© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Nr. 4. **1917**

Sitzungsbericht

der

Gesellschaft naturforschender Freunde

zu Berlin

vom 17. April 1917.

Ausgegeben am 10. September 1917.

Vorsitzender: Herr O. Heinroth.

Die erste wissenschaftliche Sitzung fiel aus. — In der zweiten sprach Herr Lilienthal über den Einfluß der Flügelform auf die Flugart der Vögel.

Der Einfluß der Flügelform auf die Flugart der Vögel.

Von Gustav Lilienthal.

Der vor uns auffliegende Sperling und die zum Schlag vom Hofe auffliegende Taube erheben sich mit lebhaften Flügelschlägen. Die Taube verursacht hierbei ein klatschendes Geräusch, weil beim Aufschlag wie beim Niederschlag sich die Flügelspitzen berühren; so stark ist der Anschlag der Flügel.

Dieser Flug mittels kräftiger Flügelschläge findet eine Grenze, wenn der Vogel in einem engen Raum, wie etwa einem Lichtschacht von 2 m Seitenlänge, die Höhe erreichen will. Es ist dies dem Vogel nicht möglich, weil hierbei die die Erzeugung des nötigen Luftwiderstandes erforderliche Vorwärtsgeschwindigkeit nicht erreicht werden kann.

Ein gleiches Unvermögen zum Fliegen droht dem Vogel, wenn ihm an jedem Flügel je drei der Hauptschwungfedern genommen werden. Der Vogel hat damit ein vortreibendes Glied eingebüßt, da ohne genügenden Vortrieb auch der Auftrieb des Flügelschlages an Wirkung verliert.

Die Schwungfedern sind der Propeller des Vogels.

Wer auch nur oberflächlich den Flug eines größeren Vogels beobachtet, findet, daß die die Flügelspitzen bildenden Schwungfedern im Fluge gespreizt stehen. Der Laie hält diese Schwungfederstellung für eine Art Ventilklappeneinrichtung und nimmt an, daß sich die Federn nur beim Aufschlag voneinander trennen, um

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

die Luft hindurchzulassen. Beim Niederschlag sollen sich die Federn dann dicht aneinanderlegen, um so recht wirkungsvoll den hebenden Luftwiderstand zu erzeugen.

Diese Ansicht ist irrig.

Die Schwungfedern stehen beim Auf- wie beim Niederschlag gespreizt, beim Niederschlag eher noch mehr als beim Aufschlag, ja auch beim Segelflug behalten sie die gespreizte Stellung.

Die Propellerwirkung der Schwungfedern wird durch Fig. 1 erklärt. Sie zeigt die Ansicht einer Condorfeder und Querschnitte durch die Spitze des auf- und niederschlagenden Flügels.

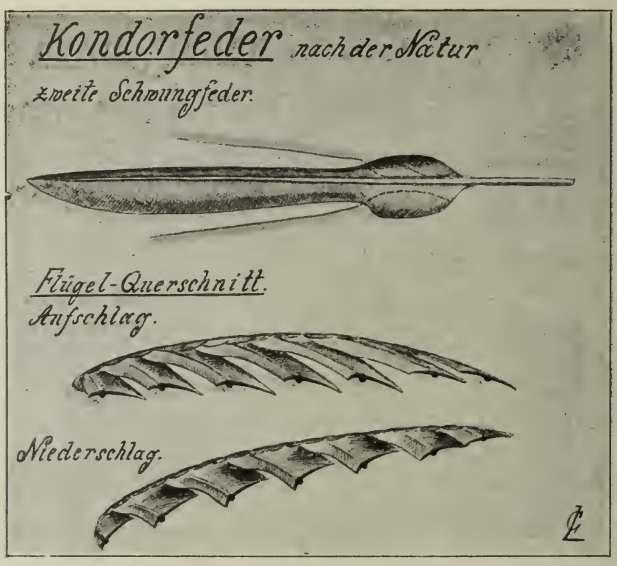

Fig. 1.

Die Kiele der Schwungfedern sind auf den Fingerknochen in Taschen gelagert und hierin bis zu einem gewissen Grade drehbar in der Längsachse des Kieles. In Stellung werden sie erhalten durch Bänder, welche mit dem Kiel verwachsen sind und mehr oder weniger durch einen besonderen Muskel gespannt werden können. Vom aerodynamischen Standpunkt wäre es von außerordentlicher Wichtigkeit, zu wissen, ob die Federn willkürlich vom Vogel in die günstige Lage gebracht werden oder durch den Luftdruck ihre Drehung erhalten. Ich bin der Ansicht, daß die Drehung beim Niederschlag durch den Luftdruck geschieht, aber durch den Muskel begrenzt wird, während beim Aufschlag die Drehung durch den Muskel direkt bewirkt wird. Beim Niederschlag muß der Hinter-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

rand der Fahne höher liegen als die Vorderkante; beim Aufschlag dagegen ist es umgekehrt.

Die Bewegung des Flügels ist während des Fluges nicht nur auf und nieder, sondern auch vorwärts. Der Flügel bewegt sich daher in einer Wellenlinie. Die Schlagbahn des Flügels ist beim Niederschlag schräg abwärts. Die Schwungfedern erzeugen hierdurch einen starken Vorwärtszug, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man mit einem Lineal in schräger Lage herniederschlägt. Beim Aufschlag stellt der Vogel den Flügel und noch mehr die Schwungfedern in die Richtung der aufwärts steigenden Schlagbahn. Unter diesen Umständen erhalten seine Schwungfedern aber

Fig. 2.

auch noch Auftrieb, also Druck von unten. Es liegt also kein Bedürfnis für eine Ventilklappenwirkung vor.

