

Ueber die Ermittlung der besten Flügelformen.

Von **Otto Lilienthal**.

Die Erfolge, welche wir bei praktischen Flugversuchen erzielen, werden in erster Linie immer von den Formen abhängen, welche wir den Flügeln geben, mit deren Hülfe wir Flugresultate erlangen wollen. Es giebt deshalb wohl kein wichtigeres Thema in der Flugtechnik als die Bestimmung der besten Flügelformen.

Von der primitiven Anschauung, dass wir mit ebenen Flügeln vortheilhafte Flugwirkungen hervorrufen können, sind wir bereits abgekommen. Auch wissen wir schon, dass die flache Muldenform der Vogelflügel ausserordentliche Vorthelle beim Fliegen bietet. Die Versuche über den Luftwiderstand gewölbter Flächen haben dargethan, dass selbst geringe Krümmungen des Flügelprofils die Tragfähigkeit erheblich vergrössern und dadurch die zum Fliegen erforderliche Arbeit wesentlich vermindern. Wir haben dadurch überhaupt erst die Flugerscheinungen in der Vogelwelt begreifen gelernt.

Der Vogelflügel ist nun aber nicht allein durch die Krümmung seines Querschnitts ausgezeichnet, sondern seine übrige Bauart und Form hat jedenfalls auch noch einen Einfluss auf den Flugeffect. So ist die Umrissform des Flügels gewiss von Bedeutung. Noch mehr aber wird die Querschnittsform der Flügel und Schwungfedern zum vortheilhaften Fliegen beitragen. Ob die aus Federn gebildete Structur des Flügels demselben besondere Eigenschaften verleiht, wodurch der Trageeffect erhöht wird, ist zwar von Forschern schon vermuthet jedoch noch nicht bewiesen, weil es an vergleichenden Versuchen fehlt. Deshalb ist es auch fraglich, ob wir Unrecht thun, wenn wir uns beim Bau von Flugapparaten mehr an die praktisch leichter ausführbare Construction der Fledermausflügel halten. Die Fledermaus fliegt übrigens besser, als man ihr nachsagt. Zwei frühfliegende Fledermäuse, welche ich in diesem Sommer im hellen Sonnenschein und bei etwas windigem Wetter fliegen sah, segelten so schön ohne Flügelschläge, dass ich sie anfangs für Schwalben hielt. An windstillen Abenden muss die Fledermaus natürlich beständig flattern. Die früh fliegende Fledermaus heisst auch „Abendsegler“, worin schon ausgedrückt liegt, dass sie einen segelnden Flug hat.

Das wichtigste Moment in der Form des Flügels wird immer das Flügelprofil bilden. Betrachten wir irgend einen Vogelfittich, so finden wir denselben an seiner vorderen Kante durch Einlagerung der Armknochen wesentlich verdickt. Es fragt sich nun, welche Rolle spielt diese Ver-

dickung des Flügels bei der Profilwirkung. Die Verdickung ist nicht unerheblich, besonders bei Vögeln mit langen, schmalen Flügeln. Ein in meinem Besitz befindlicher Albatros hat eine Flügelbreite von 16 cm und eine Flügelarmdicke von 2 cm. Die Dicke ist also $\frac{1}{8}$ der Flügelbreite. Da nun der Albatros einer der besten Segler ist, so kann man nicht gut annehmen, dass die verhältnissmässig grosse Dicke des Flügels an seinem vorderen Theile beim Fliegen und namentlich beim Schwebefluge schädlich wirken sollte. Man kommt vielmehr auf die Vermuthung, dass das Profil der Albatrosflügel ganz besonders zum Schwebeflug geeignet sei.

Es ist wichtig, dass wir über diese Einzelheiten uns Gewissheit verschaffen; denn diejenigen Flügel, welche unter sonst gleichen Umständen die beste Tragfähigkeit entwickeln, verdienen den Vorzug, weil wir durch sie am meisten an der schwer zu beschaffenden motorischen Leistung beim Fliegen ersparen können.

