

(68)

Die Fliegearbeit besteht immer aus einem Produkt dessen einer Faktor eine Kraft von der ungefähren Größe des zu hebenden Körpergewichtes ist und dessen anderer Faktor die Abwärtsgeschwindigkeit der Flügel ist, gemessen in ihrem Luftwiderstandsschwerpunkte.

Wenn es nun darauf ankommt dieses Arbeitsprodukt zu verkleinern, so läßt sich mit dem Kraftfaktor der Natur der Sache noch nicht viel beginnen. Günstig beeinflussen können wir ²nur eben ¹den Geschwindigkeitsfaktor, indem wir die Bedingungen suchen, unter denen, mit wenig Arbeitsgeschwindigkeit viel aufwärts gerichteter Luftwiderstand erzeugt wird.

Von der absoluten Geschwindigkeit kommt nur immer derjenige Bestandteil als Arbeitsgeschwindigkeit in Betracht, welcher bei der

(69)

Kraftleistung dem fliegenden Körper fühlbar wird, und dieses wird bei Flügelbewegungen meistens die senkrechte Komponente der absoluten Geschwindigkeit sein.

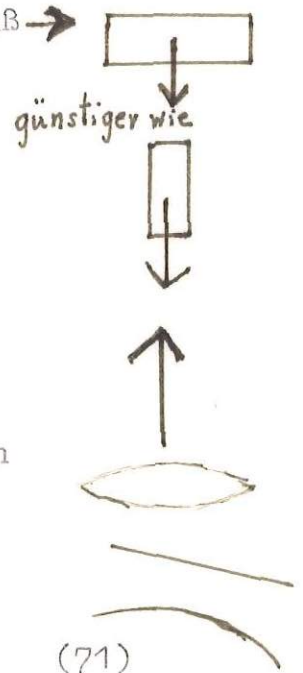
In unserer Absicht lag es also eine Flächenform aufzuführen, welche unter möglichst spitzem Winkel durch die Luft bewegt bei einer möglichst geringen vertikalen Geschwindigkeitskomponente einen möglichst großen Auftrieb erfährt und zwar bei einer möglichst kleinen, die Vorwärtsgeschwindigkeit hemmenden Kraftkomponente.

Wenn durch beifolgende Figuren eine Reihe von Flächenkrümmungen angegeben sind, welche unter allen möglichen Neigungswinkeln in der genannten Turnhalle von uns versucht wurden, so wurden wir bald darüber belehrt, daß die einfach gekrümmten Flächen unseren Bestrebungen am besten entsprachen.

(Text linksseitig: Arbeit Produkt Faktoren / nur Geschwindigkeit beeinflussen, Bedingungen suchen für wenig Arbeitsgeschwindigkeit / viel aufwärts gerichtete Luft / absolute Geschw. ?

Ferner fanden wir, daß die Kontur des Flächenrandes von wesentlichem Einfluß auf die Erzielung günstiger Luftwiderstandsverhältnisse ist. Es stellte sich heraus, daß Die vorteilhaftesten Erscheinungen traten ein, bei länglichen, in Spitzen auslaufende Flächen, welche quer zu ihrer Längsachse bewegt werden. Die theoretischen Betrachtungen, welche wir hieran knüpften waren folgende:

Eine ebene und eine gekrümmte Fläche müssen unter allen Umständen bei schräger Bewegung durch die Luft wesentlich verschiedene Erscheinungen bieten. Die Luftteilchen, welche von der schrägstehenden ebenen Fläche getroffen werden, müssen



plötzlich andere Lagen einnehmen, ohne ihren Massenträgheit Rechnung zu tragen. Es müssen dadurch Stoßwirkungen und Wirbel erzeugt werden, die von vorne herein auf eine Verminderung des beabsichtigten Nutzeffektes schließen lassen.

Ein möglichst großer, möglichst senkrecht nach oben gerichteter Gegendruck auf die Fläche wird beabsichtigt. Dies kann nur dadurch erreicht werden, daß durch die Fläche der auf sie treffenden Luft eine möglichst vollkommene, möglichst nach unten gerichtete Beschleunigung erteilt wird.

