

ein für allemal für unsere günstigste Schraubenform festliegende Werte auswerten. Um die Aufgabe zunächst prinzipiell zu Ende zu führen, sei einmal die Ausrechnung der Konstanten p und l , die von Leistung und Umdrehungszahl ganz unabhängig sind, als erledigt angesehen, dann könnte man aus den beiden Gleichungen

$$P_{max} = p \cdot 2 \pi \rho \omega^3 r_a^4 \quad L \omega = l \cdot 2 \pi \rho \omega^3 r_a^5$$

für jede gegebene Leistung $N = L \omega$ und jede vorgeschriebene Winkelgeschwindigkeit ω den zugehörigen günstigsten Außenradius r_a und die größte mögliche Hubkraft P_{max} ablesen. Man gelangt aber bei dieser Stellung der Aufgabe zu im Verhältnis zur erreichten Kraftausnutzung sehr großen Flügeln.

Außenradius vorgeschrieben, günstigste Winkelgeschwindigkeit gesucht.

Die Technik der Tragschrauben steuert dagegen auf das Ziel der zweiten Aufgabe zu.

Man sagte sich, daß große Radien und kleine Winkelgeschwindigkeiten jedenfalls eine gute Kraftausnutzung ergeben, und man wählte deshalb die Radien der Tragschrauben so groß, als es eben die Anforderungen an Gewicht und Versteifung, und die Umdrehungszahlen so klein, als es eben die Rücksicht auf Flächenausnutzung zuließen.

Dieser Entwurfsart entspricht die zweite Fragestellung, bei der der Außenradius gegeben ist und die günstigste Winkelgeschwindigkeit gesucht wird. Hier darf also nicht die Ableitung von $P - \lambda L \omega$ nach r_a , sondern diejenige nach ω muß zum Verschwinden gebracht werden, d. h.

$$\frac{d}{d\omega} (P - \lambda L \omega) = \frac{d}{d\omega} [2 \pi \rho r_a^4 \{p \omega^3 - \lambda l \omega^3 r_a\}] = 0.$$

Da aber nach den Gleichungen des Problems (23) und (24) ϵ_0 und α und damit p und l ebenfalls noch ω enthalten, haben wir das totale Differential nach ω aus den partiellen zusammensetzen nach der Regel:

$$\frac{d}{d\omega} = \frac{\partial}{\partial \omega} + \frac{\partial}{\partial \epsilon} \frac{\partial \epsilon}{\partial \omega} + \frac{\partial}{\partial \alpha} \frac{\partial \alpha}{\partial \omega}$$

und zwar darf, da die Grenzen des Integrals von ω unabhängig sind, unter dem Integralzeichen differenziert werden. Nun sind aber die Ableitungen des Integranden nach ϵ und α gleich Null, gingen doch gerade die Gleichungen des Problems (23) und (24) aus dieser Bedingung hervor, und deshalb erhalten wir für die günstigste Umdrehungszahl die folgende Maximumsbedingung:

$$(2 \omega p - 3 \lambda \omega^2 r_a l) \Big|_{\xi=0}^{\xi=1} = 0 \quad \dots \quad (26)$$

In dieser Gleichung sind die Unbekannten ω und λ sowohl explizite als implizite in den bestimmten, noch unbekanntem Integralen p und l enthalten. Die Gleichung läßt sich in geschlossener Form wohl nicht lösen. Wir können sie aber auf eine Gleichung mit einer Unbekannten $\lambda \omega r_a$ zurückführen und einen bequemen Weg zu einer graphischen Auswertung angeben in folgender Weise:

Gleichung (25) werde mit $\lambda^4 r_a^4 \omega^3$ multipliziert und die Integrale p und l ausführlich hingeschrieben, so daß (25) die Form annimmt:

$$\int_0^{\lambda \omega r_a} d\chi \chi^3 \frac{\epsilon_0}{2} [\sqrt{\alpha + \epsilon_0} + \sqrt{\epsilon_0}]^2 [2 - 3 \chi (\epsilon_0 + \beta)] = 0 \quad (26a)$$

Da die Gleichungen des Problems ϵ_0 und α als Funktionen von χ angeben, ist die einzige Unbekannte jetzt die obere Grenze $\lambda \omega r_a$ und diese ist dadurch bestimmt, daß bis zu ihr der Flächeninhalt des obigen Integrals gleich Null sein muß. Man zeichne nun die Kurve, die durch den Integrandus gegeben ist mit χ als Abszisse und verfolge

diese soweit, bis der Flächeninhalt des negativen Teils der Kurve durch den Flächeninhalt des positiven Teils der Kurve getilgt wird. Die so erhaltene Grenze gibt dann den Wert von $\chi_a = \lambda \omega r_a$ und damit die Renardschen Koeffizienten p und l , nachdem in den zugehörigen bestimmten Integralen die funktionelle Abhängigkeit der Gleichungen des Problems durch den Wert von $\lambda \omega r_a$ festgelegt ist.

Es ergeben sich offenbar andere Festwerte, etwa p_1 und l_1 genannt, bei dieser zweiten Fragestellung, wie bei der ersten Aufgabe. Nehmen wir sie einmal als berechnet an, so erlauben wieder die Ansätze

$$N := L \omega = l_1 2 \pi \rho \omega^3 r_a^5 \quad \text{und} \quad P_{max} = p_1 2 \pi \rho \omega^3 r_a^4$$

für eine Tragschraube gegebener Leistung N und gegebenen Außenradius r_a die günstigste Winkelgeschwindigkeit ω und die erreichbare Hubkraft P_{max} anzugeben, während (Gleichung (23) und (24)) ein für allemal die Flügelform und die Steigungswinkel als Funktionen des verhältnismäßigen Radius $\frac{r}{r_a}$ festlegt.