Das Experiment könnte uns hierüber Aufschluss geben, aber die bisher üblichen Methoden gestatten leider garnicht, die feineren Unterschiede in der Tragwirkung von Flügelflächen zu messen. Man muss doch die zu untersuchenden Flächen irgendwie befestigen und unter gewissen Winkeln durch die Luft führen. Dabei werden sich stets störende Einflüsse bemerkbar machen. Es werden die Reibungen in den Apparaten die Genauigkeit der Messungen beeinträchtigen. Die Winkel, unter denen die Flächen von der Luft getroffen werden, lassen sich nicht genau feststellen. An Rotationsapparaten werden die entstehenden Wirbel von vornherein genaue Resultate ausschliessen. Wenn man dagegen die zu untersuchenden Flächen dem Winde aussetzt, so vermeidet man einige Fehlerquellen, nimmt dafür aber wieder andere in den Kauf. Die von Wellner veranstalteten Luftwiderstandsmessungen auf der fahrenden Locomotive leiden ebenfalls an Ungenauigkeiten, weil die Locomotive eine gewaltige Furche durch die Luft zieht, an deren Begrenzung die Luft alle möglichen unsichtbaren und uncontrolirbaren Bewegungen ausführt, deren störenden Einflüssen die kleine Versuchsfläche ausgesetzt ist. Sobald es sich also um die Ermittlung feinerer Unterschiede in den Trageffecten handelt, versagen alle diese Methoden ihren Dienst.

Es ist hierbei zu bedenken, dass ein Winkel von einem einzigen Grad schon eine wichtige Grösse bei diesen Experimenten darstellt. Die Flügel derjenigen Vögel, die auf den dauernden Segelflug sich verstehen, haben die Eigenschaft, dass dieselben, unter äusserst spitzen Winkeln von der Luft getroffen, doch noch den Vogel zu tragen und gegen den Wind zu führen im Stande sind. Dieses kann nur an der vorzüglichen Flügelform liegen, und ehe wir über die besten Flügelformen nicht ganz im Klaren sind, können wir nicht daran denken, ähnliche Effecte selbst hervorzurufen.

Die schwebenden Vögel sind in jeder Beziehung unser Vorbild. Wenn es uns gelingt, in die Einzelheiten der Flügelform, der Flügelstellung und

vor allem der Ausnützung des Windes einzudringen, dürfen wir auch hoffen, dass wir schliesslich das Schweben und Kreisen der Vögel nachbilden können.

Durch vielseitige und verständnissvolle Beobachtung der Vogelwelt müssen wir den richtigen Flügelbau und die rechte Flügelanwendung kennen lernen. Es nützt uns aber wenig, wenn wir den schwebenden Vogel herunterschliessen und den leblosen Flügel betrachten. Nur so lange der Vogel mit den ausgespannten Fittichen auf der Luft ruht, haben dieselben jene Gestalt, welche das Räthsel des Fluges erklärt. Auch die photographische Fixirung des schwebenden Vogels kann uns nur in beschränkter Weise nützen. Ueber die Profile der Flügel, auf die es gerade besonders ankommt, giebt uns die Photographie so gut wie keinen Aufschluss. Es bleibt uns somit nur unser geübtes Augenmass, dem wir die richtigen Flügelverhältnisse einprägen können. Dies wird aber um so wirkungsvoller sein, je grösser der beobachtete Vogel ist, je näher er sich befindet und je öfter wir Gelegenheit haben, die rechten Eindrücke in uns aufzunehmen.

Alles dieses bot sich mir in ausgiebiger Weise diesen letzten Sommer durch die Entdeckung eines Dorfes, auf dessen 40 Häusern sich nicht weniger als 54 Storchnester befinden und über welchem nach dem Erwachen der jungen Störche sich Hunderte dieser grossen, prächtigen Flieger bei windigem Wetter segelnd in der Luft bewegen. Eine Schilderung der in diesem in der Ostpriegnitz gelegenen Dorfe Vehlin gewonnenen Eindrücke habe ich in No. 316 des Prometheus unter dem Titel: „Unsere Lehrmeister im Schwebefluge“ gegeben.

Die wunderbare Leichtigkeit und Sicherheit, mit welcher der schwebende Storch in windiger Luft sich bewegt, müssen jeden Beobachter in der Ueberzeugung bestärken, dass der Mensch mit den richtigen Flugwerkzeugen ähnliche Flugwirkungen auch müsse erzielen können.

