

Die Eisfeld-Selbstzündungsmotoren und ihre Entwicklung

Von Gustav Eisfeld, Gera

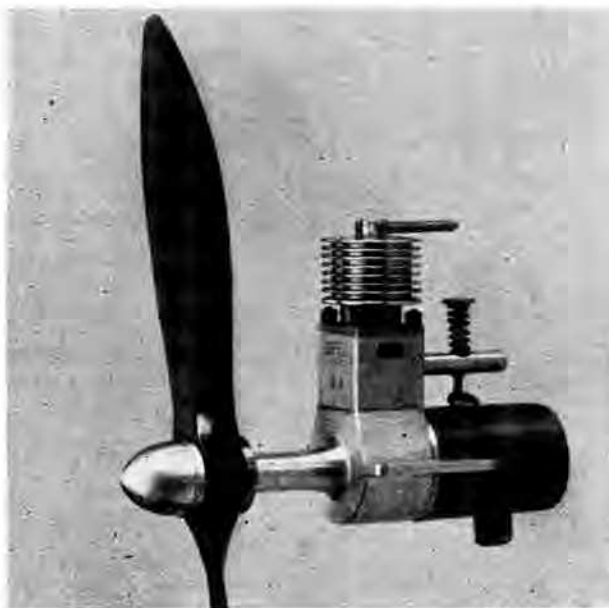
Als Antriebskraft für Flugmodelle sind bisher zwei verschiedenartige Selbstzündungsmotoren bekanntgeworden, der Dieselmotor mit Einspritzpumpe und Düse und der Selbstzündungsmotor mit verstellbarer Kompression und Vergaser.

Die Entwicklung der Eisfeld-Selbstzündungsmotoren begann im Jahre 1937. Der damals konstruierte und gebaute Dieselmotor hatte einen Zylinderinhalt von 15 cm, eine Verdichtung von 1:22, regelbare Einspritzpumpe und Nadeldüse. Als Kraftstoff diente Gasöl. Die Weiterentwicklung dieses Motors wurde zugunsten des nach dem damaligen Stande des Flugmodellmotorenbaues weit einfacheren und betriebssicheren Benzinmotors abgebrochen.

Die durch den Krieg bedingte schwierige Beschaffung von Batterien und die geringe Leistung von Sauerstoffbatterien als Stromquelle für Flugmodell-Benzinmotoren gab erneut Veranlassung, einen Dieselmotor für Flugmodelle zu entwickeln. Die in Abb. 1 dargestellte Dieselmotortype mit Einspritzpumpe und Düse wurde 1942 entwickelt. Der Zylinderinhalt der Versuchsmotoren betrug 3,2 und 7,3 cm. Als Kraftstoff fand handelsüblicher Dieseldieselkraftstoff Verwendung. Die Verdichtung betrug 1:21, der Einspritzdruck 300 Atm. Als Düsen kamen eine Anzahl verschiedenartiger Systeme zur Anwendung, sowohl Nadel- wie auch offene Düsen. Im Verlauf der umfangreichen wie auch schwierigen Untersuchung erwies sich die offene Düse als die geeignetere.

Der Lauf der Motoren war gegenüber Benzinmotoren überraschend weich, die Leistung erheblich größer. Durch die vorgesehene Feineinstellung konnte die Drehzahl in sehr weiten Grenzen verändert werden. Nach Entlüftung und Anpumpen von Hand wurde ein sofortiges Anspringen des Motors erreicht. Die Versuche erwiesen die Brauchbarkeit des Dieselmotors als Flugmodellmotor, insbesondere, da das Gewicht einschließlich Pumpe und Düse dem Gewicht von Benzinmotoren ohne Batterie entsprach.

Die Herstellung der Pumpen- und Düsentteile erfordert jedoch größte Genauigkeit, die nur durch Fachkräfte gewährleistet ist; eine Weiterentwicklung und serienmäßige Herstellung dieses Motors ist daher während des Krieges nicht durchführbar.



