



Otto Lilienthal
MUSEUM

Ueber den Segelflug und seine Nachahmung.

Von Otto Lilienthal.

Wenn auch über die Ursachen des Segelfluges die Akten noch lange nicht geschlossen sind, die Thatsache einer von den Vögeln ausgeübten Segelflugwirkung dürfte heute kaum noch bestritten werden.

Wir verstehen im allgemeinen unter Segel- oder Schwebeflug das Fliegen ohne Flügelschläge. Ein solcher Flug wird von den meisten Vögeln ausgeführt, wenn dieselben sich von einem höheren Punkte nach einem niedrigeren herablassen, oder er bildet die letzte Strecke eines Horizontalfluges, wo die Vögel ihre lebendige Kraft mit stillgehaltenen Flügeln auslaufen lassen, bevor sie sich setzen. Dieser Flug aber ist es nicht, welcher uns in so hohem Grade interessirt, sondern der Segelflug, der meist hoch in den Lüften von vielen Vogelarten benutzt wird, wobei die Vögel nicht langsam herabgleiten, sondern entweder lange andauernd in derselben Höhe weiter schweben, oder sogar ohne Flügelschläge zu machen ihre Schwebhöhe noch vergrössern. Die Räthsel dieses dauernden und scheinbar unabhängigen Segelfluges sind es, die den Flugtechniker nicht ruhen lassen werden, bis er volle Klarheit über dieselben erhalten haben wird.

Der grösste Reiz, welcher diesen dauernden Segelflug umgiebt, ist die Anstrengungslosigkeit desselben; denn wenn ein Vogel mit ruhig ausgebreiteten Flügeln dahinschwebt, so befindet sich sein Flugapparat im Zustand der Ruhe. Die Flügelmuskeln haben keine Arbeit zu leisten und ein lebloses, ganz gleich geformtes Flügelsystem müsste denselben Dienst verrichten.

Obwohl der dauernd segelnde Vogel in seiner Erscheinung dem Aërostaten vergleichbar ist, so bleibt sein Flug doch ein aërodynamischer. Bei dem gänzlichen Fehlen der Flügelschläge muss aber die dynamische Leistung von der Luft selbst ausgehen und die den Vogel lebende Kraft beständig von der Luft an den stillgehaltenen Flugapparat des Vogels abgegeben werden.

Wie dieses möglich sei, darüber sind zahlreiche Theorien aufgestellt worden. Die von mir gegebene Erklärung des Segelfluges basirt auf den von mir gefundenen vortheilhaften Luftwiderstandsverhältnissen schwach gewölbter Flügelflächen und den ebenfalls durch Versuche festgestellten schwach ansteigenden Windrichtungen. Durch Experimente lässt sich nachweisen, dass der ausgebreitet schwebende Vogel von einem genügend starken

Winde, der ihn unter einem ganz spitzen Winkel von circa 3° von unten anbläst, getragen wird. Solche schwach ansteigenden Windströmungen kommen aber nachweislich sehr häufig vor und sind vermuthlich ein für alle mal dadurch bedingt, dass die über der Erdoberfläche sich hinwäzende Luftmasse durch Reibung in den unteren Schichten sich verzögert und in einem steten Sichauflürmen nach dem Luftdruckminimum hin, dem die Luftströmung zustrebt, verläuft. (Prometheus 1890. Heft 55. Der Flug der Vögel und des Menschen durch die Sonnenwärme.)