Im folgenden sollen nun die wichtigsten Zahlenergebnisse mitgeteilt werden, die erst eine Vorstellung von der technischen Bedeutung der oben mitgeteilten mathematischen Folgerungen geben können.

(Fortsetzung folgt.)

Der Flug ohne Motor.

Vortrag, gehalten im Wissenschaftlichen Centralverein am 12. November 1910.

Von Baumeister Gustav Lilienthal.

(Fortsetzung und Schluß.)

Die nächste Frage war nun: Wie verhalten sich die Dimensionen der Flügel segelnder Vögel und die nicht segelnder Vögel zu dieser Erscheinung? Studien in unserem zoologischen Museum gaben bald hierüber Aufschluß.

Durch die Güte des Herrn Direktor Brauer und des Herrn Professor Reichnow wurde mir die photographische Aufnahme und Messung mehrerer Vogeltypen gestattet. (Fig. 13—20). Hierdurch stellte ich nachstehende Verhältnisse fest:

	Dicke der Flügel zur am Oberarm	Breite an der Hand	Ansdehnung des dicken Flügelteiles z. ganzen Länge
Fasan	1 : 20	1 : 30	0,4
Brandgans . .	1 : 17	1 : 15	0,35
Krähe	1 : 13	1 : 20	0,35
Milan	1 : 8	1 : 14	0,5
Schwan	1 : 6 3/4	1 : 13	0,6
Steinadler . .	1 : 5 1/2	1 : 13 1/2	0,66
Pelikan	1 : 6	1 : 13	0,7
Albatros . . .	1 : 5	1 : 8	0,75

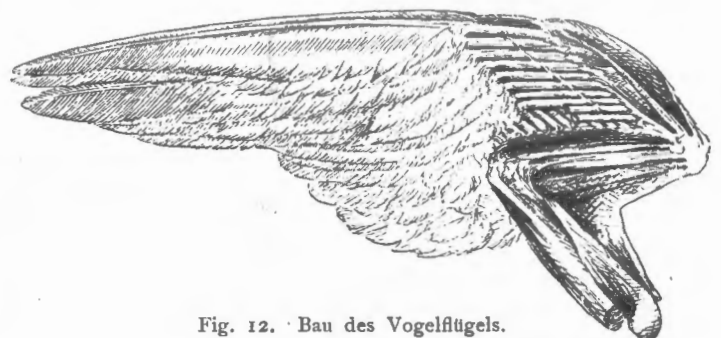


Fig. 12. Bau des Vogelflügels.

Fasan und Brandgans sind nicht imstande zu segeln. Die Krähe segelt und kreist sehr selten und scheinbar nur unter gewissen besonders günstigen Windverhältnissen. Von den übrigen Seglern ist der Albatros der hervorragendste. Bei diesem Vogel erreicht die Dicke des Flügels 1/5 der Breite

und an dem Ende der Hand am Austritt der Schwungfedern ist der Flügel noch 2 cm stark.

Aus konstruktiven Gründen erfordert der Flügel keineswegs eine solche Verdickung, wie wir es z. B. beim Schwan sehen. Der Flügel ist am Ober- und Unterarm $4\frac{1}{2}$ cm stark. Der Knochen mit den umgebenden Häuten hat nur einen Durchmesser von 1,5 cm. Die verbleibenden 3 cm werden durch einen dicken Federpelz an der Oberseite und durch mehrere Federlagen an der Unterseite gebildet. Besonders auffällig hierbei ist die Ausgleichung des Hohlraumes an der Unterseite hinter dem Streckmuskel der Armknochen und der oberen Deckfederlage. Drei straffe Federlagen in abgestufter Länge überbrücken diese Höhlung und bewirken ein allmähliches Auslaufen der Verdickung zum feingeformten Hinterrand. Beim Schwan sind die Enden dieser Federn nach unten gekräuselt. Dieselben liegen aber unter Belastung jedenfalls dicht an, da sie sehr weich und elastisch sind.

Wenn wir unser Flugzeug dem Vogelflügel nachbilden, so glaube ich, werden wir mit demselben auch den gleichen Luftwiderstand erzeugen. Dieser Luftwiderstand, erzeugt

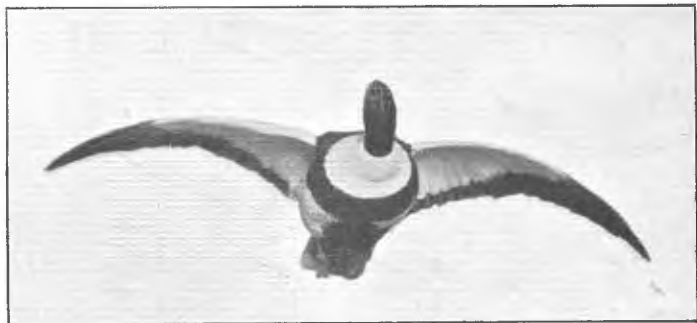


Fig. 13. Brandgans.

durch den Wind auf horizontal gelagerte Flächen, wird dann nicht nur hebend, sondern noch nach vorn gerichtet treibend wirken. Wir würden wie der Vogel den »müheleisen Segelflug« ausüben können.

Die Tragflächen würden dann nicht wie jetzt bei 2 m Breite 6 bis 8 cm Dicke haben, sondern 25 bis 30 cm; ein Gedanke, bei dem heute noch manchem Flugzeugerbauer eine Gänschaut überlaufen mag.

