Ansbert Vorreiter: Kritik der Drachenflieger.

Sonderabdruck aus der Zeitschrift
des Vereines deutscher Ingenieure

Jahrgang 1909, Seite 1093.

Fachgebiet: Luftschiffahrt.

Preis für Mitglieder . . 0,70 Mk.
Preis für Nichtmitglieder 1,40 Mk.
Portozuschlag für das Ausland 0,05 Mk.

ISBN 978-3-662-23415-0 ISBN 978-3-662-25467-7 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-25467-7

Sonderabdruck aus der Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, Jahrgang 1909, Seite 1093.

Kritik der Drachenflieger.

Von **Ansbert Vorreiter.**

(Vorgetragen im Berliner Bezirksverein deutscher Ingenieure)

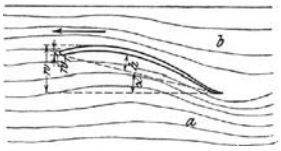
Allgemeines.

Die bedeutendste Gruppe der dynamischen Fluggeräte bilden unstreitig die Drachenflieger. Während die Leistungen andrer Flieger, wie der Schrauben- und der Schwingenflieger, noch wenig befriedigend sind, hat man mit Drachenfliegern bereits Flüge von rd. 150 km erreicht. Im Höhenflug ist Wright auf über 100 m gestiegen. Auch können die heutigen Drachenflieger 2 Personen tragen, mit einer Person Brennstoff und Oel für einen Dauerflug von 3 Stunden aufnehmen. 2 Stunden 24 Minuten ist Wilbur Wright bereits ohne Unterbrechung am 31. Dezember 1908 geflogen.

Für militärische und Sportzwecke ist der Drachenflieger schon heute brauchbar. Zweifellos hat er eine große Zukunft. Zudem werden auch andre Zweige der Technik durch die dynamischen Flieger beeinflußt werden, ähnlich wie die Automobiltechnik fördernd gewirkt hat, indem einerseits durch die Anforderungen an die Festigkeit neue Materialien, namentlich Stahlsorten, geschaffen werden mußten, die auch andern Industriezweigen zu gute kamen, und anderseits durch den Automobilmotor die Entwicklung des Verbrennungsmotors überhaupt gefördert wurde. In der Flugtechnik werden noch höhere Anforderungen gestellt, und aus den Verbesserungen der Baustoffe und Motoren wird namentlich die Automobilindustrie Nutzen ziehen.

Fig. 1.

Schnitt durch die Tragflächen für Drachenflieger.



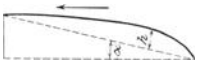
α Neigungswinkel der Tragfläche	w_1 schädlicher Widerstand
h Pfeilhöhe der Krümmung	a Luftverdichtung
w Projektion der Widerstandsfläche	b Luftverdünnung

Die Flugtechnik entwickelt sich ähnlich wie die Automobiltechnik: zuerst werden Fahrzeuge für Sportzwecke gebaut. Wie anfangs in der Automobiltechnik, so gehen auch in der Flugtechnik die Ansichten der Konstrukteure noch sehr auseinander, und daher weichen die verschiedenen Fluggeräte stark voneinander ab. Im nachstehenden Aufsatz sollen die hauptsächlichsten Formen der Drachenflieger miteinander verglichen werden, um die vorteilhaften Anordnungen der wichtigsten Organe festzustellen.

Noch hat sich keine Einheitsform des Drachenfliegers entwickelt. Abgesehen von den Verschiedenheiten in der Anzahl und Anordnung der Tragflächen sind selbst noch die

Fig. 2.

Falsche, in einem Hilfsbuch für Flugmaschinenbau angegebene Form der Tragflächen.



Anschauungen über die beste Form der Flächen, sowohl in der Flugrichtung wie in der Breite, geteilt. Wright, Voisin und andre wölben die Flächen nur in der Flugrichtung, wie dies schon Lilienthal bei seinen Gleitfliegern machte, Fig. 1 und 2. Andre Konstrukteure, wie z. B. Ferber, richten die

Fig. 3.

Tragflächen mit V-förmig nach oben gerichteten Flächen zur selbsttätigen Erhaltung der Seitenstabilität (Ferber, Santos-Dumont).

Enden zu beiden Seiten nach oben, wie ein stumpfes **V**, Fig. 3. Curtis richtet die unteren Tragflächen nach oben, die oberen nach unten, Fig. 4. Tatin krümmt nur die Enden der Flächen aufwärts, Fig. 5. Aehnlich krümmen auch Etrich und Wels in Wien die Tragflächen ihres Eindeckers. Bemerkt sei, daß schon Lilienthal die Flächen seines Gleitfliegers in gleicher Weise nach oben krümmte.

Fig. 4.

Tragflächen des Drachenfliegers von Curtis (Red Wing).

Die **V**-Form von Ferber hat den Nachteil, daß Seitenwind das Fluggerät zu kippen sucht. Auch wird das Tragvermögen bei nach oben gerichteten Flächen verringert. Der Vorteil der **V**-Form ist, daß bei ruhiger Luft im Gleit-

Fig. 5.

Tragflächen mit nach oben gekrümmten Enden zur selbsttätigen Erhaltung der Seitenstabilität (Eindecker von Tatin, Etrich und Wels).

Fig. 6 bis 8.

Ungleich große Trägflächen.

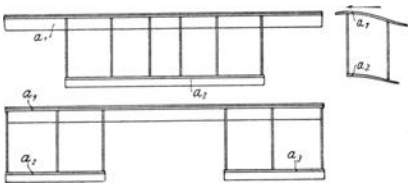
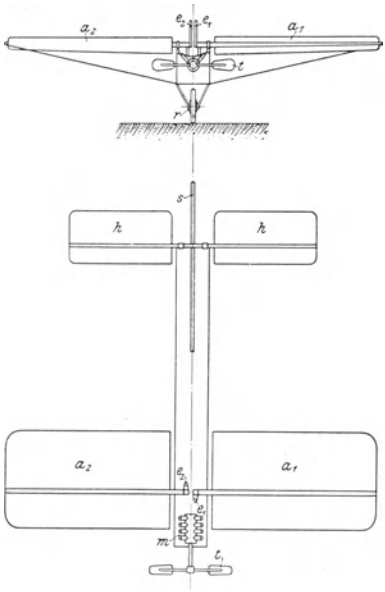


Fig. 6 und 7. Obere Tragfläche a_1 zu beiden Seiten über die untere a_2 vorstehend (Vorreiter). Fig. 8. Untere Tragfläche durch Herausnahme des Mittelstückes in die Flächen a_2 und a_3 zerlegt (Lentz).

und Drachenflug ohne weitere Mittel seitliche Stabilität erzielt wird. Diese erreicht man aber nach früher von mir angestellten Versuchen ebenso gut, ohne indes die Nachteile der **V**-Form mit in den Kauf zu nehmen, wenn man die untere Tragfläche beim Doppeldecker schmaler macht als die

Fig. 9 und 10.

Drachenflieger mit einstellbaren Tragflächen zur Erhaltung der Seitenstabilität.



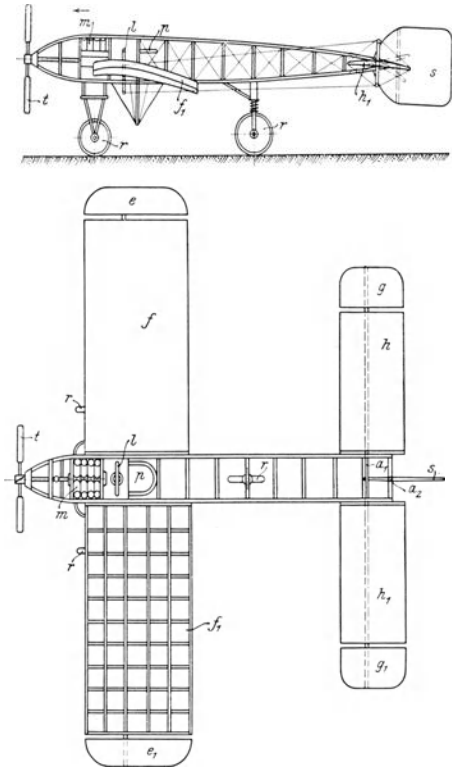
Linke Tragfläche a_1 mit Vorderkante nach unten gestellt, rechte Tragfläche a_2 mit Vorderkante nach oben gestellt (Kurvenflug nach links). e_1, e_2 Hebel zum Verdrehen der Tragflächen, h Höhensteuer, s Seitensteuer, m Motor, t Schraube, r Anlaufräder.

obere. Gleiche Ergebnisse erzielte neuerdings Lentz in Lichterfelde, der den mittleren Teil der unteren Tragfläche fortläßt. In beiden Fällen, Fig. 6 bis 8, ist das Ergebnis, daß der Widerstand der oberen Tragfläche erheblich größer ist als der der unteren, so daß der Flieger beim Gleitfluge nicht kippen kann, selbst wenn der Schwerpunkt in die Mitte zwischen die Tragflächen gerückt wird.

Dieselben Verschiedenheiten finden wir bei der Anordnung der Schrauben. Wright verwendet 2 Schrauben hinter den Tragflächen, Farman, Delagrange, Ferber und andre lagern die Schraube hinter den Flächen, ordnen aber nur eine an. Diese Konstrukteure lassen die Schraube sich mit der Umlaufzahl des Motors drehen, d. h. 1000- bis 2000mal in der Minute, Wright übersetzt dagegen die Bewegung ins Langsame. Auch die Anzahl der Schraubenflügel wechselt zwischen 2 und 4; am häufigsten werden jedoch Schrauben mit 2 Flügeln benutzt. Sicher ist durch alle Versuche erwiesen, daß die sich langsam — mit rd. 400 Uml./min —

Fig. 11 und 12.

Drachenflieger (Eindecker von Blériot) mit einstellbaren kleinen Flächen an den Enden der Tragflächen und des Höhensteuers.



f rechte, f_1 linke Tragfläche, e, e_1 einstellbare Flächen zur Erhaltung der Seitenstabilität an den Tragflächen und g, g_1 an den Höhensteuerflächen h, h_1, s Seitensteuer, a_1 Achse des Höhensteuers, a_2 Achse des Seitensteuers, l Lenkhebel, p Führersitz, r Anlaufräder, m Motor, t Luftschraube.

drehende Schraube einen weit besseren Wirkungsgrad als die schnell umlaufende hat. Aber die Vorrichtungen zur Uebertragung der Kraft bezw. zur Uebersetzung ins Langsame verzehren mindestens 10 vH der Motorleistung, so daß ein großer Teil des besseren Wirkungsgrades der Schrauben verloren geht. Ferner wird durch diese Uebertragungsmittel ein Anlaß zu Betriebstörungen gegeben; denn Riemen können abgleiten und reißen; auch die Ketten, wie sie Wright verwendet, sind schon im Fluge gebrochen. Das sicherste Mittel sind noch Zahnräder. Am besten wäre es allerdings, langsamer laufende, also langhübige Motoren zu bauen; die Gewichtvermehrung würde nur wenig größer als das ersparte Gewicht der Kraftübertragung und Uebersetzung sein, da-

für würde aber die Betriebsicherheit denkbar groß sein. Der langhübige Motor hat auch für Luftkühlung den Vorteil einer größeren Kühlfläche. Ferner verbraucht er verhältnismäßig weniger Brennstoff.

Selbst über die wichtigste Frage, die Erhaltuug der Stabilität, sind die Meinungen noch nicht geklärt. Die Frage der seitlichen Stabilität wurde früher allgemein unterschätzt; man glaubte die seitliche Stabilität durch Tieflegen des Schwerpunktes gegenüber der Tragfläche, ferner durch Aufbiegen der äußeren Enden der Tragflächen (Tatin, Ferber) oder senkrechte, in der Flugrichtung angeordnete Flächen (Voisin) genügend gewahrt. Erst das öffentliche Auftreten der Brüder Wright zeigte die Vorzüge einer vollkommenen, durch den Führer beeinflußten Seitenstabilität; denn erst dadurch war man in der Lage, kurze Kurven zu nehmen und dem Seitenwind zu begegnen. Wright kann bei Windstärken bis zu 10 m/sk fliegen, was heute noch kein andrer Flieger wagt. Das von Wright erfundene Mittel, die Seitenstabilität durch Verwinden der Tragflächenenden zu erzeugen, das den Vögeln nachgebildet ist, dürfte grundsätzlich kaum zu übertreffen sein, es läßt sich aber wohl noch besser ausbilden. Nächst dem Wrightschen ist das von Blériot, Ferber, Curtis, in letzter Zeit auch von Farman angewandte Verfahren brauchbar, wonach an den äußeren hinteren Enden bezw. Kanten der Tragflächen verstellbare kleine Flächen angebracht sind. Ein früher von Blériot angewandtes und oft nacherfundenes Mittel, jede Seite der Tragflächen einzeln verstellbar zu machen, Fig. 9 und 10, hat sich nicht bewährt, und zwar liegt der Fehler dieses auf den ersten Blick günstigen Verfahrens darin, daß das Verstellen so großer Flächen eine bedeutende Kraftanstrengung erfordert, die je nach Windstärke und Fluggeschwindigkeit wechselt. Legte man die Drehachse der Tragflächen genau in die Mitte der Flächen, so würde immer das Bestreben herrschen, die Flächen vorn aufzurichten, und der Führer des Drachenfliegers müßte dauernd eine Kraft entfalten, um dieser Drehung entgegen zu wirken. Es kommt dies daher, daß die auf den Vorderteil der Tragfläche treffende Luft noch nicht abgelenkt ist; erst allmählich wird die Luft nach unten gedrückt, und ihr Druck auf die Flächeneinheit ist daher an der Hinterkante der Tragflächen geringer als an der Vorderkante. Diese Druckverhältnisse wechseln mit der Geschwindigkeit, mit der die Luft auf die Tragflächen trifft, also mit der Windstärke und Fluggeschwindigkeit. Natürlich gilt dasselbe auch für kleine Flächen, wie sie z. B. Blériot, s. Fig. 11 bis 13, an den äußeren Tragflächenenden seiner neuen Eindecker anbringt, aber entsprechend der geringen Oberfläche ist hier der Druck am Lenkhebel leicht zu überwinden. Dabei wirken die kleinen Flä-

Fig. 13.

Drachenflieger von Blériot Nr. 11 im Fluge. Die Verdrehung der rechten Stabilitätsfläche ist deutlich sichtbar.

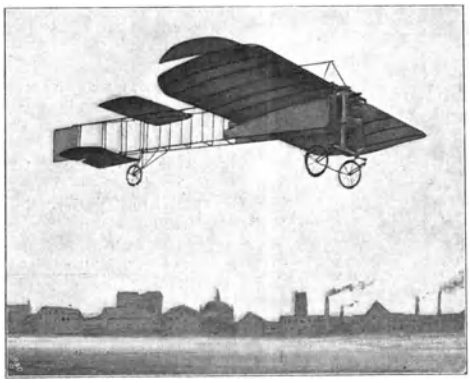
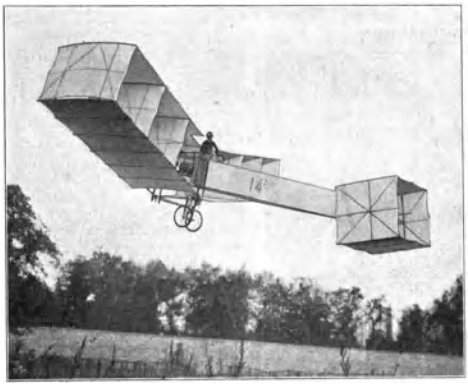


Fig. 14.