Wenn man nun mit der Nachahmung solcher Segelflüge sich praktisch beschäftigt, so stösst man auf eine Schwierigkeit, die aber nicht etwa darin besteht, dass die erwünschte Hebewirkung ausbleibt, sondern welche derartige Versuche als sehr lebensgefährlich erscheinen lässt, indem der Wind den Flugapparat wie ein loses Blatt herumwirft und nicht nur diesen, sondern auch das Leben des Menschen, welcher sich ihm anvertraut, zu vernichten droht. Ein Flugapparat, welcher proportional den Grössenverhältnissen der gut segelnden Vögel ausgeführt einem Menschen den Segelflug gestatten müsste, kann in der entsprechenden Windstärke kaum von 3 oder 4 Männern so festgehalten werden, dass seine Zerstörung durch den Wind vermieden wird. Und nun soll doch ein Mann allein den Segelapparat regiren können; denn dem frei in der Luft Schwebenden kann Niemand Hilfe leisten.

Vergleicht man mit solchem ohnmächtigen Beginnen die sicheren und ruhigen Segelbewegungen der Vögel, so scheint es einem, als wenn noch ein ganz besonderes Etwas im Spiele sein müsse, welches den Segelflug der Vögel erleichtert. Man kann es denjenigen kaum verdenken, die hierin noch unentdeckte Naturkräfte wittern, wenn sie in den elastischen Eigenschaften der Luft oder gar in den elastischen Durchbiegungen der Schwungfedern irgend ein ganz neues mechanisches Princip, ein sich unserer Rechnung entziehendes Mysterium entdecken wollen, das dem Problem des Segelfluges zu Grunde liegen soll.

Meine diesbezüglichen Versuche haben mich aber belehrt, dass wir dem Flugproblem zu Liebe nicht nöthig haben, derjenigen Mechanik untreu zu werden, welche uns so sicher die Berechnung unserer Dampfmaschinen wie die Verfolgung der Planetencurven am Himmel gestattet.

Die Fertigkeit allein muss es meiner Ansicht nach sein, welche dem mit Flügeln geborenen Bewohner der Lüfte diese gewaltige Ueberlegenheit verleiht. Was ist der sinnreichste künstliche Flugapparat gegen die mit Gefühl ausgestatteten natürlichen Schwingen? Der Winddruck, welcher auf jeder einzelnen Feder ruht, kann von dem Vogel wahrgenommen und beurtheilt werden. Die willkürliche Beweglichkeit jedes Flügeltheiles gestattet dem Vogel in jedem Bruchtheil einer Sekunde die Stellung der Federn zu wechseln und dem herrschenden Luftstrome anzupassen. Die Elasticität der Federn und die mit einer schmalen und einer breiten Fahne versehenen und

dadurch zu einer elastischen Drehung befähigten Schwungfedern machen die Anpassung zum Theil wohl überdies noch zu einer selbstthätigen unwillkürlichen. So weit wird sich die Naturbeobachtung kaum ausdehnen lassen, dass wir die genauen Beziehungen zwischen den Windströmungen und den Federstellungen der segelnden Vögel ermitteln. Jeder fleissige Naturbeobachter wird aber gesehen haben, dass auch der schwebende, allein durch die dynamische Wirkung des Windes getragene Vogel ununterbrochen mit den Schwungfedern sowohl als mit dem Schweife und dem geschlossenen Flügeltheil Formveränderungen vornimmt, um dem Winde die aller günstigste Wirkung abzugewinnen.

Der künstliche Flügel des Menschen ist und bleibt gegen solche natürlich gewachsene und mit feinem Gefühl und Anpassungsvermögen ausgestattete Vorrichtung ein mangelhaftes Werkzeug, und dennoch kann ich bestätigen, dass auch bei Anwendung künstlicher Flugapparate die Uebung und Erfahrung das Ihrige thut, um nach und nach gewisse Unvollkommenheiten zu beseitigen und die Sicherheit in dem Umgange mit dem Winde bedeutend zu erhöhen.

