 5 mm ist zu achten.

#### 8. Ventile.

Für die Regulierung der Zufuhr des im Zylinder zu verbrennenden Brennstoffgemisches sowie für die Abführung der verbrannten Gase sind im Zylinder Ventile vorgesehen. Diese werden in der Regel zwangsläufig gesteuert, jedoch verwendet man auch ungesteuerte, automatisch öffnende bzw. schließende Ventile. Sie sind teils stehend, neuerdings aber überwiegend hängend angeordnet. Bei größeren Motoren sieht man zwecks günstigerer Platzausnutzung vielfach auch je zwei Ein- und zwei Auslaßventile, statt je eines von größerem Durchmesser vor.

Durch das Saug- oder Einlaßventil tritt das Brennstoffgemisch beim Niedergange des Kolbens infolge der entstehenden Saugwirkung in den Zylinder. Da dieses Gemisch verhältnismäßig kalt ist und das Einlaßventil ständig kühlt, wird dieses nur wenig beansprucht und lange betriebssicher bleiben.

Dagegen wird das Auspuffventil, durch welches die verbrannten sehr heißen Gase ins Freie treten, erheblich schneller verbraucht. Die hohe Erwärmung führt zum Verziehen der Ventile und anderen Beschädigungen, so daß meist schon nach 20 bis 30 Betriebsstunden ein Nachschleifen erforderlich ist.

Wird das rechtzeitige Nachschleifen der Auspuffventile versäumt, so bildet sich sehr schnell eine Vertiefung zwischen Ventil und Sitz, durch welche alsbald die heißen Auspuffgase einen ununterbrochenen Weg ins Freie finden. Ist aber erst ein derartiger Weg geschaffen, so sind nur wenige Stunden dazu nötig, das Ventil an der betreffenden Stelle regelrecht zum Schmelzen zu bringen. Das Material verbrennt.

### 9. Ventilsteuerung.

Öffnet sich ein Ventil, beispielsweise das Einlaßventil, (Zweitaktmotor, Umlaufmotor) lediglich infolge des beim Niedergang des Kolbens entstehenden Unterdruckes und schließt es wieder von selbst bei Umkehrung der Kolbenbewegung, so bezeichnet man es als selbsttätig arbeitendes oder ungesteuertes Ventil.

Muß aber ein Ventil, wie es stets beim Auspuffventil der Fall ist, gegen den im Zylinderinnern herrschenden Überdruck angehoben und gegen den Strom der nach der Öffnung durchtretenden Gase offen gehalten werden, so sind besondere Zwischmittel, wie Druckfedern, Nockenwelle, Schwinghebel und ähnliches, erforderlich. Man spricht in diesem Falle, im Gegensatz zu selbsttätigen, von gesteuerten Ventilen.

Bei unseren in Flugzeugen verwendeten Standmotoren sind durchweg nicht nur die Auspuff-, sondern auch die Einlaßventile zwangsläufig gesteuert.

Die heute angewandten hängenden, d. h. bei Öffnung in den Verbrennungsraum hineingedrückten Ventile haben den Vorzug, daß durch die dabei erfolgende Zerstreung des eintretenden Gasgemisches eine vorteilhafte Vermischung mit dem im Kompressionsraum von der vorhergehenden Verbrennung her immer noch vorhandenen heißen Gase, und damit eine Kühlung eintritt.

Das Ventil besteht aus dem eigentlichen Ventilteller (Kegel) mit dem Schaft und dem im Zylinderkopf angeordneten Ventilsitz.

Ventilsitz und Auflagefläche des Ventiltellers (Kegel) müssen in ihren Abmessungen genau übereinstimmen, da sie sich andernfalls ineinander einschlagen, was ein schnelles Undichtwerden zur Folge hat.

#### **10. Einschleifen der Ventile.**

Auf das genaue Einschleifen der Ventile ist sowohl im Interesse einer längeren Lebensdauer als auch zur Erzielung einer einwandfreien Verdichtung des Gasgemisches ganz besonderer Wert zu legen.

Dieses Einschleifen der Ventile darf nicht mechanisch, etwa durch Zuhilfenahme einer Hand- oder Tischbohr-Maschine, sondern stets nur von Hand, mit Hilfe feinen Staubschmirgels und Öles, erfolgen. Nur besonders konstruierte Ventilschleifmaschinen ersetzen die Handarbeit. Die Ventilteller sind unter öfterem Abheben durch dauerndes Drehen nach einer Seite, am einfachsten mit Hilfe eines Schraubenziehers, einzuschleifen, wobei Öl und Schmirgel stets gleichmäßig verteilt sein müssen. Der fertige Schleifrand soll glatt und von gleicher Farbe sein, darf also keine schwarzen Stellen und Poren zeigen. Durch Drehen ohne Zuführung von Öl, nach vorherigem Trockenreiben muß sich im Teller sowohl wie im Sitz ein ununterbrochener glänzender Spiegel zeigen.

#### **11. Dichtigkeitsprüfung von Ventilen.**

Eine schnelle Dichtigkeitsprüfung kann erfolgen durch Aufgießen von Benzin, wobei nicht die geringste Menge des

Benzins durchfließen darf. Durch Einfluß von zu großer Wärme nur wenig verzogene Ventile können durch dem Nachschleifen vorangehendes Überdrehen wieder brauchbar gemacht werden.

Als Material für die Ventile kommt Nickel- oder Wolframstahl in Frage. Auf richtige Abmessungen und Verteilung des Materials ist zu achten.

Ventilbrüche treten meist am Übergang vom Schaft zum Teller ein, weshalb diese Stelle mit möglichst großem Abrundungsradius auszuführen ist. In dieser Abrundung gelegentlich vorkommendes Festklemmen des Ventilschaftes in seiner Füh-

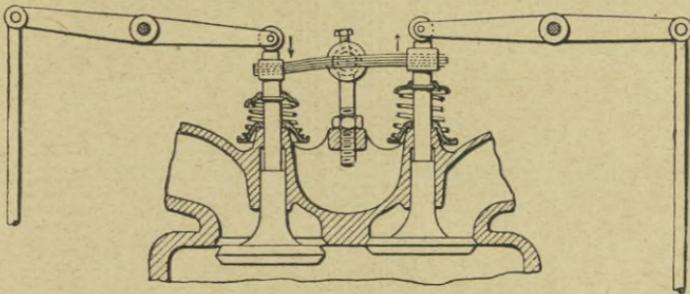


Fig. 66. Ventile mit Blattfederbelastung.

rung darf niemals dadurch behoben werden, daß man etwa vom Schaft herunterdreht. Ist der Abrundungsradius zu groß, so darf das Klemmen nur dadurch behoben werden, daß man die Schaftführung entsprechend verkürzt, bzw. an der dem Teller zu liegenden Seite die Kante bricht.

Der Ventilschaft dient zur Führung und hat gleichzeitig die Aufgabe, die dem Ventil zugeführte Verbrennungswärme abzuleiten. Auf gute Wärmeableitungsmöglichkeit in der Schaftführung, vor allem beim Auspuffventil, ist daher bei der Konstruktion des Zylinderkopfes Rücksicht zu nehmen.

Der Ventilschaft erhält am Ende zur Aufnahme der sich gegen die Ventilfeeder legenden Arretierkegelhälften eine Nute, einen Schlitz für den Federkeil oder eine Mutter.

## 12. Ventildfedern.

Die Ventildfedern sind als zylindrische oder konische Spiralfedern ausgeführt und so dimensioniert, daß das Ventil bis zu einem Druck von rund 30 kg geschlossen bleibt, der genaue Wert ist für jedes Fabrikat vorgeschrieben.

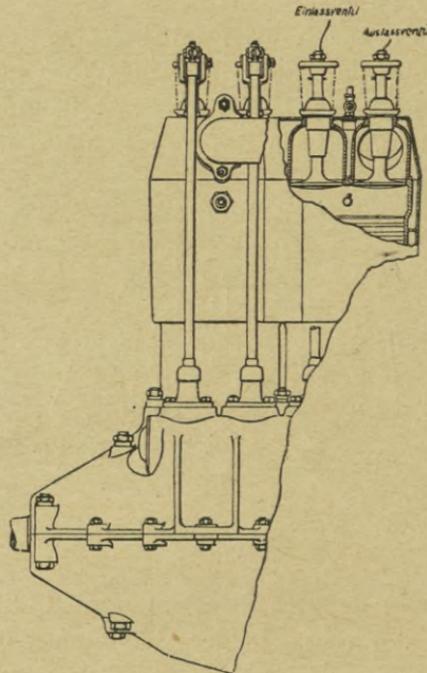


Fig. 67. Ventilanordnung des 180 PS Argus-Motors.

Außer diesen Spiralfedern werden gelegentlich auch Blattfedern verwendet, die, wie z. B. nach Fig. 66, vielfach so gelagert sind, daß sie beim Öffnen des einen Ventils das entgegengesetzte um so mehr abdichten.

Fig. 67 und 68 zeigen die Anordnung der Ventile des 180 PS-Argus-Motors, während Fig. 69 und 70 die Ventile des 160 PS-Mercedes-Motors und Fig. 71 und 72 diejenigen des Benz-Motors erkennen lassen.

Dieser Benz-Motor hat Einlaß- und Auspuffventile in doppelter Ausführung.

### 13. Schwinghebel.

Die Öffnung der zwangsläufig gesteuerten Ventile erfolgt durch doppelarmige Schwinghebel, welche vorteilhaft in zwei staubdichten, gut gefetteten Kugellagern laufen. Der den Schaft niederdrückende Hebelarm ist mit einer kleinen Stahl-

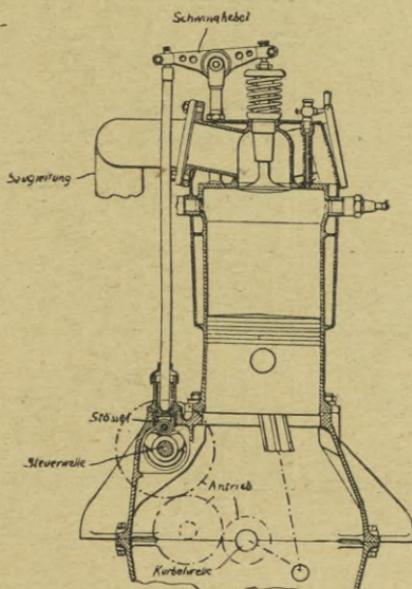


Fig. 68. Argus-Ventile.

rolle versehen, welche letztere die Firma Benz auf einem exzentrisch sitzenden Zapfen lagert, um durch Drehung dieses Exzenters den Ausgleich kleinerer Höhenunterschiede der Ventilschäfte ohne Nacharbeiten zu ermöglichen.

### 14. Einstellung der Schwinghebel.

Bei den Mercedes-Motoren sind für diesen Zweck Stahlschrauben vorgesehen, welche nach dem genauen Einstellen durch eine zweite Sicherungsschraube in der gewünschten Lage festgehalten werden.

Auf genügendes Spiel an diesen Stellschrauben ist beim Zusammenbau des Motors zu achten (Fig. 73).

Es soll bei den Einlaßventilen etwa 0,4 mm, an der Aus-

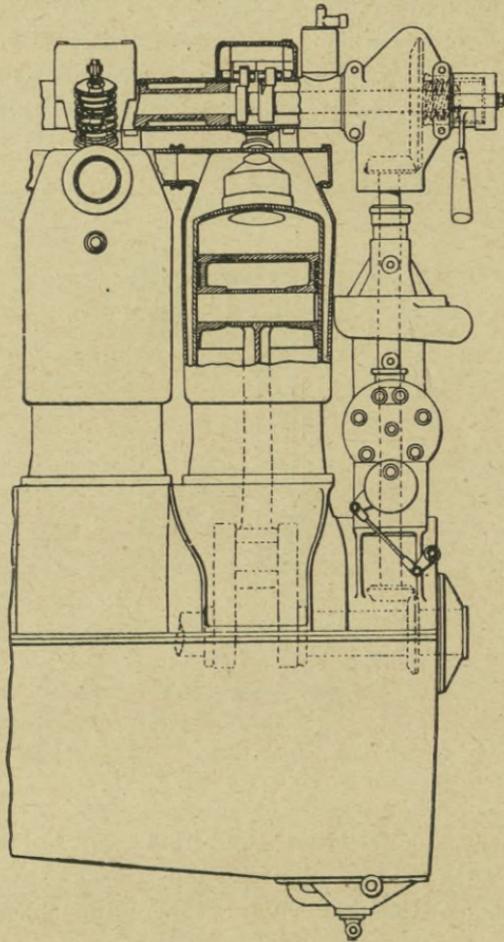


Fig. 69. Anordnung der Ventile des 160 PS-Mercedes-Motors.

puffseite etwa 0,7 mm Zwischenraum bleiben; bei letzteren mehr, da hier die während des Motorlaufes eintretende Erwärmung und damit auch die Ausdehnung stärker ist.

### 15. Stößel, Stößelstange.

Die den Ventilschaft niederdrückenden Schwinghebel können auf verschiedene Weise bewegt werden. Beispielsweise erfolgt

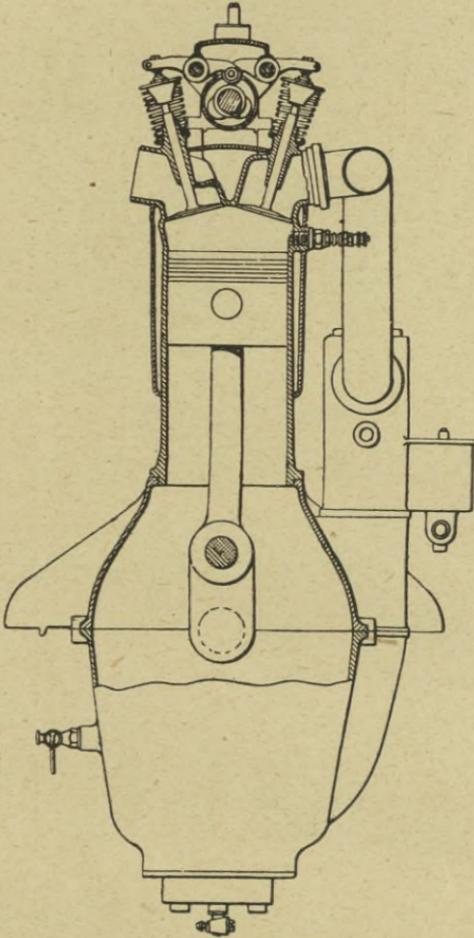


Fig. 70. Ventile des Mercedes-Motors.

die Betätigung bei Ausführung nach Fig. 71 und 72 durch besondere Stößel und Stoßstangen, die von der in diesem Falle im Gehäuse angeordneten Steuerwelle bewegt werden.

Der Stangenkopf ist dabei als Kugelpfanne ausgebildet und ab und zu mit Fett oder Öl zu versehen.

Dagegen werden bei den Mercedes-Motoren die Schwinghebel zur Betätigung der Ventile nicht durch besondere Stoß-

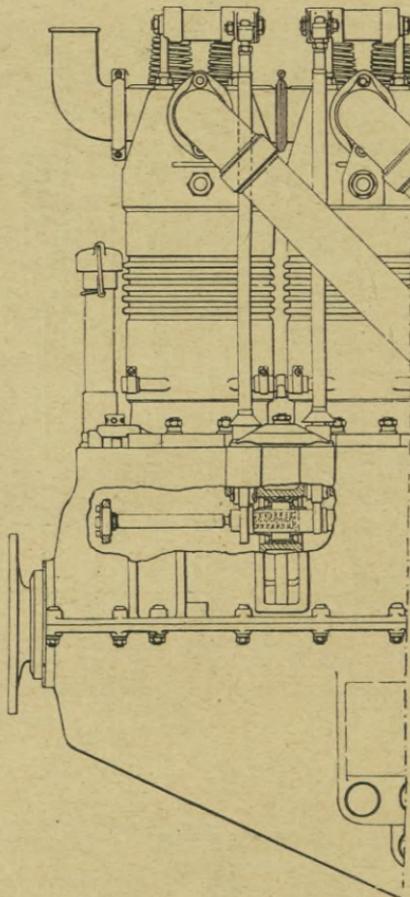


Fig. 71. Steuerung der Ventile des Benz-Motors.

stangen, sondern direkt von der Steuerwelle (Nockenwelle), die in diesem Falle über den Zylindern angeordnet ist, ohne Vermittlung besonderer Zwischenorgane bewegt.

Die Nockenwelle liegt hierbei in einer als Ölfang aus-

gebildeten Einkapselung und wird durch eine an die Frischölpumpe angeschlossene, über die Nockenwelle geführte Ölleitung geschmiert (Fig. 69 und 70).

Erwähnt sei hier, daß unsere Feinde im Hispano-Suiza-Motor eine Ventilkonstruktion anwenden, bei der nicht nur Stößelstange, sondern auch Schwinghebel in Fortfall kommen,

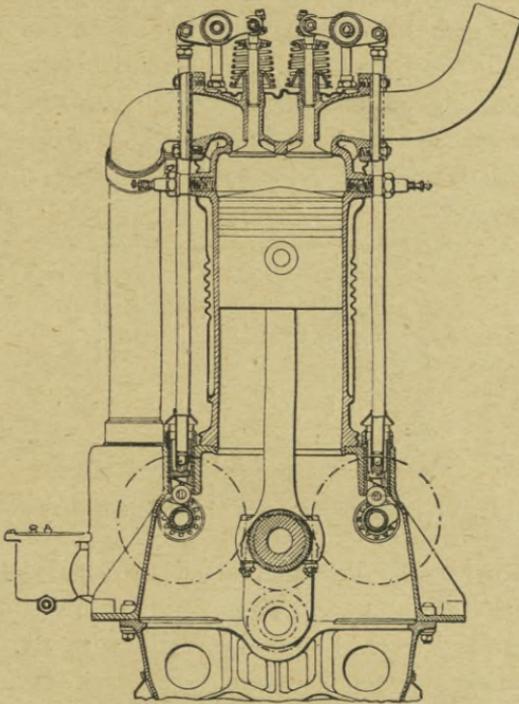


Fig. 72. Anordnung der Benz-Ventile.

indem die Nocken der Steuerwelle sich direkt auf dem Ventil abwälzen. Diese Ausführung hat jedoch verschiedene Nachteile bezüglich Betriebsbereitschaft zur Folge, auf die an anderer Stelle eingegangen wird.

#### 16. Dekompressionsvorrichtung.

Bei den stärkeren Motoren (über 150 PS) ist zur Erleichterung des Andrehens eine Dekompressionsvorrichtung

vorgesehen. Dieselbe hat den Zweck, beim Durchdrehen durch teilweises Öffnen der Ventile die Verdichtung des Gasgemisches geringer zu halten, also das Andrehen des Motors durch Verminderung des Widerstandes zu erleichtern.

Von besonderem Werte sind solche Dekompressionsvorrichtungen für Wasserflugzeuge, bei denen der Motor gelegentlich auf dem Wasser vom Flugzeugführer mittels Kurbel vom Führersitz aus durchgedreht werden muß.

Diese teilweise Öffnung des Auslaßventils beim Durchdrehen wird, wie aus Fig. 69 und 70 ersichtlich ist, durch besondere Hilfsnocken auf der Steuerwelle erreicht. An dem Nocken für das Auslaßventil ist ein seitlicher Ansatz vorgesehen,

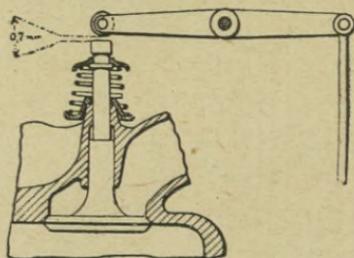


Fig. 73. Einstellung des Ausdehnungsspieles.

welcher sich bei axialer Verschiebung der Nockenwelle unter den Schwinghebel legt und dadurch das Ventil eine Wenigkeit öffnet.

Die axiale Verschiebung der Welle wird durch einen an der dem Führer zugekehrten Seite der Steuerwelle angeordneten Handhebel bewirkt, durch dessen Umlegen die Welle verdreht wird. Da dieser Hebel in einem schneckenartigen Gewindegang geführt ist, wird die Welle beim Drehen vor- oder zurückgeschoben. Eingeschaltet wird die Dekompressionsvorrichtung durch Umlegen des Hebels von rechts nach links.

#### 17. Einstellung der Ventile und der Zündung bei Standmotoren.

Der Zeitpunkt des Öffnens und Schließens der Ventile, bezogen auf die Kolbenstellung oder den Kurbelwinkel ist bei allen Motortypen verschieden.

Das Einlaßventil wird ungefähr  $12^{\circ}$ , bezogen auf die Kurbelstellung, oder 2 mm, bezogen auf den Kolbenweg, nach Überschreiten des oberen Totpunktes geöffnet und bei einer Kurbelstellung von  $40^{\circ}$  bzw. 12 mm Kolbenweg nach Erreichen des unteren Totpunktes geschlossen.

Das Auspuffventil öffnet sich  $45^{\circ}$  bis  $50^{\circ}$  bzw. 19 bis 23 mm vor Erreichen des oberen Totpunktes, wie dies in Fig. 74 schematisch dargestellt ist.

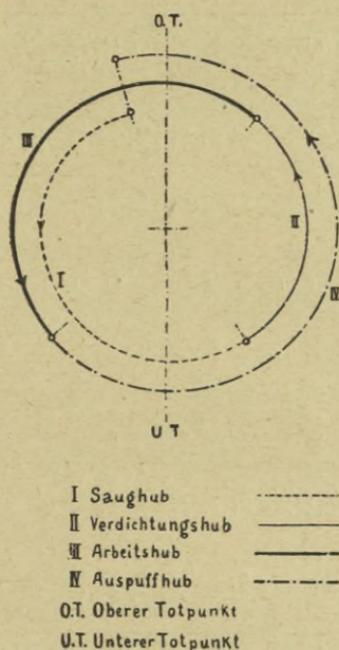


Fig. 74. Schematische Darstellung der Ventilstellungen bei Standmotoren.

Die Zündung erfolgt bei einer Kurbelstellung zwischen  $25^{\circ}$  und  $35^{\circ}$  vor dem oberen Totpunkte im zweiten Takt.

Vielfach sind auf der Nockenwelle, den Antriebsrädern und dem Steuergestänge, auf der Kurbelwelle und dem Gehäuse, auf der Ankerseite Marken eingeschlagen, welche die Totpunktstellung des Kolbens und die Zeitpunkte für das Öffnen und Schließen der Ventile bezeichnen. Diese Zeiten werden durch

Type	PS	Zylinder	Drehmoment kg	Gewicht kg	Bohrung mm	Hub mm	Ölverbr. kg	Benzin- verbr. l	Luft zwischen Ventilschaft u. Schwinghebel		Saugventil		Auslaßventil		Düsenöffnung Vergaser		Vorzündung	
									Saug- ventil mm	Auspuß- ventil mm	öffnet n. o. T. mm	schließt n. u. T. mm	öffnet v. u. T. mm	schließt n. o. T. mm	Vollauf mm	Leerlauf mm	Saug- seite mm	Aus- puß- seite mm
Mercedes	100	6	57	210	120	140	2,9	33-37	0,3	0,4	1-2	10	16	0,5-1,5	1,2	0,3	12	15
"	120	6	70	230	125	145	3	42-45	0,3	0,4	1-2	10	16	0,5-1,5	1,3	0,35	12	15
"	160	6	84	295	140	160	3,9	49-52	0,4	0,7	1-2,6	10	18	0,5-1,5	1,6	0,4	12	15
"	220	8	110	430	140	160	4,0-4,5	69-72	0,4	0,7	1-2,6	10	18	0,5-1,5	1,8	0,45-0,5	9	12
"	260	6	133,5	405	160	180	5,1	80-83	0,4	0,7	1-2	15	25	0,5-1,5	1,9	0,8	20	20
Benz	110	6	62	235	116	160	2,9	40	0,3	0,3	0-1	12	20	4-16	1,4-1,45	0,6	14	14
"	150	6	83	300	130	180	3,7	55	0,4	0,4	0-1	13	22	4-16	1,61-1,65	0,6	15	15
"	200	6	118,2	370	145	190	4,7	70	0,3	0,3	0-1	21	26	4-16	1,4-2,1	0,65	18	18
Argus	100	4	50	168	140	140	4,4	42	0,3	0,3	0-2	12	18	1-3	1-1,2		5	5
"	100	6	60	216	130	130	2	37,5	0,3	0,3	0-2	12	18	1-3	0,85-1,1		5	5
"	120	6	70	218	130	150	1,5	43,5	0,3	0,3	0-2	12	18	1-3	0,85-1,1		5	5
"	180	6	95	314	145	160	3,68	64	0,3	0,3	0-2	15	23	1-3	1,60	1,45	8	9
Maybach	240	6		365			2,5-3,0	42										
Opel	200	6	97	314	145	160	3,7	70	0,3	0,3	0-2	15	23	1-3	1,60	1,45	8	9
Gnôme	80	7	50	100	124	150	5,9	35										26°
"	100	9	64	140	124	150	8,8	45										26°
"	160	14	86	200	124	150	12,4	70										26°
"	200	18		255	124	150	17,6	90										

Fig. 75. Übersicht der Zündzeitpunkte und Ventilstellungen verschiedener Motortypen.

eingehende Untersuchungen auf den Prüfständen der Fabrikanten festgelegt und können nicht willkürlich geändert werden.

Für eine Anzahl Motorenfabrikate sind die genauen Angaben hierüber aus der Tabelle Fig. 75 zu entnehmen.

## XI. Der Vergaser.

Der Gedanke, Benzin oder einen gleichwertigen hochexplosiven Brennstoff einem Explosionsmotor direkt in flüssigem Zustande zuzuführen, hat bisher in der Praxis nicht verwirklicht werden können, so daß man zur Einschaltung eines den Brennstoff vergasenden Hilfsapparates, d. h. eines Vergasers, gezwungen ist.

Der Vergaser hat also die Aufgabe, den ihm in flüssigem Zustande zugeführten Brennstoff zu vergasen und gleichzeitig im richtigen Verhältnis mit atmosphärischer Luft zu mischen, um ihn explodierbar zu machen.

Diese Gas-Luft-Gemische sind in weiten Grenzen brennbar. Als für den Benzinmotor am günstigsten hat sich ein aus 21 Teilen Luft auf 1 Teil Benzin bestehendes Gemisch erwiesen. Benzin-Luft-Gemische sind aber auch bei einer Zusammensetzung von 28 Teilen Luft auf 1 Teil Benzin noch leidlich gut brennbar. Man bezeichnet ein derart zusammengesetztes Gemisch als „benzinarm“. Sind im Gegensatz dazu auf 1 Teil Benzin nur 14 Teile Luft vorhanden, so spricht man von „benzinreichen“ Gemischen.

Die Benzinvergasung (in gleicher Weise auch die von Benzol) ist ein äußerst einfacher, sich selbst vollziehender Vorgang. Stellt man Benzin in einem offenen Gefäße an die Luft, so wird das Benzin sehr schnell verschwinden. Diese Verdunstung würde durch Wind noch bedeutend beschleunigt werden.

### Oberflächen-Vergaser.

Figur 76 zeigt im Prinzip einen Vergaser und zwar einen Oberflächen-Vergaser. Die beim Niedergange des Kolbens

in den Zylinder gesaugte Luft wird über den Benzinspiegel geleitet, nimmt hier das verdunstende Benzin auf und bildet so im Zylinder ein explosives Gasluftgemisch. Um die Menge

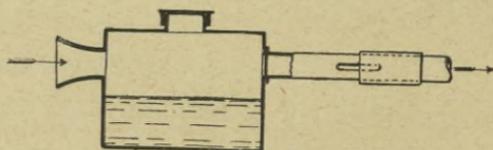


Fig. 76. Einfachster Oberflächenvergaser.

der den Benzindämpfen zuzusetzenden Luft regulieren zu können, wird ein besonderer Schieber vorgesehen.

Eine andere Ausführungsform eines einfachen Vergasers zeigt Fig. 77. Um ein lebhafteres Verdunsten des Benzins zu

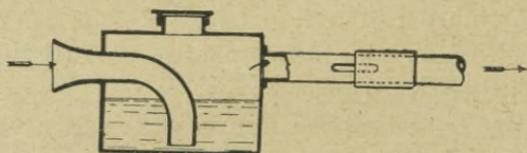


Fig. 77. Oberflächenvergaser mit Luft-Tauchrohr.

erreichen, ist hier das Lufteinführungsrohr unter den Benzinspiegel geführt, so daß die Luft gezwungen ist, durch das Benzin zu treten, ehe sie in die Zylinder gelangen kann. In die Praxis eingeführt hat sich diese Vorrichtung nicht.

### Prinzip des modernen Vergasers.

Als vorteilhaft hat es sich erwiesen, nicht den Benzinbehälter selbst als Vergaser zu benutzen, sondern das Benzin aus dem größeren Vorratsbehälter einer Ausströmdüse, in der es mittels durch Schwimmer bedienten Ventils auf stets gleicher Höhe gehalten wird, zuzuführen und an dieser Düse die Luft vorbeizuleiten, um hier Benzindämpfe und Luft sich vermischen zu lassen.

Die Vergaser bestehen also jetzt im Prinzip aus einem kleinen Benzinstands-Ausgleichbehälter, Schwimmergehäuse

genannt, in welchem ein Schwimmer durch das von unten (oder oben) eintretende Benzin gehoben wird. Der Schwimmer schließt mit Hilfe einer daranhängenden (oder daraufsitzenen) Schwimmernadel, einem kleinen Ventilkegel, bei Erreichung des festgelegten Benzinstandes die Benzinzufuhr ab, so daß eine stets gleichbleibende Höhe des Benzinspiegels in diesem Schwimmergehäuse gewährleistet ist. Mit diesem Schwimmergehäuse steht nach dem Prinzip kommunizierender Röhren die Benzin-Ausströmdüse in Verbindung, so daß also auch in der Düse der Benzinstand stets die gleiche Höhe, etwa 1—2 mm unter dem Rande, behält. Die Düse selbst mündet in den Mischraum, in welchem die Vereinigung der der Düse entweichenden Benzindämpfe mit der an ihr vorbeistreichenden Außenluft erfolgt. Über dem Mischraum befindet sich zwecks Regulierung der Gaszufuhr in die Zylinder ein Drosselschieber, eine Klappe oder sonstiges Absperrorgan.

Außer der Hauptdüse, die nur bei vollem Betriebe des Motors in Tätigkeit ist, ist noch eine Leerlaufdüse vorhanden, welche die bei langsamem Gange des Motors erforderliche geringere Benzinmenge liefert.

#### Ansaugrohr.

Die Vergaser sind mit den Zylindern durch zumeist aus Kupfer hergestellte Rohre verbunden. Die Formen dieser An-

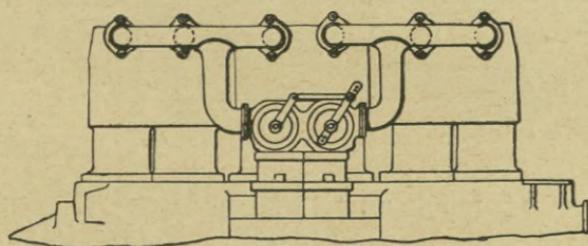


Fig. 78. Ansaugrohr 120 PS Argus.

saugrohre sind so gewählt, daß ein Stauen der Gase in scharfen Krümmungen ausgeschlossen ist. Um ein Niederschlagen der Gase in diesen Röhren zu vermeiden, sind sie außerdem so

kurz als irgend möglich gehalten. Ein Auskondensieren von Benzin hätte zur Folge, daß die Zylinder ein zu benzinarmes Gemisch erhalten, was zum „Knallen im Vergaser“ und sehr oft zu „Vergaserbränden“ Anlaß gibt.

Verschiedene zur Zeit gebräuchliche Ansaugrohre sind in den Fig. 78 bis 80 dargestellt. Im Winter werden die Ansaug-

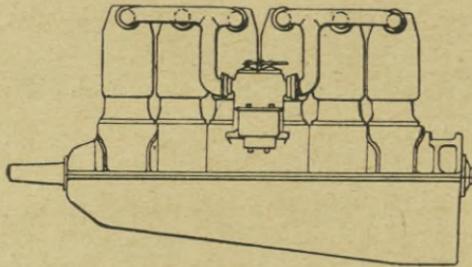


Fig. 79. Ansaugrohr 150 PS Mercedes.

rohre vorteilhaft durch Umwicklung isoliert, um ein Vereisen der Kondensate im Rohr zu verhüten und gleichzeitig die Zuführung zu kaltem Gasgemisch, was eine erhebliche Herabsetzung der Leistung des Motors zur Folge hätte, zu vermeiden.

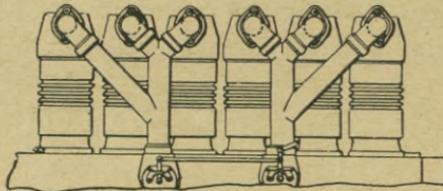


Fig. 80. Ansaugrohr 200 PS Benz.

Besondere Sorgfalt erfordert auch die Befestigung. Sind die Verbindungen undicht, so bekommt der Motor „Nebenluft“, also ein zu benzinarmes Gasgemisch, was sich in Zischen und Pfeifen und in weiterer Folge, wie bereits erklärt, durch unregelmäßiges Aussetzen einzelner Zylinder, Knallen im Vergaser usw. unangenehm bemerkbar macht. In gleicher Weise äußern sich Risse.

Nachfolgend seien die heute in Flugzeugmotoren verwandten Vergasertypen näher beschrieben.

### Mercedes-Vergaser.

Der in Figur 81 dargestellte Mercedes-Vergaser besitzt unterhalb des Schwimmergehäuses einen Benzinreiniger, der mit der Hilfe eines feinmaschigen Siebes Unreinigkeiten aus dem Benzin ausscheidet.

Durch die darüber befindliche, von der Schwimbernadel zu gegebener Zeit geschlossene Eintrittsöffnung tritt das Benzin in das Schwimmergehäuse und hebt den Schwimmer an. Am abschraubbaren Deckel des Schwimmergehäuses sitzen einander gegenüber zwei Doppelhebel, deren äußeres mit einem Gegengewicht beschwertes Ende auf dem Schwimmer liegt, während das andere, kürzere, in eine wagrecht um die Schwimbernadel laufende Nut greift. Wird der Schwimmer durch das eintretende Benzin gehoben, so geht die Nadel herunter, um schließlich bei genau festgelegtem Benzinstand die weitere Brennstoffzufuhr abzuschließen. Dieser Abschluß erfolgt, wenn der Brennstoff 1 bis  $1\frac{1}{2}$  mm unter der Austrittskante der durch einen Kanal mit dem Schwimmergehäuse in Verbindung stehenden Hauptdüse steht.

Die Düse ist von einem doppeltrichterförmigen Rohr, dem Mischrohr, umgeben, dessen engste Stelle in Höhe der Düsenöffnung liegt, so daß die Geschwindigkeit der durchstreichenden Luft an dieser Stelle am größten wird. Die vorbeistreichende Luft reißt das an der Düse verdunstende Benzin mit und vermischt sich mit ihm im darüberliegenden Mischraum.

Die Regulierung erfolgt durch einen senkrecht stehenden, rohrförmigen Drosselschieber, der bei Drehung die Austrittsöffnung zum Ansaugrohr hin teils mehr, teils weniger schließt.

Da bei Vollauf des Motors die durch das Mischrohr eintretende Luftmenge nicht ausreicht, sind im äußeren Mantel Zusatzluft-Öffnungen vorgesehen, durch welche die erforderliche Luftmenge eintreten kann. Bei niedriger Drehzahl des

Motors sind diese Löcher durch den darüber angeordneten Ringschieber abgeschlossen. Steigt die Umlaufzahl, wird also die Saugwirkung im Mischraum größer, so hebt sich der Ringschieber und die benötigte Luft kann durch die so freigegebenen Öffnungen zuströmen und sich im Mischraum

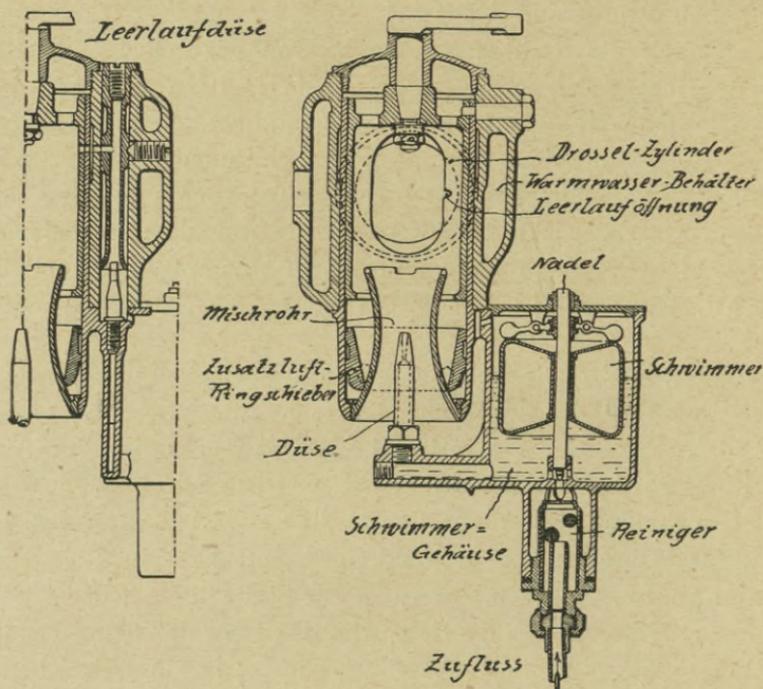


Fig. 81. Mercedes-Vergaser.

mit dem aus dem Mischrohr kommenden Gas-Luft-Gemisch vereinigen.

Die Mischkammer ist mit einem Heizmantel, in welchen aus dem Zylindermantel kommendes Kühlwasser (Temperatur etwa 75°) geleitet wird, umgeben, um die Gase vorzuwärmen, bzw. den Vergasungsprozeß zu unterstützen.

Für den Lauf des Motors mit geringerer Drehzahl ist eine

Nebendüse, die sogenannte Leerlaufdüse, vorgesehen. Diese tritt dann in Tätigkeit, wenn der Drehschieber die Öffnung zum Ansaugrohr abschließt. In dieser Schieberstellung kann Luft nur durch eine kleine, im Drehschieber entsprechend vorgesehene Öffnung vom Vergaser in das Ansaugrohr übertreten. Dieser Luftstrom wird an der Leerlaufdüse vorbeigeleitet und nimmt hier eine entsprechend geringere Menge Gas mit. Die

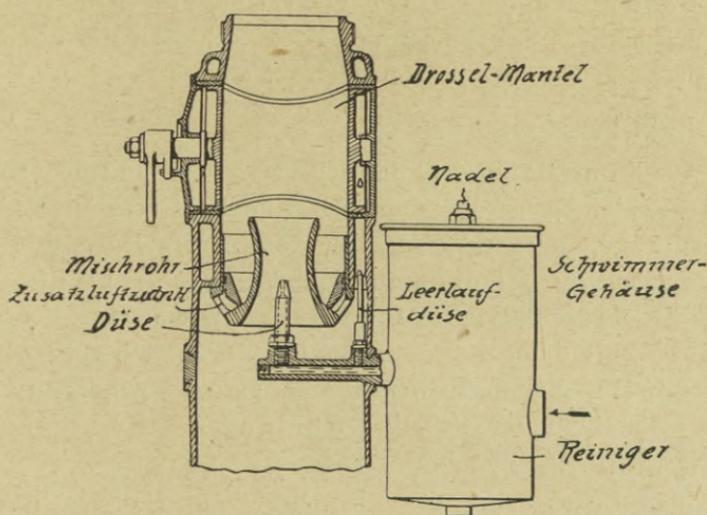


Fig. 82. Neuer Mercedes-Vergaser für Großmotoren.

Gefahr, daß der Motor bei Leerlauf zu viel Brennstoff bekommen könnte, ist dadurch ausgeschaltet.

Neuerdings verwendet die Daimler-Motoren-Gesellschaft für die größeren Mercedes-Motoren Vergaser mit wagerecht liegendem Drosselschieber nach Fig. 82.

Hierbei wird die in den Vergaser tretende Luft zwecks Vorwärmung durch das Gehäuse geleitet. Dieses Vorbeileiten der Vergaserluft an den Wandungen des Gehäuses bringt gleichzeitig eine vorteilhafte Kühlung desselben sowie des Umlauföles mit sich.

Ein besonderer Vorzug des Mercedes-Vergasers ist u. a. seine schnelle, leichte Auswechselbarkeit, die dadurch ermöglicht wird, daß keiner seiner Teile mit dem Gehäuse fest verbunden ist. Der Vergaser ist ein vom Gehäuse unabhängiger selbständiger Maschinenteil, der als Ganzes an dieses angesetzt ist.

Der Mercedes-Vergaser nach Figur 81 wird für die Motoren bis 160 PS als Zwillingsvergaser ausgeführt, d. h. an jedem Motor sitzen zwei unabhängig voneinander arbeitende Düsen mit zugehörigem Schwimmer und Drosselschieber, die in einem gemeinsamen Gehäuse zusammengefaßt sind.

### **Benz-Vergaser.**

Die Firma Benz sieht im Gegensatz dazu an jedem Motor zwei selbständig arbeitende, auch räumlich vollständig voneinander getrennte Vergaser vor, von denen jeder drei der Zylinder speist. Mischkammer und Drosselschieber sind in das Gehäuse-Oberteil eingebaut. Diesem Benz-Vergaser wird die Luft durch besondere im Gehäuseoberteil vorgesehene Luftkanäle zugeführt, womit eine gute Vorwärmung der Luft in Verbindung mit einer Kühlung des Kurbelgehäuses erzielt wird.

Zum Schutz sind die Eintrittsöffnungen dieser Kanäle durch Gitter verschlossen.

Der obere, zur Aufnahme des Drosselschiebers dienende Teil des Vergasergehäuses ist an das Gehäuseoberteil angegossen, dieser Teil des Vergasers mit dem Motor also unzertrennbar verbunden, während das Schwimmergehäuse von außen an das Gehäuseoberteil angesetzt ist. Die Verbindung zwischen beiden Seiten stellt ein seitlich schräg eingesetztes Düsenrohr her, von dem eine Hauptdüse in den Hauptluftkanal, eine Leerlaufdüse in einen daneben liegenden zweiten Kanal mündet. Über diesen Kanälen liegt, horizontal drehbar, ein mit entsprechenden Aussparungen versehener Drosselschieber, durch dessen jeweilige Stellung die durchgehende Brennstoffmenge bestimmt wird (Fig. 83).

Die bei voller Umlaufzahl erforderliche Zusatzluft tritt durch seitlich im vertikal stehenden Boden des Drehschiebers vorgesehene Öffnungen ein, die bei entsprechender Stellung freigegeben werden.

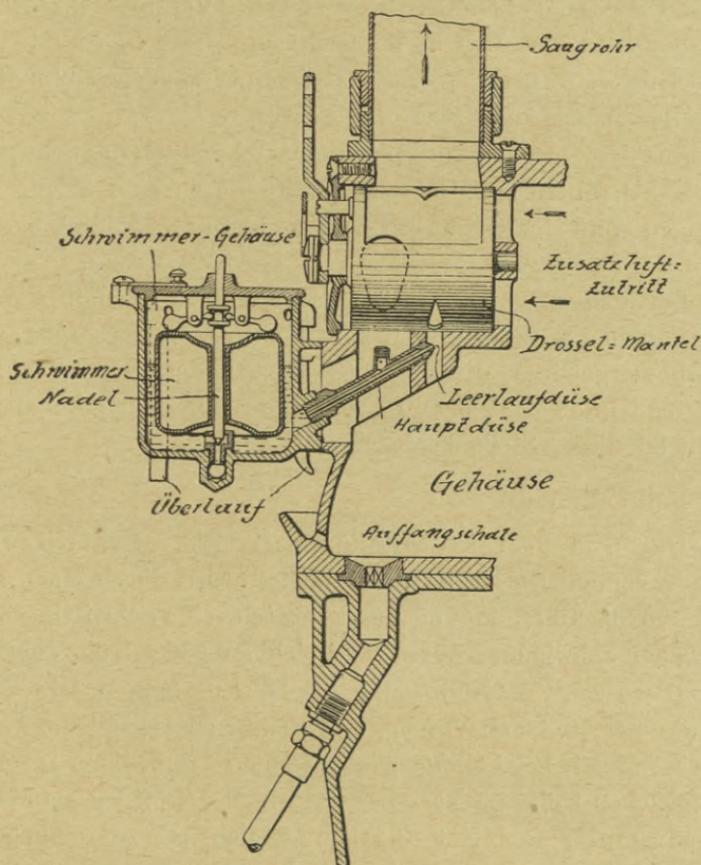


Fig. 83. Benz-Vergaser.

Sind Hauptkanal und Zusatzluftöffnungen vollständig geschlossen, so steht der Leerlaufdüsenkanal durch eine im Drehschieber vorgesehene Öffnung mit dem Mischraum in Verbindung. Die dann den Zylindern zugeführte Brennstoffmenge genügt für einen Leerlauf des Motors mit etwa 300 Umläufen.

Die Leerlaufdüse erhält ihren Brennstoff durch ein im Düsenrohr bis ins Schwimmergehäuse geführtes Röhrchen. Ohne diese besondere Zuleitung würde der Motor, wenn die Saugwirkung an einer der Düsen zu groß wird, zu wenig Benzin bekommen. Unter Umständen könnte nämlich aus der Verbindung zwischen beiden Düsen das Benzin herausgesaugt werden, so daß von einer Düse zur anderen Luft strömen und der Motor Luft statt Benzin aus der Düse saugen würde.

Aus den Düsen bei ungenügendem Abdichten der Schwimmmadel evtl. überfließendes Benzin wird durch eine Schale aufgefangen und in einer besonderen Leitung nach außen abgeführt.

Bei neueren Benz-Vergasern ist außerdem, wie in Fig. 83, ein besonderes zweites Überlaufrohr, welches aus dem Schwimmergehäuse direkt ins Freie mündet, vorgesehen, so daß man infolge falschen Benzinstandes überlaufendes Benzin schon an dieser Stelle beobachten kann.

#### **Pallas-Vergaser.**

Der dem Pallas-Vergaser nach Fig. 84 durch einen Filter von oben zufließende Brennstoff wird durch einen zentral um die Düsenöffnung angeordneten, eine Schwimmmadel tragenden Schwimmer auf stets gleichbleibender Höhe gehalten.

Diese zentrale Anordnung der Düsenöffnung inmitten des Schwimmers hat den Vorzug, daß der Benzinstand beim Pallas-Vergaser auch bei Schräglagen des Motors unbedingt in genau der gleichen Höhe bleibt. Der Schwimmer ist hier als Kippchwimmer ausgebildet und bewegt sich nahezu reibungsfrei.

In das Schwimmergehäuse taucht ohne besondere Zuleitung die schräg von oben eingesetzte Hauptdüse, die nach Lösen einer außersitzenden Mutter leicht herausgenommen werden kann.

Die Düse des Pallas-Vergasers weicht von den sonst üblichen Formen erheblich ab. Sie besteht nach Fig. 84 aus einem Rohr, das etwa auf halber Höhe einige Öffnungen in der Wandung hat, durch welche der normalerweise bis zu dieser

Höhe stehende Brennstoff austritt. Unten, in das Benzin tauchend, sitzt eine genau kalibrierte Brennstoffdüse, welche die Höchstmenge des einfließenden Benzins bestimmt. Von oben her ist in die Düse ein Tauchrohr eingesetzt, das unten Luftlöcher hat. Oben ist vor das Tauchrohr eine Luftdüse

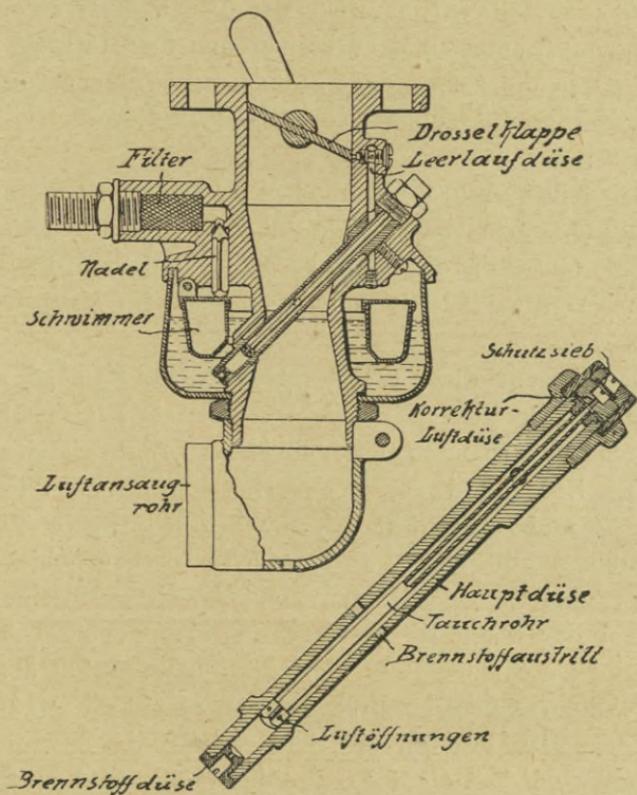


Fig. 84. Pallas-Vergaser.

gesetzt, die durch ein Sieb gegen das Eindringen von Fremdkörpern geschützt ist. Mit Hilfe des Tauchrohres soll eine für jede Drehzahl richtige, gute Brennstoff-Zusammensetzung durch Zuführung größerer Luftmengen bei hoher Drehzahl erreicht werden.

Die Arbeitsweise des Pallas-Vergasers mit dieser Düse ist nun folgende: Bei geringer Drehzahl saugt der durch das unten sitzende schwenkbare Kniestück zutretende Luftstrom aus den erwähnten Öffnungen im Düsenrohr nur Brennstoff an, der sowohl in der Düse als auch im Tauchrohr auf gleicher Höhe steht. Bei der mit steigender Drehzahl wachsenden Saugwirkung des Luftstromes wird der Benzinstand infolge der saugenden Wirkung an der Düsenöffnung im Tauchrohr alsbald fallen, da ja die Menge des nachfließenden Benzins durch die unten im Düsenrohr angebrachte Brennstoffdüse festgelegt und begrenzt ist.

Bei voller Drehzahl wird alles im Tauchrohr ursprünglich vorhandene Benzin verschwinden und durch dieses Luft in die Düse mit eintreten, die dann, zusammen mit dem Benzin, aus der Düsenöffnung austritt und sich mit dem Hauptluftstrom mischt.

Da die auf diese Weise zugesetzte Luftmenge mit zunehmendem Unterdruck steigt, ist eine stets gleichbleibende der Drehzahl angepaßte Gemischbildung gewährleistet.

Die Leerlaufdüse, deren Durchflußmenge durch eine kleine Schraube festgelegt ist, mündet seitlich, in Höhe der Drosselklappe, die hier statt eines zylindrischen Schiebers Anwendung findet, in den Mischraum. An dieser Düsenmündung wird bei nur wenig geöffneter Drosselklappe eine hohe Luftgeschwindigkeit erzielt und infolgedessen Brennstoff angesaugt. Bei weiterem Öffnen der Drosselklappe nimmt die Saugwirkung an der Leerlaufdüse ab und hört vollständig auf, wenn die Luftgeschwindigkeit an der Hauptdüse größer wird als zwischen Drosselklappe und Vergaserwandung.

### Zenith-Vergaser.

Der Zenith-Vergaser will den Übelstand der ungünstigen Gemischbildung infolge wechselnder Stärke der Saugwirkung bei Änderung der Drehzahl, wodurch die Motoren in der Regel bei höherer Drehzahl unter Überfluß an Benzin und umgekehrt bei kleiner Drehzahl unter Brennstoffmangel leiden, auf andere

Weise beseitigen. Im Zenith-Vergaser wird zu diesem Zweck nach Fig. 85 eine weitere sogenannte Ausgleichdüse eingeschaltet, welche, umgekehrt wie die Hauptdüse, bei wenig Umläufen viel und bei höherer Drehzahl wenig Benzin liefert.

Der Apparat besteht aus dem im Schwimmergehäuse in üblicher Weise angeordneten Schwimmer mit Nadel und

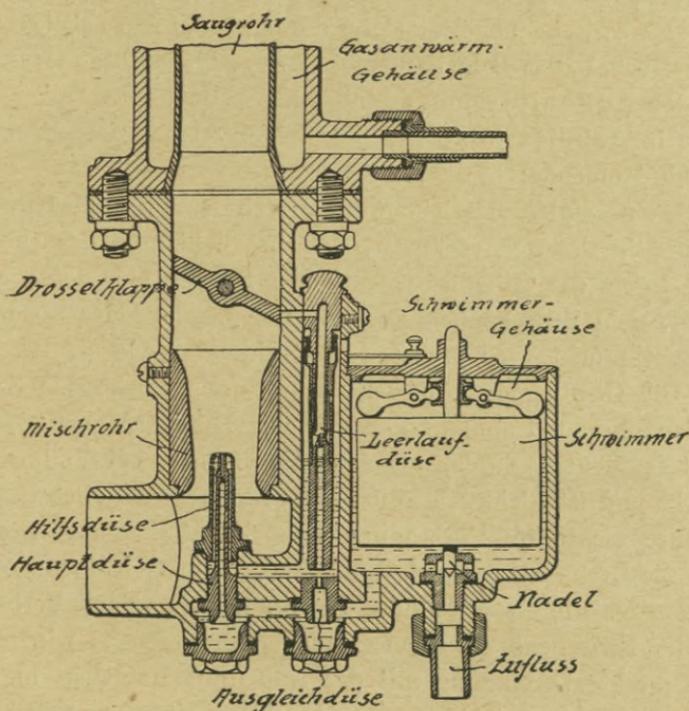


Fig. 85. Zenith-Vergaser.

der durch einen Kanal mit dem Schwimmergehäuse in Verbindung stehenden Hauptdüse. Ein zweiter über dem ersten liegender Kanal, speist eine um die Hauptdüse zentral herumgreifende Hilfsdüse unter Zwischenschaltung einer diese beiden Benzinkanäle verbindenden Ausgleichdüse (Kompensator).

In der Wandung zwischen Schwimmergehäuse und Misch-

raum befindet sich ein zweiter, engerer Behälter, der mit dem oberen, durch die Ausgleichdüse gespeisten Kanal in Verbindung steht. In diesen Raum ist von oben mittels durchbohrten Rohres die Leerlaufdüse eingesetzt. In diesem Rohr, bis zur Leerlaufdüse herunterreichend, hängt ein zweites, wieder engeres Röhrchen: die Leitung für das Leerlauf-Gasgemisch, die in Höhe der Drosselklappe in den Mischraum führt.

Der Zwischenbehälter steht durch eine kleine seitlich über dem Deckel des Schwimmergehäuses angebrachte Öffnung mit der Außenluft in Verbindung.