Bilder (2): Eisfeld

Abb. 2. Der Eisfeld-Vergaser-Dieselmotor

An Flugmodell-Benzinmotoren mit einer Verdichtung von 1:6 konnte wiederholt beobachtet werden, daß sie nach Abstellung der Zündung noch einige Zeit weiterliefen; auch stehende heiße Motoren konnten zum Zünden gebracht werden. Diese Erscheinung gab Veranlassung, einen Selbstzündungsmotor mit Vergaser zu entwickeln. Trotz wiederholter Versuche in den Jahren 1939 und 1940 blieb der Erfolg versagt, den kalten Motor zum Laufen zu bringen. Die Versuche wurden dann vorübergehend eingestellt.

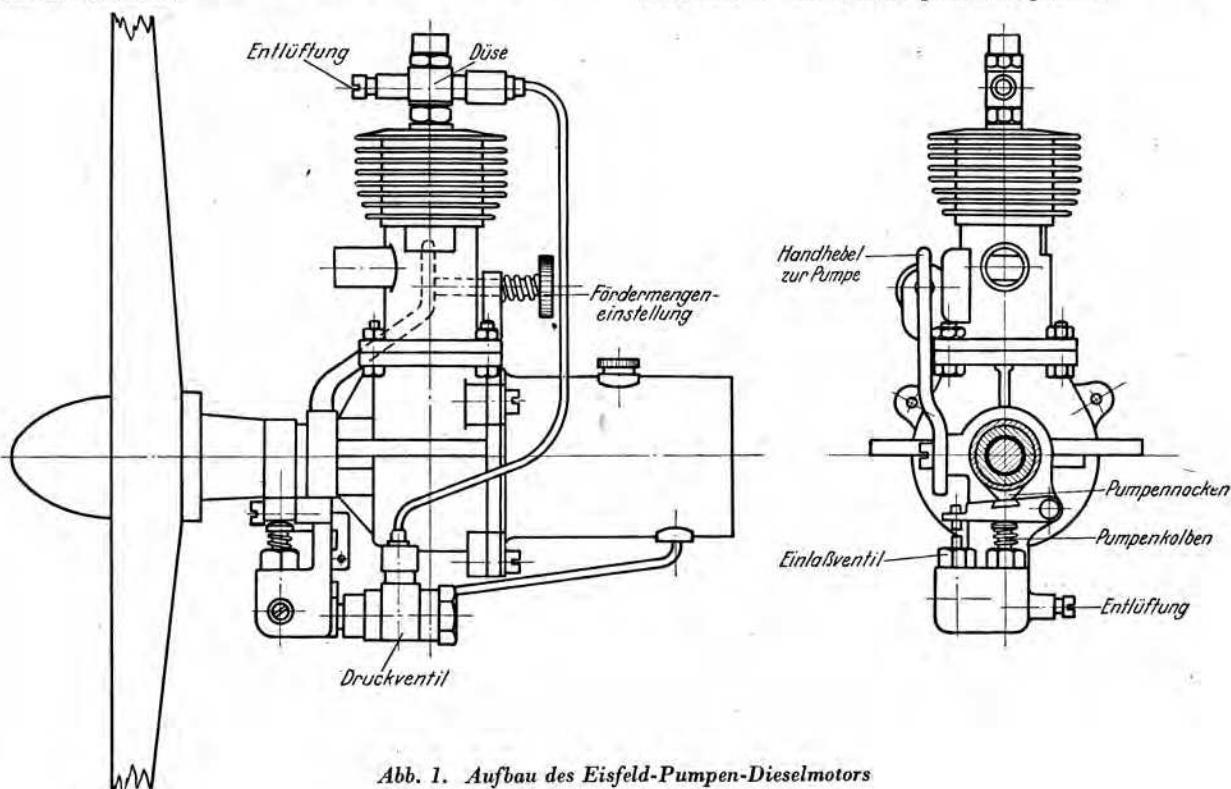


Abb. 1. Aufbau des Eisfeld-Pumpen-Dieselmotors

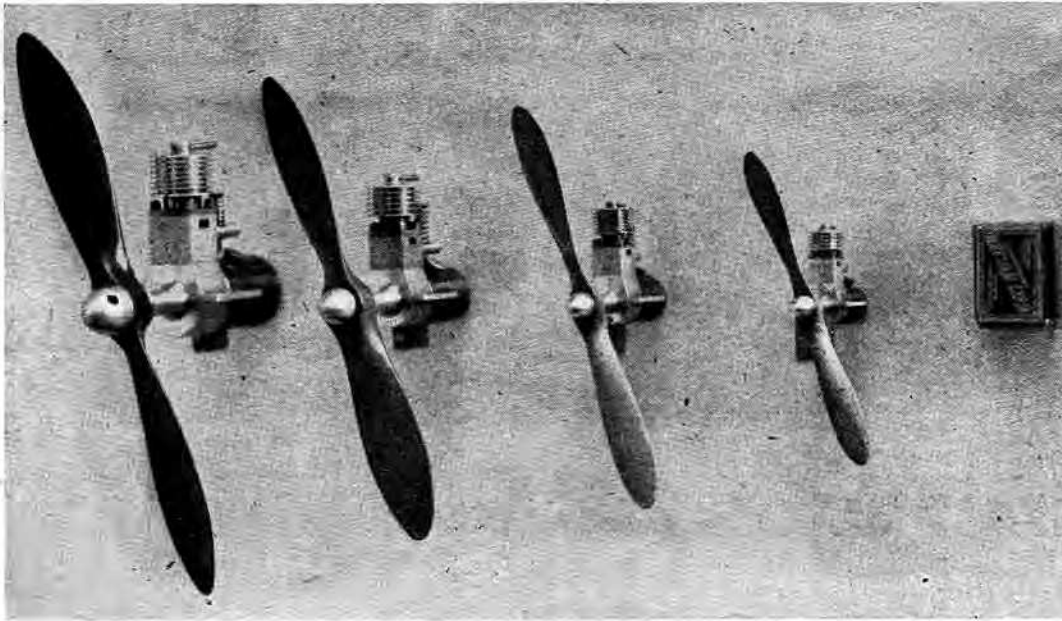


Abb. 3.
Die Vergaser-
Dieselmotoren
in den Größen