Da der Versuch des dauernden Segelfluges mit grossen Flügeln im starken Winde kaum anders als mit dem Tode des Tollkühnen enden kann, unternahm ich zunächst im vorigen Jahre mit kleineren Apparaten und bei mässigem Winde den schräg abwärts geneigten Segelflug zu üben. Trotz meiner Vorsicht hatte der Wind mir mehrmals arg mitgespielt. Auch bei der nur 8 □ m grossen Flügelfläche wurde ich einige Male durch unvorhergesehene Windstösse von flacher Erde in die Luft entführt und nur dem Umstande, dass ich mich jeder Zeit schnell aus dem Apparate fallen lassen konnte, verdanke ich mein ungebrochenes Genick, während die verstauchten Füsse oder Arme immer in wenigen Wochen geheilt waren. Fast allsonntäglich und auch, wenn meine Zeit in der Woche es irgend erlaubte, befand ich mich auf dem Uebungsterrain zwischen Grosskreuz und Werder, um von den dortigen Hügeln Tausende von Malen den Segelflug gegen den Wind zu üben.

Ein Techniker meiner Maschinenfabrik, Herr Hugo Eulitz, und ich wechselten uns derart ab, dass der eine vom Berge herabsegelte, und gleich darauf den Apparat wieder zur Höhe trug, während der andere sich ausgeruht hatte und sofort einen neuen Sprung vornahm. Die Uebungszeit wurde hierdurch vollkommen ausgenützt. Herr Eulitz und ich erlangten dadurch die Fertigkeit, bei mässigem Winde an den sanften Bergabhängen in der Luft hinabzugleiten und am Fusse des Berges ohne jeden Unfall zu landen. Ueber einzelne Verbesserungen des Apparates habe ich früher schon berichtet. Herr Kassner vom meteorologischen Institut war so freundlich mich in der Luft zu photographiren, wodurch ich Gelegenheit hatte den Vereinsmitgliedern zu zeigen, wie ich über die Köpfe des Herrn Eulitz, des Müllers von Derwitz, in dessen Scheunen meine Flügel einquartirt waren, und seines ehrwürdig dasitzenden Pudels hinwegsegelte.

Durch die vorjährigen Erfahrungen bereichert versuchte ich in diesem Jahre den Segelflug mit Flügeln bis zu $16 \square$ m Fläche. Der grösste meiner Apparate wog 24 kg, und repräsentirte mit meinem eigenen Gewicht von 80 kg eine Last von 104 kg. Jeder Quadratmeter der Flugfläche hatte mithin $\frac{104}{16} = 6,5$ kg zu tragen. Der Auftrieb des Windes auf

den horizontal ausgebreiteten Flügel ist etwa halb so gross als der Druck auf den von demselben Winde senkrecht getroffenen Flügel.*) Zum Segeln mit solchem Flugapparat gehört also ein Wind, der den Quadratmeter Fläche senkrecht unter einem Druck von $2 \times 6,5 = 13$ kg trifft. Nach der Formel

$$L = 0,13 \cdot F \cdot v^2 \text{ ergibt sich hiernach } v^2 = \frac{13}{0,13} = 100 \text{ oder } v = 10. \text{ Ein}$$

Wind von 10 m Geschwindigkeit würde demnach genügen, mich mit dem Apparate schwebend in der Luft zu halten. Ich habe mich aber wohl gehütet, einem solchen Winde mit diesem grossen Apparate mich auszusetzen, sondern benutzte auch in diesem Jahre bei so starken Luftströmungen kleinere Flügelflächen zu meinen Segelübungen. Diesmal hatte ich ein Terrain zwischen Steglitz und Südende gewählt. Die hier vorhandenen Bergabhänge haben jedoch den Nachtheil, dass nur der westliche Absprung möglich ist. Die vielen Süd- und Ostwindperioden dieses Sommers konnten daher nicht von mir benutzt werden, da man beim Ueben des Segelns stets genau dem Winde zugekehrt sein muss. Dennoch fand ich Gelegenheit, auch den grossen Apparat im Winde wiederholt zu versuchen und die Übung brachte mich dahin, von 10 m hohen, steilen Abhängen gefahrlos herabzusegeln. Zuschauer, welche am Rande des Abhanges stehend mein Unternehmen beobachten wollten, und mich anfangs für einen Waghals erklärten, versicherten nach den ersten Flügen, dass diese Bewegung durch die Luft den Eindruck vollkommener Sicherheit mache, und dass es ein schöner, befriedigender Anblick sei, wenn der grosse Apparat so ruhig dahinschwebe. Auch in diesem Jahre machte Herr Kassner einige Momentaufnahmen von dem fliegenden Apparate, die dem Vereine vorgelegt wurden.