Drachenflieger von Santos Dumont (14 bis) im Fluge.
Tragflächen V-förmig nach oben gerichtet. Zusammengestelltes Höhen- und Seitensteuer vor den Tragflächen.



chen infolge ihres langen Hebels, da sie an den äußeren Enden der Hauptflächen angebracht sind, vorzüglich.

Die Seitenstabilität wird von vielen Konstrukteuren durch dieselben Vorkehrungen beeinflußt, die auch das Seitensteuer bedienen. Wright verwindet die Tragflächen mit demselben Hebel, der das Seitensteuer betätigt; mittels eines Gelenkes an diesem Hebel kann er jedoch auch die Flächen allein verwinden, und umgekehrt.

Fig. 15.

Drachenflieger von Mengin und Gastambide ohne Höhensteuer. Höhensteuerung allein von der Fluggeschwindigkeit abhängig.

Einigkeit herrscht jetzt in betreff des Seitensteuers; es wird bei allen Drachenfliegern hinter den Tragflächen angebracht, nur sein Abstand von den Flächen ist sehr verschieden. Ausnahmen von dieser Anordnung machen der Drachenflieger von Santos Dumont, Fig. 14, mit welchem der erste offizielle Rekordflug von 150 m erreicht wurde, und der Zweidecker von Blériot. Dagegen finden wir das Höhensteuer sowohl vor als hinter den Tragflächen angeordnet, ja einige Konstrukteure, z. B. Mengin und Gastambide, glaubten auf ein besonderes Höhensteuer ganz verzichten zu können, Fig. 15. Ich halte jedoch ein Höhensteuer für unbedingt nötig, da es nur mit ihm möglich ist, dem Flieger beim Versagen des Motors eine Höhenrichtung zu geben; vergl. den Antoinette-Flieger, Fig. 16. Ein Drachenflieger ohne Höhensteuer kann sich beim Versagen des Motors, namentlich wenn die Schraube vorn angebracht ist und bei Stillstand als Bremse wirkt, überschlagen, wie dies auch bei Versuchen mit dem Flieger von Gastambide geschah. So lange der Motor in Ordnung ist, kann man durch Vermehrung seiner Umlaufzahl allmählich höher steigen, durch Verminderung abwärtsgleiten, wobei gleichzeitig die Fluggeschwindigkeit vermehrt oder vermindert wird. Ein Drachenflieger ohne Höhensteuer muß, um genügende Längsstabilität zu haben, sehr lang sein und eine Schwanztragfläche haben. Wenn nun diese Schwanzfläche schon vorhanden sein muß, kann man sie auch als Höhensteuer ausbilden, indem man sie um eine wagerechte Achse rechtwinklig zur Längsachse des Fliegers drehbar macht. Es sei hier noch erwähnt, daß bei Doppeldeckern auch versucht worden ist, die eine Tragfläche selbst als Höhensteuer zu benutzen, und zwar hat Jatho in Hannover die obere Tragfläche seines Dreideckers, später Doppeldeckers, zu diesem Zweck beweglich gemacht. Nachgeahmt worden ist diese Bauart jetzt von Levy-Gallat. Mehrere Konstrukteure haben auch ein Höhensteuer vorn, eines hinten angebracht, wie z. B. Santos-Dumont an seinem Eindecker Nr. 19, ferner Kapferer, Esnault-Pelterie. Die Praxis hat gelehrt, daß das Höhensteuer vor oder hinter den Tragflächen etwa gleich gut wirkt. Auch 2 Seitensteuer, eines vor, eines hinter den Tragflächen, sind versucht worden, so von den Brüdern Wright, die in ihrem zweiten Patent (franz. Nr. 384124) eine derartige Anordnung der Seitensteuer beschreiben, wobei hinter dem vorderen Seitensteuer eine unbewegliche senkrechte Fläche angebracht ist. Die Wrights wenden diese Einrichtung jedoch heute nicht mehr an, Fig. 17 und 18.

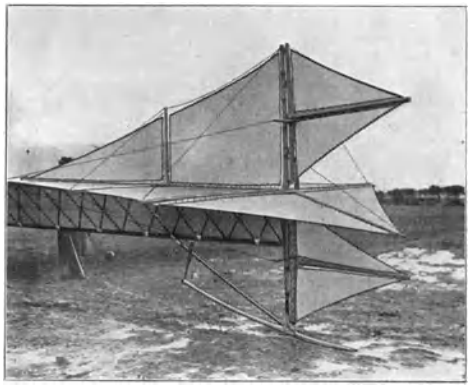
Sehr verschieden ist auch die Belastung der Drachenflieger auf die Einheit der Tragfläche; sie schwankt zwischen 8 und 25 kg. Eindecker kann man auf die Flächeneinheit höher belasten als Doppeldecker. So kommen beim Eindecker II von Esnault-Pelterie fast 25 kg auf 1 qm, während der Doppeldecker von Wilbur Wright bei einer Person 9 kg, bei zweien rd. 11 kg/qm trägt.

Je größer die Belastung auf die Flächeneinheit ist, um so schneller muß sich der Flieger bewegen, um sich in der Luft zu halten. Daher fliegt der Eindecker von Esnault-Pelterie weit schneller (bis 85 km/st) als der Doppeldecker von Wright (rd. 60 km/st). Da der Widerstand proportional dem Quadrat der Geschwindigkeit ist, braucht der auf die Flächeneinheit hoch belastete Drachenflieger, der schnell fliegen muß, auch entsprechend mehr Kraft im Verhältnis zum Gewicht, also einen stärkeren Motor, gleichen Wirkungsgrad der Schrauben vorausgesetzt. Setzen wir die Geschwindigkeit mit der Tragfläche in Beziehung, so finden wir, daß die letztere bei einem Drachenflieger von 10 m/sk Geschwindigkeit viermal größer sein muß als bei einem solchen von 20 m/sk Geschwindigkeit. Darum ist es vorteilhaft, die Fluggeschwindigkeiten groß zu wählen, da die kleinen Tragflächen den Flieger handlicher machen. Es gibt nur eine Schwierigkeit bei großer Geschwindigkeit: das Landen. Das Aufsteigen ist bei großer Geschwindigkeit nicht schwieriger und ebensowenig gefährlich wie bei geringerer Geschwindigkeit, und in der Luft ist keine Gefahr. Das Landen dagegen gefährdet bei großer Geschwindigkeit den Führer und den Flieger, und zudem ist für den Auslauf des Drachenfliegers ein größerer freier Platz nötig.

Von größtem Einfluß ist der Einfallwinkel, d. i. der Winkel, unter dem die Tragflächen gegen die Flugrichtung geneigt sind. Die zum Fliegen notwendige Arbeit besteht einmal in der Arbeit in senkrechter Richtung, die für das Schweben erforderlich ist, und zum andern in derjenigen zum Fortbewegen in der Wagerechten, Fig. 19. Der geringere Winkel würde auch einen geringeren Widerstand gegen das Fortbewegen ergeben, aber anderseits müßten wir, um die

Fig. 16.

Höhen- und Seitensteuer des aus dem Drachenflieger von Mengin und Gastambide entwickelten Antoinette-Fliegers, der jetzt den Rekord für Einflächenflieger hält.



nötige Tragfähigkeit zu erzielen, die Breite der Tragflächen vermehren. Es empfiehlt sich daher nicht, den Winkel zu klein zu wählen. Ein Winkel von 5° führt zu guten Ergebnissen, doch sind schon Drachenflieger mit einem Winkel von nur 3° geflogen. Bei Anwendung von Höhensteuern ist der Einfallwinkel in gewissem Maße veränderlich.

Sehr große Verschiedenheiten bestehen auch im Verhältnis der Breite zur Länge der Tragflächen. Theoretisch ist

es günstig, den Tragflächen in der Flugrichtung eine geringe Ausdehnung zu geben, sie dagegen möglichst breit zu machen. Wir sehen auch in der Natur, daß die schnellen Flieger, wie der Albatros, eine sehr große Spannweite (Breite beim Drachenflieger) haben, dagegen haben seine Flügel in der Flugrichtung eine sehr geringe Ausdehnung. Es ist jedoch zu beachten, daß der breite Drachenflieger sehr unhandlich ist, selbst wenn man die Tragflächen zum Transport zerlegbar macht. Auch werden die breiten Tragflächen im Verhältnis zur Oberfläche schwerer, da die den Halt gebenden Versteifungen nicht nur länger, sondern auch stärker werden müssen. Als günstigstes Verhältnis von Länge zu Breite der Tragflächen kann etwa 1 zu 6 angenommen werden.

Von großer Bedeutung für das Tragvermögen der Flächen ist auch ihre Rundung. Auch hier sehen wir noch große Verschiedenheiten, von einer Biegung mit $^1/_{12}$ Pfeilhöhe bis zu Flächen ohne Biegung; s. Fig. 1 bis 5. Ueber diesen Punkt hat Lilienthal sehr eingehende Versuche gemacht, und während er anfangs glaubte, bei großer Biegung ($^1/_{12}$ der Sehnenlänge) den besten Wirkungsgrad zu erzielen, ist er später auf $^1/_{18}$ der Sehnenlänge herabgegangen. Dies dürfte auch das günstigste Verhältnis sein.

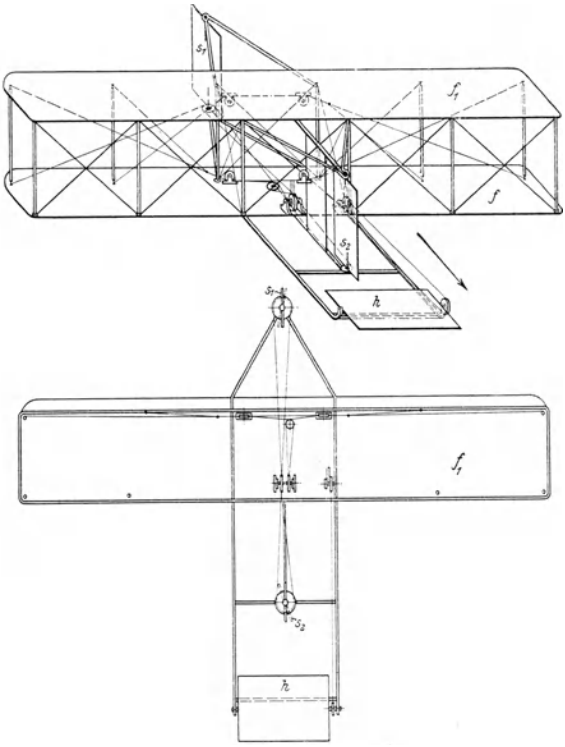
Die gleiche Unklarheit herrscht über die Schrauben: ob eine oder zwei, ob vor oder hinter den Tragflächen, mit 2, 3 oder 4 Flügeln, ob langsam oder schnell umlaufend, ob unmittelbar oder durch Uebersetzung angetrieben. Selbst die Materialfrage ist noch nicht geklärt. Die Brüder Wright, Pischoff, Phillips und andre verwenden aus Holz geschnitzte Schrauben, Voisin (Farman), Delagrange, Ferber, Esnault-Pelterie, Santos-Dumont, wie die meisten Franzosen überhaupt, Schrauben mit Stahlrohrschäften und Flügeln aus Aluminium. Santos-Dumont hat auch Stahlrohrschäfte mit Stahlgerippe für die Flügel und einem Stoffüberzug versucht. Keine Schraubenkonstruktion befriedigt bisher, namentlich bezüglich der Festigkeit. Schraubenbrüche sind keine Seltenheit, fast alle Konstrukteure hatten darunter zu leiden. Die Brüder Wright benutzen 2 gegenläufige Schrauben zum Antrieb ihres Drachenfliegers; sie sind zu beiden Seiten hinter den Tragflächen angebracht. Dies hat den Nachteil, daß beim Versagen einer Schraube der Flieger einen seitlichen Stoß erhält. Noch schlimmer ist es, wenn eine Schraube bricht. In der Kurve, die der Flieger beim Antrieb durch nur eine seitlich angreifende Schraube beschreiben muß, neigt er sich wegen der Gewichterleichterung nach der außen liegenden Seite hin und muß demnach umschlagen, wenn es dem Führer nicht gelingt, den Motor sofort abzustellen, und nicht eine genügende Fallhöhe vorhanden ist, um den kippenden Flieger wieder aufzurichten. Aus dieser Ursache entstand in Fort Mayer bei Washington der Unfall, bei welchem Orville Wright schwer verletzt wurde und sein Begleiter Leutnant Selfridge tödlich verunglückte. Um die Vorteile des Antriebes durch 2 Schrauben ohne diesen Nachteil auszunutzen, kann man sie beide in derselben Achse lagern. Die Welle der ersten Schraube muß dann hohl sein und die Welle der zweiten durchlassen.

Die Bedingungen für einen möglichst günstigen Wirkungsgrad der Schrauben sind noch nicht festgestellt. Die Anordnung der Schrauben vorn erhöht zwar die Stabilität in der Flugrichtung; doch wird der Wirkungsgrad der Schraube etwas vermindert, weil ihr Luftstrom gegen die Flächen des Fliegers getrieben wird. Auch ist es für den Führer unangenehm, dem scharfen Luftstrom ausgesetzt zu sein, während bei Anordnung der Schrauben hinter den Tragflächen nur der durch die Fluggeschwindigkeit bedingte Luftzug zu merken ist, also etwa wie bei einem offenen Automobil. Wenn infolge Versagens des Motors der Drachenflieger zum Gleitflieger wird, ist die Stabilität bei Anordnung der Schrauben vorn geringer, weil die sich nicht drehenden Schrauben eine Widerstandsfläche abgeben. Ob dies aber so wesentlich ist, um deshalb die Schrauben nach hinten zu verlegen, bleibe dahingestellt; denn es sind noch keine Gleitversuche an Drachenfliegern mit vorderer Schraube gemacht werden. Nur Wright hat bisher öfter gewagt, seinen Motor in größerer Höhe abzustellen und im Gleitflug zu landen, wobei er Gleitflüge über 400 m ausführte. Sein Drachenflieger erwies sich dabei als völlig stabil.

Daß über die Konstruktionsgrundsätze noch gar keine Klarheit herrscht, rührt namentlich daher, daß den meisten Konstrukteuren keine größeren Mittel für grundlegende Versuche zur Verfügung stehen. Hier ist für wissenschaftliche Institute und Großindustrielle noch ein weites Feld. Namentlich die Feststellung der günstigsten Schraubenform, der Anzahl der Flügel, Umlaufzahl der Schrauben usw. wäre eine dankbare Versuchsaufgabe. Zurzeit läßt die mit Mitteln der Jubiläumsstiftung der deutschen Industrie ins Leben gerufene

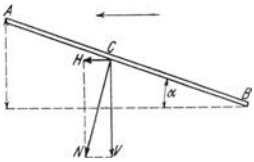
Fig. 17 und 18.