Die Arbeitsweise des Zenith-Vergasers in dieser Ausführung ist folgende:

Im normalen Betriebe werden sich Haupt- und Hilfsdüse gegenseitig dadurch ergänzen, daß bei Erhöhung der Umlaufzahl durch die Hilfsdüse sämtliches Benzin aus dem oberen Kanal, dem Zwischenbehälter und der Leerlaufdüse abgesaugt und verbraucht wird und Luft auf diesem Wege Zutritt.

Die Öffnung der Ausgleichdüse, durch welche das Benzin in den oberen Kanal und damit zur Hilfsdüse gelangt, läßt weniger Benzin durch, als der Saugwirkung bei Vollauf entspricht und ist kleiner als die in der Fig. über dem Schwimmergehäuse sichtbare Verbindung mit der Außenluft. Steigert sich die Drehzahl, so wird durch die Hilfsdüse mehr angesaugt werden als die Ausgleichdüse Benzin liefert. Nach Verbrauch des im Zwischenbehälter vorhandenen Brennstoffes wird somit eine direkte Verbindung mit der Außenluft freigelegt und der Hilfsdüse nicht nur Brennstoff, sondern, mit diesem gemischt, von außen zutretende Luft in das Mischrohr zugeführt. Die auf diesem Wege zugesetzte, je nach Drehzahl verschieden große Luftmenge bringt den gewünschten Ausgleich im Mischungsverhältnis von Brennstoff und Luft.

Die Mündung der von der Leerlaufdüse kommenden Leitung ist, ebenso wie beim Pallas-Vergaser, in Höhe der Drosselklappe angeordnet und in ihrer Wirkung der Düse beim Pallas-Vergaser gleich.

Bei Leerlauf d. h. bei geringer Drehzahl des Motors, steht im Zwischenbehälter das Benzin bis zur Höhe des Benzinstandes im Schwimmergehäuse und im richtigen Verhältnis zur Leerlaufdüse, so daß aus dieser bei genügend großer Luftgeschwindigkeit zwischen Drosselklappe und Wandung die für den Leerlauf nötige Brennstoffmenge abgesaugt wird.

Die Vorwärmung der Gase erfolgt durch eine vom Kühlwasser erwärmte Anwärmevorrichtung, die über dem Drosselschieber auf dem Vergaser sitzt.

### Der Cudell-Vergaser.

Bei dem in Fig. 86 dargestellten Cudell-Vergaser tritt das Benzin von oben in das Schwimmergehäuse. Die Aus-

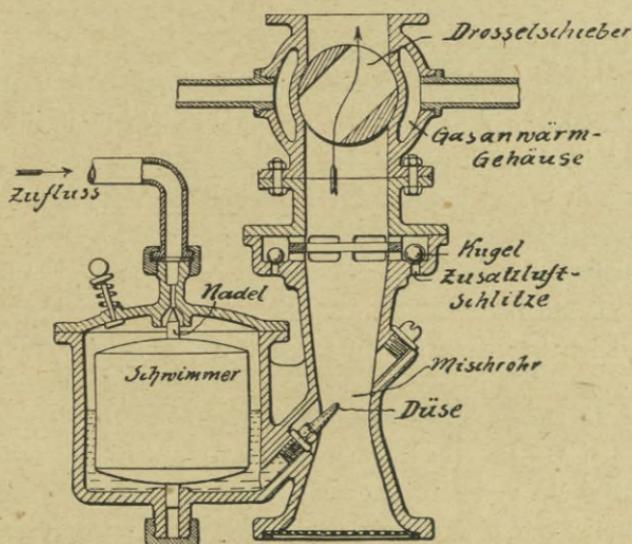


Fig. 86. Cudell-Vergaser.

führung ist hier insofern einfacher, als eine besondere Schwimernadel mit Doppelhebeln usw. sich erübrigt und Nadel mit Glocke ein Ganzes bildet.

Um den Benzinzutritt willkürlich, wie man es sonst durch Anheben der Schwimbernadel bewirkt, freigeben zu können, ist im Deckel der Schwimmergehäuse ein Druckstift angebracht.

Die Düse sitzt beim Cudell-Vergaser schräg und ist leicht von außen auswechselbar. Bemerkenswert ist am Cudell-Vergaser die Regulierung der Zusatzluft, die hier mit Hilfe verschieden großer Stahlkugeln erfolgt.

Diese liegen in einem Ringe um den Mischraum herum und bedecken ihrer Größe entsprechende Eintrittsöffnungen für die Zusatzluft, die freigegeben werden, wenn der entstehende Unterdruck die Kugeln vom Sitz abzuheben vermag.

Die im Fluge vielfach vorkommenden erheblichen Schräglagen des Motors lassen den Cudell-Vergaser infolge dieser Regulierungsart für Flugmotoren nicht besonders geeignet erscheinen.

#### **Allgemeines über Vergaser.**

Bei allen Vergasern sorgt der Schwimmer in Verbindung mit der Schwimbernadel für einen stets gleichbleibenden Benzinstand in der Düse.

Da dieser von größter Wichtigkeit für die einwandfreie Vergasung ist, muß auf gutes Abdichten der Nadel und exaktes Arbeiten des Schwimmers besonders geachtet werden.

Undichte oder zu schwere Schwimmer, was ja gleichbedeutend ist, bedingen ein Überlaufen von Benzin an der Düse. Undicht gewordene Schwimmer sind zunächst durch Sieden in Wasser, evtl. nach vorherigem Anbohren, von dem eingebrungenen Benzin und Benzingasen sorgfältig zu befreien und vorsichtig zu verlöten, wobei darauf zu achten ist, daß der Schwimmer durch Ansetzen des Lotes nicht schwerer wird.

Nicht oft genug kann darauf aufmerksam gemacht werden, daß alle Versuche zur „Verbesserung“ der Vergaser, etwa durch Vergrößerung der Düsenöffnung oder der Zusatzluft-Eintrittsöffnungen und ähnliche Maßnahmen, nur zu Mißerfolgen führen.

Die Vergaserteile werden heute in den Werken mit größter Sorgfalt hergestellt und jede Änderung der Brennstoff- oder

Luftzuführungen bedingt eine Verschlechterung der Gemischbildung, die sich immer in zurückgehender Motorleistung äußert.

Vor der beliebten Vergrößerung der Düsenöffnung ist besonders zu warnen, da der Motor hierdurch niemals mehr leistet, sondern höchstens zu viel Benzin erhält, zu benzinreiches Gemisch jedoch eine Überhitzung der Kompressionsräume, Verrußen und anderes, zur Folge hat.

## XII. Brennstoffzuführung.

Der für den Flug erforderliche Brennstoff wird im Flugzeuge auf verschiedene Weise untergebracht. Zum Teil wird er in einem kleinen, über dem Motor liegenden, etwa 30 Liter fassenden Fallbenzin-Behälter, von dem aus er dem Vergaser unter natürlichem Gefälle zuläuft, mitgeführt. Diese Fallbenzinbehälter liegen entweder unter dem oberen Tragdeck, am Spannturm, oder sind neuerdings auch vielfach in die obere Tragfläche selbst eingebaut, um möglichst geringen Luftwiderstand zu bekommen.

Da diese geringe Brennstoffmenge natürlich nicht ausreicht, wird im Rumpf des Flugzeuges, meist unter einem Sitz liegend, ein größerer Hauptbenzintank vorgesehen. Aus diesem tiefer als der Motor liegenden Behälter läuft der Brennstoff dem Vergaser nicht von selbst zu, sondern es sind besondere Vorrichtungen für die Brennstoffförderung erforderlich.

Meist wird diese Förderung mit Hilfe von Druckluft, d. h. in den Benzinbehälter drückender Luftpumpen, seltener durch Flüssigkeitspumpen, denen der Brennstoff unter natürlichem Gefälle zulaufen muß und die am besten unten am Fahrgestell befestigt werden, bewirkt.

Fall- sowohl als Hauptbehälter werden am besten aus Messingblech, z. Z. aber infolge Materialmangels auch aus verzinktem Eisenblech, niemals jedoch aus Aluminium hergestellt.

Die Form des Hauptbehälters paßt sich dem im Flugzeuge dafür vorhandenen Raum an, während man beim Fallbenzinbehälter auf Formen mit möglichst geringem Luftwiderstand Wert zu legen hat.

In Fig. 87 ist schematisch eine derartige Brennstoffzuführungs-Anlage, wie sie vielfach, besonders bei Motoren

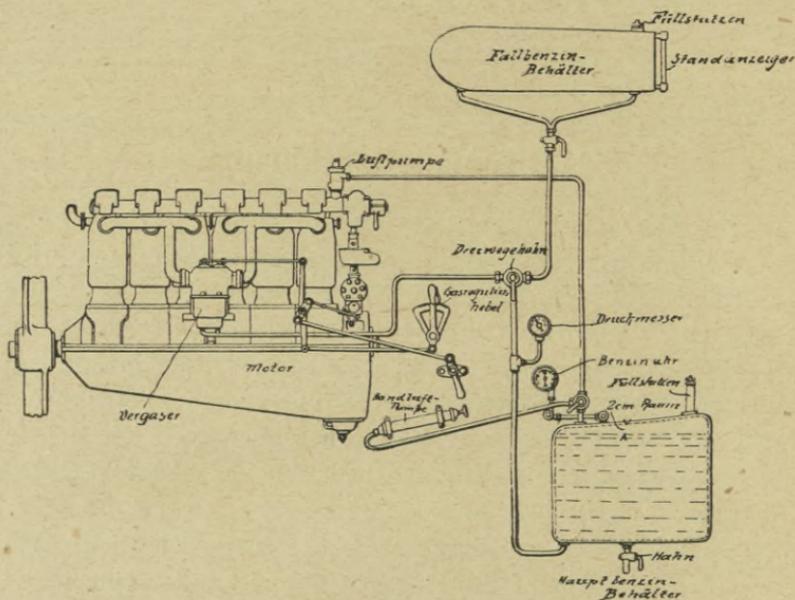


Fig. 87. Brennstoffzuführung.

bis 120 PS, in Anwendung ist, dargestellt. Fall- und Hauptbehälter stehen mit den Vergasern durch Rohrleitungen, für welche mindestens 8 mm weite Kupferrohre verwendet werden, in Verbindung. Ein in die Leitung eingeschalteter Dreiwegehahn ermöglicht die Verbindung sowohl des Fall- oder des Hauptbenzinbehälters mit den Vergasern, als auch beider Behälter miteinander.

### Hauptbrennstoffbehälter.

Der Hauptbrennstoffbehälter wird für normale C-Flugzeuge in Größen von 250 bis etwa 300 Liter, für G- und R-Flug-

zeuge jedoch mit noch viel größerem Fassungsvermögen gebaut. Einige gebräuchliche Formen sind in den Figuren 88 bis 90 gezeigt.

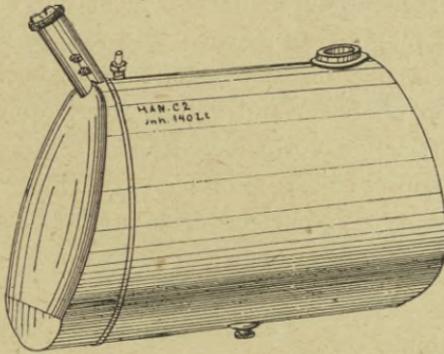


Fig. 88. Hauptbenzintank.

Der Brennstoffstand, d. h. die Menge des jeweils im Behälter vorhandenen Brennstoffes, wird an einer Benzinuhr abgelesen. Diese Benzinuhr besteht aus einem Schwimmer,

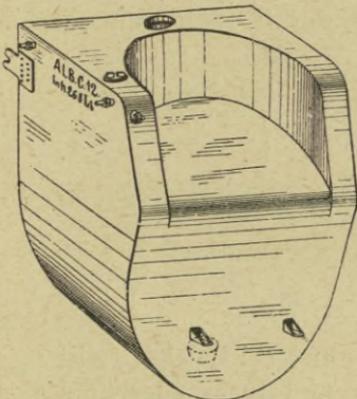


Fig. 89. Hauptbenzintank.

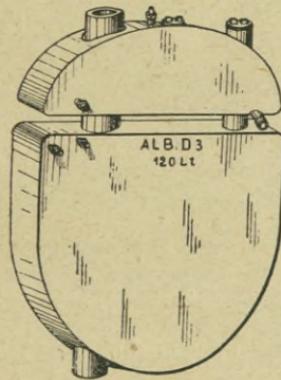


Fig. 90. Hauptbenzintank.

dessen Höhenlage mittels in luftdichtem Rohr geführter Schnur und Hebelwerk auf einen Zeiger übertragen wird.

Außerdem befindet sich am Hauptbrennstoffbehälter ein

Benzinmanometer, d. h. Luftdruckmesser, um jederzeit eine Kontrolle darüber zu haben, welcher Druck im Tank (zwischen 0,25 und 0,30 Atm. sind erforderlich!) tatsächlich herrscht. Um einen Überdruck durch in den Behälter einzudrückende Luft überhaupt möglich zu machen und halten zu können, ist darauf zu achten, daß der Brennstoffbehälter höchstens bis zu 2 cm unter den oberen Rand gefüllt wird, damit eine komprimierbare Luftmenge vorhanden ist.

In den Hauptbehälter mündet noch eine dritte Leitung, die die weiter unten beschriebene, vom Motor betätigte Luftpumpe zur Erzeugung des Überdruckes mit dem Behälter verbindet.

### Fallbenzintank.

Der Fallbenzinbehälter, von dem einige gebräuchliche Formen in Fig. 91 und 92 gezeigt sind, ist in seinen Abmessungen natürlich beschränkt. Er dient sowohl zur Reserve beim Versagen der Luftpumpe, bei evtl. Anschließen des Hauptbehälters, als auch als Durchgangsbehälter im normalen Betriebe. Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, dem Vergaser den Brennstoff unter natürlichem Gefälle, also aus dem

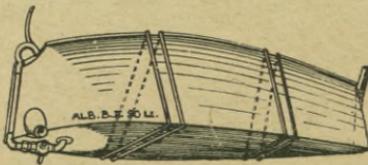


Fig. 91. Fallbenzintank.



Fig. 92. Fallbenzintank.

Fallbenzintank, zufließen zu lassen, statt ihn direkt in den Vergaser zu drücken. Die Anordnung ist daher meist so getroffen, daß die eingeschalteten Luftdruck- oder Flüssigkeitspumpen dauernd den Fallbenzintank aus dem Hauptbehälter auffüllen und der Vergaser an ersteren angeschlossen ist.

Die Befestigung der Brennstoffbehälter geschieht zweckmäßig mittels gelochter Stahlbänder, die durch schützende Unterlagen besonders gegen ein Scheuern am Behälter gesichert

werden und deren Beschaffenheit und Haltbarkeit öfters nach-zuprüfen ist.

An Armaturen sind am Fallbenzinbehälter vorhanden: Füllstutzen, Ablaßhahn und zur Feststellung des In-haltes ein Flüssigkeits-Standglas.

### Handpumpe.

Der im Hauptbehälter erforderliche Überdruck von 0,25 Atm. wird vor Inbetriebsetzung des Motors durch eine Handpumpe erzeugt. Diese in Fig. 93 gezeigte einfache Handpumpe mit

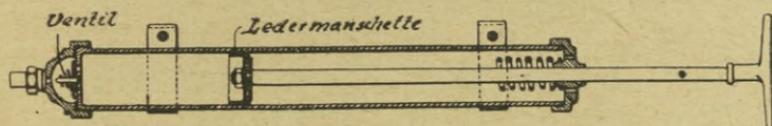


Fig. 93. Handpumpe.

Rückschlagventil ist mit einer leicht auswechselbaren, stets gut einzufettenden Ledermanschette versehen. Der Handgriff kann mit Hilfe eines Bajonettverschlusses bei Nichtbenutzung der Pumpe festgestellt werden.

### Druck-Reduzierventil.

Bis vor kurzem benutzte man zur Erzeugung des Überdruckes im Hauptbehälter vielfach den Druck der Auspuffgase unter Einschaltung eines Druck-Reduzierventiles. Zur Zeit kommt man hiervon wieder etwas ab. Man leitet dabei vom Auspuff her Abgase in ein Überdruckventil, welches deren Druck auf den für den Behälter vorgeschriebenen Betriebsdruck von 0,25 Atm. reguliert. Um zu verhüten, daß dabei Schmutz oder gar glühende Rußteilchen in den Benzinbehälter gelangen, strömen die Gase zunächst durch einen Siebreiniger, der zwecks öfterer Säuberung leicht herausnehmbar ist.

In Fig. 94 ist ein Schnitt durch ein Reduzierventil gezeigt. Ein federbelastetes, mittels Mikrometerschraube genau einregulierbares Sicherheitsventil bläst ab, falls der Druck die vor-

geschriebene Höhe überschreitet. Mit diesen Ventilen sind die Argus-Motoren und die Mercedes-Motoren geringerer Stärke ausgestattet.

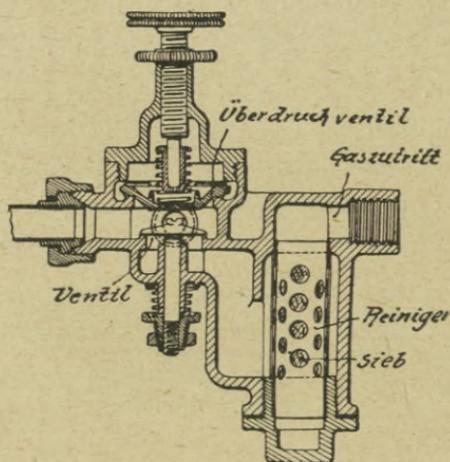


Fig. 94. Druck-Reduzierventil.

### Mercedes-Luftdruckpumpe.

Neuerdings werden statt dieser Reduzierventile meist vom Motor mechanisch angetriebene Luftdruckpumpen verwendet.

Die Mercedes-Motoren sind mit einer Kolbenpumpe nach Fig. 95 oder 96 ausgerüstet, die von der Steuerwelle aus mittels Exzenters angetrieben werden. In der Pumpe nach Fig. 95 bewegt sich in einem Zylinder ein Kolben, der in der tiefsten Kolbenstellung Lufteintrittsöffnungen in der Zylinderwand freilegt. Beim Aufwärtsgange des Kolbens werden diese wieder abgeschlossen, so daß die dadurch zusammengedrückte Luft über ein federbelastetes Rückschlagventil mit dahinterliegendem Sicherheitsventil in die zum Behälter führende Leitung gelangt. Das Sicherheitsventil arbeitet ebenso wie dasjenige des vorerwähnten Druck-Reduzierventils.

Die Pumpe nach Figur 96 arbeitet in gleicher Weise, nur daß hier der Lufteintritt nicht durch Öffnungen in

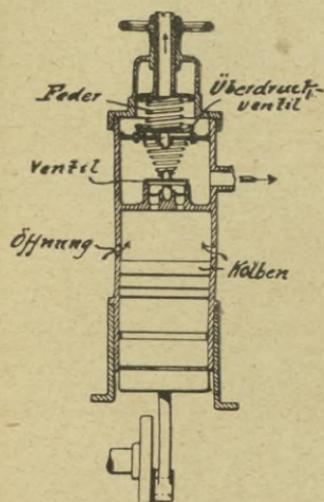


Fig. 95. Mercedes-Luftdruckpumpe.

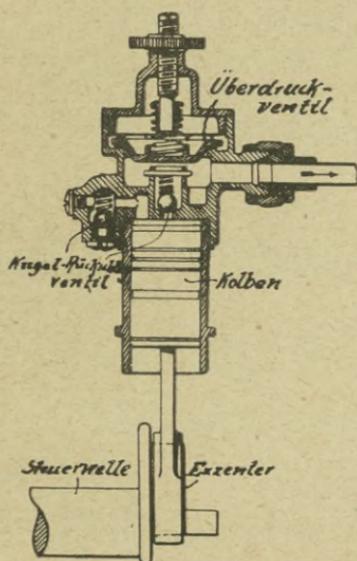


Fig. 96. Mercedes-Luftpumpe mit Lufteintrittsventil.

der Zylinderwand, sondern durch ein Kugel-Rückschlagventil erfolgt.

### Benz-Luftdruckpumpe.

Die bei den Benz-Motoren angebrachte Druckluftpumpe ist in Fig. 97 gezeigt. Bei dieser erfolgt der Antrieb durch einen am Ende der Steuerwelle vorgesehenen Nocken, der auf eine im unteren Teile des direkt darüber angeordneten Pumpenkolbens liegende Rolle drückt. Der Kolben wird durch eine darüberliegende Feder stets auf den Nocken gedrückt.

Durch entsprechend angeordnete Ventile wird eine gleiche Wirkung wie bei den Luftpumpen der Mercedes-Motoren erzielt.

### Benz-Brennstoffpumpe.

Bei den neuesten Großmotoren (Mercedes sowohl wie Benz) werden Flüssigkeitspumpen mit Glycerinfüllung zur

Förderung des Benzins verwendet. Da man Benzin infolge seiner fettlösenden Eigenschaften nicht mittels gewöhnlicher Kolbenpumpen fördern kann, hat man eine besondere Pumpenkonstruktion geschaffen, bei der ein Kolben nur indirekt wirkt und mit einem infolge der Kolbenbewegung steigenden bzw. fallenden Flüssigkeitsspiegel (Glycerin) die eigentliche Pumpenwirkung erzielt wird.

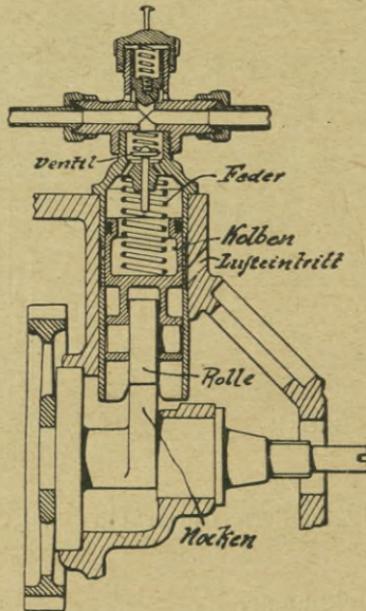


Fig. 97. Benz-Luftpumpe.

Die von der Firma Benz gewählte Ausführung ergibt sich aus Fig. 98.

Die Pumpe sitzt am hinteren Motorenende und ist von der linken Steuerwelle aus angetrieben. Der angetriebene Kolben kommt nicht mit dem Benzin, sondern lediglich mit dem als Sperrflüssigkeit dienenden Glycerin in Berührung, letzteres dabei gleich eine einwandfreie Schmierung des Kolbens gewährleistet. Der zu diesem Kolben gehörende Zylinder taucht in einen mit Glycerin gefüllten, ebenfalls zylindrischen Behälter.

Geht der Kolben im Zylinder nach oben, so wird der Glycerinspiegel sich senken, und umgekehrt beim Heruntergehen des Kolbens steigen. Der Glycerinspiegel bewegt sich also genau wie ein Kolben, so daß er den durch einen seitlich angebrachten Reiniger eintretenden Brennstoff mit Hilfe zweier entsprechend angeordneter Ventile wie eine gewöhnliche Kolbenpumpe fördern wird.

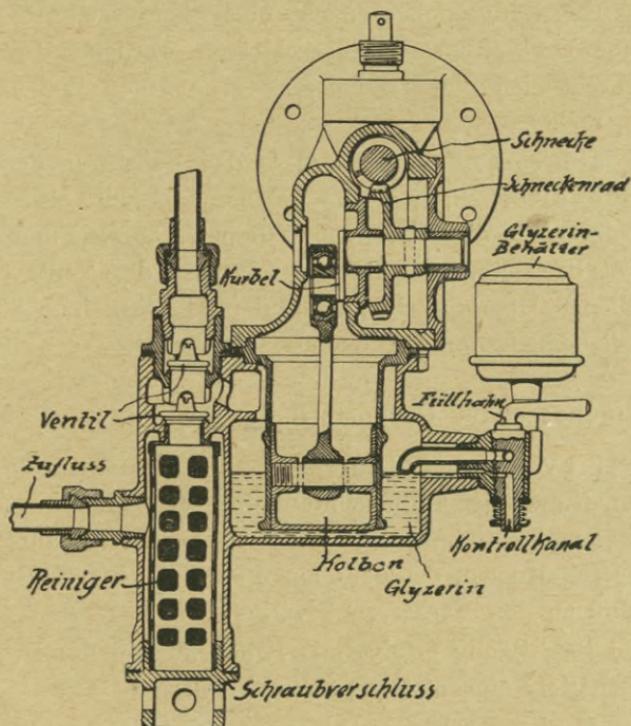


Fig. 98. Benz-Brennstoffpumpe mit Glycerinfüllung.

Da Glycerin bedeutend schwerer ist als Benzin und sich mit Benzin weder mischt noch von diesem gelöst wird, hat sich diese Art der Brennstoffpumpen gut bewährt.

Der Siebeinsatz des Benzinreinigers ist zwecks Reinigung leicht abnehmbar.

Besonderer Wert ist auf tadellose Beschaffenheit aller

Dichtungen zu legen, da hiervon die Saugfähigkeit beeinflußt wird. Ungenügende Brennstoffförderung ist fast immer auf schlechte Dichtung zurückzuführen.

Der Antrieb des Kolbens erfolgt mittels Kurbel, Schneckenrad und Schnecke, welche letztere mit der Steuerwelle durch Schlitz und Stift verbunden ist.

An das hintere Ende der Schneckenwelle oder eine mittels kleinen Kegelradgetriebes nach oben herausgeführte Welle kann der Drehzahlmesser angeschlossen werden. In beiden Fällen dreht sich die Welle desselben, auf den Wellenstumpf gesehen, rechts.

Diese Brennstoffpumpe fördert das Benzin in den Fallbenzinbehälter. Der Motor bekommt Benzin also nur als Fallbenzin, nicht direkt von der Pumpe! Da die Pumpe mehr fördert als der Motor braucht, erfolgt dauernd durch entsprechend vorgesehenen Überlauf ein Rückfluß im Fallbenzinbehälter zu viel vorhandenen Benzins in den Hauptbehälter.

### **Windkessel für Brennstoffleitungen.**

Soll bei Verwendung derartiger Brennstoffpumpen aus irgendwelchem Grunde der Fallbenzintank in Fortfall kommen, so hat statt dessen der Einbau eines Windkessels in den Hauptbenzinbehälter zu erfolgen, der dann einen stets gleichmäßigen Brennstoffzufluß zu den Vergasern bewirken soll.

Die Befestigung erfolgt mit Hilfe eines in die Decke des Hauptbehälters eingienieteten Schraubflansches.

Der durch den Eintrittsstutzen zugeführte Brennstoff (Fig. 99) drückt die im Windkessel vorhandene Luft in der bekannten Weise zusammen, womit erreicht wird, daß den Vergasern ein ununterbrochener Brennstoffstrom zugeführt wird. Sobald der Druck im Windkessel die vorgesehene, durch das darüberliegende Ventil genau einstellbare Höhe überschreitet, öffnet sich dieses Ventil und der zu viel zulaufende Brennstoff fließt durch seitlich vorgesehene Öffnungen in den Hauptbehälter zurück.

### Fokker-Luftpumpe.

An den meist mit Umlaufmotoren ausgerüsteten Fokker-Flugzeugen lassen sich nicht ohne weiteres Luftpumpen für

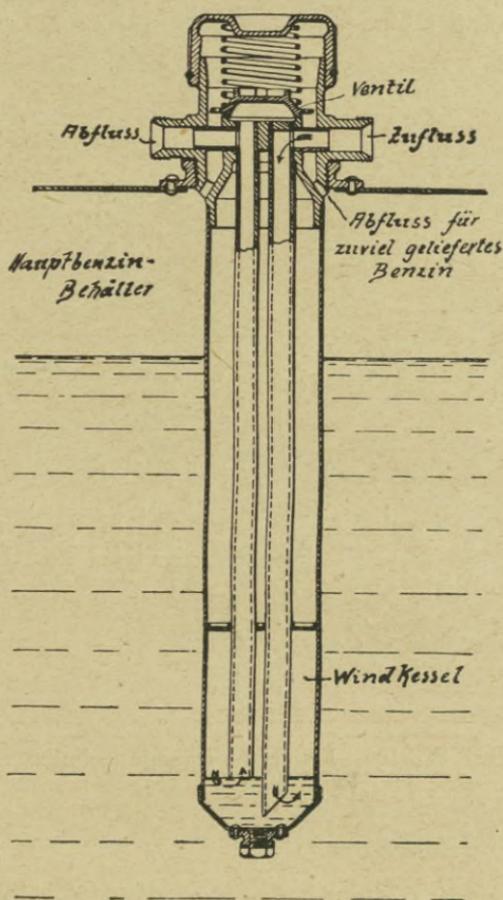


Fig. 99. Brennstoff-Windkessel.

die Brennstoffförderung anbringen. Man verwendet daher Kolbenluftpumpen, die durch eine Luftschaube angetrieben und zweckmäßig am Fahrgestell befestigt werden.

Bei der in Fig. 100 und 101 gezeigten vierflügeligen Pumpe bewegt eine kleine Luftschaube mittels Rädergetriebe und Exzenter einen Kolben. Die Anordnung von Ein- und Auslaß- sowie Sicherheitsventilen, ähnlich den Benz- und Mercedes-Pumpen, bedingt eine diesen gleiche Wirkungsweise.

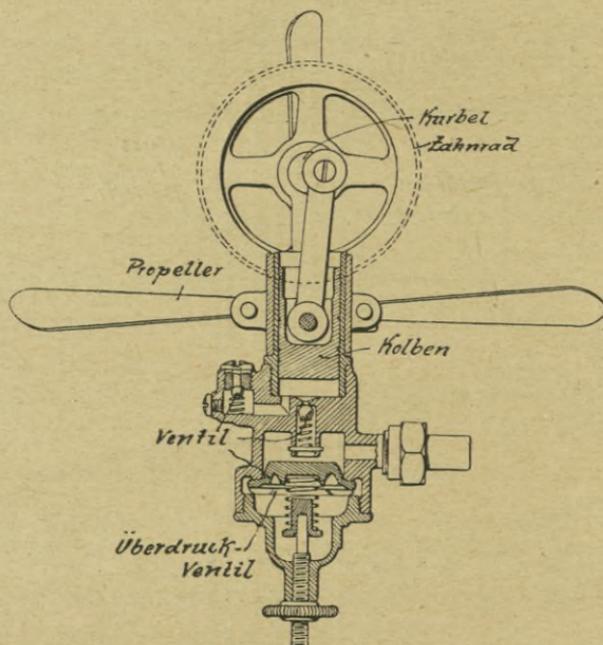


Fig. 100. Fokker-Luftpumpe (Schnitt).

### L.-V.-G.-Benzinpumpe.

Eine weitere Möglichkeit der Brennstoffzuführung ist die von der Luft-Verkehrs-Gesellschaft für ihre Flugzeuge verwendete Flüssigkeitspumpe nach Fig. 102—104.

Hier treibt ein Propeller ein dicht eingekapseltes Zahnradgetriebe, dessen Abdichtung ohne Schmierung und sonstige Hilfsmittel, nur durch genauestes Einpassen, erreicht wird. Das Benzin fließt der Pumpe durch den linken Stutzen zu und wird bei Drehung der Zahnräder in Pfeil-

richtung in den Zahn­lücken am Rande des Gehäuses entlang zum Abflußstutzen gedrückt. Diese Pumpen geben infolge der Schmierungsunmöglichkeit und des auch bei genauem Einpassen nicht zu vermeidenden Reibens leicht zu Störungen Anlaß.

Im übrigen arbeiten auch diese Pumpen nur in den Fall-

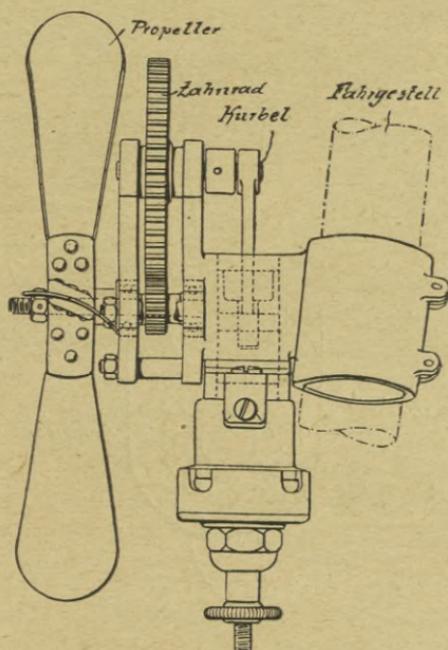


Fig. 101. Fokker-Luftpumpe (Seitenansicht).

benzinbehälter, von wo aus überschüssiges Benzin mittels Überlauf in den Hauptbenzinbehälter zurückgelangt.

### Benzin-Reiniger.

Das Benzin wird den Vergasern nicht direkt aus dem Behältern zugeführt, sondern durchfließt vorher einen Reiniger, um Verunreinigungen, die die Vergaser verstopfen könnten, fernzuhalten und Wasser auszuschcheiden.

Je nach Beschaffenheit des Brennstoffes muß der herausnehmbare Einsatz mehr oder weniger oft gereinigt werden. Zweckmäßig geschieht es vor jedem Fluge, zumindest ist durch Öffnen der unteren Verschraubung vor jedem Start die Beschaffenheit des Benzins (kein Schmutz oder Wasser!) festzustellen. Zeigen sich größere Mengen Wasser, so ist es nötig,

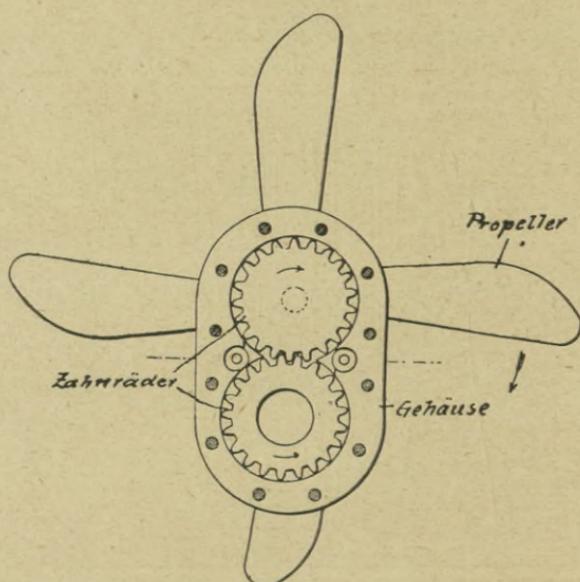


Fig. 102. L.-V.-G. Benzinpumpe (geöffnet).

dieses nach Abnahme der Deckel des Schwimmergehäuses durch saubere Leinwandläppchen oder durch eine kleine Spritze abzusaugen. Die Daimler-Motoren-Gesellschaft verwendet für den Mercedes-Motor keinen besonderen Reiniger, sondern bildet den unteren Teil des Vergasers entsprechend aus.

Nach Figur 105 befindet sich dort in einem zylindrischen Behälter ein aus einem gelochten Blechzylinder mit feinschmigem Sieb bestehender Reiniger.

Die Firma Benz verwendet Einrichtungen nach Fig. 106 und 107.

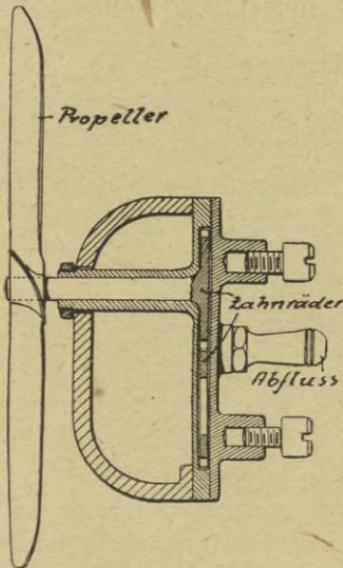


Fig. 103. L.-V.-G.-Benzinpumpe (Schnitt).

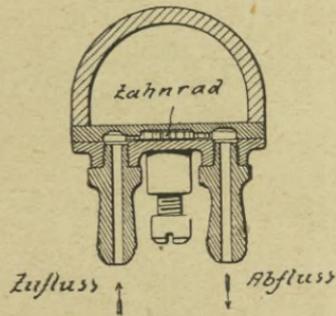


Fig. 104.

L.-V.-G.-Benzinpumpe (Horizontalabschnitt).

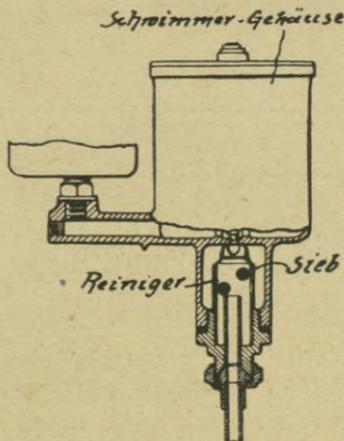


Fig. 105. Mercedes-Benzinreiniger.

Beide haben herausnehmbare Unterteile, die mit Ablass-

hähnen versehen sind. Beim Reiniger nach Fig. 106 ist der Siebeinsatz durch eine Feder auf den Sitz gedrückt, während er bei der Ausführung nach Fig. 107 eingeschraubt ist.

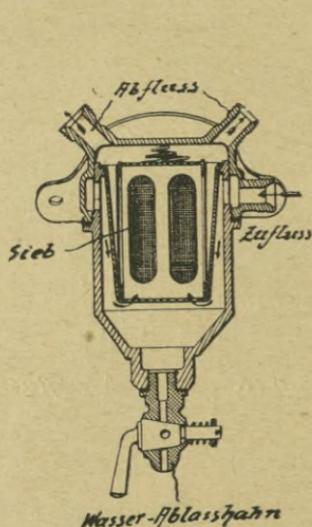


Fig. 106. Benz-Benzinreiniger.

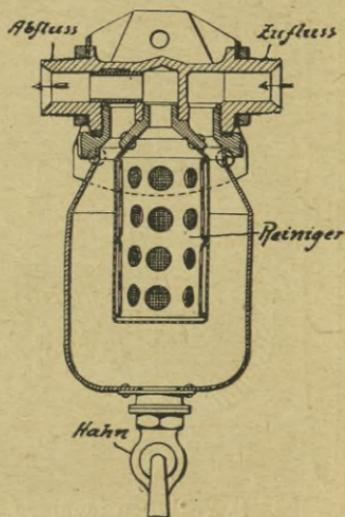


Fig. 107. Benz-Benzinreiniger.

### XIII. Zündung.

Das im Zylinder im zweiten Takt zusammengedrückte Gas-Luft-Gemisch muß beim Übergange vom zweiten zum dritten Takte zur Entzündung gebracht werden, damit die Gase expandieren und so im dritten Takt durch Herunterschleudern des Kolbens die verlangte Kraftwirkung ausüben können.

Diese Entzündung des Gas-Luft-Gemisches kann auf verschiedene Arten erfolgen. Während man bei stationären Ex-

plosionsmotoren vielfach auch heute noch die Glührohrzündung benutzt und vor einigen Jahren auch bei Flugzeugmotoren noch Batteriezündungen verwandte, kommt für unsere heutigen Flugzeugmotoren ausschließlich eine Starkstrom-Magnetabreißzündung und zwar vornehmlich das Fabrikat der Firma Robert Bosch, Stuttgart, daneben auch die Mea-Zündung in Frage.

Stromquelle hierbei ist, wie aus der Bezeichnung hervorgeht, ein Magnet, und zwar ein bzw. mehrere nebeneinanderliegende Hufeisenmagnete, in deren magnetischem Felde ein Anker sich dreht, so daß ein hochgespannter Wechselstrom erzeugt wird. Zum Verständnis der Arbeitsweise dieses Zündapparates sei hier zunächst auf die in Frage kommenden elektrotechnischen Grundbegriffe des Magnetismus, der magnetischen und der elektrischen Induktion, sowie des dynamoelektrischen Prinzipes näher eingegangen.

#### A. Magnetismus.

Das Eisenerz Magnet-Eisenstein hat die Eigenschaft, Eisenteilchen anzuziehen und dauernd festzuhalten, d. h. es ist magnetisch (natürlicher Stahlmagnet). Dieser Magnetismus kann durch Berührung mit einem natürlichen Magneten für dauernd auch auf Stahl übertragen werden (künstlicher Stahlmagnet). Jeder Stahlmagnet (Stab- oder Hufeisenform) hat einen Nord- und einen Südpol (Fig. 108).

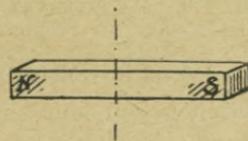


Fig. 108. Stabmagnet.

Der Magnetismus wird nachgewiesen durch Bestreuen des Magneten mit Eisenfeilspänen. Diese haften daran fest, und

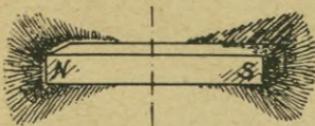


Fig. 109. Magnetische Wirkung.

zwar wird man feststellen, daß die Anziehungskraft an den Polen am stärksten ist, während sich in der Mitte eine indifferente Stelle befindet, an der eine magnetische Wirkung überhaupt nicht vorhanden ist (Fig. 109).

In genau der gleichen Weise wird sich eine magnetische Kraftwirkung an den Polen eines hufeisenartig geformten Magneten äußern.

### B. Magnetisches Feld.

Legt man über die beiden Pole eines Hufeisenmagneten ein Blatt Papier, eine Glasscheibe oder ähnliches und bestreut dieses mit Eisenfeilspänen, so gruppieren sich diese Späne zu gleichmäßig von Pol zu Pol verlaufenden Linien (Fig. 110).

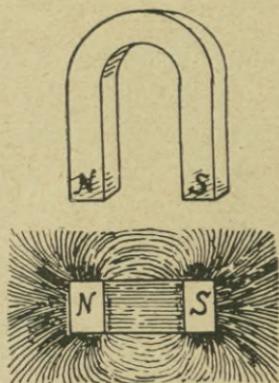


Fig. 110. Magnetisches Feld.

Diese Linien zeigen die Richtung der einwirkenden magnetischen Kraft an, man spricht von den „magnetischen Kraftlinien“.

Die magnetische Kraft fließt also in dieser Weise rund um die Pole herum vom Nord- zum Südpol, und man bezeichnet den Raum zwischen den beiden Polen eines Magneten, in welchem sich solche magnetische Kraftlinien nachweisen lassen, mit „magnetischem Feld“.

### C. Magnetische Beeinflussung.

Nähert man einem gewöhnlichen unmagnetischen Stück Eisen einen Stahlmagneten, so erhält dieses Eisen, solange



Fig. 111. Magnetische Beeinflussung.

sich der Magnet in der Nähe befindet, d. h. das Eisen im Bereiche der magnetischen Kraftlinien liegt (direkte Berührung

ist also nicht erforderlich), ebenfalls magnetische Eigenschaften, d. h. auch dieses bisher unmagnetische Stück Eisen ist jetzt in der Lage, andere Eisengegenstände anzuziehen. Z. B. wird ein an das weiche Eisenstück gehaltenes Eisenstückchen, wenn sich ein Magnet in der Nähe befindet, daran haften bleiben (Fig. 111).

Es ergibt sich hieraus das

1. Gesetz:

„Gesetz der magnetischen Induktion (Beeinflussung).

Jedes an sich unmagnetische Stück Eisen wird durch die Nähe eines Magneten selbst magnetisch und verliert seinen Magnetismus wieder nach Entfernung des Magneten.“

D. Magnet-elektrische Induktion.

Umwickelt man einen unmagnetischen Eisenkern mit einer Spule isolierten Drahtes, zwischen deren Enden man einen Stromanzeiger einschaltet, so wird man feststellen, daß in dieser Spule ein Strom fließt, wenn man diesem Eisenkern einen Magneten nähert oder davon entfernt. Steht der Magnet jedoch still, so zeigt sich keinerlei Strom in der Spule.

Also nur bei der Änderung des Magnetismus, hervorgerufen durch die Annäherung bzw. die Entfernung des Magneten, ist ein Strom in der Spule nachweisbar, woraus sich das Gesetz für die Erzeugung des elektrischen Stromes überhaupt, d. h. das Gesetz der magnet-elektrischen Induktion ergibt:

2. Gesetz:

„Faradaysches Gesetz der magnet-elektrischen Induktion.

Jede Änderung des Magnetismus im Eisenkern einer Spule erzeugt in der Spule einen Induktionsstrom, nicht der Magnetismus als solcher.“

Das eingeschaltete Galvanometer wird beim Näherbringen des Magneten nach der einen, beim Entfernen nach der anderen

Seite ausgeschlagen, also wird durch die Bewegungsänderung nicht nur der Strom an sich erzeugt, sondern auch die Stromrichtung bestimmt. Der erzeugte Strom ist hiernach ein Wechselstrom, der dauernd seine Größe und Richtung wechselt.

Es ergibt sich also hieraus, daß man durch wechselnde Stärke des Magnetismus in einem an sich unmagnetischen Weicheisenkern in einer um diesen Kern gelegten Spule einen elektrischen Strom erzeugen kann.

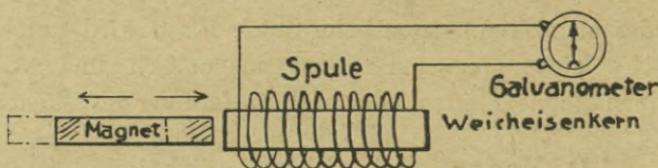


Fig. 112. Magnet-elektrische Beeinflussung.

Es ist aber auch bekannt, daß man umgekehrt durch elektrischen Strom Magnetismus hervorrufen kann, wie es z. B. auch in den Spulenkernen der elektrischen Klingel geschieht.

Durch die Annäherung bzw. Entfernung des Magneten wird nach dem 1. Gesetz im Eisenkern der Spule Magnetismus erzeugt, der abwechselnd stärker oder schwächer ist, am stärksten, wenn der Magnet dem Eisenkern am nächsten, am schwächsten, wenn er am weitesten davon entfernt ist.

Nun fließt jedoch nach dem 2. Gesetz (Faraday) in der Spule während der Bewegung des Magneten ein Strom. Dieser Strom wird nach dem Vorhergesagten seinerseits wieder den Magnetismus des Eisenkerns in demselben Maße ergänzen, wie der Magnetismus infolge der größer werdenden Entfernung zwischen Eisenkern und Magnet abnimmt.

Die Rückbeeinflussung des Eisenkerns durch den in der Spule auftretenden Strom bei der Verminderung des Magnetismus des Kernes, bedingt durch die Entfernung des Magneten verhindert somit einen schnellen Abfall des Magnetismus des

Eisenkerns, woraus sich ein weiteres Gesetz ergibt, das von Lenz wie folgt formuliert wurde:

3. Gesetz:

Lenzsches Gesetz.

„Der Induktionsstrom wirkt auf den Eisenkern derart magnetisch zurück, daß er der Änderung des Magnetismus entgegenwirkt.“

Der Magnetismus im Eisenkern wird also bei Umwicklung mit einer Spule nicht sofort gleichmäßig mit der Entfernung des Magneten abfallen, sondern er behält länger seine höhere Stärke.

In welcher Weise diese Verschleppung des Abfalles, des Magnetismus und des Eisenkerns bei unserem Zündapparat nutzbringend verwendet wird, ist weiter unten erklärt.

E. Prinzip eines Stromerzeugers.

Die Höhe der Spannung des in der Spule erzeugten Stromes ist abhängig von der Anzahl der Windungen der Spule. Um eine hohe Spannung zu erzeugen, muß man also die Spule mit einer möglichst großen Anzahl Windungen versehen und den dafür verwendeten Draht, um eine große Menge auf kleinem Raum unterzubringen, so dünn wie möglich wählen.

Die Höhe der Spannung ist nach Faraday aber auch abhängig von der Änderung des Magnetismus, d. h. von der Geschwindigkeit, mit der der Magnet dem Eisenkern genähert bzw. davon entfernt wird. Aus diesem Grunde muß ein solcher Apparat mit möglichst hoher Umlaufzahl arbeiten.

Da jedoch zu Überbrückung einer Funkenstrecke von nur 0,5 mm bereits eine Spannung von fast 1000 Volt nötig ist und diese selbst bei tausenden von Windungen und 2000 bis 3000 Umläufen in der Minute nicht erreicht werden kann, muß auf ein anderes Mittel zurückgegriffen werden, um den Magnetismus im Kern zu schnellerem Abfall zu bringen. Man

benutzt das Mittel, den Magnetismus des Eisenkerns durch eine zweite Spule zu verschleppen und später, im geeigneten Augenblick, plötzlich abfallen zu lassen.

Nach der Skizze Fig. 114 legt man um den Eisenkern 2 Spulen, die miteinander nicht in Verbindung stehen. Die eine Spule, in welcher die Funkenstrecke eingeschaltet ist, besteht aus vielen Windungen dünnen Drahtes. Neben oder auch innerhalb dieser Spule liegt eine andere, aus wenigen Windungen dicken Drahtes bestehende, die einen geschlossenen Stromkreis darstellt, der durch Betätigung eines eingeschalteten Unterbrechers beliebig unterbrochen werden kann.

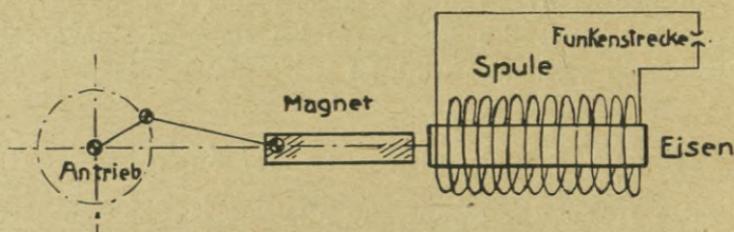


Fig. 113. Einfacher Stromgenerator.

Nähert man nunmehr diesem Eisenkern mit den beiden Spulen einen Magneten, so wird sich in der geschlossenen, aus den wenigen Windungen dicken Drahtes bestehenden Spule der Induktionsstrom nach dem 2. Gesetz zeigen. In der anderen Spule mit eingeschalteter Funkenstrecke kann sich ein Induktionsstrom infolge Annäherung des Magneten nicht äußern, da diese Spule ja nicht geschlossen, sondern durch die Funkenstrecke unterbrochen ist.

Der Magnetismus im Eisenkern wird jetzt nach dem 3. Gesetz von Lenz infolge der Wechselwirkung aus Annäherung bzw. Entfernung des Magneten und Rückfließens des Stromes aus der ersten Spule dauernd annähernd gleich stark bleiben, d. h. die Spannung wird verschleppt.

Wird nunmehr plötzlich der erste Stromkreis mit Hilfe des Unterbrechers getrennt, so daß also kein Strom mehr fließt,

so muß der Magnetismus, da ja die Einwirkung des rückfließenden Stromes in diesem Augenblick fortfällt, augenblicklich abfallen, d. h. er holt plötzlich das Versäumte nach.

Dieser Abfall des Magnetismus im Eisenkern erfolgt jetzt so plötzlich, daß er in der Lage ist, die zweite Spule so zu beeinflussen, daß in ihr ein Strom erzeugt wird, der nunmehr stark genug ist, die Funkenstrecke zu überspringen.

Zusammengefaßt ergibt sich die Funktion dieses Stromgenerators nach Fig. 114 wie folgt:

Der Magnet liegt zunächst dicht an dem Eisenkern; im

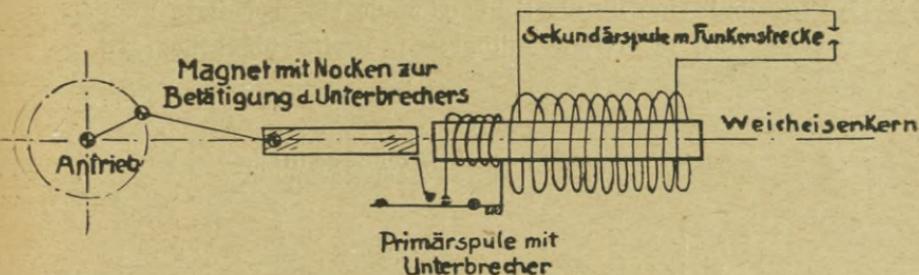


Fig. 114. Zweispuliger Stromgenerator.

Eisenkern selbst ist daher stärkster Magnetismus vorhanden. Da jedoch bei dem Stillstand eine Änderung des Magnetismus nicht erfolgt, sind alle Teile vorläufig stromlos. Wird jetzt der Magnet vom Eisenkern entfernt, so erzeugt der infolgedessen verschwindende Magnetismus des Weicheisenkernes nach dem Faradayschen Gesetz einen Induktionsstrom, welcher seinen Weg über die Primärspule und die Kontakte des Unterbrechers nimmt.

Nach dem Lenzschen Gesetz unterdrückt nun seinerseits dieser Primärstrom das Verschwinden des Magnetismus im Weicheisenkern, d. h. trotz Entfernung des Magneten bleibt der Magnetismus im wesentlichen bestehen. Wird jedoch nach genügender Entfernung des Magneten durch Öffnen der

Unterbrecherkontakte der Primärstrom unterbrochen, so verschwindet damit auch seine magnetismuserhaltende Einwirkung

auf den Eisenkern und ein plötzliches Verschwinden des Magnetismus im Kern ist die Folge. Diese plötzliche Änderung des Magnetismus erzeugt nunmehr nach dem Faradayschen Gesetz in den vielen Windungen der Sekundärspule einen Induktionsstrom von derart hoher Spannung,

daß eine in die Sekundärspule eingeschaltete Funkenstrecke von mehreren Millimetern Breite überbrückt, d. h.

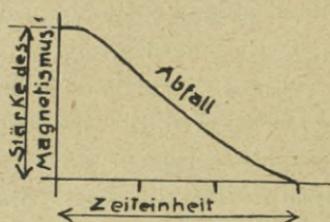


Fig. 115. Verlauf des Magnetismus im nackten Eisenkern.

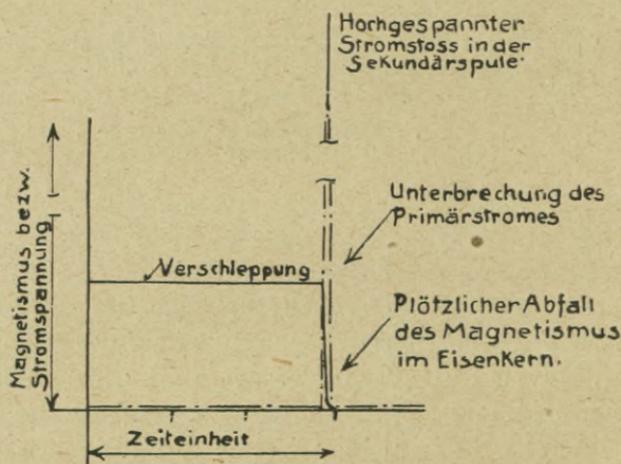


Fig. 116. Verlauf des Magnetismus im Eisenkern mit Spule und Stromverlauf in der dadurch beeinflussten Sekundärspule.

durchschlagen wird. Dieser Funke ist dann der zur Zündung des Gasgemisches verwendbare.