Der Vogel kann auch die Federn des Ober- und Unterarmes um ihre Längsachse verdrehen. Da die Federn des Ober- und Unterarmes auch während des Fluges eine starke Längskrümmung haben, so bewirkt eine Drehung der Federn eine Änderung des Profils, und zwar eine Abflachung. Die Fahnen sind elastisch genug, um sich trotz der Verdrehung flach aneinander legen zu können durch den von unten wirkenden Luftdruck. Der Vogel bewirkt durch die Abflachung eine Anpassung an die Geschwindigkeit des Fluges. Auch der ganze Flügel verdreht sich zwischen dem Auf- und Niederschlag; man kann dies bei Möven deutlich beobachten.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Um die Verdrehung der Schwungfedern zu ermöglichen, dürfen sich die Fahnen nicht gegenseitig berühren, sondern sie müssen gespreizt stehen. Die Spreizung tritt von da ein, wo die obere Deckfederlage abschließt.

Die Schwungfederspreizung finden wir bei allen kleineren Vögeln mit Ausnahme der Kolibri und der Schwalben. Von den größeren Vögeln fehlt dieselbe bei den Seevögeln. Hervorragend ausgebildet ist sie bei den Hühnervögeln, deren dicker Rumpf eines besonders kräftigen Vortriebs bedarf. Sumpf- und Raubvögel haben eine ausgeprägte Schwungfederspreizung (Fig. 2). Die Flügel der Schwalben und Seevögel zeichnen sich durch besondere Länge aus; ich nenne diese Vögel ohne Schwungfederspreizung daher Lang-

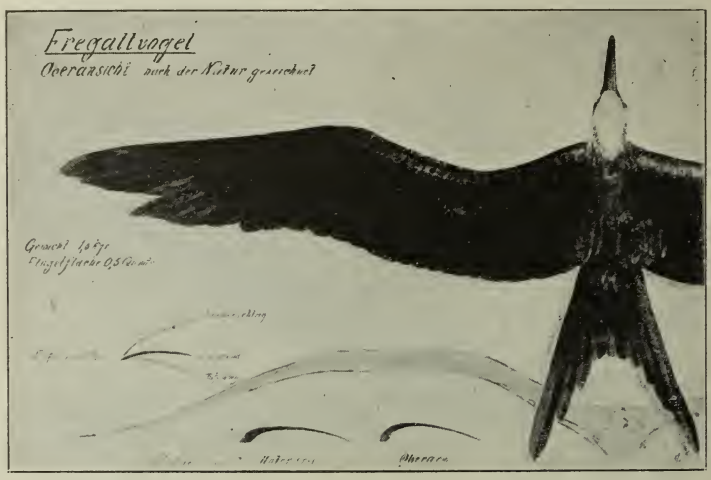

Fig. 3.

flügler im Gegensatz zu den Breitflüglern mit Schwungfederspreizung. Bei den Langflüglern wirkt der ganze Flügel wie eine einzige Schwungfeder. Er dreht sich zwischen Auf- und Niederschlag in ausreichendem Maße um seine Längsachse, so daß beim Niederschlag Auftrieb und Vortrieb erzeugt wird, während beim Aufschlag geringerer Auftrieb, aber auch etwas Rückwärtsdruck entsteht.

Beim Fregattvogel (Fig. 3) habe ich bemerkt, daß zwischen den Schwungfedern und den ersten Handfedern eine Klaffung gelegentlich eintritt. Dies bewirkt aber nur eine Vergrößerung der Flügelfläche an der sonst sehr schmalen Spitze. Diese Flächenvergrößerung wird auch einseitig ausgeübt, wenn der Vogel in einer Kurve beim Segeln liegt (Fig. 4), und zwar bei dem nach

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

außen gerichteten Flügel. Es wird hierdurch an der Außenseite angehoben, während der an der Innenseite der Kurve liegende Flügel etwas eingezogen wird und eine Senkung veranlaßt. Dies Manöver ist nötig, da der Vogel in der Kurve schräg liegen muß. Unsere Flugzeuge erreichen dies durch die von Gebr. Wright zuerst angewandte Verwindung der Flügelspitzen. Die Verwindung bedingt aber gleichzeitig eine Vermehrung des Rückwärtsdruckes, also Hemmung der Geschwindigkeit und hiermit auch Verminderung des Auftriebs. Beides tritt beim Vogel nicht ein, weshalb er dem Flugzeug überlegen ist.

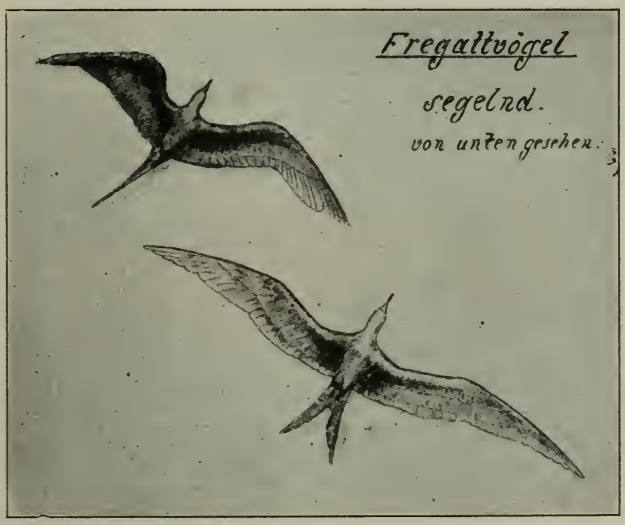

Fig. 4. Nach Momentaufnahmen gezeichnet.

Die vollendetste Flugart, der „Segelflug“, wird von Langflüglern und einigen Breitflüglern ausgeübt. Während alle Langflügler segeln können, sind nur die größeren Breitflügler hierzu befähigt.