Patentzeichnung des Drachenfliegers der Brüder Wright.



f untere, f_1 obere Tragfläche, s_1 hinteres, s_2 vorderes Seitensteuer, *h* Höhensteuer

Fig. 19.



AB Tragfläche
CH wagerechte Komponente
CV senkrechte Komponente
CN Gesamtwiderstand bezw. zum Fliegen notwendige Arbeit

Geschäftstelle für Flugtechnik, die auch vom Verein deutscher Ingenieure mit Beiträgen unterstützt wird, unter Leitung von Dr.-Ing. Bendemann in Lindenberg Versuche mit Hubschrauben anstellen. Diese Versuche sind für die Schraubenflieger von größter Bedeutung. Mangels guter Tragschrauben haben die Schraubenflieger noch nicht die Stufe der Entwicklung erlangt, auf der sich die Drachenflieger bereits befinden. Ein Fortschritt in ihrer Konstruktion ist erst zu erwarten, wenn Tragschrauben von gutem Wirkungsgrad vorhanden sind, und die Motoren so zuverlässig arbeiten, daß ein Absturz durch ihr Versagen nicht so leicht zu befürchten ist. Abgesehen von militärischen Zwecken wird aber doch stets der Drachenflieger die größere Bedeutung behaupten, da für schnelle Fortbewegung in der Wagerechten ein weit größeres Bedürfnis als für senkrechten Aufstieg besteht.

Bei der Konstruktion neuer Drachenflieger empfiehlt es sich, zunächst an das Erprobte anzuknüpfen, und erst, wenn bereits Flüge geglückt sind, neue Anordnungen zu versuchen, jedenfalls aber immer nur eine Neuerung auf einmal.

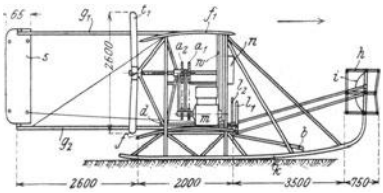
Die Drachenflieger werden bekanntlich nach der Anzahl der übereinander angeordneten Tragflächen in Eindecker, Zweidecker und Dreidecker eingeteilt. Am weitesten entwickelt sind bisher die Zweidecker, und mit ihnen wurden die besten Flüge erreicht. Sie mögen daher jetzt im einzelnen besprochen werden.

Einzelbauarten.

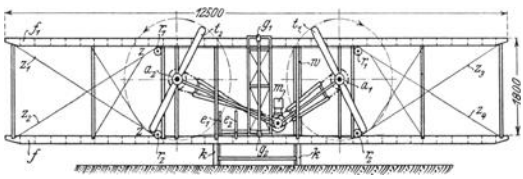
Die wichtigste Bauart von Drachenfliegern, wie von dynamischen Fliegern überhaupt, ist die der Brüder Wright. Wilbur Wright hält mit seinem Doppeldecker alle Rekorde. Diese Drachenflieger werden von der Compagnie Générale de Navigation Aérienne in Paris und Dieppe bereits fabrikmäßig hergestellt[1]) und sollen in der französischen Armee und in der Armee der Vereinigten Staaten für die Zwecke der Befehlsübermittlung und zur Beobachtung eingeführt werden.

Fig. 20 bis 22. Drachenflieger der Brüder Wright.

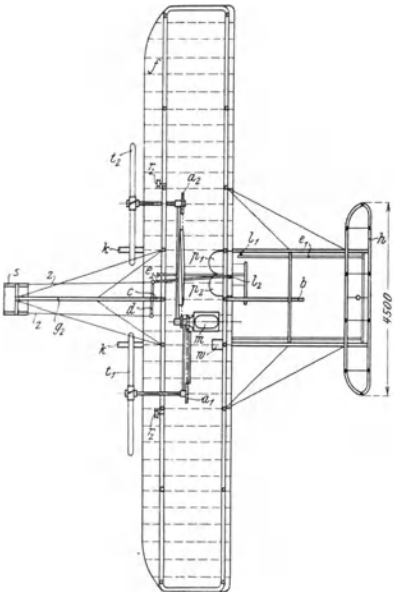
Seitenansicht.



Ansicht von hinten.



Ansicht von oben mit abgenommener oberer Tragfläche.



f untere, f_1 obere Tragfläche, k Kufen zum Landen, h Höhensteuer, i halbmondförmige Flächen zwischen den Flächen des Höhensteuers zur Unterstützung der Seitensteuerung, s Seitensteuer, g_1, g_2 abnehmbare Tragstützen für das Seitensteuer, l_1 Lenkhebel für das Höhensteuer, e_1 Gestänge dazu, l_2 Lenkhebel für das Seitensteuer (betätigt den doppelarmigen Hebel d mittels Gestänges e_2), z Zugseile für das Seitensteuer, z_1 bis z_4 Seile zum Verwinden der Tragflächen, m Motor (treibt mittels der Ketten a_1, a_2 die Schrauben t_1, t_2). w Kühler für den Motor, n Benzinbehälter, b Zugstange, durch welche der Flieger am Zugseil der Startvorrichtung angehakt wird, p_1 Sitz für den Führer, p_2 Sitz für den Fahrgast, r_1, r_2 Leitrollen für die Seile.

Außer den Brüdern Wright selbst sind heute vier Personen befähigt, diesen Flieger zu steuern.

Der Wrightsche Flieger darf als das typische Beispiel eines Doppeldeckers gelten; fast alle andern Konstruktionen sind mehr oder minder durch ihn beeinflußt. Die hauptsächlichen Organe sind in folgender Weise angeordnet. In der Mitte befinden sich die Tragflächen, vor ihnen das Höhensteuer, hinten das Seitensteuer, Fig. 20 bis 22[2]). Alle diese Flächen sind als Doppelflächen ausgeführt. Eine Schwanzfläche zur Erhaltung der Stabilität in der Flugrichtung fehlt, diesen Zweck erfüllt das Höhensteuer. Die Seitenstabilität wird durch die Tragflächen gewonnen. Die Brüder Wright haben ganz darauf verzichtet, die Stabilität in beiden Richtungen selbsttätig zu erhalten; der Führer muß sie sowohl in der Flugrichtung als auch seitlich durch geeignete Manöver herstellen, Fig. 23. Scheinbar ist dies ein Nachteil gegenüber den Fliegern mit selbsttätig gewonnener Stabilität von Voisin, Ellehammer und andern. In Wirklichkeit verdanken die Brüder Wright gerade ihrer Art der Stabilisierung ihre großen Erfolge, nicht zum wenigsten auch vermöge ihrer durch lange Uebung erreichten Geschicklichkeit. Die Steuerorgane sind bei dem Wright-Flieger feiner ausgebildet als bei den andern bis zum öffentlichen Auftreten der Wrights bekannten Bauarten. Das Höhensteuer zeichnet sich durch die Einrichtung aus, daß seine beiden Flächen bei ihrer Drehung um eine wagerechte, quer zur Flugbahn gerichtete Achse zugleich gekrümmt werden, und zwar mit ihren Rändern nach oben beim Abwärtssteuern, nach unten beim Aufwärtssteuern, wie dies in Fig. 24 bis 26 dargestellt ist. Durch den Luftdruck auf diese Flächen wird das Höhensteuer gehoben oder gesenkt und damit der Einfallwinkel der Tragflächen geändert. Wird er größer, so wird der Drachenflieger durch den Luftdruck gehoben, er steigt, bei Verringerung des Einfallwinkels senkt er sich. Durch die Krümmung der Flächen wirken die Höhensteuer beim Aufsteigen auch als Tragflächen, ein wesentlicher Vorzug gegenüber den Höhensteuern der andern Drachenflieger, welche ebene oder wenig gekrümmte, in ihrer Krümmung

[1]) Auch in Deutschland hat sich unter der Führung der AEG eine Gesellschaft zur Herstellung der Wrightschen Flieger gebildet.

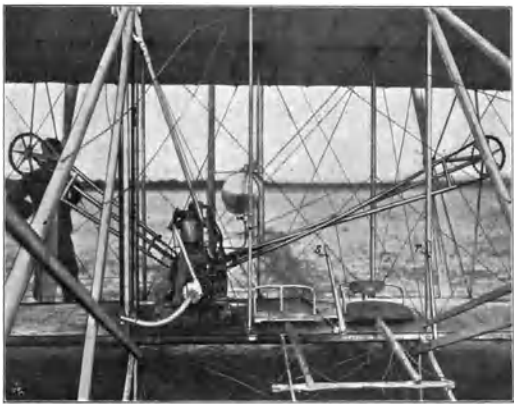
[2]) Die ältere Konstruktion der Brüder Wright ist in Z. 1908 S. 957 Fig. 3 und 4 dargestellt.

unveränderliche Höhensteuerflächen haben.

Bei andern Drachenfliegern, namentlich den meisten Eindeckern, ist das Höhensteuer hinter den Tragflächen angebracht, und dabei hat es keinen Zweck, die Krümmung der Höhensteuerflächen veränderlich zu machen. Das Höhensteuer muß dann nämlich im umgekehrten Sinne gedreht werden, beim Aufsteigen wird also die Vorderkante herabgezogen, das Höhensteuer wird durch den Luftdruck gesenkt und dadurch der Einfallwinkel der Tragfläche vergrößert. Für die Ausnutzung des Höhensteuers als Tragfläche ist dies ein Nachteil; anderseits hat die Anordnung vorn die Mängel, daß das Höhensteuer beim Landen leicht beschädigt wird und dem Führer des Drachenfliegers zum Teil die freie Aussicht nimmt. An sich wirkt das Höhensteuer vor oder hinter den Tragflächen gleich gut. Die Anordnung hinten hat aber den weiteren großen Vorzug, daß die Steuerflächen die Stabilität in der Flugrichtung erhalten, genau wie die Schwanzflächen bei den Fliegern von Voisin, Ferber u. a. Wird nämlich etwa durch einen Windstoß die Tragfläche nach unten gedrückt, so wird der Widerstand des Höhensteuers vermehrt und damit auf Vergrößerung des Einfallwinkels der Tragfläche hingearbeitet. Umgekehrt ist es bei vorderem Höhensteuer; hier könnte sich der Drachenflieger überschlagen, wenn der Führer nicht rechtzeitig das Höhensteuer nach abwärts stellt. Da die Steuerung eines Drachenfliegers an und für sich weit schwieriger ist als z. B. die eines Automobils oder Schiffes, so ist es angezeigt, alle Vorteile zur Vereinfachung der Steuerung auszunutzen; wenn also keine Schwanzfläche zur Erhaltung der Längsstabilität vorhanden ist, dürfte das Höhensteuer besser nach hinten zu legen sein. Durch Fortlassung der Schwanzflächen wird aber der Drachenflieger einfacher, leichter und billiger, auch wird wesentlich in der Länge gespart, so daß auch der Schuppen zur Unterbringung des Fliegers kleiner wird.

Die Erhaltung der seitlichen Stabilität bei stärkerem und namentlich wechselndem Winde ist den Brüdern Wright durch einen Kunstgriff gelungen, den sie den Vögeln abgesehen haben. Während bis zum ersten öffentlichen Auftreten der Wrights fast alle Flugtechniker auf die selbsttätige Erhaltung des seitlichen Gleichgewichtes den größten Wert legten und sie meist durch Tieflegen des Schwerpunktes anstrebten, haben alle jüngeren Konstrukteure darauf mehr oder weniger verzichtet und die seitliche Stabilität von der Aufmerksamkeit und Geschicklichkeit des Führers abhängig gemacht. Beim Drachenflieger von Wright liegt der Schwerpunkt nur wenig unter dem Widerstandsmittelpunkt des Fliegers, da der Motor mit allen Antriebmechanismen und Zubehör ebenso wie der Führer seinen Platz zwischen den Tragflächen hat. Wird der Flieger durch einen seitlichen Windstoß geneigt, so bringt ihn der Führer dadurch wieder in die Mittellage, daß er die Tragflächen auf der tieferliegenden Seite an der Hinterkante nach unten krümmt, auf der höherliegenden nach oben; dann wird diese Seite durch den Luftdruck nach unten gedrückt, die andre Seite wird gehoben. Ist so der Flieger wieder wagerecht gestellt, so werden die Flächen in die normale Form zurückgebogen, Fig. 27 und 28. Diese Verwindung der Tragfläche kann beliebig abgestuft werden, was bei den Stabilitätseinrichtungen mit drehbaren Flächen nicht in so vollkommener Weise zu erreichen ist. Jedoch hat diese klug ersonnene Einrichtung der Wrights auch einen großen Fehler. Bekanntlich sind die Tragflächen nach unten gewölbt, da sie dann besser tragen. Auf der nach unten gekrümmten Seite der Tragflächen wird durch das Verwinden die Wölbung stärker, auf der nach oben gebogenen Seite dagegen geringer, und dementsprechend ändert sich auch der Flugwiderstand beider Seiten. Fig. 29, in der die Tragflächen von hinten gesehen schematisch gezeichnet sind, läßt dies gut erkennen. Demgemäß wird auch

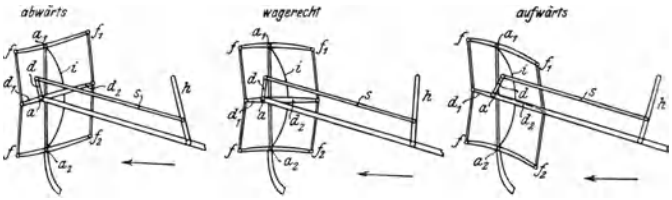
Fig. 23. Mittlerer Teil des Drachenfliegers von Wright mit Motor, Antrieb, Schrauben und Sitzen.



Steuerhebel r für Höhensteuer, s für Seitensteuer und Seitenstabilisierung.

Fig. 24 bis 26.

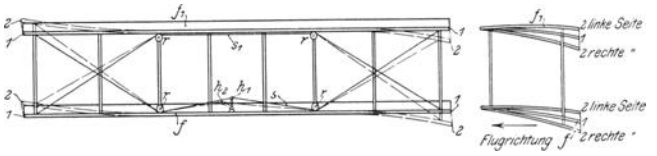
Höhensteuer von Wright in drei verschiedenen Stellungen.



h Steuerhebel; s Schubstange; f, f_1 obere, f, f_2 untere Fläche des Steuers mit Gelenken. Am Arm d des dreiarmigen Hebels d, d_1, d_2 greift die Schubstange s an, die Arme d_1, d_2 sind mit den Gelenken der Flächen verbunden, welche um die Achsen a_1, a_2 drehbar sind. Arm d_1 ist kürzer, Arm d_2 länger als die mit ihnen verbundenen Arme an den Flächen f, f_1 bezw. f, f_2. Daher werden die Flächen des Höhensteuers beim Abwärtsflug, Fig. 24, nach oben gewölbt, beim Geradeausflug, Fig. 25, sind die Flächen, um tragen zu können, wenig gewölbt, beim Abwärtsflug, Fig. 26, werden sie stark nach unten gewölbt. i halbmondförmige feststehende Fläche zur Unterstützung des Seitensteuers.