Die stärksten Winde, mit denen ich es in meinem grossen Apparate schwebend aufzunehmen wagte, hatten nach meiner Schätzung 7 m Geschwindigkeit, sie trugen also von selbst etwa die Hälfte des ganzen Gewichtes. Die fehlende Geschwindigkeit wurde dadurch ersetzt, dass ich einen Anlauf bis zur Absprungstelle nahm und dadurch eine relative Luftgeschwindigkeit von ca. 10 m gegen die Flügel erzielte. Unter diesen Umständen war der erste Theil des Segelfluges fast horizontal. Im weiteren Verlaufe senkte sich die Fluglinie und zwar namentlich deshalb, weil in tieferen Schichten der Wind allemal an Stärke nachliess. Im günstigsten Falle betrug die Weite des Sprunges die 8fache Höhe der Absprungstelle.

*) Lilienthal: Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst, Tafel VII.

Das Landen mit diesen grossen Flügeln war stets ein sehr sanftes. Um dasselbe recht augenscheinlich zu machen, habe ich mich öfters nur eines Fusses dazu bedient und konnte ohne zu wanken auf einem Fusse stehen bleiben.

Meine diesjährig verwendeten Flügel waren etwas weniger gewölbt als die vorjährigen. Der Vortheil war unverkennbar namentlich bei stärkerem Wind. Jeder Apparat hatte wieder einen verticalen und horizontalen Schweif, ohne welche eine Uebung im Winde ganz unmöglich ist.

Durch weitere Fortsetzung solcher Uebungen, durch stete Verfeinerung in Construction und Ausführung der Flügel scheint es mir denkbar, nach und nach in den dauernd horizontalen wirklichen Segelflug hineinzukommen, auch ohne dass man über das Maass des sicher Eingeübten hinausgeht.

Ich will noch darauf aufmerksam machen, dass der Segelflug in der Nähe der Erdoberfläche viel schwieriger sein muss als in grösserer Höhe. In höheren Schichten weht der Wind offenbar viel gleichmässiger, während jede Unebenheit des Bodens in niederen Luftschichten Wirbel und Ungleichmässigkeiten in der Luft erzeugt. Hierzu kommt noch, dass die Flügel des Menschen eine sehr grosse Klafferbreite besitzen und man meistens, wenn man dicht über dem Boden schwebt, unter dem rechten Flügel ganz anderen Wind hat als unter dem linken. Solche Segelübungen sind ausserdem nur in coupirtem Terrain zu machen, über dem die Luftströmungen zumeist Unregelmässigkeiten besitzen. Die Erfahrung ist aber auch hierbei ein guter Wegweiser. Man lernt bald mit den Flügeln die Eigenart der Windströmungen über einem gewissen Terrain herausfühlen, und nur dadurch wurde ich in den Stand gesetzt, scheinbar waghalsige Flüge von grösserer Höhe auszuführen.

Die Umgebung Berlins ist leider arm an guten Uebungsstellen für den Segelflug. Das Ideal des letzteren bildet ein nach allen Seiten abfallender sandiger Hügel von wenigstens 20 m Höhe, der den Absprung nach jeder Richtung gestattet. Für diejenigen, welche sich angeregt fühlen sollten, ebenfalls den Segelflug zu üben, sei bemerkt, dass zwischen Rathenow und Neustadt an der Dosse ein Landstrich liegt, das so genannte Ländchen Rhinow, welches die gewünschten Berge in grosser Auswahl enthält.