von 6, 2,5, 1
und 0,5 ccm

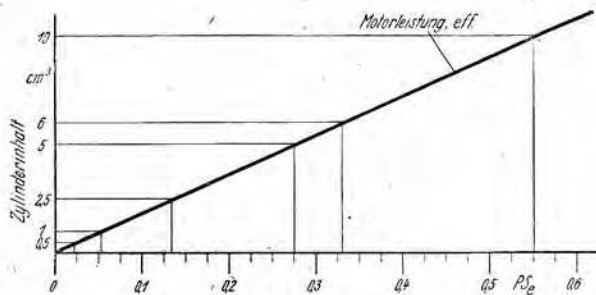


Abb. 4. Effektive Motorleistungen

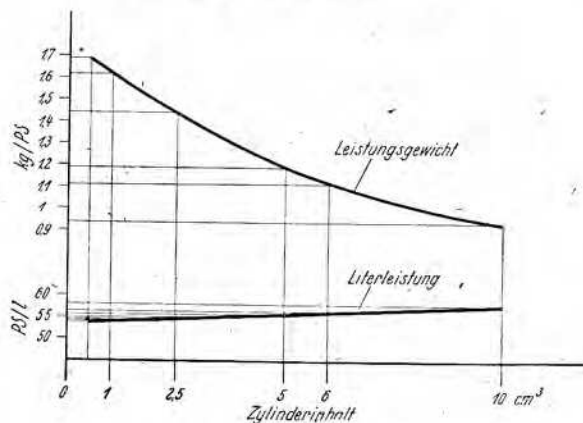


Abb. 5. Leistungsgewicht und Literleistung

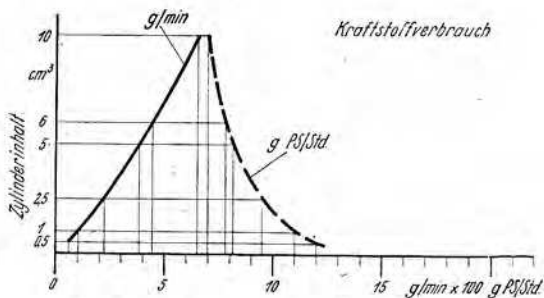


Abb. 6. Diagramm des Kraftstoffverbrauchs

1942 wurden die Versuche mit hochverdichteten Motoren — Vergaser-Dieselmotoren — parallel zum Dieselmotor mit Einspritzpumpe erneut aufgenommen. Nach erfolgversprechenden Vorversuchen wurde eine Reihenentwicklung von Mittel- und Kurzhubmotoren als Versuchsmotoren durchgeführt. Der Kurzhubmotor erwies sich leistungsmäßig dem Mittelhubmotor als gleichwertig. Infolge der niedrigen Bauart und des geringen Gewichtes muß dem Kurzhubmotor der Vorzug gegeben werden, Abb. 2.