Der Magnetismus im Eisenkern ohne umwickelte Spulen nimmt nach dem 1. Gesetz gleichmäßig entsprechend der An-

näherung bzw. Entfernung des Magneten zu bzw. ab. Diese Abnahme, graphisch dargestellt, ergibt eine Kurve nach Fig. 115.

Nach dem 2. Gesetz von Faraday bedingt diese Änderung des Magnetismus des Eisenkerns die Entstehung eines elektrischen Stromes in einer um diesen Eisenkern gelegten Spule.

Dieser Strom wirkt seinerseits wieder nach dem 3. Gesetz von Lenz erhaltend auf den Magnetismus des Eisenkerns.

Der Magnetismus fällt erst dann ab, wenn der Stromlauf unterbrochen wird, verläuft also etwa nach Fig. 116.

Hiermit wäre die Wirkungsweise des Zündapparates im großen ganzen erläutert.

Der vorbeschriebene einfache Stromerzeuger enthält im Prinzip sämtliche Teile, die der praktisch im Gebrauch befindliche Zündapparat, wenn auch in anderer Ausführungsform, benötigt. Alle außerdem vorhandenen Einrichtungen sind lediglich Hilfsapparaturen, deren Wirkungsweise nachfolgend erläutert werden soll.

#### F. Der Kondensator.

Das häufige Unterbrechen des Primärstromes, das stets unter starker Funkenbildung erfolgt, würde bei einem Zündapparat vorbeschriebener Ausführung schon nach sehr kurzer Zeit ein Verbrennen der Kontakte mit sich bringen.

Es wird oft sogar der Fall eintreten, daß trotz des Entfernens der Unterbrecherkontakte voneinander bei der großen Geschwindigkeit, mit der die Unterbrechungen einander folgen, ein Abreißen des Primärstromes überhaupt nicht eintritt. Der Strom hat nämlich das Bestreben, nachzuzfließen, d. h. nicht unmittelbar abzureißen, so daß er auf einen Augenblick in Form des Funkens überläuft, ohne in Wirklichkeit abzubrechen. Tritt aber kein vollständiges Unterbrechen ein, so kann kein Funken im Sekundärstromkreis entstehen. Infolge der Unregelmäßigkeit der Unterbrechung des Primärstromkreises würde die Zündung unzuverlässig sein.

Es ist daher nötig, eine Vorrichtung einzubauen, die ein zuverlässiges plötzliches Unterbrechen des Primärstromes gewährleistet, d. h. die Bildung von Funken, also ein Nach-

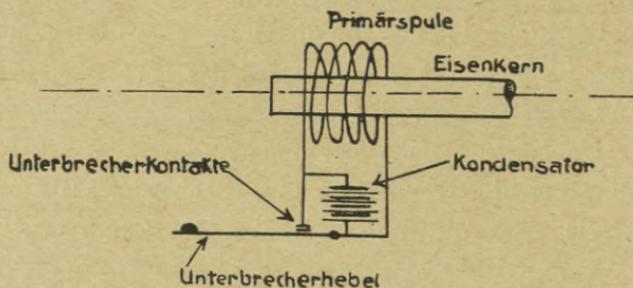


Fig. 117. Anordnung des Kondensators.

fließen des Stromes, und gleichzeitig einen zu schnellen Verschleiß der Unterbrecherkontakte verhütet.

Man schaltet zu diesem Zwecke nach Fig. 117 parallel zum Unterbrecher einen Platten-Kondensator.

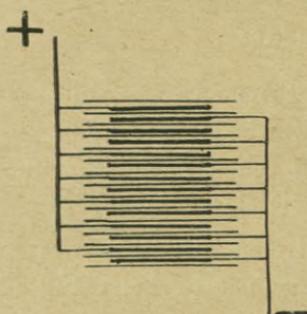


Fig. 118. Prinzip des Kondensators.

Der Kondensator, ein Elektrizitätssammler, in der Wirkung der bekannten Leydener Flasche gleich, besteht aus einer Anzahl Stanniolplatten, die gegenseitig isoliert sind (Fig. 118). Diese Stanniolplatten nehmen bei der Unterbrechung die andernfalls in Form des Funkens nachfließende Elektrizität auf, wobei sie teils positiv, teils negativ elektrisch werden.

Sämtliche negativ elektrischen Stanniolplatten sind einerseits alle positiv elektrischen andererseits für sich in Ausgangsleitungen zusammengefaßt, die zum Anschluß des Kondensators dienen.

Der Kondensator wird bei jedesmaligem Unterbrechen des Primärstromes geladen und bei Schluß des Stromkreises

wieder entspannt. Ein Durchfließen vom Strom ist ausgeschlossen.

Grundfalsch ist die vielfach vertretene Ansicht, daß der Kondensator nicht nur zur Funkenlöschung im Primärstromkreis bestimmt sei, sondern auch dazu beitrage, den Zündfunken im Sekundärstromkreis direkt durch Übertritt des aufgespeicherten Stromes in diesen zu verstärken.

Der im Kondensator aufgespeicherte Primärstrom wird, selbst wenn, wie es aus rein mechanischen Gründen geschieht, im Zündapparat Primär- und Sekundärspule verbunden sind, niemals beim Schließen der Kontakte seinen Weg durch die mehr als tausendfachen Widerstand bietende Sekundärspule nehmen, sondern, wie das bekanntlich elektrischer Strom stets tut, den bequemeren, d. h. erheblich kürzeren Weg durch die Primärspule oder auch den noch einfacheren über den wieder geschlossenen Unterbrecher. Der Primärstrom läuft sich in sich selbst tot.

Zur Unterstützung der Behauptung, daß sich der Kondensator über die Sekundärspule entlade, wird vielfach angeführt, daß die Funken in der Sekundärleitung nur sehr unregelmäßig überspringen, wenn kein Kondensator in die Primärleitung eingeschaltet ist. Dies beweist jedoch lediglich die Richtigkeit der hier vertretenen Anschauung, denn die Ursache des Ausbleibens des Sekundärstromes ist lediglich die, daß infolge der Funkenbildung am Unterbrecher kein korrektes Unterbrechen des Primärstromes erfolgt, sondern dieser in Form des Funkens nachfließt. Mangels Unterbrechung des Primärstromkreis natürlich keine Funkenbildung in der Sekundärleitung! Also nur auf diese Weise indirekt „verstärkt“ der Kondensator den Zündfunken.

Abgesehen von allem anderen aber fällt doch die Ladung des Kondensators zeitlich genau mit dem Überspringen des Zündfunkens zusammen während die Entladung (durch Schluß der Unterbrecherkontakte) erst dann eintritt, wenn der Zündfunke bereits wieder verschwunden ist. Eine direkte Verwendung der im Kondensator aufgespeicherten Elektrizität in der Sekundärleitung ist also ausgeschlossen.

### G. Praktische Ausführungsformen des Stromerzeugers.

Der im Absatz E, Fig. 114, beschriebene Stromerzeuger ist für die Praxis infolge der verhältnismäßig schweren hin- und herschwingenden Massen nicht vorteilhaft. Man setzt daher auch hier, wie allgemein im Maschinenbau, nach Möglichkeit die hin- und hergehende Bewegung in Drehung um.

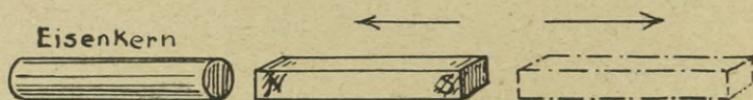


Fig. 119. Geradlinige Bewegung.

Es ist natürlich gleichgültig, in welcher Form und Richtung Magnet und Eisenkern einander genähert werden, ob geradlinig nach Fig. 119 oder im Kreisbogen.

Ebenso ist es für die Wirkung nebensächlich, ob, wie bei unserem Beispiel, der Kern feststeht und der Magnet sich bewegt, oder ob das Gegenteil der Fall ist (Fig. 120).

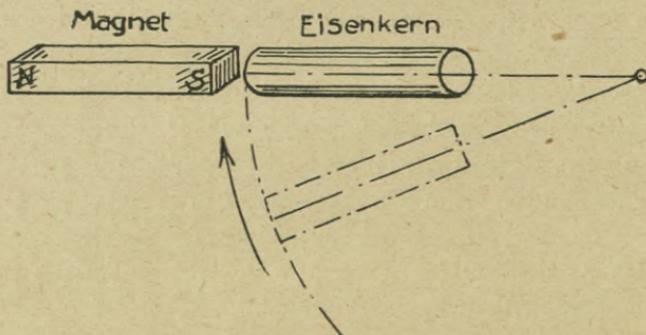


Fig. 120. Annäherung im Kreisbogen, Magnet feststehend.

Im Zündapparat fällt der sehr kräftige Magnet im Verhältnis zu den übrigen Teilen ziemlich schwer aus, weshalb man den Apparat praktisch so baut, daß der Magnet feststeht und der Eisenkern den Polen genähert wird und zwar durch Drehung. Für besondere Zwecke werden jedoch auch Zündapparate mit feststehendem Anker (Eisenkern) und rotierendem Magneten verwendet.

Bei Verwendung von Stabmagneten wirkt jeweils nur das eine Ende des Magneten magnetisierend, weshalb man statt einfacher Stabmagneten Hufeisenmagneten benutzt, bei denen dann beide Seiten magnetisierend wirken, also doppelte Wirkung ohne Gewichtserhöhung erreicht wird (Fig. 122).

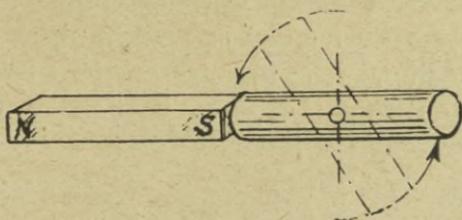


Fig. 121. Annäherung des Kernes durch Drehung um seine Achse.

Zur besseren Überleitung der magnetischen Kraftlinien in den Eisenkern gibt man letzterem größere Einflußflächen, indem man dem Kern die Form des bekannten Doppel-T-Ankers gibt. Zu gleichem Zwecke bringt man der Ankerform entsprechende Polschuhe an dem Magneten an, so daß nunmehr Anker und Magnet die in Fig. 123 gezeigte Form aufweisen.

Die kräftigste Magnetisierung ist vorhanden, wenn die Enden des Eisenkerns, d. h. des Ankers, den Polen am nächsten sind, also wenn der Anker wagrecht steht, während derselbe in senkrechter Lage ohne die magnetisierhaltende Wirkung des Primärstromes unmagnetisch wäre, da in dieser Stellung die größte Entfernung von beiden Polen vorhanden ist.

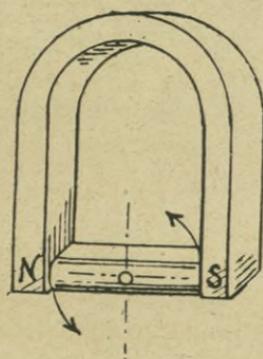


Fig. 122. Eisenkern zwischen den Polen eines Hufeisenmagneten.

Infolge der drehenden Bewegung des Ankers nähert sich jede Ankerseite abwechselnd einmal dem Nord-, einmal dem Südpol des Magneten, so daß hier nicht nur, wie bei einem einfachen Stabmagneten, ständig ein Magnetisieren und Ent-

magnetisieren stattfindet, sondern eine vollständige Ummagnetisierung erfolgt. Jeder Pol ist bei einer Ankerdrehung einmal positiv, einmal negativ magnetisch; die Differenz wird größer, was die Wirkung verstärkt.

Die Unterbrechung des Primärstromes zur Erzeugung eines möglichst energischen Abfalls des Magnetismus im Anker hat in der senkrechten Stellung zu erfolgen, da kein Magnetismus vorhanden sein wird, wenn die magnetische Rückwirkung des Primärstromes fortfällt.

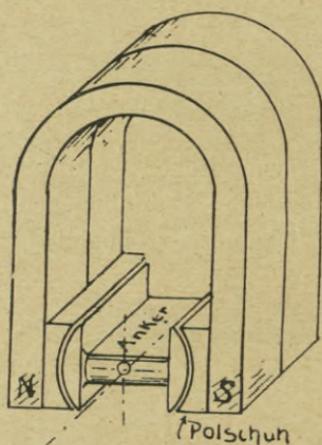


Fig. 123. I-Anker in Hufeisenmagnet mit Polschuhen

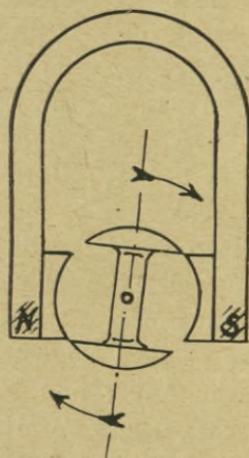


Fig. 124. Stellung des Ankers im Augenblick der Unterbrechung.

Um zu erreichen, daß bei der Unterbrechung der Magnetismus im Eisenkern nicht nur vom Maximum auf Null fällt, sondern der Anker nach Möglichkeit gleich im entgegengesetzten Sinne magnetisiert wird, läßt man die Unterbrechung nicht in genau senkrechter Stellung des Ankers erfolgen, sondern erst dann, wenn der Anker bereits etwas weiter im Drehsinn gedreht ist (Fig. 124).

Bei einer Umdrehung erzielt man in dieser Weise zwei Unterbrechungen, also im sekundären Stromkreis zwei Funken.

### H. Verlauf des Magnetismus im Zündapparat.

Unter Bezugnahme auf den im Absatz E mit den Fig. 115 und 116 erläuterten Lauf des Magnetismus im Eisenkern bei dem einfachen Stromerzeuger mit Stabmagnet sei nachfolgend, entsprechend dem Vorhergesagten, der Verlauf des Magnetismus bei der Ummagnetisierung, sowohl im blanken Eisenkern, als

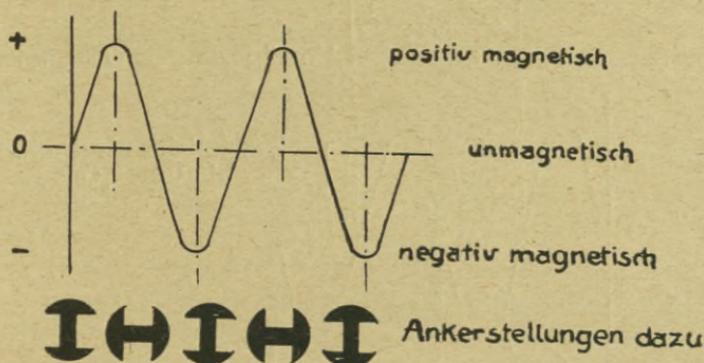


Fig. 125. Verlauf des Magnetismus bei der Ummagnetisierung im blanken Eisenkern.

auch in einem unter Einwirkung einer Induktionsspule stehenden Kern dargestellt.

Es ergibt sich also, abweichend von den Fig. 115 und 116, bei dieser Ausführung ein Abfall des Magnetismus nicht nur auf 0, sondern vom + Maximum direkt zum — Magnetismus bzw. umgekehrt.

### J. Der Anker.

Über die Ausführung des Ankers ist zu bemerken, daß dieser nicht, wie bei den bisher angezogenen Beispielen, aus einem ganzen Stück besteht, sondern aus einer Anzahl in der Form des verlangten I-Querschnitts gestanzter, sorgfältig gegeneinander isolierter 0,5 bis 0,75 mm starker Eisenbleche.

Diese einzelnen Blechscheiben sind durch einige hindurchgehende Verbindungsbolzen, die gegen die einzelnen Platten

natürlich auch wieder gut isoliert sind, zu dem Anker zusammengehalten.

Infolge des ständigen Ummagnetisierens würden in einem aus einem Stücke bestehenden Anker starke Wirbelströme erzeugt werden, die um so stärker wären, je schneller der Anker sich dreht.

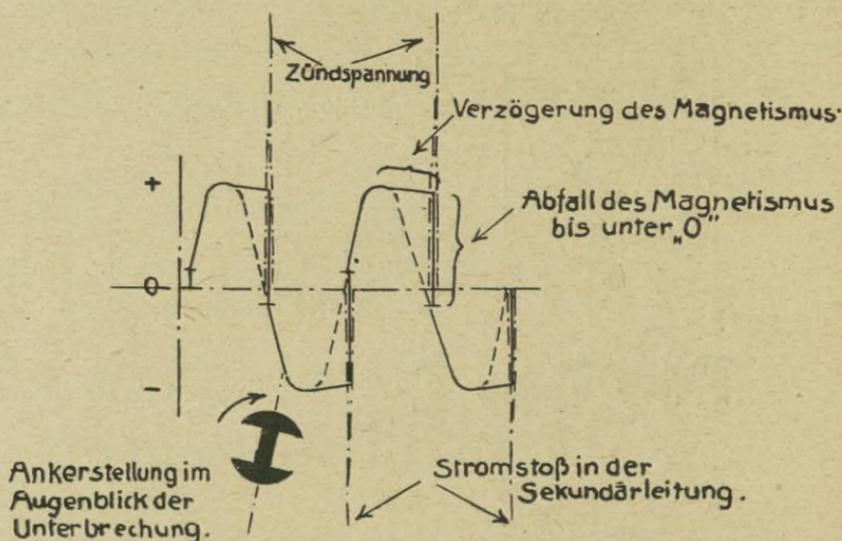


Fig. 126. Verlauf des verschleppten Magnetismus und der Zündspannung bei der Ummagnetisierung in einem durch Spule beeinflussten Anker.

Durch diese Wirbelströme würde der Anker sich in ganz kurzer Zeit so stark erwärmen, daß die Isolierung verbrennt.

Die Unterteilung des Eisenkernes in viele kleine Stücke unterdrückt die Entstehung von Wirbelströmen.

#### K. Schaltung im Zündapparat.

In der praktischen Ausführung weicht man im Schaltungs-schemata des Zündapparates in einigen Punkten von der hier bisher dargestellten Schaltung ab. Nach Fig. 114 bzw. Fig. 127 wären vom rotierenden Anker 4 Leitungen abzunehmen und die Ströme auf die feststehenden Teile des Apparates zu übertragen.

Im Interesse mechanischer Vereinfachung wird nun die Schaltung so ausgeführt, daß man von der Sekundärspule aus nur eine Leitung (4) zur Funkenstrecke, d.h. Zündkerze führt, und als Rückleitung die „Masse“ des Mo-

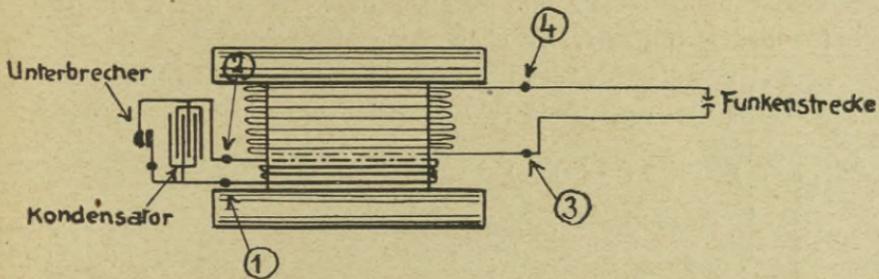


Fig. 127. Die 4 Anschlußpunkte des Ankers.

tors benutzt. Da die Zündströme wohl eine sehr hohe Spannung haben, aber an sich von außerordentlich geringer Stromstärke sind, können sie diesen Weg unbedenklich nehmen. Um den Sekundärstrom nach Überspringen der Funkenstrecke wieder

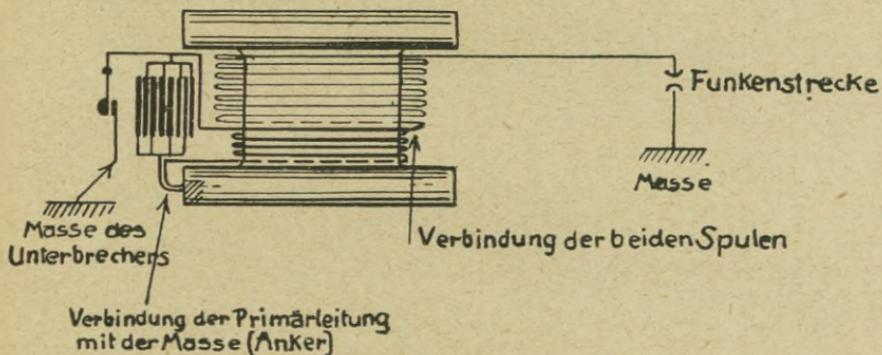


Fig. 128. Schema der wirklich angewandten Schaltung.

zur Sekundärleitung zu führen, verbindet man den Anfang der Sekundärleitung (2) und die Primärleitung wieder mit dem Anker, der als „Masse“ mit den übrigen Teilen des Motors in leitender Verbindung steht.

Das Leitungsschema für den Primärstrom bleibt unverändert bestehen. Kondensator und Unterbrecher werden mit dem Anker auf einer Achse vereinigt, drehen sich also mit, so daß der Anschluß der Leitungen (1) und (2) praktische Schwierigkeiten nicht bietet und lediglich der Strom am Anschluß (4) mittels Schleifring abzunehmen bleibt.

Der Sekundärstrom geht auf diese Weise über die Primärleitung, wodurch man neben der Ersparnis eines

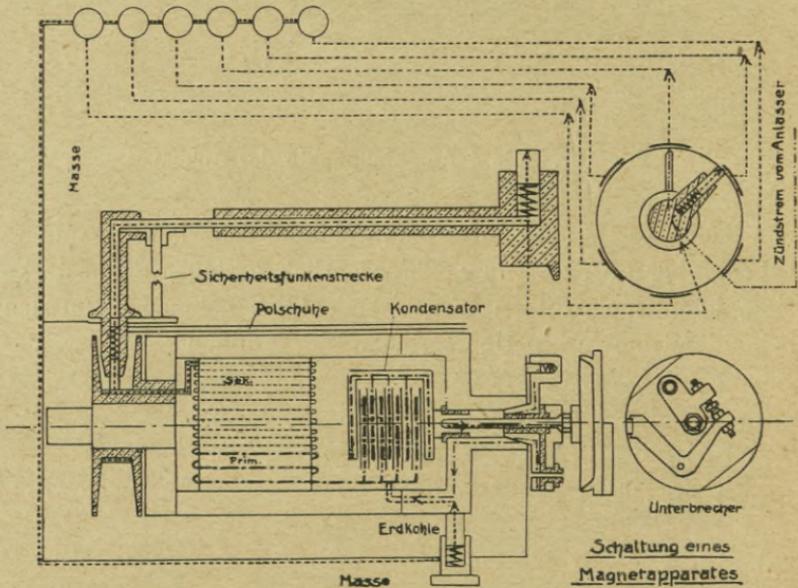


Fig. 128a. Schaltung im Bosch-Betriebsmagneten, Type Z. H. 6, System I.

Anschlusses erreicht, daß die Windungen der Primärwicklung mit zur Erzeugung des Sekundärstromes ausgenutzt werden, dessen Spannung ja von der Anzahl der Windungen abhängig ist.

- Ein Übertritt des Primärstromes bzw. der Kondensatorladung in die Sekundärleitung ist trotz der Verbindung beider Spulen nach der im Absatz F gegebenen Erklärung des Kondensators ausgeschlossen. Es ergibt sich somit für die

Schaltung der beiden Spulen eine Anordnung nach Fig. 128 bzw. 128a.

Die elektrischen Vorgänge in dem Apparat sind folgende:

Vor der Unterbrechung in der Primärspule ein kräftiger Strom über die Unterbrecherkontakte laufend, während die Sekundärspule spannungs- und stromlos ist.

Im Augenblick nach der Unterbrechung ist der Primärstrom verschwunden. Der Kondensator wird aufgeladen, während gleichzeitig Primär- und Sekundärspule zusammen den zwar hochgespannten, aber sehr schwachen Zündstrom führen, der sich nunmehr über die Elektroden der Zündkerze seinen Weg bahnt.

#### L. Primär- und Sekundärstromkreis.

Der in der Primärwicklung bei Drehung des Ankers entstehende niedergespannte Strom fließt bei geschlossenem Unterbrecher aus der Spule am Kondensator vorbei in den festen Unterbrecherkontakt, geht hier in den beweglichen Unterbrecherkontakt über und von diesem zur „Masse“. Von der Masse (Anker) kommt er dann wieder (an der Verbindungsstelle von Primärleitung und Anker) zur Primärspule zurück.

Der infolge der Unterbrechung des Primärstromes in der Sekundärspule auftretende hochgespannte Stromstoß geht von der Spule aus zur Zündkerze, überspringt hier die Funkenstrecke zwischen den Elektroden und geht zur „Masse“ (Motorkörper). Über den Motorkörper gelangt der Strom wieder in die Masse des Ankers, geht hier an der gleichen Anschlußstelle wie der Primärstrom vom Anker in die Primärwicklung, durch diese hindurch und über die Verbindungsstelle der beiden Spulen in die Sekundärwicklung zurück.

Im Bosch-Zündapparat geht der primäre Strom von der Primärwicklung in eine um den Kondensator gelegte isolierte Messingfassung mit der Anschlußplatte, von dieser in die den Unterbrecher mit dem Kondensator verbindende Unterbrecherbefestigungsschraube und vom Kopf derselben in das feste Unterbrecherstück mit Platinkontakt, von dem er in den

Unterbrecherkontakt des beweglichen Unterbrecherhebels übertritt und durch diesen zur Masse geht.

Zur besseren Überleitung des Stromes von der Unterbrecherscheibe zur „Masse“ und von dieser wieder zum umlaufenden Ankerkörper sind Körperschleifkohlen vorhanden, deren

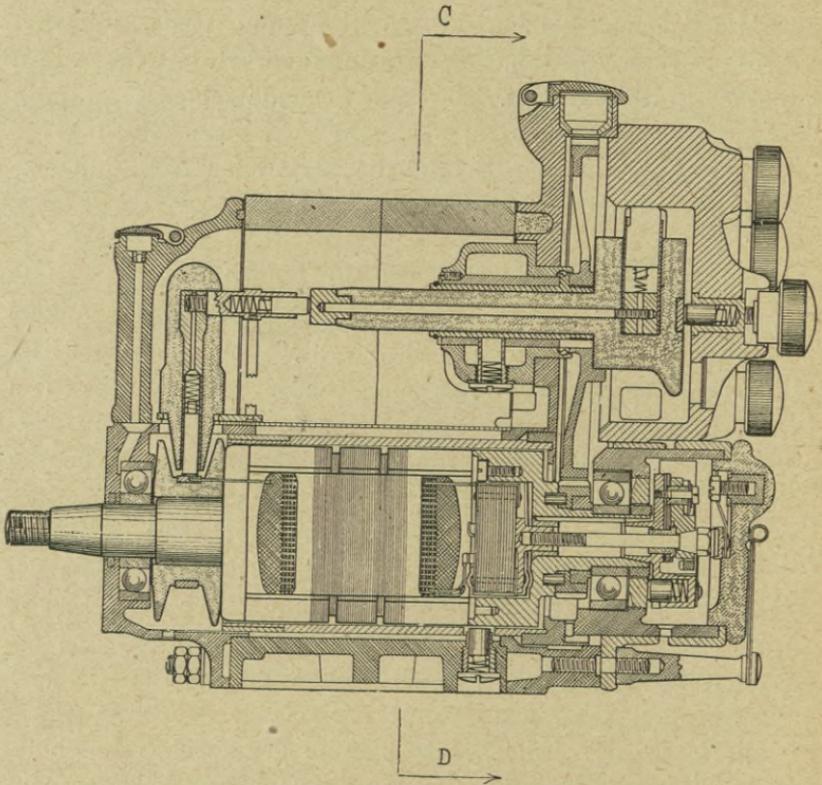


Fig. 129. Schnitt durch einen Betriebsmagneten System Bosch, Type Z. H. 6.

Anordnung aus Fig. 129 zu erkennen ist. Von der feststehenden Masse aus tritt der Primärstrom über die untere Schleifkohle in die umlaufende Ankermasse und von letzterer in die Primärwicklung zurück.

Der sekundäre Strom tritt im Zündapparat an der ent-

gegengesetzten Seite des Ankers aus der Sekundärwicklung in einen mit Rücksicht auf die Hochspannung besonders gut isolierten Schleifring über. Diesem entnimmt eine federnde Schleifkohle den Strom und leitet ihn über das in Fig. 129 sichtbare Kniestück zu einer zweiten horizontal liegenden federnden Kohle, die ihn an das umlaufende Verteilerstück abgibt.

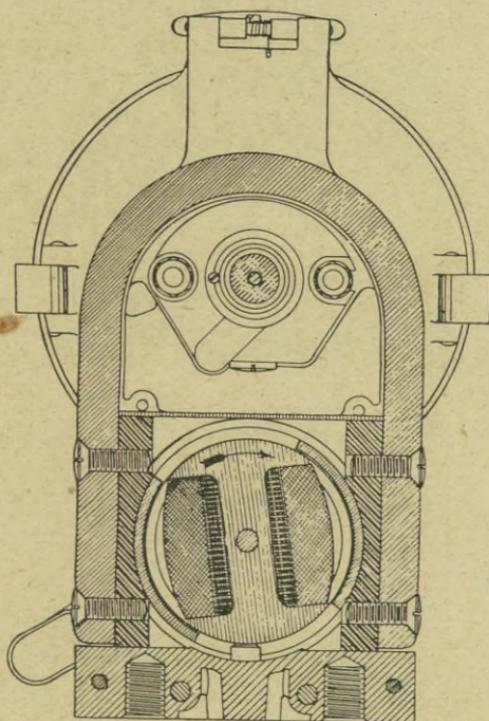


Fig. 130. Schnitt C-D lt. Fig. 129 (Frühzündung).

Durch dieses Verteilerstück gelangt der Sekundärstrom in die umlaufende Verteilerkohle, die bei der Umdrehung den Strom nacheinander den verschiedenen Segmenten zuführt, von deren Anschlußschrauben er über die Kabel zu den einzelnen Zündkerzen gelangt. An der Zündkerze geht der Strom nach Überbrückung der Funkenstrecke zur „Masse“ über und gelangt

von der Motormasse über die Schleifkohle am Boden des Zündapparates in gleicher Weise wie der Primärstrom in die Masse des Ankers und von hier, genau wie beim Schema nach Fig. 128, über die Primärwicklung zur Sekundärwicklung zurück.

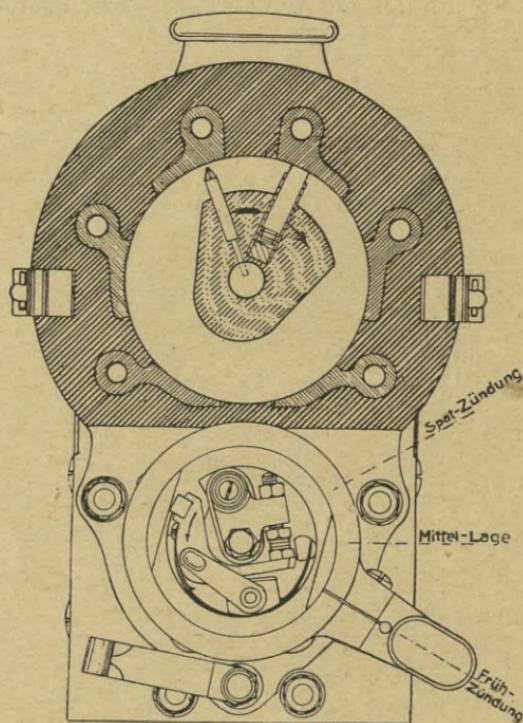


Fig. 131. Rückansicht, Schnitt durch Verteilerscheibe (Stellung bei Frühzündung).

Bei einem 6-Zylinder-Motor werden bei einer Umdrehung des Verteilerstückes sämtliche 6 Zündkerzen mit Strom beschickt, während der Unterbrecher bzw. Anker bei einer Umdrehung nur 2 Funken erzeugt. Der Anker muß sich also während einer Umdrehung des Verteilerstückes dreimal herumgedreht haben, so daß sich das Übersetzungsverhältnis zwischen Ankerwelle und Verteilerstück mit 1:3 ergibt.

### M. Sicherheits-Funkenstrecke.

Wird der Weg des Sekundärstromes infolge fehlerhafter bezw. verschmutzter Zündkerze, durch Abfallen bezw. Bruch des Zuleitungskabels oder durch sonstige Unterbrechung des Stromkreises gestört, so würde sich dieser hochgespannte Strom an anderer Stelle entladen, die Ankerwicklung oder an einer anderen Stelle die Isolation durchschlagen und dadurch den Zündapparat unbrauchbar machen.

Um derartige Beschädigungen zu vermeiden, sieht man im Sekundärstromkreis eine Sicherheitsfunkenstrecke vor, die den Betriebsstrom nach Übergang vom Schleifring in das Kniestück aufnimmt und direkt zur „Masse“ überleitet, falls dem Strom der normale Weg über Kabel und Zündkerze versperrt ist. Diese Sicherheitsfunkenstrecke besteht aus zwei mit bestimmtem Zwischenraum einander gegenüberliegenden Messingelektroden, deren Funkenstrecke größer ist, als die Entfernung der Elektroden der Zündkerzen, deren Überschreiten jedoch dem Strom einen geringeren Widerstand bietet, als ein eventuelles Durchschlagen der Isolation der stromführenden Teile des Apparates.

Da die hohe Wärmeentwicklung beim Überspringen von Funken an der Sicherheitsfunkenstrecke mit der Zeit die Isolation des Ankers gefährdet, ist darauf zu achten, daß Zündapparate, bei denen eine Zündkerzenleitung gestört ist, der Strom also über die Sicherheitsfunkenstrecke geht, nicht längere Zeit in Betrieb bleiben, sondern die Störung alsbald beseitigt wird.

### N. Zündzeitpunkt-Verstellung.

Die Regulierung des Motors erfolgt nicht nur durch die Änderung der Gaszufuhr, sondern auch durch gleichzeitige Verstellung des Zünd-Zeitpunktes.

Bei voller Belastung erfolgt die Zündung kurz bevor der Kolben den oberen Totpunkt erreicht (Frühzündung), beim Anlassen und beim Langsamlauf, dagegen in bezw. erst nach der oberen Totpunktstellung (Spätzündung). Die Unterbrechung

des Primärstromes erfolgt auf diese Weise in einer Lage, die von der für die Zündfunkenenerzeugung günstigsten Ankerstellung (Fig. 132) abweicht, was eine Schwächung des Sekundärstromes bedingt.

Um solche zu vermeiden, ordnet man nach Fig. 133 zwischen Anker und Polschuhen noch eine drehbare Hülse

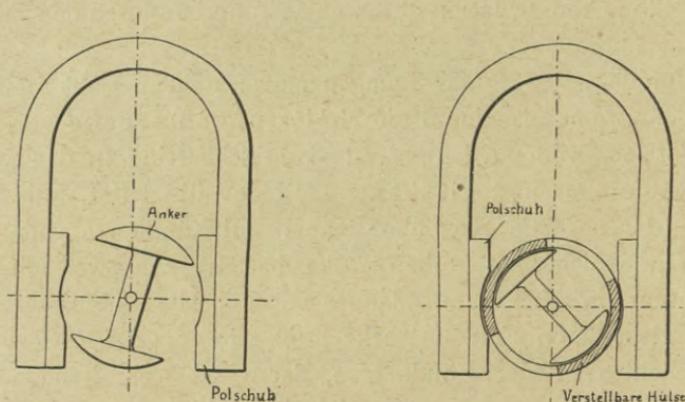


Fig. 132. Günstigste Ankerstellung bei der Unterbrechung. Fig. 133. Anker mit verstellbaren Polschuhen (Hülse).

an, die zur Verlängerung der letzteren dient. Mit Hilfe dieser Hülse werden die Polschuhe so verlängert, daß sie sich stets in der der jeweiligen Ankerstellung im Moment der Unterbrechung entsprechenden günstigsten Stellung befinden (Fig. 133).

Mit dieser Hülse fest verbunden sind die Anlaufnocken für den beweglichen Hebel des zweiten Unterbrecherkontaktes. Die Stellung der Hülse ist also unter allen Umständen richtig, wenn die Unterbrechung des Primärstromes erfolgt.

#### O. Der Anlasser.

Um den Motor in Gang zu bringen, muß zunächst, unabhängig von den beiden Betriebsmagneten, ein hochgespannter Anlaßstrom erzeugt werden, zu welchem Zweck ein besonderer Anlaßmagnet vorhanden ist (Fig. 134).

In diesem wird der Strom in gleicher Weise wie im Betriebsmagneten erzeugt, dem Apparat fehlen lediglich diejenigen Teile des Betriebsmagneten, die dort zur Stromverteilung gebraucht werden, beim Anlasser aber überflüssig sind. Der im Anlasser erzeugte Strom wird nach Fig. 135 dem einen der beiden Betriebsmagneten mittels besonderer am Verteilerdeckel

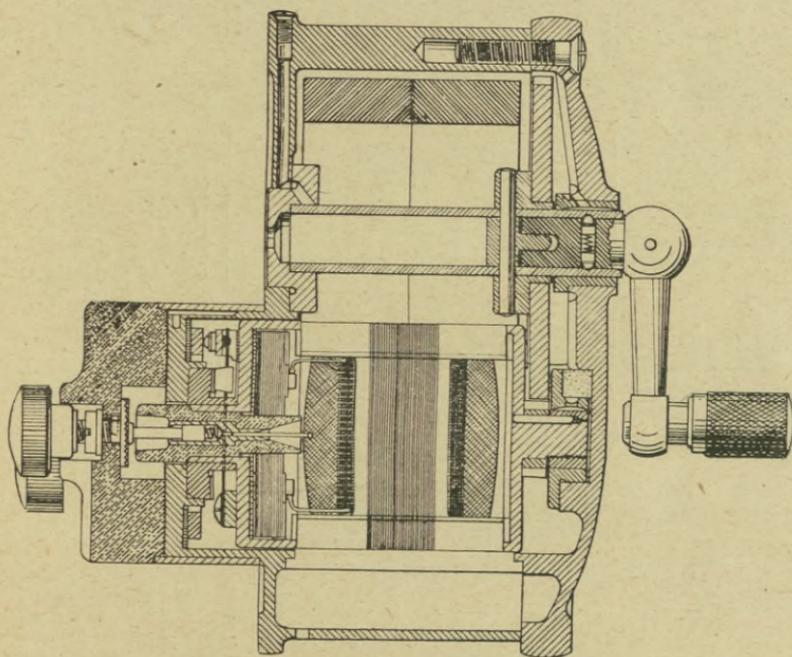


Fig. 134. Anlaßmagnet Bosch, System I.

angebrachter Klemme „Klemme 11“ mit Schleifkohle zugeführt (Fig. 129).

Er tritt hier in das rotierende Verteilerstück über, bleibt jedoch von der Schleifkohle isoliert. Die Weiterleitung aus dem Verteilerstück in einen der 6 Kontakte erfolgt also nicht durch die Schleifkohle, sondern durch eine besondere Zuleitung in Form eines hinter der Verteilerkohle angeordneten Stiftes (Fig. 136 und 137). Zum Anlassen wird dabei der Zündverstellhebel auf Spätzündung gestellt!

Die Verwendung dieser besonderen, der Schleifkohle nach-eilenden Zuleitung hat den Zweck, stets sicher zu sein, daß beim Anlassen nur ein solcher Zylinder Strom bekommt, bei dem der Kolben bereits unter dem Totpunkt: im Drehsinn, steht, also Spätzündung vorhanden ist, damit der Motor richtig anspringt und nicht zurückschlägt.

*Anlasser-Stromkreis.*

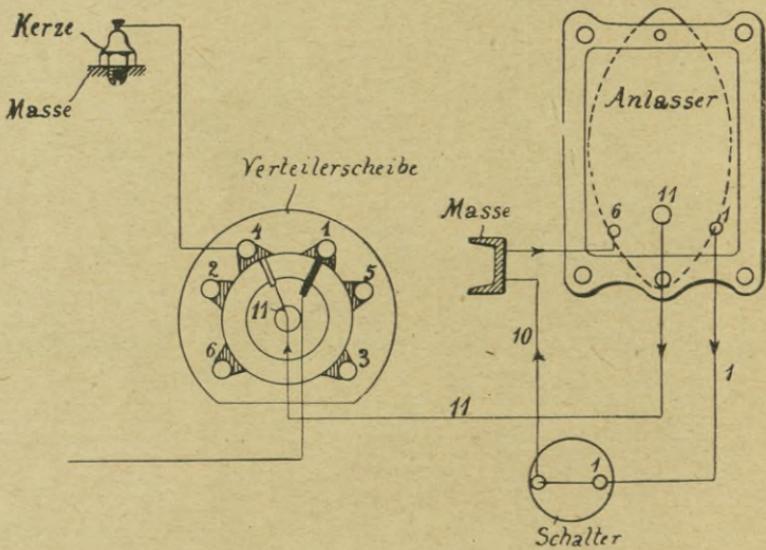


Fig. 135. Anlasser-Stromkreis.

P. Ausschalter.

Soll die Wirkung des Zündapparates unterbrochen werden, also in der Sekundärleitung ein Funke nicht überspringen, so muß der Primärstrom ruhig fließen, darf also nicht unterbrochen werden. Der Unterbrecher muß demnach kurz geschlossen werden, d. h. man schließt vor dem Unterbrecher eine Leitung an, die ein ständiges ruhiges Überfließen des Primärstromes zur Masse ermöglicht.

Im Zündapparat erfolgt dies nach Fig. 129 in der Weise, daß man den Unterbrecherdeckel mit einer Schleifkohle und Anschlußklemme versieht; von welch' letzterer eine Leitung zum Ausschalter führt (Fig. 138). Diese Schleifkohle des Unterbrecherdeckels nimmt den Primärstrom direkt von der Unterbrecherschraube ab, so daß er nicht in die Kontakte gelangen

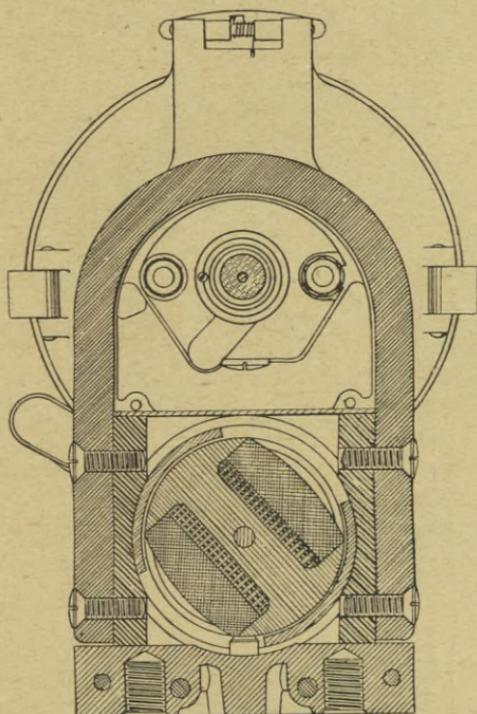


Fig. 136. Schnitt C-D. lt. Fig. 130 in Anlaßstellung.

kann, sondern statt dessen durch das Kabel zum Schalter gelangt. Der Schalter steht mit der „Masse“ in leitender Verbindung, so daß der Strom in der bekannten Weise dann wieder in die Ankermasse gelangt.

Zur Sicherheit legt man in einen Zylinder nicht nur eine Kerze, sondern zwei, damit auch bei Störungen stets eine Zündung erfolgt. Am Flugmotor sind deshalb stets 2 Magnet-

apparate vorhanden, von denen je einer eine Kerzenreihe mit Strom versorgt (Fig. 139).

Die Primärleitungen von den Unterbrecherdeckeln dieser beiden Magnetapparate und des Anlaßmagneten sind zu dem Schalter geführt, wo sie in drei Kontaktplatten endigen, welche entsprechend der Schalterstellung zeitweise durch Schalthebel

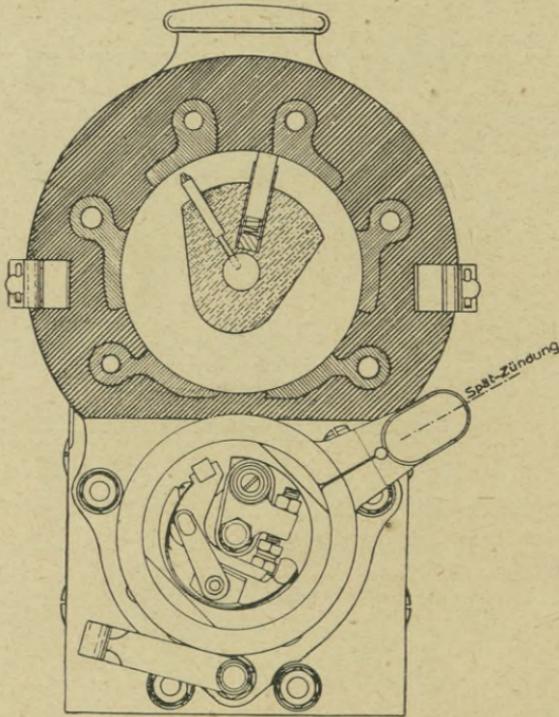


Fig. 137. Verteilerstück und Unterbrecher in Anlaßstellung.

mit federnden Armen bedeckt werden (Masseschluß) oder aber frei sind. Die einzelnen Schaltmöglichkeiten ergeben sich aus den Skizzen Fig. 140.

In Stellung *O* sind sowohl die beiden Betriebsmagnete, als auch der Anlaßmagnet außer Tätigkeit, da ihre Primärströme kurzgeschlossen sind.

$M_1$  (Anlaß); Anlaßmagnet und Betriebsmagnet  $M_1$  ( $1 R$ ) in Tätigkeit, da nur Kontakt für  $M_2$  bedeckt, also dessen Primärstrom kurzgeschlossen ist.

$M_2$ : Anlaßmagnet und Betriebsmagnet  $M_2$  ( $1 L$ ) in Tätigkeit.

2: Betriebsstellung; beide Betriebsmagnete und Anlasser eingeschaltet.

Anlaßmöglichkeit ist in allen Stellungen des Schalters außer in Stellung  $O$  möglich, da der Kontakt für den Anlasser-

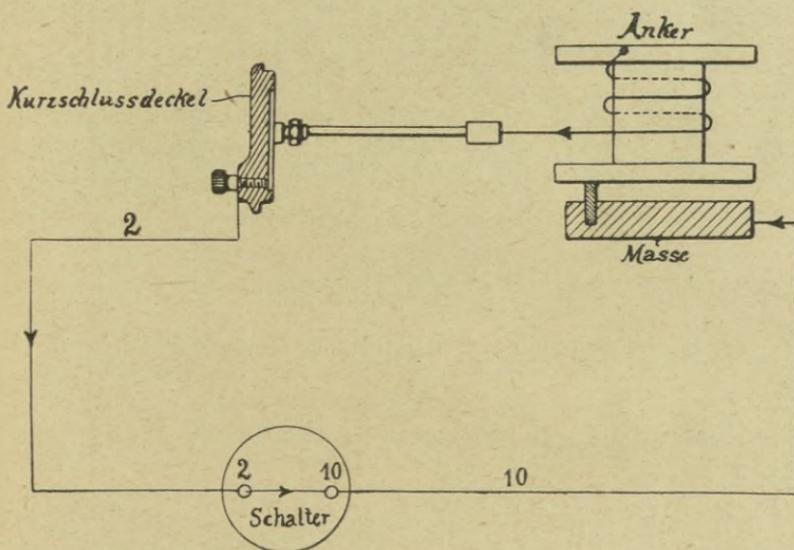


Fig. 138. Niederspannungsstromkreis beim Ausschalten (Kurzschluß).

Primärstrom frei, also nicht kurzgeschlossen ist. Die Bezeichnung am Schalter  $M_1$  (Anlaß) bedeutet nur, daß der Betriebsmagnet  $M_1$  ( $1 R$ ) für Anlaßschaltung eingerichtet, also Klemme 11 an der Verteilerscheibe angebracht ist.

Das Ausschalten des Primärstromes des Betriebsmagneten  $M_1$  hat mit dem Anlassen nichts zu tun, da der durch Drehung der Kurbel des Anlassers erzeugte Strom direkt vom Anlasser der Verteilerscheibe (Klemme 11) zugeführt wird und hier in einen Kontakt übertreten kann. Springt der Motor dann an,

so wird der Strom für den Weiterbetrieb des Motors vom Betriebsmagneten  $M_2$  erzeugt.

Die Einfügung der Zwischenstellungen des Schalters  $M_1$  und  $M_2$  hat lediglich den Zweck, die beiden Kerzenreihen bzw. Magnete gesondert prüfen zu können.

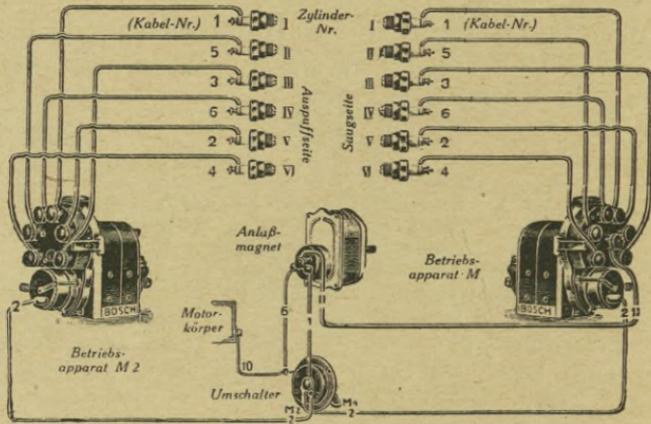


Fig. 139. Schaltung der Bosch-Anlaßmagnetzündung, System I.

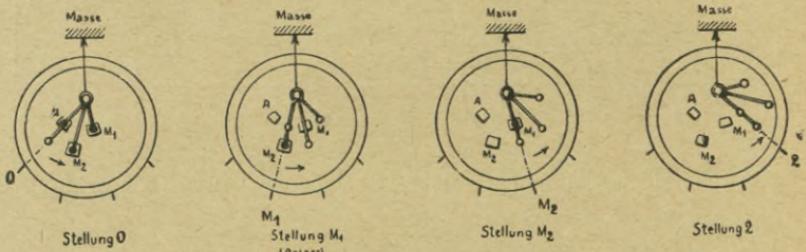


Fig. 140. Schaltstellungen.

### Q. Schaltschema.

Zum Schluß sei hier noch in Fig. 141 ein ausführlicheres, den Schriften der Firma Robert Bosch, Stuttgart, entnommenes Schaltschema der Zündung System I für einen 6-Zylinder-Motor wiedergegeben.

Die in dem Schema für die einzelnen Kabel gebrauchten

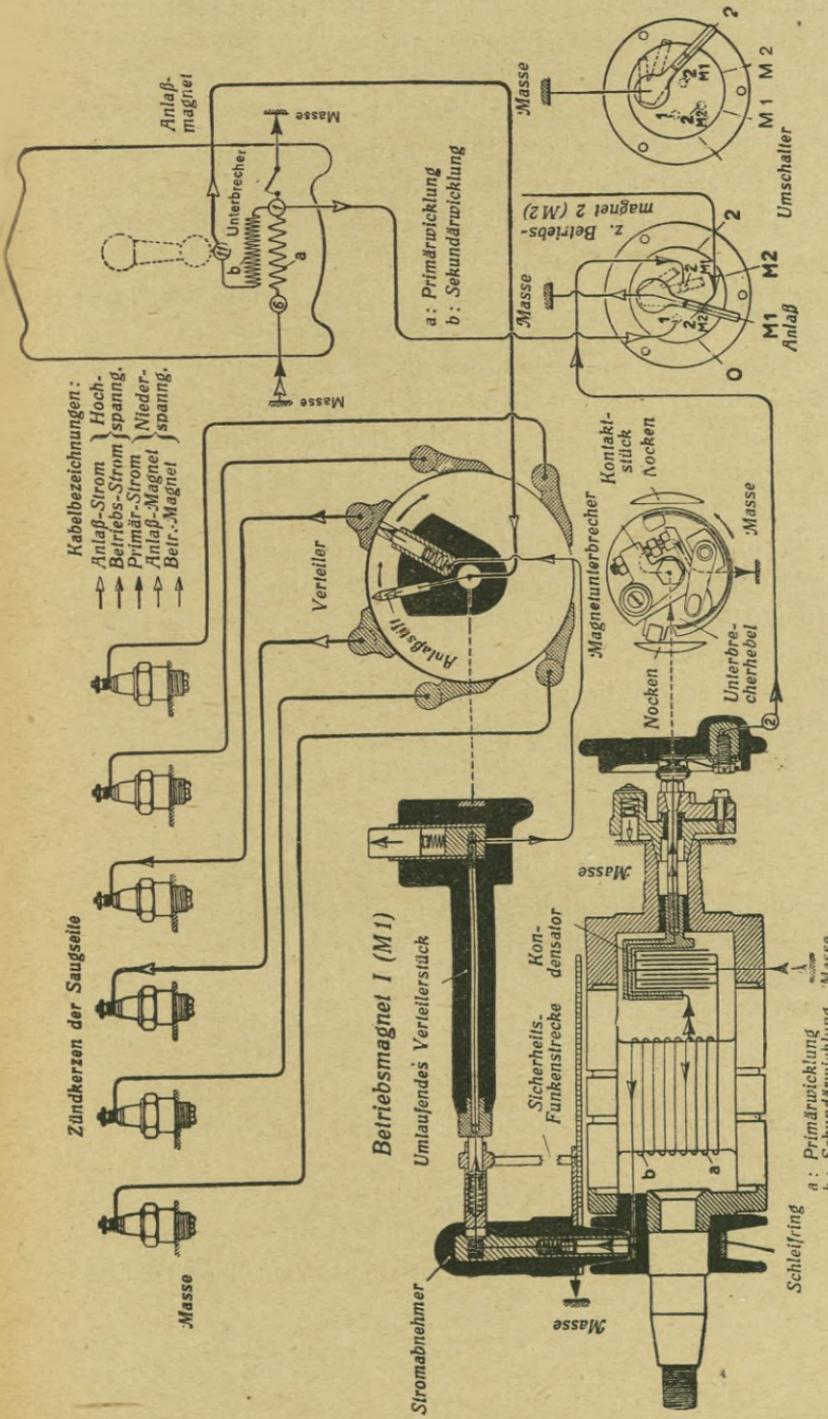


Fig. 141. Schaltschema der Bosch-Anlaßmagnetzündung, System 1 für 6-Zylinder-Motoren in Verbindung mit Magnetapparat der Type Z. H. 6.

Nummerbezeichnungen sind allgemein eingeführt und der Gebrauch anderer Bezeichnungen daher zu verwerfen.