Der fliegende Storch unterlässt schon bei 6—8 m Windgeschwindigkeit die Flügelschläge und bewegt sich dann nur noch segelnd oder schwebend. Nach unseren Berechnungen müsste jedoch ein Wind von über 10 m Geschwindigkeit herrschen, damit der Storch sich ohne Flügelschläge in der Luft halten könne. Es bleibt hiernach nur die Annahme übrig, dass den richtigen Flügelformen noch Eigenschaften innewohnen, durch welche das Schweben und Segeln in der Luft ganz besonders begünstigt wird. Ich bin zu diesem Schlusse auch dadurch gedrängt, weil ich vielfach beobachtete, dass der Storch wie viele andere Vögel, bei windschwachem Wetter ohne Flügelschläge durch die Luft gleitend, eine flachere und längere Bahn beschreibt, als wenn ich mit meiner verhältnissmässig grösseren Segelfläche bei gleicher Luftbewegung im Schwebefluge mich befinde. Selbst wenn ich den durch meine Körperhaltung erzeugten Widerstand gänzlich eliminirte, würde ich dennoch das günstige Schwebeverhältniss des Storches nicht ganz erreichen. Dies kann nur davon herrühren, dass die Form des Storchflügels derjenigen meiner Segelflächen überlegen ist.

Bei meinen Flugversuchen war ich vielfach bestrebt, die Flügelformen zu verbessern. Meine Experimente erstrecken sich besonders nach zwei Richtungen. Einmal bin ich bemüht, meine Erfolge im Durchsegeln der Luft mit unbeweglichen Apparaten dadurch auszudehnen, dass ich die Bewältigung immer stärkerer Winde einübe, um dadurch womöglich in den dauernden Schwebeflug hineinzukommen. Andererseits suche ich den dynamischen Flug durch Flügelschläge zu erreichen, die als einfache Zuthat zu meinen Schwebeflügen eingeführt werden. Die zeitraubende Verbesserung der zu Letzterem erforderlichen maschinellen Einrichtungen hat mich aber zu bestimmten Resultaten noch nicht gelangen lassen. Dagegen bin ich mit dem Winde im letzten Sommer auf einen etwas vertrauteren Fuss gekommen.

Ich habe schon in früheren Veröffentlichungen darauf hingewiesen, dass man die Grösse der Segelflächen nicht über ein gewisses Maass ausdehnen darf, um ihre Handhabung in windiger Luft nicht zu sehr zu erschweren, und dass man mit Flächen bis zu $14 \square m$, welche, von Spitze zu Spitze gemessen, 7 Meter nicht überschreiten, bei gehöriger Uebung allenfalls mässige Winde bewältigen kann. Mit Apparaten dieser Grösse ist es mir vorgekommen, dass plötzliche Anschwellungen des Windes mich hoch aus der gewohnten Flugbahn heraushoben und mich zuweilen an einem Punkte in der Luft auf Secunden festhielten. Bei diesen Gelegenheiten ereignete es sich sogar einmal, dass ich von der Spitze meines Fliegehügels durch einen Windstoss senkrecht abgehoben wurde und einige Secunden etwa 5 Meter über dem Hügel schwebte, von wo ich dann den Flug gegen den Wind fortsetzte. Obwohl der Wind mich oft stark hin und her schleuderte, gelang mir doch stets die glückliche Landung. Dennoch aber gewann ich die Ueberzeugung, dass bei Zunahme der Flügelgrösse oder Verwerthung stärkerer Winde irgend etwas geschehen müsse, um die Lenkbarkeit der Apparate zu vervollkommen.

Ich übergehe die Mittel, welche von mir angewendet wurden, um durch willkürliche Formveränderung der Flügel die Stabilität des Fluges zu vergrössern, weil ein anderes Princip überraschend günstige Resultate ergab.

Durch meine Segelflugübungen bin ich daran gewöhnt, durch einfache Schwerpunktsverlegung die Lenkung zu bewirken. Je kleiner hierbei die Apparate in ihrer Flächenausdehnung sind, um so mehr habe ich dieselben in der Gewalt. Angeregt durch die schönen Schwebeflüge der Störche lag mir viel daran, bei möglichst starkem Winde meine Uebungen auszuführen. Wenn ich jedoch bei windigerem Wetter kleinere Tragflächen nehme, so wird an dem Effecte nicht viel gebessert. Es kam mir deshalb der Gedanke, zwei kleinere Tragflächen übereinander anzubringen, welche beim Durchsegeln der Luft beide hebend wirken. Es muss dann dasselbe Resultat sich ergeben, als wenn eine einzige Fläche die doppelte Tragfähigkeit besitzt,

aber wegen ihrer Kleinheit den Schwerpunktsveränderungen genügend gehorcht.

