

Vortragsmanuskript Otto Lilienthals 1894
handschriftlich, 11 Seiten

Original: Deutsches Museum BN 46626
Manuskript veröffentlicht bei Kopfermann „Über meine Flugversuche“
Transkription Otto-Lilienthal-Museum Anklam

Über die Grundlagen der Flugtechnik

Es giebt wohl kaum einen Menschen, welcher sich nicht hin und wieder über das Fliegen seine Gedanken macht. Gar zu häufig hat man Gelegenheit, einem fliegendem Vogel nachzuschauen und sich an der Freiheit seiner Bewegungen zu erfreuen. Und wer sollte da nicht von dem Wunsche beseelt werden, daß es uns Menschen auch einmal gelingen möchte, die Luft nach jeder Richtung frei wie der Vogel zu durchfliegen.

Das Vorbild, welches uns die Natur bietet, um den freien Flug ohne Anwendung des Auftriebes leichter Gase auszuführen, ist [trotz aller Mannigfaltigkeit, die wir an ihm wahrnehmen, dennoch] insofern ein einheitliches, als alle fliegenden Lebewesen sich schlagender Flügel zur Erhebung in die Luft bedienen.

Eine Aufgabe der Wissenschaft wäre es nun, eine richtige Erklärung des natürlichen Fluges zu geben, während der Technik die Aufgabe zufiele, Apparate herzustellen, welche entweder die Wirkungen des natürlichen Fluges für den Menschen nutzbar nachbilden oder auf eine andere Art mittelst dynamischer Wirkungen eine Erhebung in die Luft erzielen.

Diese Aufgaben sind immer mehr in den Vordergrund getreten, je mehr man sich davon überzeugte, daß die Bewegung des Luftballons gegen den Wind unmöglich sei.

+ Die Wissenschaft hat uns aber zur Lösung dieser Aufgaben recht lange im Stich gelassen. Es war lange Zeit nicht möglich, eine Erklärung der natürlichen Flugwirkungen zu geben. Bei der Berechnung zeigte sich, daß die fliegenden Thiere eigentlich gar nicht fliegen können, daß ihre Flügelschläge keineswegs ausreichend sind, den Körper durch Erzeugung von Luftwiderständen zu tragen.

Der Fehler in diesen offenbar falschen Berechnungen lag an einer Kleinigkeit. Man hatte bis in die neueste Zeit angenommen, daß die Flügel ebene Flächen darstellen, und hatte demgemäß auch die Luftwiderstände ebener Flächen in die Rechnung eingesetzt. Man wußte zwar sehr wohl, daß namentlich die Vogelflügel [nicht] ganz eben seien, sondern ein etwas gekrümmtes, nach unten concaves Profil besitzen. In der Rechnung vernachlässigte man jedoch diese schwache Wölbung als zu unwesentlich und calculierte immer nur mit den Luftwiderständen ebener Flächen. Die Folge war, daß keinerlei Zusammenhang zwischen den Rechenresultaten und der Wirklichkeit sich erzielen ließ. So ergab sich z. B. , daß die Krähe in der Secunde eigentlich 8 mal mit den Flügeln schlagen müsse , um sich in der Luft zu halten, während wir täglich diesen ~~∅~~ ja nirgends

selteneren Vogel ganz gemächlich nur 2 bis 2^{1/2} Flügelschläge in der Secunde beim ruhigen Fluge ausführen sehen. Der Storch mußte nach der alten Rechnung die Luft mit seinen Flügeln [förmlich] peitschen und dabei eine volle Pferdekraft aufwenden, um nicht herabzusinken. Statt dessen sehen wir den Storch seine Flügel nicht nur ganz langsam auf und nieder bewegen, sondern der Storch und mit ihm viele andere Vögel verstehen es, sogar ohne Flügelschläge [also auch ohne wesentliche Arbeitsleistung], dauernd [in der Luft] dahin zu schweben, nicht nur ohne zu sinken, sondern in schönen Spiralen höher und höher hinaufsteigend. +Unter solchen Umständen ließen sich diese Widersprüche nur

entwirren, wenn man die Fundamentalannahmen [der Berechnungen vollständig] umstieß und eine ganz neue Basis für die Berechnung [zu] gewinnen [suchte]. ~~Wie schon angedeutet, mußte man die an sich schwache Flügelwölbung dennoch respektieren und dadurch erhielt man [in der Tat] eine Grundlage, um alle Erscheinungen des natürlichen Fluges in befriedigender Weise zu erklären.~~ Diese neue aussichtsvolle Rechnungs-Basis für die Flugtechnik ist nun dadurch gefunden worden, daß man die an sich schwache Flügelwölbung dennoch berücksichtigte, und wodurch man dann auch erhielt ~~dadurch~~ in der That eine Grundlage erhielt, um alle Erscheinungen des natürlichen Fluges in befriedigender Weise zu erklären.