Ich bin der Ansicht, daß es uns bei Nachahmung des Segelflugs nicht so leicht gelingen wird, die höchste Vollkommenheit, wie sie der Albatros besitzt, gleich zu erreichen und wie dieser Vogel frei vom Sitz aus nur durch Ausstrecken der langen schmalen Schwingen sich nicht nur zu erheben, sondern auch gegen den Wind zu gleiten. Wir werden uns wohl zuerst mit einem Fluge wie dem des Bussards oder des Storchs bescheiden müssen. Diese Vögel erreichen erst durch

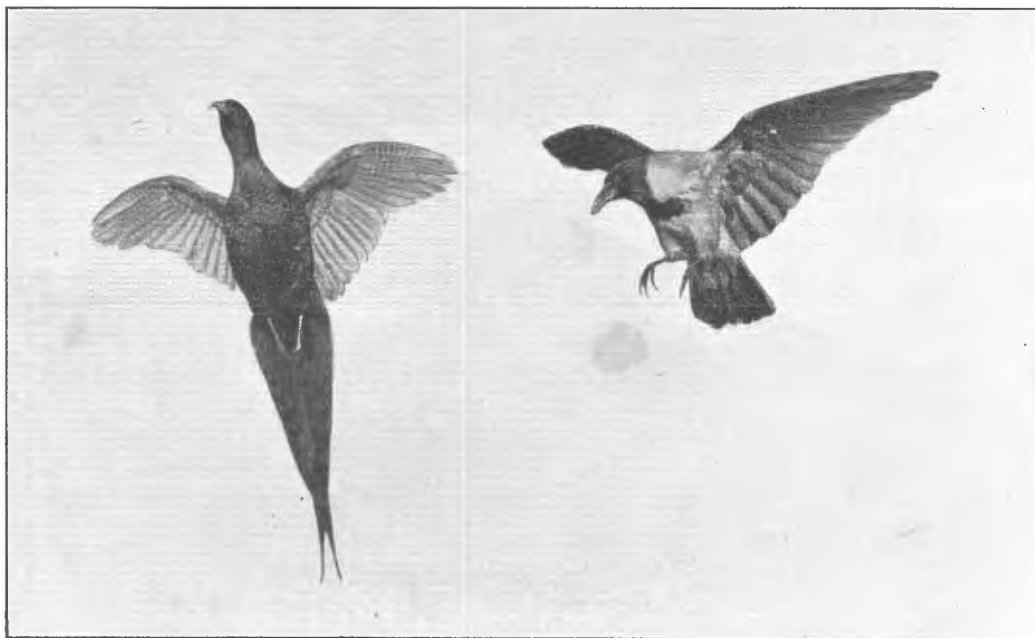


Fig. 14. Fasan.

Fig. 15. Krähe.

den Ruderflug solche Höhen, in denen sie einen Wind vorfinden, der genügt, um ihren Tragflächen den erforderlichen Druck zum Segelflug zu verleihen. Geht nun hieraus hervor, daß der Weg zum müheleisen Segelflug nur über die Brücke des Ruderfluges führt, so zwingt uns die Notwendigkeit ebenso wie den Vogel, mit einem Segelflugzeug auch den Ruderflug ausüben zu können.

Ein Segelflug mit einem Flugzeug, wie es unsere modernen Flieger haben, ist ganz undenkbar. Die zeitweilig außer Betrieb gesetzte Schraube würde eine sehr große Behinderung sein, ebenso der Motor und Zubehör zuviel Stirnwiderstand verursachen.

Wir müssen daher versuchen, ob nicht ein anderer Weg beschritten werden kann.

Praktischen Wert kann das Flugzeug nur erhalten, wenn es gestattet, auch bei ganz mäßigem Wind zu fliegen. Mäcene könnten sich später verdient machen durch Aussetzen von Preisen für einen Flug bei Windstille. Für Ruderflug mit Menschenkraft bei Windstille reichen die Druckkoeffizienten der dünnen gewölbten Fläche noch nicht aus. Ob die verdickte gewölbte Fläche die Eigenschaften hat, in ruhiger Luft bewegt, genügende Tragkraft zu besitzen, dieses müßte erst noch durch quantitative Messungen untersucht werden.

Ein Segeln bei Windstille ist auch den Vögeln versagt. Wir haben gesehen, daß bei 3 bis 4 m Wind unter Verwendung verdickter Tragflächen ein Auftrieb entsteht wie in 6 bis 8 m Windgeschwindigkeit bei der dünnen gewölbten Fläche. Es können daher die von uns für letztere gefundenen Druckkräfte und Druckrichtungen bei der Berechnung eines

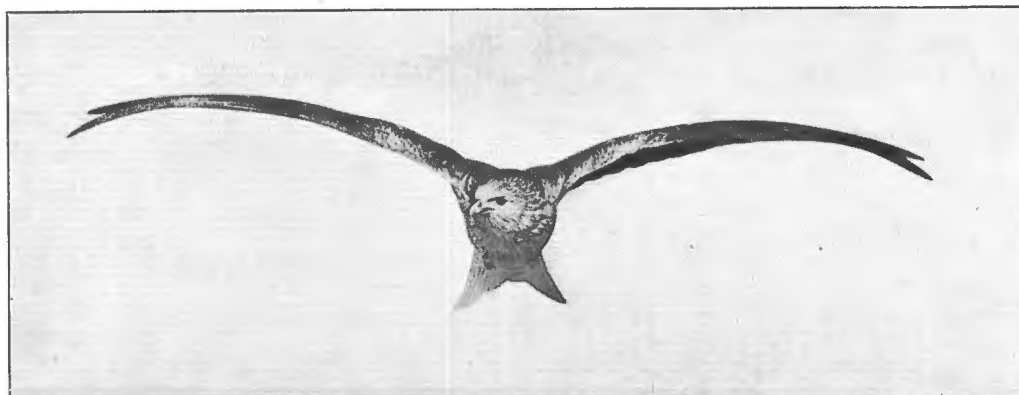


Fig. 16. Milan.



