

und gewissermaßen Hörner bilden, wodurch die Tragflächen einem Vogelflügel sehr ähnlich werden, ist die Wölbung nur konvex, d. h. die Enden sind nach oben aufgebogen. Außerdem sind diese Enden dadurch außerordentlich elastisch, daß die Längsrippen, die hier strahlenförmig verlaufen, aus zwei Teilen, einem vorderen stärkeren und einem hinteren schwächeren, hergestellt sind. Durch diese Tragflächenform besitzt das Flugzeug eine hervorragende automatische Stabilität, die erforderlichenfalls durch Verwinden der Tragflächen unterstützt werden kann.

Die sonstigen Einrichtungen des Etrich-Flugzeuges sind aus dem aufklappbaren Modell und dem zugehörigen Erklärungsblatt ersichtlich.

In Deutschland ist die Lizenz für die Etrich-Flugzeuge der Firma Rumpler-Luftfahrzeugbau-Gesellschaft m. b. H. übertragen. Die von dieser Firma erbauten Flugzeuge, die den Namen *Rumpler-Taube* führen, haben eine Spannweite von 14 m und eine Gesamtlänge von 10,3 m. Die bevorzugten Motormarken sind Argus, Rumpler und Österreichischer Daimler. Die „Rumpler-Tauben“ waren in den Jahren 1911 und 1912 die erfolgreichsten Flugzeuge. Mehrere Exemplare wurden von der deutschen Militärverwaltung erworben.

Pischof. Bei dem ebenfalls erfolgreichen österreichischen Eindecker von Pischof sind der Führersitz sowie zwei Passagiersitze unterhalb der Tragfläche angeordnet. Der Propeller liegt hinter der Tragfläche und rotiert um die als feststehende Achse ausgebildete obere Längsstrebe des Traggerüstes, die dann, hinter dem Propeller sich gabelnd, nach unten führt und sich dort mit den die unteren Längsstreben bildenden Schlittenkufen vereinigt. Am Hinterende des so gebildeten Traggerüstes liegt eine gewölbte Schwanzfläche mit seitlichen Höhensteuern, in gleicher Ausführung wie beim Blériotschen Kanaltyp. Über dieser unteren Schwanzfläche, und mit ihr durch senkrechte Streben verbunden, liegt noch eine dreieckige, horizontale Dämpfungsfläche und an den hinteren Verbindungsstreben zwischen den beiden Schwanzflächen nebeneinander zwei Seitensteuer. Der Propeller hat verhältnismäßig großen Durchmesser und wird von dem 50 PS-Motor mittels Kettenübertragung unter Übersetzung ins Langsame angetrieben.

C. Antriebsorgane für Luftschiffe und Flugzeuge.

I. Motoren.

Die Zahl der Luftschiff- und Flugmotorsysteme ist heute bereits eine außerordentlich große. Diese Motoren sind Verpuffungsmaschinen und als solche in der Abteilung „Verbrennungsmaschinen“ des vorliegenden Werkes behandelt. An dieser Stelle sollen daher nur einige für Luftschiff- und Flugmotoren besonders wichtige Gesichtspunkte besprochen werden.

Die Haupterfordernisse eines Luftfahrzeugmotors sind Leichtigkeit, Betriebssicherheit, Wirtschaftlichkeit. Die Leichtigkeit wird in erster Linie durch das Material beeinflusst. Das beste, wenn auch teuerste Material, das für eine gegebene Festigkeit die geringsten Materialstärken ergibt, ist daher besonders für einen Flugmotor, bei dem die Leichtigkeit noch eine größere Rolle spielt als beim Luftschiffmotor, gerade gut genug. Ein bevorzugter Baustoff ist deshalb Chromnickelstahl. Ein weiteres Mittel zur Verringerung des Gewichtes ist die Verkleinerung des Hubes unter Erhöhung der Tourenzahl. Bei gegebener Leistung fallen kurzhubige, schnellaufende Motoren leichter aus als langhubige, langsamlaufende. Zur Gewichtsverminderung dient ferner eine Vermehrung der auf einen Kurbelzapfen wirkenden Kolben. Man stellt deswegen zwei Zylinder in V-Form oder mehrere Zylinder in Sternform zueinander. Dann werden vielfach, unter Versetzung der Kurbelzapfen zwecks Erzielung eines guten Massenausgleiches, mehrere solcher V- oder Fächer-Elemente hintereinander gereiht. Da bei geeigneter Stellung der Zylinder zueinander die Zündungen in regelmäßigen Abständen und in rascher Zeitfolge eintreten, kann man auf ein Schwungrad verzichten. Auch ist trotz der größeren Zylinderzahl meist nur ein Vergaser erforderlich, sofern die Zuleitungen zu den Zylindern möglichst gleichlang gehalten werden. Manche Flugmotoren besitzen überhaupt keinen Vergaser; die Benzinzufuhr erfolgt dann direkt zu den Zylindern