Fig. 27 und 28.

Schematische Darstellung der Drachentragflächen des Wright-Fliegers und der Vorrichtung zum Verwinden derselben.

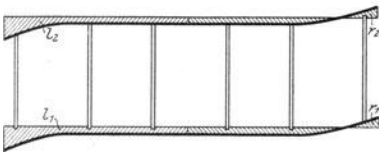


f, f_1 Tragflächen. h_1 Hebel zur Betätigung der Zugseile s, s_1, welche an den hinteren Kanten der oberen Tragflächen angreifen, Stellung 1. s_1 Zugseil, welches die hinteren Kanten der unteren Tragflächen verbindet. h_2 Stellung des Hebels beim Kurvenflug nach links, Stellung 2. r Führungsrollen für die Seile.

die Geschwindigkeit der herabgebogenen Seite entsprechend verzögert, d. h. der Drachenflieger beschreibt eine Kurve, deren Mittelpunkt nach dieser Seite hin liegt. Nun muß sich aber ein Fahrzeug nach der Innenseite einer Kurve hin neigen, wenn es im Gleichgewicht bleiben soll. Um also den

Fig. 29.

Widerstände der Tragflächen beim Wright-Flieger im Kurvenflug.



r_1, r_2 nach oben gekrümmt, l_1, l_2 nach unten gekrümmt.

Fig. 30.

Tragflächen und Seitensteuer des Wright-Fliegers beim Kurvenflug nach links (perspektivische Darstellung).

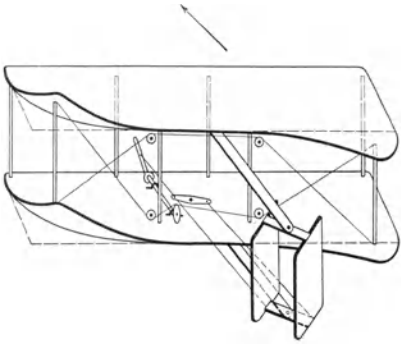
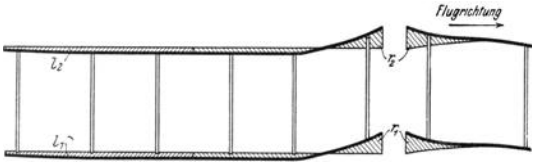


Fig. 31 und 32.

Tragflächen eines Drachenfliegers, bei dem zur Erhaltung der Seitenstabilität die Tragflächen nur auf einer Seite verwunden werden (Kober, Vorreiter).

Ansicht von hinten und von rechts.



r_1, r_2 rechte Hinterkanten nach oben gebogen, l_1, l_2 linke Hinterkanten in normaler Lage, wenig nach oben gebogen.

Drachenflieger in eine entgegengesetzt gerichtete Kurve zu zwingen, muß man gleichzeitig das Seitensteuer betätigen, Fig. 30. Hierdurch entsteht ein neuer Widerstand, durch welchen die Fluggeschwindigkeit herabgesetzt wird, und bei verminderter Geschwindigkeit sinkt natürlich der Flieger, wenn nicht, um dies zu verhindern, der Einfallwinkel der Tragflächen vergrößert wird. Das heißt also: der Führer muß das Höhensteuer bedienen. Die gleichzeitige Bedienung aller drei Organe, die bei Wright durch zwei Hebel erfolgt, erfordert große Aufmerksamkeit und Geschicklichkeit. Den Brüdern Wright, die lange Zeit mit Gleitfliegern Versuche gemacht und mehrere Jahre an der Ausbildung ihres Drachenfliegers gearbeitet haben, wird diese Schwierigkeit weniger zum Bewußtsein gekommen sein, wohl aber ihren Schülern. Das dürfte der Grund sein, weswegen es trotz des vorzüglichen Lehrverfahrens verhältnismäßig lange gedauert hat, bis die ersten Schüler durch Wilbur Wright ausgebildet worden sind.

Dieser Mangel des Verfahrens zur Erhaltung der Seitenstabilität läßt sich beseitigen: es braucht in der Kurve nur der Widerstand auf der inneren Seite vermehrt zu werden. In einfachster Weise läßt sich dies dadurch erreichen, daß nur eine Seite der Tragflächen verwunden wird, und zwar die, welche sich senken soll. Das Tragflächenende muß dabei derartig geformt sein, daß durch das Krümmen der Widerstand, also die Flächenprojektion in der Flugrichtung, möglichst vermehrt wird. Die hintere Tragflächenkante darf daher im normalen Zustande nicht nach unten gezogen sein, sondern muß in Richtung der Flugbahn liegen. Fig. 31 und 32 zeigen diese Einrichtung schematisch; man sieht, daß der Widerstand auf der inneren Seite der Kurve größer ist, somit auch ohne Betätigung des Seitensteuers ein Kentern des Drachenfliegers vermieden wird.

Fig. 33 und 34.

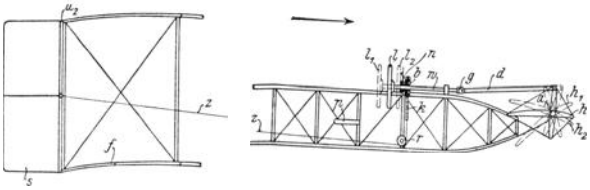
Lenkstange bezw. Steuerhebel zur Bedienung des Höhen- und Seitensteuers und zum Verwinden der Tragflächen.

l Welle mit Lenkstange *h*; *f* Führung und Lager für die Welle *l*; a_1 Achszapfen an der Führungshülse *f*, drehbar im Ring *r*; dieser ist wieder mittels Zapfen a_2 im nicht gezeichneten Lagerbock der Steuervorrichtung beweglich. Bewegung von *l* um Zapfen a_1 bedient das Höhensteuer, um Zapfen a_2 die Seitenstabilisierung (Verwinden der Tragflächen). Drehung in Hülse *f* betätigt Seitensteuer mittels Trommel *t*. o, o_1 Oesen zum Befestigen der Seile, mit welchen die Tragflächen verwunden werden.

Wie schon gesagt, erfordert es besondere Uebung, wenn man mittels eines einzigen Hebels durch seitliches Schwenken die Tragflächen verwinden, durch Vor- und Zurückschwenken das Seitensteuer bedienen will. Gebräuchlicher ist es auch, die Seitensteuerung durch seitliches Drehen eines Handrades oder eines Hebels zu betätigen; s. Fig. 33 und 34. Wird das Seitensteuer nicht in seiner ganzen Höhe gleichmäßig herumgeschwenkt, sondern die untere Kante mehr als die obere, so erzielt man ein Kippmoment, der Flieger muß sich in der Kurve, die er beschreibt, nach innen neigen. Noch besser ist die Wirkung, wenn nicht ein, sondern zwei Seitensteuer angewendet werden, eines an jeder Außenkante der Tragflächen. Wird das Seiten- mit dem Höhensteuer vereinigt, so kann gleichzeitig eine Verlegung des Schwerpunktes erreicht werden, indem in Kurven ein Teil der Höhensteuerfläche nach der inneren Seite gelegt wird. Durch die größere Fläche dieser Seite wird auch die Reibung an der Luft und dadurch der Widerstand dieser Seite etwas größer.

Fig. 35.

Betätigung der Steuer beim Drachenflieger von Farman-Voisin.

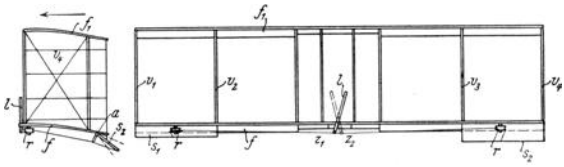


l Lenkrad auf Welle *w*, verschiebbar in Führung *n* mit Kettenrad *b*. Beim Drehen von *w* wird mittels Nut und Keil *b* gedreht, Kette *k* überträgt die Bewegung durch *s* über Rollen *r* auf das Seitensteuer *s* an den Schwanzflächen *f*. *r* Führungsrollen für Seile *z*. Beim Verschieben von *w* wird die Bewegung durch Gelenk *g* und Schubstange *d* auf Höhensteuer *h* übertragen. l_1 entspricht h_1 für Aufwärtsflug, l_2 h_2 für Abwärtsflug.

Fig. 36 und 37.

Tragflächen mit senkrechten Zwischenwänden beim Drachenflieger von Farman-Voisin.

Ansicht von vorn und von links.



f untere, f_1 obere Tragfläche; v_1 bis v_4 senkrechte später entfernte Flächen; s_1, s_2 einstellbare Flächen zur Erhaltung der Seitenstabilität; *l* Hebel zur Betätigung derselben mittels der über Rollen *r* geführten Seile z_1, z_2.

Für die Betätigung aller Steuer ist, da auch die Einrichtung für die Seitenstabilisierung als Steuer zu betrachten ist, anzustreben, alle Manöver durch ein Steuerrad zu bewerkstelligen, Fig. 33 und 34. Bei fast allen Landfahrzeugen ist ja nur ein Steuer erforderlich. Die Bedienung der Luftfahrzeuge wird am leichtesten zu erlernen sein, wenn man sich an die Anordnungen des Automobils und des Fahrrades anlehnt; sind doch beide die natürlichen Vorläufer des Luftautomobils, des Drachenfliegers.

In gewissem Sinn ist dies bei den nächst Wright bemerkenswertesten Fliegern, denen der Gebrüder Voisin, der Fall, deren Doppeldecker namentlich durch Farman, Delagrange, in Berlin durch Zipfel, bekannt geworden sind. Bei Voisin wird zum Steuern ein Handrad verwendet, Fig. 35. Durch Drehen wird das Seitensteuer betätigt; wird es nach dem Führer zu angezogen, so wird das Höhensteuer auf Hochflug gestellt, beim Vorschieben auf Abwärtsflug. Vom Führer beeinflußte Einrichtungen zur Erhaltung der Seitenstabilität sind bei Voisin nicht vorhanden. Diese wird selbsttätig erhalten, einmal dadurch, daß der Schwerpunkt tiefer als z. B. bei Wright liegt, dann durch schwache Krümmung der Tragflächen nach oben. Durch zwischen den Schwanzflächen, später auch zwischen den Tragflächen eingespannte senkrechte Flächen wird bei Schwingungen um die Längsachse Luft verdrängt; diese Flächen ergeben also zusammen mit den sehr breiten Tragflächen eine Luftdämpfung, Fig. 36 und 37. Die senkrechten Flächen haben aber den großen Nachteil, daß der Drachenflieger durch Seitenwind mehr aus der beabsichtigten Flugbahn gedrängt wird. Henry Farman hat jetzt an seinem Voisin-Doppeldecker, Fig. 38 bis 42, Stabilisierungsflächen angebracht, die sich zu beiden Seiten hinter den Tragflächen befinden und um wagerechte Achsen drehbar sind. Neigt sich z. B. der Flieger nach links, so wird die linke Stabilisierungsfläche gesenkt, die rechte gehoben. Bedient werden diese Flächen durch einen Fußhebel. Die Einrichtung wirkt nicht so gut wie das Verwinden der Tragflächen, weil die feinen Uebergänge fehlen. Ueberhaupt ist der Drachenflieger von Voisin nicht so schmiegsam wie der von Wright; er kann daher nicht so enge Kurven durchfliegen, was auch durch seine große Länge verhindert wird. Diese gewährt anderseits den Vorteil, daß der Flieger in der Flugrichtung sehr stabil ist und die Höhensteuerung weniger Aufmerksamkeit erfordert[1]).

Beim Vergleich der beiden Bauarten von Wright und Voisin fällt noch die Anordnung der Schrauben auf. Abgesehen davon, daß Wright 2 Schrauben, Voisin nur eine benutzt, befindet sich die Schraubenwelle bei Wright fast in der Mitte zwischen den Tragflächen, genau betrachtet etwas über der Mitte, bei Voisin dagegen weit unter der Mitte. Ferner liegt bei Voisin die Schraubenachse in Richtung der Flugbahn, bei Wright dagegen fast in Richtung der Sehne, die wir uns an die Krümmung der Tragflächen gelegt denken; der von den Schrauben erzeugte Luftstrom fällt also nicht mit der Flugbahn zusammen. Bei Voisin werden, da der Angriffspunkt der Kraft unter dem Mittelpunkt des Widerstandes liegt, die Tragflächen, so lange die Schraube arbeitet, gegen die Flugrichtung geneigt, die Schraube ist bestrebt, den Einfallwinkel zu vergrößern. Diesem wirkt die Schwanzfläche entgegen, und so wird der richtige Einfallwinkel der Tragflächen selbsttätig hergestellt; die Bedienung des Höhensteuers erfordert also weniger Aufmerksamkeit als bei Wright.

Henry Farman hat einen neuen Drachenflieger gebaut, der, abgesehen von Umbauten, die dritte Entwicklungsstufe bildet. Der neue Farman, Fig. 42, steht in seiner Konstruktion in der Mitte zwischen den Konstruktionen Voisin und Wright. An letztere erinnert namentlich die Anwendung von Schlittenkufen zum Landen. Zum Anlauf sind jedoch vorn an den Kufen je 2 Räder angebracht, außerdem befinden sich 2 kleinere Räder an dem Gerüst der Schwanzflächen. Die Einrichtung zur Erhaltung der Seitenstabilität ist dieselbe wie am Farman II, je-

Fig. 38 bis 42. Entwicklung des Drachenfliegers von Farman-Voisin.

Fig. 38.

Erste Konstruktion, Tragflächen wenig nach oben gebogen, ohne senkrechte Flächen.

Fig. 39.

Zweite Konstruktion, Tragflächen gerade mit senkrechten Flächen.

[1]) Zeichnung der Drachenflieger von Farman, siehe Z. 1908 S. 957, Fig. 1 und 2.

doch sind die beweglichen Flächen hinten zu beiden Seiten der Tragflächen nicht nur an der unteren, sondern auch an der oberen Tragfläche angebracht. Die senkrechten Flächen zwischen den Tragflächen fehlen ganz, nur zwischen den beiden Schwanzflächen sind senkrechte Flächen gespannt, und hinter denselben sind die beiden Seitensteuer angebracht. Das Höhensteuer befindet sich vorn an einem leichten Dreieckgerüst, steht jedoch weiter von den Tragflächen ab als bei der Bauart Voisin. Die Anordnung der Schraube ist die gleiche wie bei Voisin. Farman benutzt jetzt die Wrightschen Holzschrauben. Wie bei Voisin steht die Schraubenwelle in Richtung der Flugbahn unter dem Widerstandsmittelpunkt, während bei Wright die Schraubenwellen bekanntlich etwas über dem Widerstandsmittelpunkt liegen. Der Motor, ein Vivinus-Motor von 50 PS, treibt die zweiflügelige Schraube unmittelbar an. Auch der Motor erinnert an Wright, indem er nur 4 Zylinder mit Wasserkühlung hat. Das Wasser läuft nach dem vor dem Motor angebrachten Kühler und zurück zum Motor infolge des Temperaturunterschiedes, eine Pumpe ist also nicht nötig. Vor dem Kühler, der wie ein Automobilkühler gebaut und mit einem Ventilator versehen ist, befindet sich der Sitz des Führers. Dieser bedient mit einem rechts angebrachten Handhebel das Höhensteuer, links das Seitensteuer, also auch hier wieder eine Anlehnung an Wright. Der neue Farman hat folgende Abmessungen: Breite der Tragflächen 10,5 m, Länge des Drachenfliegers 13 m, Durchmesser der Schraube 2,3 m. Bei den Anlaufrädern ist noch bemerkenswert, daß die beiden innen liegenden Räder an den Kufen einen kleineren Durchmesser haben als die bei den außen liegenden Räder. Je ein großes und ein kleines Rad haben eine gemeinsame Achse, durch deren Verschiebung in dem Lager an den Kufen die kleinen oder großen Räder näher an die Kufen gebracht werden können; auf diese Weise läßt sich der Abstand der Kufen vom Boden regeln. Farman fliegt auf dem Manöverfelde bei Chalons und hat sich sofort mit seinem neuen Drachenflieger erhoben; da auch der Motor ausgezeichnet arbeitet, so sind weitere gute Flugleistungen von Farman zu erwarten.