### R. Kabelanschlüsse.

Nach betriebsfertigem Einbau der Magnetapparate und deren Einstellung sind folgende Kabelverbindungen herzustellen:

1. Klemme 1 am Anlaßmagnet mit Klemme 1 des Umschalters durch das blaue Niederspannungskabel.
2. Kurzschlußklemme 2 am Betriebsapparat  $M_1$  mit der Klemme  $2M_1$  am Umschalter durch das gelbe, sowie Klemme  $2M_2$  am Umschalter mit der Kurzschlußklemme 2 des Betriebsapparates  $M_2$  durch das rote Niederspannungskabel.
3. Mittlere Verteilerklemme 11 des Betriebsapparates  $M_1$  mit der mit 11 bezeichneten Klemme am Anlaßmagnet durch ein Hochspannungskabel.
4. Die mit 6 (Masse) bezeichnete Klemme am Anlaßmagnet mit der Körperklemme des Umschalters und diese — Leitung 10 — mit dem Motorkörper durch schwarze Niederspannungskabel.
5. Zündkerzen der Saugseite mit der Verteilerscheibe des Betriebsapparates  $M_1$ , Zündkerzen der Auspuffseite mit der Verteilerscheibe des Betriebsapparates  $M_2$  durch Hochspannungskabel.

### S. Bosch-Zündung System III.

Zur Zeit werden lediglich Zündapparate der vorbeschriebenen, mit System I bezeichneten Art im Flugbetriebe verwendet. Alle noch von früher her vorhandenen Apparate des Systems III wurden durch eine kleine Änderung des Betriebsmagneten in System I abgeändert.

Es erübrigt sich demnach ein ausführliches Eingehen auf System I; nur der Vollständigkeit halber sei hier kurz folgendes erwähnt:

Äußeres Merkmal des Systems III war die Einschaltung zweier besonderer Kabel (Kabel 3 und 4), die den Strom des Betriebsmagneten, ehe er in das rotierende Verteilerstück über-

tritt, abnehmen und zu einem im Anlaßmagneten untergebrachten selbsttätigen Umschalter führen.

In Ruhelage der Anlasserkurbel sind durch diesen Schalter beide Leitungen im Kontakt, so daß der Strom, genau wie bei System I, vom Schleifring in das rotierende Verteilerstück gelangen kann, allerdings auf dem Umwege über Kabel 3 und 4 und den Anlasser.

Bei Drehung der Anlasserkurbel wird jedoch zunächst von dem Schalter die Verbindung unterbrochen, so daß der Betriebsmagnet keinen Funken liefern kann, solange der Anlasser in Tätigkeit ist.

Da sowohl durch ungewollte Betätigung des Schalters als auch infolge von Störungen in den langen Kabeln 3 und 4 die Zuverlässigkeit der Zündanlage in Frage gestellt wird, sind sämtliche Apparate des Systems III

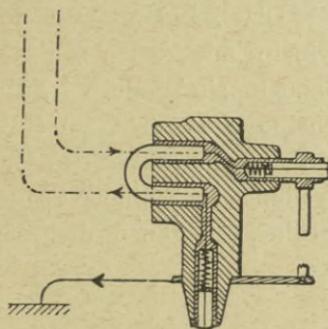


Fig. 142. Umänderung eines Betriebsmagneten System III in I.

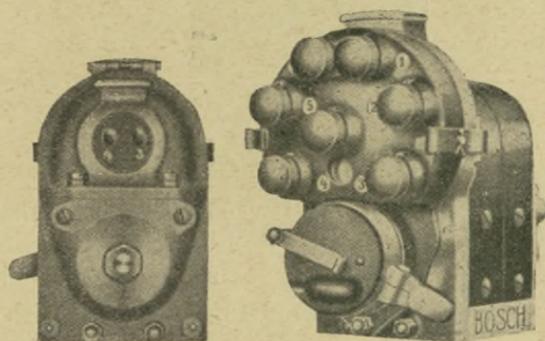


Fig. 143. Bosch-Magnet für Standmotoren mit 6 Zylindern.

in I abgeändert worden, indem eine kurze Verbindung am Stromabnehmer nach Fig. 142 hergestellt wurde.

Nach Vornahme dieser Änderung kann der Betriebsmagnet ohne weiteres wie ein Apparat des Systems I verwendet werden.

Am Anlasser sind Änderungen nicht vorzunehmen. In Fig. 143 ist ein Bosch-Magnet der normalen Type Z. H. 6 dargestellt verwendbar für System I oder III.

#### T. Bosch-Zündung für Umlaufmotoren.

Die Zündapparate für Umlaufmotoren stimmen im Prinzip mit denen für Standmotoren überein. Die Hufeisenmagnete sind jedoch hängend angeordnet, und die Verteilerscheibe sitzt nicht am Magneten (Fig. 144), sondern getrennt von diesem, hinter den Zylindern. Die Kontakte werden bei Drehung des Zylindersternes nacheinander von einer Schleifkohle berührt, die ihnen den Zündstrom zuführt.

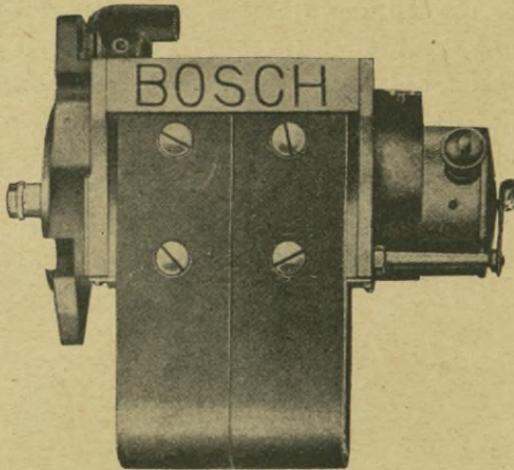


Fig. 144. Bosch-Magnet für Umlaufmotoren, Type D. A. Gn.

Die Weiterleitung des Stromes zu den Kerzen erfolgt hier nicht durch isolierte Kabel, sondern, da solche infolge der bei der schnellen Umdrehung auftretenden Fliehkräfte und des großen Luftwiderstandes leicht reißen, durch ganz feine, blanke Messingdrähte.

Die Zündfolge für Umlaufmotoren ist bei 7 Zylindern: 1—3—5—7—2—4—6 bzw. bei 9 Zylindern: 1—3—5—7—9—2—4—6—8, welcher entsprechend die Leitungen anzuschließen sind.

### U. Bosch-Zündkerze.

Die Funkenstrecke ist bei den Motoren als Zündkerze nach Fig. 145 und 146 ausgebildet. Die neuere Zündkerze nach Fig. 145 hat die Außenelektroden in messerartiger Ausbildung, die den Vorzug haben, daß der Funke nicht an einem einzelnen Punkte der Elektrode überspringt, sondern sich



Fig. 145. Bosch-Zündkerze Modell 1914.



Fig. 146. Bosch-Zündkerze Modell 1911 a.

in Form eines Bandes zwischen den Elektroden entwickelt und hierdurch die Berührungsfläche zwischen Funke und Gasgemisch wesentlich vergrößert. (Zündkerze Modell 1914.)

Neben dieser Ausführung wird vielfach auch noch die Zündkerze Modell 1911 a nach Fig. 146 mit 2 schrägen statt der 3 messerförmigen Elektroden verwendet.

Das äußere, mit Gewinde versehene, in den Zylinderkopf einzuschraubende Stück der Elektrode steht mit der inneren

Zuleitung nicht in Verbindung, sondern ist sorgfältig gegen diese isoliert. Das von der Verteilerscheibe des Magneten kommende Kabel ist an die am Ende befindliche Klemme angeschlossen, so daß der Strom von der mit dieser verbundenen Mittelelektrode auf die mit der Motormasse in Verbindung stehenden Seitenelektroden überspringt.

Es ist darauf zu achten, welche Zündkerzentype die betreffende Firma für ihren Motor vorschreibt, da vom genauen Passen derselben eine einwandfreie Zündung abhängig ist. Steht sie zu weit in den Zylinderkopf hinein, so verrußt sie, steht sie zu weit zurück, so erfolgt schlechte, ungleichmäßige Entzündung des Gasgemisches.

#### V. Mea- und Eisemann-Zündung.

An sonstigen Zündungs-Systemen, die für Flugmotoren — der Bosch-Zündung gegenüber allerdings nur in geringem

Maße — überhaupt in Frage kommen, sind die Fabrikate der Firmen Unionwerk Mea, G. m. b. H., und der Firma Eisemann, beide in Stuttgart, zu erwähnen.

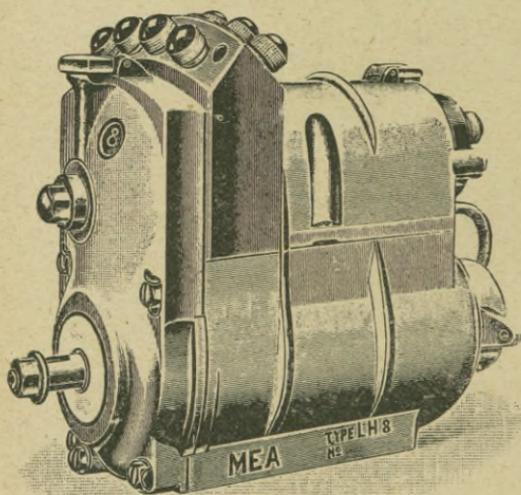


Fig. 147 a.

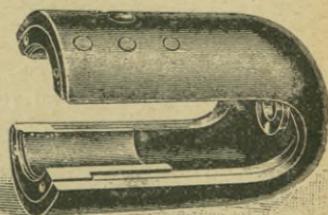


Fig. 147 b.

Fig. 147 a und b. Glockenmagnet der Mea-Zündung.

Erstere will eine möglichst hohe Stromspannung für den Augenblick der Unterbrechung durch Verwendung eines hori-

zontal liegenden, um seine Achse drehbaren Magneten in Hufeisen-Glocken-Form erreichen.

Bei der Eisemann-Zündung wird durch Anordnung eines Achsregulators erreicht, daß sich entsprechend der zunehmenden Drehzahl des Motors der Zeitpunkt der Zündung verschiebt und zwar so, daß bei voller Belastung früher als bei Leerlauf gezündet wird.

#### XIV. Die Schmierung.

Die Betriebssicherheit und Lebensdauer des Motors ist in hohem Maße von einer zuverlässigen, die Reibung aller sich bewegenden Teile weitgehendst vermindernenden Schmierung abhängig.

Da eine Wartung des Flugmotors während des Betriebes ausgeschlossen ist, muß diese Schmierung ohne jegliche Beihilfe des Flugzeugführers, vollständig selbsttätig erfolgen.

Die Flugzeugmotoren sind mit Ölpumpen ausgestattet, mit deren Hilfe das erforderliche Öl sämtlichen Lagerstellen bzw. Gleitflächen zugepreßt wird. Die Schmierung geschieht dabei in Form einer Umlaufschmierung, d. h. der Ölstrom gelangt nacheinander an die verschiedenen zu schmierenden Teile, um nach Beendigung des Kreislaufes im Kurbelgehäuse wieder gesammelt und nach Zusatz einer geringen Menge von Frischöl von neuem verwendet zu werden. Diese Umlaufschmierung hat gegenüber der bei Kraftwagenmotoren gern verwendeten Tauch- oder Schleuderschmierung den Vorzug besserer Wirtschaftlichkeit.

Die Förderung des Öles erfolgt durch Kolben oder Zahnradpumpen, die an der tiefsten Stelle des als Ölsammler dienenden Gehäuses angeordnet sind.

##### Schmierung des Argus-Motors.

In Fig. 148 ist die Schmierung des 120 PS Argus-Motors dargestellt. Die Ölpumpe wird hier von der Kurbelwelle aus

angetrieben, unter Zwischenschaltung eines Kegeltriebes, Schneckenrades und Schnecke.

Die Ölpumpe des Argusmotors ist, ebenso wie die bei den Mercedes-Motoren Verwendung findende, eine mit vier Kolben ausgestattete Zwillingspumpe, welche unter gleichzeitigem Frischölzusatz das benötigte Öl dem Kurbelgehäuse entnimmt und mittels zweier Rohrleitungssysteme den Kurbelwellenlagern zuführt.

Die Lagerschalen haben mit entsprechenden Löchern im Kurbelwellenlagerzapfen übereinstimmende Bohrungen, so daß bei der Drehung der Welle jeweils im Augenblick des Aufeinanderliegens dieser Löcher aus den Lagern Öl in die hohle Kurbelwelle übertritt. In der hohlen Welle gleitet das Öl zum Lagerzapfen für die Pleuelstange, um hier in der gleichen Weise wieder aus der Kurbelwelle heraus in ein an der Pleuelstange entlang geführtes Rohr überzutreten.

Das Öl gelangt dann weiter in das obere Lager der Pleuelstange, schmiert hier den Kolbenbolzen, spritzt nach dem Heraustreten aus dem Bolzenlager gegen die Zylinderwandungen, diese damit schmierend, tropft in das Gehäuse und wird hier aufgefangen, um nach Passieren eines Ölreinigers und abermaligem Frischölzusatz von neuem Verwendung zu finden.

Dieser Kreislauf des Öles ist bei allen deutschen Flugmotoren mit feststehenden Zylindern durchgeführt.

Die Pumpen sind so konstruiert, daß sie ein gleichmäßiges, der Drehzahl entsprechendes Gemenge von Frischöl fördern.

Für die Einfüllung des Öles in das Kurbelgehäuse sind am Gehäuseoberteil Öleinfüllstutzen vorhanden, die gleichzeitig zur Entlüftung des Kurbelgehäuses dienen. Vor Inbetriebnahme des Motors muß das Öl im Gehäuse so weit aufgefüllt werden, daß es bis zu einem seitlich angebrachten Ölkontrollhahn heraustropft, und zwar bei wagerechter Lage des Motors.

Zum Ablassen des Öles aus dem Gehäuse ist an der tiefsten Stelle des Gehäuseunterteils bzw. an der Umlaufpumpe ein besonderer Ablasshahn vorgesehen.

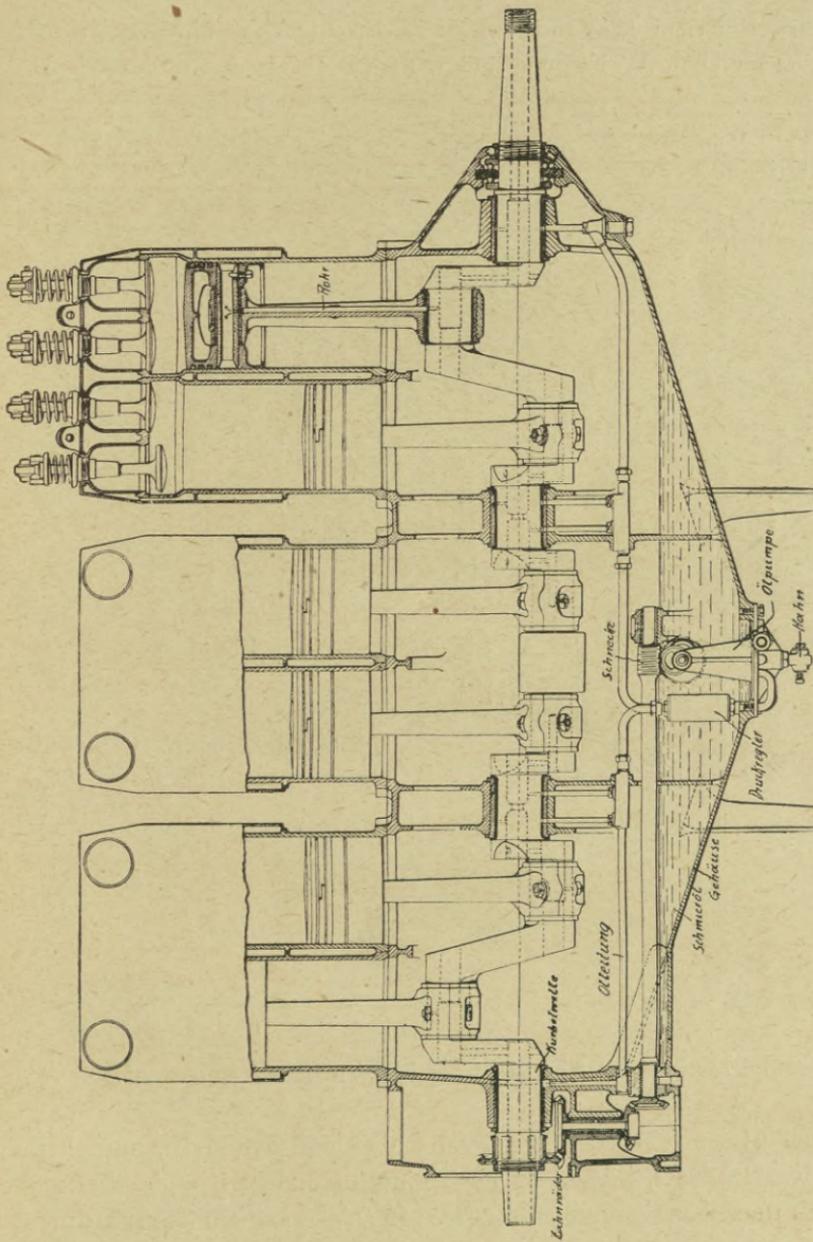


Fig. 148. Schmierung des 120 PS Argus-Motors.

### Schmierung des Mercedes-Motors.

Bei dem Mercedes-Motor ist die Ölzuführung in fast der gleichen Weise wie beim Argus-Motor ausgebildet. Da

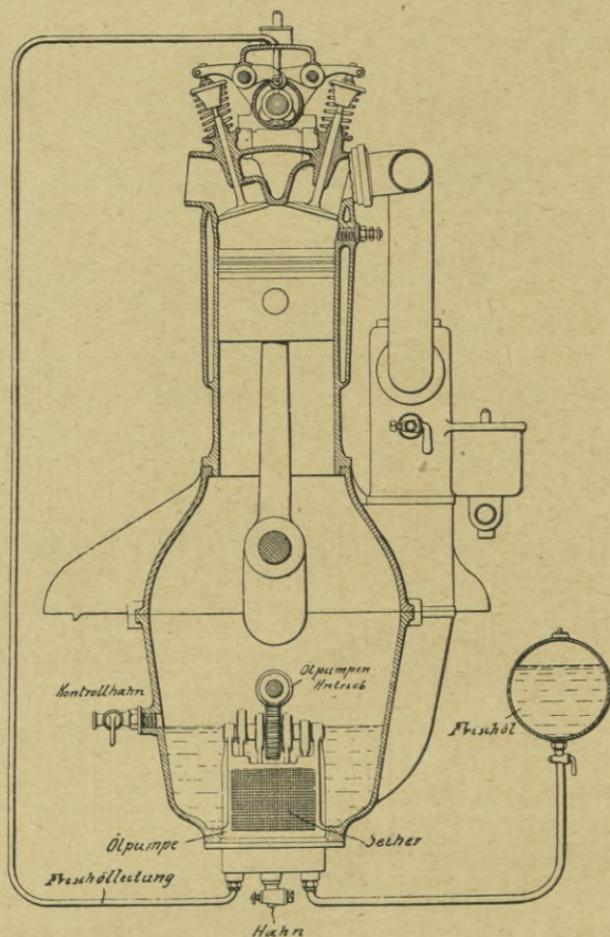


Fig. 149. Schmierölkreislauf der Steuerwelle des Mercedes-Motors.

bei diesem aber die Steuerwelle über den Zylindern, außerhalb des Gehäuses, liegt, ist noch eine besondere Schmierölleitung zu derselben vorgesehen. Fig. 149 zeigt in einem Schnitt durch einen Mercedes-Motor die Anordnung der Schmierölleitung

zur Steuerwelle. Bemerkte sei, daß die Nockenwelle stets nur mit neuem, dem Frischölbehälter entnommenem Öl geschmiert wird.

Bei den älteren Mercedes-Motoren (100 und 120 PS), von denen noch sehr viele in Gebrauch sind, ist die Nockenwelle nicht in den selbsttätigen Kreislauf der Schmierung mit eingeschlossen. In diesem Falle ist im Führersitz eine besondere

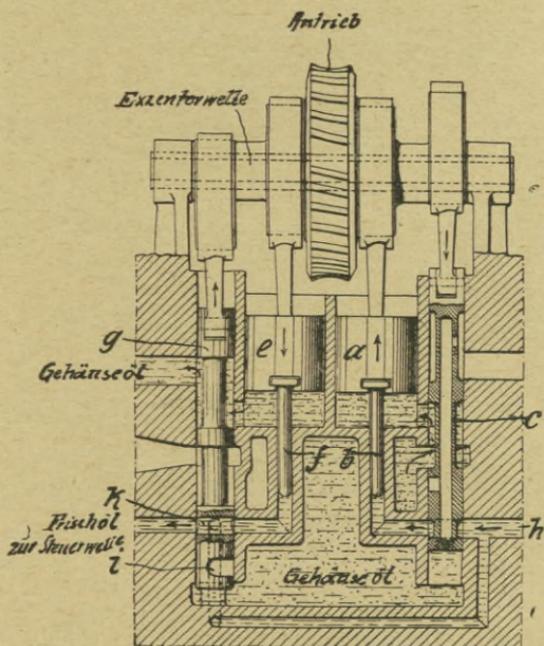


Fig. 150. Mercedes-Ölpumpe. Kolbenstellung im Saughub.

Handölpumpe vorgesehen, vermittels deren der Steuerwelle vor Antritt des Fluges und während desselben von Zeit zu Zeit durch einige Kolbenhübe das nötige Schmieröl zugeführt werden muß.

Die Kurbelwellenlager des Mercedes-Motors erhalten das Schmieröl, ebenso wie beim Argus-Motor, durch eine Kolbendruckpumpe, deren Antrieb von der Kurbelwelle aus erfolgt unter Zwischenschaltung einer senkrechten Welle mit

Kegelradgetrieben, welche wieder eine wagerecht liegende, mit der Pumpe durch Schneckengetriebe verbundene Welle treibt.

Auch hier muß das wiederverwendete, dem Gehäuse entnommene Öl einen besonderen Reiniger durchfließen, ehe es in die Pumpe gelangt.

Die Pumpe, welche das Umlauföl auch hier zunächst wieder zu den Pleuellagern fördert und gleichzeitig mit einer

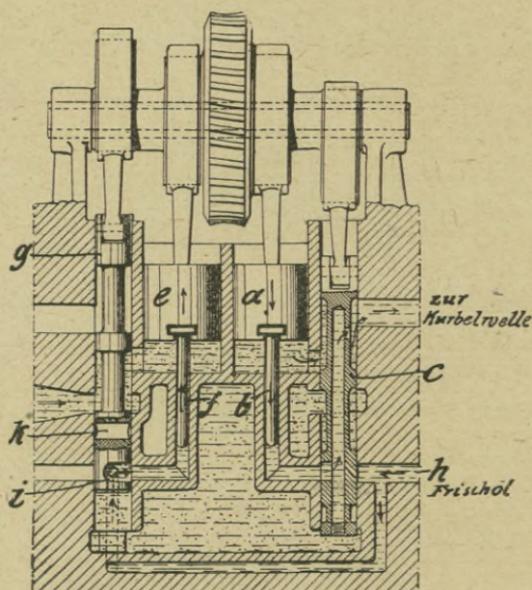


Fig. 151. Mercedes-Ölpumpe im Druckhub.

geringen Menge Frischöl vermischt, enthält nach den Fig. 150/151 zwei Stufenkolben mit je einem Steuerkolben.

Die Stufenkolben *a-b* bzw. *e-f* sind nicht starr miteinander verbunden, also aus einem Stück bestehend, sondern der untere Kolben *b* bzw. *f* hängt, nach allen Richtungen verschiebbar, lose am oberen Kolben *a* bzw. *e*. Auf diese Weise kann jeder Kolbenteil für sich eingeschliffen werden, womit ein gutes Abdichten beider Kolbenstufen in ihren Zylindern gewährleistet ist. Diese Mercedes-Ölpumpe arbeitet folgendermaßen:

Beim Saughub des Stufenkolbens *a-b* wird durch den Steuerkolben *c* der Weg in den Saugraum des Kolbenteiles *a* freigegeben, so daß aus dem Gehäuseunterteil Öl angesaugt wird.

Gleichzeitig tritt unter den darunterhängenden Kolbenteil *b* Frischöl. (Stellung nach Fig. 150.)

Im darauffolgenden Druckhub schließt der Steuerkolben *c* die Verbindung mit dem Kurbelgehäuse ab, während gleichzeitig das Öl durch den niedergehenden Kolben *a* in die zu den Schmierstellen führende Leitung gedrückt wird. Gleichzeitig wird diesem Öl das vom Kolben *b* durch den hohlen Steuerkolben *c* herausgedrückte Frischöl zugesetzt.

An der die Kolben *a*, *b* und *c* betätigenden Exzenterwelle sitzt nun noch der zweite Stufenkolben *c-f* mit seinem Steuerkolben *g*, welcher die in den einzelnen Gehäusekammern besonders bei Schräglage des Flugzeuges sich sammelnden Ölmengen nach dem die Pumpe bergenden Gehäuseteil fördert.

Der große Kolben *e* ist Saug- und Druckkolben dieser Pumpe, während der obere Teil des Steuerkolbens *g* die entsprechenden Verbindungen mit der an die einzelnen Gehäusekammern angeschlossenen Saugleitung bzw. mit dem Gehäuse-Mittelteil herstellt. (Steuerstellung Fig. 150.)

Das zur Schmierung der Steuerwelle erforderliche Frischöl wird durch den unteren Teil *f* des zweiten Stufenkolbens und das untere Ende des Steuerkolbens *g* gefördert, der Zufluß des Öles erfolgt durch Anschluß *h* am Pumpengehäuse und den Ausschnitt *i* im Steuerkolben *g* (Stellung Fig. 151). Die Verbindung mit der zur Steuerwelle führenden Leitung wird beim Druckhub des Kolbenteiles *f* durch den Kanal *b* im Steuerkolben hergestellt. (Kolbenstellung Fig. 150.)

Beim Druckhub des Hauptkolbens *a* wird somit dem den Kurbelwellenlagern zugeführten Umlauföl gleichmäßig eine bestimmte Menge Frischöl zugesetzt, so daß die Schmierstellen ständig eine ausreichende Menge Öl stets gleichmäßig guter Beschaffenheit erhalten, was für die Betriebssicherheit und Lebensdauer des Motors von besonderer Bedeutung ist. Auch die Steuerwelle

erhält infolge der ebenfalls zwangsläufigen Steuerung der Frischölpumpe ständig die erforderliche Ölmenge.

Diese Art der Schmierung des Motors kann also tatsächlich als in jeder Beziehung selbsttätig bezeichnet werden, da, abgesehen von der vorgeschriebenen Füllung des Gehäuseunterteils und des Frischölbehälters vor Antritt des Fluges, eine besondere Wartung nicht erforderlich ist. Nur für gelegentliche Einfettung der Verteilerscheibe der Zündung, Ölung der Ventilschäfte und Schwinghebel und Nachfüllung der Stauffer-Fettbuchsen an Wasserpumpe und Drehzähler ist Sorge zu tragen.

### **Schmierung des Benz-Motors.**

Bei den verschiedenen Typen der Benz-Motoren sind von einander abweichende Pumpenkonstruktionen in Anwendung. In der Ausführung nach Fig. 152 sind 2 Ölpumpen vorgesehen und zwar, in einem Umbau zusammengefaßt, eine Zahnradpumpe für die Umlaufschmierung und eine Kolbenpumpe, welche dem bereits benutzten Öl die zur Auffrischung erforderliche Menge Frischöl zusetzt.

Der von der Steuerwelle aus angetriebenen Zahnradpumpe nach Fig. 154 fließt das Öl durch einen die Pumpe umgebenden Siebkörper zu. Sie drückt es in die innerhalb des Kurbelgehäuses zu den einzelnen Lagern führende Leitung und weiter, wie bei den vorbeschriebenen Einrichtungen, zu den zu schmierenden Stellen des Motors.

Der Druck, unter dem das Öl durch die Leitungen strömt, darf 0,5 Atm. nicht unterschreiten und ist zur Kontrolle desselben ein Ölmanometer vorgesehen.

Die Leitung des Öles vom Pleuelstangenlager zum Kolbenbolzen erfolgt beim Benz-Motor, da seine Pleuelstange hohl ist und runden Querschnitt hat, in einem innerhalb dieser Stange verlegten Röhrchen.

Der Zusatz des Frischöles erfolgt durch die unter der Zahnradpumpe liegende, von dieser aus mittels Schnecke *W* und Schneckenrades *Z* angetriebene Kolbenpumpe. An den

beiden um 180° gegeneinander versetzten Exzentern *C* und *D* hängen die beiden Stempel *A* und *B*, die zwecks Aufnahme

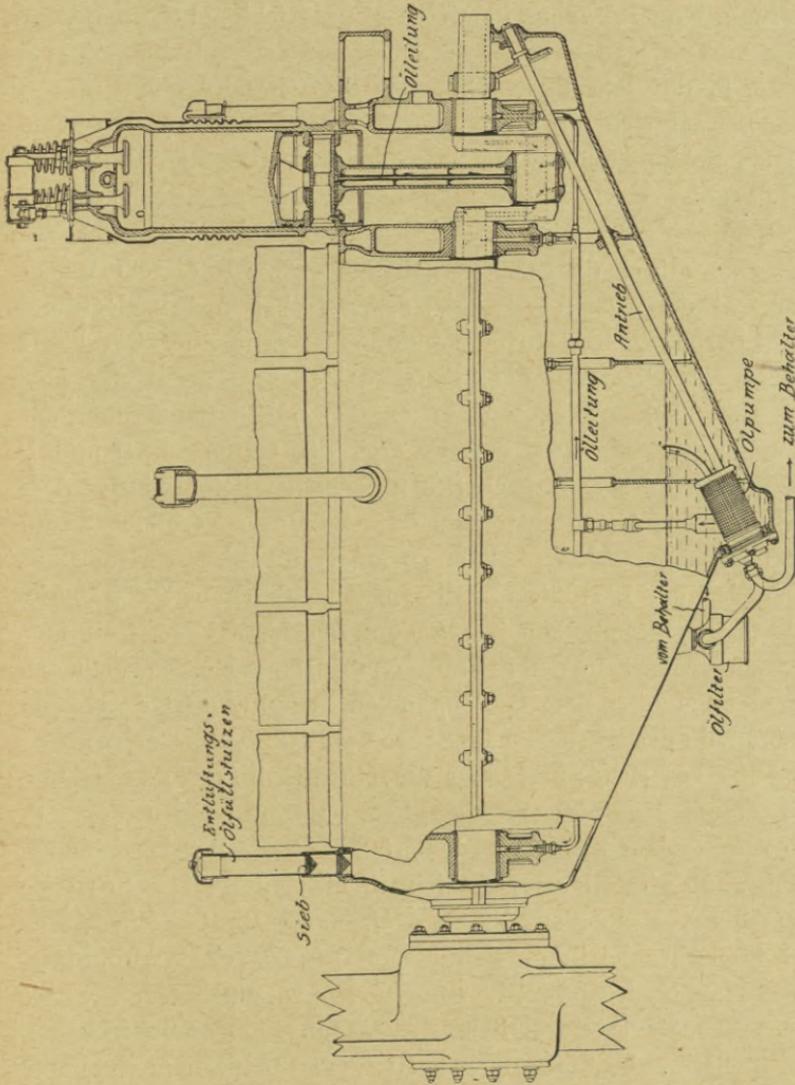


Fig. 152. Schmierung des Benz-Motors.

eines Schlepplagens (*H* und *I*) von untenher auf etwa  $\frac{2}{3}$  der Länge ausgebohrt sind.

Durch die Schleppkolben wird die eigentliche Pumpenwirkung in folgender Weise erreicht:

In Fig. 153 ist der rechte Stempel *B* in der tiefsten Stellung eingezeichnet, in welcher der Schleppkolben *J*, der beim vorausgegangenen Abwärtshub auf den Anschlag *L* aufsetzte, in die Bohrung des Stempels *B* vollständig eingedrungen ist. Bewegt sich nun der Stempel wieder aufwärts, so nimmt er den Schleppkolben, der durch den eingesetzten Bremsring *O* mit einer gewissen Reibung in der Bohrung des Stempels läuft, mit, bis der Anschlag *K* des Schleppkolbens am Gehäuse anliegt, wodurch dieses zurückgehalten wird. In diesem Augenblick hat der Stempel etwa  $\frac{2}{3}$  seines Hubes zurückgelegt und die Bohrung *P* in seiner Wandung tritt mit der Oberkante auf gleiche Höhe mit dem Saugkanal *Q*.

Der noch weiter nach oben bewegte Stempel übt jetzt eine Saugwirkung aus, wobei durch die Öffnungen *Q* und *P* Öl über den festgehaltenen Schleppkolben tritt. Bei der darauffolgenden Abwärtsbewegung des Stempels verbleibt dieses Öl über dem Schleppkolben so lange, bis dieser wieder auf den Anschlag *L* stößt. In diesem Augenblick legt die Unterkante des Stempelkanals *M* den Druckkanal *N* frei und der jetzt wieder in den Stempel eindringende Kolben preßt das im Stempel über dem Schleppkolben befindliche Öl durch den Kanal *N* in das Kurbelgehäuse. Im zweiten Stempel geht genau dasselbe vor sich, nur immer um einen Hub ( $180^0$ ) versetzt.

Durch Herunterschrauben bezw. Herausnehmen der Anschlagsschrauben kann man den größten etwa 4 mm betragenden Kolbenhub einstellen. Der kleinste mit Hilfe dieser Schraube einstellbare Kolbenhub ist etwa  $\frac{1}{2}$  mm. Da die Einstellung der Stellschraube in der Fabrik sorgfältig festgelegt wird, unterlasse man es, irgendwelche Änderungen vorzunehmen, wenn es nicht unbedingt erforderlich ist. Da ungefähr 4 Umdrehungen der Stellschraube die Pumpenleistung von *O* bis zum Maximum verändern, genügt eine halbe höchstens aber eine einmalige Umdrehung der Stellschraube *L*, um Fehler in der Ölförderung zu beheben.

Besonders zu warnen ist davor, die Anschlagstifte künstlich zu verlängern, um einen früheren Anschlag zu erzielen. Der Schleppkolben wird dann früher zu drücken beginnen, als der Druckkanal geöffnet wird, so daß das Öl nicht entweichen kann, ein zu hoher Druck entsteht und Brüche die

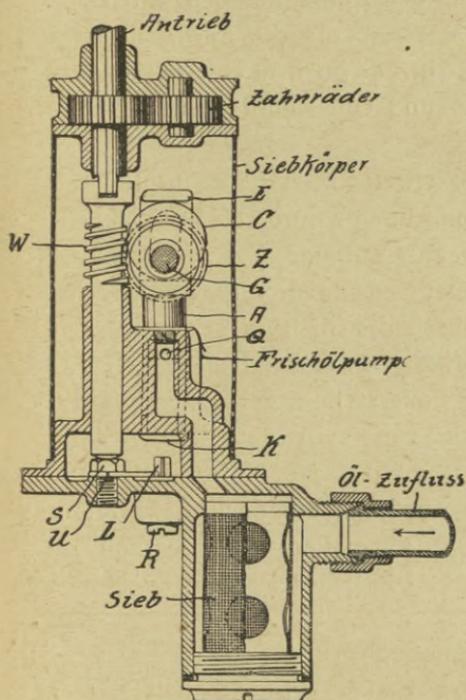


Fig. 153 a.

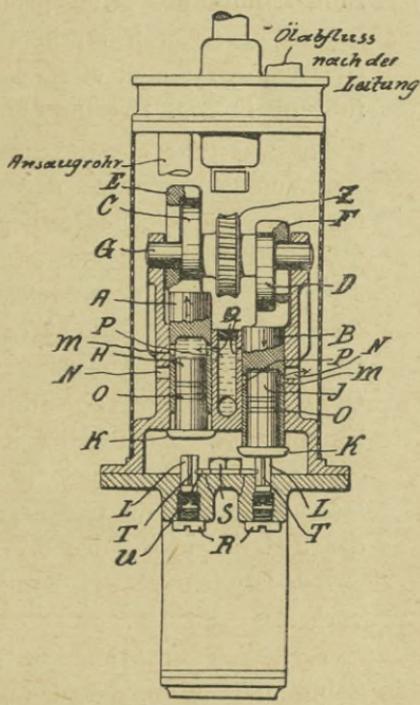


Fig. 153 b.

Fig. 153 a, b. Längs- und Querschnitt durch die Benz-Ölpumpe.

Folge sind. Zur Verhütung eines unbeabsichtigten Verstellens der Schrauben sind sie durch eine von der Schraube *S* gehaltene Feder *U* gesichert.

Der zur Reinigung des Öles bzw. Fernhaltung von Unreinigkeiten aus der Pumpe vorhandene Siebeinsatz ist leicht herausnehmbar und des öfteren nach 10 bis höchstens 15 Be-

triebsstunden sorgfältig in Benzin zu reinigen. Die Beschaffenheit des Öles ist vor jedem Fluge durch Ablassen einer Probe aus dem Gehäuse zu prüfen.

### Neue Benz-Zahnradpumpe.

Die Firma Benz bevorzugt neuerdings für die Ölförderung Zahnradpumpen gegenüber den Kolbenpumpen und sieht bei ihren neueren stärkeren Motoren für die Förderung des Öles eine drei- oder vierfache Zahnradpumpe vor, deren Ausführung in Fig. 154 im Längs- und Querschnitt sowie Grundriß gezeigt ist.

Von dem Zahnrad der Kurbelwelle wird die an der tiefsten Stelle des Kurbelgehäuses liegende Pumpe durch eine Schraubewelle angetrieben. Die untere Zahnradpumpe *A* saugt das Öl durch einen von unten leicht herausnehmbaren Saugkörper aus dem Gehäuse und drückt es durch die Ölleitungen den Kurbelwellenlagern zu. Um eine Gewähr dafür zu haben, daß das Öl mit Sicherheit an alle Schmierstellen gelangt, muß die Pumpe stets einen Überdruck von mindestens 0,7 Atm. erzeugen. Dieser Druck steigt bei kaltem Motor, beim Anlassen, oft auf 1,5 und sogar 2,5 Atm., um nach Erwärmung des Motors auf 1,2 bis 0,7 Atm. abzufallen. Ein Manometer zur dauernden Überwachung des Öldruckes ist also auch hier vorgesehen.

Der Frischölzusatz erfolgt durch die kleine mittlere Zahnradpumpe *B*, die das Öl aus dem Frischölbehälter dem Ölvorrat im Kurbelgehäuse zusetzt. Sie ist so bemessen, daß sie stets mehr Öl fördert, als der Motor im ungünstigsten Falle verbraucht.

Die obenliegende Pumpe *C* saugt aus einem Standrohr, welches in Ölspiegelhöhe in das Gehäuse mündet, evtl. einfließendes im Gehäuse also zu viel vorhandenes Öl ab und drückt es zum Ölbehälter zurück. Liegt der Ölspiegel im Gehäuse unter der Mündung des Standrohres, so werden statt des Öles nur Öldämpfe angesaugt, die sich im Ölbehälter niederschlagen.

Durch diese Anordnung wird also ein ständiger Kreislauf des Öles zwischen Ölbehälter und Kurbelgehäuse und damit ein stets gleichbleibender Ölstand im Gehäuse erzielt. Gleichzeitig wird durch den fortwährenden Zusatz gekühlten Öles eine gute Kühlung bewirkt.

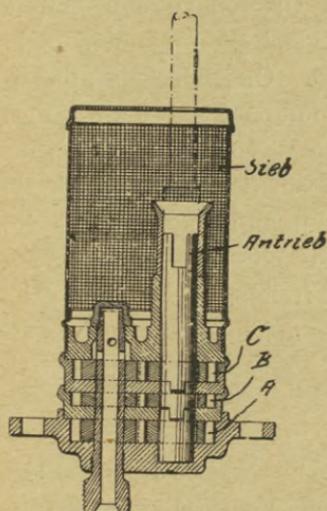


Fig. 154 a.

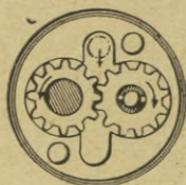


Fig. 154 c.

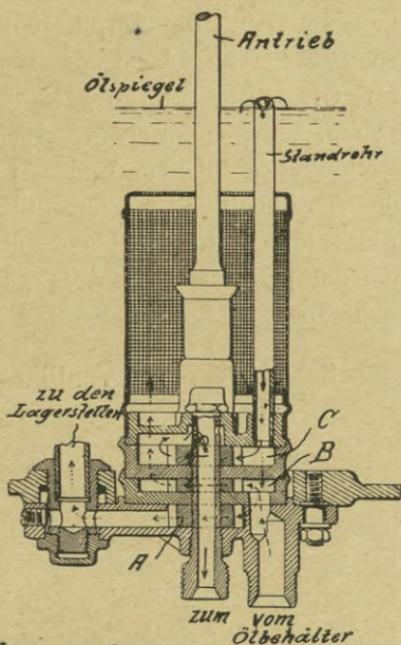


Fig. 154 b.

Fig. 154 a, b und c. Dreistufige Benz-Zahnradölpumpe.

A Umlaufölpumpe  
 B Zulaufölpumpe  
 C Rücklaufölpumpe

Die vierfache Zahnradpumpe unterscheidet sich in der Arbeitsweise von der dreiteiligen Ausführung nur dadurch, daß dann die untere und die obere Pumpe das überschüssige Öl aus dem Kurbelgehäuse zurückbefördern, und zwar so, daß das Standrohr der ersteren, an der Propellerseite des Gehäuses, das der zweiten im hinteren Gehäuseteil mündet, um auch bei starker Schräglage

im Steigen und Gleitflug, einen stets gleichbleibenden Ölstand zu erreichen. Die Rückleitung aus beiden Pumpen erfolgt durch ein gemeinschaftliches Rohr.

Die an den Ölpumpen vorhandenen Ölseiher müssen auch hier am besten vor jedem Fluge gereinigt werden, damit das von Überlaufpumpen zugeführte Öl von Ölkohle befreit wird, die andernfalls die Leitungen verstopfen könnte. Alle Leitungen und die Verschraubungen des Ölsiebdeckels müssen vollkommen abdichten, damit die Ölpumpe keine Luft saugt. Im Ölbehälter ist ein Entlüftungsloch von mindest 3 mm Durchmesser vorzusehen. Auch muß ein Schauglas zur Feststellung des Inhalts und ein Überlaufhahn angeordnet sein, der so hoch sitzt, daß über dem eingefüllten Öl noch Platz für weitere 3 bis 4 Liter Öl freibleibt, welches evtl. bei Schräglagen des Motors aus dem Gehäuse zuviel heraufgepumpt wird.

#### **Schmierung des Ventilgestänges.**

In die Umlaufschmierung nicht eingeschaltet ist das Ventilgestänge. Die Schwinghebel und Ventilschäfte, Ventiloncken und auch die Rollen sind daher oft von der Hand zu ölen. Mit konsistentem Fett (Staufferfett) werden im übrigen bei sämtlichen Motoren stets die Wasserpumpen und der Antrieb des Drehzählers geschmiert. Auf stets genügende Füllung und auch Nachspannung dieser Staufferfettbuchsen ist zu achten. Etwa alle 8 bis 14 Tage ist auch die Zündeinrichtung, und zwar mit bestem Knochenöl, zu schmieren.

Der normale Ölverbrauch ist bei einem 100 PS-Motor mit Umlaufschmierung etwa 1,5 Liter in der Stunde. (Tauchschmierung würde für dieselbe Zeit etwa 5 Liter verlangen!)

Die Beschaffenheit des im Gehäuse befindlichen Öles ist öfter zu prüfen, wobei man zweckmäßig etwas Öl durch den Ablasshahn auf die Hand laufen läßt. Durch Verreiben zwischen den Fingern wird man bei einiger Übung leicht feste Verunreinigungen, wie Sand, Ölkohle usw. feststellen.

Die Auffüllung des Öles darf nur mit den dazu be-

stimmten Gefäßen, die absolut sauber sein müssen, erfolgen. Diese sowie die mit feinmaschigen Sieben versehenen Einfülltrichter und Verschlüsse für das Ölauffüllrohr am Gehäuse sind des öfteren mit Waschbenzin zu reinigen.

## XV. Schmiermittel.

Für die Schmierung der Flugzeugmotoren kommen als Schmiermittel in Frage:

1. Mineralöle,
2. organische Öle,
3. konsistente Fette.

Die Mineralöle sind, wie bereits im Absatz „Brennstoffe“ erläutert wurde, die bei der Destillation des Erdöles zuletzt, d. h. bei Temperaturen über  $300^{\circ}$ , übertretenden Bestandteile desselben. Zur Verwendung kommen nun nicht einfache Mineralöldestillate, sondern die erheblich besseren Raffinate.

Diese Raffinate müssen, da sie mit Schwefelsäure ausgeschüttelt werden, gut ausgewaschen sein und dürfen an Unreinigkeiten ungünstigstenfalls

- 0,03  $\frac{0}{0}$  Säure,
- 0,05  $\frac{0}{0}$  Asphalt,
- 0,05  $\frac{0}{0}$  Asche

enthalten.

Höherer Gehalt an Säuren und Alkalien, Harzen und Asphalt machen ein Öl für die Schmierung eines Flugzeugmotors unbedingt ungeeignet. Das Vorhandensein ersterer wird in der bekannten Weise durch die Lackmuspapierprobe, letzterer durch Auflösung in Benzin festgestellt.

Bei den im Flugzeugmotor zur Verwendung kommenden Mineralölen darf der Flammpunkt, gemessen im geschlossenen Pensky-Martens-Ofen, nicht unter  $150^{\circ}\text{C}$  und der Brennpunkt nicht unter  $190^{\circ}\text{C}$  liegen.

Für die Bewertung der Güte eines Schmieröles ist seine Viskosität (Schmierfähigkeit) maßgebend.

Die Messung der Zähflüssigkeit erfolgt mittels Viskosimeter nach Fig. 155, womit festgestellt wird, welches Verhältnis zwischen der Ausflußgeschwindigkeit von Öl und Wasser besteht. Die gefundene Verhältniszahl wird nach dem Entdecker dieses Meßverfahrens als Grad „Engler“ bezeichnet.

Das Viskosimeter besteht aus einem doppelwandigen Gefäß, in dessen innerem Behälter das zu prüfende Öl und in dessen äußerem Raume eine das erstere anwärmende Ölfüllung untergebracht ist. Die während des Versuches auf gleicher Höhe

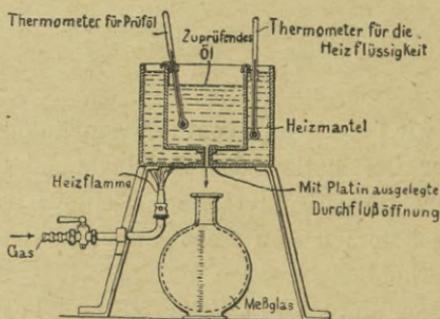


Fig. 155. Viskosimeter.

zu haltende Temperatur sowohl des zu prüfenden als auch des Heizöles wird durch entsprechend angeordnete Thermometer dauernd geprüft.

Im Boden des Gefäßes befindet sich eine genau kalibrierte mit Platin ausgelegte Ausflußöffnung. Es wird nun

festgestellt, in welcher Zeit bei einer bestimmten Temperatur eine bestimmte Menge des Öles ausläuft und damit verglichen, welche Zeit die gleiche Menge Wasser zum Auslaufen beansprucht. Beträgt beispielsweise die Auslaufzeit für 200 ccm Wasser 52 Sekunden und für 200 ccm Öl bei der gleichen Temperatur 520 Sekunden, so ergibt sich die Viskosität aus  $\frac{520}{52} = 10^0$  E.

Je höher die Anzahl der Engler-Grade bei hoher Temperatur ist, als desto besser in bezug auf Schmierfähigkeit wird man im allgemeinen das Öl bezeichnen können.

An organischen Ölen kommt das Rizinusöl, ein aus der Rizinuspflanze gewonnenes Öl, zur Anwendung. Das Rizinusöl hat eine bedeutend höhere Viskosität als die Mineralöle, sie

beträgt bei 20°C 130 Grad Engler, bei 50°C noch 40° E. und bei 100°C noch 7° E.

Das Rizinusöl ist nicht, wie die Mineralöle, in Benzin und Benzol, dagegen aber in Alkohol löslich. Die Unlöslichkeit in Benzin ist der Grund für die bevorzugte Verwendung des Rizinusöles in den Umlaufmotoren, wo der Brennstoff mit dem Schmiermittel erheblich inniger in Berührung kommt als bei den Standmotoren.

Das spezifische Gewicht der Mineralöle sowohl als auch der organischen Öle liegt bei 0,960.

Die konsistenten Fette (Staufferfett) sind meist Mineralfette mit Zusätzen von Kalkseife und pflanzlichen Fetten. Zur Zeit wird gerade in konsistenten Fetten viel Unbrauchbares geliefert, selbst Tonzusätze zu Vaseline sind schon festgestellt worden, so daß sich hier besondere Vorsicht empfiehlt.

Im Flugzeuge kommen konsistente Fette, d. h. Staufferfette oder Vaseline, nur vereinzelt für solche Stellen in Anwendung, wo aus besonderen Gründen eine Ölschmierung nicht angebracht ist, z. B. für die Wasserpumpe, Kugellager und Gelenkbolzen.

In geringeren Mengen kommt auch noch feines Knochenöl für den Flugzeugmotor in Frage, und zwar zur Schmierung der Zündapparate.

Die Lagerung des Öles erfolgt am besten in Holzfässern mit Zapfhahn.

Das Auffüllen des Öles muß stets durch einen Öltrichter mit eingebautem Sieb und Filter nach Fig. 156 erfolgen.

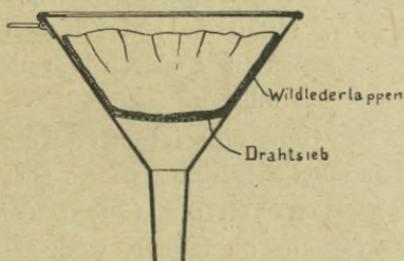


Fig. 156. Ölfülltrichter mit Filter.

## XVI. Kühlung.

Zweck der Kühlung ist die Abführung der im Explosionsraum entstehenden Wärme, die sich ohne diese Ableitung auf alle Teile des Motors fortpflanzen und schließlich ein Versagen des Motors herbeiführen würde.

Die Explosionstemperatur liegt zwischen  $1600^{\circ}$  und  $2000^{\circ}$ , wogegen der Motor am günstigsten bei Erwärmung nicht über etwa  $70^{\circ}$  arbeitet. Von der dem Zylinder im Brennstoffgemisch zugeführten Wärmemenge (10 000 Kal.) werden im Motor nur etwa  $22\%$  (2288 Kal.) nutzbringend verarbeitet, während  $39\%$  (4056 Kal.) durch den Auspuff verloren gehen und die restlichen  $39\%$  durch Wärmestrahlung und Kühlung abgeführt werden müssen.

Ohne eine intensive Kühlung wäre auch eine Schmierung unmöglich; ferner würde sich das eintretende Gasgemisch, abgesehen von der Gefahr der Selbstzündung, infolge der Erwärmung ausdehnen, wodurch die Füllung verschlechtert und der Wirkungsgrad des Motors weiterhin herabgesetzt werden würde.

Die notwendige Abführung der Eigenwärme des Motors kann nun entweder durch Luftkühlung, wobei man durch Ansetzen von Kühlrippen an Zylinder usw. oder künstlichen Luftzug die Wärmeableitung unterstützt, oder durch Wasserkühlung erfolgen. In Deutschland ist die Wasserkühlung bei Standmotoren allgemein durchgeführt, obgleich die Luftkühlung insofern erstrebenswert wäre, als das Gewicht des Motors, berechnet auf die Pferdestärke, erheblich geringer wird als bei Wasserkühlung. Luftkühlung wenden wir z. Zt. nur bei den Umlaufmotoren an, während die Franzosen auch Standmotoren mit einfacher Luftkühlung in Gebrauch haben. Allerdings genügt hier der im Fluge entstehende Luftzug für die Kühlung nicht. Diese wird vielmehr durch Einbau eines Ventilators unterstützt.

Das Kühlwasser kühlt die Zylinderwandungen, insbesondere auch Explosionsraum und Ventildführungen, und wird dann in besondere Kühler geleitet, wo es auf die als zweckmäßig erkannte Anfangstemperatur heruntergekühlt wird, um darauf wiederum in den Zylinder zu treten. Eine Abzweigung der Kühlwasserleitung führt in der Regel eine kleinere Wassermenge zum Vergaser, mit dem Zweck, hier das Gasgemisch vorzuwärmen.

### Wasserpumpe.

Der erforderliche Kreislauf des Wassers wird bei den Flugmotoren durch eine Schleuderpumpe bewirkt. In Fig. 157 ist dieser Kreislauf des Kühlwassers dargestellt.

Die Ausführung der Pumpe ergibt sich aus Fig. 158. Es ist dies eine vom Motor aus angetriebene Kreiselpumpe, der das Wasser unter Gefälle zulaufen muß, da sie lediglich als Druckpumpe, niemals als Saugpumpe arbeiten kann.

Die günstigste Wassertemperatur liegt bei etwa 73° für den Wasserzulauf und bei 67° für den Wasseraustritt aus dem Kühler. Die dauernde Kontrolle der Wasserwärme erfolgt durch elektrische Widerstandsthermometer mit Fernanzeiger im Führersitz.

Im Durchschnitt sind bei den Motoren auf die PS/Std. etwa 400 Wärmeinheiten abzuführen. Da die Temperatur des Wassers im Kühler um etwa 5° C herabgesetzt wird, so sind für eine PS/Std.  $\frac{400}{5} = 80$  Liter Wasser zu kühlen, d. h. von der Pumpe durch die Kühlanlage hindurchzudrücken.

Die in einer Sekunde von der Pumpe zu liefernde Wassermenge in Litern errechnet sich hiernach aus der Formel  $\frac{80 \cdot N}{3600}$ , worin  $N$  die Anzahl der vom Motor geleisteten PS bedeutet. Aufmerksamkeit erfordert bei dieser Pumpe die Schmierung. Ölschmierung ist ausgeschlossen, da das Öl sich mit dem Wasser mischen und ein schnelles Verschmutzen der Kühl-

anlage herbeiführen würde. Die Pumpe wird aus diesem Grunde durch eine Staufferfettbuchse mit konsistentem Fett geschmiert.

Für gutes Abdichten der Pumpenpackung ist zu sorgen, damit nicht während des Fluges das Wasser verloren geht. Wenn das dafür vorgeschriebene Dichtmaterial nicht zur Hand ist, kann man sich durch zerzupfte Leinwand, die mit Talg oder anderen tierischen Fetten getränkt wird, behelfen. Un-

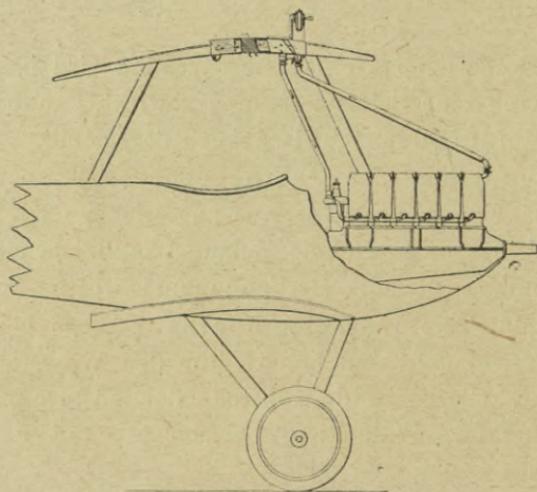


Fig. 157. Wasser-Kreislauf.

bedingt zu vermeiden ist, wegen der Gefahr des Fressens, die Verwendung von Werg.