Der Flug mit bewegungslosen Flügeln wird in der verschiedensten Weise zu erklären gesucht. Man glaubt vielfach, daß der Segelflug an der Beschreibung einer Kreis- oder Cycloidenbahn gebunden sei, weil Vögel, welche ihren Flug nicht weit von ihrem Standort entfernen wollen, kreisen. So sehen wir Störche kreisen in der Nähe ihrer Nester und auch Raubvögel, wenn sie auf ihrem Revier nach Beute ausspähen. Möven, welche zur Zeit der einlaufenden Flut die Watten aufsuchen, kann man kreisen sehen, wenn die Flut verspätet einläuft. Sie ändern ihre Flugart zum eiligen Ruderflug, wenn der erste Schaumstreifen am Horizont er-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

scheint. Die Erklärung des Segelfluges durch das Kreisen ist schon insofern hinfällig, als die Segler weit häufiger im geraden Fluge sich bewegen. Man denke nur an die das Schiff tagelang begleitenden Mövenschwärme (Fig. 5).

Andere Erklärungen stützen sich auf die Annahme, daß die Differenzen in der Windgeschwindigkeit dem Vogel die Energie liefert, um sein Gewicht zu heben und noch Vortrieb zu geben. Ein Nachweis, wie eine solche Kräftewirkung sich aus der Geschwindigkeitsdifferenz ergeben soll, ist mehrfach versucht; aber immer nur hat man den Auftrieb errechnen wollen ohne Rücksicht

Fig. 5. Segelnde Möven dem Schiff folgend. Aufgenommen bei starkem Wind.

auf den sehr notwendigen Vortrieb; niemals aber hat man in Rechnung gezogen, daß der Vogel nicht nur gegen den Wind, sondern auch in jeder beliebigen Richtung zu dem Wind segeln kann sogar auch mit der Windrichtung. In einem solchen Fall überholt der Vogel den Wind, so daß der Unterschied in der Geschwindigkeit des Windes für den Vogel in umgekehrtem Sinne eintritt als die schönste Beweisführung zur Voraussetzung gemacht hat. Tatsache ist nun, daß die Vögel den Segelflug nur in solchen Höhen oder an solchen Orten ausüben, wo der Wind möglichst

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

gleichmäßig ist, also dort, wo die Luftströmung nicht durch Bodenunebenheiten gestört wird. Dies ist auf dem Lande in größerer Höhe und auf der See auch in niederen Lagen der Fall.

Die hinfälligste aller Erklärungen ist wohl die der Zittertheorie, welche von der Annahme ausgeht, daß der Vogel überhaupt die Flügel nicht unbewegt hält, sondern ganz kleine Zitterbewegungen macht, welche dem Beobachter entgehen. Abgesehen davon, daß durch minimale Bewegungen auch nur minimale Arbeit geleistet werden kann, so spricht sich schon Darwin hiergegen aus, indem er hervorhebt, daß sich die Flügel des Condors nicht un-

Fig. 6. Möven bei Windstille im Ruderflug.

verwischt von dem blauen Himmel abheben könnten, wenn eine Zitterbewegung stattfände. Ich möchte dem noch hinzufügen, daß dann auch ein summendes Geräusch entstehen würde, wie bei den Mücken oder Käfern, was doch keineswegs der Fall ist.

Die aufsteigenden Ströme, welche über stark erwärmtem Gelände auftreten, erleichtern wohl das Segeln, sind aber nicht unbedingt erforderlich, da die Vögel bei jeder Wetterlage, bei Tag und bei Nacht segelnd angetroffen werden können.

Während bei einem Schwarm bei Windstille fliegender Möven die Flügelstellungen der Vögel voneinander abweichen (Fig. 6),

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

lassen die bei Wind segelnden Möven (Fig. 5) eine scharfe Gesetzmäßigkeit in ihrer Stellung zur Windrichtung und in ihrer Flügelhaltung erkennen.

Für mich liegt die Erklärung des Segelfluges in der Flügelform. Ich behaupte, daß diese wesentlich abweicht von der Flügelform nicht segelnder Vögel. Es muß aber auch ein Wind wehen, der die Kraftquelle gibt zur Überwindung der Schwerkraft und zur Erzeugung des Vortriebs.

Bei schwachem Winde ist der Segelflug langsamer als bei starkem Wind. Bei einem Wind von 6 m/S. überholt der Dampfer die segelnde Möve, so daß diese, um in der Nähe des Schiffes zu bleiben, von Zeit zu Zeit Flügelschläge einlegen muß, die sie wieder etwas voreilen lassen; dann stellt sie die Arbeit ein und bleibt wieder langsam zurück, wobei sie gierig nach den Abfällen auslugt, die von Zeit zu Zeit über Bord geworfen werden. Die Vögel halten sich naturgemäß hinter dem Schiff und an der vom Wind abgekehrten Luvseite auf, weil an dieser Seite der Kehricht und die Küchenabfälle herausgeworfen werden. Oberflächliche Beobachter haben daher geglaubt, die Vögel könnten nur an dieser Seite hinter dem Schiff segeln.

Um meine Erklärung für den Segelflug durch die eigenartige Form der Flügel zu begründen, muß ich zunächst auf eine eigentümliche Wirkung des Windes aufmerksam machen, welche durch Versuche im Windkanal der aerodynamischen Laboratorien nicht nachgewiesen werden kann, und daher von den Vertretern dieser Anstalten in Abrede gestellt wird. Diese Eigentümlichkeit der Windwirkung besteht darin, daß schwebende Körper im Wind einen Auftrieb erfahren.