Die ebene Fläche wird in höherem Grade nur mit ihrer Vorderkante eine nach unten gerichtete Beschleunigung auf die Luft ausüben können,

und die Luftteile werden nach der Berührung mit der Vorderkante im wesentlichen schon die Wege einschlagen, welche ihnen durch die Richtung der Fläche im Ferneren vorgeschrieben sind.

Ein großer Teil der ebenen Fläche wird also mit wenig Nutzen an der Luft vorbeistreichen, während der vordere Teil der Fläche in Rücksicht des nicht zu vermeidenden Stoßes unvorteilhaft wirken wird.

Hier hingegen wird die gewölbte Fläche die Luftteile allmählich aus ihrer Lage bringen, indem sie denselben nach und nach, ohne Stoß, eine nach unten gerichtete Geschwindigkeit erteilt. Nur die gewölbte Fläche wird die Luft möglichst ohne Wirbel mit einer Geschwindigkeit nach unten entlassen, und zwar mit einer Geschwindigkeit, deren Richtung gewissermaßen der Tangente des letzten Flächenstückes entspricht.

Schon diese Tangentenrichtung spricht für die Vorteile der gewölbten Flächen.

Eine gleichmäßige Beschleunigung würde die Luft theoretisch durch eine parabolisch gewölbte Fläche erteilt werden.

Der nach unten gerichtete Bestandteil der lebendigen Kraft der Luftteilchen nach Verlassen der Fläche ist maßgebend für den nach oben gerichteten auf die Fläche ausgeübten Druck, und aus diesem Grunde wird in Bezug auf die beabsichtigten Wirkungen die gewölbte Fläche der ebenen Fläche bedeutend überlegen sein.

Während die ebene Fläche viele Wirbelbewegungen erzeugt mit geringen vertikalen Bewegungsbestandteilen, wird die entsprechend gewölbte Fläche eine vertikal oszillatorische Wellenbewegung in der Luft hervorrufen, mit möglichst großen

vertikalen Bewegungsbestandteilen. Je vollkommener diese Wellenbewegung, desto vollkommener die gewünschte Wirkung; je reiner diese Wellenbewegung an vertikalen Schwingungsbestandteil ist, desto vollkommener wird die reine Hebewirkung auf die wellenerzeugende, gekrümmte Fläche sein, indem der größten Aktion auch die größte Reaktion entspricht.

Eine auf diese Weise erzeugte Luftwelle wird eine gewisse Breite haben, je nach der Breite der gewölbten Fläche. Die Welle kann aber ohne Wirbelbildung an beiden Seiten nur in ruhende Luft übergehen, wenn die Fläche so geformt ist, daß die Welle selbst allmählich nach den Seiten zu bis zu Null abnimmt.

Diese allmähliche Abnahme wird gewonnen, wenn die Fläche seitlich in Spitzen ausläuft 

(Randnotiz: Kompression Wellenberg Wellental)

Ganz allgemein mußten wir folgern, daß man mit der Luft , die vorteilhaft tragen soll, viel zu roh umgegangen ist. Eine Luft, die uns bei Aufwand geringer mechanischer Arbeit tragen soll, darf nicht durch ebene Flächen zerrissen und gebrochen, dieselbe muß durch richtig gewölbte Flächen gebogen werden.

Der Wind, welcher unter unseren Flügeln hinstreicht, darf nicht auf ebene Flächen stoßen, sondern muß Flächen vorfinden, denen er sich anschmiegen kann, und an diese Flächen wird er allmählich seine lebendige Kraft zur Tragwirkung bei möglichst geringer zurücktreibende Wirkung abgeben. Ist diese Überzeugung die richtige, daß in der Vermeidung von Wirbelbewegungen dasjenige Prinzip verborgen liegt,

welches uns vielleicht einmal in den Stand setzt, die Luft wirklich zu durchfliegen, so kann man fast mit geschlossenen Augen den Geheimnissen des Luftwiderstandes nachspüren, denn schon unser Ohr verrät uns, ob wir es mit reinen Wellenbewegungen zu tun haben, oder ob Kraft verzehrende Nebenwirbel dabei entstehen; denn einer geräuschlos durch die Luft bewegte Fläche wird stets der Vorzug zu geben sein, gegenüber einer Fläche, die sich unter ähnlichen Bedingungen nicht ohne hörbares Rauschen durch die Luft bewegen läßt. Hier wird das Auge also durch das Ohr unterstützt.