Fig. 17. Schwan, Vorderansicht.

Schlagflügelapparates für 3 bis 4 m Wind in Ansatz gebracht werden. Der durch Umriss auf Fig. 21 dargestellte Schlagflügel soll auf seine Trag- und Treibwirkung untersucht werden. Die Darstellung ist nur schematisch unter Auslassung aller Konstruktionseinzelheiten.

Der innere Teil der Flügel, je 15 qm groß, besteht aus der eigentlichen Tragfläche und die den Ausschlag ausführende Spitze von je 2,8 qm Fläche. Der Flügel ist also nach Art des Möwenflügels gebildet mit starker Längenverdrehung beim



Fig. 18. Schwan, Seitenansicht.

Auf- und Niederschlag. Es wurde diese Form dem Schwungfedertyp der Raub- und Sumpfvögel der leichteren Ausführbarkeit wegen vorgezogen.

Es ist vorausgesetzt, daß in einem Wind von 4 m der Apparat sich mit 8 m vorwärtsbewegt, also zur Luft $4 + 8 = 12$ Geschwindigkeit hat. Es soll das Gewicht dreier Personen von 215 kg gehoben werden und außerdem das Gewicht des Apparates 85 kg betragen.

Ich untersuche zunächst die Wirkung der beweglichen Flügelspitze. Der Ausschlag der Flügel soll in der eingezeichneten Weise stattfinden (Fig. 22). Die ganze Spitze ist in vier Teile, A, B, C, D, zerlegt. Der Aufschlag soll $\frac{2}{5}$, der Niederschlag $\frac{3}{5}$ Sekunden währen. Das untere Diagramm zeigt die Bahnen der einzelnen Spitzenteile beim Auf- und Niederschlag. Die sekundlichen Geschwindigkeiten der Teile sind an den Bahnlinien eingeschrieben.

Durch Ansatz der durch die Messungen im Wind er-

haltenen Lilienthalschen Koeffizienten (Vogelflug, Tafel V) sind Drucklinien errechnet und mit der entsprechenden Richtung nach einheitlichem Maßstab in das Schema der Flugbahn eingetragen. Durch die punktierten Linien ist die Resultierende in ihre senkrechte und horizontale Komponente zerlegt eingezeichnet.

Beim Niederschlag erkennen wir die beträchtliche Hebewirkung und den Vorwärtzug, während beim Aufschlag und die Horizontalkräfte rückwärts, also hemmend gerichtet sind.

Durch Versuchsrechnung verschiedener Stellungen der Flächen auf ihren Flugbahnen hat sich die in dem Diagramm (Fig. 23) dargestellte Richtung ergeben. Beim Niederschlag war diejenige Lage bestimmend, welche den größten Vorwärtzug ergab. Dies war die parallele Richtung der Sehne mit der Flugbahn. Beim Aufschlag wurden die Flächenteile in eine solche Lage gebracht, daß ein möglichst geringer Rückwärts-



Fig. 19. Albatros.

druck entstand. Dies ist bei dem Flächenteil A bei einer Neigung der Sehne von -6° unter die Flugbahn der Fall. Bei B, C und D gibt -7° , -8° und bzw. -9° für die Spitze die günstigsten Verhältnisse. Verhältnismäßig ungünstig für die gesamte Kraftwirkung ist der Rückwärtsdruck der Spitze D. Um diese Wirkung auszuschalten, soll der schlagende Teil des Flügels beim Aufschlag rückwärts gedreht werden und sich erst nach vollendetem Aufschlag



Fig. 20. Pelikan.

wieder vorschellen. Hierdurch vermindert sich das Flächenareal so weit, daß der Teil D ganz vernachlässigt werden kann. Wie wir aus den Momentaufnahmen Mareys wissen, legt auch der Vogel die Spitze beim Aufschlag zurück, und erst nach Vollendung desselben wird der Flügel wieder gestreckt. Die Betrachtung der Kräftewirkung läßt den Zweck dieses Manövers deutlich erkennen. Ganz rechts auf der Zeichnung in Fig. 24 sind die Größen der Summe der Kräfte des Niederschlags und des Aufschlags aufgetragen. Es wirken beim Niederschlag 30,35 kg aufwärts und 8,16 kg treibend, beim Aufschlag 9,96 kg aufwärts und 3,37 kg hemmend für einen Flügel.

Summe der Kräfte für zwei Flügel.

Niederschlag		Aufschlag	
hebend	treibend	hebend	hemmend
60,7 kg	16,32 kg	19,92 kg	6,74 kg

Die Wirkung der Tragflächen bei horizontaler Lage und 12 m/Sek. Geschwindigkeit ist

$$= 30 \cdot 12^2 \cdot 0,13 \cdot 0,52 = \underline{292, - \text{ ,,}}$$

352,7 kg

$$= \underline{292, - \text{ ,,}}$$

311,92 kg

Niederschlag		Aufschlag	
hebend	treibend	hebend	hemmend
352,7 kg	16,32 kg	311,92 kg	6,74 kg

Übertrag
Der Stirnwiderstand wird durch den zuge-spitzten Schirm, hinter welchem die 3 Personen sitzen, hervorgerufen und beträgt für 0,75 qm Stirnfläche

$$0,75 \cdot 12^2 \cdot 0,13 \cdot 0,5 \dots$$

$$\underline{7,0 \text{ kg}}$$

9,32 kg

$$\underline{7,0 \text{ kg}}$$

13,74 kg

$+\frac{2}{8}$

9,16 kg

In Abzug kommt das Gewicht 300, - ,,

bleiben $\underline{52,7 \text{ kg}}$

300, - ,,

$\underline{11,92 \text{ kg}}$

$+\frac{2}{8}$

7,9 kg

Da die Kräfte des Aufschlags nur $\frac{2}{8}$ so lang wirken als der Niederschlag, so kommt der Wert derselben mit $\frac{2}{8}$ multipliziert in Abzug resp. zur Addition . . .