+Wir wissen heute, gestützt auf zahlreiche Experimente, daß durch die unscheinbare Wölbung des Flügelquerschnittes die beim Fluge zu leistende Arbeit auf einen geringen Bruchtheil der früher berechneten herabgedrückt wird, besonders, wenn es sich um einen schnellen Flug handelt, wo die Flügel von der Luft nur unter einem spitzen Winkel getroffen werden. Aber auch das Fliegen ohne Flügelschläge, das Schweben und Kreisen der Vögel läßt sich auf Grund der Eigenschaften gewölbter Flügel begreifen.

X

Seitdem die Eigenschaften [durch praktische Versuche ermittelten Luftwiderstände] gewölbter Flügel von mir veröffentlicht wurden, hat sich auch der größere Theil der auf diesem Gebiete thätigen Forscher zur Anwendung gewölbter Flügel bekannt. Seit etwa 5 Jahren sieht man, [erst spärlich und dann immer häufiger], ~~daher die meisten flugtechnischen Constructionen unter Anwendung gewölbter Flügel angeführt~~ die Constructeure von Flugmaschinen gekrümmte Flügelprofile anwenden. +Die Wege jedoch, welche des weiteren eingeschlagen werden, um diese Prinzipien durch mechanische Vorrichtungen zum wirklichen Fluge zu verwerthen, sind verschiedenartige.

~~Aufgabe der Technik ist es,~~ Die gewölbte Fläche Flügel als mechanisches Element [muß natürlich] beim Bau von Flugmaschinen möglichst rationell verwendet werden. Aber [über] die beste Anwendung dieses [wichtigsten] flugtechnischen Elementes sind die Ansichten der Constructeure noch getheilt. Der eine will diese Flächen als Schraubenflügel verwerthen, während der andere sie schaufelradartig zu benutzen gedenkt. Ein dritter will die gewölbte Tragfläche vorn ein wenig angehoben geradlinig und horizontal durch die Luft treiben, um die Wirkung eines Papierdrachens zu erhalten, der statt durch eine Schnur, durch eine Antriebsvorrichtung [vorwärts] bewegt wird.

Nach diesen drei Methoden wird zumeist das Flugproblem zu lösen versucht. Alle drei Methoden, wenden die gewölbte Flächen in sofern richtig an, als dieselbe unter spitzem Winkel die Luft schnell durchschneidet. Den rechten Nutzen erhalten wir aber nur, wenn die Führung der Tragflächen durch ruhige oder gleichmäßig bewegte Luft geschieht, [nur dann stellen sich die günstigen Luftdrucke ein.] Dies ist aber bei allen drei Methoden nicht der Fall. Bei den Schrauben und Rädern, welche nothgedrungen schnell rotieren müssen, findet ein starkes Aufrühren der ganzen umgebenden Luftmasse statt, was bedeutende Verluste in den zu erzielenden Wirkungen zur Folge hat. Bei der Drachenfläche aber ~~findet~~ stellt sich ebenfalls eine theilweise Zerstörung der Tragwirkung ein, weil die Antriebsvorrichtung entweder aus Schrauben oder [Rädern] bestehend, in der Nähe der eigentlichen Tragefläche gelagert und schnell rotierend, den gleichmäßigen Luftstrom vernichtet, was ebenfalls [durch Wirbelbildung] Verluste in der Hebewirkung nach sich zieht.

+ Wenden wir nun unsern Blick zu den fliegenden Thieren, so finden wir, daß diese keine der drei genannten Methoden anwenden und ihr Flugelement, die gewölbte Flügelfläche in noch anderer Art verwerthen, und zwar in einer Art, wo die denkbar vollkommenste Ausnützung stattfindet.

Ein mit Flügelschlägen vorwärtsfliegender Vogel beschreibt mit seinen einzelnen Flügeltheilen Wege in der Luft, welche die beste Ausnützung der Hebewirkung gestatten.