Da das Wasser ein sehr guter Wärmeleiter ist, ist die auf diese Weise erreichte Kühlung des Motors, sachgemäße Konstruktion besonders des Zylinderkopfes vorausgesetzt, eine wirksame und zuverlässige.

#### **Kühlwasserleitung.**

Bei der Konstruktion des Zylinderkopfes ist, ebenso wie beim Verlegen der Kühlwasserleitungen, ganz besonders darauf

zu achten, daß die Entstehung von Luft- bzw. Dampfsäcken ausgeschlossen ist. Auch dürfen in den Leitungen nirgends scharfe Knicke, an denen sich das Wasser stauen kann, vorhanden sein. An allen Abzweigungen sind daher stets genügend weite Bogen, niemals T- und Kniestücke, zu verwenden. Stets auf gutes Abdichten der Schlauchverbindungen (Fig. 167) bedacht sein!

### Kühlertypen.

Als Baustoff für die Kühler eignen sich gut wärmeleitende Metalle, wie Messing und Aluminium, am besten. Anstrich von Kühlern ist, da wärmeisolierend wirkend, zu vermeiden. Die Ausführung erfolgt entweder als Lamellen- oder als Röhrenkühler, wobei stets besonderer Wert darauf gelegt ist, daß bei möglichst geringem Querschnitt der wasserleitenden Teile eine recht große, von der Luft bestrichene Oberfläche vorhanden ist.

Beim Lamellensystem sind wellenförmig gepreßte Bleche so zusammengelötet, daß abwechselnd Durchlaßöffnungen für die Luft und Kanäle für den Wasserstrom entstehen (Fig. 165).

Die Röhrenkühler dagegen bestehen aus runden oder quadratischen, in entsprechend gelochte Böden eingesetzte Röhren, wobei die Luft durch die Röhren, das Wasser durch

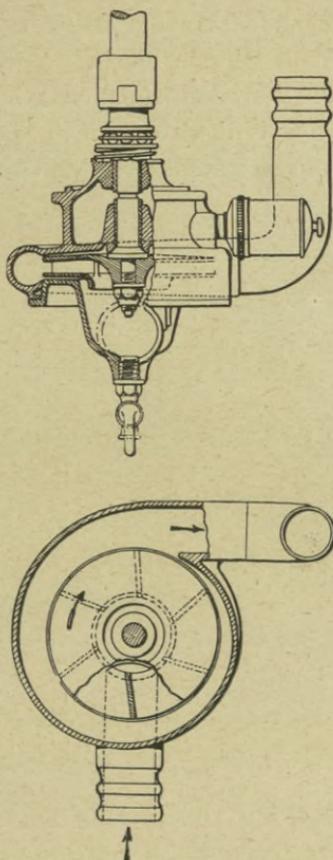


Fig. 158.  
Wasser-Schleuderpumpe.

den Raum zwischen diesen fließt (Fig. 166). Sind die Röhren von quadratischem Querschnitt, so sind die zwischen den horizontal liegenden Wänden verbleibenden Zwischenräume meist mit Lot ausgefüllt, so daß das Wasser nur durch die senkrecht stehenden Kanäle fließt und die durch das Verlöten entstandenen Rippen als indirekte Kühlfläche wirken.

Von den ziemlich zahlreichen Kühlertypen sind neben den Stirnkühlern nach Fig. 159 in neuester Zeit vorwiegend die den geringsten Stirnwiderstand ergebenden Tragflächenkühler

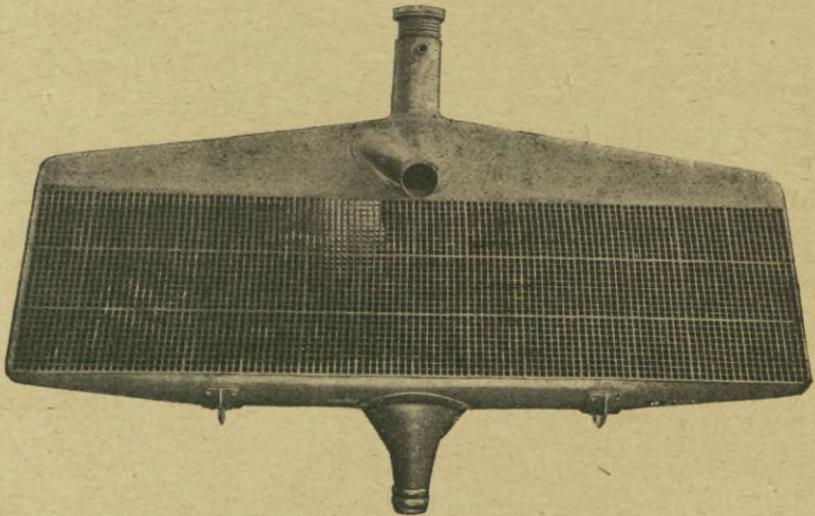


Fig. 159. Stirnkühler.

nach Fig. 160 in Aufnahme gekommen, während die früher viel angewandten Scheitelkühler vollständig verschwunden sind. Seitenkühler nach Fig. 161 sowie Flossen- oder Ohrenkühler nach Fig. 162 werden, ebenso wie der Windhoff-Kühler nach Fig. 163 jetzt vorwiegend bei Schulflugzeugen und ähnlichen angewandt.

#### **Prüfung von Kühlern.**

Zur Beurteilung eines Kühlers ist die Prüfung recht zahlreicher Punkte nötig.

Insbesondere ist das Gewicht des Kühlers leer und voll (d. h. mit der gesamten, für die betreffenden Anlage erforderlichen mitzuführenden Wassermenge) mit der Kühlwirkung zu vergleichen.

Weiter ist Wert auf geringe Abmessungen bezw. mit diesen zusammenhängenden Luftwiderstand und möglichst

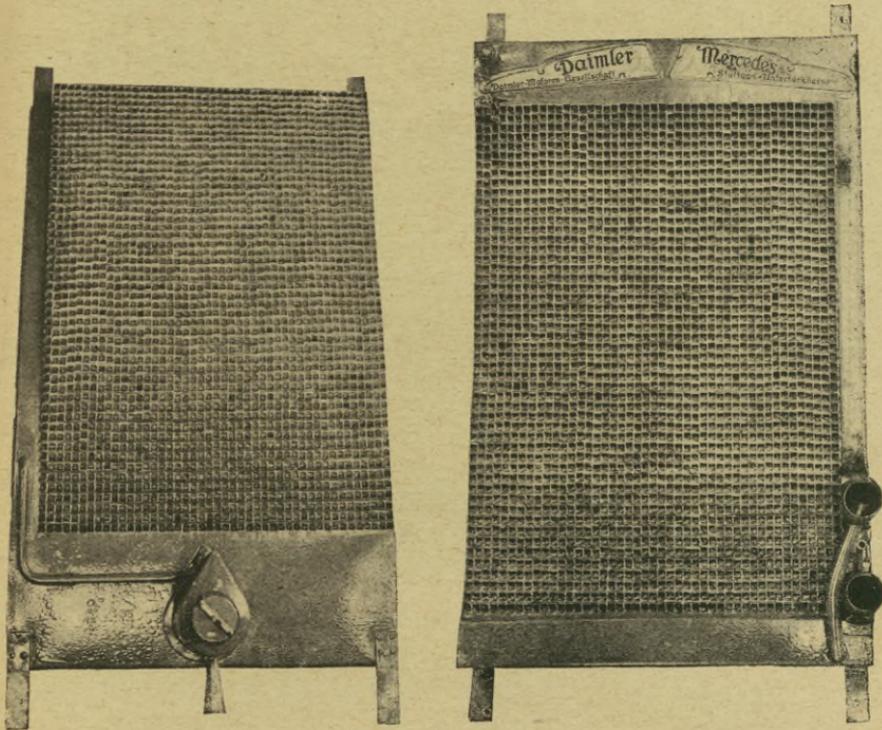


Fig. 160. Tragflächenkühler.

niedrigen Wasserwiderstand zu legen. Je größer der dem Kühlwasser im Kühler entgegengesetzte Widerstand, desto geringer wird die von der Pumpe geförderte Wassermenge werden.

Der dem Wasser im Kreislauf durch die Kühlanlage normalerweise entgegengesetzte Widerstand beträgt etwa 5 m W. S., die sich je zur Hälfte auf den Kühler und den

Motor mit Leitungen verteilen. Kühleranlagen mit höherem Widerstand sind als nicht geeignet abzulehnen.

Der Luftwiderstand der Kühler erreicht im Mittel 5% der Motorleistung. Die Luftgeschwindigkeit in den Röhren beträgt etwa 0,82 bis 0,85 der Geschwindigkeit der außen vorbeistreichenden Luft. Der Luftwiderstand steht im Zusammenhang mit der Kühlwirkung, hoher Widerstand ergibt schlechte Kühlwirkung.

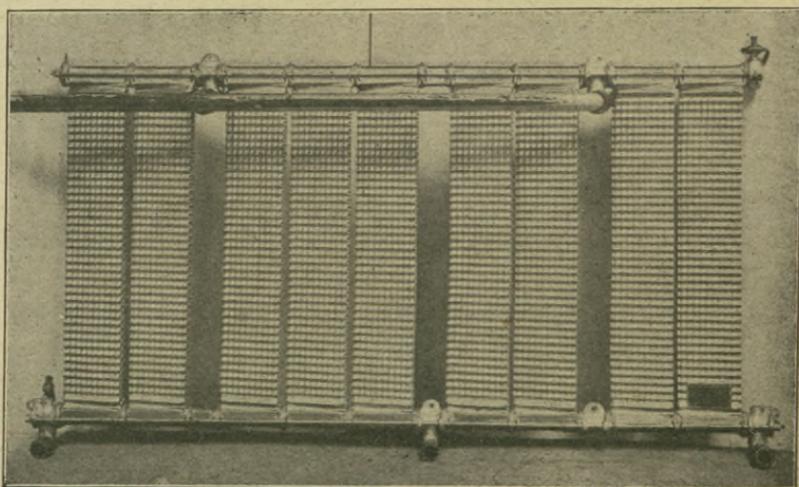


Fig. 161. Seitenkühler.

### Kühlwasser.

Bezüglich des Kühlwassers, der Kühlwasserzusätze für Frostwetter sowie der Behandlung der ganzen Kühleranlage überhaupt wird auf Abschnitt XIII, Startbereitschaft, in Band I „Praxis des Flugzeugbaues“ hingewiesen.

Kurz erwähnt sei hier nur folgendes:

Als Kühlwasser nur abgekochtes oder Regenwasser, niemals kalkhaltiges, hartes Wasser verwenden.

Im Winter Kühlwasser kochend bei zunächst offenen Hähnen unter ständigem Durchdrehen des Motors auffüllen.

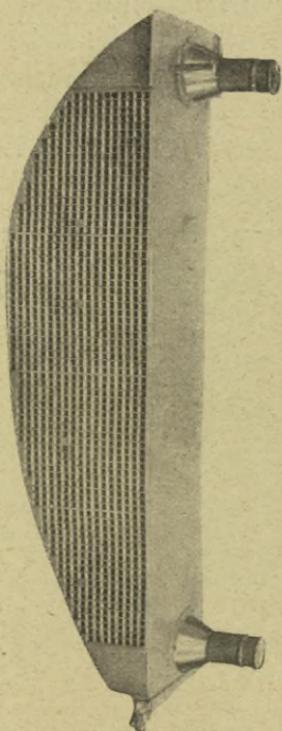


Fig. 162.  
Flossen- oder Ohrenkühler.

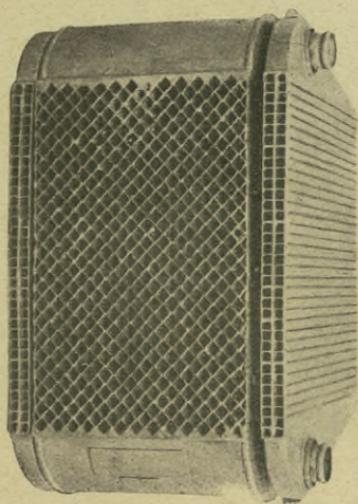


Fig. 163 a.  
Windhoff-Kühler.

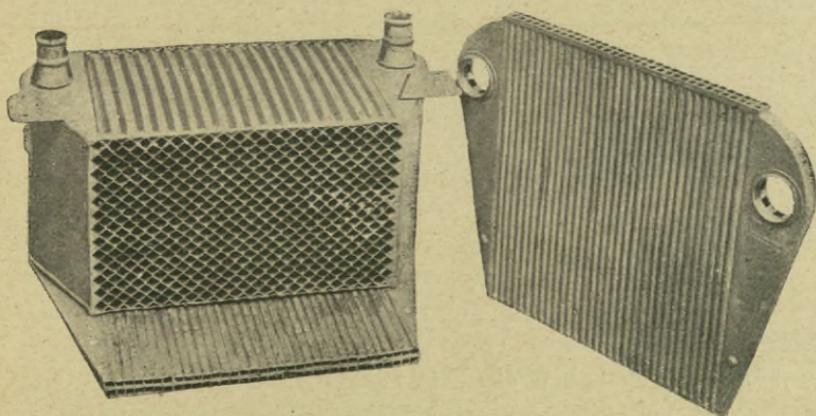


Fig. 163 b. Windhoff-Kühler.

Bei sehr starkem Frost dabei den Kühler mit wollenen Decken einhüllen.

Zur Herabsetzung des Gefrierpunktes, soweit vorhanden,

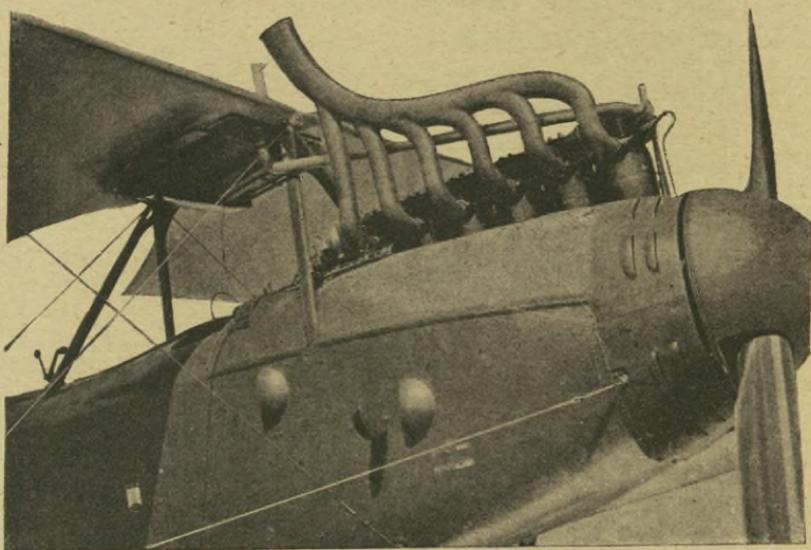


Fig. 164. Mercedes-Motor mit Tragdeckkühler.

Spiritus zusetzen. Am günstigsten ist in dieser Beziehung das z. Z. jedoch nicht für diesen Zweck verfügbare Glyzerin.

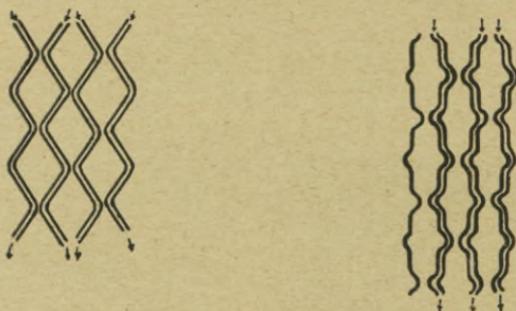


Fig. 165. Kühler im Lamellensystem.

Im übrigen haben die Erfahrungen im Felde gezeigt, daß man selbst bei starkem Frost bei einiger Sorgfalt und Vorsicht auch ohne derartige Zusätze auskommen kann.

Zur Entfernung von Fett aus dem Kühler dient eine Sodalösung, 1 kg Soda auf 10 l Wasser.

Kesselstein wird entfernt durch Aufgießen einer Lösung von  $\frac{1}{4}$  l Schwefelsäure in 10 l Wasser, die nach etwa 15 Minuten

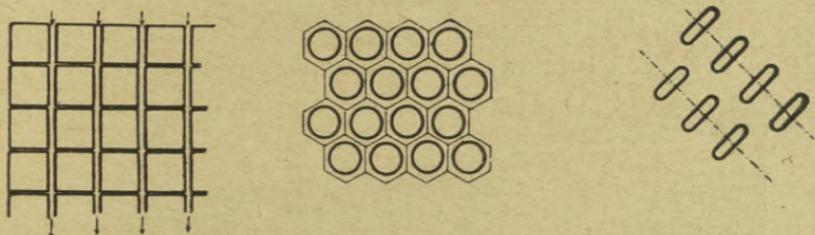


Fig. 166. Röhrenkühler.

wieder abzulassen ist. Danach muß kräftig mit Wasser, dem Salmiakgeist zugesetzt ist, nachgespült werden.

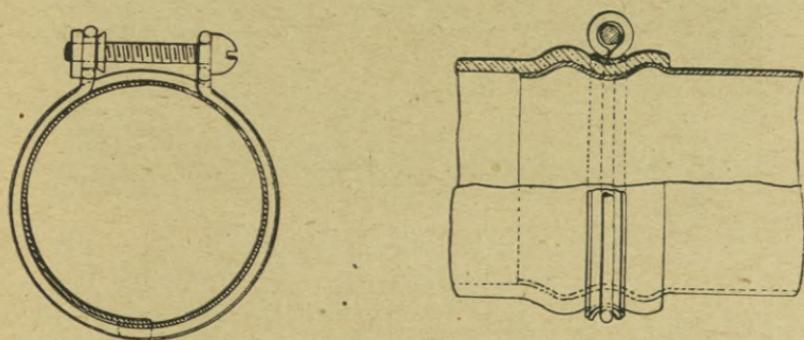


Fig. 167. Schlauchverbindung

## XVII. Auspuffsammler.

Die verbrannten Gase treten nicht direkt aus den Zylindern ins Freie, sondern werden zuvor einem Auspuffsammler, auch Auspufftopf oder Schalldämpfer genannt, zugeführt. Dieser Auspuffsammler hat die Aufgabe, das Geräusch des Auspuffschalles zu dämpfen, gleichzeitig aber auch die Auspuffflamme

unsichtbar zu machen, was für Nachtflüge, wo diese ein gutes Ziel bietet, von Bedeutung ist.

Außerdem soll er die Gase in einer Richtung ableiten, wo weder die Insassen des Flugzeuges belästigt, noch Teile des Flugzeuges beschädigt werden können.

Die an den Auspuffsammler zu stellenden Anforderungen, denen z. Z. noch keineswegs sämtliche verwendeten Typen genügen, wären etwa folgende:

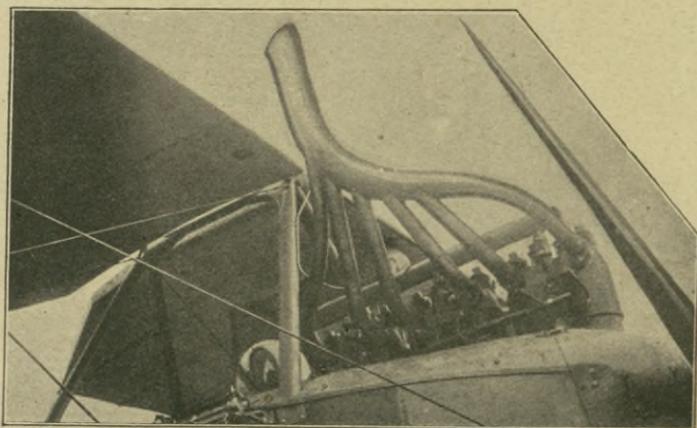


Fig. 168. Mercedes-Motor mit Füllhornsammler.

A. Möglichst gute Schalldämpfung, weniger zu dem Zweck geringerer Belästigung des Flugzeugführers, als vielmehr zur Verhütung allzu frühzeitigen Wahrnehmens des nahenden Flugzeuges durch den Feind. Die Schalldämpfung soll dabei durch Ausgleich der Ungleichförmigkeit des Abgasstromes und durch Drosselung in Verbindung mit einem Windkessel (Topf) erreicht werden. In dieser Beziehung lassen die bisher gefundenen Formen noch recht viel zu wünschen übrig.

B. Vernichtung der Auspuffflamme bei Nachtflügen. Die heraustretenden Gase erzeugen mitunter Flammen bis zu 1 m Länge, die durch gute Kühlung verhindert werden können. Da die Flammenbildung bei Temperaturen unter  $600^{\circ}$  aufhört,

müssen die Abgase im Auspuffsammler so weit heruntergekühlt sein, ehe sie an die Luft treten.

C. Der Luftwiderstand des Auspuffsammlers muß so gering als möglich gehalten werden, die Formen müssen also

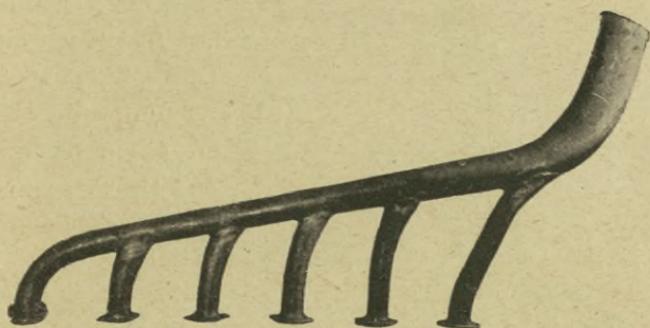


Fig. 169. Füllhornsammler.

nach Möglichkeit dem Stromlinienkörper (Tropfenform) angepaßt und Prallflächen vermieden sein.

D. Das Gewicht ist in den niedrigsten Grenzen zu halten, da zu schwere Auspufftöpfe zu stark vibrieren und das Flug-



Fig. 170. Füllhornsammler.

zeug ungünstig erschüttern. Im Notfall unterstützt man den Sammler durch Absteifen, wobei jedoch ein leichtes Federn nicht ganz ausgeschlossen werden darf. Derartige Stützen dürfen nicht am Flugzeug, etwa am Spannturm u. a., befestigt sein, sondern müssen mit dem Motor in Verbindung stehen, da sie andernfalls ein Abreißen des Sammlers eher beschleunigen statt verhüten.

E. Durch entsprechende Ausführungsformen müssen Betriebsstörungen nach Möglichkeit ausgeschaltet sein. Die durch

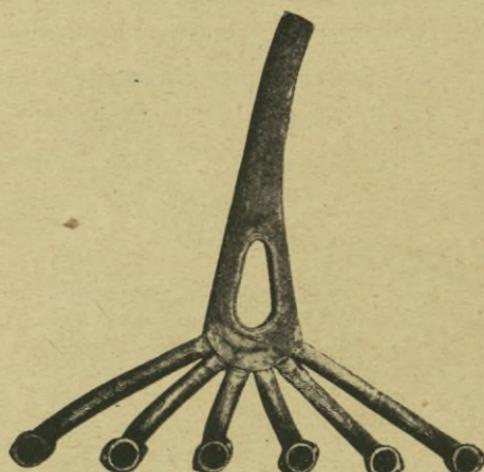


Fig. 171. Auspuffsammler in Form der „Spinne“.

die Erwärmung bedingte Ausdehnung des Motors bzw. des Auspuffsammlers (bei Eisen auf 1 m Länge bei je 100° etwa 1,1 mm!) verursacht sehr oft schon nach kurzer Zeit Brüche, zumindest aber starkes Verziehen, so daß oft ein an einem Motor bereits im Betrieb gewesener Sammler nicht wieder angeschraubt werden kann, wenn er einmal abgenommen wurde.

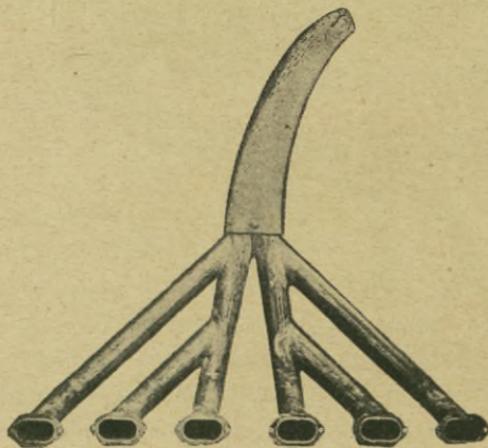


Fig. 172. Auspuffsammler „Spinne“.

Die Temperatur der Auspuffgase schwankt während des Vollaufs des Motors zwischen 800 und 900 Grad.

Aus diesem Grunde ist es nötig, die Auspuffsammler so zu bauen, daß die einzelnen Anschlußstutzen etwas federn, um durch diese Beweglichkeit ein bequemes Anpassen zu erzielen.

Auch empfiehlt es sich, die Flanschen mit nachgebenden Dichtungen und Langlöchern zu versehen, sowie zur Befestigung möglichst Messingmuttern zu verwenden, da diese nicht festbrennen.

Bezüglich der Ausführung ist außerdem zu beachten, daß der Sammler nicht zu nahe am Motor sitzen darf, da die von diesem ausströmende Wärme den Motor unzulässig erwärmen würde und das Öl im Motorengehäuse verdampfen könnte.

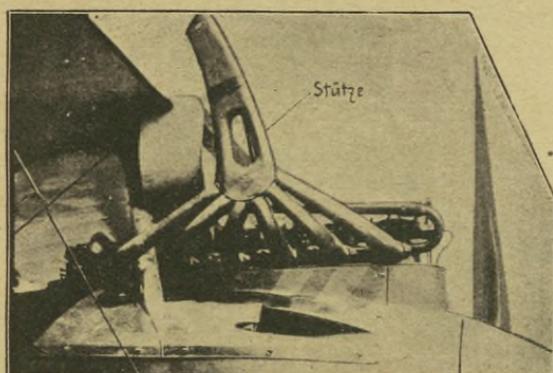


Fig. 173. Spinne mit Stütze.

#### Formen der Auspuffsammler.

An deutschen Flugzeugen werden vorwiegend Auspuffsammler in Formen nach Fig. 168 bis 174 verwandt. Die

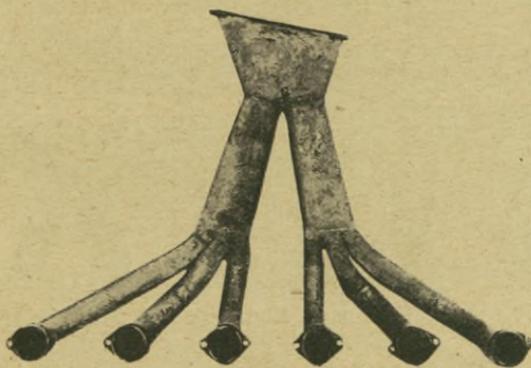


Fig. 174. Sonderausführung der Spinne.

Sammler Fig. 168 bis 170 zeigen die Form des Füllhornes. Sie zeichnen sich durch gute Elastizität der einzelnen Anschlußarme aus, die ein leichtes Anpassen ermöglicht. Eine Schalldämpfung wird bei diesen Sammlern nicht erreicht.

Die Sammler nach Fig. 171 bis 174 werden auf Grund der langen Arme mit Spinne bezeichnet. Auch hier ist ein leichtes Anpassen gewährleistet, jedoch läßt, ebenso wie bei den Füllhornsammlern, die Schalldämpfung viel zu wünschen

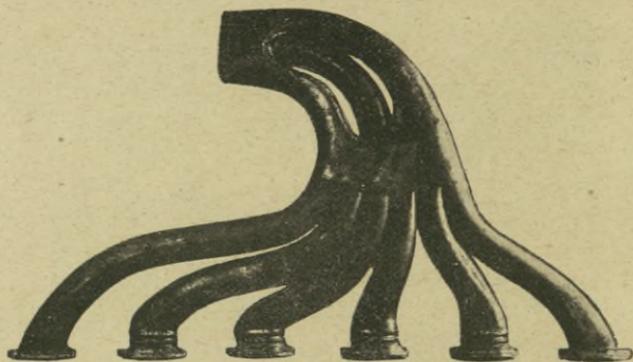


Fig. 175. Neuer Auspuffsammler, Mittelflansche beweglich.

übrig. Nachteilig ist bei diesen Sammlern die große, infolge der Einzelzuführung der verschiedenen Arme entstehende flache Seitenfläche im Auspuffrohr. Um diese zu unterbrechen, ist bei dem Sammler Fig. 171 eine Aussparung vorgesehen.

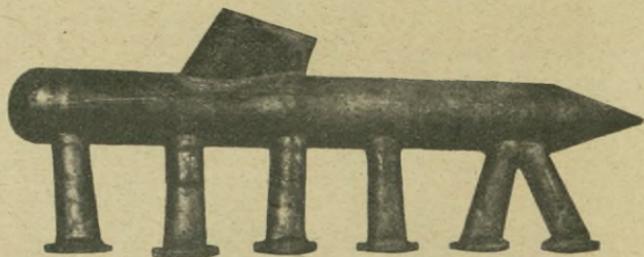


Fig. 176. Auspuffsammler, Endrohre fest, Mittelrohre lose.

Eine neuere Ausführungsform zeigt der Sammler Fig. 175. Ebenfalls einer Spinne ähnlich, sind hier elastische Arme vorhanden, deren Anpaßfähigkeit dadurch noch besonders vergrößert wird, daß die Flanschen nur an den beiden Endarmen fest, an den mittleren 4 Rohren jedoch gelenkig angebracht sind.

Die hier vorhandene starre Verbindung der weit auseinanderliegenden Endenarme statt zweier nebeneinander sitzender ist insofern fehlerhaft, als die Ausdehnung infolge der starken Ausdehnung im Betriebe die Eckverbindungen zu sehr beansprucht und Brüche entstehen.

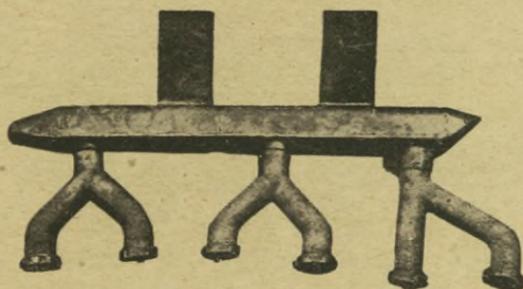


Fig. 177. Beardmore-Sammler.

Der gleiche Fehler ist bei dem Auspuffsammler Fig. 176 gemacht, wo die Endrohre fest, die 3 Mittelrohre lose ineinandergesteckt sind.

Die Schalldämpfung ist bei dieser Form gegenüber den vorherbeschriebenen erheblich günstiger.



Fig. 178. Neuer Beardmore-Sammler.

Alle Sammler nach Fig. 169 bis 176 sind autogen geschweißt.

Fig. 177 zeigt einen Auspuffsammler, bei dem die äußeren Stützen an jedem Ende gelenkig angebracht, während die beiden mittleren Stützen nur lose aufgesteckt sind. Es ist dies eine ältere Ausführung des englischen Beardmore-Motors. Eine neuere von Beardmore angewandte Form zeigt Fig. 178.

Dieser Topf ist nicht geschweißt, sondern die Stützen sind angenietet, wodurch ein besseres Nachgeben der Stützen als

bei Schweißung erreicht wird. Auch die Schalldämpfung ist bei diesem Sammler ganz leidlich.

Die beste Schalldämpfung wurde bisher bei dem von Renault angewandten Auspufftopfe nach Fig. 179 erzielt. Das Anpassen ist durch reichlichere Anwendung von gelenkigen

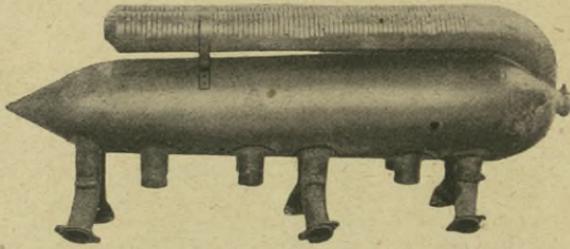


Fig. 179. Renault-Auspuff-Sammler.

Verbindungen erleichtert, wie durch Anieten der Anschlußstutzen (statt Schweißung) auch auf die Ausdehnung infolge der Erwärmung Rücksicht genommen ist.

Fig. 180 und 181 zeigen zwei beim Hispano-Suiza-Motor angewandte Sammler. Beide sind geschweißt.

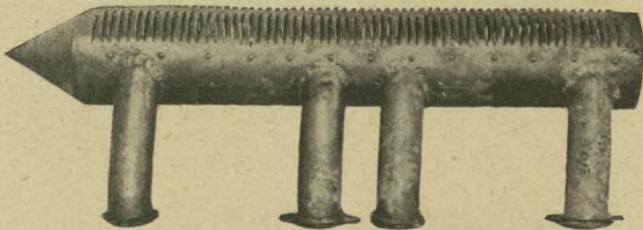


Fig. 180. Auspuffsammler des Hispano-Suiza-Motors.

Der Sammler nach Fig. 181 wird besonders für Nachtflüge geeignet sein, da das lange, die Auspuffgase gut kühlende Rohr die Auspuffflamme unterdrückt. Auch die Schalldämpfung ist bei beiden Ausführungen infolge der stärkeren Drosselung verhältnismäßig günstig.

Bemerkenswert ist noch ein neuerer Topf für den Maybach-

Motor nach Fig. 182 insofern, als die Anschlußstutzen für die Befestigung des Topfes am Zylinder aus nicht vibrierenden Gußeisenformstücken bestehen, die durch längsbeweglich eingesteckte Flußeisenrohre verbunden sind. Schweißstellen sind nicht vorhanden. Ungünstige Rückwirkung der evtl. zum Glühen

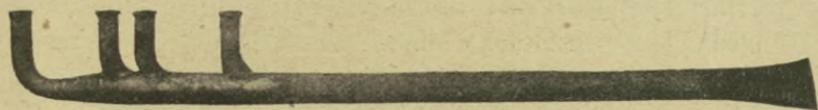


Fig. 181. Hispano-Suiza-Sammler für Nachtflüge.

kommenden Rohre auf den Zylinder ist durch ein eingeschaltetes Schutzblech vermieden.

Die neuesten Versuche zur Unsichtbarmachung der Auspuffflamme führten zur Herstellung eines Sammlers mit hun-

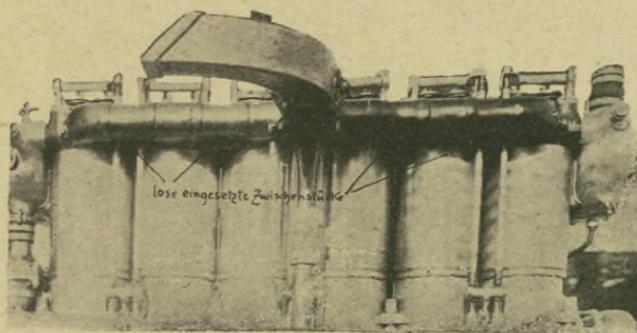


Fig. 182. Sammler des Maybach-Motors.

dert von kleinen Austrittsöffnungen, wodurch statt einer großen viele kleine Flammen erzielt werden. Diese Flammen sind ganz erheblich weniger als eine geschlossene große Flamme sichtbar.

## XVIII. Untersuchung und Neumontage eines Motors.

Die verschiedensten Störungen, verdächtige Geräusche, Klopfen oder auch Brüche können Veranlassung geben, einen Motor auszubauen und auseinander zu nehmen.

Aber auch ohne eigentliche Beschädigung von Motorteilen wird von Zeit zu Zeit eine ein vollständiges Auseinandernehmen bedingende Untersuchung und gründliche Reinigung des Motors nötig, da er nach einer gewissen Betriebsstundenzahl unregelmäßig zu arbeiten beginnt und seine Leistung heruntergeht.

Man rechnet im allgemeinen bei einem Standmotor mit 40 bis 50, bei einem Umlaufmotor mit höchstens 20 Betriebsstunden, nach welcher Zeit dann wieder eine Untersuchung erfolgen muß. Vereinzelt vorkommende Rekordziffern in Betriebsstundenzahlen — auch über 100 Betriebsstunden kommen zuweilen vor — dürfen nicht verallgemeinert werden und sind auf keinen Fall im Feld-Flugbetriebe zu verzeichnen.

### Auseinandernehmen eines Mercedes-Motors.

Der Abbau eines Mercedes-Motors beginnt mit der Entfernung der Steuerung, des dazu gehörigen Schutzgehäuses für die Antriebsräder und der Ölleitung, worauf die Dekompressionsvorrichtung und der Druckluftpumpenantrieb, die Vergaserleitungen, der Vergaser selbst und die Kühlwasserleitung abzunehmen ist. Nachdem weiter die Zündkabel entfernt und die Zündkerzen aus den Zylindern herausgeschraubt sind, können die Zylinderbefestigungen gelöst und die Zylinder abgehoben werden. Dieses Abnehmen der Zylinder hat mit Vorsicht zu geschehen, damit die Kolben nicht nach der Seite fallen, wobei die Pleuelstangen das Kurbelgehäuse beschädigen würden.

Sind nur Zylinder, Kolben und Ventile nachzusehen, so brauchen die Zündapparate und ihre senkrecht stehende An-

triebsschwelle nicht entfernt zu werden. Da sich aber meist wohl die Untersuchung auf alle Teile erstrecken wird, muß in der Regel auch das Gehäuseoberteil abgebaut werden.

Nach Abnahme der Kolben von den Pleuelstangen wird zu diesem Zweck das Hebelwerk des Zündzeitpunkt-Verstellungsgestänges an den Zündapparaten sowie die Zündapparate selbst entfernt. Nachdem weiter die Wasserpumpe abgebaut wurde, kann nach Lösen der die beiden Gehäuseteile verbindenden Schrauben der Gehäuseoberteil abgehoben und die Kurbelwellen aus den Lagern genommen werden. Zum Schluß wird dann noch aus dem Gehäuseunterteil die Ölpumpe ausgebaut und die Pleuelstangen nach Lösen der ihre Lagerdeckel haltenden, gut gesicherten Mutterschrauben abgenommen.

### **Untersuchung und Instandsetzung.**

Der Motor ist damit in seine Einzelteile zerlegt, die nunmehr einer eingehenden Untersuchung auf Abnutzung, Bruch und sonstige Fehler unterzogen werden können.

Zunächst werden sämtliche Teile — nur bei den Zündapparaten unterbleibt dies besser — sorgfältig durch Abwaschen in Waschbenzin, Abpinseln und Spritzen gereinigt.

Bei der nun folgenden Untersuchung als unbrauchbar sich erweisende Teile werden durch neue ersetzt. Nur geringe Abweichungen von den ursprünglichen Formen, z. B. Undichtigkeit von Ventilen infolge Verschleiß, werden durch Nacharbeiten beseitigt.

Besonders sorgfältig werden die Durchmesser der Zylinder mittels Lehren geprüft. Unrund ausgelaufene Zylinder werden, falls die Abweichung nur gering ist, d. h. innerhalb der zulässigen Grenzen bleibt, durch Nachschleifen auf Spezial-Zylinderschleifmaschinen wieder brauchbar gemacht. Derart nachgearbeitete Zylinder sind am Flansch als solche durch Einkerbung besonders zu kennzeichnen.

In dieser Weise werden alle Einzelteile des Motors und die Zubehörapparaturen wie Vergaser, Öl- und Wasserpumpe, Zündapparate usw. untersucht und wieder brauchbar gemacht.

Vor dem Wiedereinbau werden alle Teile noch einmal mit Benzin gereinigt und die Ölleitungen im Gehäuse und der

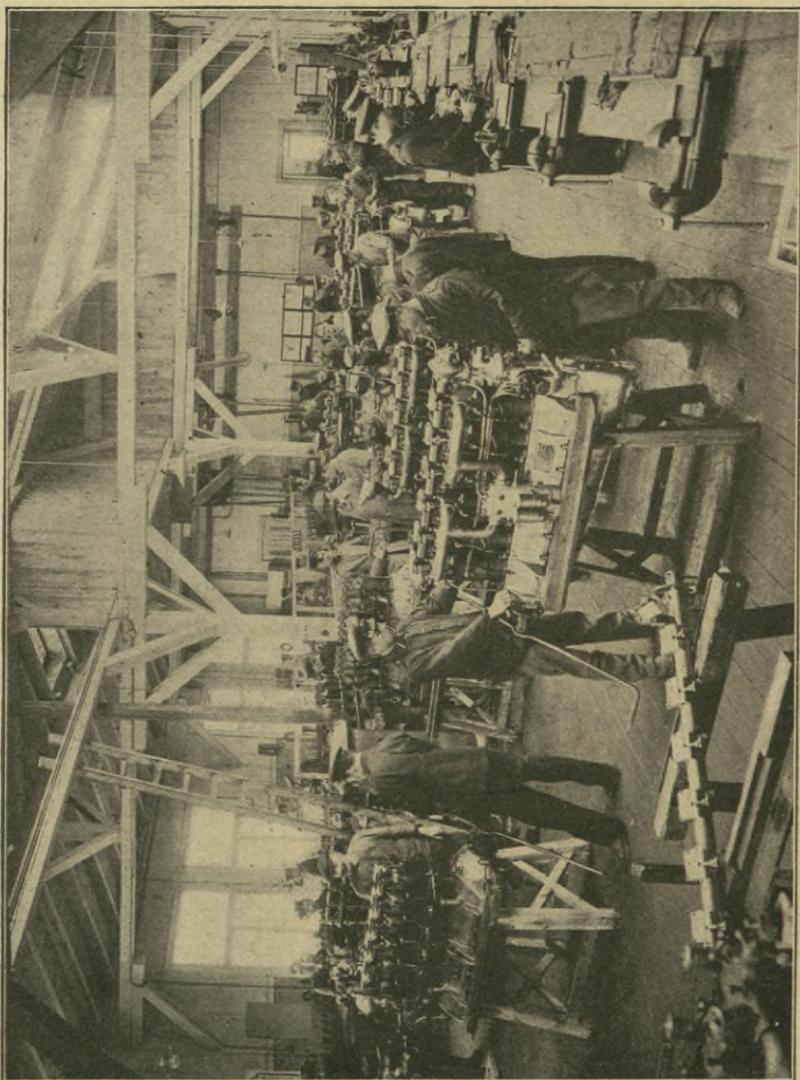


Fig. 183. Motoren-Reparaturwerkstatt.

Kurbelwelle durch Durchspritzen von Benzin unter Druck von allen vielleicht darin noch enthaltenen Ölrückständen und

Schmutzteilen befreit. Zu prüfen ist im übrigen hiernach besonders, ob die einzelnen Verschlußdeckel der Ölleitungen in der Kurbelwelle noch dicht halten.

### Neumontage eines Mercedes-Motors.

Der Neuaufbau des Motors beginnt mit dem Wiederaufbau der Ölpumpe und der zugehörigen, das Öl den einzelnen Lagern zuführenden Leitungen in das Kurbelgehäuse. Sind deren Befestigungsschrauben durch Versplinten gesichert, so wird das Antriebsgestänge eingesetzt.

Gleichzeitig baut man in die Kurbelwelle die Pleuelstangen mit richtiger Spannung in den Lagern an, wobei zu beachten ist, daß sich die Seiten der I-förmigen Pleuelstangen, an denen die Ölröhrchen sitzen, jeweils innen paarweise gegenüberliegen und daß die Deckelschrauben der Pleuellagerdeckel sorgfältig zu sichern sind. Nunmehr kann die Kurbelwelle mit den angebauten Pleuelstangen vorsichtig in ihre Lager im Gehäuseunterteil gelegt und das Innere der Welle mittels Ölspritze mit Öl gefüllt werden; dann kommt, unter besonderer Beachtung des Druckkugellagers, das Gehäuseoberteil darauf. Die zur Verbindung der beiden Gehäuseteile dienenden Schrauben erhalten beiderseits Unterlegscheiben. Sprengringe sind zu vermeiden, da sich diese mit der Zeit in das Aluminium eindrücken.

Nach dem Anbringen des Antriebsgestänges für die Steuerung füllt man das Gehäuse bis zum Kontrollhahn mit Öl und dreht mittels aufgesetzter Kurbel die Kurbelwelle in der Laufrichtung des Motors so lange durch, bis die Ölpumpe durch alle Leitungen Öl gedrückt hat und dieses in den Kopflagern sämtlicher Pleuelstangen austritt. Auf diese Weise wird gleichzeitig das Arbeiten der Ölpumpe und die Dichtigkeit der Ölleitungen einwandfrei geprüft.

Ist bis dahin alles in Ordnung, so erfolgt der Anbau der Kolben an die Pleuelstangen, wobei man vorteilhaft mit den mittleren Kolben 3 und 4 beginnt. Pleuelstange, Kolbenbolzenlagerung und Kolben müssen derart genau zusammenpassen,

daß die Gleitbahn des Kolbens in jeder Kurbelstellung nach allen Seiten absolut senkrecht steht. Um die Lage des Kolbens nach dem Auswinkeln (Fig. 184) zu prüfen, setzt man die Zylinder vollständig trocken, ohne Öl, über die Kolben (ohne

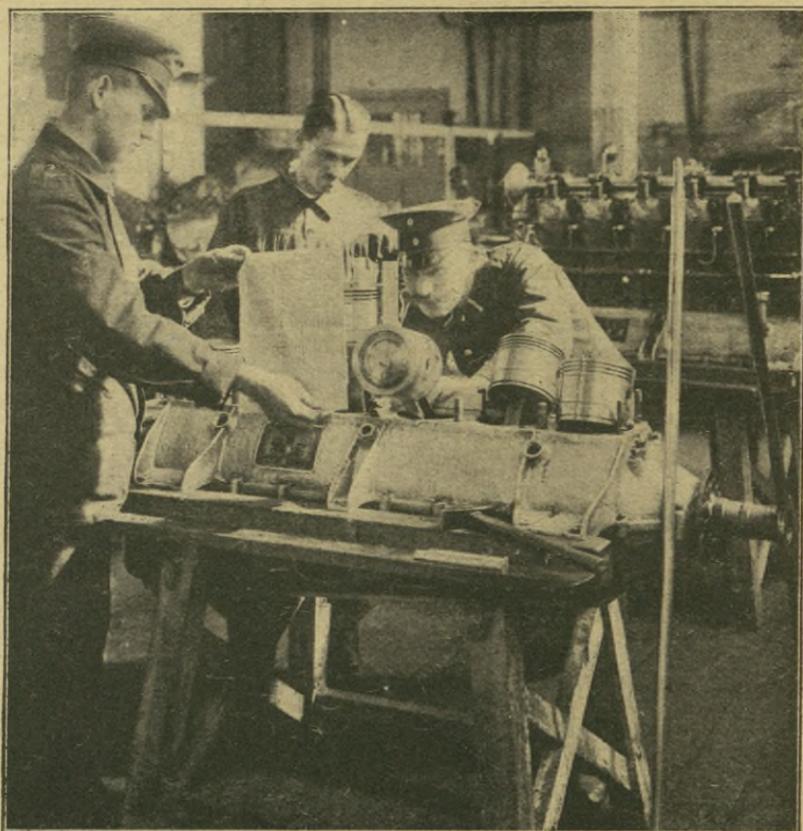


Fig. 184. Auswinkeln eines Kolbens.

Kolbenringe) und dreht, ohne die Zylinder festzuhalten oder festzuschrauben, den Motor langsam durch, wobei die Zylinder ruhig stehen bleiben müssen.

Nach dem Ausrichten der Kolben 3 und 4 nimmt man am besten die nächstliegenden 2 und 5 und zuletzt die äußeren

Kolben 1 und 6 vor. Ist die einwandfreie Stellung aller Kolben festgestellt, so werden die gut geölten Kolbenringe eingelegt und die Zylinder wieder übergeschoben und verschraubt.

Darauf kann man die Vergaser anbringen und die Ansaugrohre anpassen, was besondere Sorgfalt erfordert, da sämtliche Flanschen einwandfrei abschließen müssen.

Nunmehr prüft man nochmals die Stellung der Vertikalwelle für den Steuer- und Pumpenantrieb, wobei in den Kegelrädern eine Wenigkeit Luft zu geben ist, überzeugt sich mit Hilfe eines Lineals, ob alle Zylinder genau gleiche Höhe haben, und legt danach die Nockenwelle über die Zylinder, wobei die sowohl am Antriebskegelrad als auch am Kegelrad der Nockenwelle vorgesehenen Montagezeichen übereinstimmen müssen.

Beim nun folgenden Einstellen der Ventile ist den Kipphebeln auf der Einlaßseite etwa 0,4, auf der Auslaßseite etwa 0,7 mm Zwischenraum zu geben.

Die Magnetapparate werden jetzt angebracht und zwar so, daß zwischen Vertikalwellengehäuse und Magnet wenigstens 0,1 mm Luft und auch zwischen den Magnetkegelrädern etwas Spiel bleibt. Die Einstellung der Magnete erfolgt so, daß sie auf der Auslaßseite etwa 14 mm, auf der Einlaßseite etwa 11 mm Frühzündung geben, bezogen auf die Entfernung von Kolbenobenkante unter höchster Kolbenstellung im Totpunkt.

Beim richtigen Zusammenbau des Motors müssen sich im oberen Totpunkt, d. h. beim Anfang des Saughubes im Zylinder 1, sämtliche Montagezeichen auf den Zahnrädern der Kurbelwelle und dem Gehäuse (Pfeile) genau decken.

### Zusammenbau des Benzmotors.

Beim Benzmotor sind die Vorarbeiten ähnlich. Die Pleuelstangen werden hierbei der Reihenfolge nach vom Propeller-

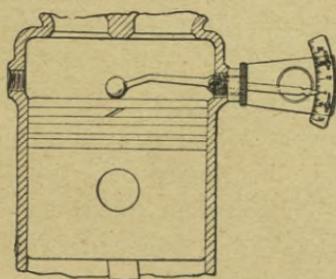


Fig. 184a. Einstellnadel.

zapfen aus an der Kurbelwelle befestigt. In das Gehäuse baut man zunächst Wasserpumpe, Ölpumpe und Benzinreiniger ein, wobei die aus Umlauf- und darunterliegender Frischölpumpe bestehende Schmierölpumpe sorgfältig auf leichten Gang und Dichtigkeit zu prüfen ist. Darauf gießt man etwa 1 l Öl in das Gehäuseunterteil und setzt mit Hilfe einer Handbohrmaschine die Umlaufpumpe in Tätigkeit, bis an allen Kurbelwellenlagern im Gehäuseunterteil Öl austritt. Nun wird die Kurbelwelle in das Gehäuseunterteil gelegt, und zwar so, daß die markierten Zähne der einzelnen Zahnräder an Steuerwelle, Kurbelwelle und Zwischenräder gleichzeitig ineinandergreifen.

Darauf kann das Gehäuseoberteil aufgesetzt und die Gehäuseendschrauben gleichmäßig und fest angezogen werden. Der Kolbeneinbau erfolgt genau wie beim Mercedes-Motor. Zuvor wird festgestellt, ob die Kolben im Zylinder und die 4 Kolbenringe in ihren Stößen das vorgeschriebene Spiel haben.

Nach dem Aufsetzen der Zylinder und deren Befestigung erfolgt der Anbau der Vergaser und ihrer Ansaugrohre. Die Drosselschieber der Vergaser müssen sich leicht in ihren Führungen drehen, ohne jedoch seitlich Luft zu haben.

Die Ventilschwinghebel werden angeschraubt. Diese müssen festsitzen, ohne den Rand des Federtellers zu berühren. Nach dem Einsetzen der Stößelstangen gibt man zwischen den Rollen der Schwinghebel und den Ventilschäften gleichmäßig etwa 0,3 mm Zwischenraum.

Darauf werden die Magnetapparate auf den Sockel aufgepaßt, auch hier wieder unter Beachtung des nötigen Spiels in den Zahnrädern. Beim Benz-Motor wird, im Gegensatz zum Mercedes-Motor, bei beiden Magneten gleichmäßige Frühzündung vorgesehen. Zum Schluß wird das Gehäuse mit Öl bis zum Kontrollhahn gefüllt.

Der Benz-Motor ist richtig zusammengebaut, wenn bei Stellung des ersten Zylinders auf Zündung das rote Feld und die Striche am Verteilerzahnrad der Magnete aufeinanderstehen und wenn der markierte Zahn des Steuerwellenrades im Schauloch erscheint, wobei die Striche am Propellerzapfen und Gehäuse eine Linie bilden.

## XIX. Einbau des Motors in das Flugzeug.

Hat der Motor nach beendetem Wiederaufbau den Versuchslauf auf dem Prüfstand zur Zufriedenheit bestanden und die daraufhin vorgenommene Untersuchung Fehler nicht festgestellt, so kann der Einbau in das Flugzeug erfolgen.

Im Absatz XI „Fertigmontage“ des ersten Bandes ist dieser Arbeit bereits Beachtung geschenkt worden, so daß hier nur der Vollständigkeit halber kurz noch einmal bemerkt sei:

Nachdem man sich davon überzeugt hat, daß der auf Böcken wagerecht bereitgelegte Rumpf in allen seinen Teilen, insbesondere aber das Motorlager und die Motorböcke, sich in ordnungsgemäßem Zustande befinden, vor allem auch die Schweißstellen etwaiger Befestigungswinkel, Laschen usw. einwandfrei beschaffen sind, kann der Motor hereingesetzt werden.

Nicht versäumen darf man, das aufgebockte Rumpffende mittels Sandsacks oder durch andere Gewichte genügend zu beschweren, um ein Überschlagen beim Einbringen des Motors zu verhüten.

Der Motor wird am besten mittels Krans oder im Felde durch Flaschenzug eingehoben, ausgerichtet und durch die sofort zu sichernden Motorbefestigungsschrauben befestigt (Fig. 185).

Daraufhin werden unter Vermeidung von Luftsäcken und scharfen Knicken die Brennstoff-, Öl- und Wasserleitungen verlegt bzw. angeschlossen und der Motor mit Zündkerzen und Zündkabeln, Kurzschluß- und Massekabeln versehen.

Weiter werden die zum Schutz an den Auslaßöffnungen der Zylinder sitzenden Deckel entfernt, an deren Stelle entsprechende Dichtungsringe gelegt und mit besonderer Sorgfalt bezügl. einwandfreien Abdichtens der Auspuffsammler befestigt.