$\underline{+7,9 \text{ ,,} -9,16 \text{ kg}}$

In $\frac{2}{8}$ Sek. erzeugt. Auftrieb 60,6 kg u. 0,16 kg Vortrieb
Auf 1 Sek. verteilt $\times \frac{2}{8} =$
Auftrieb 36,36 kg u. 0,10 kg

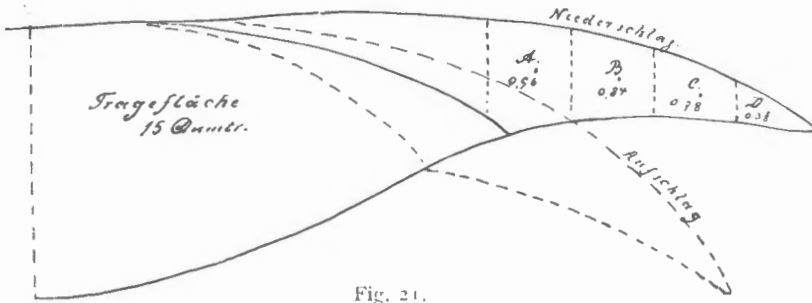


Fig. 21.

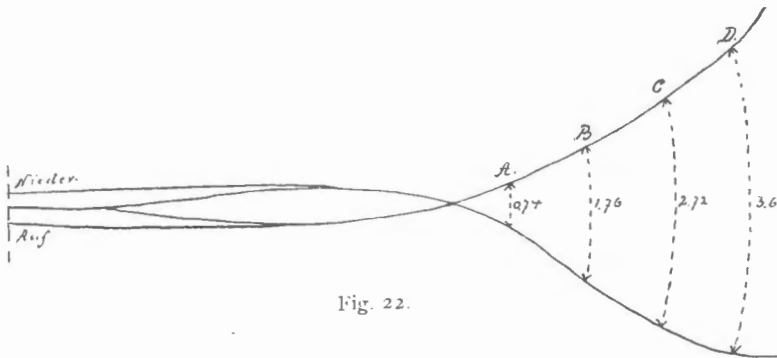
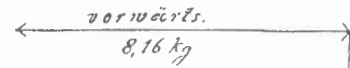


Fig. 22.

Fig. 24.

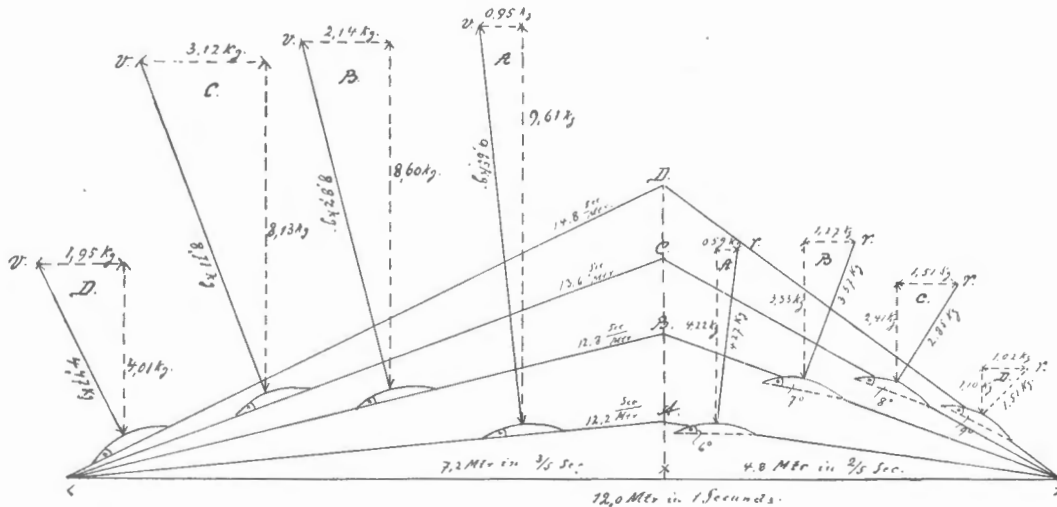
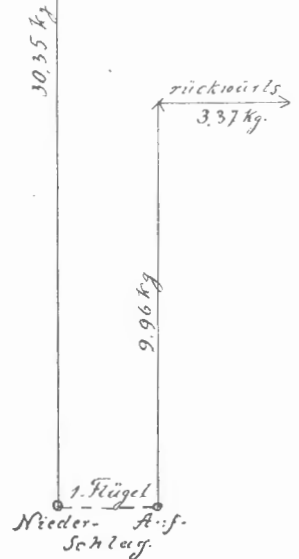


Fig. 23.



Bewegungsrichtung:

Niederschlag.

Aufschlag.

Fig. 21-24.

Während also der Vorwärtzug des Niederschlages ziemlich aufgebraucht wird, verbleibt für Steigung noch ein Druck von 36,36 kg.