Die Flügeltheile beschreiben schlanke auf und niedergehende Wellenlinien und schmiegen sich durch geringe Verdrehung diesen Luftwegen so an, daß sowohl beim Niederschlag als auch beim Flügelaufschlag hebende Luftdrucke aufgefangen werden, während gleichzeitig ~~Vor~~ die Fluggeschwindigkeit unterhalten wird. Dieses Letztere geschieht dadurch, daß beim Niederschlag die Vorderkante der Flügelspitzen sich senkt, wodurch der Flügelquerschnitt eine nach vorn geneigte Stellung erhält und der entstehende Luftdruck nicht nur tragend, sondern vortreibend wirkt.

Vor allen Dingen aber durchschneidet der Flügel des Vogels stets das umgebende Medium an einer neuen Stelle und nützt dadurch die Tragewirkung der Luft in vollkommenster Weise aus.

+ Diese Eigenschaften ihrer sanft gekrümmten Flügel setzen die Vögel in den Stand, bei Aufbietung sehr geringer Arbeitsleistungen mit großer Ausdauer zu fliegen.

Das durch die Natur gebotene vollendete Beispiel weist uns den Weg, welchen auch wir einzuschlagen haben, um das Reich der Lüfte zu einer wirklich freien Bewegung uns zu erobern.

+ Das Prinzip des Vogelfluges stellt [hiernach] diejenige Fliegemethode dar, welche den geringsten Kraftverbrauch erfordert, aber *eine Hauptbedingung* ist hierbei zu erfüllen: Die Fluggeschwindigkeit muß eine große sein, damit die günstigen Hebewirkungen sich einstellen. Dies gilt besonders von den größeren und schwereren Vögeln, welche verhältnismäßig kleine Flügelflächen zu ihrem großen Gewicht besitzen. Es gelingt diesen Vögeln daher auch nicht, in ruhiger Luft sich senkrecht zu erheben. Sie müssen ~~daher~~ vielmehr einen Anlauf am besten gegen den Wind gerichtet nehmen, um erst einmal in die Luft hinein zu kommen. ~~Viele Vög~~ Einige Vögel vermögen sich sogar nur dadurch in die [freie] Luft hinein zu bewegen, indem sie sich von Abhängen herabstürzen.

~~Letzteres gilt übrigens auch von allen Fledermäusen.~~

+Der Mensch mit seinem Flugapparate stellt unter allen Umständen einen Flugkörper dar, welcher vielmal schwerer ist, als der größte fliegende Vogel und da wir gesehen haben, daß das Auffliegen den großen Vögeln bereits Mühe verursacht, weil ihr Flügelschlag allein sie nicht zu heben vermag, so ist dies ein Fingerzeig, daß der Mensch noch mehr mit derart Schwierigkeiten des ersten Auffluges zu kämpfen haben wird. Wenn aber der erste Anfang des Fluges, das erste Hineinkommen in die Luft besonders schwierig ist, so wird dadurch die Erfindung des Fliegens auch gerade nicht erleichtert.

+Wenn wir uns im Fliegen versuchen, im Fliegen üben wollen, so müssen wir aber doch vor allem erst in die Luft hinein. Nehmen wir also an, es wäre uns gelungen, etwa durch einen Absturz von der Höhe frei in der Luft mit einem Flugapparate zu schweben und in *schnellem Fluge* durch die Luft dahin zu schießen ähnlich einem übernatürlich großen Vogel. Wer bürgt uns nun dafür, daß bei dieser schnellen Bewegung in der Luft *auch die Stabilität* gewahrt bleibt, daß sich unser Fahrzeug nicht gegen die Erde richtet, an derselben zerschellt und uns den Tod bringt? Man könnte den Einwand machen dafür sind ja Steuerapparate vorhanden. Aber ich möchte fragen: Wer hat denn schon einmal einen solchen Steuerapparat einer frei fliegenden Flugmaschine dirigiert? Auf dem Wasser ist das Steuern eine Kleinigkeit, dort handelt es sich nur um das Rechts und Links. In der Luft aber gilt es eine Bewegung im Raum zu machen, dort muß auch ~~herauf und h~~ noch nach oben und nach unten gesteuert werden. Stellen wir uns aber vor, auch dieses wäre uns gelungen, unser Flugapparat bewege sich in gleicher Höhe schnell dahin. [Wir wollen dann den Flug beenden und damit] kommt der eigentlich kritische Moment, die Landung. Bei derselben wollen weder wir Schaden nehmen noch soll der Apparat zerstört werden. Noch immer schießen wir mit Courirzuggeschwindigkeit ~~über die Erde~~ dahin, [und aber wir] nähern uns bereits der Erde. Ich sollte meinen, es gehört nicht nur große Kaltblütigkeit ~~dazu~~ sondern auch eine große Übung dazu [nach solchem Fluge] einen Apparat, welcher seiner Natur nach höchst zerbrechlich sein muß, ohne Zerstörung auf der festen Erde wieder abzuliefern. Und doch kann der Mensch keinen einzigen freien Flug ~~ausführen~~

[unternehmen], ohne gleichzeitig mit diesen drei Schwierigkeiten sich abzufinden: dem ersten Freiwerden von der Erde, dem Aufrechterhalten der Stabilität während des Fluges und dem gefahrlosen Landen.