Die Motoren wurden hergestellt in den Größen:

0,5	1	2,5	5	6	10	ccm Hubvolumen
45	85	190	330	380	570	g-Gewicht einschl. Luftschaube.

Bei den Motoren kam der Flachkolben und die Umkehrspülung mit einseitigem Auspuff zur Anwendung. Die Verdichtung der Motoren beträgt 1:20 und kann mit Hilfe eines verstellbaren Gegenkolbens den Betriebsverhältnissen entsprechend verändert werden. Als Vergaser hat sich der verstellbare Spritzvergaser mit Nadeldüse bewährt. Als Kraftstoff eigneten sich die bekannten Terpentin-, Paraffin-, Petroleum- und Äthergemische, wie auch Terpentin (Terpentinersatz)-Benzingemische. Die Terpentin-Benzingemische erforderten eine höhere Verdichtung und ergaben eine etwas kleinere Leistung. Die Motoren konnten mühelos durch Anwerfen von Hand zum Laufen gebracht werden. Die sich ergebende Leistung ist bedeutend höher als die eines Benzinmotors gleichen Hubvolumens, jedoch kleiner als beim Dieselmotor mit Einspritzpumpe. Abb. 3 zeigt Motoren der Kurzhubreihe in den Größen von 0,5, 1, 2,5 und 6 ccm Zylinderinhalt.

Die Untersuchung der Motoren erstreckte sich über einen längeren Zeitraum. Das Ergebnis der Untersuchungen bestätigte die Brauchbarkeit des Vergaser-Selbstzündungsmotors als Flugmodellmotor und die leistungsmäßige Überlegenheit gegenüber den Benzinmotoren. Die effektiven Motorleistungen sind im Diagramm der Abb. 4 dargestellt. Die Motoren mit 6 ccm Zylinderinhalt wiesen eine Leistung von 0,33 PS_e auf. Das Leistungsgewicht und die Literleistung sind aus dem Diagramm der Abb. 5 ersichtlich. Das Leistungsgewicht steigt bei den kleineren Motoren an, und zwar beim 10 ccm-Motor von 0,93 kg/PS auf 1,68 kg/PS beim 0,5 ccm-Motor. Die Literleistung änderte sich nur in geringen Grenzen und steigt von 54 PS/l beim 0,5 ccm-Motor auf 58 PS/l beim 10 ccm-Motor.

Vergaser-Selbstzündungsmotoren haben allgemein einen weit höheren Kraftstoffverbrauch als Benzinmotoren und Dieselmotoren mit Einspritzpumpe. Die Ursache dieses Mehrverbrauchs liegt vermutlich darin, daß die als Zündbeschleuniger dienenden Paraffine nur zum kleinen Teil zur Verbrennung herangezogen werden und deshalb unverbrannt mit den Auspuffgasen ins Freie treten. Der Kraftstoffverbrauch geht aus dem Diagramm der Abb. 6 hervor.

Entsprechend der höheren Leistung der Vergaser-Selbstzündungsmotoren gegenüber der Leistung von Benzinmotoren wurde eine höhere Zugleistung der Luftschrauben ermittelt. Die Zugleistung ist im Diagramm der Abb. 7 dargestellt. Die bei der Zugleistung ermittelten Drehzahlen betragen für

Motor	0,5 ccm	Zylinderinhalt	9500 U/min
"	1 ccm	"	9000 "
"	2,5 ccm	"	6700 "
"	5 ccm	"	6500 "
"	6 ccm	"	6500 "
"	10 ccm	"	6000 "

Die weitere Untersuchung der Motoren erstreckte sich auf Festigkeits- und Laufeigenschaften. Durch die höhere Verdichtung und schlagartige Zündung mit sehr hoher Zündspitze mußte der Bemessung der Triebwerksteile besonders Rechnung getragen werden, um eine genügende Lebensdauer zu erreichen.