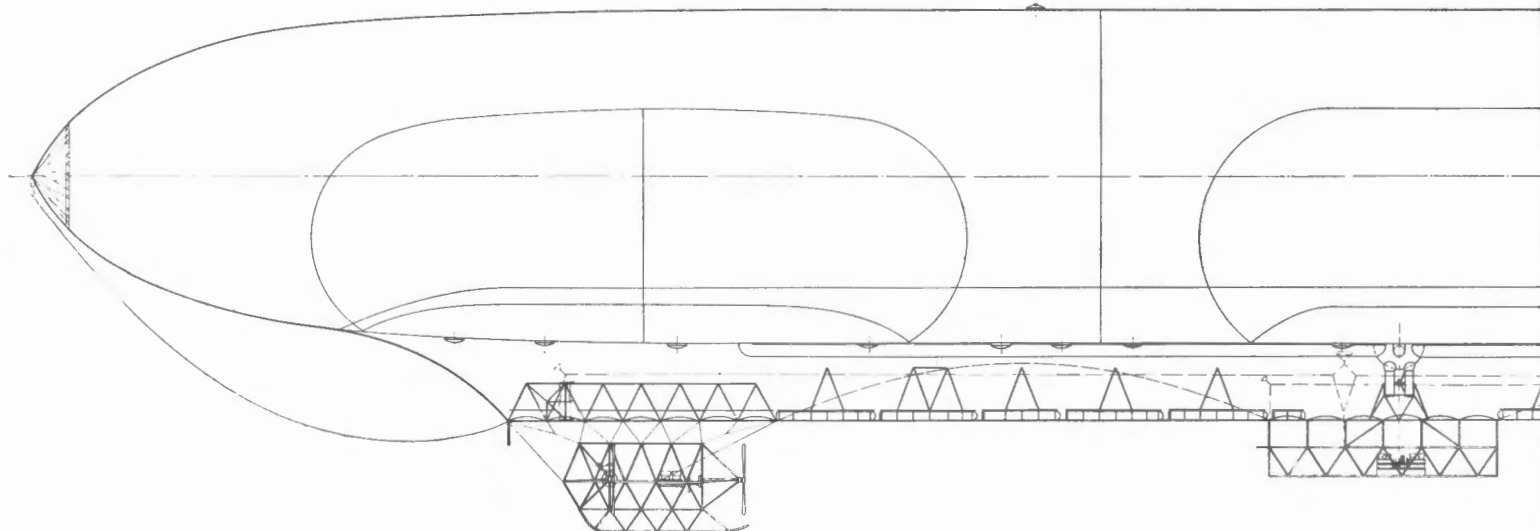
Es ist so die Möglichkeit des Ruderfluges hergestellt unter der Voraussetzung, daß die Flügelenden in einer Sekunde einen Schlag ausführen. Zu untersuchen bliebe aber noch, ob die drei Personen, deren Stirnwiderstand durch einen keilförmigen Zelluloidschirm gemindert wird, die hierzu erforderliche Arbeit leisten können.

Die Berechnung ist sehr einfach. Wir kennen die Kräfte, welche auf die einzelnen Flächenteile wirken und wir kennen auch die Länge der Wege. Die Multiplikation beider ergibt die Arbeitsleistung. Die Tabelle zeigt die Durchführung dieser Rechnung.

Diese Rechnung ist natürlich nur als Fingerzeig zu betrachten. Wahrscheinlich wird sich die Arbeit noch etwas günstiger stellen, wenn man die Schlagwirkung mit in Rechnung zieht.

Nach meinen Messungen mit gewölbten Flächen bei gleichzeitiger Vorwärtsbewegung erzeugen Flügelschläge bei einer Richtung der Schlagbahn von 23° noch den 4-fachen und bei 17° noch den 2,3-fachen Druck gegenüber der theoretischen Rechnung. Um die Wurzel dieser Druckvermehrung könnten die betreffenden Flügelteile langsamer schlagen, natürlich unter Berücksichtigung, daß ein Teil der Vermehrung durch den Aufschlag als Hemmung des Vortriebes abgerechnet werden muß.

Ein abschließendes Urteil über die Druckvermehrung wird sich allerdings erst aus Versuchen mit tordierenden gewölbten Schlagflächen bilden lassen. Die nach dieser Richtung von mir



Zum Aufsatz Krell. Fig. 6. Zeichnung des

Arbeit beim Aufschlag:

Kraft	Weg des Flügelausschlags	
A) 4,22	× 0,74 =	3,52 mkg
B) 3,33	× 1,76 =	5,86 „
C) 2,41	× 2,72 =	1,55 „
D) Durch Rückwärtslegen der Spitze beseitigt		
1 Flügel in 2/5 Sekunden		15,93 mkg
2 „		31,86 „

Dieser Druck ist gewonnen durch die Ausnutzung des Vorwärtsdruckes, erzeugt durch die Arbeit des Niederschlages, kommt daher von der Arbeitsleistung des Niederschlages in Abzug.

Arbeit beim Niederschlag:

Kraft	Weg des Flügelausschlags	
A) 9,61 kg	× 0,74 =	7,71 mkg
B) 8,60 „	× 1,76 =	15,13 „
C) 8,13 „	× 2,72 =	22,11 „
D) 4,01 „	× 3,60 =	14,43 „
1 Flügel in 3/5 Sekunden		59,38 mkg
2 „		118,76 „
Gewinn des Aufschlags		31,86 „
		86,9 mkg

Bei der Berechnung dieser Arbeit war gemäß dem Früheren ein Überschuß an Auftrieb von 36,36 kg angenommen, der zur Erhebung des Flugzeuges dient. Für den horizontalen Flug genügt es, statt 300 + 36,36 kg bloß 300 kg zu haben. Dies wird erreicht, wenn alle Bewegungen (Vorwärtsflug und Schlagbewegung im Verhältnis

$$\sqrt{\frac{300}{336,36}} = 0,945$$

verlangsamt werden. Die Arbeitsleistung fällt dadurch im Verhältnis $0,945^3 = 0,844$;

dies gibt	86,9 · 0,844 =	73,3 mkg/Sek.
hierzu für Reibung		4,7 „
zusammen für 3 Personen		78 mkg/Sek.
„ für 1 Person		26 „

in Angriff genommenen Versuche wurden durch Einsetzen der rauhen Jahreszeit unterbrochen.