mittels einer besonderen, in ihrer Leistung regulierbaren Pumpe. Durch gemeinsame Steuerung des Einlaß- und Auslaßventiles, die in der Regel durch einen Doppelnocken geschieht, oder durch Vereinigung der beiden Ventile kann weiter an Gewicht gespart werden. Schließlich kann das Gewicht der Motoranlage herabgesetzt werden durch Verzicht auf die bei Luftschiffmotoren wohl allgemein, bei Flugmotoren noch vielfach verwendete Wasserkühlung der Zylinder. Bei Luftschiffmotoren und feststehenden größeren Flugmotoren dürfte die Wasserkühlung eher am Platze sein, da sie intensiver wirkt. Dagegen wirkt die Luftkühlung hervorragend gut bei *Rotationsmotoren* (zu denen der Gnôme-Motor, vgl. S. 130, gehört), weil die Lufterneuerung infolge der außerordentlich hohen Umfangsgeschwindigkeit der rotierenden Zylinder eine sehr rasche ist.

Noch wichtiger als die Leichtigkeit ist die Betriebssicherheit, von der häufig, besonders beim Flugmotor, das Leben der Insassen des Luftfahrzeuges abhängt. Anders wie der Automobilmotor, der nur selten und auf kurze Zeit voll beansprucht wird, muß der Flugmotor für zuverlässigen Dauerbetrieb bei ständiger Höchstleistung konstruiert sein. Hinzu kommt noch die Eigenart der Betriebsverhältnisse für den Motor eines Luftfahrzeuges. Die großen Unterschiede in den Höhen, in denen der Motor zu arbeiten hat, bringen erhebliche Temperatur- und Luftdruckdifferenzen mit sich, die natürlich auf die Leistung des Motors einen Einfluß ausüben. Während der Einfluß der Temperaturschwankungen auf den Vergaser durch geeignete, selbsttätig wirkende oder von Hand zu regelnde Vorkehrungen eingeschränkt werden kann, ist es noch nicht gelungen, dem leistungsvermindernden Einfluß der Luftverdünnung, die wie eine Drosselung der Luftzufuhr wirkt, erfolgreich zu begegnen. Für die Betriebssicherheit ist ferner erforderlich, daß sämtliche Organe auch bei größerer Neigung ihre volle Wirksamkeit behalten, was besonders für die geregelte Zufuhr von Brennstoff und Schmieröl in Frage kommt. Der Vergaser liegt deshalb meist in der Mitte und oberhalb des Motors, und die Ölzufuhr erfolgt selbsttätig durch eine besondere Pumpe.

Der dritte zu berücksichtigende Punkt ist die Wirtschaftlichkeit, die mit der Gewichtsfrage in engem Zusammenhange steht. Ein leichter Motor, der viel Brennstoff verbraucht, behält den Vorzug seiner Leichtigkeit nur, solange es sich um kürzere Fahrten mit wenig Betriebsmaterial handelt. Bei längeren Fahrten gleicht das Mehrgewicht der erforderlichen Brennstoffmenge das Mindergewicht des Motors wieder aus. Es ist daher fraglich, ob die Rotationsmotore, die heute in der Flugtechnik infolge des geringen Gewichtes und ruhigen Laufes eine führende Stellung einnehmen, tatsächlich die Motoren der Zukunft sind, da diese Vorteile durch den Nachteil eines großen Brennstoff- und Ölverbrauches zum großen Teil wieder ausgeglichen werden.

II. Propeller.

Als Vortriebsorgane für Luftfahrzeuge kommen nach dem heutigen Stande der Technik allein *Luftschrauben* in Frage. Die Versuche mit Schaufelrädern, mit ruderartig wirkenden Flächen, mit dem Rückstoß komprimierter Luft- oder Gasmengen usw. waren bisher ohne Erfolg.