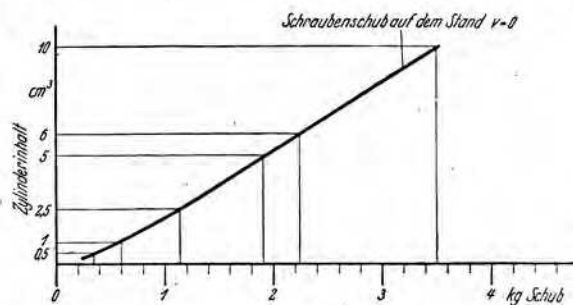


Abb. 7. Diagramm der Zugleistung

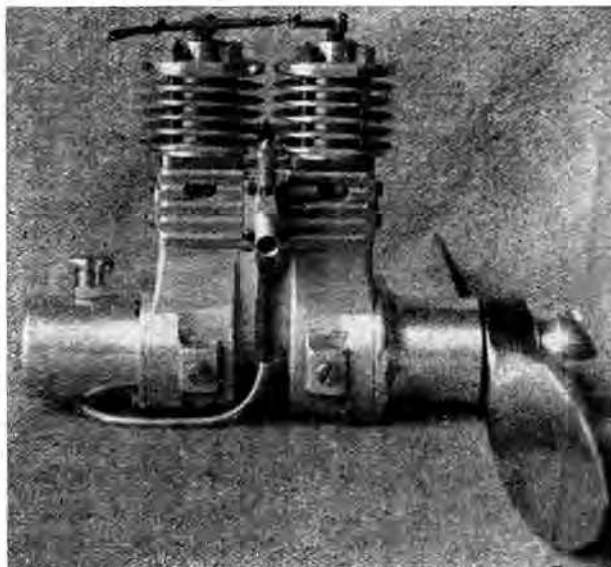
Diese Versuchsmotoren bilden die Grundlage für den Eisfeld-Serien-Vergaserdiesel, wobei die aus der planmäßigen Untersuchung gewonnenen Erkenntnisse Verwendung finden.

Meine eingebaute Selbstzündungsmotoren

Von Carl Kemmerling, Aachen

Seit 1936 befaße ich mich mit dem Bau von Motor-Flugmodellen. 1938 baute ich meinen ersten Flugmodell-Benzinmotor. Die Erfahrungen, die ich beim Bau und Flugbetrieb dieses Benzinmotors und weiterer Motoren gesammelt habe, kamen der Entwicklung von Selbstzündungsmotoren zugute, die ich in den Größen von 2 cm³, 9 cm³ (beide als Einzylindermotor) und 9,6 cm³ (als Zweizylinder) herstellte.

Bei meinem ersten Selbstzündungsmotor (Abb. 1), einem Zweitakter nach dem Dreikanalsystem (Hubraum etwas über 2 cm³) habe ich das Gehäuse mit dem Deckel, den Tank, den Zylindermantel mit Kühlrippen sowie die Luftschrauben-nabe aus dem vollen Dural herausgearbeitet. Die Zylinderlaufbuchse ist aus Spezialstahl mit besonders guten Laufeigenschaften angefertigt. Sie ist gehärtet und allseitig geschliffen. Die Zylinderbohrung ist nach folgender Methode geläpft: Ein gehärteter Stahldorn von etwa 120 mm Länge wird genau rund und zylindrisch auf den Nenndurchmesser der betreffenden Zylinderbohrung geschliffen, die natürlich ebenfalls genau auf Nenndurchmesser geschliffen sein muß. Damit der Dorn sich einführen läßt, muß er an einem Ende auf eine Länge von etwa 30 mm konisch geschliffen werden (auf etwa 0,015 mm minus). Die Läppmasse besteht aus Zinnasche und Petroleum. Ist der Zylinder oder die Laufbuchse spannungsfrei im Drehbankfutter eingespannt, wird der Dorn mit der Läppmasse in die Bohrung geführt. Bei langsamer Umdrehung des Futters wird der Dorn so lange hineingeschoben, bis sein zylindrischer Teil ebenfalls in die Bohrung paßt. Durch diese Arbeit habe ich die Ungenauigkeiten am Ein- und Ausgang der Bohrung sowie an den Kanälen restlos herausgearbeitet. Der Zylinder ist auf der ganzen Länge genau rund und zylindrisch. (Diese Arbeit