Als Probe auf das Exempel möchte ich noch folgendes feststellen. Die Gleitflüge meines Bruders in den Stöllner Bergen hatten zur Erde eine Geschwindigkeit von 5 Sek./m; sie verbrauchten eine Fallhöhe von 18 m. Das Gesamtgewicht betrug 105 kg und die Fluglänge 300 m. Dies ergibt einen sekundlichen Kraftverbrauch bei einer Flugdauer von

$$\frac{300}{5} = 60 \text{ Sek. von } \frac{105 \cdot 18}{60} = 30,5 \text{ mkg/Sek.}$$

Wäre diese Arbeit in tragenden Luftwiderstand umgesetzt worden, so würde der Flug nicht fallend, sondern horizontal ausgeführt worden sein. Obgleich der Stirnwiderstand bei den Gleitfliegern sehr ungünstig groß war, so hätte ein Mann dennoch diese Arbeit eine kurze Zeit leisten können.

Wir sehen also, daß auch mangelnde Kraft uns nicht an der Ausführung von Schlagflügelapparaten zu hindern braucht.

Weshalb ich selbst nicht an die Ausführung herantrete, bin ich wiederholt gefragt worden. Um eine solche Ausführung mit Erfolg vorzunehmen, müssen m. E. noch weitere Studien gemacht werden. Besonders ist noch festzustellen, ob nicht die Reibung, welche das Federkleid des Vogels verursacht, günstiger wirkt, als die von uns gewöhnlich verwendeten Materialien.

Ganz besonders sind noch die Druckkoeffizienten genau festzustellen, welche sich bei der Verwendung von Flächen von mindestens 10 qm ergeben. Umfassende Versuche müssen bzgl. der Gleichgewichtserhaltung angestellt werden, und zwar in möglichst windiger Gegend an der See auf einem flachen Strande.

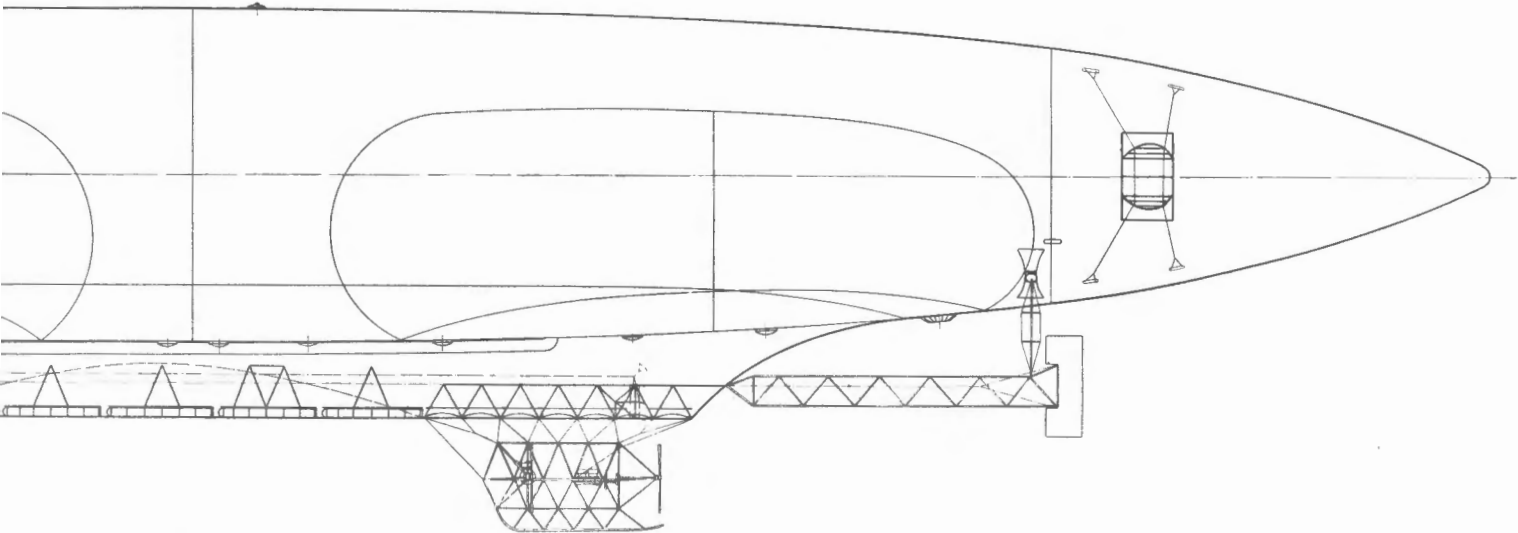
Für den einzelnen sind diese Arbeiten besonders als Nebenamt zu zeitraubend und zu kostspielig. Es ist von Herrn Geh. Regierungsrat Busley vorgeschlagen worden, zu diesem Zweck eine Studiengesellschaft zu bilden, wie die Engländer auf Anregung Maxims es getan haben. Ich hoffe,

daß diese Idee Anklang finden wird, und daß wir so den Vorsprung, welchen Amerikaner und Franzosen vor uns erreicht haben, nicht nur einholen, sondern auch bald überholen werden.

Die Gefahr des Fliegens wird sich bedeutend vermindern, denn abgesehen von der größeren Stabilität der gebogenen Langprofile und der gedrehten Spitze der Flügel kann das Gleichgewicht durch einen unsymmetrischen Ausschlag der Flügel jederzeit wieder hergestellt werden. Erst so wird die Menschheit von der Kunst des Fliegens einen ungetrübten Genuß haben.