Eine gewöhnliche Schraubenfläche entsteht bekanntlich dadurch, daß eine Gerade, die sogenannte *Erzeugende*, die senkrecht auf einer Rotationsachse steht, gleichförmig um diese Achse gedreht und gleichzeitig gleichförmig auf ihr verschoben wird. Bei ungleichförmiger Geschwindigkeit in der einen oder der anderen Richtung, bei anderer Form oder anderer Winkelstellung der Erzeugenden entsteht eine Schraubenfläche höherer Ordnung. Jeder Flügel eines Schraubenpropellers stellt nun auf der Druckseite einen Teil einer solchen Schraubenfläche dar, und zwar gehört die Druckfläche eines jeden Flügels einer besonderen, der Schraubenfläche der anderen Flügel parallelen Schraubenfläche an. Eine zweiflügelige Schraube ist somit zweigängig, eine dreiflügelige dreigängig usw. Die *Steigung* der Schraube ist die Länge der Strecke, um welche die Erzeugende während einer Umdrehung auf der Rotationsachse vorgeschritten ist. Bei der Rotation eines Schraubenflügels um die Schraubenachse treten drei verschiedene Kräfte auf: eine axial gerichtete, die den Vortrieb erzeugt, eine tangential gerichtete, die ein dem Drehsinn der

Schraube entgegengesetztes Drehmoment (dessen Einfluß bereits früher erwähnt ist) hervorruft, und die radial nach außen gerichtete Fliehkraft. Infolgedessen wird ein Schraubenflügel auf Biegung, Verdrehung und Zug beansprucht. Letztere Beanspruchung ist bei den außerordentlich großen Umfangsgeschwindigkeiten der Luftschrauben bei weitem die größte und muß daher der Berechnung der Flügelquerschnitte zugrunde gelegt werden. Die Resultierende aus den Axialkomponenten sämtlicher Schraubenflügel ergibt den *Schraubenzug*. Wenn die Luftschraube sich in einem unnachgiebigen Medium oder in einer festen Mutter bewegen würde, so würde sie mit jeder Drehung einen Weg in der Achsenrichtung von der Größe ihrer Steigung zurücklegen. Tatsächlich ist die pro Umdrehung axial zurückgelegte Strecke erheblich kleiner, da die Luft außerordentlich nachgiebig ist und von dem Propeller zurückgeschleudert wird. Die Differenz zwischen der ideellen und der wirklichen Axialgeschwindigkeit der Schraube nennt man *Slip*. Der *Wirkungsgrad* eines Schraubenpropellers ist das Verhältnis der von ihm geleisteten Arbeit zu der von der Antriebsmaschine an ihn abgegebenen. Eine exakte Bestimmung dieses Wirkungsgrades ist schwierig, da man hierzu den Wirkungsgrad des Luftfahrzeuges kennen muß. Man behilft sich daher bei der Erprobung von Schraubenpropellern damit, daß man an einem ortfesten Versuchstand den spezifischen Schraubenzug mißt.

Nach ihrer Beschaffenheit teilt man die Luftschrauben ein in *starre*, *elastische* und *unstarre Luftschrauben*. Letztere sind natürlich nur im Ruhezustand unstarr und nehmen im Betrieb starre Form an, wie z. B. die frühere Luftschiffschraube des Parseval-Luftschiffs. Die starre Schraube ist heute fast allgemein gebräuchlich. Das Material ist entweder Metall oder Holz, selten Stoff. Die Holzschrauben werden meist aus mehreren, durch wasserfesten Leim miteinander verbundenen, in der Faserrichtung sich kreuzenden Schichten hergestellt, um ein Werfen und Ziehen zu verhindern. Sie haben vor den Metallschrauben den Vorteil, daß ihre Druckseiten als exakte Schraubenflächen hergestellt werden können, während die Metallschrauben, bei denen in der Regel Naben und Flügelschäfte aus Stahl, die Flügelflächen dagegen aus Stahl- oder Aluminiumblech hergestellt werden, an den Verbindungsstellen der Flügelschäfte und Flügelflächen und besonders in der Nähe der Nabe schädliche Wirbelungen erzeugen, da die Flügelflächen meist nicht bis an die Nabe heranreichen.

Der Wirkungsgrad der Luftschrauben ist noch verbesserungsbedürftig, so daß auf diesem Gebiet noch viel gearbeitet werden kann. Mit der Schaffung eines gut wirkenden Schraubenpropellers, dessen Verwendung dann auch für direkten Hub (Schraubenflieger) möglich wäre, dürften Luftschiffahrt und Flugtechnik einen bedeutenden Schritt vorwärts tun.