Das Gestänge vom Vergaser sowohl als auch von den Zündapparaten zum Führersitz hin wird angebracht und die biegsame Welle für den Antrieb als Drehzähler nach der Vor-

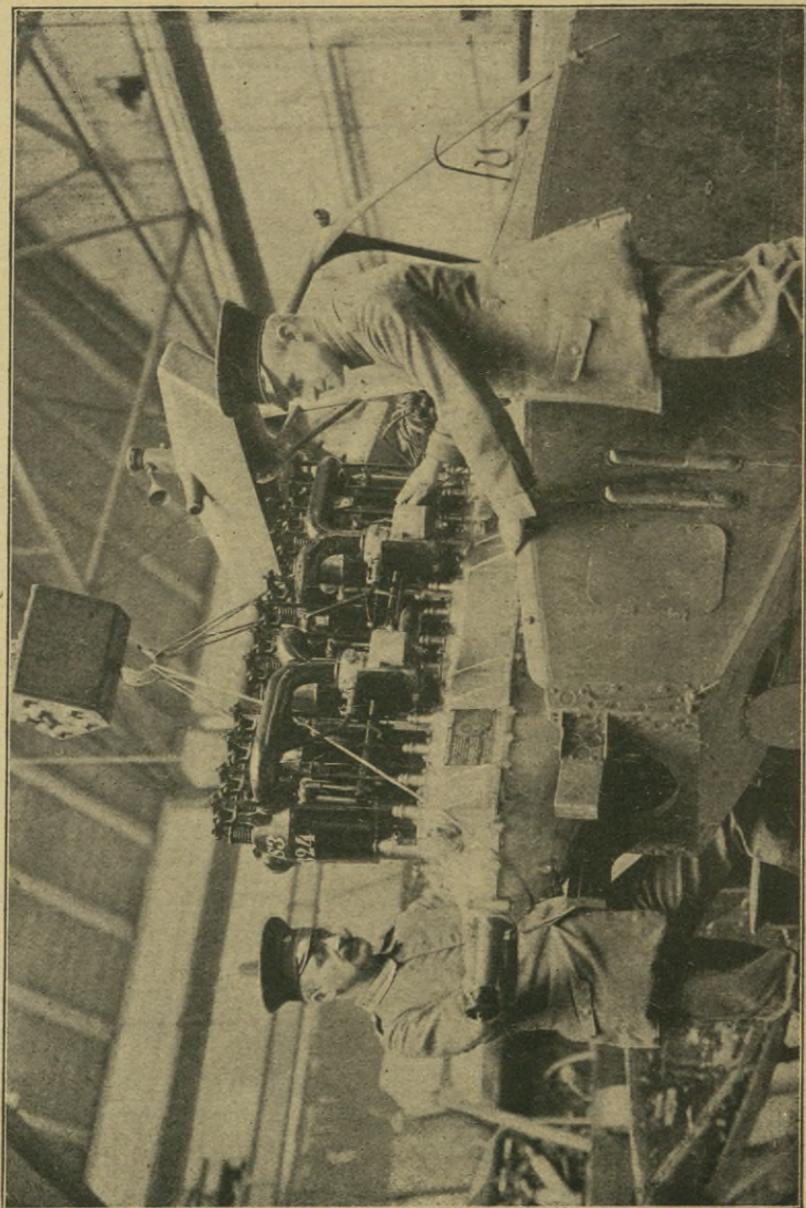


Fig. 185. Einsetzen des Motors in das Flugzeug

schrift der den letzteren liefernden Firma mit dem Antriebskegelrad am Motor gekuppelt, wonach das Schutzrohr mit der Überwurfmutter am Kegelradgehäuse zu befestigen ist. Beim Verlegen dieses Schutzrohres, am besten einem Stahlrohr von 8 bis 10 mm Durchmesser, ist darauf zu achten, daß etwaige Krümmungen niemals unter 200 mm Radius haben, da andernfalls die Welle leicht bricht oder sonstige Störungen eintreten.

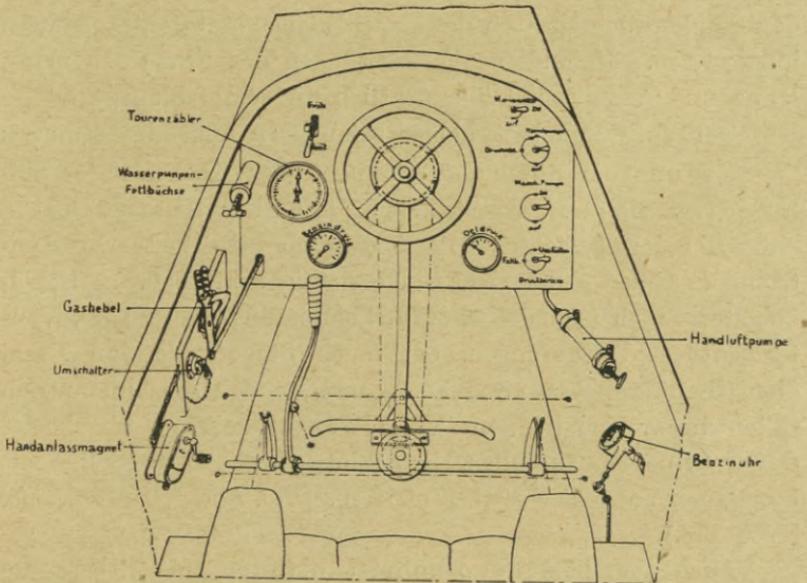


Fig. 186. Instrumente und Bewegungselemente zur Motorenbedienung im Führersitz.

Hiernach erfolgt das Aufziehen auf den vorher sorgfältig gereinigten und hauchartig eingefetteten Stumpf der Kurbelwelle und das Ausrichten derselben (Luftschaube darf nicht schlagen).

Nachdem dann noch alle übrigen im Führersitz vorhandenen Instrumente, Hebel und Leitungen (Fig. 186) mit dem entsprechenden Teilen des Motors verbunden sind und eine Prüfung deren ordnungsgemäßen Zustand ergibt, kann Brennstoff, Öl und schließlich auch Wasser aufgefüllt und ein Probelauf des Motors auf dem Stand versucht werden.

## XX. Behandlung und Wartung der Motoren.

Im Absatz XIII. „Startbereitschaft“ des Band I, „Das Flugzeug und sein Aufbau“, ist die Behandlung und Wartung des Motors bereits ausführlich behandelt worden; auch sei an dieser Stelle auf die dieses Gebiet recht erschöpfend behandelnden Sonderdruckschriften der verschiedenen Motorenfabrikanten hingewiesen. Besonders die Anleitungen der Firma Daimler, Benz und Argus sind übersichtlich und empfehlenswert.

Der Vollständigkeit halber sei nur an folgendes erinnert:

Brennstoff durch Lederlappen oder Kochsalzfilter auffüllen (vgl. Band II, Absatz VIII, Brennstoff, Seite 43).

Öl bei wagerechter Motorlage durch Siebtrichter bis Kontrollhahn füllen. Bei Frost Öl vorsichtig erwärmen. Frischölbehälter füllen (siehe Abs. XIV, Schmierung, Seite 158), Ventilschäfte und Führungen, evtl. auch Steuerwelle von Hand ölen, Staufferbüchse an Wasserpumpe und Drehzählerantrieb füllen bzw. nachdrücken. Kühlwasser kalkfrei, abgekocht, durch Leinenlappen füllen. Im Winter kochend aufgießen mit besonderer Vorsicht bezügl. Einfrieren. (Vgl. Abs. XVI, Kühlung, Seite 168.)

Auch die Betriebsvorschriften für die Inbetriebsetzung des Motors vor dem Abfluge sind in Band I bereits gegeben, und bezieht sich danach die allgemeine Prüfung des Motors vor jedem Fluge etwa auf folgende Punkte:

- Propellernaben-Sicherung,
- Zylinder- und Motoren-Befestigung,
- Sitz der Magnetapparate,
- Sicherer und richtiger Kabelanschluß,
- Schwinghebel und Steuerwelle, richtiges Spiel,
- Gute Kompression in allen Zylindern.

Zum Anlassen eine Wenigkeit Öl- und Petroleum-Gemisch in die Zylinder spritzen, dann bei ausgeschalteter Zündung und geschlossenem Vergaser durchdrehen. Darauf, wenn vor

dem Propeller alles „frei“ ist, durch Betätigung des Anlaßmagneten anlaufen lassen.

Wassertemperatur beim Lauf prüfen, sie darf 80° C nicht überschreiten.

Nach dem Fluge Kühlwasser, im Winter auch Öl ablassen.

In die Zylinder Öl-Petroleum-Gemisch einspritzen und Motor mit geöffneten Hähnen (Kompressionshähnen der Zylinder und Ablasshähnen der Kühlanlage) durchdrehen. Ventilschäfte reinigen. Zündkerzen reinigen, Elektrodenabstand (0,5 mm) prüfen.

Isolation der Kabel prüfen, Kabel trocken abreiben (kein Benzin!).

Verteilergleitbahn der Magnete mit Benzin reinigen und danach schwach ölen. Schleifkohle und Unterbrecher prüfen. (Abstand der Platinkontakte 0,4 mm.)

(Magnete etwa alle 8 Tage, Anlasser etwa alle 14 Tage ölen!)

Brennstoffreiniger und Wasserabscheider herausnehmen, säubern und wieder einsetzen.

Anschlüsse, Verschraubungen und insbesondere Gummischlauchverbindungen in den Wasser-, Brennstoff- und Ölleitungen auf Dichtigkeit prüfen. Nach längerer Betriebsdauer Kühleranlage von Fett und Kesselstein befreien. (Siehe Band I, Abs. XVI, Reinigen der Kühler, Seite 133, und Band II, Abs. XVI, Kühlung, Seite 168.)

## XXI. Betriebsstörungen und ihre Beseitigung.

Falsche, nachlässige Bedienung sowohl als auch Verschleiß vielbeanspruchter Teile, Einflüsse der Witterung und letzten Endes unglückliche Zufälle im Betriebe können zu Störungen in normalen Laufe Veranlassung geben. Nachlässige Bedienung wird die Arbeitsweise eines oder mehrerer Teile des Motors

beeinträchtigen und schließlich das Arbeiten des ganzen Motors in Frage stellen.

Unter schnellem Verschleiß werden besonders Ventile und beim Zusammenbau nicht richtig eingepaßte Lager zu leiden haben, während Witterungseinflüsse sich durch Änderung der Gemischbildung und der Kühlwirkung unangenehm bemerkbar machen können, wenn das Bedienungspersonal nicht mit genügender Sorgfalt und Sachkenntnis vorgeht. Unregelmäßigkeiten im Betriebe werden sich meist in der Zündeinrichtung einstellen.

Bedingung für ein zuverlässiges einwandfreies Arbeiten des Motors ist die sachgemäße Erledigung aller vor Antritt des Fluges vorzunehmenden Arbeiten und die genügend sorgfältige Pflege des Motors nach Beendigung des Fluges.

Zur Beseitigung der trotz aller Sorgfalt dennoch gelegentlich auftretenden Störungen sollen nachfolgende Ausführungen einen Anhalt geben. Es sei hier aber auch auf die entsprechenden Schriften der Motorenfirmen aufmerksam gemacht, von denen besonders die Daimler-Motoren-Gesellschaft eine recht gute Anleitung zur Behandlung des Motors im Betriebe und bei Störungen herausgibt.

### **Störungen beim Anlassen.**

Bei zu kaltem Motor wird sich das Brennstoffgemisch leicht an den Wandungen der Saugrohre und Zylinder niederschlagen, so daß der Motor infolge Brennstoffmangels im Zylinder nicht anspringt oder nach einigen Umdrehungen stehen bleibt. Die günstigste Gemischbildung wird erreicht, wenn Vergaser und Zylinder sich handwarm anfühlen, weshalb man im Winter das Kühlwasser kochend einfüllt und die Ansaugrohre umwickelt.

Springt der Motor trotzdem nicht an, so ist eine Ausspülung der Zylinder nötig, die man bewirkt, indem man den Motor bei geöffneten Kompressionshähnen und selbstverständlich auch ausgeschalteter Zündung durchdreht. Darauf wird bei geschlossenen Hähnen über 7 Kompressions-

hübe weitergedreht, also frisches Gemisch eingesaugt und verdichtet und durch Drehen am Anlasser versucht, den Motor in Gang zu setzen. Bei abermaligem Versagen hat man, nachdem durch einen Druck auf die Schwimbernadel wiederholt festgestellt wurde, daß der Vergaser tatsächlich Benzin liefert, den Motor nochmals (stets mit ausgeschalteter Zündung!) bei geöffneten Hähnen durchzudrehen und alsdann durch die Hähne mittels Spritzkanne einige Tropfen Benzin einzuträufeln, die Hähne zu schließen und nochmals durchzudrehen. Wird dann der Anlasser betätigt, so wird der Motor, evtl. nach Wiederholung des Vorganges, in Gang kommen, wenn die Zündung in Ordnung ist.

Weiteres Versagen hat also seine Ursache in der Zündeinrichtung. Zur Feststellung der Ursache und Beseitigung der Fehler diene folgendes:

Zunächst sind die Kabel, deren Isolation und metallisch gute Verbindung mit den Kerzen zu prüfen.

Sodann wird der Anlaßmagnet untersucht, indem das zur Verteilerscheibe des Magneten  $M_1$  Anlaß führende Kabel von letzterem abgenommen, in 5 mm Abstand an einen benzinfreien Teil des Motors (Masse) gehalten und durch Drehen am Anlasser festgestellt wird, ob ein Funken überspringt. Ist dies nicht der Fall, so wird mit einem neuen Kabel der Versuch wiederholt. Wiederum negatives Ergebnis zeigt an, daß der Anlasser unbrauchbar geworden und auszuwechseln ist.

Eine andere Art der Anlasseruntersuchung ist die des Durchdrehens des Motors mit eingeschalteten Betriebsmagneten, was aber nur im Notfalle versucht werden soll, da geübtes Personal zur Verfügung stehen muß, um Unglücksfälle auszuschließen.

Erst wenn der Motor trotz richtiger Benzinzufuhr und trotz Arbeitens des einwandfreien Anlaßmagneten nicht arbeiten will, prüft man die beiden Betriebsmagneten, bei denen die Ursache etwaigen Versagens zumeist in der Verteilerscheibe zu suchen ist.

Da Staubteile oder Teile der Schleifkohle, die auf der Gleitbahn festhaften, dort zwischen den einzelnen Kontakten Kurzschluß hervorrufen können, ist die Gleitbahn mit Benzin zu säubern und darauf wieder mit einem leichten Ölhauch zu versehen.

Auch die Schleifkohle bezw. deren Federung wird zu untersuchen sein, obgleich diese allerdings mit dem Anlassen nichts zu tun hat.

Weiterhin hat man dann noch die Zündkerzen nachzusehen, da sowohl Verschmutzung (Ölkohle!) als auch beschädigte Elektroden oder gebrochene Isolation ein Versagen bedingen. Durch Auflegen der herausgenommenen Kerze auf den Zylinderkörper und Drehen am Anlasser wird die Isolation geprüft. Die Kerze ist in Ordnung, wenn die Funkenstrecke vom Strom überbrückt wird.

### **Zündstörungen während des Motorlaufes.**

Besonders dann, wenn nur eine Kerzenreihe vorhanden ist, kann es während des Betriebes vorkommen, daß ein Zylinder dauernd oder ab und zu aussetzt, was sich durch ungleichmäßiges Auspuffgeräuch in Verbindung mit einem Sinken der Drehzahl, d. h. der Motorleistung, äußert. Bei zwei Kerzen wird man das seltener beobachten.

Kann der aussetzende Zylinder nicht durch Beobachtung des Auspuffes mit Sicherheit festgestellt werden, so läßt man den Motor nacheinander mit nur einer Zündkerzenreihe arbeiten, indem man erst auf  $M_1$  und dann auf  $M_2$  schaltet. Dabei hält man nacheinander an die einzelnen Zündkerzenenden einen langen Schraubenzieher und stellt mit Hilfe desselben eine Verbindung mit der Motormasse her, d. h. schließt die Kerze kurz.

Hat die auf diese Weise kurzgeschlossene Kerze bis dahin ordnungsgemäß gearbeitet, so wird man dies sofort daran erkennen, daß jetzt die Drehzahl des Motors weiter heruntergeht. Auf diese Weise wird die fehlerhafte Kerze leicht gefunden. Natürlich kann das Versagen auch auf Fehler in der Strom-

zuleitung zu den Kerzen zurückzuführen sein, die Anschlüsse sind evtl. lose, die Kabel gebrochen oder der Stromkreis durch Kurzschluß gestört.

Setzen mehrere Zylinder unregelmäßig aus, was sich durch ungleichmäßigen Gang und dauernd wechselnde Leistung anzeigt, so wird der Fehler in der Regel im Verteiler oder Unterbrecher der Betriebsmagnete zu suchen sein.

In diesem Falle sind die Verteilergleitbahnen zu reinigen, die Schleifkohlen zu untersuchen, sowie der Abstand der Platinkontakte und deren Sitz zu prüfen. Der in einer Fiberbuchse gelagerte Unterbrecherhebel ist auf Leichtbeweglichkeit zu untersuchen. Ist diese Buchse gequollen, so muß man versuchen, den Fehler durch vorsichtiges Austrocknen zu beseitigen. Nur bei sehr starkem Klemmen darf man aufreiben und auch dann nur mit dem von der Firma Bosch dazu gelieferten Spezialwerkzeug. Auch die Unterbrecher-Befestigungsschraube kann sich gelockert haben.

Versagt plötzlich eine ganze Kerzenreihe, so wird man den Fehler im Kurzschlußkabel, in gebrochener Verteilerschleifkohle, gebrochener Unterbrecherfeder oder vollständig festsitzendem Unterbrecherhebel zu suchen haben.

### **Störungen in der Gaszufuhr.**

Versagt und knallt der noch kalte Motor beim Anlassen, so sind einige Tropfen Benzin in die Zylinder zu spritzen. Springt der Motor hiernach an, macht aber nur wenige Umdrehungen und knallt er, um dann wieder stehen zu bleiben, so ist dies ein Zeichen dafür, daß zu wenig Benzin gefördert wird.

Das benzinarme Gemisch verbrennt zu langsam, so daß die noch brennenden Rückstände die eintretenden Frischgase entzünden, ehe das Einlaßventil geschlossen ist und die Flamme unter Knallen in das Ansaugrohr und den Vergaser zurückschlägt.

Die Ursache der nicht genügenden Benzinzufuhr kann ungenügender Druck im Benzinbehälter (unter 0,25 Atm.)

sein, der durch undichten Verschluß des Benzinbehälters, Undichtigkeit in der Benzinuhr oder deren Leitungen, Verschraubungen usw. oder auch durch undichtiges Druckventil (Sicherheitsventil) verschuldet ist.

Weiter wird das Gemisch auch dann benzinarm, wenn die Anschlüsse des Saugrohres in den Zylindern und Vergasern undicht sind, so daß der Motor „Nebenluft“ bekommt. Auch Wassergehalt im Benzin verursacht Störungen in der Vergasung, da in der Düse sich ansetzende Wassertropfen einen regelmäßigen Benzinaustritt verhindern, worauf bereits bei Beschreibung der Vergaser aufmerksam gemacht worden ist. In gleicher Weise werden verschmutzte Benzinfilter und verstopfte Düsen (zu deren Reinigung keineswegs irgendwelche Instrumente verwendet werden dürfen) eine Verschlechterung des Brennstoffgemisches hervorrufen.

Erhält andererseits der Motor infolge nicht guten Abdichtens der Schwimbernadel (leck gewordener Schwimmer), Klemmen der kleinen Gewichtshebel u. a. zu viel Benzin, so wird der Gang ebenfalls unregelmäßig und dabei starke Rauchentwicklung zu beobachten sein. Es handelt sich in diesem Falle um schwarze Rauchwolken, während weißer Rauch das Verbrennen vom Öl, vielfach verursacht durch unzulässig hohen Ölstand im Kurbelgehäuse, anzeigt.

### **Störungen infolge Abnutzung.**

Nach einer gewissen Anzahl von Betriebsstunden werden vielfach die Ventile undicht, so daß die Kompression geringer wird und die Leistung des Motors heruntergeht. Insbesondere werden infolge der großen Erwärmung die Auspuffventile schneller verbraucht als die Einlaßventile. Die Verminderung des Kompressionsdruckes kann ferner ihren Grund in Undichtigkeit der Kolben, bezw. des Kolbenabschlusses gegen die Zylinderwandung, d. h. Verschleiß oder Bruch der Kolbenringe, haben. Auch undicht gewordene „Zischhähne“ werden die Verdichtung und damit die Lei-

stung verschlechtern. Weitere bei normalem Betriebe im Bereich der Möglichkeit liegende Störungen wären vielleicht noch folgende:

Verbiegen und Anfressen, d. h. Festsetzen, des Ventilschaftes in seiner Führung, was sich dann ebenfalls durch Knallen äußern wird, da das betreffende Ventil schwergängig geworden ist und nicht mehr rechtzeitig abschließt. Auch eine verbrauchte Ventilsfeder wird sich in gleicher Weise äußern, während eine zu straff gespannte Ventilsfeder sich durch hartes Arbeiten des Motors bemerkbar macht.

Die Zahl der Störungsmöglichkeiten bei einem Flugzeugmotor ist also eine ziemlich große. Unsachgemäße Behandlung kann sie sehr bald verdreifachen. Man darf also, wenn irgend etwas verdächtig erscheint, keinen Augenblick zögern, der Sache auf den Grund zu gehen und den Fehler zu suchen; ist der Fehler erst einwandfrei festgestellt, so ist der größte Teil der Arbeit meist getan.

Durch sachgemäße Beseitigung desselben wird man den Motor bald wieder zu einwandfreiem Arbeiten bringen.

Bei der Erklärung der einzelnen Teile des Motors ist auf die dort möglichen Fehler und ihre Beseitigung bereits eingegangen worden.

## XXII. Kraftübertragung und Steuerung der Motoren.

Die im Motor erzeugte Kraft wird meist direkt auf die auf dem Kurbelwellenzapfen sitzende Luftschaube übertragen, nur selten ist noch ein Getriebe eingeschaltet zu dem Zweck, die Luftschaube mit geringerer Drehzahl als den Motor laufen zu lassen, da der Wirkungsgrad der Luftschaube günstiger ist, wenn die Drehzahl vermindert und dafür ihr Durchmesser entsprechend vergrößert wird, während für

den Motor im allgemeinen eine höhere Drehzahl ein günstigeres Arbeiten ergibt.

An deutschen Motoren sind derartige Untersetzungen nur vereinzelt vorhanden, doch ist es nicht ausgeschlossen, daß sich der Flugzeugmotor aus dem erwähnten Grunde, für gewisse Zwecke wenigstens, in absehbarer Zeit mehr nach dieser Richtung hin entwickelt.

Unsere Feinde haben im Renault- und im Rolls-Royce-Motor einwandfreie Maschinen dieser Ausführungsförm.

Im Flugzeug wird der Motor, wie auch alle zur Lenkung des Flugzeuges vorhandenen Organe vom Führersitz aus gesteuert; d. h. bedient. Dort sind also auch alle für die Bedienung erforderlichen Kontrollinstrumente und Betätigungshebel, Hähne, Schalter u. a. untergebracht. Zur bequemen Befestigung ordnet man quer vor dem Führersitz ein Schaltbrett an, vielfach auch Spritzbrett genannt, da es gleichzeitig den Führer vor Beschmutzung durch vom Motor aus abspritzendes Öl usw. schützt (vgl. Fig. 186, Seite 189).

An diesem Spritzbrett sind in der Regel die Benzin- und Öldruckmanometer, das Zifferblatt des Tourenzählers und die Hebelschalter für die Umstellung des Benzinzulaufes untergebracht, oft auch noch der Schalthebel für die Einstellung des Zündzeitpunktes und die in diesem Falle durch eine Leitung mit der Wasserpumpe verbundene Staufferfettbuchse zur Schmierung der Pumpe.

Rechter Hand an der Rumpfsseitenwand liegt die vor Inbetriebsetzung des Motors zur Erzeugung des Überdruckes im Benzinbehälter erforderliche Handluftpumpe und die den jeweils vorhandenen Brennstoffgehalt des Hauptbehälters anzeigende Benzinuhr.

Links liegt der Gashebel, d. h. die Einstellvorrichtung für die Gaszufuhr, außerdem der Handanlaßmagnet und der Umschalter für die Zündung. Vielfach sind neuerdings Zündzeit- und Gas-Verstellhebel zwangsläufig gekuppelt, derart, daß bei Frühzündung stets mit Vollgas, bei Spätzündung nur mit Teilgas gearbeitet wird.

Am Boden, quer zur Flugrichtung, liegt horizontal eine mit der senkrecht vor dem Führersitz stehenden Steuersäule verbundene Achse, bei deren Drehung vermittels Vor- und Rückbewegung der Steuersäule durch die an vorgesehene kleine Hebel angeschlossenen Drahtseile das Höhenruder betätigt wird. An der senkrecht stehenden Steuersäule sitzt ein mit einer Seilführungsscheibe verbundenes Handrad, durch dessen Drehung vermittels entsprechend geführter Seile die Querruder betätigt werden. Um einen ebenfalls am Boden sitzenden Zapfen horizontal schwenkbar liegt noch ein mit den Füßen zu betätigender Hebel, an dem das Seitenruder angeschlossen ist.

Über die Betätigung der Ruder wurde bereits in Band I „Das Flugzeug und sein Aufbau“, Abs. IV, Seite 26 Ausführliches gesagt. Als besonders wichtig sei hier noch einmal auf den richtigen Anschluß der Querruder aufmerksam gemacht, wonach bei Rechtsdrehung des Handrades bezw. dann, wenn bei Knüppelsteuerung der Knüppel nach rechts gelegt wird, das Querruder der rechten Fläche nach oben und das der linken nach unten ausschlagen muß.

#### **Inbetriebsetzung des Motors.**

Auch an sachgemäßes Verhalten bei Inbetriebsetzung des Motors sei erinnert, um Unglücksfälle beim Durchdrehen zu verhüten. (Band I, Abs. XIII, Startbereitschaft, Seite 117.) Nochmals kurz zusammengefaßt ergeben sich für die Inbetriebsetzung des Motors folgende Maßnahmen in der hier eingehaltenen Reihenfolge: Überzeugen, ob Schaltergriff auf 0 steht. Ist dies der Fall, Griff herausnehmen, um gegen unbefugtes Anlassen gesichert zu sein. Spätzündung einschalten.

Vergaser vollständig schließen, höchstens „2 Zähne“ Gas geben (Zähne, in welche die Sperrfeder am Gashebel eingreift), Dekompressionshebel nach rechts umlegen. Ruf „Aus“ seitens des im Flugzeug Sitzenden, womit die Ausschaltung der Zündung besonders bestätigt werden soll. Motor über 7 Kompressionen durchdrehen lassen. Kompressions-

hebel nach links zurücklegen, Schalthebel auf  $M_1$ , Anlaß stellen.

Nachdem der den Motor Durchdrehende durch den Ruf „Frei“ bestätigt hat, daß niemand gefährdet ist, Kurbel des Anlassers einige Male schnell herumdrehen, Motor mit 250/300 Umdrehungen 5 bis 10 Minuten lang laufen lassen.

Vergaser dann weiter mittels Gashebel so stellen, daß Drehzahl auf 600 steigt.

Zündung am Schalter auf  $M_2$  umstellen und beobachten, ob die Drehzahl unverändert bleibt.

Alsdann Schalterhebel auf 2 stellen, also beide Magnete einschalten. Zündzeitstellhebel nach Frühzündung hin verschieben und Gaszufuhr steigern, bis der Motor 800 Umdrehungen macht. Dann allmählich Vollgas und vollständige Frühzündung geben, bis der Motor volle Drehzahl erreicht und diese 5 Minuten unverändert beibehält, dann wieder zurückschalten und bis zum Abflug mit etwa 300 Umdrehungen laufen lassen.

Entsprechend vorgesehene Dreiwegehähne ermöglichen den jeweils gewünschten Durchtritt von Luft bzw. Öl durch die verschiedenen Leitungen zu den entsprechenden Manometern.

Erwähnt sei noch der lose drehbar an der am Boden liegenden Steuerachse linker Hand befestigte Hebel, mit welchem mittels Seilzuges der Bremssporn an der Fahrgestellachse in Verbindung steht, der ein Festhalten des Flugzeuges bei zu geringem Auslauf und beschränkten Platzverhältnissen ermöglicht, wenn dieser Hebel angezogen wird.

---

### XXIII. Moderne Flugzeugmotoren-Typen.

Nachfolgend seien als Abschluß unserer Ausführungen über Standmotoren einige der bekanntesten deutschen und ausländischen Motorentypen im Bilde gezeigt und einander gegenübergestellt.

## A. Deutsche Motoren.

### 1. Mercedes-Motor der Daimlerwerke.

Die Firma Daimler liefert die Mercedes-Motoren vornehmlich in Stärken von 160, 220 und 260 PS. In geringer Anzahl werden auch noch Motoren von 100 und 120 PS gebaut, die vornehmlich in Schulflugzeugen Verwendung finden.

Während bei den 100 und 120 PS Motoren je 2 Zylinder

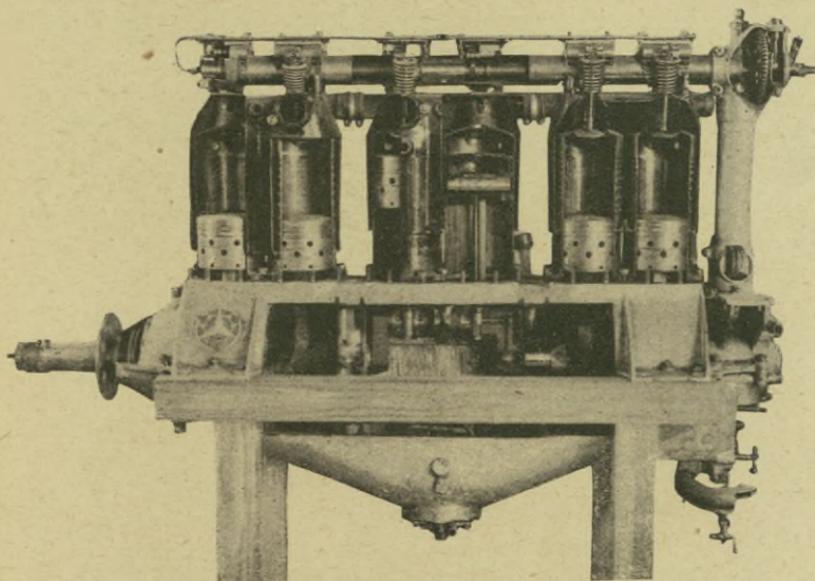


Fig. 187. 100 PS Mercedes-Motor (Schnitt).

zu einem Block vereinigt sind, werden bei den größeren Typen die Zylinder einzeln angeordnet.

Der 250 PS Motor ist zwecks besserer Platzausnutzung des Zylinderkopfes mit je 2 Einlaß- und 2 Auslaßventilen ausgestattet und hat statt der sonst üblichen Zwillingvergasers nur einen entsprechend größer dimensionierten Vergaser, der hier auch nicht an der Seite sondern am rückwärtigen, der Luftschaube entgegengesetzten Ende des Motors, unter den Zündapparaten angeordnet ist.

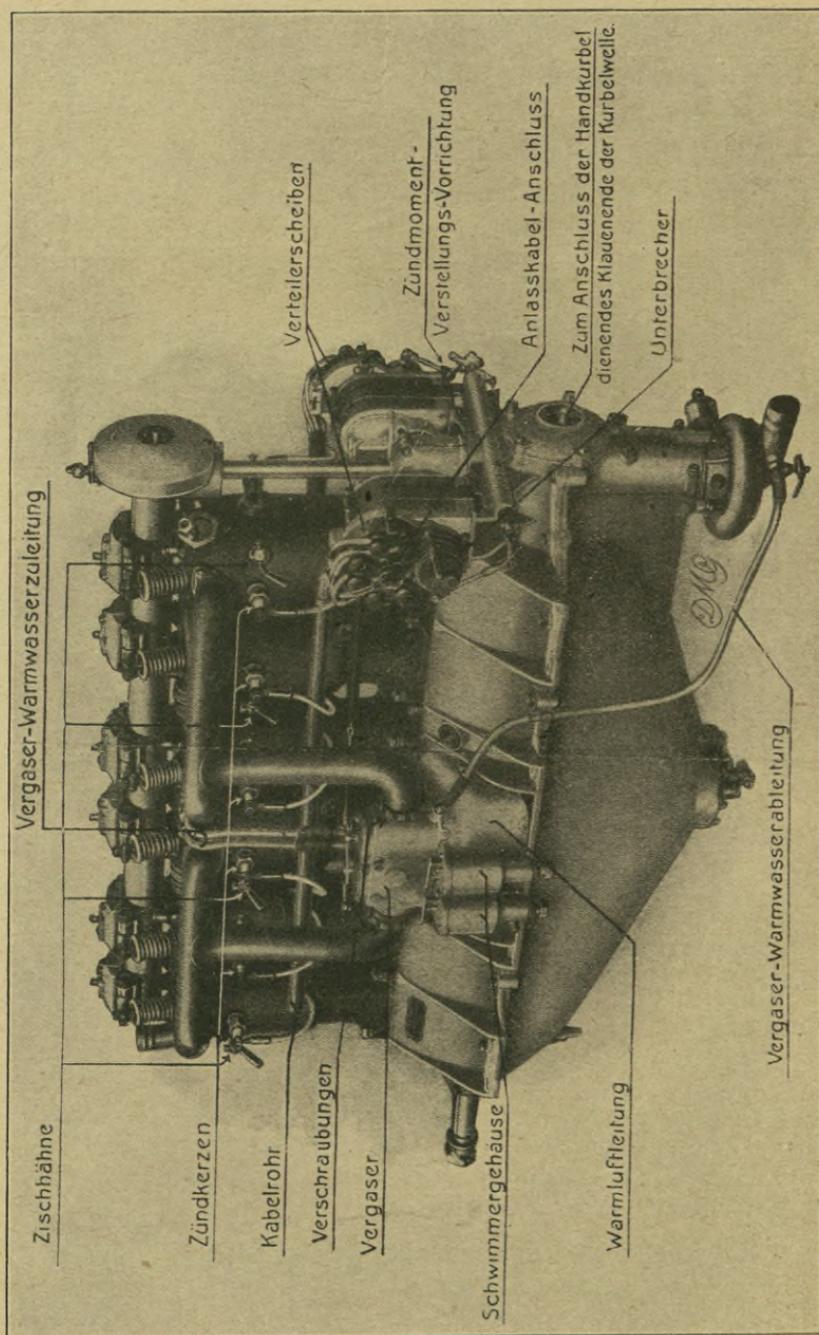


Fig. 188. 120 PS Mercedes-Motor.

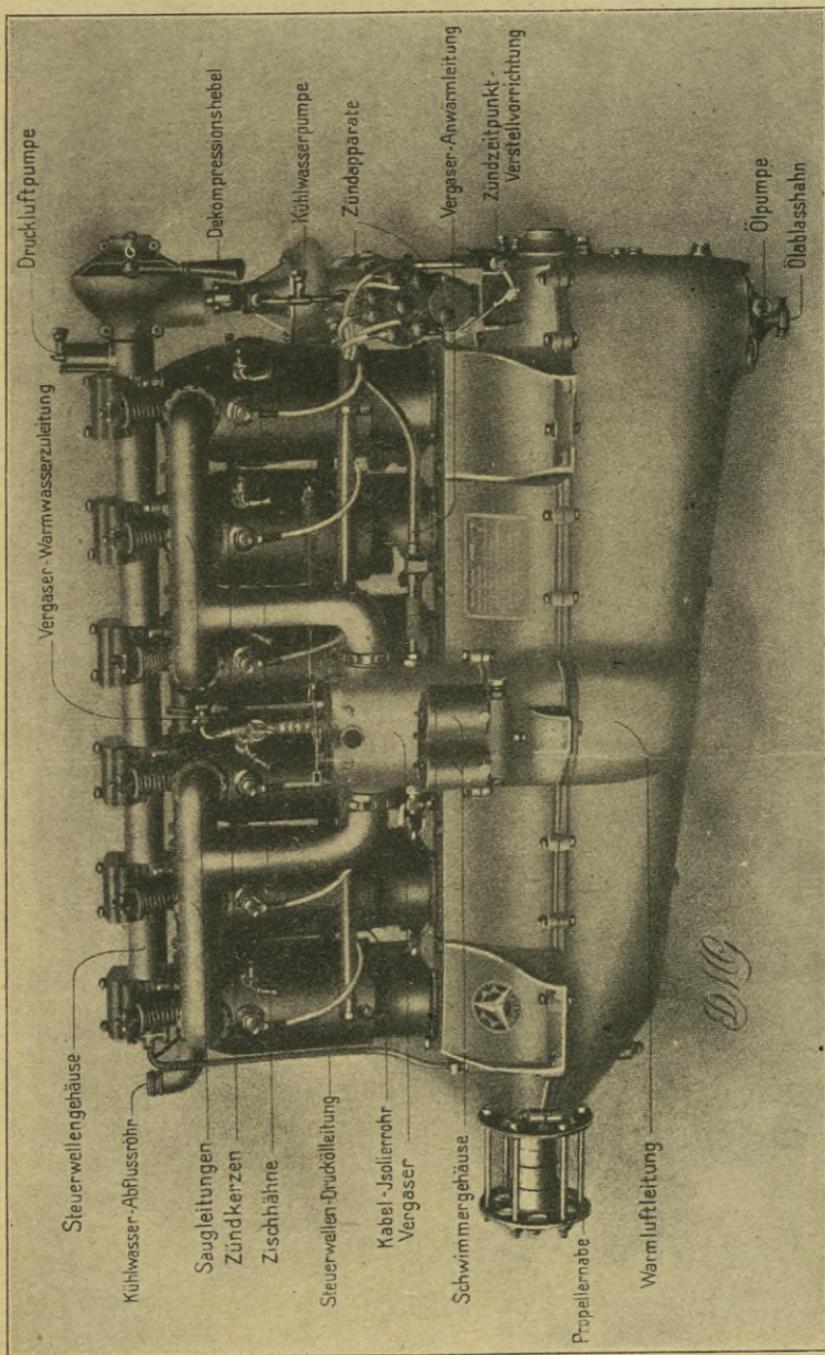


Fig. 189. 160 PS Mercedes-Motor.

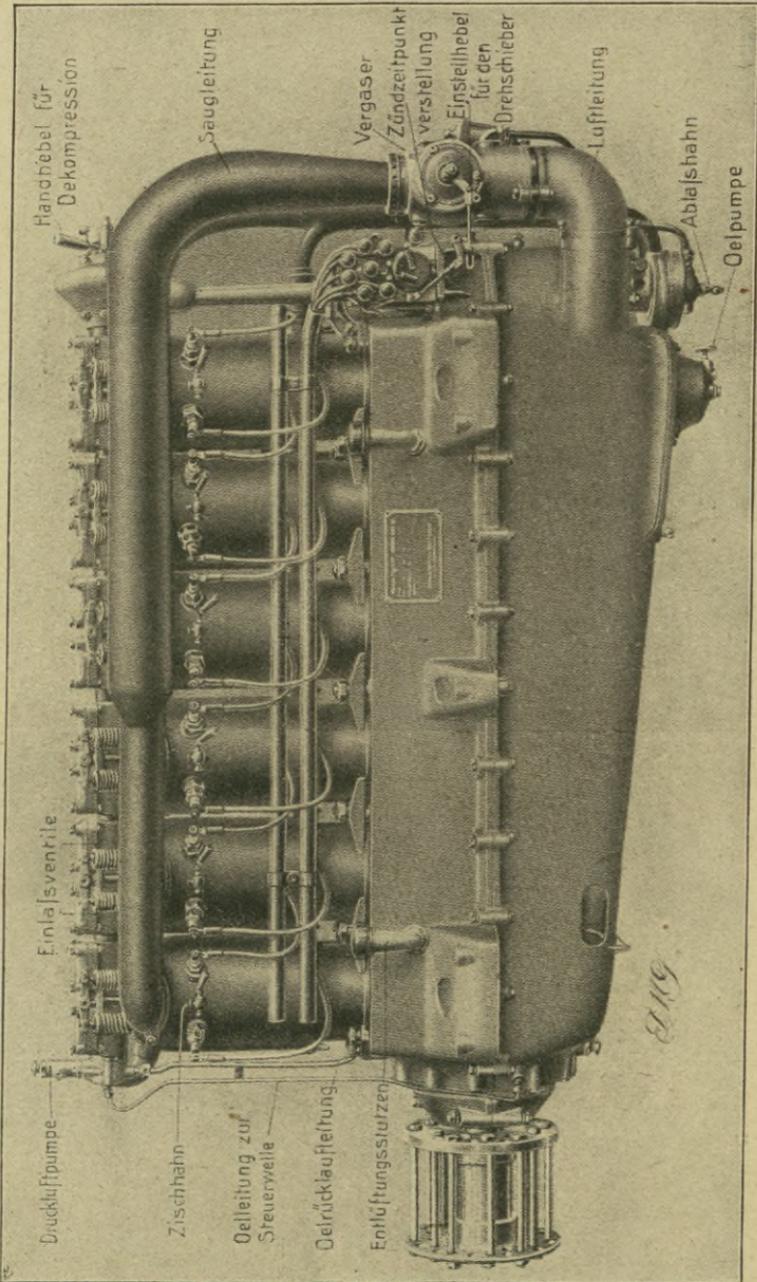


Fig. 190. 260 PS Mercedes-Motor.

In den Figuren 187 bis 190 sind einige der Mercedes-Motoren gezeigt.

## 2. Benz-Motoren.

Im Gegensatz zum Mercedes-Motor ist beim Benz-Motor die Steuerwelle nicht über den Zylindern, sondern unten im Gehäuse angeordnet, so daß für die Betätigung der Ventile seitlich an den Zylindern 6 Stößelstangen vorgesehen sind.

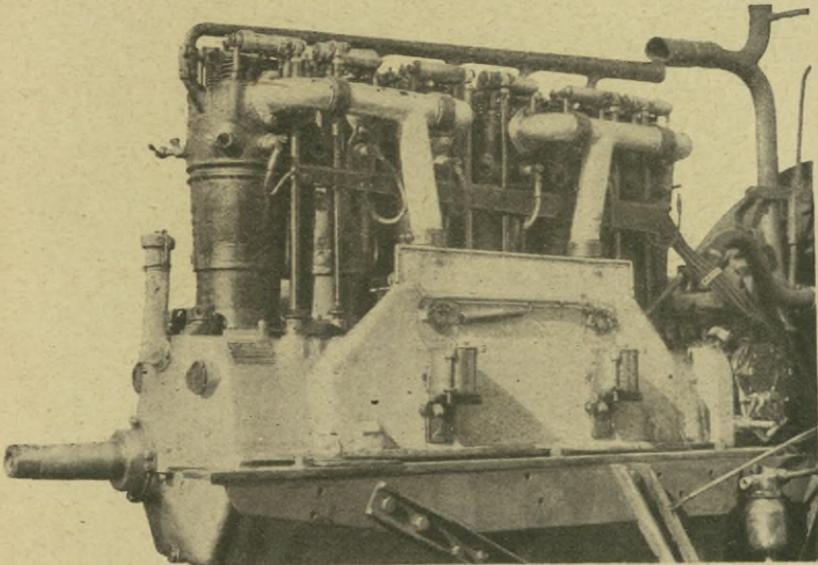


Fig. 191. 150 PS Benz-Motor (Sonderausführung).

Die 100 und 150 PS Motoren haben je 1 Einlaß- und 1 Auslaßventil, während die 200 PS Motoren deren 2 erhalten.

In den Figuren 191 und 192 sind einige der neueren Benz-Motoren-Typen gezeigt.

## 3. Argus-Motor.

Die Argus-Motoren-Gesellschaft baut Motoren in Stärken von 120, 180 und 250 PS, bei denen die Steuerung der Ventile ganz ähnlich wie beim Benz-Motor durch Stößelstangen erfolgt, wie Fig. 194 erkennen läßt.

#### 4. Rapp-Motor.

Der Rapp-Motor (Fig. 197) ist in der Stärke von 150 PS ebenfalls als Sechszylinder-Reihenmotor ausgeführt, bei dem die Steuerwelle, ähnlich wie beim Mercedes-Motor, über den Zylindern liegt.

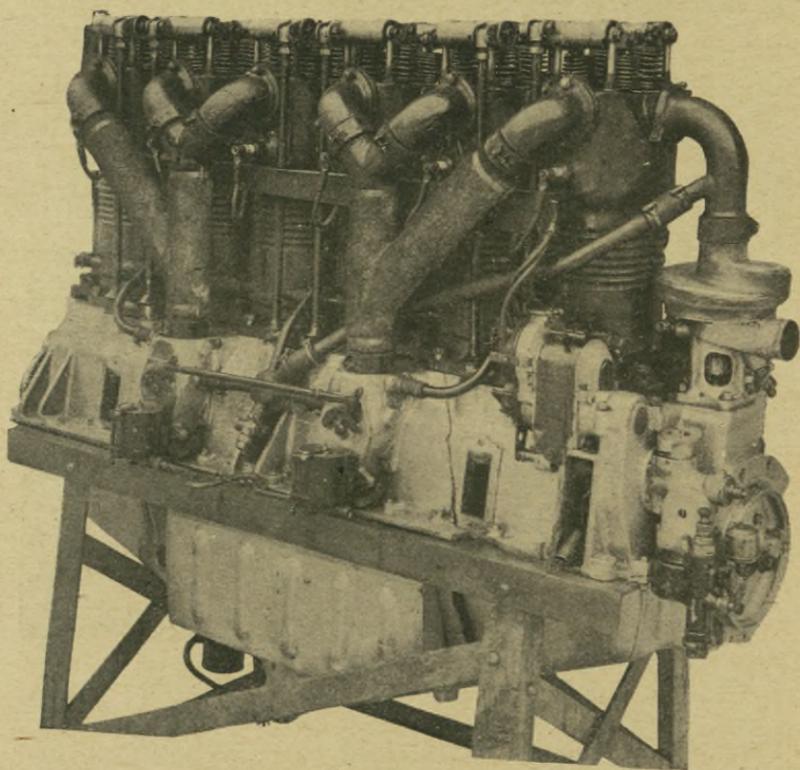


Fig. 192. Benz-Motor nach einem Dauerversuch auf dem Prüfstand.

Zu beachten ist die von der sonst üblichen Ausführung abweichende Anordnung der Vertikalwelle und der Zündapparate nicht am Ende des Motors, sondern auf dem Gehäuseoberteil, zwischen dem 4. und 5. Zylinder.

Neben diesem Sechszylinder-Reihenmotor wird noch ein solcher mit 8 V-förmig angeordneten Zylindern hergestellt, der

etwa 145 PS leistet. Der Vorteil dieser Ausführung gegenüber der ersteren liegt in der gedrängteren Anordnung der Zylinder, die das Gehäuse erheblich verkürzt und das Gewicht vermindert. In Fig. 196/197 ist dieser Motor gezeigt.

#### 5. N. A.-G.-Motor.

Die Nationale Automobil-Gesellschaft baute früher Flugmotoren ähnlich dem amerikanischen Wright-Motor, hat

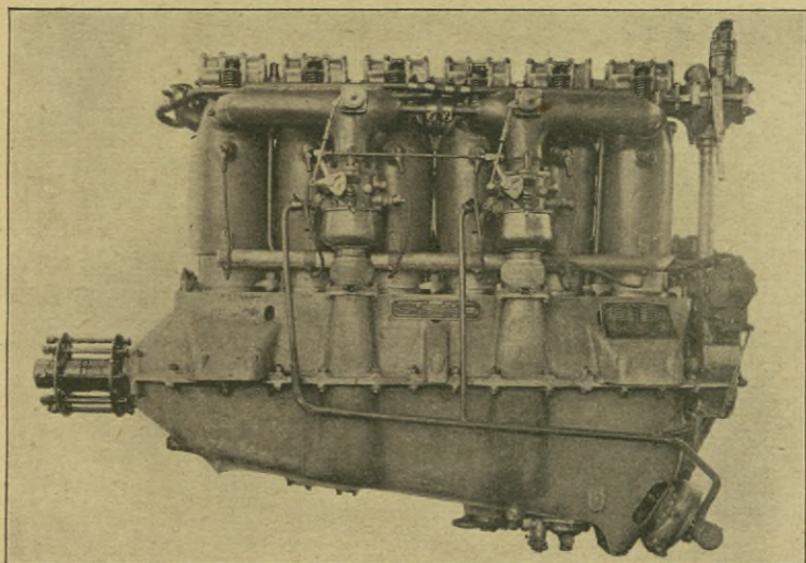


Fig. 193. M. A. N.-Flugmotor.

sich aber neuerdings auch zu einer der allgemeinen, bei unseren Flugzeugmotoren üblichen ähnlichen Ausführungsform entschlossen, wie Fig. 198 erkennen läßt.

#### 6. Maybach-Motor.

Der in Fig. 199 dargestellte Maybach-Motor leistet 245 PS. Seine 6 Zylinder sind mit je 2, durch Stößelstangen betätigten Ein- und Auslaßventilen versehen.

Bezüglich des eigenartigen Auspuffsammlers ist auf Seite 179 vorliegenden Bandes Näheres gesagt.

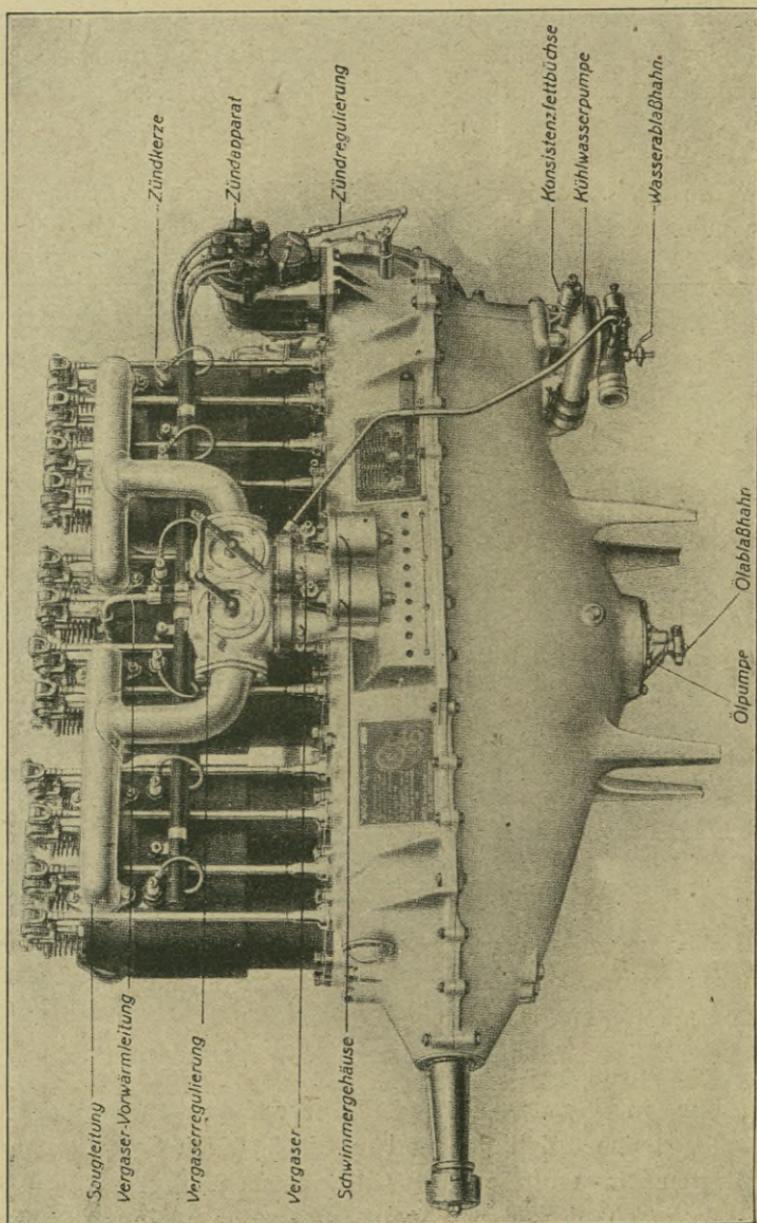


Fig. 194. 120 PS Argus-Motor.

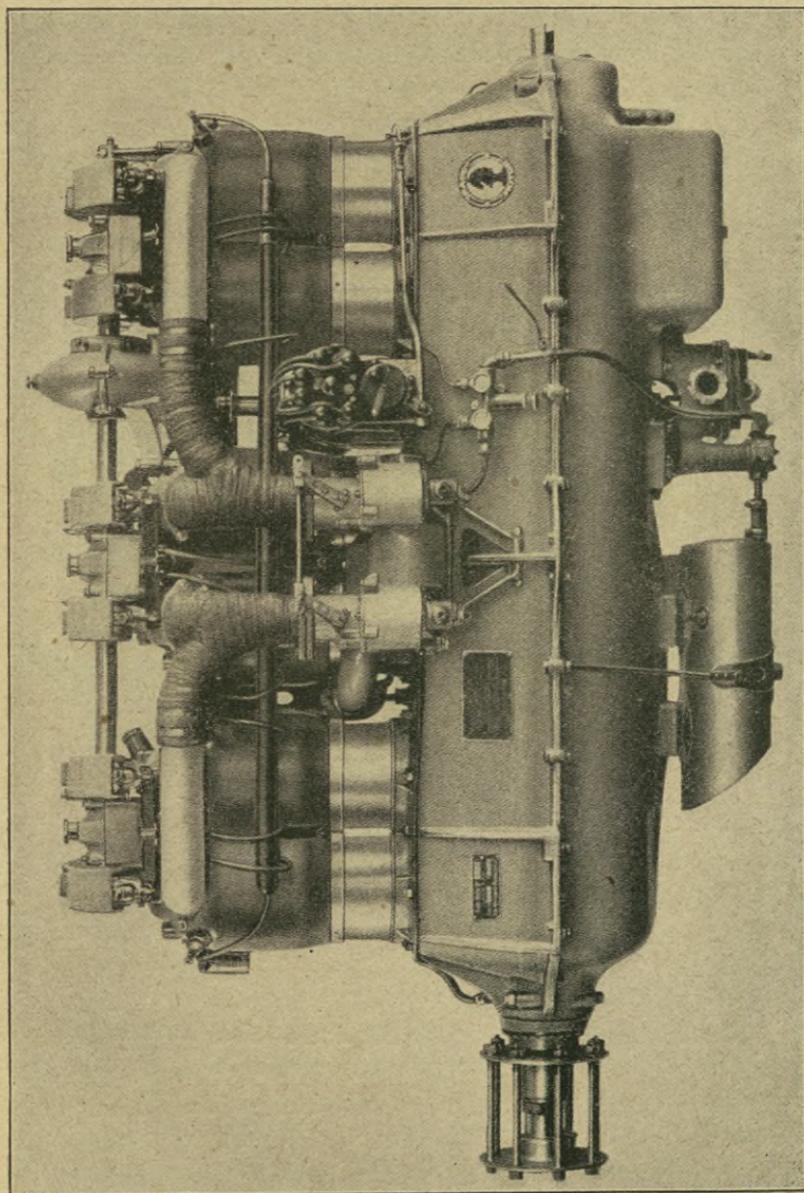


Fig. 195. 150 PS Rapp-Motor.