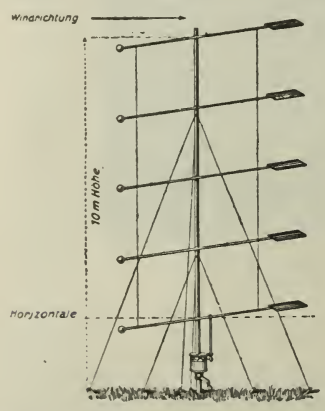

Fig. 7. Wagerecht gelagerte Windfahnen im Winde aufwärtsschwingend.

Schon Anfang der 80 er Jahre haben wir Brüder festgestellt, daß im Wind horizontal schwingende Fahnen aus ebenen Flächen bestehend vom Wind angehoben werden und sich durchschnittlich in einem Winkel von 3—4° über dem Horizont einstellen (Fig. 7). Die Erscheinung beruht auf dem Gesetz, daß schwimmende Körper nach dem Zentrum der größten Geschwindigkeit abgetrieben werden. Man erkennt dies deutlich an der Abtrift nach der Mitte, wenn in fließendes Wasser schwimmende Körper in der Nähe des Ufers

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

hineingeworfen werden, die dann nach der Mitte abtreiben. Die durch das Gefälle bestimmte Stromgeschwindigkeit wird am Boden und an den Ufern durch die Reibung behindert oder gestaut. Infolge dieser Stauung müssen die nachdringenden Wasserteile ausweichen und zwar dahin, wo die Reibung geringer ist, also nach der Mitte des Stromlaufs.

Auf atmosphärische Verhältnisse angewendet, muß demnach ein durch das Gewicht nicht behinderter Körper nach oben abgetrieben werden, weil nach der Erdoberfläche die Geschwindigkeit des Windes durch die Reibung behindert ist. Wie jedem bekannt ist, nimmt die Geschwindigkeit des Windes in Erdnähe beträchtlich ab. Wie hoch der Abtrieb über der Erde sich äußert, ist bis jetzt noch nicht bekannt; doch hat Prof. Angot in Paris auf der obersten Plattform des Eiffelturms denselben noch festgestellt, und zwar während der Dauer eines ganzen Jahres. Er erhielt bei mittleren Winden genau wie wir einen Auftrieb von 3—4°; nur in den windstarken Monaten stieg der Winkel bis auf $5^1/_2{}^0$.

Wird eine ebene Fläche in ruhender Luft bewegt oder im Windkanal einem Gebläsestrom von gleichmäßiger Geschwindigkeit ausgesetzt, so zeigt sie keinen Auftrieb. Eine schwach gewölbte Fläche dagegen, auch wenn sie mit Hinter- und Vorderkante gleich hoch liegt, erhält Auftrieb und stellt sich, wenn sie frei schweben kann, in einen Winkel von 3° mit der Hinterkante höher. Es war dies unsere Entdeckung, welche noch heute die Grundlage aller Flugzeugkonstruktionen bildet.

Wird die gewölbte Fläche aber dem freien Winde ausgesetzt, so stellt sie sich in einen Winkel von $6^1/_2{}^0$, also $3^1/_2 + 3^0$ nach oben ein, sie wirkt also erheblich günstiger als eine ebene Fläche.

Ich habe mich lange bemüht, eine Flächenform zu finden, welche noch größeren Auftrieb im Winde erfahren würde. Ich griff hierbei auf meine Beobachtungen in Wasserläufen zurück. Ich hatte gefunden, daß breite Brettstücke weit schneller die Mitte der Strömung erreichen als lange, dünne Stäbe. Ich folgerte hieraus, daß eine gewölbte Fläche mit verdickter Vorderkante einen größeren Auftrieb erhalten würde als eine dünne gewölbte Fläche. Die hierüber angestellten Versuche haben dies bestätigt. Auf einem quer zum Winde gespannten Draht waren die verschiedenen Versuchsflächen in Abständen von 2 m gelagert (Fig. 8). Die Flächen sind an Latten befestigt, welche an einem Ende mit einem Gegengewicht belastet sind, so daß die Latten mit der Fläche im windgeschützten Raum im Gleichgewicht liegen. Dem Winde ausgesetzt hebt sich die ebene Fläche ganz rechts wieder $3^1/_2{}^0$,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

die dünne gewölbte Fläche $6^1/_2{}^0$ und die dicke gewölbte Fläche auf 16^0. Selbst eine runde Trommel, die zweite rechts, erhielt starken Auftrieb. Hierin lag ein deutlicher Fingerzeig, die Wirkung der Flügel zu verbessern. Die Energiemenge, welche der Wind auf die Flächen ausübt, muß in jedem Fall dieselbe gewesen sein, sie wird bestimmt durch den Sinus des Winkels von $3^1/_2{}^0$ des Auftriebwinkels der ebenen Fläche; die größere Erhebung der dicken, gewölbten Fläche kann daher nur die Folge der Profillinie sein. Ich entschloß mich daher, zu untersuchen, welchen Weg die

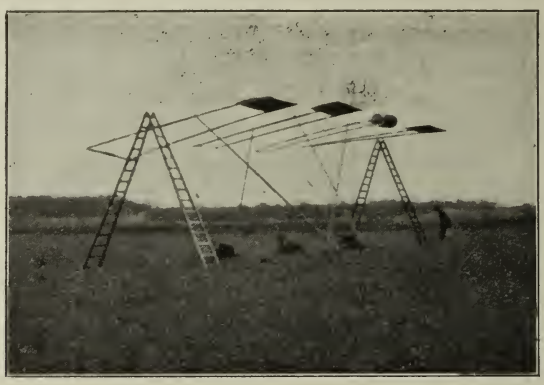

Fig. 8. Von links nach rechts, dicke gewölbte Fläche, dünne gewölbte Fläche. Trommel, ebene Fläche, die an der Erde liegenden Personen beobachten die Indikatoren.