Bilder (2): Kemmerling

Abb. 2. Selbstzündungsmotor als Zweizylinder

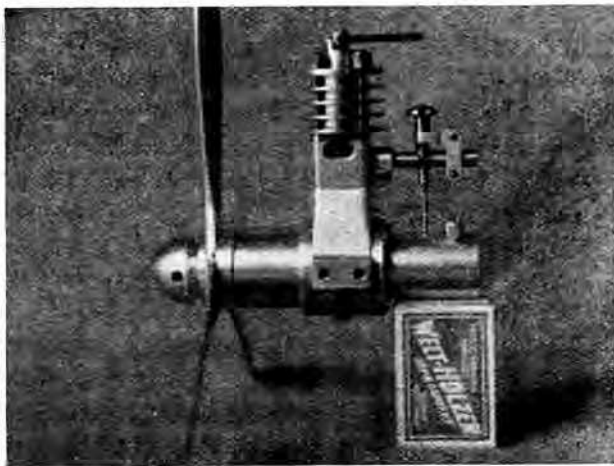


Abb. 1. Mein erster Selbstzündungsmotor

lohnt sich nur bei einer entsprechenden Wandstärke des Zylinders oder der Laufbuchse.)

Der Kolben des Selbstzündungsmotors besteht aus Stahl. Er ist gehärtet, geschliffen und eingeläpft, ebenso der Pleuelbolzen. Die Pleuelstange besteht aus Spezialstahl. Die Pleuelbolzen habe ich hart eingelötet. Die Pleuelbuchsen der Pleuelstange bestehen aus Spezialguß.

Bei den ersten Versuchen auf dem Bremsstand sprang der Motor leicht an und ging bei Schwungradbetrieb auf eine Drehzahl von 8000 U/min. Für die Pleuelstange war das zuviel. Sie bog sich durch. Nach der Anfertigung einer neuen mit stärkerem Schaftquerschnitt hielt sie die hohen Drehzahlen bei Schwungradbetrieb aus. Bei Verwendung einer Pleuelstange von 270 mm Durchmesser und 160 mm Steigung beträgt die Drehzahl 5000 und die Leistung 0,1 PS. Das Einbaugewicht ist 260 g. Das Brennstoffgemisch, das anfangs nach ausländischen Angaben „zusammengebraut“ war und sich aus Petroleum, Terpentinöl, Äther und Motorenöl zusammensetzte, habe ich im Laufe der Versuche immer mehr vereinfacht. Das beste Ergebnis an Leistung und störungsfreiem Lauf erzielte ich mit einem Gemisch von 75 % Petroleum, 20 % Äther und 5 % Motorenöl. Mit diesem Gemisch laufen alle meine Selbstzündungsmotoren.

Unter Zugrundelegung der Erfahrungen mit diesem ersten Motor baute ich den zweiten. Er sollte die Stärke eines

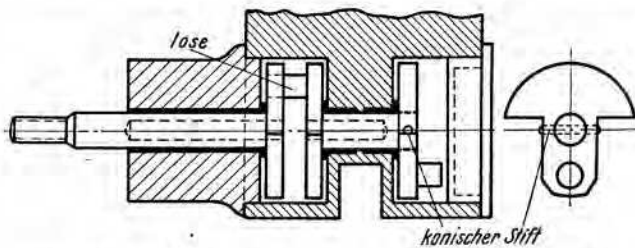


Abb. 3. Aufbau der Kurbelwelle beim Zweizylindermotor

Benzinmotors von 10 cm^3 -Hubraum haben. Anfangs glaubte ich, daß ein Selbstzündungsmotor mit derart großem Hubraum, als Einzylinder gebaut, sich wegen der hohen Verdichtung nur schwer anwerfen ließe. Aus dieser Überlegung ging ich zunächst an die Entwicklung eines Zweizylindermotors von 5 cm^3 -Hubraum je Zylinder mit einer Kurbelversetzung von 180° (Abb. 2). Bei den ersten Versuchen mit diesem Motor ergab sich jedoch eine Enttäuschung. Durch die Kurbelversetzung von 180° kommt auf eine halbe Umdrehung ein VerdichtungsHub. Dadurch wird der Schwung beim Anwerfen stärker gehemmt als bei einem Einzylindermotor gleicher Hubraumgröße. Die Daten meines Zweizylindermotors sind:

Gesamthubraum: $9,6\text{ cm}^3$ ($4,8\text{ cm}^3$ je Zylinder), Hub: 24 mm, Bohrung: 16 mm; Leistung bei 5000 U/min: 0,45 PS, Verdichtung: 1 : 20 bis 1 : 25, Luftschraube: 400 mm Durchmesser und 240 mm Steigung.

Konstruktiv ist der Motor verhältnismäßig einfach. Um ein geteiltes Gehäuse zu umgehen, ist die Kurbelwelle aus mehreren Teilen zusammengesetzt (Abb. 3). Die Zylinderlaufbuchsen, die Laufkolben und die Deckelkolben sind gehärtet, geschliffen und geläppt, die Duralteile aus dem Vollen gearbeitet. Jeder Zylinder hat seinen eigenen Vergaser, die den Brennstoff aus gemeinsamem Tank saugen. Mit einem Elektromotor als Anlasser springt der Motor sofort an und erreicht mit Schwungrad die Drehzahl von 10 000 U/min. Das sind 20 000 Zündungen in der Minute (dadurch bin ich in der Nachbarschaft sehr unbeliebt geworden). Das Anwerfen von Hand an der Luftschraube ist nicht möglich, der Motor muß mit einer Schnur abgezogen

werden. (Das Anwerfen ließe sich vielleicht doch von Hand erreichen, und zwar dann, wenn man den einen Zylinder mit einem Dekompressionsventil versähe. Dadurch könnte man den Motor als Einzylindermotor anwerfen und ihn als Zweizylindermotor weiterlaufen lassen.) Das Gewicht des Motors beträgt 750 g, ist zwar für einen Selbstzündungsmotor verhältnismäßig hoch, entspricht aber dem Fluggewicht eines Benzinmotors gleicher Stärke.

Bei der Konstruktion meines dritten Selbstzündungsmotors, eines Einzylindermotors, habe ich durch die Spülungsart eine bessere Verbrennung des Kraftstoffes erreicht. Der Motor arbeitet nach dem Zweikanalsystem mit Kurbelwellendrehchieber (Abb. 4). Das Spülssystem ist das der Steilstromspülung. Zwei gegenüberliegende Überströmkanäle, deren Schlitze schräg nach oben gerichtet sind, richten den Spülstrom gegenseitig auf. Dadurch, daß die beiden Spülströme aufeinanderprallen, werden die mitgerissenen Brennstoffteilchen stärker zerstäubt, und der Motor läßt sich besser anwerfen. Er läuft mit stehendem oder hängendem Zylinder gleich gut. Seine Daten sind:

Hubraum: 9 cm^3 , Hub: 30 mm, Bohrung: 20 mm, Leistung bei 5000 U/min: 0,4 PS, Verdichtung: 1 : 20 bis 1 : 25, Luftschraube: 270 mm Durchmesser, 220 mm Steigung, Einbaugewicht: 380 g.

Weitere Besonderheiten dieses Motors: Der Verbrennungsraum ist durch eine Schraube (M 6 \times 0,5 Steigung) einstellbar. Die Verdichtung ist auf die höchste Drehzahl eingestellt und braucht beim Anwerfen nicht geändert zu werden. Der Motor läßt sich von Hand anwerfen, wenn man die nötige Übung besitzt. Mit einer Schnur abgezogen, springt er sofort an.