Bevor ich an die Ausführung dieser doppelten Segelapparate ging, stellte ich mir aus Papier kleine Modelle nach diesem Systeme her, um das Verhalten eines solchen Flugkörpers bei freier Bewegung in der Luft zu studiren und nach dem Ergebniss den Bau der Apparate im Grossen einzurichten.

Gleich die ersten Versuche mit diesen kleinen Modellen überraschten mich durch die Stabilität der Flüge. Ich habe mich früher wiederholt vergeblich bemüht, vogelähnliche Modelle herzustellen, welche sich selbst überlassen von höheren Punkten stabil durch die Luft gleiten. Ich erinnere an die umfangreichen Arbeiten, über welche Herr v. Sigsfeld in der Sitzung d. D. V. z. F. d. L. vom 19. December 1892 berichtete, nach welchen die Herstellung selbstthätig in eine stabile Flugbahn sich einstellender Modelle mit den grössten Schwierigkeiten verknüpft schien. Ich selbst habe früher daran gezweifelt, dass ein lebloser, schnell vorwärts segelnder Flugkörper ein gutes Gleichgewicht in der Luft finden könne, war also um so mehr erfreut, als es mir gelang, meine neuen Modelle schliesslich zu absolut stabilem Fluge aus grösserer Höhe einrichten zu können.

Bevor ich auf die sich hieraus ergebenden Consequenzen eingehe, will ich kurz über meine Flugversuche mit doppelten, übereinander liegenden Segelflächen berichten.

Meine Versuche im Kleinen zeigten mir, dass keinerlei Störung durch eine oberhalb angebrachte Fläche eintritt, wenn dieselbe in ausreichender Entfernung von der unteren Fläche sich befindet. Diese Entfernung muss mindestens $\frac{3}{4}$ der Flügelbreite betragen.

Ich baute mir zunächst einen Doppelapparat, bei dem jede Fläche 9 □ m besitzt, erhielt also eine verhältnissmässig grosse Tragfläche von 18 □ m bei nur $5\frac{1}{2}$ m Spannweite.

Die obere Fläche hat keineswegs eine aufhaltende Wirkung beim Fluge, noch wirkt sie je nach der Stärke des Windes mehr oder weniger hintenüberdrehend auf die Stellung des Apparates, sondern entwickelt nur eine senkrecht hebende Zugkraft. Die ganze Handhabung eines solchen Doppelapparates ist genau wie bei der einfachen Schwebefläche. Ich konnte also die von mir erlangte Fertigkeit ohne Weiteres anwenden.

Die energische Wirkung der Schwerpunktsverschiebung und die dadurch erreichte sichere Einstellbarkeit des Apparates gab mir Muth, mich einem Winde anzuvertrauen, bei welchem zuweilen über 10 m Geschwindigkeit gemessen wurden. Dieses lieferte denn auch die interessantesten Ergebnisse meiner sämtlichen bisherigen Flugversuche. Schon bei 6 bis 7 Meter Windgeschwindigkeit kann ich fast horizontal von der Spitze meines Hügels ohne Anlauf absegeln. Bei grösserer Windstärke lasse ich mich von der Bergspitze einfach abheben und segle dem Winde langsam entgegen. Die

Flugbahn ist bei zunehmendem Winde oft stark aufwärts gerichtet. Am Gipfelpunkt einer solchen Fluglinie kommt der Apparat oft längere Zeit zum Stillstand, sodass ich oben in der Luft mit den Herren, die mich zu photographiren wünschen, und denen wir die Abbildungen verdanken, über die zur Aufnahme geeignetste Stellung verhandeln kann¹⁾. (S. die beiliegenden Flugbilder).

Ich fühle bei diesen Gelegenheiten sehr deutlich, dass ich gehoben bleiben würde, wenn ich mich etwas auf eine Seite legte, einen Kreis beschriebe und mit der hebenden Luftpartie fortschritte. Der Wind selbst sucht diese Bewegung einzuleiten, denn meine Hauptthätigkeit in der Luft besteht darin, das Wenden nach Rechts oder Links zu verhüten, weil ich weiss, dass hinter mir und unter mir der Berg liegt, von dem ich abgeflogen bin, und mit dem ich in eine unsanfte Berührung kommen würde, wenn ich mich auf das Kreisen einliesse. Mein Bestreben ist aus diesem Grunde dahin gerichtet, entweder durch noch stärkeren Wind oder durch Flügelschläge höher und vom Berge weiter ab zu kommen, so dass ich kreisend den stark hebenden Windpartien folgen kann und den genügenden Luftraum unter mir habe, um mit Sicherheit einen Kreisflug zu vollenden und schliesslich gegen den Wind gerichtet zu landen.