Den beiden hier miteinander verglichenen Doppeldeckern schließen sich die sonstigen Bauarten von Zweideckern an. So sei der Doppeldecker von Maurice Farman erwähnt, einem Bruder des bekannten Luftschiffers. Er stimmt mit der Bauart von Voisin überein, nur daß zur Erzielung der Seitenstabilität die Tragflächen wie bei Wright verwunden werden können. Dem Voisinschen sehr ähnlich ist auch der Doppeldecker von Witzig und Lioré, Fig. 43, bei dem die drei Schwanzflächen treppenartig übereinander angeordnet sind, eine Anordnung, die bezüglich der Tragflächen zuerst von Kreß in Wien angegeben wurde. Hierdurch wird erreicht, daß die Schwanzflächen besser tragen, wenn beim Versagen des Motors der Drachenflieger zum Gleitflieger wird, weil sich die Tragflächen in senkrechter Richtung nicht decken. Die oberste Schwanzfläche läßt sich verschieben. Die untere Tragfläche hat nur etwa die halbe Breite der oberen, da der mittlere Teil und die Enden abgeschnitten sind; der mittlere Teil würde auch weniger zum Tragen beitragen, da gleich dahinter die Schwanzflächen liegen.

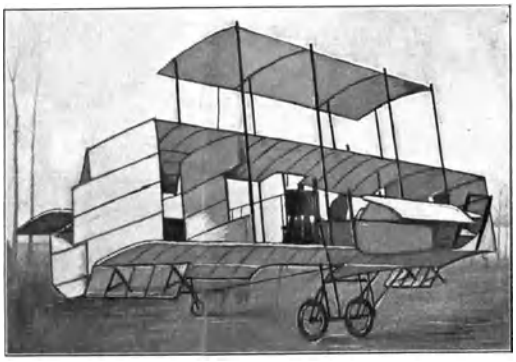
Als eine Verbesserung des Doppeldeckers von Voisin kann man den Flieger des Amerikaners Curtis betrachten, Fig. 44 bis 46. Curtis legt die Welle seiner Schraube genau in die Mitte zwischen die Tragflächen und richtet die Enden der oberen Fläche nach unten, die Enden der unteren Fläche nach oben. Da beim Abgleiten namentlich die untere Fläche zur Geltung kommt, erreicht Curtis dadurch eine selbsttätige

Fig. 40.

Derselbe Flieger mit an den Hinterkanten der Tragflächen angebauten Stabilisierungsflächen.

Fig. 41.

Derselbe Flieger mit dritter aufgesetzter Tragfläche.



Stabilität. Für den Drachenflug benutzt Curtis jedoch Stabilisierflächen in Form von dreieckigen Segeln, die zu beiden Seiten der Tragflächen um deren Vorderkante drehbar angebracht sind. Wie Fig. 45 erkennen läßt, werden diese Flächen in entgegengesetztem Sinne betätigt. Wenn diese Einrichtung auch nicht ganz so fein abgestuft werden kann wie das Verwinden bei Wright, so wirkt sie doch weit besser als die hinter den Tragflächen angebrachten Stabilisierungsflächen von Farman. Die Flächen bei Curtis werden nach hinten schmaler, so daß also zunächst sehr kleine Flächen gegen die Flugrichtung gerichtet werden; dann sind aber auch die Flächen namentlich wegen ihrer dreieckigen Form sehr elastisch. Gegenüber dem Verfahren von Wright hat die Vorrichtung von Curtis den großen Vorteil, daß der Widerstand der Tragflächen auf beiden Seiten derselbe bleibt, der Flieger also nicht in eine falsche Kurve gezwungen wird.

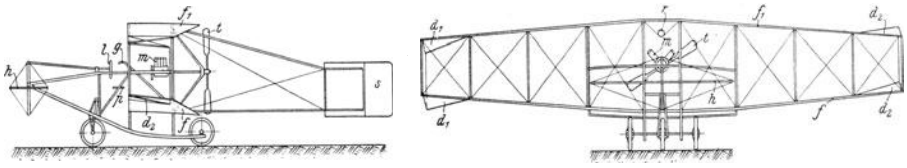
Fig. 42.

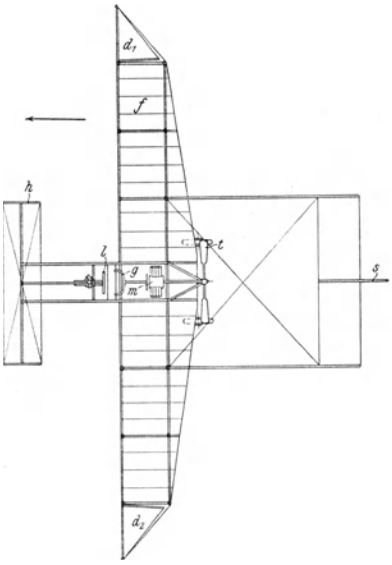
Letzte Konstruktion ohne senkrechte Flächen mit leichterem Gerüst.

Betätigt werden die Stabilisierungsflächen durch einen Hebel, der in eine Gabel ausläuft; in dieser sitzt der Führer mit seinem Rücken und stellt durch Neigen des Oberkörpers nach rechts oder links die Flächen ein.

Da man beim Neigen des Fliegers oder in Kurven diese Körperbewegung mechanisch ausführt, dürfte das Steuern beim Curtis-Flieger leichter als bei Wright zu erlernen sein. Im ganzen wird der Drachenflieger von Curtis dem Wright-Flieger wenig nachstehen, und in der Tat sind den Konstrukteuren damit nach verhältnismäßig kurzer Uebungszeit ausgezeichnete Flugleistungen gelungen. Nachdem Wrights Vorbild vorhanden war, konnten diese Erfolge allerdings leichter erreicht werden.

Fig. 44 bis 46. Drachenflieger von Curtis (Red Wing).





f, *f*₁ Tragflächen, *h* Höhensteuer, *s* Seitensteuer hinter der Schwanzfläche, d_1, d_2 Stabilisierungsflächen, in Fig. 45 zum Kurvenflug nach links eingestellt; *g* Gabel zur Bedienung dieser Flächen, *l* Lenkrad für Höhen- und Seitensteuer, *m* Motor, *t* Schraube, *r* Benzinbehälter.

Einen vereinfachten und verbesserten Doppeldecker nach Voisin erkennen wir in dem Drachenflieger des Hauptmanns Ferber, Fig. 47 bis 49, der übrigens die Gebr. Voisin bei der Konstruktion ihres Fliegers unterstützte. Zur selbsttätigen Erhaltung der Seitenstabilität richtetet Ferber nicht nur die Tragflächen, sondern auch die Schwanzfläche wie ein stumpfes V nach oben. Die Schraubenwelle ist wie bei Voisin tief gelagert, die Schraube sitzt jedoch vor den Tragflächen. Ferber wendet 2 Seitensteuer an, die unmittelbar hinter den Tragflächen angebracht sind. Diese Anordnung möchte ich befürworten, wenn sich die Schraube ebenfalls hinter den Flächen befindet, Fig. 50 und 51; dann ergeben sich folgende Vorteile: Der Flieger wird durch Seitenwind nicht aus seiner Richtung gedreht, vorausgesetzt, daß der Schwerpunkt ungefähr in derselben gedachten Querachse liegt, die beide Seitensteuer verbindet. Dies läßt sich durch entsprechenden Abstand der Schwanzflächen oder des hinten befindlichen Höhensteuers leicht erreichen. Liegt das Seitensteuer jedoch weit hinter den Tragflächen, so wird bei Seitenwind der Flieger gegen den Wind gedreht, was allerdings weniger schlimm ist als das Drehen in Richtung des Windes bei Anordnung des Seitensteuers vor den Tragflächen. Das hinten liegende Seitensteuer vermehrt den Widerstand hinter den Tragflächen und hinter dem Angriffpunkt der Schraube. Dadurch wirkt das Seitensteuer selbsttätig als Stabilisierfläche, während es vorn angebracht

ebenso wie das vordere Höhensteuer ein Kippmoment: nach den Seiten beim Seitensteuer, nach oben oder unten beim Höhensteuer, hervorrufen kann.

Namentlich wenn der Drachenflieger beim Versagen oder Abstellen des Motors zum Gleitflieger wird, dürfte die Anordnung des Seitensteuers vor den Tragflächen weit unangenehmer als die gleiche Anordnung des Höhensteuers wirken und die dauernde Betätigung des Führers erfordern. Für den Gleitflug muß unbedingt darauf geachtet werden, daß der Widerstand hinter dem Schwerpunkt des Fliegers wesentlich größer ist als vor demselben; daher ist auch die Anordnung der Schrauben hinter den Tragflächen vorzuziehen.

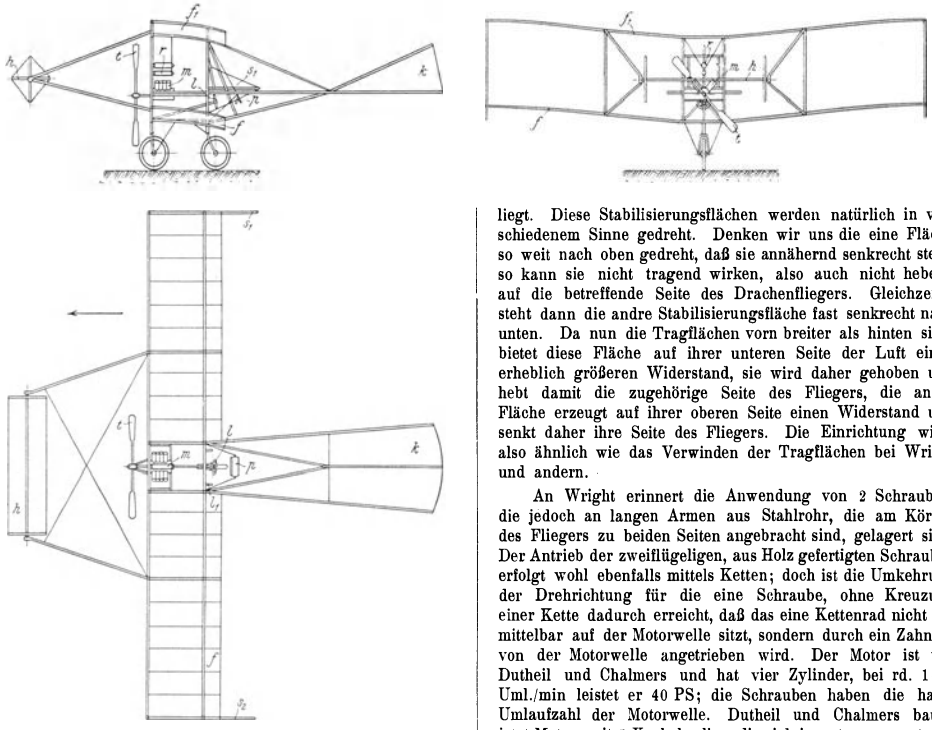
Pischof und Koecklin, die bisher wie Blériot Anhänger des Eindeckers waren, haben für Piquerez in Paris einen Zweidecker, Fig. 52 bis 54, gebaut, an dem mehrere neue Anordnungen getroffen sind. Eigenartig ist die Anordnung der Flächen zur Erhaltung der Seitenstabilität; sie sind wie üblich zu beiden Seiten der Tragflächen angesetzt, jedoch nur an der oberen, und zwar sind die Flächen um eine Achse drehbar, die in Richtung der Sehne am Bogen der Tragflächen liegt. Diese Stabilisierungsflächen werden natürlich in verschiedenem Sinne gedreht. Denken wir uns die eine Fläche so weit nach oben gedreht, daß sie annähernd senkrecht steht, so kann sie nicht tragend wirken, also auch nicht hebend auf die betreffende Seite des Drachenfliegers. Gleichzeitig steht dann die andre Stabilisierungsfläche fast senkrecht nach unten. Da nun die Tragflächen vorn breiter als hinten sind, bietet diese Fläche auf ihrer unteren Seite der Luft einen erheblich größeren Widerstand, sie wird daher gehoben und hebt damit die zugehörige Seite des Fliegers, die andre Fläche erzeugt auf ihrer oberen Seite einen Widerstand und senkt daher ihre Seite des Fliegers. Die Einrichtung wirkt also ähnlich wie das Verwinden der Tragflächen bei Wright und andern.

An Wright erinnert die Anwendung von 2 Schrauben, die jedoch an langen Armen aus Stahlrohr, die am Körper des Fliegers zu beiden Seiten angebracht sind, gelagert sind. Der Antrieb der zweiflügeligen, aus Holz gefertigten Schrauben erfolgt wohl ebenfalls mittels Ketten; doch ist die Umkehrung der Drehrichtung für die eine Schraube, ohne Kreuzung einer Kette dadurch erreicht, daß das eine Kettenrad nicht unmittelbar auf der Motorwelle sitzt, sondern durch ein Zahnrad von der Motorwelle angetrieben wird. Der Motor ist von Dutheil und Chalmers und hat vier Zylinder, bei rd. 1400 Uml./min leistet er 40 PS; die Schrauben haben die halbe Umlaufzahl der Motorwelle. Dutheil und Chalmers bauen jetzt Motore mit 2 Kurbelwellen, die sich in entgegengesetztem Sinne drehen, besonders zum Antrieb von Drachenfliegern mit 2 Schrauben. Diese Motorbauart zeichnet sich durch einen sehr ruhigen Lauf aus.

Fig. 43.

Drachenflieger von Witzig und Lioré.

Fig. 47 bis 49. **Drachenflieger von Ferber.**



f f$_1$ **Tragflächen, wie ein stumpfes V nach oben gerichtet, ebenso Schwanzfläche** *k*; *h* **Höhensteuer,** s_1, s_2 **Seitensteuer,** *l* **Lenkrad,** l_1 **Steuerhebel,** *p* **Führersitz,** *m* **Motor,** *t* **Schraube,** *r* **Benzin- und Wasserbehälter.**

Fig. 50 und 51.

Drachenflieger, bei dem Schraube und Seitensteuer in der gedachten Querachse mit dem Schwerpunkt zusammenfallen.

