

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 30⁰/₀ rechnen kann, gegenüber einem solchen von nur 18⁰/₀ 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,

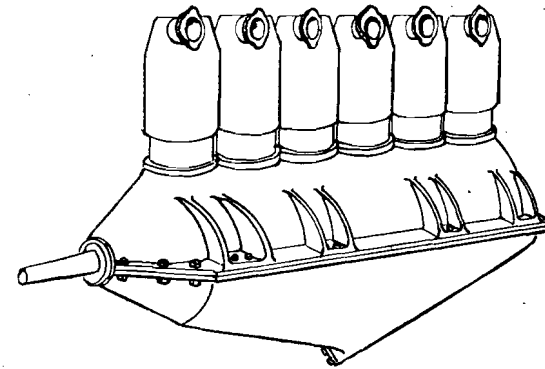


Fig. 3. Sechszylinder-Reihen-Standmotor.

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,

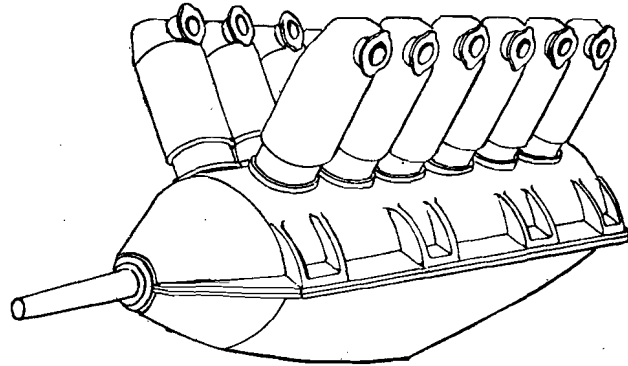


Fig. 4. Standmotor mit V-förmig gestellten Zylindern.

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

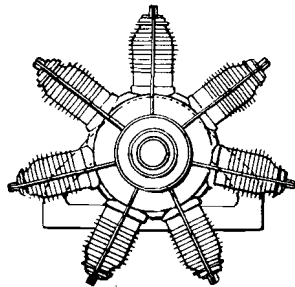


Fig. 5. Umlaufmotor mit luftgekühlten Zylindern.

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-

kampfe, 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 Luftschaube. 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.

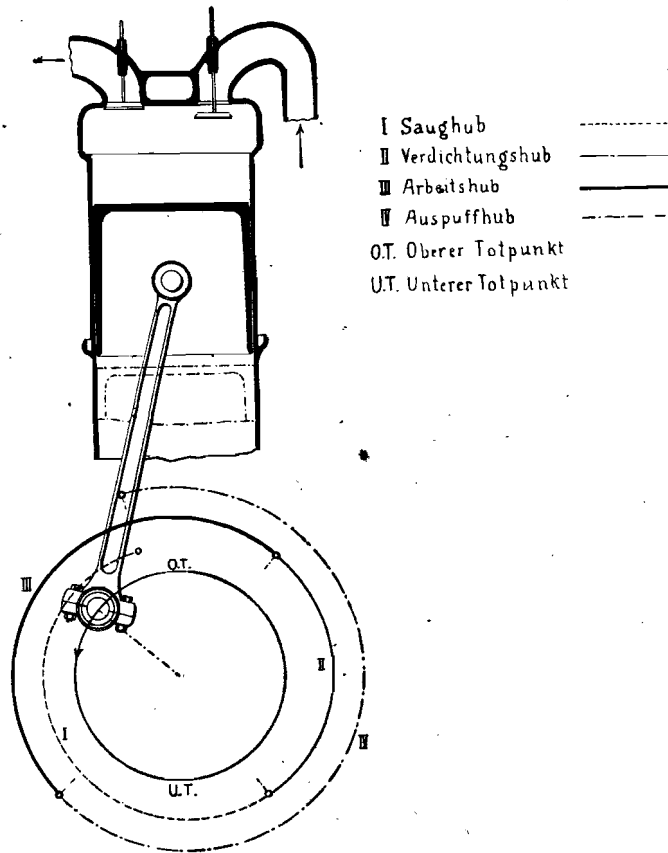


Fig. 6. Schematische Darstellung der vier Takte.

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 Pleuellager arbeitende Zylinder, so kann das Schwungrad fortfallen, wenn die einzelnen Pleueln 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° versetzten Pleueln 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 Gewichtsverringering 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

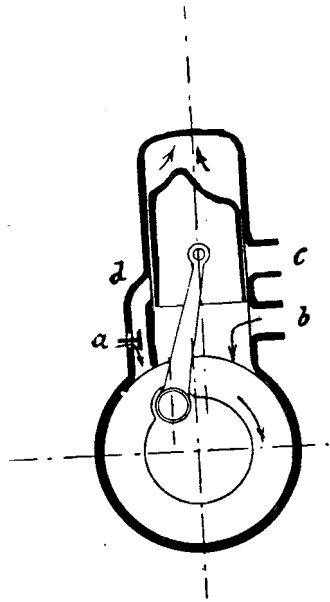


Fig. 7. Zweitaktmotor mit selbsttätigem Einlaßventil (Verdichtung des Gasmisches).

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 Gasmisch ins Gehäuse gesaugt wird. Der Gaszutritt erfolgt teils durch das sich selbsttätig öffnende Ventil *a*. teils über

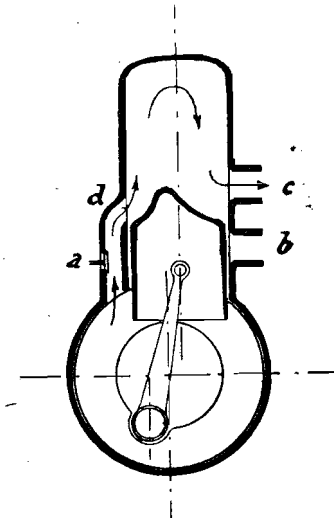


Fig. 8. Zweitaktmotor (Gas in den Zylinder strömend).

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° vor dem unteren