Ich habe dann noch einen grösseren Doppelapparat von zusammen 25 qm Segelfläche angefertigt. Derselbe bewährt sich bei ruhigem Wetter sehr gut, ist aber bei seinen 7 Metern Spannweite in stärkerem Winde wiederum schwer zu regieren.

Parallel mit diesen Flugübungen veranstaltete ich Versuche mit frei fliegenden Modellen. Nachdem ich erst einige kleine Doppelflächen zu stabilem Fluge gezwungen hatte, versuchte ich auch bei Modellen mit einer Fläche ein stabiles Segeln zu erzielen. Dasselbe gelang ohne alle Schwierigkeiten. Wenn ich jedoch die Gründe für die Ermöglichung dieser sicheren Gleitflüge angeben soll, so komme ich fast in Verlegenheit, weil ich wirklich nichts anderes gemacht habe wie früher, wo mir dergleichen nicht gelingen wollte. Ich habe auch jetzt nur wie sonst eine horizontale Steuerfläche angebracht und den Schwerpunkt nach der richtigen Stelle zu rücken versucht, mit dem einzigen Unterschiede, dass mir das Letztere früher nicht gelang, während ich jetzt die besten Resultate erhielt. Es ist möglich, dass die drei verticalen Scheidewände bei dem Doppelflieger, den Fig. 1 S. 243 perspectivisch darstellt, die Stabilität des Fluges fördern und dass die eine mittlere Scheidewand, welche der einfache Flieger noch besitzt und in Fig. 2 S. 243 in der Seitenansicht zeigt, noch ausreicht, um einen sicheren Gleitflug zu geben. Genug, wenn man die Steuerfläche, die ich meistens durch eine natürliche Feder bildete, nicht zu hoch und nicht zu tief richtet und das

¹⁾ Die Aufnahmen erfolgten von den Herren Dr. Neuhauss und Dr. Fülleborn mit der von Dr. Neuhauss construirten Stegemann'schen Geheimcamera.

kleine Laufgewicht vorn am Apparate nach dem rechten Punkte schiebt, sodass der Schwerpunkt des Apparates etwas vor der Mitte der Segelfläche

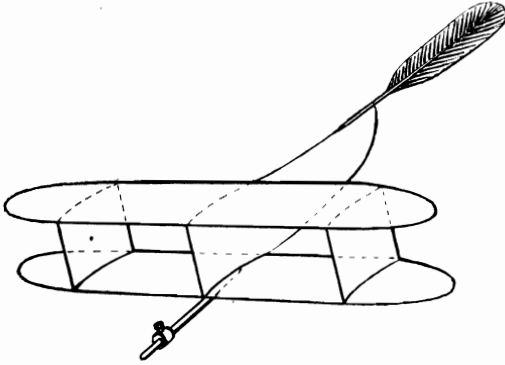


Fig. 1.

liegt, so schwimmen diese kleinen Modelle in der Luft herum, als wenn sie Leben hätten. Da dieselben sehr leicht sind, so ist die Fluglinie fast ho-



Fig. 2.

rizontal, bei schwachem Winde oft ansteigend. Mit fast rührender Ausdauer suchen diese kleinen Flieger sich gegen den Wind zu richten, bleiben zuweilen in der Luft an einem Punkte schweben und beschreiben prachtvolle Kreise wie der geübteste Bussard. Nach längerem Schweben gelangen sie schliesslich sanft auf dem Erdboden an.

In möglichst windstiller Luft verlaufen diese Flüge mit grösster Regelmässigkeit, sodass die Flugdauer bei einer bestimmten Abflughöhe fast immer dieselbe ist.

Diese Eigenschaft ist nun aber sehr werthvoll, um genaue Ermittlungen über die besten Flügelformen anzustellen.

Wie schon erwähnt, sind die für diese Zwecke sonst üblichen Messmethoden mit so starken Fehlerquellen behaftet, dass deren Einflüsse schliesslich grösser sind als die Einflüsse der Profilverbesserungen; denn es ist zu bedenken, dass es sich hier besonders um ganz spitze Luftstosswinkel handelt. Wenn ich aber die zu untersuchende Fläche sich ihren Weg durch die Luft selbst suchen lasse, während sie ganz frei schwebt und durch nichts weiter beeinflusst wird als durch ihr Gewicht und den durch ihre Bewegung hervorgerufenen tragenden Luftdruck, so sind eigentlich alle Fehlerquellen vermieden und noch die feinsten Unterschiede der Profilwirkung müssen sich in der durchlaufenen Flugbahn kennzeichnen.