Bei meinen Konstruktionen von Selbstzündungsmotoren habe ich noch weitere Erfahrungen gesammelt: Das günstigste Verhältnis von Hub : Bohrung ist 2 : 3. Die Kolbenlänge soll mindestens 2mal Durchmesser sein. Alu-Kolben mit Ringen sind ungünstig, weil durch deren Undichtsein im kalten Zustand die zur Entzündung benötigte Wärme nicht sicher erreicht wird. Ringlose Guß- oder Stahlkolben im Verein mit einer genau gearbeiteten Zylinderlaufbahn sind am sichersten. Die Pleuelstange und die Kurbelwelle müssen etwas stärker gehalten werden als bei einem Benzinmotor gleicher Größe. Das Spülssystem ist derart einzurichten, daß eine weitgehende Zerstäubung des Kraftstoffes erzielt wird.

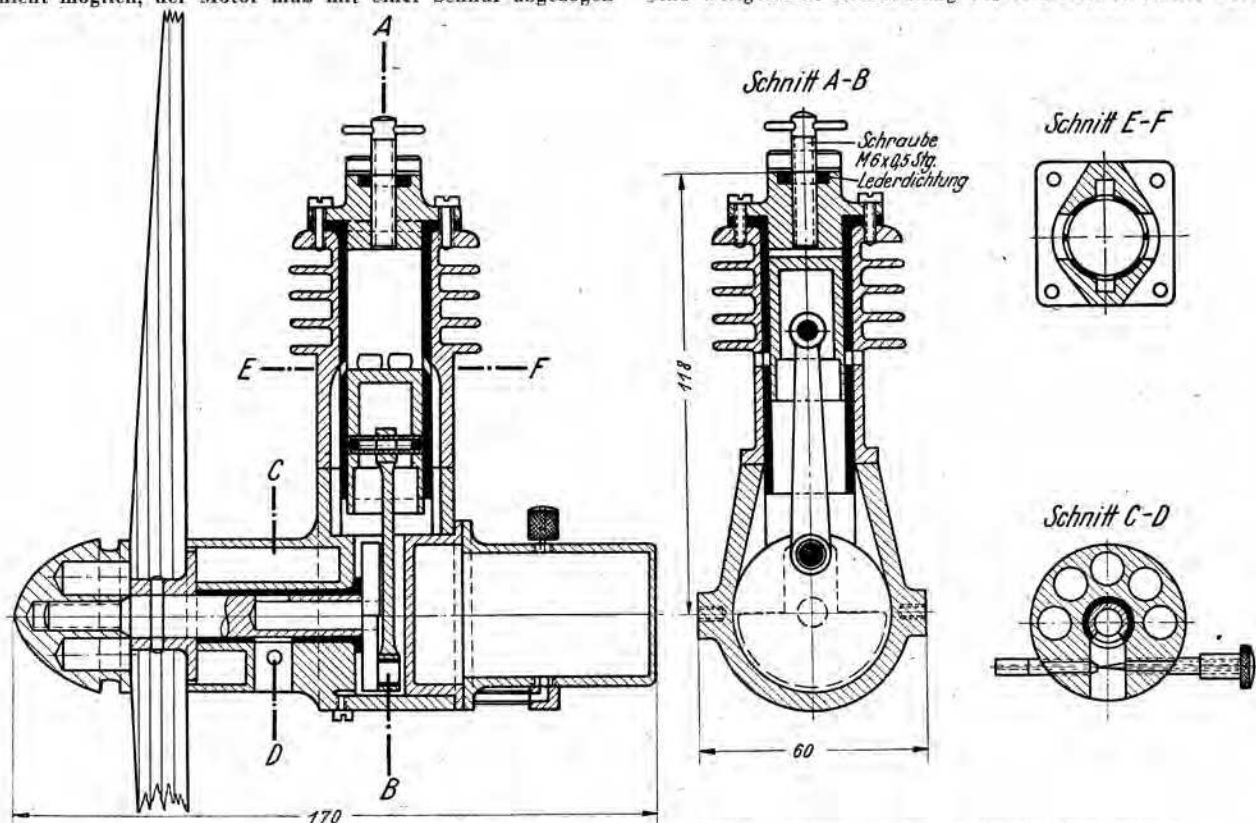


Abb. 4. Aufbau meines Zweitakt-Selbstzündungsmotors mit Steilstromspülung und Kurbelwellen-Drehchieber