über oder unter der Fläche fortstreichende Luft nimmt, besonders da es mir aufgefallen war, daß die Flügel der segelnden Vögel hervorragend dicke Vorderränder haben.

Herr Geheimrat Brauer, Direktor des naturhistorischen Museums, gestattete mir, Messungen an einigen typischen Vögeln vorzunehmen, welche ich später durch Messungen an frisch erlegten Vögeln vervollständigte. Ich fand hierbei folgende Werte für die Flügeldicke im Verhältnis zur Flügelbreite und der Länge der dicken Flügelteile, also von der Schulter bis zum Handgelenk, zur ganzen Flügellänge (siehe Tabelle S. 271).

Es wäre sehr wünschenswert festzustellen, ob die Vögel durch die Luftsäcke ihre Flügelform und besonders das Querprofil am Ober- und Unterarm verdicken können.

Der herrliche Flug der Fregattvögel über dem Hafen von Rio veranlaßte mich, bei einem längeren Aufenthalt dort meinen Vorsatz zum Studium des Stromlinienverlaufs bei der Bewegung vogelflügelartiger Flächen auszuführen. Anfangs durch Modelle

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Tabelle der Flügeldicke zur Flügelbreite und der Flügellänge bis zum Handgelenk zur ganzen Flügellänge.

	Am Oberarm	Am Unterarm	Länge bis zum Handgelenk
Fasern	1 : 20	1 : 30	0,4
Brandgans	1 : 17	1 : 15	0,35
Krähe	1 : 13	1 : 0	0,4
Urubie	1 : 10	1 : 17	0,5
Milan	1 : 8	1 : 14	0,5
Schwan	1 : 7	1 : 13	0,6
Steinadler	1 : 5 1/2	1 : 13 1/2	0,66
Pelikan	1 : 6	1 : 13	0,7
Fregattvogel	1 : 6 1/2	1 : .0	0,7
Condor	1 : 6 3/4	1 : 8 1/4	0,7
Albatros	1 5	1 : 8	0,75

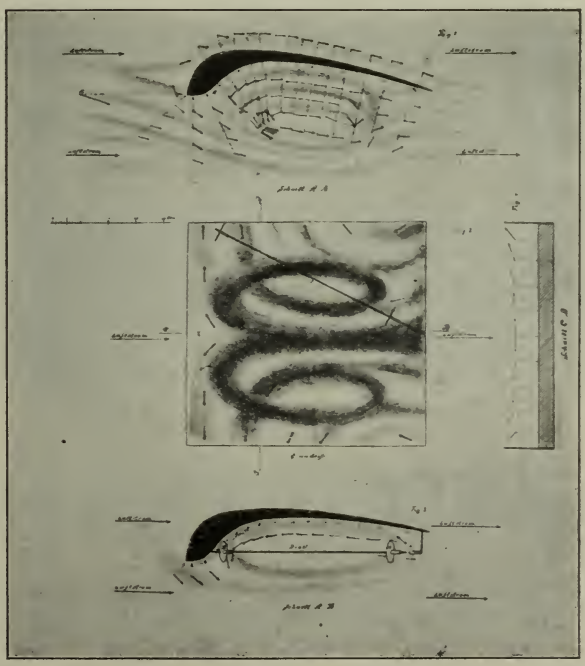

Fig. 9. Versuchsfläche, einen Flügelteil am Unterarm darstellend.

welche einen Flügelausschnitt (Fig. 9), vom Unterarm und später einen ganzen Vogel darstellten (Fig. 10), konnte ich feststellen, daß bei einer Bewegung des Modells mit einer Geschwindigkeit von 6—8 m/S, wenn die Vorderkante mit der Hinterkante in gleicher Höhe lag, oberhalb des Modelles die Luft gleichmäßig der Ober-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

flächenkrümmung folgte. Unterhalb des Modelles trat aber eine Wirbelbildung ein, und zwar floß die Luft von der Flächenhinterkante nach vorn, dann nach unten umbiegend rückwärts laufend und dann wieder umkehrend aber gleichzeitig seitwärts abweichend und wieder vorströmend. Ich konnte diesen Vorgang durch angesteckte Kartonfahnen um Nadeln drehbar einwandfrei feststellen.

Die seitliche Abschweifung der wirbelnden Luft, siehe die Pfeilrichtungen in Fig. 10, geschieht von dem Unterarmgliede aus teilweise nach dem Rumpf und teilweise nach der Spitze zu.

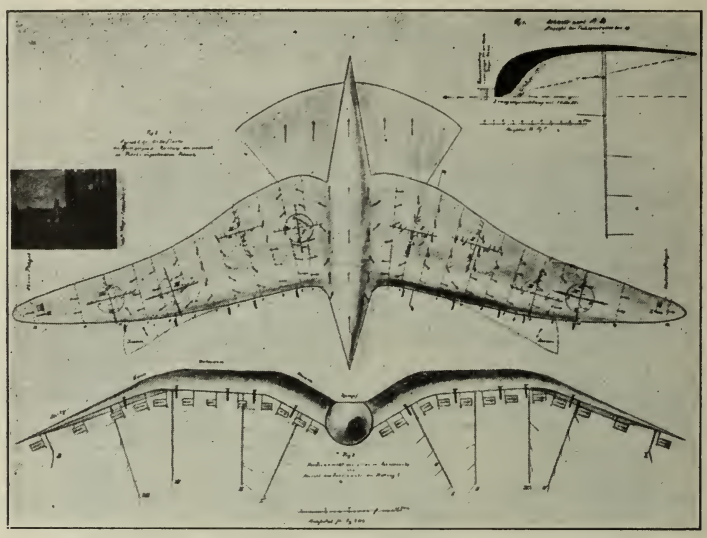

Fig. 10. Vogelmodell. Klafterweite 1,20 m.