Diese Messmethode habe ich nun angewendet, um verschiedene Profil- und Flügelformen auf ihren Werth für den Schwebeflug zu untersuchen.

Die erste Anregung hierzu gaben auch meine diesjährigen Storchbeobachtungen. Ich habe schon lange die Vermuthung gehegt, dass die Verdickung, welche alle Vogelflügel an ihrem vorderen Rande durch Einlagerung der Arm- und Handknochen besitzen, die Schwebewirkung begünstigen. Schon in meinem Werke über den Vogelflug habe ich dies auf Seite 95 zum Ausdruck gebracht. Es war mir aber durch keine meiner früheren Messmethoden möglich, Genaueres hierüber zu erfahren.

Durch die Methode des freien Schwebens konnte ich nun feststellen, dass in der That die Natur aus der Noth eine Tugend gemacht hat, dass der verdickte Vorderrand nicht nur unschädlich ist, sondern den Schwebeffect nicht unerheblich erhöht.

Diese Experimente sind sehr leicht anzustellen. Man braucht sich nur lauter gleich grosse und gleich schwere Versuchsflächen anzufertigen, welche sich nur dadurch unterscheiden, dass sie lauter verschiedene Profilformen besitzen. Ich stelle diese Profile aus starkem Zeichenpapier her und gebe ihnen etwa 10 cm Breite und 50 cm Länge.

Von jedem Dach, von jedem Thurm, vor dem sich ein freier Platz befindet, kann man die Modelle absegeln lassen. Jedes Stück muss bei möglichst ruhiger Luft viele Male durch die Luft gleiten, bis es unten anlangt. Die dazu erforderlichen Zeiten werden notirt und bei jedem einzelnen Exemplare aus einer grösseren Versuchsreihe das arithmetische Mittel bestimmt. Die Modelle mit den besten Profilen werden am längsten und weitesten fliegen. Dadurch erhält man eine zuverlässige Scala über den Werth der Profile und sieht ganz genau, nach welcher Richtung man die vortheilhaftesten Formen zu entwickeln hat.

Bisher suchte ich den besten Flügelverhältnissen dadurch nachzuspüren, dass ich meine Segelapparate in den verschiedensten Formen ausführte. Es hat sich auch dadurch schon so manches wichtige Ergebniss herausgestellt. Aber die Anfertigung grösserer Apparate ist zeitraubend und kostspielig, und daher eine Methode sehr willkommen, welche die genaue Untersuchung der Flügelformen an Modellen, welche selbstthätig fliegen können, gewährt. Es ist ausserdem nicht Jedermanns Sache, sich mit einem Segelapparat in die Luft hineinzustürzen, obwohl derjenige, der zum praktischen Fliegen gelangen will, diesen Weg kaum wird vermeiden können.

Hier, wo es sich zunächst darum handelt, dem so überaus vollkommenen natürlichen Flügel seine besten Eigenschaften abzulauschen und durch das Experiment den genauen Nachweis zu liefern, worin diese Eigenschaften eigentlich bestehen, bieten die stabil segelnden Modelle Jedermann Gelegenheit, nach dieser Richtung thätig zu sein. Hierzu kommt, dass derjenige, welcher diese Art von Versuchen aufnimmt, seine helle Freude haben wird an dem prächtigen Schweben seiner kleinen Flieger, die oft mit dem besten Segler unter den Vögeln wetteifern. Ich kann daher diese Beschäftigung

nicht nur zur Förderung der flugtechnischen Wissenschaft, sondern schon deshalb empfehlen, weil sie ein höchst anregendes Vergnügen bietet.

Die wenigen Messungen, welche ich bis jetzt nach dieser Methode veranstaltete, sind zu lückenhaft, um für die Veröffentlichung sich zu eignen. Ich bereite aber eine systematische Versuchsreihe vor, nach deren Durchführung ich die Ergebnisse an dieser Stelle mittheilen werde. Gleichzeitig gebe ich mich der Hoffnung hin, dass meine heutigen Notizen die Anregung bieten, dass auch von anderen Seiten parallele Versuche veranstaltet werden, sodass wir uns dadurch um so schneller dem erstrebten Ziele nähern.