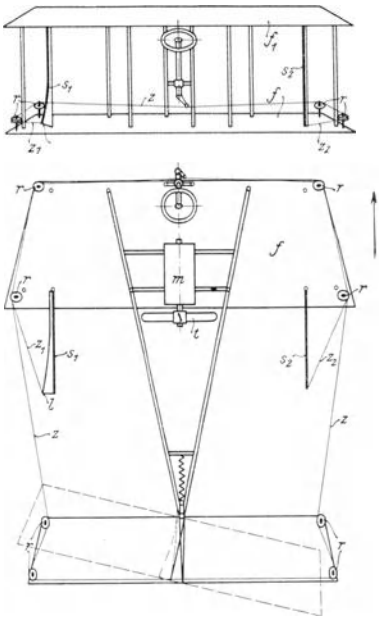


Fig. 50. Ansicht der Tragflächen von hinten.
Fig. 51. Ansicht von oben (ohne die obere Tragfläche). f_1 **obere,** f **untere Tragfläche;** s_1 **linkes,** s_2 **rechtes Seitensteuer (Einstellung von** s_1 **zum Fluge nach links). Beim Fluge nach rechts wird** s_2 **mit der unteren hinteren Kante nach außen herumgezogen, um hierbei gleichzeitig zu erreichen, daß sich der Flieger nach rechts neigt (Bauart Kober-Vorreiter).** z, z_1, z_2, **Zugseile zur Betätigung der Seitensteuer und der Schwanzflächen,** r **Führungsrollen,** m **Motor,** t **Schraube.**

Bemerkenswert an diesem Drachenflieger ist noch die Höhensteuerung. Es sind zwei Höhensteuer vorhanden: eins vorn, etwa in gleichem Abstand wie bei Wright angeordnet, und eins hinten in weiterem Abstand, das auch senkrechte Flächen hat. Dieses hintere Steuer ist wie beim Eindecker von Santos Dumont sowohl in der senkrechten als in der wagerechten Ebene drehbar, dient demnach vermöge seiner senkrechten Flächen gleichzeitig als Seitensteuer. Das hintere Höhensteuer hat gewölbte Flächen, da es gleichzeitig als Schwanzfläche zur Erhaltung der Stabilität in der Flugrichtung dient. Das Anlaufgestell hat 4 Räder und ist so niedrig, daß die Tragflächen fast den Boden berühren.

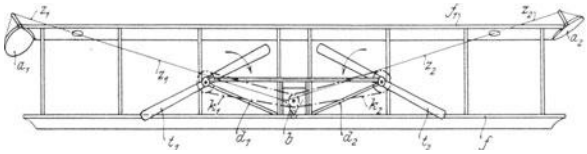
Da dieser Doppeldecker für 2 Personen gebaut ist, deren Sitze hinter einander liegen, ist die Tragfläche ziemlich groß. Bei einer Breite von 10,6 m ergeben alle Flächen zusammen 78 qm. Die Länge des Fliegers beträgt 10,8 m, das Gewicht mit 2 Personen besetzt rd. 600 kg; 1 qm Tragfläche ist demnach mit rd. 8 kg belastet.

Guyot und Jaugey, Fig. 55, bauten einen dem neuen Farman ähnlichen Zweidecker. Bemerkenswert an demselben sind die seitlichen Stabilisierungsflächen. Sie sind zu beiden Seiten außen an den äußersten senkrechten Stützen der Tragflächen etwas unter deren Mitte angebracht. Die innere Kante dieser Flächen ist fest mit den Stützen verbunden, die äußere Kante läßt sich verwinden, indem in der Mitte dieser Kante ein senkrechter durch Drähte mit den Flächenenden verspannter Stab angreift. Durch Seile, die über Rollen oben und unten an den Tragflächenecken geführt werden und an einem Fußhebel angreifen, können die Stabilisierungsflächen so verwunden werden, daß z. B. die vordere Kante der einen sich hebt, die Hinterkante sich senkt, und umgekehrt bei der Fläche auf der andern Seite. Die Schraube mit 2 Flügeln ist vor den Tragflächen und dem Höhensteuer gelagert, letzteres steht sehr nahe vor den Tragflächen. Betätigt wird das Höhensteuer wie beim Flieger von Voisin durch Vor- und Zurückschieben der Welle mit dem Lenkrad,

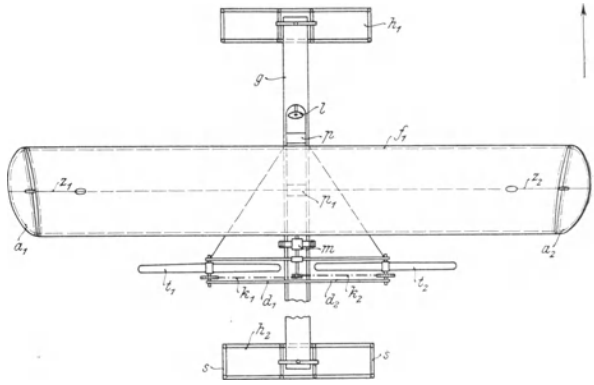
Fig. 52 bis 54.

Drachenflieger von Piquerez.

Ansicht des Fliegers von hinten.



Grundriß.



f **untere,** f_1 **obere Tragfläche;** a_1 **linke (gesenkte),** a_2 **rechte (gehobene) Stabilisierungsfläche;** h_1 **vorderes,** h_2 **hinteres Höhensteuer (obere Fächer abgenommen), letzteres gleichzeitig Seitensteuer mittels der senkrechten Flächen** s; t_1 **und** t_2 **Schrauben,** k_1, k_2 **Kettenantrieb für die Schrauben,** m **Motor,** d_1, d_2 **Lagerarme für die Schrauben,** g **Körper (Mittelgerüst) mit** p **Führersitz und** p_1 **Sitz für einen Mitfahrer,** l **Lenkrad,** b **Hebel zur Betätigung der Stabilisierungsflächen** a_1, a_2 **durch die Seile** z_1, z_2.

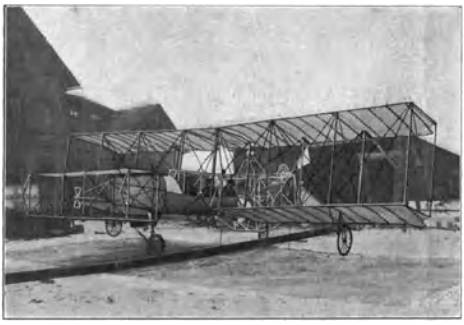
Fig. 55.

Drachenflieger von Guyot und Jaugey.

das Seitensteuer durch Drehen der Welle. Der Motor leistet bis 36 PS und ist von Mors gebaut. Die Tragflächen haben bei einer Breite von 8 m rd. 47 qm Fläche. Das Anlaufgestell ist sehr hoch gebaut und hat vorn zwei, in der Mitte hinter den Tragflächen ein und hinten an den Schwanzflächen noch zwei kleine Räder.

An den Flieger von Wright lehnt sich auch der Doppeldecker des deutschen Technikers Schüler an, Fig. 56, ferner

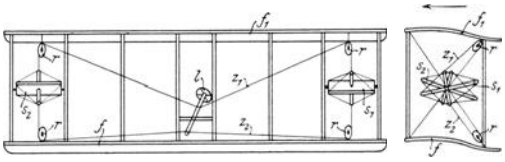
Fig. 56. Drachenflieger von Schüler.



der Doppeldecker des Obersten Cody, Fig. 57 bis 59, der für die englische Armee gebaut wurde. Zur Erzielung der Seitenstabilität benutzt Cody jetzt Flächen, die zwischen den Tragflächen rechts und links angeordnet und um wagerechte, quer zur Flugrichtung liegende Achsen drehbar sind. Sie wirken weit weniger sanft als die entsprechenden Einrichtungen von Wright oder Curtis, wie denn auch die Flugleistungen dieses Drachenfliegers nicht hervorragend sind; fast nach jedem Aufstieg wurde er zertrümmert. Jetzt sind daher für die englische Armee die Wright-Patente angekauft.

Von Doppeldeckern sei noch der von Blériot, Fig. 60 bis 62, erwähnt. Er verdient namentlich deshalb Aufmerksamkeit, weil Blériot bisher ein Anhänger des Eindeckers war. Wenn dieser, nachdem er etwa 10 Eindecker gebaut hat, nun zum Doppeldecker übergeht, so dürften ihm die Erfolge der Brüder Wright dazu den Anlaß gegeben haben. An Wright erinnert der niedrige Bau mit den nur wenig über dem Boden stehenden Tragflächen. Diese Anordnung hat den Vorzug, daß das Landen sehr sanft erfolgt, weil zwischen den unteren Tragflächen und dem Boden die Luft etwas verdichtet wird. Wenn auch Blériot an den die französischen Drachenflieger kennzeichnenden Anlaufrädern festhält, so macht er sie doch sehr niedrig und verzichtet auf ein federndes Gestell, wie es z. B. Voisin hat. Dafür sind die Räder mit verhältnismäßig starken Luftreifen bespannt.

Fig. 57 bis 59. Drachenflieger von Cody.



f untere, f_1 obere Tragfläche, *l* Lenkrad, s_1, s_2 Stabilisierungsflächen, z_1, z_2 Zugseile, *r* Führungsrollen.

Bemerkenswert ist die Einrichtung der Höhensteuer, die beim Doppeldecker von Blériot gleichzeitig zur Erhaltung des seitlichen Gleichgewichtes dienen. Auf jeder Seite befindet sich hinter den Tragflächen ein Höhensteuer. Wie Fig. 61 und 62 zeigen, lassen sich beide Flächen durch denselben Hebel sowohl im gleichen wie im entgegengesetzten Sinne drehen. Im gleichen Sinne gedreht, durch Vor- oder Zurückschwenken des Hebels, wirken die Flächen als Höhensteuer; in entgegengesetztem Sinn gedreht, durch Rechts- oder Linksschwenken des Hebels, als Stabilisierflächen, weil dann die eine Fläche vorn gehoben, die andre gesenkt wird. Bei den Versuchen wirkte diese Steuereinrichtung ziemlich gut. Merkwürdigerweise bringt Blériot das Seitensteuer vor den Tragflächen an; allerdings befinden sich auch hinter den Tragflächen senkrechte Flächen, indem die Streben, welche die Höhensteuer halten, in Dreieckform bespannt sind. Seitenwind dreht durch den Druck auf diese Flächen den Flieger gegen den Wind; da das vordere Seitensteuer aber an einem weit längeren Hebelarm wirkt, überwiegt der Einfluß seiner Flächen. Zwischen den Tragflächen sind noch 2 senkrechte Flächen angebracht, die wie bei Voisin das seitliche Gleichgewicht selbsttätig erhalten sollen; sie vermehren aber die Angriffsflächen für den Seitenwind, dieser

Fig. 60. Zweidecker von Blériot.

Drachenflieger wird also bei seitlichem Wind erheblich aus seiner Bahn gedrängt werden. Um unabhängig von seitlichen Winden die gewünschte Flugbahn einhalten zu können, ist eine Verminderung der senkrechten Flächen anzustreben, wie dies die Brüder Wright sehr richtig erkannt haben. Ihr Flieger hat nur das Seitensteuer als senkrechte Fläche, und 2 kleine halbmondförmige Führungsflächen zwischen den Flächen des Höhensteuers.

Die senkrechten Flächen zwischen den Tragflächen haben bei Blériot noch einen andern Zweck: sie sollen das Kühlwasser des Motors abkühlen.

Die Schraube ist in der Mitte zwischen den Tragflächen gelagert, und ihre Welle ist parallel zur Sehne der Tragflächen. Dadurch, daß die Höhensteuer etwas über der Mitte liegen, wird der Flieger selbsttätig gegen die Flugrichtung geneigt, die Tragflächen werden also unter dem Einfallwinkel eingestellt. Die Schraube wird mittels Kettenübersetzung ins langsame angetrieben; es scheint also, daß sich Blériot

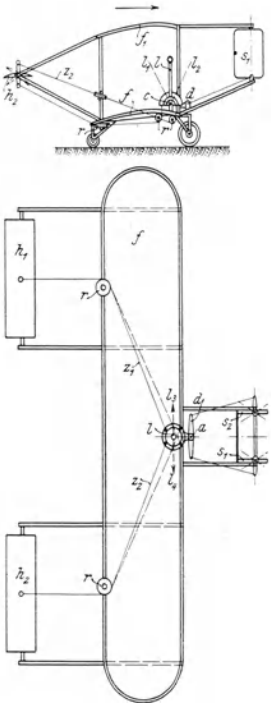


Fig. 61 und 62. Anordnung der Steuerflächen beim Drachenflieger Blériot Nr. 11.

f_1 obere, f untere Tragfläche,
h_1 rechte, h_2 linke Fläche zur Erhaltung der Seitenstabilität und zur Höhensteuerung,
s_1, s_2 Seitensteuer,
d Fußhebel, um a drehbar, zur Betätigung derselben,
l Lenkhebel, mittels Cardan-Gelenkes c in jeder Richtung schwingbar,
l_1 zum Aufwärts-, l_2 zum Abwärtsfliegen,
l_3 für Kurvenflug nach links,
l_4 für Kurvenflug nach rechts,
z_1, z_2 Zugseile für die Stabilisierungsflächen h_1, h_2.
Beim Bewegen des Lenkhebels l vorwärts und rückwärts, Stellung l_1 und l_2, werden die Flächen im gleichen Sinne gedreht.
Beim Bewegen des Lenkhebels nach links und rechts, l_3, l_4, werden die Flächen im entgegengesetzten Sinne gedreht,

überzeugt hat, daß die langsame Schraube einen besseren Wirkungsgrad ergibt, denn bei seinen Eindeckern hat er stets die Schraube auf die Motorwelle gesetzt.

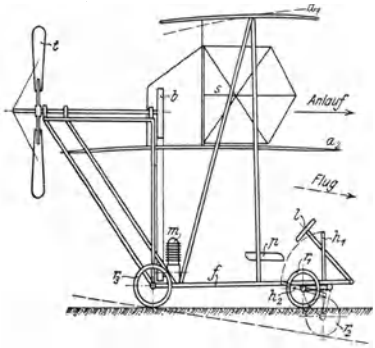
In der Werkstatt von Blériot wurde noch ein zweiter Zweidecker hergestellt, der deshalb bemerkenswert ist, weil die beiden Tragflächen nicht senkrecht übereinander stehen, sondern die untere Fläche etwas zurückgesetzt ist, Fig. 63. Wahrscheinlich wird durch diese Anordnung beabsichtigt, die Tragfähigkeit der Flächen, namentlich beim Gleitfluge, zu vermehren. Dem steht der Nachteil gegenüber, daß der von der oberen Fläche nach unten abgelenkte Luftstrom namentlich beim Drachenflug mehr auf die untere drückt als bei gewöhnlicher Anordnung der Flächen. Um diesen Mangel zu vermeiden und den ersterwähnten Vorzug zu erreichen, müßte im Gegenteil die obere Fläche zurückgelegt werden. Die Seitenstabilität wird ähnlich wie bei dem vorher beschriebenen Eindecker von Blériot durch hinten zu beiden Seiten der Schwanzflächen angebrachte verstellbare Flächen erreicht. Die Schraube sitzt vorn und wird vom Motor unmittelbar angetrieben. Der Sitz für den Führer befindet sich ziemlich weit hinter dem Motor. Auch das ist kein Vorteil. Das Auftreten von Schwingungen in der Flugrichtung um den Schwerpunkt des Fliegers wird dadurch unterstützt. Man muß danach streben, alle schweren Teile möglichst nahe aneinander zu legen, wie dies Wright getan hat; auch bei Voisin sitzt der Führer unmittelbar vor dem Motor.