~~Hieraus folgt, daß nur derjenige, welcher einen Apparat zu bauen und anzuwenden versteht, mit Hilfe dessen diese drei Schwierigkeiten sich gleichzeitig überwinden lassen, einen Weg betreten hat, dessen weitere Verfolgung zur Lösung der Flugfrage führen kann.~~

~~+ Wenn überhaupt geflogen werden soll, so muß auch schnell geflogen werden, das beweisen alle größeren Vögel, und für den fliegenden Menschen wird dieser Satz erst recht Gültigkeit behalten. Was es aber heißt, mit Eisenbahngeschwindigkeit durch die Luft zu schießen, dabei allen Unregelmäßigkeiten des Windes Rechnung zu tragen und schließlich sanft und geschickt sich wieder zur Erde niederzulassen, das kann sich jeder wohl vorstellen.~~

+Ich habe mir gesagt, [und darin wird mir wohl jeder beipflichten, daß] so etwas läßt sich wohl nur durch viele Uebung erlernen [läßt]. Selbst wenn ein brauchbarer Apparat vorhanden ist, so ist die richtige Anwendung dieses Apparates noch eine ganz besondere Kunst für sich, welche lange geübt werden muß, bis man die nöthige Geschicklichkeit sich angeeignet hat. [Aber wie sollen wir diese Kunst üben?]

+Wir stehen hier vor einer eigenthümlichen Aufgabe. Ich habe nachgewiesen, daß man das Fliegen nur lernen kann, wenn man das Fliegen übt,..... daß man aber das Fliegen [ohne den Hals zu brechen] nur üben kann, wenn man das Fliegen schon versteht. [Fast unausführbar!] Aus dieser ~~Wahrheit ist~~ [scheinbaren Widersinnigkeit geht] am klarsten die eigentliche Schwierigkeit des praktischen Fluges hervor zu erkennen. Das Fliegen muß geübt werden, man kann es aber nur üben, wenn man es

+Weil in der That das Fliegen nur durch viele Uebung erfunden werden kann, diese Uebungen aber beim Fliegen selbst nur gemacht werden können, darum ist eben bis heute ~~das Fliegen noch nicht erfunden~~ die Flugfrage noch nicht gelöst. Wollen wir aber das Problem [dennoch] lösen, so müssen wir einen Ausweg aus diesen Widersprüchen finden und ein solcher Ausweg ist thatsächlich vorhanden. Wir finden ihn, wenn wir näher auf die Definition des Fliegebegriffes eingehen. Fliegen heißt: "Sich mit einer Flugmaschine vom Boden in die Luft erheben". Das können wir nicht! Fliegen heißt [ferner]: "Von einer Bergspitze zu einer anderen gleich hoch gelegenen Bergspitze durch die Luft sich hinüberbewegen". Das können wir auch nicht! Fliegen heißt aber auch: "Sich von der Spitze eines Hügels in's Thal durch die Luft herablassen". Das aber können wir, und hierbei [haben wir Gelegenheit zu] ~~können wir~~ lernen und zu üben [und] auch [schließlich] die anderen Arten des Fliegens, das horizontale und ansteigende Fliegen [schließlich zu zu erfinden] nach und nach auszubilden und somit [wirklich] zu erfinden. +Sie sehen, wer in der Lösung der Flugfrage vorwärtskommen will, der muß bescheiden sein und nicht gleich über alle Berge fliegen wollen, sondern erst einmal von den Bergen herunterzufliegen versuchen. Aber auch hierbei wird man die Vorsicht zu gebrauchen haben, daß man sich nicht gleich von bedeutenden Höhen herabstürzt. ~~Es giebt ja auch ganz kleine Berge. Es ist zu empfehlen, daß man derartige Uebungen sehr vorsichtig beginnt, damit man durch den Mißerfolg nicht entmuthigt wird.~~ +Es ist ferner zu empfehlen, daß man die Apparate so einfach wie möglich wählt und zunächst auf jeden Bewegungsmechanismus verzichtet. Hierdurch werden wir ~~auf den Segelflug hingelenkt,~~ bei dem ein Durchgleiten der Luft mit stillgehaltenen Flügeln stattfindet. Vor letztem aber können wir nur indem

+Daraus entsteht dann naturgemäß der ~~Ab~~ schräg abwärts gerichtete Segelflug [als diejenige Bewegung in der Luft, mit der wir] unsere praktischen Uebungen beginnen müssen.