Motoren, die im Notfall alle zur Überwindung kritischer Situationen ausgenutzt werden können, während die gleichgroßen Z.-Schiffe mit zwei solchen Motoren sich begnügen mußten. Allerdings wird das durch das fehlende starre Gerüst in Wegfall kommende Gewicht nicht voll gewonnen insofern, als die zum Antrieb der Ballonetventilatoren bei Prallschiffen erforderlichen Motoren und sonstigen Einrichtungen in diesem System anhaftendes notwendiges Übel darstellen. Immerhin bleiben, rund gerechnet, bei dieser Ballongröße von dem Gerüstgewicht 3 bis 4 t zur Vergrößerung der Maschinenanlage usw. bei einem Prallballon verfügbar.

Was nun die Wahl der Ballongröße selbst anbelangt, so lag es nahe, mit den Dimensionen beim ersten Versuch



Siemens-Schuckert-Luftschiffes. Seitenansicht.

Das Luftschiff der Siemens-Schuckertwerke und seine Halle.

Von O. Krell.

Als an die Erbauer des nachbeschriebenen Motorballons, nämlich die Siemens-Schuckertwerke und die Siemens & Halske Aktiengesellschaft vor etwa drei Jahren die Aufgabe herantrat, sich wegen des zu wählenden Systems und der Größe des projektierten Luftschiffes schlüssig zu werden, war es notwendig, sich über die Vor- und Nachteile der verschiedenen Systeme klar zu werden.

Das Starrsystem erschien damals schon durch den Grafen Zeppelin soweit durchgebildet, daß ein wesentlicher Gewinn für die Ballontechnik durch die Mitarbeit der genannten Firmen an diesem Typ nicht erwartet werden konnte. Es schien vielmehr eine dankbare Aufgabe zu sein, an einem größeren Ballon die technischen Vorteile, die sich aus der Ersparnis eines starren Gerüsts ergeben könnten, durch eine Versuchsausführung praktisch zu erproben, und so entschloß man sich, ein Fahrzeug zu bauen, das so wenig wie möglich starre Teile besaß; selbstverständlich verschlossen sich die Konstrukteure nicht der Erkenntnis, daß alle Systeme, also auch dasjenige der unversteiften Prallballons, grundsätzliche Nachteile besitzen, die zwar durch zweckmäßige Konstruktionen gemildert, aber niemals ganz zum Verschwinden gebracht werden können.

Durch einen später noch näher zu besprechenden Versuch wurde praktisch die Möglichkeit nachgewiesen, auch einen langgestreckten Prallballon so steif zu bauen, daß das Gewicht, welches beim starren System für die Formerhaltung aufgewendet wird, zum größten Teile dazu benutzt werden könnte, die Maschinenreserven und sonstige die Betriebssicherheit erhöhenden Einrichtungen zu vermehren und auf diese Weise gleichzeitig eine größere Energie für die Erzeugung der Fluggeschwindigkeit bereitzustellen. So trägt z. B. der S.S.-Ballon bei einem Gasvolumen, das demjenigen der kleineren Z.-Schiffe ungefähr gleichkommt, 4 Stück 125 PS-

keinen allzugroßen Schritt vorwärts zu machen; wenn dies trotzdem nicht geschah, so war hierfür die Überlegung maßgebend, daß bis zur Fertigstellung des zu erbauenden Ballons sicher auch die anderen den Ballonbau betreibenden Stellen in Deutschland und auch im Ausland ebenfalls mit Neukonstruktionen in der Größenordnung von ca. 5500 bis 6000 cbm Gasinhalt auf dem Plan erscheinen würden, und es wäre eine anmaßende Hoffnung gewesen, daß dann die Konstruktion der S.S.W., deren Konstrukteuren nicht die Erfahrungen zu Gebote standen wie den anderen, auch nur annähernd sich hätte mit den fremden Ausführungen messen können. Nachdem aber die Erbauer des S.S.-Versuchsballons lediglich den Zweck verfolgten, durch ihre Studien auf diesem Gebiet mitzuarbeiten an den Fortschritten der Ballontechnik, so erschien es gerechtfertigt, eine Ballongröße zur Ausführung zu bringen, die durch ihre Dimensionen selbst die Konstrukteure zwingen mußte, neue Probleme zu lösen und gerade die durch die Größe des Ballons sich darbietenden Konstruktionsschwierigkeiten zu überwinden, eine Arbeit, die doch einmal von irgendeiner Seite geleistet werden mußte.

Es wurde daher beschlossen, einen Ballon von ca. 10 000 cbm Inhalt zu bauen. Im Laufe der Konstruktion erwies es sich als notwendig, diesen Gasinhalt schrittweise auf 11 000 und schließlich auf 13 000 cbm festzusetzen. Diese nachträglichen Vergrößerungen des Gasinhalts wurden hauptsächlich bedingt durch die von militärischer Seite — und nur für militärische Verwendungszwecke ist der Ballon gedacht — verlangte Steighöhe, sowie durch die Notwendigkeit, statt des bisher üblichen zweifachen Ballonstoffes solchen von drei Stofflagen und entsprechenden Gummilagen zu verwenden.

Eine der Hauptfragen der Konstruktionsarbeiten bildete die Untersuchung der Luftschrauben. Für die Nutzeffektbestimmungen wurde die auf dem Gelände der Siemens-Schuckertwerke am Nonnendamm vorhandene Kreisbahn (von etwa 270 m Durchmesser) für Schnellbahnversuche und eine ältere elektrische Schnellbahnlokomotive verwendet. (Fig. 1 u. 2.) Auf letzterer wurde der zum Antrieb der Luft-