Einen Uebergang zu den Eindeckern bilden die Drachenflieger, bei denen die obere Tragfläche als Höhensteuer ausgebildet ist. Der erste, der diesen Gedanken verwirklicht

Fig. 63. Drachenflieger von Blériot-Goupy.

hat, war der Deutsche Jatho[1]). Zuerst baute er seinen Flieger als Dreidecker, später nahm er die obere Fläche fort. Jatho erstrebt selbsttätige Stabilität durch tiefe Lage des Schwerpunktes. Wie Fig. 64 erkennen läßt, sind dementsprechend Motor und Führersitz erheblich unter der unteren Fläche angeordnet. Der Fehler dabei ist, daß seitlicher Wind, der ziemlich stark auf die senkrechten Flächen und Seitensteuer zwischen den Tragflächen wirkt, den Flieger in seitliches Pendeln versetzen wird; auch Pendelbewegungen in der Flugrichtung werden auftreten, um so mehr, als keine von den Tragflächen entfernt angeordnete Schwanzfläche diese

Fig. 64. Drachenflieger von Jatho.



a_1 obere Tragfläche und Höhensteuer, a_2 untere Tragfläche, s Seitensteuer, r_1 vorderes Anlaufrad in der Stellung zum Anlauf, r_2 in der Stellung zum Aufflug, h_1 Hebel zum Umlegen der Anlaufräder, h_2 in Stellung entsprechend Stellung r_2 des Anlaufrades, t Schraube mit Riemenscheibe b, m Motor, p Führersitz, l Lenkrad.

Bewegungen dämpft. Die ins langsame übersetzte Schraube wirkt hinter den Tragflächen etwas unter der Mitte des Widerstandmittelpunktes, so daß sich die Tragflächen von selbst unter dem Einfallwinkel einstellen. Ob die Uebertragung mittels Riemens vorteilhaft ist, muß bezweifelt werden. Bei Automobilen haben sich Riemen zur Kraftübertragung gar nicht bewährt, namentlich infolge der Einwirkungen des Wetters und der Feuchtigkeit. Auch die Stoffe zum Ueberziehen der Tragflächen werden stark vom Feuchtigkeitsge-

[1]) s. Z. 1908 S. 957.

halt der Luft beeinflußt. Leinen und Baumwollstoffe ziehen sich bei Feuchtigkeit zusammen und sind dann straff gespannt; in der Trockenheit jedoch bilden sich Falten, und der Ueberzug sitzt lose. Bei geöltem Papier, das namentlich Blériot mehrfach zu seinen Eindeckern benutzt hat, zeigt sich derselbe Fehler. Aluminium- und Magnaliumblech, welch letzteres Jatho anfangs für seine Fläche benutzte, sind schwerer als Stoffüberzug und weit teurer. Heute wird fast überall ein von der Continental-Kautschuk- und Guttapercha-Co. hergestellter Baumwollstoff benutzt, der durch Tränken mit Gummi wasserundurchlässig gemacht ist.

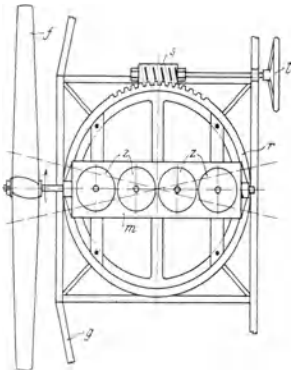
Levy und Gaillat in Paris haben einen Doppeldecker gebaut, Fig. 65 und 66, der an den Flieger von Jatho erinnert.

Fig. 65

Drachenflieger von Levy-Gaillat.

Fig. 66.

Nach den Seiten schwenkbarer Motor des Drachenfliegers von Levy und Gaillat.



m **Motorgehäuse,** *z* **Zylinder,** *g* **Gestell des Fliegers,** *r* **Lagerring mit Schneckenverzahnung,** *s* **Schnecke,** *l* **Lenkrad.**

Wie bei diesem ist die obere Tragfläche wesentlich schmaler als die untere Haupttragfläche und um eine Achse quer zur Flugrichtung drehbar. Auf diese Weise bildet die obere Tragfläche das Höhensteuer. Betätigt wird das Höhensteuer durch einen Handhebel, der mit 2 doppelarmigen Hebeln auf gemeinsamer Welle sitzt und mittels zweier Schubstangen an der Steuerfläche angreift. Ein Seitensteuer ist nicht vorhanden, vielmehr erfolgt die Seitensteuerung in eigenartiger Weise dadurch, daß der Motor mit der vorn angebrachten Schraube geschwenkt werden kann. Zu diesem Zweck ist er auf einem Ring befestigt, der eine Schneckenverzahnung trägt, und in den eine Schnecke eingreift, die mittels Handrades gedreht werden kann. Der Motor, ein 20pferdiger Automobilmotor mit Wasserkühlung von de Dion & Bouton, treibt die zweiflügelige Schraube unmittelbar an. Da eine Schwanzfläche nicht vorhanden ist, wird die Stabilität wohl ungenügend sein. Die Erfinder glauben, wie Jatho, das Gleichgewicht in beiden Richtungen durch die verhältnismäßig tiefe Lage des Schwerpunktes ihres Drachenfliegers gesichert zu haben. Dies dürfte aber nur bei ganz ruhiger Luft zutreffen. Bemerkenswert ist die geringe Krümmung der Tragflächen; die Krümmung der oberen Fläche kann durch Spannseile beliebig eingestellt werden.

Eindecker oder Doppeldecker? ist eine der noch nicht geklärten Fragen. Richtiger muß die Frage lauten: Einflächner oder Mehrflächner?, denn es sind auch Drachenflieger mit drei und mehr Tragflächen versucht worden. Außer Jatho hat Voisin einen Dreidecker für Goupy, Fig. 67, gebaut. Der Vorteil des Doppeldeckers ist namentlich, daß er für das gleiche Tragvermögen nicht so breit wird. Ferner haben sich Doppeldecker als stabiler in der Flugrichtung erwiesen, was darauf zurückzuführen sein dürfte, daß die zwischen den Tragflächen eingeschlossene Luft die Schwingungen dämpft. Der Nachteil des Doppeldeckers ist, daß die übereinander angeordneten Flächen nicht so gut tragen, weil die obere gewissermaßen im Tragschatten der unteren liegt. Namentlich beim Gleitflug wird sich dies bemerkbar machen.

Fig. 67.

Drachenflieger mit 3 übereinander angeordneten Tragflächen von Goupy, gebaut von Voisin.

Höhen- und Seitensteuer zwischen den Schwanzflächen eingebaut, was ein Fehler ist, weil, wenn die Steuerflächen nicht parallel zu den Schwanzflächen stehen, die Luft verdichtet wird, beim Seitensteuer zwischen der Steuerfläche und den senkrechten Flächen, beim Höhensteuer zwischen diesem und den wagerechten Flächen.

Je größer der senkrechte Abstand zwischen den Tragflächen ist, um so geringer wird dieser Nachteil werden. Aber anderseits wird dadurch das Gewicht vermehrt, weil die senkrechten Stützen länger und stärker sein müssen. Beim Doppeldecker bleiben immerhin Vorteile zu seinen Gunsten bestehen, kaum jedoch beim Dreidecker, weil die Bauhöhe zu groß werden müßte, wenn die drei Tragflächen in günstigem Abstand gehalten werden. Goupy hat daher seine dritte Tragfläche ebenso aufgegeben wie Jatho, der anfangs drei Flächen anwendete, und später Farman, der auch eine dritte, kleinere Fläche über den beiden Hauptflächen angeordnet hatte.

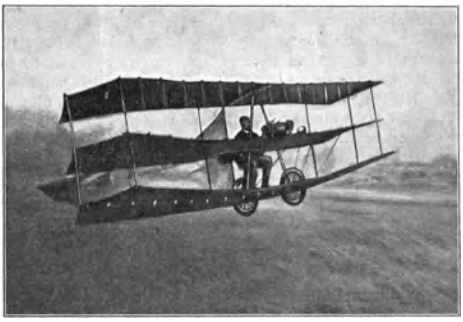
Bezüglich der übrigen Einrichtung lehnt sich dieser Flieger an den zweiten Doppeldecker von Blériot an, nur daß die verstellbaren Flächen, die als Höhensteuer und zur Seitenstabilisierung dienen, zwischen den Schwanzflächen eingebaut sind. Hierdurch dürfte ihre Wirkung für die Seitenstabilität kaum vermehrt worden sein, weil sie an einem sehr geringen Hebelarm wirken. Es ist also eine verhältnismäßig stärkere Verdrehung dieser Flächen nötig, wodurch aber der Widerstand in der Flugrichtung vermehrt wird. Kleine Flächen, wenig verstellt, an großem Hebelarm wirken weit besser.

Grade in Magdeburg, der bisher von allen deutschen

Flugtechnikern die besten Flugleistungen erreicht hat, hält noch am Dreidecker fest, Fig. 68. Seiten- und Höhensteuer sind hinten angebracht, die Schraube vorn, also ähnlich wie beim Dreidecker von Goupy. Die Erhaltung der Seitenstabilität wird jedoch ähnlich wie bei Wright durch Verwendung der Tragflächen erzielt. Der Drachenflieger von Grade ist der einzige Flieger, der von einem Zweitaktmotor angetrieben wird. Hierbei hat sich dieser Motor sehr gut bewährt und eine im Verhältnis zum Gewicht vorzügliche Leistung ergeben. Der Motor arbeitet bei Drachenfliegern immer mit fast dem gleichen Drehmoment und der gleichen Umlaufzahl; das kommt dem Zweitaktmotor für die Luftschiffahrt zugute, und er hat seiner sonstigen Vorzüge wegen, als leichtes Gewicht und denkbar einfache Bauart, hier weit größere Aussicht auf Einführung als beim Motorwagen. Umlaufende Motoren mit Luftkühlung, wie sie jetzt für Flieger als Viertaktmotoren ausgeführt werden, deren Zylindermassen bei vorzüglicher Kühlung zugleich das Schwungrad abgeben (Adams, Bucherer, Gnome, Hayn, Schüler), lassen sich auch als Zweitaktmotoren bauen; letztere haben noch den großen Vorteil, daß man die gleiche Regelmäßigkeit des Laufes mit 4 Zylindern gegen 7 beim Viertakt erreicht. Ungleiche Anzahl der Zylinder ist bekanntlich beim Viertakt geboten, wenn die Zylinder sternförmig angeordnet sind, um den Winkelabstand zwischen je zwei Explosionen gleich zu machen.

Fig. 68.

Drachenflieger von Grade im Fluge.



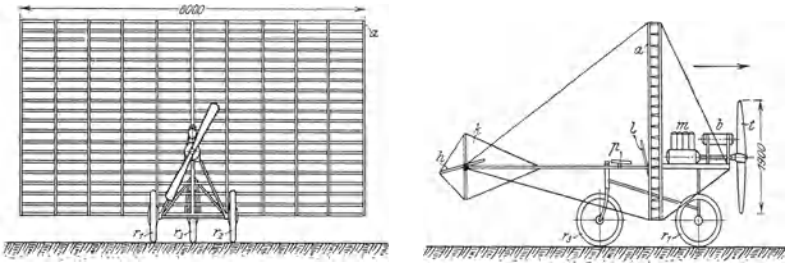
Die Verwindung der Tragflächen ist gut zu erkennen: da der Flieger nach rechts kippen will, sind die Hinterkanten auf der rechten Seite nach unten gezogen, links nach oben, daher im Bilde etwas schmaler. Die unterste Tragfläche ist am meisten verwunden, die mittlere etwas weniger, die oberste sehr wenig.

Zu den Drachenfliegern mit mehreren Flächen gehört noch der Drachenflieger des Engländers Phillips. Nach einem Vorschlage von Wenham hat Phillips die übereinander angeordneten Tragflächen bis auf 20 vermehrt, Fig. 69 und 70; dementsprechend fallen die einzelnen Flächen sehr schmal aus. Abgesehen davon, daß dieser Vielflächner als Gleitflieger im Nachteil ist, ist es auch noch nicht gelungen, ihn stabil zu machen.

Der Zweck dieser Anwendung vieler kleiner Flächen ist, in der Breite zu sparen, so daß der Flieger handlicher wird. Daher wird dieser Drachenflieger immer wieder nacherfunden, zuletzt von Maurice Carron in Paris, der 70 schmale Flächen übereinander anordnet. Diese Bauart erscheint wenig aussichtsvoll, vielmehr dürfte den endgültigen Sieg der Einflächer erreichen. Diese Drachenflieger sollen in einem späteren Aufsatz eingehend besprochen werden.

Ebenfalls mit vielen Tragflächen ausgerüstet, im übrigen jedoch eine von den bisherigen Drachenfliegern ganz abweichende Bauart, ist der Drachenflieger von Giraudan in Villefranche, Fig. 71. Bei ihm bestehen die Tragflächen aus 2 Systemen von radialen Flächen, die zwischen je 2 Zylindern angeordnet sind. Diese Zylinder bestehen ebenfalls aus mit Stoff überzogenen Rohrgerippen.

Fig. 69 und 70. Drachenflieger von Phillips.



a Tragflächenrahmen mit 20 schmalen Flächen, *h* Höhensteuer, *t* Schraube, *m* Motor, *b* Benzinbehälter, *p* Führersitz, *l* Lenkhebel, r_1 bis r_3 Anlaufräder.

Das vordere Flächensystem ist um eine Querachse schwingbar und kann vom Führer mittels eines langen Hebels in einen beliebigen Einfallwinkel gestellt werden. Dieser Hebel wird mit den Füßen bedient; ein zweiter, sehr langer Handhebel gestattet, die vorderen Flächen um eine senkrechte Achse zu verstellen, um dadurch die Seitensteuerung zu bewirken. Besondere Steuereinrichtungen zur Erhaltung der Seitenstabilität sind nicht vorhanden; diese wird durch den Widerstand der radialen Flächen gegen Verdrehen und dadurch gesichert, daß der Schwerpunkt unter dem Widerstandsmittelpunkt liegt. Daher liegt die Achse bezw. der Mittelpunkt der beiden Flächensysteme an der Oberkante des Körpers, der den Motor mit Schraube und den Sitz des Führers trägt. Der Motor hat 8 V-förmig angeord-

Fig. 71. Drachenflieger von Giraudan.