Man stelle sich die Luftströmung vor, wie sich die Hörner des Widders winden, ich bezeichne die Erscheinung daher als Widderhornwirbel.

Obgleich durch die Zentrifugalwirkung der wirbelndeu Luft auch das Unterarmglied Auftrieb erhält, was ich durch besondere Messung feststellen konnte, so muß doch die Stellung des Oberarmgliedes und die Flügelspitze zu der seitlichen Strömung des Wirbels von Bedeutung sein. Beobachtungen an segelnden Vögeln (siehe Fig. 11), zeigten, daß der Oberarm schräg aufwärts und die Spitze schräg abwärts gerichtet ist. Durch die seitliche Strömung müssen sie daher Auftrieb erhalten. Es tritt hierbei dieselbe Drachenwirkung ein wie bei den Flugzeugen, nur mit dem Unterschied, daß beim Flugzeug der entstehende Auftrieb gleichzeitig

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

um mehrere Grade rückwärts gerichtet ist, also auch Rückwärtsdruck erzeugt, während beim Vogelflügel diese Abweichung von der Senkrechten rechtwinklig zur Bewegungsrichtung liegt, es kann also keine hemmende Wirkung eintreten. Erwähnt muß hierbei noch werden, daß der vorgekehrte Flügeldaumen eine Änderung der Stromlinien veranlaßt (siehe Fig. 10). Es wird der seitliche Abfluß nach der Spitze teilweise nach vorn gerichtet, wodurch der Auftrieb vermindert wird. Das Abspreizen des Daumens bemerkt man, wenn der Vogel sich setzen will. Er läßt hierbei auch die Beine herunterhängen und hemmt damit ebenfalls die Geschwindigkeit.

Im Mittelteil der Flügel erzeugt der Vorstrom einmal durch Reibung an den unteren Deckfedern und durch die Strömung gegen die scharfe Krümmung des Vorderrandes einen Vortrieb, der stark

Fig. 11. Condor in Segelstellung.

genug ist, um den Stirnwiderstand auf Kopf und Rumpf nicht nur zu überwinden, sondern auch einen geringen Überschuß zur Beschleunigung der Bewegung zu erübrigen. Dieser Überschuß kann sehr gering sein bei schwachen Winden. Wie ich schon bemerkte, genügt dem Vogel gelegentlich die Segelgeschwindigkeit nicht, wenn er schnell seinem Ziele zustrebt; er hilft dann mit Flügelschlägen nach. Bei Sturm dagegen habe ich den Albatros mit rasender Geschwindigkeit dahinschießen sehen. Man erkennt ein Pack der großen Vögel am Horizont und nach einer Minute schon streichen sie durch die Takelage des stampfenden Schiffes.

Nach Deutschland zurückgekehrt, konnte ich durch die Munifizenz des Kriegsministeriums und der Nationalflugspende meine Arbeiten über den Gegenstand im großen Maßstabe wiederholen. Ich arbeitete dabei mit großen Flächen und Modellen bis zu 20 qm

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

im freien Seewind am Stettiner Haff. Zwischen zwei 20 m hohen Türmen war ein Seil gespannt (Fig. 12), in dessen Mitte über Rollen mit Gegengewicht meine Modelle in Versuchsflächen aufgehängt wurden.

Ich konnte hierbei den Auftrieb der Flächen bei verschiedenen Windstärken feststellen. Auch der Vortrieb ließ sich an den frei-

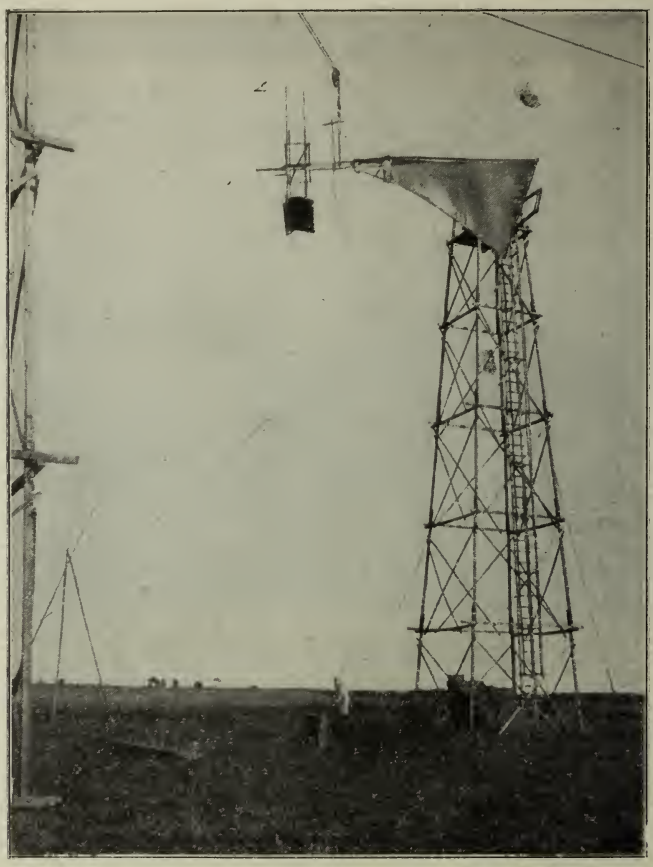

Fig. 12. Versuchsstation Altwarp.

hängenden Versuchsflächen nachweisen (Fig. 13); derselbe braucht nur wenige Gramm zu betragen, um schon von großer Wirkung zu sein, da er als Beschleunigung dauernd wirkt.