Dergleichen Flugbewegungen [machen uns] ~~sehen wir von~~ die Vögel täglich [vor] ausgeführt. Auf einem freistehenden Baume sitzt eine Krähe. Dieselbe will auf den nahegelegenen Acker sich niederlassen. Sie breitet die Flügel aus und springt von ihrem

Zweige herunter. Sie macht keinen einzigen Flügelschlag, fällt zuerst steiler und ziemlich steil und dann in immer flacherer Linie abwärts, bis sie schließlich fast horizontal über dem Acker dahin schwebt. Zum Schluß, dicht über dem Boden angekommen, [hebt sie] die Flügel vorn [etwas an] anhebt, wodurch sich ihre Geschwindigkeit verliert, [streckt] die Beine nach vorn streckt und sich setzt [sich] und [legt] die Flügel zusammen legt.

+Das ist der denkbar einfachste Flug, den mit einiger Uebung auch jeder Mensch fertigbringen muß ausführen kann. +Ist die Absprungstelle hoch genug, so lassen sich auf diese Weise ziemlich weite Strecken in der Luft zurücklegen. +Man hat hierbei Gelegenheit, Studien über das Abfliegen, über die Stabilität des Fluges und über das zweckmäßige Landen zu machen. +Ist man aber auf diese Weise erst frei in die Luft [hinein] gekommen, so kann man nach zwei Richtungen hin den Flug vervollkommen. Zunächst wird man seine Studien auf die Wirkungen des Windes ausdehnen, um dessen Tragfähigkeit nach Möglichkeit auszunützen. Man wird versuchen, den dauernden Schwebeflug der Vögel nachzuahmen. +In zweiter Linie wird man, nachdem man im Fluge mit unbeweglichen Flügeln sicher geworden ist, zu der Bewegung der Flügel übergehen und hat die beste Gelegenheit die Wirkung von Flügelschlägen zu studieren. +Wenn man dann genügende Erfahrung gesammelt haben wird und sich mit einer geeigneten motorischen Kraft ausgerüstet hat, muß es gelingen, den zunächst schräg abwärts gerichteten Flug immer mehr der Horizontalen zu nähern und dadurch das wirkliche Fliegen vollends auszubilden.

Vorführung des Apparates

+Zum Schluß möchte ich noch darauf aufmerksam machen, daß die von mir bis jetzt erzielten Erfolge leicht für mehr gehalten werden als sie in Wirklichkeit sind. Die Momentphotographien, welche mich hoch in der Luft schwebend darstellen, können leicht den Eindruck hervorrufen, als wäre das Problem nun bereits gelöst. Das ist keineswegs [der Fall], es wird sogar noch viel Arbeit erforderlich sein, um diese Flüge in den dauernden Flug zu verwandeln. +Die von mir geübten Segelflüge sind für den freien Flug des Menschen nichts weiter als was die ersten unsicheren Kinderschritte für den Gang des Menschen bedeuten. +Aber der betretene Weg scheint der richtige zu sein. Man hat wenigstens Gelegenheit, in der Luft frei schwebend seine Studien zu über das Fliegen zu machen, und deshalb bieten diese Segelflüge ebenso eine Grundlage für die praktische Flugtechnik, wie die gewölbte Flügelfläche eine Grundlage für die Theorie des Fluges im Allgemeinen darstellt.

Nach den Vorbildern, welche die Natur uns bietet, ist anzunehmen, daß auch der Mensch die ihn ein Wege am Fliegen hindernden Schwierigkeiten noch überwinden lernen werde. Alle bisherigen Erfahrungen aber deuten darauf hin, daß dieses Ziel sich nur erreichen läßt, wenn es gelingt, die Flugtechnik sowohl wissenschaftlich wie praktisch bis zu einem hohen Grade der Vollkommenheit auszubilden, und dazu ist erforderlich, daß zu den Männern, welche sich bereits mit Eifer und Erfolg dieser Aufgabe unterziehen, recht zahlreiche Fachgenossen hinzutreten, denen es an Begeisterung und Opferfreudigkeit für dieses höchste aller mechanischen Probleme nicht gebricht.

Otto Lilienthal