### 7. Körting-Motor.

Der Körting-Motor ist ein 12-Zylinder-V-förmiger Motor, bei dem die beiden Zylinderreihen in einem Winkel von  $60^{\circ}$  zueinander stehen.

Der Motor leistet bei 1600 Umläufen der Kurbelwelle bzw. 800 Umdrehungen der Luftschraube 240 PS. Als Vergaser sind Pallas-Vergaser vorgesehen, und zwar 4 Stück von denen je 2 eine Zylinderreihe versorgen.

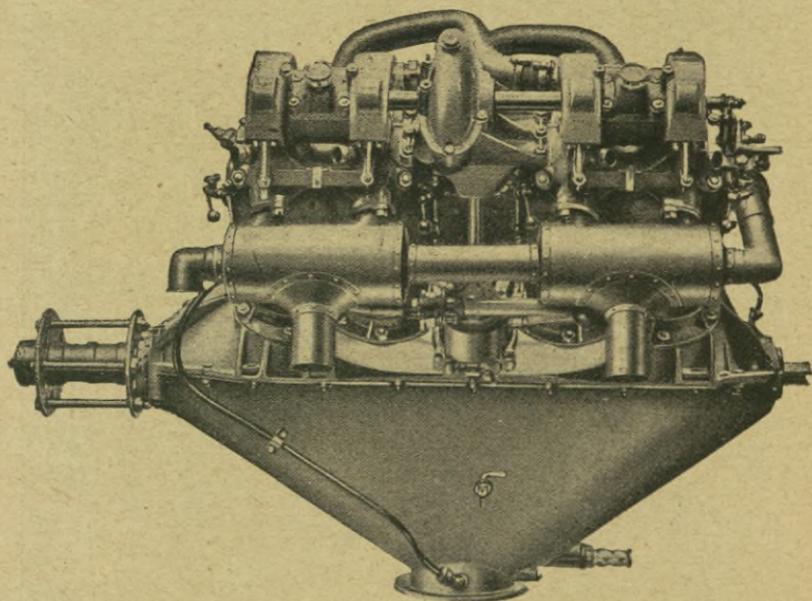


Fig. 196. 145 PS Rapp-Motor in V-Form.

### 8. Österreichischer Hiero-Motor.

In Fig. 201 ist ein österr. Motor der Firma Warchalowski, Eißler & Co., Wien, dargestellt, ebenfalls ein 6-Zylinder-Reihenmotor mit obenliegender Nockenwelle, der bei einem Gesamtgewicht von 310 kg 215 PS leistet. Der Motor ist mit 2 Vergasern ausgerüstet, die beiden Betriebsmagneten liegen auf dem Kurbelwellengehäuse zwischen dem 3. und 4. Zylinder.

## B. Ausländische Motoren.

Die vom feindlichen Auslande im Flugzeugmotorenbau gemachten Fortschritte werden von uns dauernd mit größtem Interesse verfolgt, das Material für die Beobachtungen liefert uns der Feind selbst in Form von Beutemotoren, die gar oft schon vollständig unbeschädigt in gebrauchsfähigem Zustande in unsere Hände fielen.

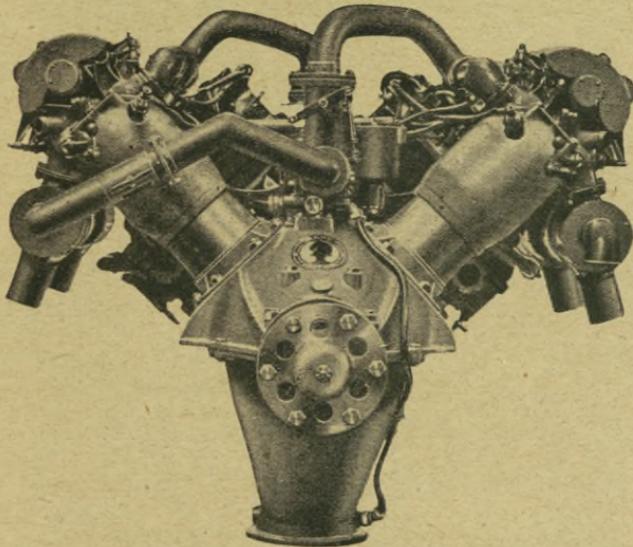


Fig. 197. 145 PS Rapp-Motor.

Ein viel verbreiteter feindlicher Motor ist der

### 1. Renault-Motor.

Es ist dies ein 12-Zylinder-Viertaktmotor, dessen Zylinder V-förmig in 2 Reihen einander gegenüberstehen. Er wird sowohl als wassergekühlter Motor nach Fig. 202, als auch als luftgekühlter nach Fig. 203 ausgeführt.

Fig. 202 zeigt die neuere Ausführung, deren Einzelteile eine außerordentliche Ähnlichkeit mit dem deutschen Mercedes-

Motor aufweisen. Die Nockenwellen sind über jeder Zylinderreihe angeordnet und die Betriebsmagnete zwischen den beiden Zylinderreihen untergebracht.

Beim luftgekühlten Renault-Motor liegt die Nockenwelle im Kurbelgehäuse zwischen den beiden Zylinderreihen und betätigt die Ventile durch Stößelstangen. Eine gute Kühl-

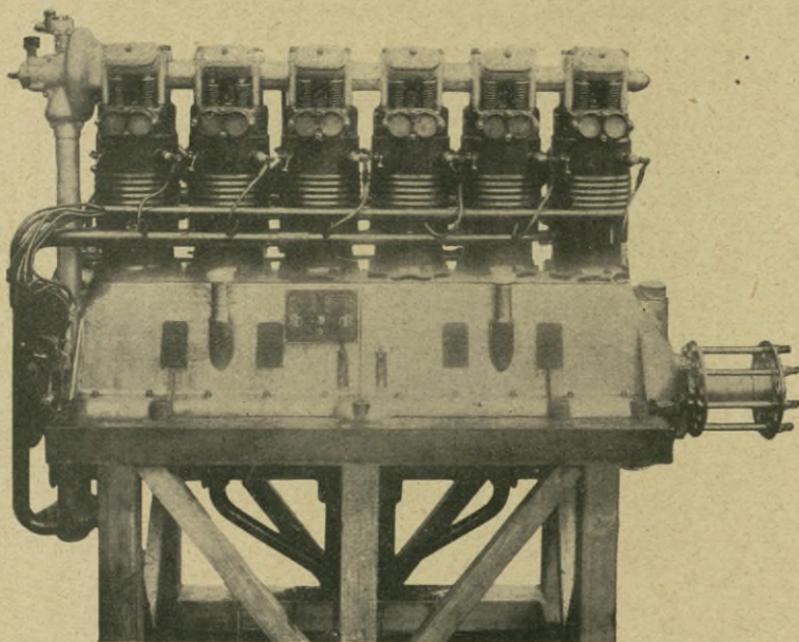


Fig. 198. N.-A.-G.-Motor.

wirkung wird dadurch erreicht, daß der bei der Eigenbewegung des Flugzeuges entstehende Luftzug durch einen Ventilator unterstützt wird. Die an den Zylindern vorbeistreichende Luft muß diese kühlen. Um die Kühlung auch an der Innenseite der Zylinder möglichst intensiv zu gestalten, ist der Raum von Zylinder zu Zylinder und über den Reihen durch Blech abgedeckt, so daß eine Art großes Rohr entsteht, an dessen dem Führersitz zugekehrten Ende ein großer Ventilator sitzt,

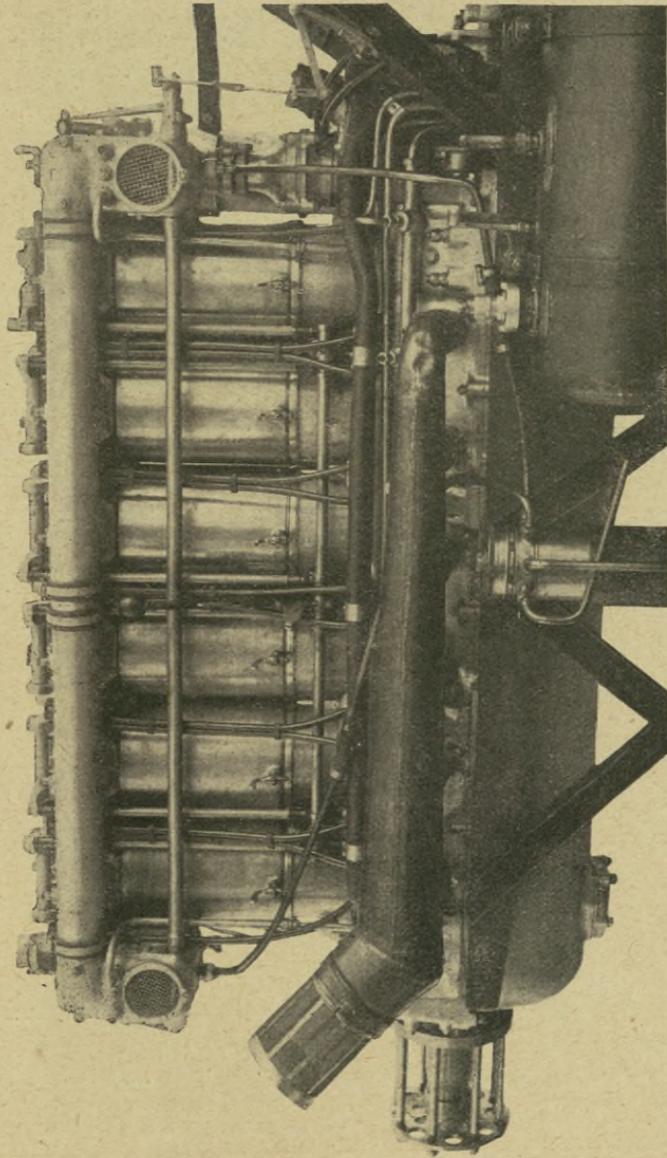


Fig. 199. 245 PS Maybach-Motor.

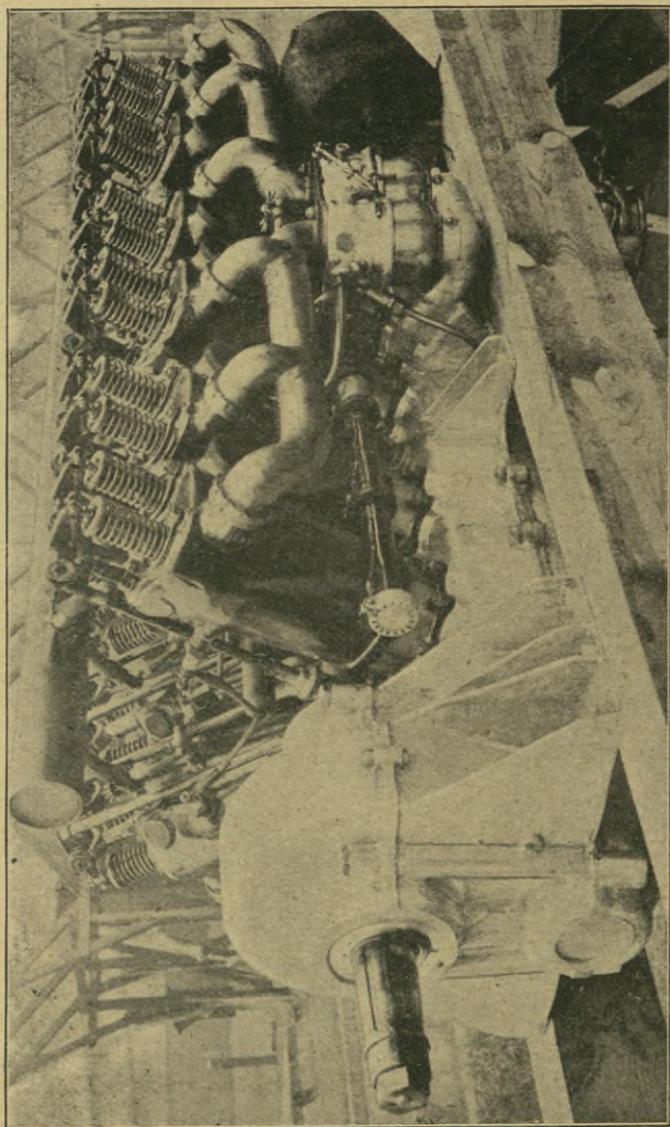


Fig. 200. 240 PS Körting-Motor.

der an den Zylindern bezw. deren Kühlrippen die Luft vorbeisaugt.

## 2. Curtiss-Motor.

Der Curtiss-Motor nach Fig. 204 zeigt eine höchst einfache Bauart; er ist wassergekühlt und hat ebenfalls V-förmige Anordnung der Zylinder. Die Nockenwelle liegt im Kurbelgehäuse.

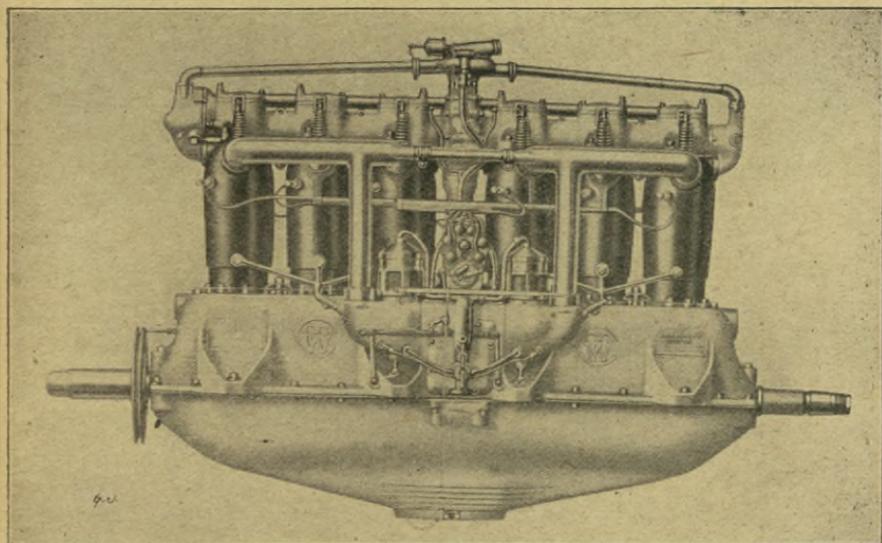


Fig. 201. 215 PS Hiero-Motor.

## 3. De Dietrich-Motor.

Der De Dietrich-Motor nach Fig. 205 zeigt eine ähnliche Anordnung der Zylinder, jedoch liegt hier die Nockenwelle, wie bei unserem Mercedes-Motor, eingekapselt über den Zylindern.

## 4. Rolls-Royce-Motor.

Einer der erfolgreichsten englischen Motoren ist der Rolls-

Royce-Motor nach Fig. 206, ein 12-zylindriger, V-förmiger Motor, dessen Steuerung ebenfalls durch über den Zylindern liegende Nockenwellen bewirkt wird.

5. Hispano-Suiza-Motor.

In der neuesten Zeit verwenden unsere Feinde, speziell

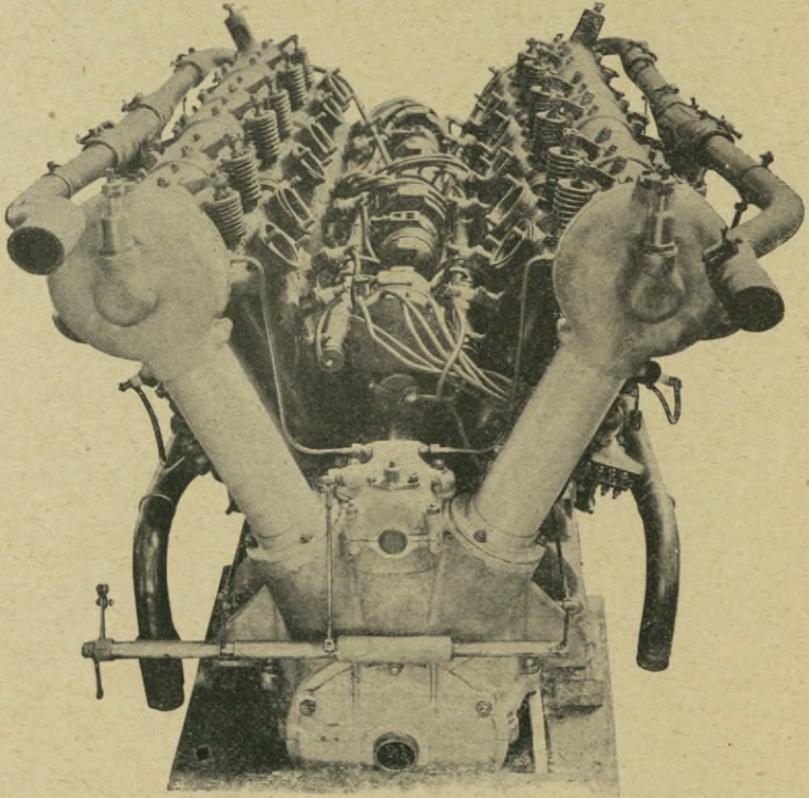


Fig. 202. Neuer wassergekühlter Renault-Motor, 240 PS.

für die Spad-Kampfflugzeuge, in dem Hispano-Suiza-Motor eine besonders leichte Maschine, die bei einem Gewicht von nur 180 kg 160 PS bei 1700 Umdrehungen leistet (Fig. 207).

Das geringe Gewicht wird einestheils durch ausgiebigste Verwendung von Aluminium, andererseits durch denkbar ein-

fachste Ausführungsformen erreicht. Der ganze Zylinderkörper besteht aus Aluminium, nur innen ist als Lauffläche für den Kolben ein ganz feiner Stahlzylinder eingesetzt.

Besonders einfach ist die in Fig. 208 dargestellte Ventilsteuerung, bei der jegliche Zwischenorgane fortfallen, da die

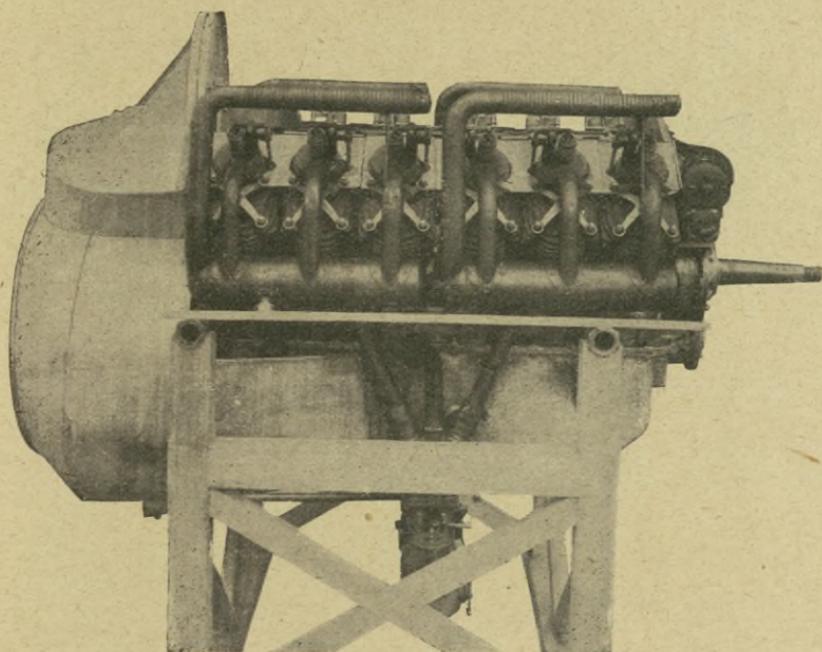


Fig. 203. Luftgekühlter Renault-Motor.

über den Zylindern liegende Steuerwelle direkt mit ihren Nocken auf die Ventile wirkt.

Allerdings hat diese Ausführung wieder Nachteile in baulicher Beziehung insofern, als es nicht möglich ist, den geringsten Fehler an Ventilen usw. zu beheben ohne die Steuerwelle abzunehmen und so ziemlich den ganzen Motor auseinanderzubauen. Da es sich aber unsere Feinde leisten können, mehr Material und, wie in diesem Falle bei Bezug aus dem Auslande, auch menschliche Arbeitskräfte zu verbrauchen als wir,

wird dieser konstruktive Nachteil unseren Feinden als solcher nicht weiter fühlbar. Dem Motor verbleibt auf alle Fälle der Vorteil des außerordentlich geringen Gewichtes trotz Wasserkühlung.

Die von uns an Hispano-Suiza-Beutemotoren angestellten

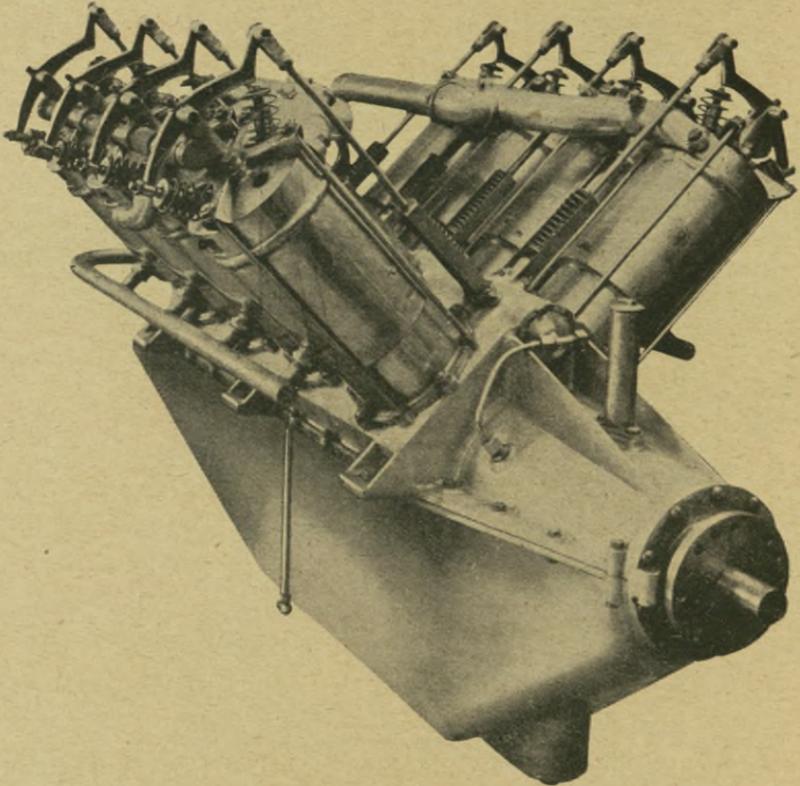


Fig. 204. Curtiss-Motor.

Versuche haben bisher allerdings nur eine verhältnismäßig geringe Betriebsdauer, 20 bis höchstens 30 Stunden, ergeben. Aus den eben angeführten Gründen spielt aber für unsere Feinde auch dies keine besondere Rolle, abgesehen davon, daß wir aus einem Motor, der bereits in einem Flugzeug mehr oder

weniger lange im Betriebe war und mit dessen Behandlung wir doch schließlich nicht so gut vertraut sind, ein absolut zuverlässiges Bild über die wirkliche Leistungsfähigkeit und Lebensdauer des Fabrikates wohl kaum bekommen können.

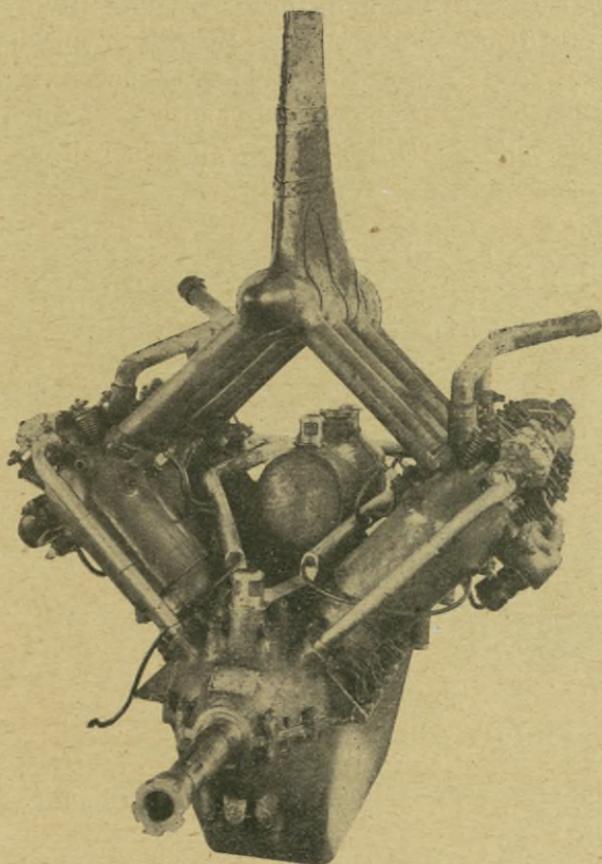


Fig. 205. De Dietrich-Motor.

#### 6. Beardmore-Motor.

Der englische Beardmore-Motor, ein 6-zylindriger Reihemotor nach Fig. 209 ist aus dem englischen Daimler-Motor hervorgegangen. Er leistet bei einem Gewicht von 320 kg 160 PS, hat Gußzylinder und wird mit Wasser ge-

kühlt. Für je 3 Zylinder ist ein gesonderter Vergaser vorhanden.

#### 7. Salmson-Motor.

Der englische Salmson-Motor ist ein Standmotor mit sternförmig angeordneten Zylindern mit je einem zwangsläufig gesteuerten Ein- und Auslaßventil. Er hat Wasserkühlung und zeichnet sich anderen Motoren gegenüber durch geringes Gewicht, guten Massenausgleich und vor

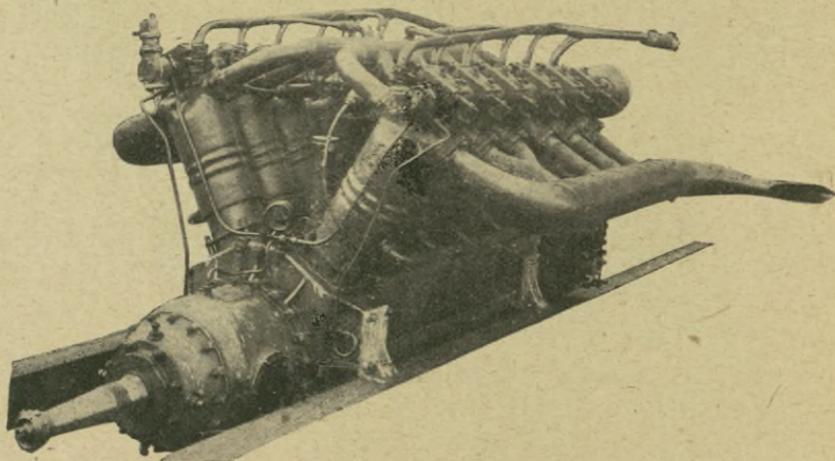


Fig. 206. Rolls-Royce-Motor.

allen Dingen äußerst geringe Baulänge, genau wie ein Umlaufmotor, aus.

Der 9-zylindrige Motor nach Fig. 210 leistet bei einem Gewicht von 480 kg etwa 300 PS. Die Zylinder sind aus Gewehrlaufstahl gedreht und mit kupfernen Kühlmänteln umgeben.

#### 8. Wiskosin-Motor.

Zum Schluß sei noch ein amerikanischer 6-Zylinder-Motor, der Wiscosin-Motor, erwähnt, bei dem ebenfalls die

große Ähnlichkeit mit unseren deutschen Standmotoren bemerkenswert ist. Der Motor leistet bei 1400 Umdrehungen und einem Gewicht von 270 kg 145 PS. Die Zylindermäntel sind samt Kopf und Flanschen aus einer besonderen Aluminium-

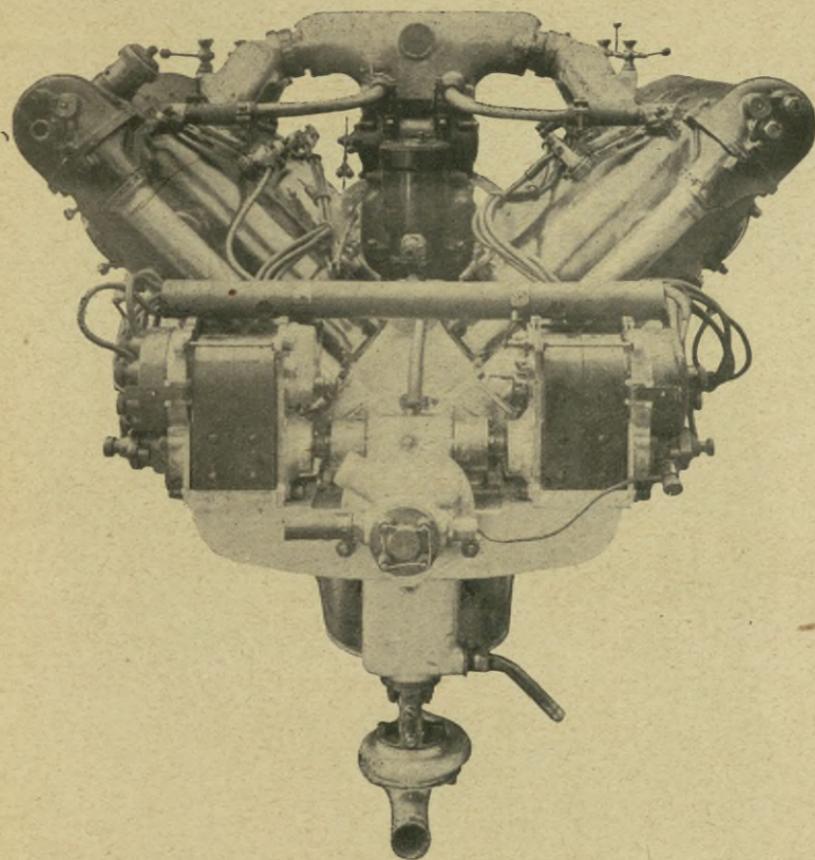


Fig. 207. 160 PS Hispano-Suiza-Motor.

legierung gegossen, in die die gußeisernen Ventilsitze mit eingegossen sind.

Die Kolbengleitbahnen bestehen aus gehärteten Rohren, während die Kolben aus Aluminium hergestellt sind. Die

Ähnlichkeit mit den deutschen Motoren bezüglich konstruktiver Ausbildung ergibt sich deutlich aus Fig. 211.

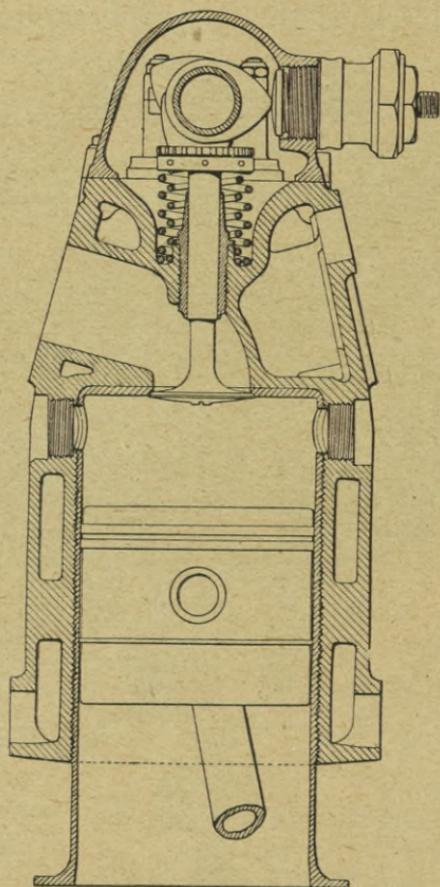


Fig. 208. Ventilsteuerung der Hispano-Suiza-Motoren.

## XXIV. Der Umlaufmotor.

Bei den Umlaufmotoren ist, wie sich schon aus der Bezeichnung ergibt, eine Abweichung gegenüber dem Standmotor insofern vorhanden, als hier der größte Teil des Motors nicht feststeht, sondern umläuft.

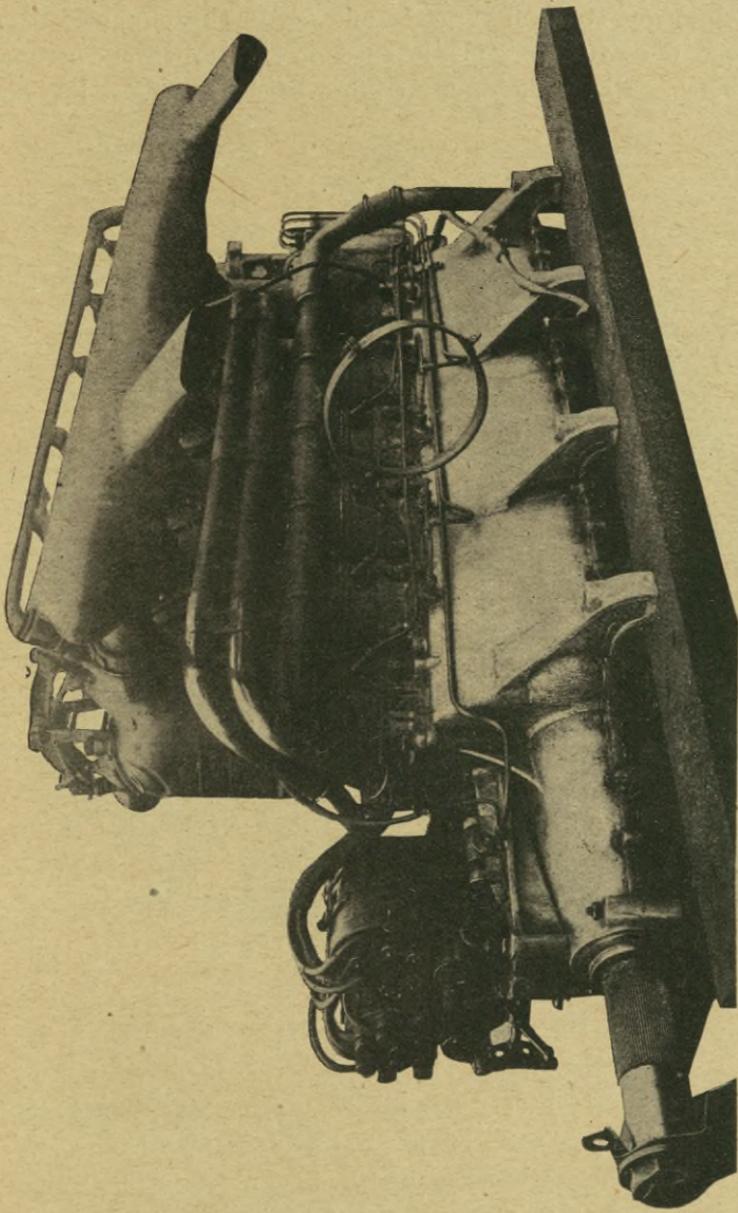


Fig. 209. Englischer Beardmore-Motor.

Beim Umlaufmotor liegt lediglich die Kurbelwelle mit dem Betriebsmagnet, dem Vergaser und der Brennstoffpumpe fest, während die Zylinder samt Gehäuse um die Kurbelwelle herum-schwingen. Diese Anordnung ergibt verschiedene Vorteile, vor

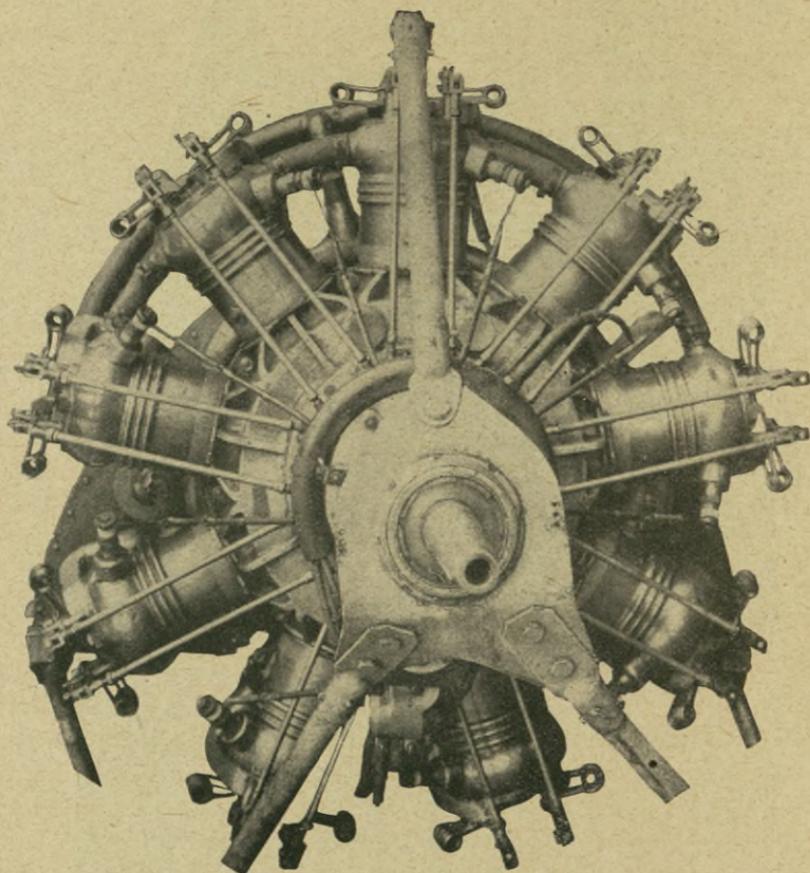


Fig. 210. 300 PS Salmson-Motor.

allen Dingen hohen Gleichförmigkeitsgrad, erschütterungsfreien Lauf, und geringes Gewicht, hat andererseits aber auch wieder Nachteile, wie beispielsweise die Bedingung der Verwendung nur besten Rizinusöles als Schmiermittel, höheren Öl- und Brennstoffverbrauch und bedeutend geringere Betriebsstundenzahl.

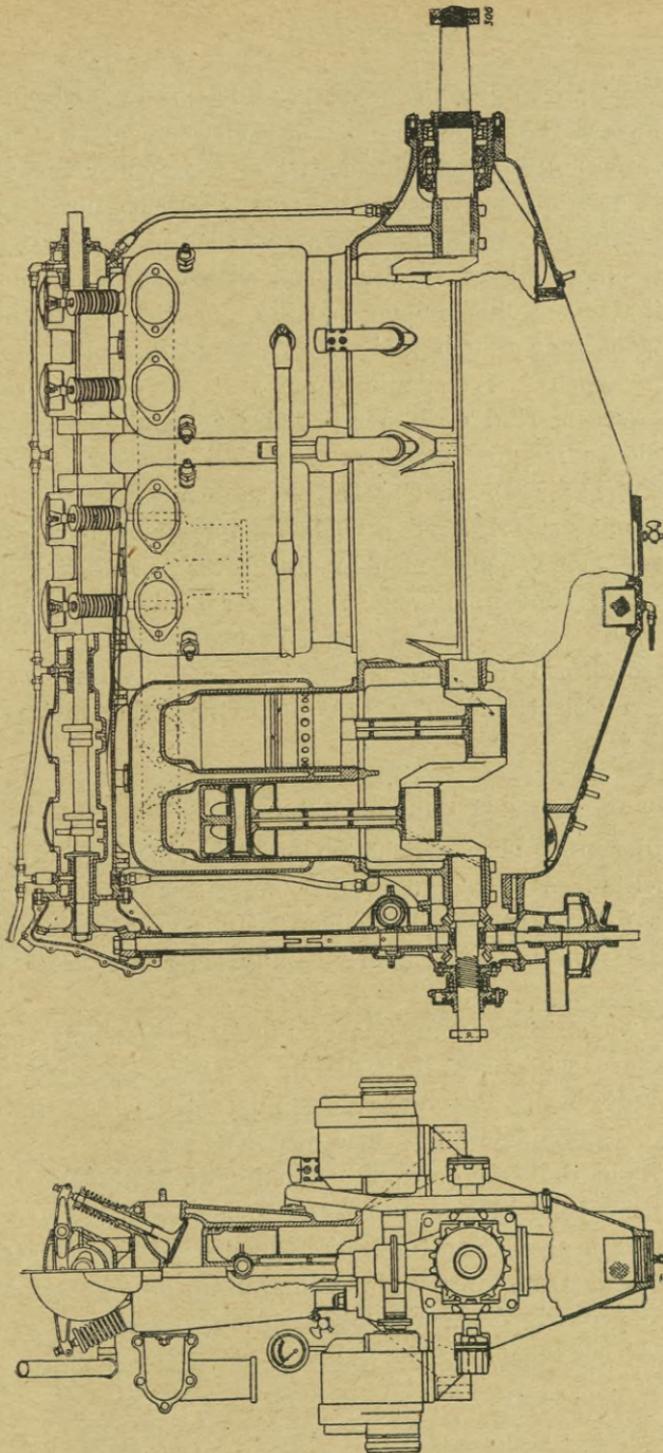


Fig. 211. Amerikanischer 145 PS Wiskosin-Motor.

Da diese Nachteile augenblicklich für uns in Deutschland recht schwerwiegend sind, ist man bei uns zur Zeit vom Umlaufmotor fast ganz abgekommen. Es möge jedoch erwähnt sein, daß gerade unsere besten Kampfflieger sich nur schwer vom Umlaufmotor trennen können und daß dies ein Grund dafür ist, immer wieder zu versuchen, auch den Umlaufmotor noch weiter zu vervollkommen und die ihm leider heute noch anhaftenden Mängel zu beseitigen. Während die bisher verwendeten Typen von Umlaufmotoren von der Front zurückgezogen werden, sind doch bereits wieder neue Versuche im Gange, die es möglich machten, einen Teil unserer neuesten Dreidecker (Fig. 212), ein Gegenstück zu dem englischen Spad-Flugzeug, mit gut arbeitenden Umlaufmotoren auszustatten, so daß anzunehmen ist, daß man in absehbarer Zeit auch wieder an der Front Umlaufmotoren in größerer Zahl zu sehen bekommen wird.

Aus diesem Grunde sei auch hier der Umlaufmotor zur allgemeinen Orientierung erwähnt und seine Arbeitsweise erläutert.

### **Beschreibung des Umlaufmotors.**

An der nach oben gerichteten feststehenden Kurbel sind die Pleuelstangen befestigt, so daß bei einem Umlauf eines Zylinders der Kolben in demselben 2 Hübe zurückgelegt hat, d. h. einmal von außen nach innen und wieder von innen nach außen gegangen ist.

Das Brennstoffgemisch gelangt durch die gewissermaßen als Rohr ausgebildete Kurbelwelle in das Gehäuseinnere und tritt über die in den Böden der Kolben untergebrachten Einlaßventile in den Zylinderraum über dem Kolben.

Auch die Umlaufmotoren arbeiten im Viertakt und zwar so, daß beim ersten Niedergange des Kolbens von außen nach innen dadurch das Brennstoffgemisch in den Zylinder eintritt, daß das selbsttätig arbeitende Einlaßventil im Kolben sich öffnet, weil durch die Vergrößerung des Zylinderraumes ein Unterdruck entsteht.

Bei Umkehrung der Kolbenbewegung wird sich das Einlaßventil wieder schließen, so daß das Gasgemisch verdichtet wird. Beim zweiten Niedergange des Kolbens erfolgt, genau wie beim Standmotor, die Zündung; der Kolben wird nach unten geschleudert, darauf das Auslaßventil geöffnet und beim vierten Takt die verbrannten Gase ausgestoßen.

Die infolge der Drehung der Zylinder durch den Luftstrom erzeugte Kühlwirkung genügt für die Kühlung des Motors.



Fig. 212. Fokker-Kampf-Dreidecker mit Umlaufmotor.

### Arten von Umlaufmotoren.

#### Oberurseler Gnom-Motor.

Der bisher meist angewandte deutsche Umlaufmotor war das Fabrikat der Motorenfabrik Oberursel Akt.-Ges., der Gnom-Motor, welcher in 4 Größen von 80 und 100 PS mit 7 bzw. 9 Zylindern und zu 160 und 200 PS mit 14 bzw. 18 Zylindern in doppelsterniger Anordnung geliefert wird.

Die Fig. 213 zeigt einen 80 PS Gnom-Motor teilweise im Schnitt, während in Fig. 214 ein betriebsfertiger 160 PS Gnom-Motor dargestellt ist.

In jüngster Zeit hat man auch versucht, ebenso, wie es bei den Le Rhone-Motoren neuerdings teilweise durchgeführt ist, die Gaszufuhr zu den Zylindern nicht durch selbsttätig

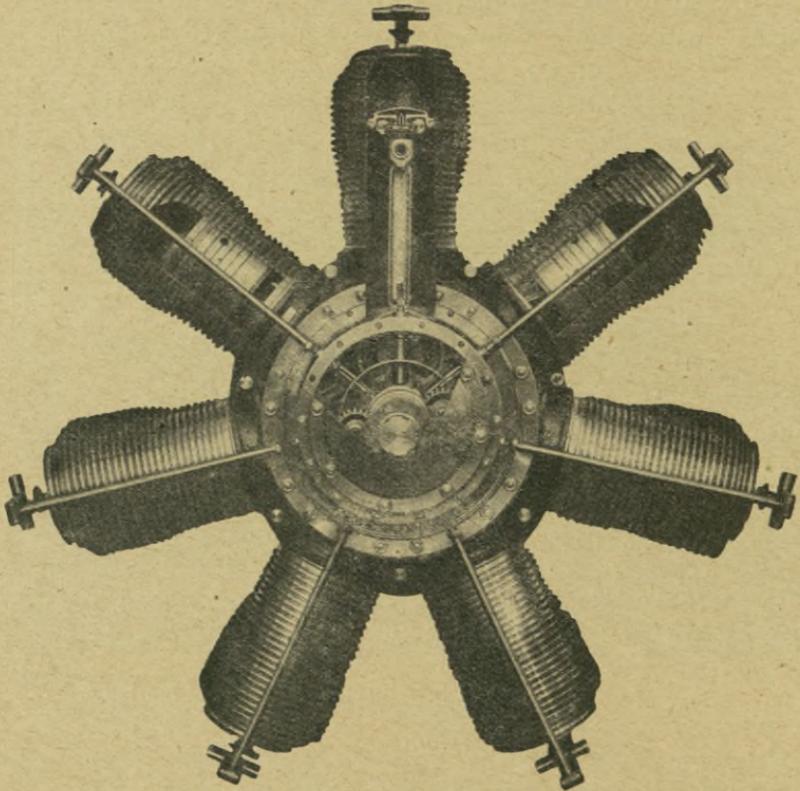


Fig. 213. 80 PS Gnom-Motor (Schnitt).

öffnende Einlaßventile im Kolbenboden, sondern durch Schlitze im Zylindermantel erfolgen zu lassen, die in der tiefsten Kolbenstellung freigegeben werden. Der entstandene Unterdruck läßt ein sehr benzinreiches Gasmisch eintreten, das erst durch Mischung mit der im Zylinder vorhandenen Luft das für die Zündung günstige Mischungsverhältnis bekommt.

Eine Veränderung der Umlaufzahl wird dabei durch Veränderung des Hubes für die zwangsläufig gesteuerten Auspuffventile bewirkt!

Eingeführt hat sich auch dieser Motor bisher aus den eingangs erläuterten Gründen nicht.

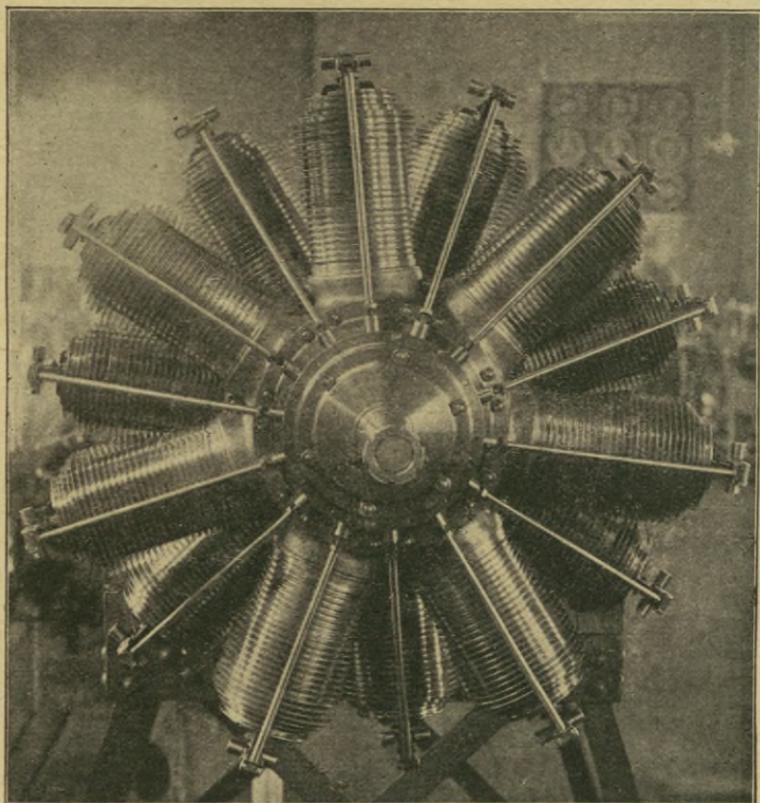


Fig. 214. 160 PS Gnom-Motor.

#### Schwade-Umlaufmotor.

Ein anderer deutscher Umlaufmotor ist der von der Firma Schwade hergestellte, in Fig. 215 während [eines Versuches auf dem Bremsstand gezeigte, der unter den derzeitigen Verhältnissen ebenfalls eine Verbreitung nicht gefunden hat. Er

unterscheidet sich im großen ganzen wenig vom Gnom-Motor, hat jedoch im Gegensatz zu diesem kein geteiltes, sondern ein gegossenes Gehäuse, an dem die Zylinder mit einer Art Bajonett-Verschluß befestigt sind.

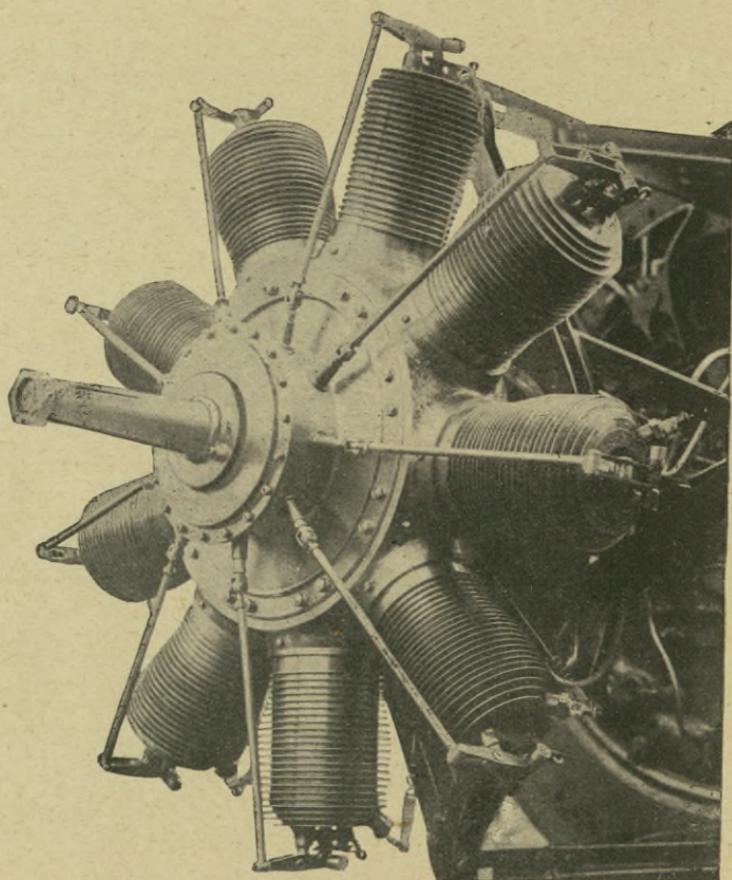


Fig. 215. Schwade-Umlaufmotor auf dem Prüfstand.

#### **Siemens-Umlaufmotor.**

Neuerdings bringen auch, wie bereits erwähnt, die Siemens-Halske-Werke einen bisher recht gute Resultate zeitigenden Umlaufmotor heraus.

Die Zylinder sind bei diesem in Fig. 216 gezeigten Motor wie bei einem Standmotor einzeln an das Gehäuse angeschraubt. Für die Belastung der Auslaßventile werden hier, abweichend von den bisher bekannten Ausführungsformen, rechtwinklig zum Zylinder liegende Spiralfedern verwandt.

#### **Le Rhone-Motor.**

Von ausländischen luftgekühlten Umlaufmotoren sei noch der Le Rhone-Motor erwähnt, bei welchem sowohl Ein- als auch Auslaßventile wie beim soeben erwähnten neuen Siemens-Motor gesteuert sind. Die Gaszufuhr erfolgt nicht durch das Kurbelgehäuse, sondern das Gas wird aus einer besonderen Kammer durch Rohre dem wie beim Standmotor im Zylinderkopf sitzenden Ventil zugeführt. Die Steuerung der beiden Ventile erfolgt durch einen gemeinsamen Schwinghebel.

#### **Esselbé-Motor.**

Ein weiterer ausländischer Umlaufmotor, der Esselbé-Motor, hat in der Gaszufuhr Ähnlichkeit mit dem neuen, bereits erwähnten deutschen Gnom bzw. dem neuen Le Rhone-Motor. Das Frischgas wird dem Zylinder durch in dessen unterem Teil vorgesehene Einlaßöffnungen zugeführt, die durch Ringschieber mehr oder weniger weit geöffnet werden. Auch der Gasauslaß erfolgt über durch Ringschieber gesteuerte Auslaßöffnungen im Zylinderkopf.

#### **Arbeitsweise der Umlaufmotoren.**

Zur Erklärung der Arbeitsweise des Umlaufmotors diene die schematische Darstellung des Kolbenweges bei einem Arbeitsvorgang nach Fig. 217. Der Kolben im Zylinder befindet sich nach dem Schema in seiner Höchststellung außen, also im oberen Totpunkt. Bei Drehung des Motors in Pfeilrichtung gleitet der Kolben im Zylinder nach innen; durch den entstehenden Unterdruck öffnet sich das selbsttätig öffnende, im Kolbenboden angeordnete Einlaßventil, dabei Gas aus dem Gehäuse ansaugend.