Wie sehr einige Vögel, besonders der Schwan, mit seinem mächtigen Rumpfquerschnitt auf die möglichst große Erzeugung des Vortriebes angewiesen sind, geht aus der Form der unteren

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Deckfedern hervor, deren aufgekräuselte Enden der vorströmenden Luft einen guten Widerhalt gewähren (Fig. 14).

Ich habe feststellen können, daß mit der Zunahme der Windstärke der hintere Drehpunkt des Wirbels mehr und mehr sich der Flügelhinterkante nähert. Die starken Winde, in denen der Albatros zu fliegen beliebt, werden den Drehpunkt der Hinter-

Fig. 13. Versuchsfläche. Dem Wind entgegentreibend.

kante ganz nahe bringen. Die unteren Deckfedern erreichen daher die Länge der Hauptfedern des Ober- und Unterarms. Die Luft kann in die Lücke förmlich hineinblasen und bedeutenden Vortrieb bewirken.

Bei segelnden Störchen habe ich durch ein starkes Fernrohr die Bewegung der unteren Deckfedern deutlich erkennen können.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Ich habe auch meinen Begleiter hierauf aufmerksam gemacht, der gleichfalls die Bewegung feststellte. Die vorströmende Luft gegen den Federstrich rauht die Federn auf. Möglich, daß dieses Zittern

Fig. 14. Schwanz im Fluge.

Fig. 15. Versuchsfläche im Wind hängend.

der unteren Deckfedern die Ursache zur Entstehung der Zittertheorie gewesen ist.

Die im Winde hängende Fläche (Fig. 15), einen Flügelausschnitt darstellend, zeigt deutlich die Richtung einer Anzahl angesteckter Fahnen. Diese zeigen von hinten nach vorn, während die an der

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

äußersten Vorderkante in einem Abstand von 30 cm angesteckte Kontrollfahne die Richtung des Windes von vorn nach hinten angibt.

Die seitliche Abtrift nach der Spitze ist aus der Aufnahme einer anderen, auch längsgekrümmten Versuchsfläche zu ersehen. Obgleich der Wind mit 15 m/S gegen die Fläche bläst (Fig. 16), steht die Fahne am Ende des Flügels eines großen Vogelmodells doch in der Längsrichtung des Flügels, also senkrecht zur Windrichtung. Erst bei stärkeren Winden wendet die Stromrichtung etwas nach hinten. Die Vögel folgen dann durch Rückwärtsdrehung der Spitze dieser Richtung (Fig. 5).

Fig. 16. Vogelmodell im Wind hängend.

Andere freihängende Flächen und kleinere Vogelmodelle bei Windstärken von 8—15 m/S werden vom Wind nicht zurückgedrückt, pendeln vielmehr nach vorn (Fig. 17 und 18), obgleich unter diesen Umständen durch den gleichzeitig eintretenden Auftrieb die Versuchsobjekte fast nichts mehr wiegen.

Es soll hier noch bemerkt werden, daß auch unter dem Schwanz die Luft von hinten nach vorn strömt. In den weichen Federn des Rumpfes und den Federhosen vieler Raubvögel findet die Luft einen guten Reibungswiderstand.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Es ist oft behauptet worden, das Flugzeug benutze das Höhensteuer im gleichen Sinne wie der Vogel den Schwanz. Dies ist falsch. Der Vogelschwanz wirkt genau in umgekehrtem Sinne. Beim Abstieg ist der Schwanz mehr angehoben als beim Aufstieg, dies ist dadurch bedingt, daß der Schwanz auch als Tragefläche wirkt. Der Schwerpunkt des Vogels liegt hinter der Drucklinie der Flügel. Durch den Auftrieb des Schwanzes wird das Gleichgewicht hergestellt bei der mittleren Schwanzstellung. Wird der Schwanz nach unten gesenkt, so vermindert sich der Auftrieb. Die Folge ist ein Überwiegen des Flügeldruckes, also ein Heben des Vogels vorn. Bei der Hebung des Schwanzes verstärkt sich die Hebewirkung desselben, folglich eine Hebung hinten. Die Wirkung des Höhensteuers am Flugzeug ist genau umgekehrt.

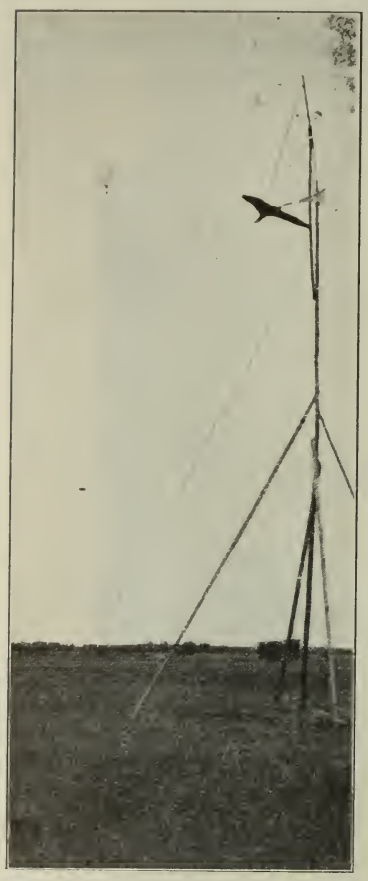

Fig. 17. Kleines Vogelmodell im Wind nach vorn pendelnd.