Die Natur belehrt uns ebenfalls, daß die gefundenen Verhältnisse wohl am Ende die richtigen sind.

Zunächst sind alle Vogelflügel hohl geformt, und wenn die Flügel nicht in einer Spitze endigen, so endigen sie eben in mehreren Spitzen.

Daß der Aufriß solcher Flugflächen unter Innehaltung dieser Merkmale dennoch sehr verschieden sein kann, lehren nebenstehende Vogeltypen.

Die Natur erledigt diese Aufgabe, wie die gezeichneten Beispiele zeigen, durchaus nicht in einseitiger Weise.

Durch die Gesamtheit dieser Betrachtungen wurzelte in uns die Überzeugung, daß es darauf vor allem ankommt, möglichst genaue Messungen darüber anzustellen, wie groß und wie gerichtet der Luftwiderstand ist, den solche Flächen erfahren, welche den eigentlichen Flugflächen der Vögel möglichst nahe kommen; und zwar einmal, wenn diese Flächen unter den verschiedensten Neigungen vom Wind getroffen werden, das andre Mal, wenn derartige Flächen durch ruhende Luft unter verschiedenen Schrägstellungen bewegt werden.

Im Jahre 1874 stellten wir eine Vorrichtung her, welche gestattete, den Druck des Windes auf beliebig schräg gestellte Flächen sowohl nach Größe und Richtung zu messen. Ein doppelarmiger leichter ausbalancierter

Hebel war in ca $2\frac{1}{2}$ m Höhe mit seinem Drehpunkt an einem leichten Stativ befestigt. Um die vertikale Luftdruckkomponente zu messen, wurde der Hebel horizontal angewendet, während an seinem, dem Wind abgewandten Ende die Fläche unter der betreffenden Neigung befestigt wurde. Das andre Hebelende diente dazu, das abbalancierende Gegengewicht aufzunehmen. Auf diese Weise war der Hebel in ruhiger Luft im Gleichgewicht.

Wenn nun der Wind auf die so gelagerte Fläche einwirkte, konnte man durch eine Federwaage, die an einer Schnur unter der Fläche hing, die vertikale Luftwiderstandskomponente messen. Zur Bestimmung der horizontalen Luftwiderstandskomponente wurde der Hebel vertikal gestellt, und die Fläche unter denselben

Neigungen zum Horizont an seinem oberen Ende angebracht. Am unteren Hebelende wurde dann wieder durch eine leichte Federwaage in horizontaler Richtung, die oben wirkende horizontale Windkraft festgestellt.

Die Geschwindigkeit des Windes wurde hierbei durch einen Apparat gemessen, an welchem der auf eine Fläche wirkende Wind eine Spiralfeder ausreckte und durch einen Zeiger auf einer Skala direkt die Windgeschwindigkeit angab.

Selbstverständlich mußte dieser Meßapparat in der Nähe der Versuchsfläche angebracht sein, jedoch auch wiederum nicht zu nah, um störend zu wirken.

Die so gefundenen horizontalen und vertikalen Komponenten wurden dann zusammengesetzt und die wahre Größe und Richtung des Luftwiderstandes ermittelt. Die gefundenen

Werte wurden in Diagrammen aufgetragen, um Vergleiche zu ermitteln.

Hierbei stellte sich nun heraus, daß die günstigsten Verhältnisse eintraten, wenn die Wölbung der Fläche eine ähnliche war, wie bei den wirklichen Vogelflügeln, und zwar, wie die Wölbung bei den Vogelflügeln ist, wenn dieselben in Aktion sich befinden, wenn also die Vogelflügel von unten mit einem Luftdruck getroffen werden, der mindestens gleich dem Vogelgewicht ist.

Um diese Wölbung an Vogelflügeln zu bestimmen, wurden dieselben in umgekehrter Lage, also mit der Höhlung nach oben an ihren Knochenteilen befestigt und eine Quantität Sand, gleich dem halben Vogelgewicht, auf der Flügelfläche gleichmäßig verteilt.