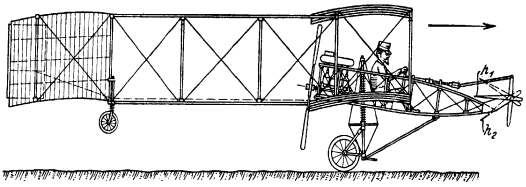
nete Zylinder und treibt die zweiflügelige Schraube mittels Zahnräder im Uebersetzungsverhältnis 1 : 2 an. Das Anlaufgestell hat 4 Räder, von denen die vorderen um senkrechte Zapfen schwingbar sind. Auffallend ist, daß die Tragflächen nicht gekrümmt sind, sie können sich aber unter dem Druck der Luft ausbauchen. Der Vorteil der Konstruktion gegenüber den Zweideckern und Eindeckern ist die geringe Ausdehnung in der Breite, dagegen ist als Nachteil anzunehmen, daß die Flächen bei gleicher Größe ein geringeres Tragvermögen haben, wahrscheinlich ist auch das Gewicht größer. Immerhin ist dieser Drachenflieger eine neue Lösung, und da die ersten Versuche nicht schlecht ausgefallen sind, kann man ihrer Fortführung mit Interesse entgegen sehen.

Vorrichtungen zum Abfliegen.

Bekanntlich bedürfen Drachenflieger zum Auffliegen einer Geschwindigkeit, die etwas größer als diejenige für den wagerechten Flug ist. Der Drachenflieger muß daher auf der Erde einen Anlauf nehmen. Selbst wenn er auf Rädern läuft, kommt doch die Reibung auf der Fahrbahn, auch wenn

Fig. 72.

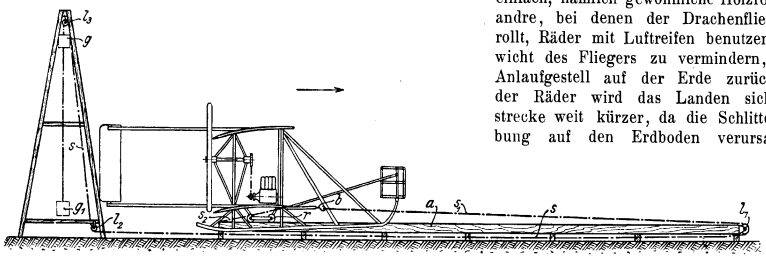
Start des Drachenfliegers Farman-Voisin.



Hinterräder gehoben, Anlauf auf den Vorderrädern; beim Umlegen des Höhensteuers aus Stellung h_1 in h_2 erfolgt das Aufsteigen.

diese ein sehr glattes ebenes Feld ist, zum Luftwiderstand hinzu, so daß die Arbeitsleistung des Motors für den Anlauf im allgemeinen größer sein muß als für den wagerechten Flug. Um den Widerstand beim Anlauf zu verringern, sind mehrere Mittel ersonnen worden. Voisin hat seine Flieger so eingerichtet, daß sich die Flächen gleich nach dem Anlauf infolge des Widerstandes durch Luft und Fahrbahn unter einem geringen Einfallwinkel einstellen; s. Fig. 72. Zu diesem

Fig. 73. Startvorrichtung von Wright.



a Anlaufschiene mit Führungsrolle l_1 für das Zugseil s_1, welches mittels Zughakens b den Flieger anzieht, sobald das Haltesell s ausgelöst wird und das Gewicht g in Stellung g_1 fällt, l_2, l_3 Führungsrollen am Startgerüst, r Laufrollen des Startwagens.

Zwecke muß beim Anlauf das Höhensteuer wagerecht gestellt werden. Schon bei geringer Geschwindigkeit wird der Luftdruck auf die Schwanzflächen so groß, daß sie, weil wenig belastet, gehoben werden; dadurch werden die Tragflächen unter einem kleinen Einfallwinkel eingestellt, der Widerstand dieser Flächen wird entsprechend vermindert, und der Drachenflieger kommt schneller in große Geschwindigkeit. Ist so eine zum Auffliegen genügende Geschwindigkeit erreicht, so wird das Höhensteuer mit seiner Vorderkante nach oben gestellt, der Luftdruck hebt es und mit ihm die Tragflächen, der Einfallwinkel wird vergrößert und der nunmehr größere Luftdruck auf die Tragflächen hebt den ganzen Flieger. Den größten Teil der Anlaufstrecke legt demnach der Drachenflieger allein auf den Vorderrädern zurück. Auf genügend großem freiem Felde, das nicht zu starke Unebenheiten aufweist, ist dieses Anlaufverfahren sehr wirksam. Immerhin sind gewöhnlich mindestens 100 m zurückzulegen, bis der Flieger aufsteigt; bis der Drachenflieger eine genügende Höhe erreicht hat, um über Bäume und andre Hindernisse hinweg fliegen zu können, sind mindestens noch 200 Meter freies Feld erforderlich. Das Bedürfnis eines großen freien Platzes ist also ein Nachteil dieses Verfahrens, das anderseits den großen Vorteil hat, ohne besondere mit dem Flieger nicht zusammengebaute Einrichtungen auszukommen.

Nach dem gleichen Grundsatz läßt Jatho seinen Drachenflieger anlaufen, Fig. 64. Mittels des Gestelles für die Vorderräder kann der Flieger vorn gehoben oder gesenkt werden. Zu diesem Zweck sind die Vorderräder an einer schwingbaren Gabel befestigt; wird sie zum Anlauf wagerecht gestellt, so neigt sich der Drachenflieger nach vorn, und die Tragflächen stehen etwa parallel mit der Fahrbahn. So ist ihr Widerstand gering, und der Flieger erreicht bald die notwendige Geschwindigkeit. Wird dann die Gabel senkrecht gestellt, so werden die Tragflächen vorn gehoben, erhalten den erforderlichen Einfallwinkel, und der Druck der Luft auf die Flächen hebt den Drachenflieger. Der Vorzug gegenüber dem Verfahren von Voisin ist demnach der, daß die Tragflächen von vornherein auf geringsten Widerstand eingestellt sind, während sie bei Voisin erst durch den Luftdruck nach einem kurzen Anlauf eingestellt werden. Dieser Vorteil ließe sich jedoch auch bei Voisin erreichen, wenn die Stütze der Hinterräder länger gemacht oder zum Umlegen eingerichtet würde, so daß die Schwanzflächen schon vor dem Anlauf höher ständen und dadurch Trag- und Schwanzflächen zunächst der Fahrbahn fast parallel würden.

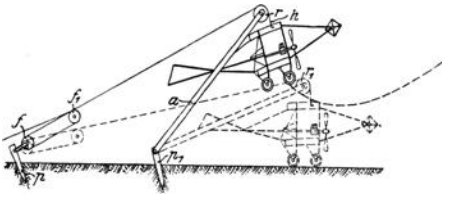
Abweichend von diesen Konstruktionen startet Wright seinen Drachenflieger, in dem eine nicht mit dem Flieger fest verbundene Startvorrichtung benutzt wird, die also beim Flug auf der Erde verbleibt; s. Fig. 73. Er bringt den Flieger durch eine Zusatzkraft schnell in die zum Auffliegen notwendige Geschwindigkeit, indem er ein Fallgewicht benutzt. Wird die Zusatzkraft entsprechend stark gemacht, so wird die Anlaufstrecke sehr kurz. Durch Anwendung einer Laufschiene wird die Reibung auf der Fahrbahn sehr vermindert; auch sind die Anlaufräder dabei sehr einfach, nämlich gewöhnliche Holzrollen, während Voisin und andre, bei denen der Drachenflieger über den Erdboden rollt, Räder mit Luftreifen benutzen müssen. Um das Gewicht des Fliegers zu vermindern, läßt auch Wright sein Anlaufgestell auf der Erde zurück. Durch den Fortfall der Räder wird das Landen sicherer und die Auslaufstrecke weit kürzer, da die Schlittenkufen weit mehr Reibung auf den Erdboden verursachen. Die elastischen Kufen fangen auch den Stoß beim Landen sehr gut auf, ohne daß sie so leicht beschädigt werden wie Räder mit ihren beweglichen Gabeln. Mit einem genügend starken Motor kann Wright natürlich auch ohne Zusatzkraft, also ohne Fallgewicht aufsteigen; ebenso auch, wenn die Fahrbahn geneigt ist, oder ein entsprechend starker Wind entgegen der Flugrichtung herrscht. Tatsächlich ist Wilbur Wright bei Gegenwind mehreremal ohne Benutzung des Fallgewichtes aufgestiegen. Er braucht dabei eine weit kleinere freie Strecke als Voisin; auch braucht der Platz nicht so eben zu sein, denn durch die Anlaufschienen werden die kleineren Unebenheiten des Bodens überbrückt. Ein Nachteil des Ablaufens bei Wright ist, daß der Flieger an die Startvorrichtung ge-

bunden ist, falls nicht zufällig ein gegen den Wind geneigter freier Platz zum Abfliegen vorhanden ist. Anderseits kann diese Vorrichtung ziemlich roh hergestellt werden, z. B. kann das Fallgerüst aus einigen Bäumen schnell gebaut werden. Stricke sind leicht aufzutreiben, die Rollen kann der Flieger mit sich führen. Im Kriege könnten Ablaufvorrichtungen auf Motorwagen mitgeführt werden.

Als Fallgewicht kann auch der Flieger selbst dienen. Ein Beispiel ist der erste Drachenflieger des Regierungsrats Hoffmann in Berlin, bei dem durch Umkippen von Stelzen, auf denen der Flieger stand, die Luft unter den Tragflächen verdichtet wurde. Der Abflug sollte also ähnlich geschehen wie beim Storch und andern Stelzvögeln. Der Mangel dieser Einrichtung war der, daß der Flieger bei Wind vor dem Abflug leicht umgeworfen werden konnte. Fig. 74 zeigt eine von mir vorgeschlagene Ausführung, bei der dieser Mangel vermieden ist. Mit Hülfe eines Gerüstes, das in einfacher Weise aus 2 Bäumen gebildet werden kann, wird der Drachenflieger durch einen Flaschenzug oder eine

Fig. 74.

Start eines Drachenfliegers durch freien Fall.



a **Gerüst zum Hochziehen des Drachenfliegers,** *r*, r_1 **Führungsrollen,** *f*, f_1 **Flaschenzug befestigt am Pfosten** *p*, p_1, *h* **auslösbarer Haken am Drachenflieger.**

Winde hochgezogen. Sobald die Schraube in Gang gesetzt ist, muß sich der Flieger, da er oben durch das Seil festgehalten wird, unter dem Einfallwinkel einstellen. Wird nun durch einen auslösbaren Haken der Flieger vom Seil gelöst, so wird er zunächst etwas fallen, wobei die Luft unter den Tragflächen verdichtet wird, und gleichzeitig durch die Schraube vorgetrieben werden, bei richtiger Einstellung des Höhensteuers also den punktiert gezeichneten Weg in der Luft beschreiben. Die Vorzüge dieses Abfliegeverfahrens wären, daß die Einrichtungen sehr einfach sind, und daß nur ein sehr kleiner freier Platz nötig ist, der zudem noch uneben sein kann.

Die Ergebnisse meiner Betrachtungen im allgemeinen über die Drachenflieger und die Zweiflächer im besonderen kann ich wie folgt zusammenfassen:

1) Der Doppeldecker ist gegenüber dem Eindecker im Fluge stabiler, bei gleichem Tragvermögen kann er weniger breit gebaut werden. Das Gerüst der Tragflächen kann vorzüglich abgesteift werden. Die Nachteile sind: größeres Gewicht bei gleichem Tragvermögen, ebenso größerer Widerstand und daher stärkerer Motor bei gleicher Fluggeschwindigkeit, folglich auch geringere Flugstrecke auf die gleiche Brennstoffmenge, Betrieb also etwas teurer.

2) Selbsttätige Stabilisierung ist unzuverlässig bei Windstößen, namentlich Seitenwind. Am wichtigsten ist die Erhaltung des seitlichen Gleichgewichtes und die beste Einrichtung hierfür das Verwinden der Tragflächen; drehbare Flächen sind weniger gut. Das Verwinden darf nur an einer, nähmlich der in der Kurve innen liegenden Seite erfolgen, da sonst gleichzeitig das Seitensteuer bedient werden muß. Vorteilhaft ist es, wenn sowohl Tragflächen als Höhensteuer verwunden werden.

3) Am besten sitzen Höhen- und Seitensteuer hinter den Tragflächen, und zwar das Seitensteuer in einer gedachten Querachse mit den Antriebschrauben und dem Schwerpunkt, demnach das Höhensteuer in solchem Abstand von den Tragflächen, daß sein Schwerpunkt vor der Hinterkante der Tragflächen liegt.

4) Um eine einseitige Wirkung zu vermeiden, sind 2 gegenläufige Schrauben zu wählen. Damit der Flieger beim Brechen einer Schraube nicht kippt, müssen die Schrauben in einer Achse liegen. Da dann die hintere Schraube in dem von der vorderen erzeugten Luftstrome liegt, muß ein Ausgleich geschaffen werden, der die Leistung gleichmäßig auf beide Schrauben verteilt; entweder ein Differentialwerk oder bei umlaufenden Motoren Antrieb der einen Schraube durch die Kurbelwelle, Antrieb der andern (der vorderen) durch das umlaufende Gehäuse mit den Zylindern.

5) Luftgekühlte Motoren sind nur für geringere Leistungen, sonst nur mit umlaufenden Zylindern für Drachenflieger zu empfehlen, da sonst die Kühlung der Zylinder ungenügend wird. Die Motoren mit umlaufenden Zylindern haben noch den Vorteil, daß infolge der Schwungmasse der Zylinder der Gang sehr gleichmäßig wird und die größere gyroskopische Wirkung zur selbsttätigen Erhaltung der Stabilität beiträgt (zur Seitenstabilität nur bei senkrechter Motorwelle). Auch der Zweitakt-Motor erscheint für Flieger sehr aussichtsreich.

6) Alle Steuerbewegungen müssen durch ein Organ (Hebel oder Lenkrad) erfolgen, das in der bei andern Fahrzeugen gewohnten Weise betätigt wird. Geeignete Konstruktionen sind die von Blériot, Voisin, Kober und Vorreiter.

7) Es ist vorteilhaft, eine Kupplung zwischen Motor und Schraube einzuschalten, oder wenigstens wie Wright den Motor durch Offenhalten der Auspuffventile abzustellen, damit bei abgestelltem Motor die Kompression das Weiterdrehen der Schraube nicht erschwert; der größere Widerstand würde den Gleitflug hemmen und erheblich abkürzen.

8) Auf ebenem Gelände von genügender Ausdehnung ist das Abfliegen mittels Anlaufes, sonst mittels Fallvorrichtung vorzuziehen, daher der Flieger für beides einzurichten.

9) Bisher sind 2 Bauarten von Zweideckern zur Entwicklung gelangt, Wright und Farman-Voisin. Die meisten anderen wirklich fliegenden Zweidecker sind diesen mehr oder minder nachgebaut. Die Bauart Wright ist bisher die beste.

10) Große Fluggeschwindigkeit ist anzustreben, um mit kleineren Flächen auszukommen.

11) Als Baustoff empfiehlt sich Holz für das Gerüst, gummierter Baumwollstoff für die Trag- und Steuerflächen.

Kommissionsverlag und Expedition der Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure: Julius Springer, Berlin N.
Buchdruckerei A. W. Schade, Berlin N., Schulzendorferstr. 26.