Bei weiterer Drehung geht der Kolben wieder nach außen, das Ventil schließt sich im Augenblicke der Umkehrung der Kolbenbewegung und die im Zylinder befindlichen Gase werden zusammengepreßt. Ungefähr 26 Grad, bezogen auf den Winkel

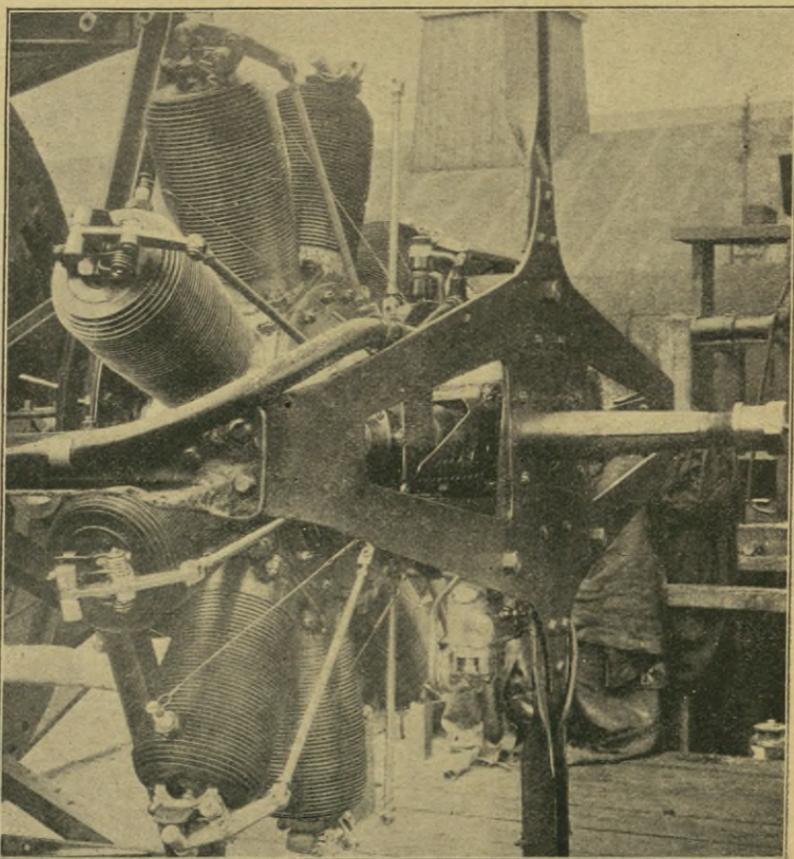


Fig. 216. Siemens-Motor mit selbsttätig öffnendem Einlaßventil.

der Zylinderstellung, vor Erreichen des äußeren (oberen) Totpunktes erfolgt die Zündung, so daß die sich ausdehnenden Gase während des dritten Taktes den Kolben in dem Zylinder herabschleudern. (Arbeitstakt!) Da der Kolben nun aber infolge seiner festen Lagerung in axialer Richtung nicht nach-

geben kann, werden sich die Kräfte so äußern, daß die Zylinder fortgeschleudert werden, der Motor, d. h. der Zylinderstern somit in drehende Bewegung versetzt wird. Ist der Kolben zum zweitenmal im inneren Totpunkt angelangt, der dritte Takt also erledigt, so wird das Auslaßventil geöffnet, der Kolben geht nach außen, und die verbrannten Gase treten ins Freie.

Der Vorgang ist also genau derselbe wie bei einem Viertakt-Standmotor. Die Zündfolge für die Zylinder ist für einen Stern mit 7 Zylindern 1, 3, 5, 7, 2, 4, 6, für einen solchen mit 9 Zylindern 1, 3, 5, 7, 9, 2, 4, 6, 8, also erst die ungeraden und dann die geraden Zahlen, so daß die Zylinder abwechselnd nacheinander im Saughub bzw. Arbeitshub sind.

### Beschreibung des Gnom-Motors und seiner Einzelteile.

Das Gehäuse des Gnom-Motors nach Fig. 218 besteht aus 2 gut gegeneinander abdichtenden, durch Mutterschrauben verbundenen Hälften, zwischen denen die Zylinder aufgenommen werden. Beiderseits ist das Gehäuse durch Deckel verschlossen, innerhalb welcher kräftige Kugellager liegen, deren Innenringe auf Kurbelwelle bzw. Steuerwelle sitzen. Kurbelwelle und Steuerwelle sind durch einen konischen Zapfen fest miteinander verbunden.

Auf der Steuerwelle sitzen die Nockenscheiben für die Steuerung des Auslaßventils und 2 Zahnräder zum Antrieb des Planeträdergetriebes, welches im entsprechenden Über-

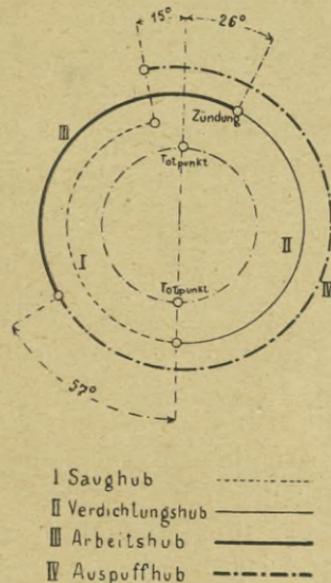


Fig. 217. Arbeitsschema des Umlaufmotors.

setzungsverhältnis die Nockenbüchse bewegt. Am rückwärtigen Deckel sitzt die Verteilerscheibe für die Zündung.

Die mit vielen Kühlrippen versehenen Zylinder sind aus dem Vollen aus Gewehrlaufstahl gedreht. Am Fuße befinden sich 2 Bunde zur Befestigung im Gehäuse; gegen Verdrehen sind sie durch einen Federkeil gesichert. Die Zylinder haben nur eine Wandstärke von 1,25 mm, die für den hohen Explosionsdruck an sich nicht ausreichen würde, so daß die Kühlrippen nicht nur zur Ableitung der Wärme, sondern gleichzeitig dazu dienen, dem Zylinder überhaupt erst den nötigen Halt zu geben.

Das Auslaßventil ist in den Zylinderkopf eingeschraubt, und zwar, um es leicht wieder lösen zu können, mit zwischengelegtem Kupferring. Schräg nach innen zeigend ist ein Nippel für das Einschrauben der Zündkerze mit dem Zylinder verschweißt.

Die Anordnung von Gehäuse, Pleuelstangen und Kolben ist in Fig. 219, teilweise im Schnitt, dargestellt.

Die Zylinder aller Größen des Gnom-Motors haben 124 mm Bohrung, so daß nur ein Kolbentyp vorhanden ist, was das gegenseitige Auswechseln sehr erleichtert. Die äußerst leicht gehaltenen Kolben haben über dem normalen Kolbenring eine Neusilber-Manschette mit Beilegering, wodurch ein besonders gutes Abdichten erreicht werden soll.

Das in den Kolbenboden eingesetzte Einlaßventil ist ebenfalls durch einen Kupferring gegen Festfressen gesichert. Kolben und Kurbelwelle sind durch die Pleuelstange verbunden. Die Pleuelstangen haben I-förmigen Querschnitt und führen den Kolben das Schmieröl in einer seitlichen Aussparung zu. Die Mutterpleuelstange selbst sitzt unter Zwischenschaltung zweier starker Kugellager auf der Kurbel.

Das Einlaßventil im Kolben (Fig. 220) besteht aus dem Ventilsitz, welcher mit der Gabel für die Befestigung der Pleuelstange am Kolben verschraubt ist, dem Ventilteller und 2 in eine Aussparung am Ventilschaft eingreifenden kleinen doppelarmigen Hebeln, deren äußerer Arm als Ge-

wicht ausgebildet ist. Während des Motorlaufes werden diese Gewichte ebenso wie der Ventilteller durch die entstehenden Zentrifugalkräfte nach außen geschleudert.

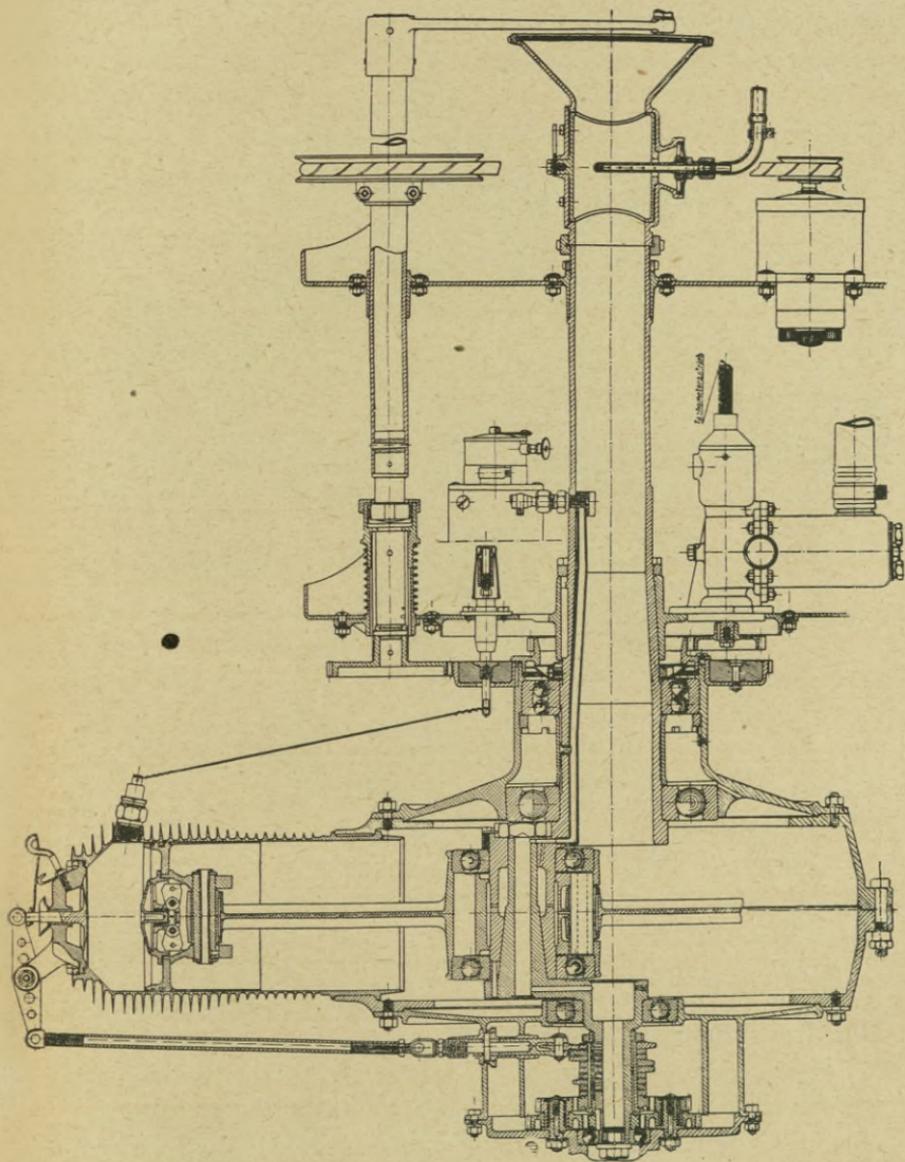


Fig. 218. 100 PS Gnom-Motor.

Ventilteller und Hebel sind aber gleich schwer, so daß beide Kräfte sich ausgleichen und das Ventil trotz der Fliehkräfte auf seinem Sitz bleibt und abdichtet, welche Wirkung durch 4 Spiralfedern, die beiderseits der Gewichte vorgesehen sind, unterstützt wird. Diese Federn müssen einen Druck von

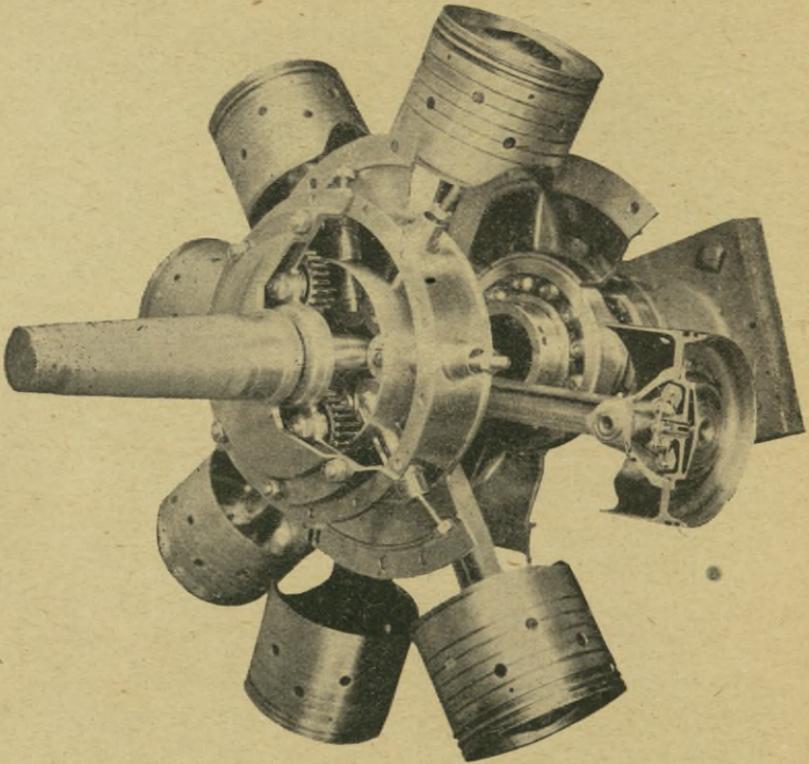


Fig. 219. Kurbelwelle mit Kolben und Gehäuse eines 80 PS Gnom-Motors.

5 kg aushalten, ehe das Ventil sich öffnet. Der im Saughub im Zylinder auftretende Unterdruck ist stark genug, diesen Überdruck zu überwinden.

Der Schaft des Auslaßventiles ist in einer leicht auswechselbaren Buchse geführt. Das Ventil wird durch 4 aufeinander liegende Blattfedern belastet. Die Öffnung erfolgt

durch einen doppelarmigen Hebel, welcher durch eine Stößelstange von der Nockenscheibe aus betätigt wird.

### Der Vergaser.

Der Vergaser ist beim Umlaufmotor erheblich einfacher ausgeführt als bei unseren Standmotoren, eine Leerlaufdüse

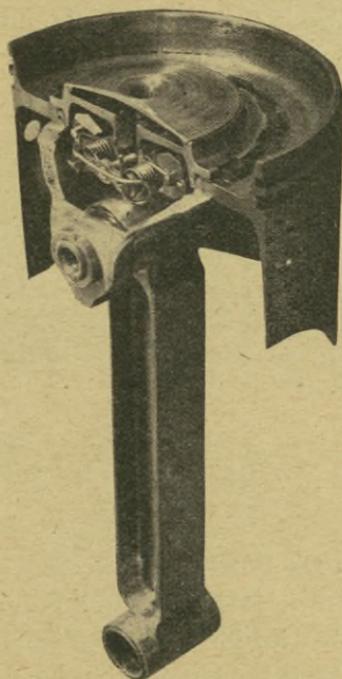


Fig. 220. Kolben mit Einlaßventil im Schnitt.

fehlt ganz. Er sitzt am Ende der hohlen Kurbelwelle und besteht aus einer Düse, die in der Mitte eines vertikal drehbaren Drosselschiebers sitzt. Das Ende der hohlen Kurbelwelle ist mit einem Schutzkorb aus Drahtsieb und gelochtem Blech versehen, der wohl die Luft eintreten läßt, dagegen infolge des einliegenden Durchschlagesiebes ein Zurückschlagen der Flamme bei evtl. Vergaserbränden ausschließt.

Die Düse des 80 PS Motors nach Fig. 221 hat nur einen

nach oben führenden Brennstoffaustritt, die 100 PS Düse dagegen mehrere horizontal liegende Austrittslöcher.

Da im Winter die Temperatur an der Düsenmündung bei der großen Entfernung derselben von den Zylindern für eine genügende, stets zuverlässige Vergasung nicht ausreichen würde, wird noch eine besondere Düse, die sogenannte Winterdüse, nach Fig. 222 verwendet.

Sie hat den Zweck, die Gase näher an den erwärmten Teil des Motors heranzuführen, was durch ein nach dem Gehäuseinnern führendes Rohr bewirkt wird.

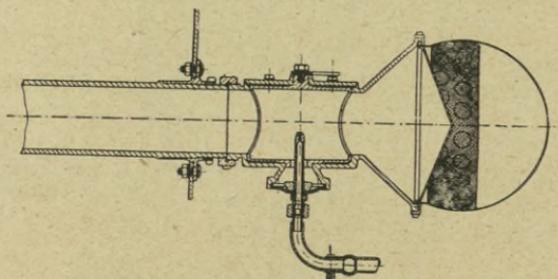


Fig. 221. Vergaser des 80 PS Gnom-Motors.

### Zündung des Umlaufmotors.

Die Zündung erfolgt in der Regel durch Magnete der Firma Bosch, die bereits im Kapitel „Zündung“ vorliegenden Buches (Seite 143 bzw. 144 u. folg.) behandelt wurden. Da bei jeder Umdrehung des Ankers im Zündapparat 2 Funken erzeugt werden und der Motor bei 2 Umdrehungen des Zylindersternes 7 Zündungen benötigt, sind Ankerwelle des Betriebsmagneten und Motor im Übersetzungsverhältnis 7 : 4 miteinander verbunden.

### Schmierung.

An der Motorenaufhängung ist außer dem Zündapparat die Ölpumpe nach Fig. 223 befestigt, eine gewöhnliche Kolben-druckpumpe, die für alle Motorengrößen die gleiche Ausführungs-

form zeigt; die verschieden große Leistung wird durch den Hub der Antriebsnocken bestimmt.

Die 80 PS Motoren erhalten eine Ölpumpe mit 6,8 mm Nockenhub während die 100 PS Motoren eine solche von 8,8 mm Hub bekommen. Sind 2 Sterne vorhanden, so werden 2 entsprechende Pumpen vorgesehen, Die 6,8 mm Pumpe liefert bei 210 Umdrehungen 5,45 l, die 8,8 mm Pumpe bei 270 Umdrehungen des Pumpenantriebes 10,18 l in der Stunde. An der Pumpe sind 2 mit *b* und *c* bezeichnete Anschlüsse vorhanden, die mit entsprechend bezeichneten Anschlüssen an der

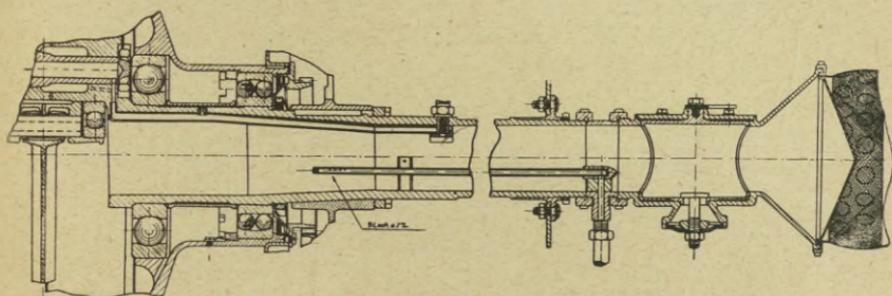


Fig. 222. Vergaser des 100 PS Gnom-Motors mit Winterdüse.

Kurbelwelle zu verbinden sind. Der Anschluß *c* für den kleinen Kolben steht mit der Ölleitung für Hauptkurbel, Kolbenbolzen und Zylinder in Verbindung, während der Hauptkolben der Pumpe (Anschluß *b*) das Öl zu den Kugellagern, Zahnrädern, Nockenrollen, Stößelführungen usw. drückt (s. Fig. 218).

Zweckmäßig wird in die Ölleitung eine Luftglocke (Pulsometer) eingebaut, welche an ein T-Stück mittels Schlauch oder Rohr angeschlossen wird. Durch die an der Luftglocke sichtbare Pulsation läßt sich sowohl die Arbeitsweise der Pumpe als auch die Umdrehungszahl des Motors feststellen, indem man die in der Minute gezählten Pulse beim 100 PS Motor mit 11,11 und beim 80 PS Motor mit 14,28 multipliziert.

Zur Schmierung soll chemisch reines Rizinusöl von weißer Farbe benutzt werden. Nur im Notfall ist vorübergehend die Verwendung eines Rizinus-Ersatzöles zulässig, wenn

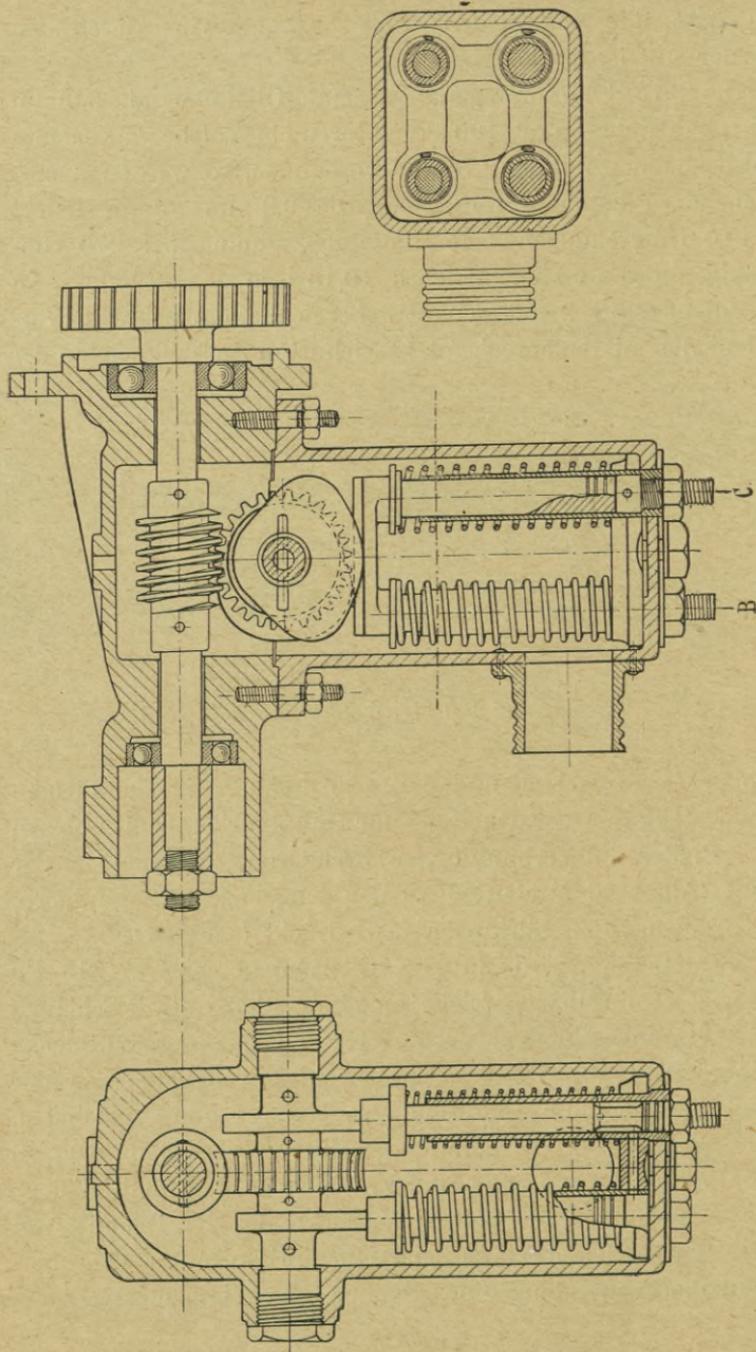


Fig. 223. Ölpumpe des Gnom-Motors.

dieses tatsächlich vollständig harzfrei gemacht ist. Mineralöle sind unter keinen Umständen verwendbar.

## XXV. Ab- und Neuaufbau von Umlaufmotoren.

Der Abbau eines Umlaufmotors ist äußerst einfach. Es wird zunächst der Vergaser abgenommen, die Muttern aus vorderer und hinterer Motorenaufhängescheibe entfernt und der Motor aus den Aufhängescheiben herausgezogen.

Zur Demontage werden besondere Auflageböcke, die in Fig. 224 gezeigt sind, verwendet. Nach Entfernung des Propellerzapfendeckels, des Planetenräderantriebes und der Nockenbüchse wird der Gehäusedeckel mit den Stößelstangen abgeschraubt und der Motor auf die andere Seite gelegt. Nun wird der hintere Gehäusedeckel abgeschraubt, die Muttern der Steuerkurbel gelöst und letztere herausgeschlagen. Nach abermaligem Wenden des Motors können nach Entfernung des Kugellagers aus dem Hals der Mutterpleuelstange die Bolzen der übrigen Pleuelstangen herausgenommen werden. Man kann darauf diese Stangen mit ihren Kolben aus den Zylindern herausnehmen, die Gehäuseschrauben lösen, die obliegende Hälfte abnehmen und die Zylinder ausbauen, aus welcher letzteren dann noch die Ventile herauszunehmen wären.

Der Neuaufbau nach Untersuchung und Reinigung des Motors beginnt mit dem Einsetzen der Zylinder in die in den Montagebock gelegte, mit Keilnuten versehene Gehäusenhälfte. Auf das richtige Passen dieser Keile, die nicht auf dem Rücken tragen dürfen, ist besonders zu achten. Nachdem die andere Gehäusenhälfte aufgesetzt und verschraubt ist, sowie die Schrauben gesichert sind, wird der Stern mit der Propellerseite nach oben in den Bock gelegt, Zylinder und Kolben gut geölt und letztere mit ihrem Ausschnitt nach rechts in die Zylinder eingeschoben. Hierbei sind die Kolbenringe so zu stellen, daß ihr Schlitz auf der meist gekühlten Seite des

Zylinders steht, also in Laufrichtung des Motors vorn, der Schlitz des zweiten Ringes um  $\frac{1}{3}$  des Umfanges weiter nach rechts versetzt.



Fig. 224. Umlaufmotoren in Montageböcken.

Die Mutterpleuelstange wird zuletzt aufgesetzt, darauf der Motor senkrecht aufgestellt, die Kurbelwelle mit dem Kugellager von der Kerzenseite aus in die Mutterpleuelstange eingeführt und das vordere Kugellager angebracht. Dann

wird der Konus der Steuerkurbel von der anderen Seite in den Kurbelzapfen eingeführt und festgeschlagen.

Nummehr wird der Motor wieder mit der Kerzenseite nach oben gelegt und die Mutter des Konus fest angezogen, bis die angebrachten Kennzeichen sich decken, und darauf gesichert.

Weiter wird das Hauptkugellager, der Distanzring und das zweite Kugellager mit dem Gehäusedeckel, der Staubschutzring und die Sicherungsmutter angebracht, welch letztere so weit angezogen wird, daß die Muttersicherung und die Keilnute der Welle einander gegenüberstehen.

Unter nochmaligem Wenden des Motors werden alle Teile noch einmal überprüft und insbesondere festgestellt, ob die Kolbenausschnitte nach rechts und die Zeichen der Pleuelstangen nach oben zeigen und die Stangen seitlich Luft haben.

Auf die Steuerkurbelwelle kommt dann das Kugellager, darauf das Steuergehäuse, weiter Nockenbüchse mit Steuerungsantrieb, das Ventilgestänge und die Auslaßventile. Nach dem Einstellen des Motors wird der Propellerzapfen festgeschraubt (Fig. 225).

Darauf wird der Motor wieder umgedreht, Verteilerscheibe und Lederdichtung mit dem Zahnkranz festgeschraubt und gesichert und zuletzt Aufhängescheibe mit Magnet und Ölpumpe aufgeschoben und mittels Ringmuttern verschraubt. Zum Schluß wird der Vergaser auf das Ende der Kurbelwelle gebracht.

Der Aufbau eines zweisternigen Motors erfolgt in gleicher Weise, nur ist dabei zu beachten, daß die Kolben im hinteren Stern mit dem Ausschnitt nach links sitzen müssen und daß die Mutterstange nicht zusammengeschraubt mit Kolben und Einlaßventil eingesetzt werden kann, sondern daß das Zusammenschrauben erst im Zylinder erfolgen kann. In umgekehrter Reihenfolge wird man beim Auseinandernehmen eines derartigen Motors zu verfahren haben.

### **Einstellung der Auslaßventile.**

Die Einstellung der Auslaßventile erfolgt beim Gnom-Motor folgendermaßen:

Der Zylinder 1 wird nach dem Schema Fig. 226 so gestellt, daß er in einem Winkel von 15 Grad nach dem oberen Totpunkt steht, in welcher Stellung das Auslaßventil gerade abschließen muß. Darauf dreht man die Nockenbuchse

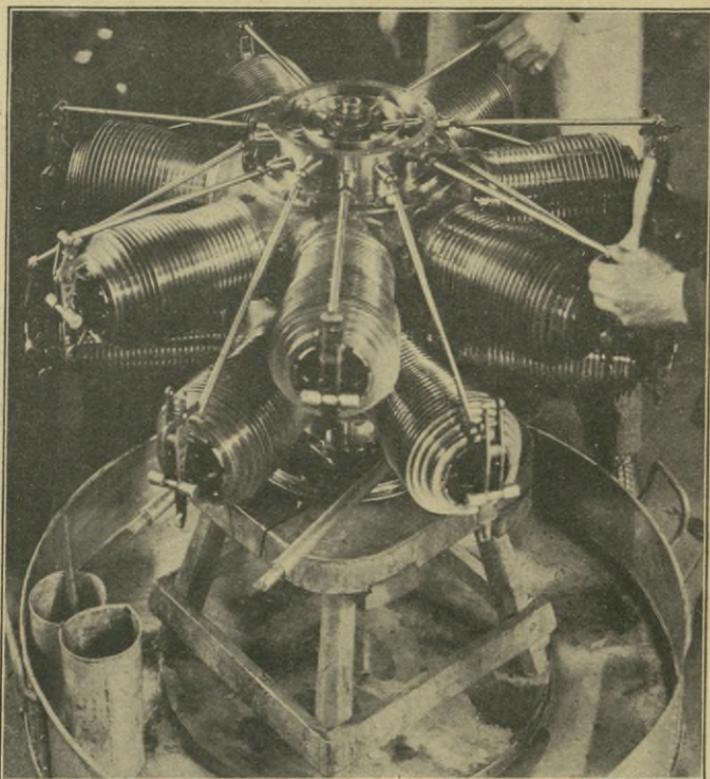


Fig. 225. Gnom-Motor bis zum Aufsetzen des Propellerzapfens fertig

von rechts nach links so weit, daß der Nocken Nr. 1 gerade die Steuerwelle berührt, ohne sie jedoch zu heben. In dieser Stellung sollen sich zwei Zähne des Nockenrades genau hinter zwei Zähnen des Steuerungsantriebes befinden.

Eine etwaige Abweichung hiervon wird ausgeglichen durch Drehung des Motors im Sinne der kleineren Abweichung.

Hierauf werden die an der linken Seite des Propeller-

zapfens befindlichen Umlaufräder so weit gedreht, daß sich je 2 Zähne beider gegenüberstehen. Beim Aufstecken des Propellerzapfens müssen die Zähne der Umlaufräder genau in die Lücken des Nocken- und Steuerantriebsrades passen.

Die Einstellung der Zündung erfolgt in der Weise, daß man Zylinder 5 in genau senkrechte Lage bringt, in welchem Augenblick in diesem Zylinder die Zündung erfolgen muß. Zur richtigen Einstellung bringt man zunächst das Antriebsrad des Magnetapparates außer Eingriff, dreht letzteren

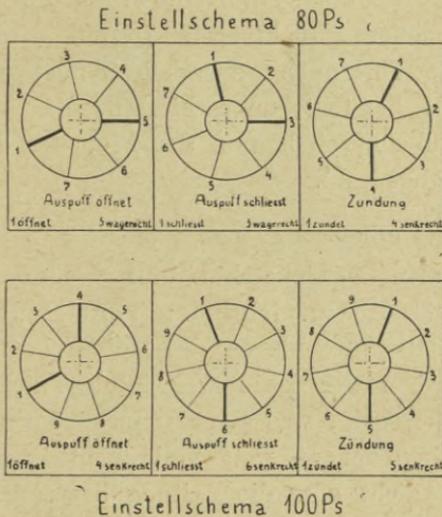


Fig. 226. Ventil-Einstellschema.

auf Zündung und stellt das Antriebsrad danach wieder auf Eingriff.

### Motoreinbau in das Flugzeug.

Vor Wiedereinbau des Motors hat man zu prüfen, ob sich vordere und hintere Motorenaufhängescheibe in der richtigen Lage im Verhältnis zur Längsachse des Flugzeuges befinden.

Vor dem Anlassen des Motors hat man stets nachzuprüfen:

Dichtigkeit des Druckventils,  
Sitz der Zylinder,  
Sicherung der Propeller-Mutterschraube,  
einwandfreie Beschaffenheit der Verteilerscheibe,  
Festsitzen der Zündkerzen und der zu diesen führenden  
Messingdrähte,  
Festsitzen der Kurbelwelle,  
Befestigung der Schrauben an den Zylinderköpfen.

Dann prüft man durch langsames Drehen des Propellers bei abgestellter Zündung die Kompression. Diese ist gut, wenn der Propeller zurückfedert. Darauf wird das Zündkabel, das die Verbindung zwischen Zündapparat und Verteilerschleifkohle herstellt, angeschlossen, die Gaszufuhr auf Benzinüberschuß eingestellt und der Propeller durch Zug am linken Flügel angedreht.

#### **Betriebsstörungen.**

Im normalen Betriebe hin und wieder vorkommende Störungen wären etwa folgende: Ventulfederbruch, der sich durch plötzliches Schlagen des Motors bemerkbar macht

Heruntergehen der Leistung infolge nicht genügender Förderung von Benzin, was seine Ursache darin haben kann, daß der Benzinvorrat zu weit verbraucht ist, die Behälterschraube nicht dicht oder die Leitung bzw. das Druckventil undicht sind.

Weiter wird Undichtigkeit der Ventile infolge Verschmutzung oder Abnutzung die Leistung sofort erheblich heruntersetzen.

Im übrigen gilt bezüglich der Störungen am Motor ebenso wie an der Zündeinrichtung das bereits für die Standmotoren Gesagte.



# HUTTENLOCHER PFEIL-STANDMESSER

SYSTEM LAUFER



DER  
VOLLKOMMENSTE  
INHALTMESSE  
FÜR  
GESCHLOSSENE  
BEHÄLTER  
JEDER  
ART

HUTTENLOCHER U. KROGMANN  
G. M. B. H.  
BERLIN-CÖPENICK  
LIEFERANT FÜR HEER UND MARINE

**Verlagsbuchhandlung Richard Carl Schmidt & Co.**  
Lutherstr. 14 · Berlin W 62 · Tel.: Amt Lützow 5147

---

# Der Luftwiderstand und der Flug

Versuche, ausgeführt im Laboratorium  
des Marsfeldes

von

**G. Eiffel**

Früherem Präsidenten der Société des Ingénieurs civils de France

Nach der zweiten durchgesehenen und vermehrten Auflage  
übersetzt von

**Dr. Fritz Huth**

**123 Textabbildungen 28 Tafeln Groß-Quart**  
**Elegant gebunden M. 20.—**

\*\*\*\*\*

Das französische Originalwerk dieses weltbekannten Konstrukteurs war nach Verlauf weniger Wochen vollständig vergriffen, wohl der beste Beweis, welche Bedeutung die französischen Flugtechniker den von Eiffel experimentell gewonnenen Resultaten beimessen. Die vorliegende deutsche Ausgabe dürfte daher das Interesse sämtlicher deutschen Flugtechniker beanspruchen, sei es, daß diese praktisch oder theoretisch sich mit dem Flugproblem beschäftigen.

# **Feuer**

in elektrischen Anlagen, in Räumen, die zur Lagerung feuergefährlicher Flüssigkeiten dienen, in Lack- und Firnisfabriken u. s. f. werden mit dem bekannten automatischen, durch D. R. P. geschützten Kohlendioxid-Feuerlöscher

# **Total**

Der jederzeit gebrauchsfertig bei denkbar einfachster Handhabung, ohne Nebenschäden wie bei Flüssigkeitslöschern, schnell und sicher

# **Gelöscht!**

**Deutsche Total-Gesellschaft**

m. b. H.

**Berlin-Charlottenburg**

**Guerickestr. 21**

Kabelwort: Totalbau Berlin — Fernruf: Wilhelm 1306/7



Verlagsbuch-  
handlung  
BERLIN W 62

Fernsprecher: Lützow 5147

Richard Carl  
Schmidt & Co.  
Lutherstraße 14

Fernsprecher: Lützow 5147

**Neu!**

**Neu!**

Soeben erschien:

Bibliothek für Luftschiffahrt und Flugtechnik  
Band 13

# Fliegerhandbuch

Ein Leitfaden der gesamten Flugtechnik

von

**ROBERT EYB**

k. u. k. Hauptmann, Feldpilot

320 Seiten mit 224 Abbildungen, darunter einer großen  
Motorentafel

Preis dauerhaft gebunden M. 12.—

☞ 3. vom Verfasser völlig umgearbeitete Auflage ☜

Die jetzt erschienene Neuauflage des allseitig geschätzten Handbuchs ist vom Verfasser so durchgreifend umgearbeitet worden, daß ein vollständig neues Werk entstanden ist, das in knapper, gedrängter Darstellung alles bietet, was der Flieger an praktischen und theoretischen Kenntnissen nötig hat. Die zahlreichen Abbildungen (darunter ca. 200 neue) sind ausschließlich nach Originalzeichnungen und Photographien des Verfassers angefertigt.

**Richard Carl  
Schmidt & Co.**

Fernsprecher:  
Amt Lützow 5147



**BERLIN W 62,  
Lutherstraße 14**

Fernsprecher:  
Amt Lützow 5147

Soeben erschienen:

**Bibliothek für Luftschiffahrt und Flugtechnik Band 20**

## **Die Luftschraube**

von

**Dr. phil. Hermann Borck**

Eine einfache Darstellung der Wirkungsweise von Luftschrauben

Mit 39 Textabbildungen und 5 Tafeln

In Halbleinen gebunden M. 5.—

## **FÜR DIE FLUGZEUGINDUSTRIE**

SPEZIALITÄT: Protol-Imprägnierung, ges. gesch., Flächenüberzuglacke, sowie sämtliche Lacke u. Lackfarben in bewährter Güte

## **FÜR DIE AUTOMOBILINDUSTRIE**

Vernin-Überzuglacke, farbig und farblos, in erprobten Qualitäten — Rostschutzfarben, blei- und giftfrei — Isolier-Lacke

**FARBEN- und LACKFABRIKEN**

# **S. H. COHN**

**BERLIN-  
NEUKÖLLN,  
Köllnische  
Allee 44/48**

**GEGRÜNDET: WÖRLITZ i. J. 1796  
Badenburger Mühle bei Gießen.**

**Verlagsbuchhandlung Richard Carl Schmidt & Co.**  
Berlin W 62, Lutherstr. 14      Telefon: Amt Lützow 5147



## **Flugtechnische Bibliothek**

Band 1:      **Flugmotoren**  
von Hermann Dörner und Walther Isendahl, Ingenieuren  
3. Auflage, bearbeitet von Ingenieur Walther Isendahl  
240 S. Mit 94 Abbild. im Text. Preis eleg. geb. M. 3.60

Band 2: **Moderne Flugzeuge**  
**in Wort und Bild**  
von Heinz Erblisch, Flugzeugführer  
2. verbesserte Auflage. 220 Seiten mit 172 Abbildungen  
im Text. Preis elegant gebunden M. 3.—

Bd. 3: **Störungen am Flugmotor**  
**ihre Ursachen, Auffindung und Beseitigung**  
**nebst Flugmotorenkunde**  
von Dr. Fritz Huth  
Mit 58 Abbildungen, darunter 4 Tafeln und einer  
Störungstabelle. Preis elegant gebunden M. 3.—

Band 4:      **Fliegerschule**  
**Was muß ich wissen, wenn ich Flieger**  
**werden will?**  
170 Seiten mit 140 Abbildungen im Text. 3. Auflage  
Preis elegant gebunden M. 3.60

Band 5:      **Die Ausbildung**  
**zum Flugzeugführer**  
von Heinz Erblisch, Ingenieur und Flugzeugführer.  
160 Seiten. 79 Abbildungen. Preis eleg. gebunden M. 3.—  
(Weitere Bände sind in Vorbereitung)

# Wilhelm Wolff Luftschrauben-Werk

Berlin-Waidmannslust



Größtes

Spezial-Werk

für

Flugzeug-  
Propeller

Lieferantin Kaiserl. und Königl. Militär- und Marine-Behörden

Verlagsbuchhandlung Richard Carl Schmidt & Co.

BERLIN W 62, Lutherstr. 14 • Telephon Amt Lützow 5147

Soeben ist erschienen:

(Bibliothek für Luftschiffahrt und Flugtechnik Band 16)

## Die Statik im Flugzeugbau

von

Ober-Ing. Schwengler-Berlin

200 Seiten mit 79 Abbildungen

Preis dauerhaft gebunden 7 Mark

INHALT:

I. Allgemeines. II. Statische Grundlagen. III. Belastungsan-  
nahmen. IV Zahlenbeispiele. V. Genaue Rechnungsmethoden

Verlagsbuch-  
handlung  
BERLIN W 62

Telephon Amt Lützow 5147



Richard Carl  
Schmidt & Co.  
Lutherstraße 14

Telephon Amt Lützow 5147

## Bibliothek für Luftschiffahrt und Flugtechnik

### Band 1: Kritik der Drachenflieger

von Ingenieur A. Vorreiter, Berlin. 2. Auflage. 136 Seiten mit 121 Abbildungen und Zeichnungen im Texte, sowie einer vergleichenden Zusammenstellung der wichtigsten Drachenfliegertypen. Groß-Oktavformat. Preis eleg. gebunden . . . . . M. 4.—

### Band 2: Grundzüge der praktischen Luftschiffahrt

von Victor Silberer, Wien. 240 S mit 30, zum Teil ganzseit. Abbild. und vielen Vignetten. Groß-Oktavformat. Preis eleg. geb. M. 7.—

### Band 3: Motoren für Luftschiffe und Flugapparate

(Vergriffen. Siehe Band 14.)

### Band 4: Die Kunst zu fliegen

ihre Anfänge, ihre Entwicklung. Von F. Ferber †. Deutsche Übersetzung von A. Schöning. 215 S. mit 108 Abbild. Preis eleg. geb. M. 5.—

### Band 5: Theorie und Praxis der Flugtechnik

von Painlevé und Borel. Deutsche Übersetzung mit Nachträgen von A. Schöning. 256 Seiten mit 76 Abbildungen und einer Tafel der Kenngrößen deutscher Flugmaschinen. Preis geb. . . M. 7.—

### Band 6: Das Flugzeug in Heer und Marine

von Olszewsky und Helmrich v. Elgott. 300 Seiten. Mit 59 Textabbildungen. Preis eleg. gebunden . . . . . M. 7.—

### Band 7: Aeronautische Meteorologie

von Fr. Fischli. 213 Seiten mit 49 Abbildungen, Karten und Tafeln. Preis eleg. gebunden . . . . . M. 7.—

### Band 8: Der Fallschirm

Seine geschichtliche Entwicklung und sein technisches Problem. Von Gustav von Falkenberg. 190 Seiten. Mit 83 Abbildungen im Text. Preis eleg. gebunden . . . . . M. 6.—

Verlagsbuchhandlung Richard Carl Schmidt & Co., Berlin W 62

## Bibliothek für Luftschiffahrt und Flugtechnik

### Band 9: Hilfsbuch für den Flugzeugbau.

von Dipl.-Ing. O. L. Skopik. 220 Seiten mit 44 Abbild. Preis M. 6.—

### Band 10: Handbuch für Flugzeugkonstruktore

von Camillo Haffner. 270 Seiten mit 218 Abbildungen. 2. Aufl.  
Preis eleg. gebunden . . . . . M. 8.—

### Band 11: Wie berechnet, konstruiert und baut man ein Flugzeug?

von Dipl.-Ing. O. L. Skopik. 3. Aufl. 260 Seiten mit 200 Abbildungen. Preis eleg. gebunden . . . . . M. 8.—

### Band 12: Flugzeug-Modellbau

von P. L. Bigenwald, Ziv.-Ing. 171 Seiten mit 158 Abbildungen und Konstruktionszeichnungen. 2. Aufl. Preis eleg. gebunden M. 6.—

### Band 13: Fliegerhandbuch

von k. k. Hauptmann und Feldpilot Robert Eyb. 3. Aufl. 300 Seiten mit 224 Abbildungen. Preis eleg. gebunden . . . . . M. 12.—

### Band 14: Motoren für Luftschiffe und Flugapparate

von Dr. Fritz Huth. 200 Seiten mit 178 Abbildungen u. 1 Tafel. 2. Aufl. Preis eleg. gebunden . . . . . M. 6.—

### Band 15: Baustoffe und Bauteile

von Dr. Fritz Huth. 200 Seiten mit 98 Abb. Preis eleg. geb. M. 7.—

### Band 16: Statik im Flugzeugbau

von J. Schwengler, Ob.-Ing. 200 Seiten m. 70 Abb. Geb. M. 7.—

### Band 17: Praxis des Flugzeugbaues

Ein Handbuch des Flugzeugbaues in 3 Bänden von K. Anacker, Ing. und Flugzeugführer. Bd. 1: Das Flugzeug und sein Aufbau, 200 Seiten mit 148 Abbildungen. Geb. . . . . M. 6.—

### Band 18: Praxis des Flugzeugbaues

Ein Handbuch des Flugzeugbaues in 3 Bänden von K. Anacker, Ing. und Flugzeugführer. Bd. 2: Der Flugzeugmotor, 260 Seiten mit 226 Abbildungen im Text. Preis dauerhaft gebunden M. 9.—

### Band 19: Praxis des Flugzeugbaues

Band 3 in Vorbereitung

### Band 20: Die Luftschraube

Eine einfache Darstellung der Wirkungsweise von Luftschrauben von Dr. H. Borck. Mit 39 Textabb. und 5 Tafeln. Preis eleg. geb. M. 5.—

Weitere Bände sind in Vorbereitung

# RICHARD MUSCULUS

BERLIN SO 36

Wiener Straße 18

Fernsprecher: Moritzplatz Nr. 4303, 8760 / Telegrammadresse: Metallmulus, Berlin

Spezialität:

Präzisionsguß

in Messing, Rotguß,  
Phosphorbronze,  
Autobronze

usw.

Nickelaluminiumguß

nach eigener Legierung

## Metallgießerei



# **Pfadfinder**

## **Instrumente u. Kontrollapparate für Flug- und Automobilwesen**

---

---

Geschwindigkeits- u. Drehzahlmesser,  
Kompass nebst Kompensiergerät,  
Fernthermometer für Kühlwasser-  
messung, registrierende Instrumente  
für meteorologische Beobachtung,  
Sämtliches Flugzeug- u. Autozubehör

---

---

**Pfadfinderkompass und Flugzeugzubehör**

G. m. b. H.

**Berlin-Johannisthal**  
**Stubenrauchstr. 17**

Fernruf: Büro: Berlin-Oberschöneweide 808

Betrieb: Norden 6139

Telegrammadresse Luftpfad, Berlin-Johannisthal

**Lieferantin der Militärfliegertruppen**

Stahlformguß

Grauguß

Metallguß

für Heereszwecke

Qualitäts-Erzeugnisse



Berlin-Burger Eisenwerk

Aktiengesellschaft

Berlin W. 9

Burg b. Magdeburg

# JUNKERS-FOKKER- WERKE A. G. DESSAU

## METALL-FLUGZEUGBAU

BAU-ART „JUNKERS“ D. R. P. UND  
AUSL. PAT.

Höchste Geschwindigkeit  
Wendigkeit, Steigfähigkeit

Grosse  
Stabilität, Feuersicherheit  
Wetterbeständigkeit

Geringe  
Verletzbarkeit





# AGO

das  
Führerflugzeug

AGO-Flugzeugwerke

G. m. b. H.

Berlin - Johannisthal

Lieferantin der Deutschen Armee  
und der Kaiserlichen Deutschen Marine  
Militär-Flugzeuge mit Kriegsausrüstung  
Kampfflugzeuge — Wasserflugzeuge  
Doppeldecker — Eindecker

**Benzintanks**  
**Armaturen**  
**Schalldämpfer**

**Alfred Römer & Co.**

Apparatebau

**Berlin S. O.**

Adalbertstraße 9

Telegramm - Adresse: Römergefäße Berlin

Fernsprecher: Mpl. 4665—4666

SIEGM.  
V. SUTHO-  
DOLYCI



Schiffe, U=Boote, Flugzeuge, Autos, Lokomotiven

# Lum Gynschleifen

von Häfen, Verfüßen u. s. w. Verwenden die ersten Firmen nur die  
 patentierte **Wasserlösliche Heßmann'sche**  
**Original-Einschleif-Pasta**

Beste Referenzen!

**Heßmann-Gesellschaft m. b. H.**  
 Berlin NW. 7. Kleine Kirchgasse 2 - 3. ~ Prospekt III Kostenlos.

Verlagsbuchhandlung Richard Carl Schmidt & Co.  
BERLIN W 62, Lutherstraße 14

Soeben erschienen:

**Bibliothek für Luftschiffahrt und Flugtechnik**

Band 17

# Praxis des Flugzeugbaues

Ein Handbuch der Flugtechnik in 3 Bänden

zum praktischen Gebrauch für Betriebsleiter  
und Werkmeister sowie zum Selbstunterricht  
und für Studierende technischer Lehranstalten

von

**Kurt Anacker**

Ingenieur und Flugzeugführer

Band 1

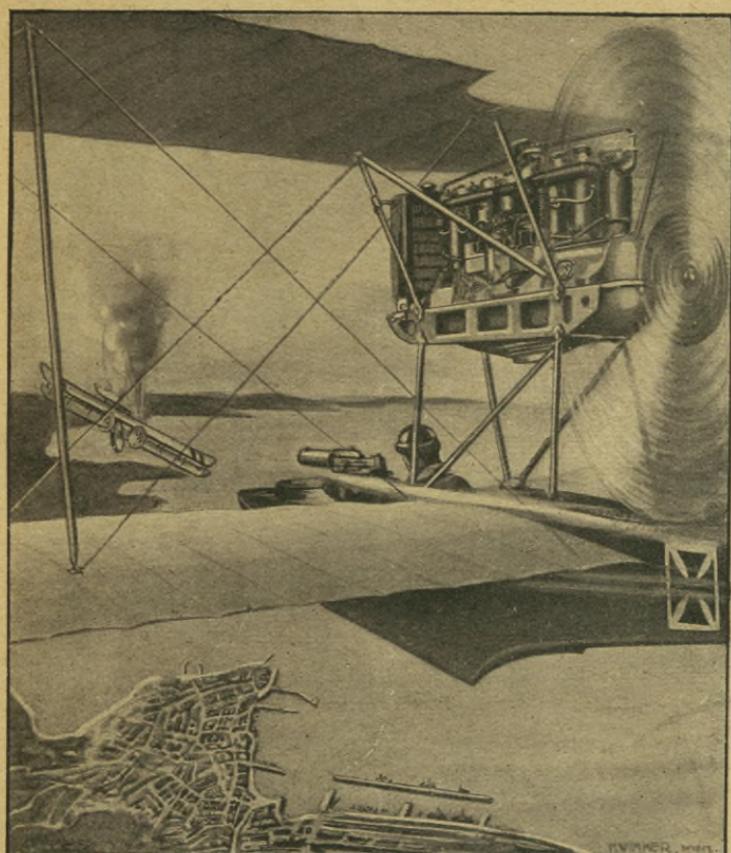
## Das Flugzeug und sein Aufbau

170 Seiten mit 148 Abbildungen und Zeichnungen im Text

**Gebunden 6 Mark**

INHALTSVERZEICHNIS:

Einleitung — Arten der Flugzeuge — Bewaffnung — Allgemeine Beschreibung des Flugzeuges — Grundformen des Flugzeuges — Flugzeugmotor — Luftschaube — Stellung der Flächen und deren Verspannung — Anleitung zur praktischen Verspannung eines Flugzeuges — Fehler in der Flugzeuglage beim Fluge — Fertig-Montage — Abnahmevorschriften — Startbereitschaft — Im Flugzeugbau bzw. bei Reparaturen vorkommende Spezialarbeiten: Spleißen — Tischlerarbeiten — Klempner- und Kupferschmiedearbeiten — Tapezier-, Sattler- und Malerarbeiten — Schlosser-, Dreher- und Schmiedearbeiten — Laufradbehandlung und Bereifung — Schweißen — Luftschraubenprüfung und Nabenbau — Baustoffkunde — Belastungsproben.



ÖSTERREICHISCH-UNGARISCHES SEEFLUGZEUG MIT  
**HIERO-FLUGMOTOR**  
 VERNICHTET EINEN ITALIENISCHEN CAPRONI.

ÖSTERREICHISCHE INDUSTRIEWERKE



**WARCHALOWSKI,  
 EISSLER & C° A.G.**

WIEN, XVI.



# FLUGMOTOREN PRÜFSTAND

MIT NEIGBAREM  
MOTORTRÄGER



RAUTER

KONSTRUKTION/BÜRO FÜR FLUGINDUSTRIE  
DIPL.-ING.-ED. SEPPELER  
BERLIN-NEUKÖLIN

Stahllager  
**EMIL FENNER**

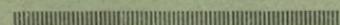
Eigenes Stahlwerk in Westfalen

**BERLIN S 14**

Kommandantenstr. 50 — Alexandrinenstr. 44

Abteilung:

**Aeroplandrähte und -Material**



Größtes Lager

in

Nahtlos gezogenem Stahlrohr

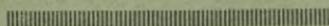
Drahtseil

Spanndraht

Stahlblech

Bandstahl

sowie allem Zubehör



Lieferant verschiedener Militärbehörden, sowie fast  
sämtlicher Flugzeugwerke



**Sorge & Sabeck Berlin W 66**

## **FLUGZEUG-MATERIAL:**

Anlaufräder	Manometer
Kauschen	Autolochebel
Stahlseiten	Tourenzähler
Drehverschlüsse	Stauerbüchsen
Steuerräder	Werkzeuge aller Art
Schutzrohr für	Nieten
Zündkabel	Holzschrauben
Schlauschellen	Stahlrohre

**Spezialabteilung für allgemeine Ausrüstung  
und Bekleidung**

Ältestes und bedeutendstes Sonderartgeschäft für Flugzeugmaterial  
und -Ausrüstung. Ständiges Lager in allen Bedarfsartikeln.

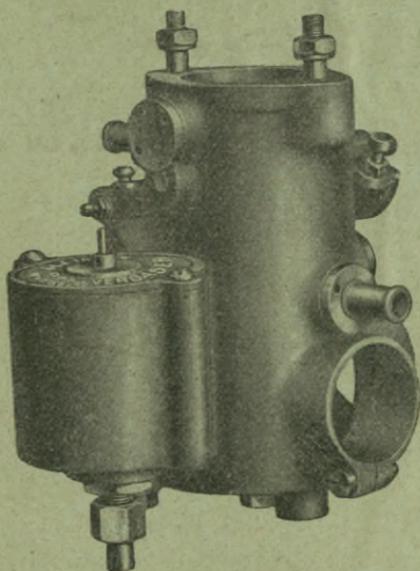
Großer Hauptkatalog über Automobil- und Flugzeug-Material  
und -Ausrüstung, 450 Seiten stark, mit mehr als 2000 Ab-  
bildungen gegen Einsendung von M. 5.—, welcher Betrag bei  
Bestellungen von M. 20.— ab angerechnet und zurückvergütet  
wird.

B

S. 61

# ZENITH

VERGASER  
FÜR  
FLUGMOTOREN



in Größen von 48 bis 80 mm und verschiedener Ausführung

**VIELTAUSENDFACH BEWÄHRT**

**ZENITH VERGASER**

Gesellschaft mit beschränkter Haftung

**BERLIN-HALENSEE**

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-2046



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000297241