Meine veröffentlichten Beobachtungen und Meßresultate haben selbst bei den berufenen Vertretern der Wissenschaft nicht die Aufnahme gefunden, welche ich erwarten konnte. Man wendet sich besonders gegen meine Ausführungen über den Auftrieb des Windes, und hält mir entgegen, daß derselbe nicht denkbar sei, es sei denn, die Luft entströme der Erde. Dies ist keineswegs nötig, ebenso wenig, wie das Wasser des Baches oder Mühlengerinnes dem Ufer zu entströmen braucht, um schwimmende Teile der Mitte zuzutreiben.

Meine Veröffentlichung über die Umkehr der Stromrichtung unter Vogelflügeln ist von der Flugzeugindustrie völlig ignoriert worden. Um so mehr hat es mich gefreut, daß in Süddeutschland der Regierungsbaumeister Friedrich Harth mit einem Flugzeug ohne Motor, aber mit Flächen nach dem von mir gezeigten Querprofil von ebenem Gelände aufsteigend, Flüge bis zu 500 m Länge und 40 m Höhe ausgeführt hat (Fig. 19 und Fig. 20).

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

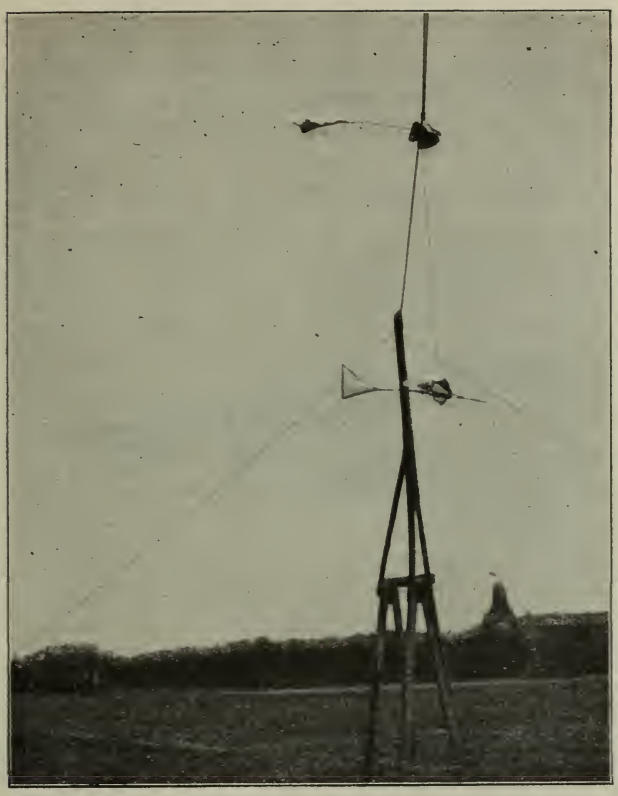

Fig. 18. Vogelmodell im Wind hängend.

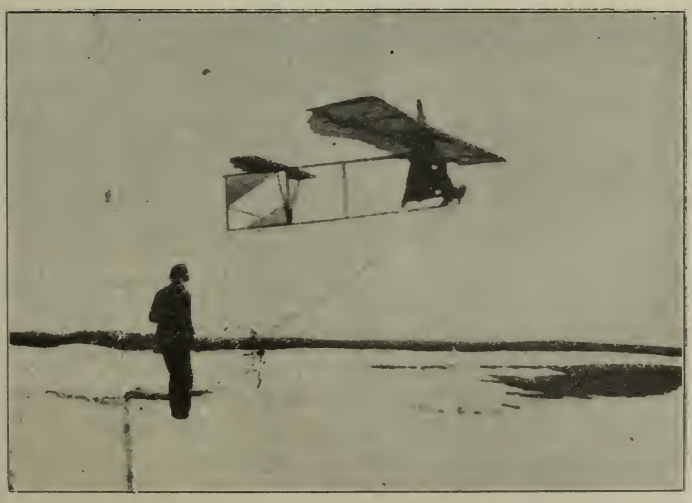

Fig. 19. Segelflug von der Ebene aufsteigend gegen einen Wind von 12 m/S.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Die Tragflächen des Apparates sind der Länge nach nicht gekrümmt. Die Wirkung der Wirbelluft ist daher noch unvollkommen; auch ist kein eigentlicher Rumpf und kein vogelartiger Schwanz vorhanden. Der Apparat ist daher schwer im Gleichgewicht zu erhalten, weshalb die Flüge nicht weiter ausgedehnt

Fig. 20. Friedrich Harth im Segelflugzeug.

werden konnten. Es ist aber zweifellos der Beweis erbracht, daß auch künstliche Flächen Segelfähigkeit besitzen können.

Ich hoffe, durch meine Ausführungen trotz der gedrängten Kürze doch die Meisterschaft der Natur bewiesen zu haben, von der wir eifrig zu lernen haben, wenn wir der Flugtechnik zu größerer Vollkommenheit verhelfen wollen.

Einige neue Formen der *Didelphis lanigera*-Gruppe.

Von Paul Matschie.

Diejenigen Beutelratten, deren Schwanz auf der Oberseite fast bis zur Hälfte der Länge wollig behaart ist, werden bald unter dem Namen *Philander*, bald unter *Caluromys* zusammengefaßt.

Oldf. Thomas beschrieb im Jahre 1903 eine *Caluromys trinitatis venezuelae* (Ann. Mag. Nat. Hist. (7) XI, 493), und zehn Jahre später nannte er die Gruppe „*Philander*“ (l. c. (8) XII, 359 und 573),

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sitzungsberichte der Gesellschaft Naturforschender Freunde zu Berlin

Jahr/Year: 1917

Band/Volume: 1917

Autor(en)/Author(s): Lilienthal Gustav

Artikel/Article: Der Einfluß der Flügelform auf die Flugart der Vögel. 261-280