

Vortrag Otto Lilienthals von 1873
handschriftlich, 22 Seiten

Original: Bibliothek Deutsches Museum München
Urkunden- u. Handschriften – Sammlung 6256

"Theorie des Vogelflugs"

Vortrag vor dem Gewerbeverein Potsdam

(Vortragsmanuskript ist im Deutschen Museum München (**DM**) erhalten.)

Dieser erste bekannte Vortrag Lilienthals kann als wissenschaftliches Programm verstanden werden. Lilienthal befasst sich besonders mit der Kritik des Ballons und mit der Notwendigkeit zum Studium des Vogelflugs. Er führt Flügelschlag-Modelle vor. Lilienthal verweist auf die "Aeronautical Society of Great Britain", der die Brüder Lilienthal beigetreten waren und auf das Fehlen eines solchen Vereins in Deutschland: "Die Fliegekunst ist wenig geeignet, nach der Art des Schießpulvers erfunden zu werden. Aus diesem Grunde ist es eben schade, dass gerade die Engländer und nicht die mehr theoretischen Deutschen auf den Gedanken verfielen, einen Aeronautischen Verein zu gründen..."

Auszug:

[1]

Theorie des Vogelfluges

O. Lilienthal

Vortrag gehalten im Gewerbeverein in Potsdam im Jahre 1873

[2]

Während wir uns täglich des Segens vieler Erfindungen erfreuen, welche die großartigsten Einrichtungen ins Leben riefen, um dadurch von bedeutendem Einflusse auf alle heutigen Zustände zu sein, und die aus kleinem Keime entstanden zur herrlichsten Blüthe entfaltet, noch immerwährend von uns mit mehr oder weniger Glück vervollkommnet werden, so gehört im Gegensatze dazu die Anwendung des Luftballons zu denjenigen Erfindungen, welche uns heute ~~in demselben Grade~~ bei weitem nicht-so nützlich erscheinen, als sie bei ihrer Entstehung sensationserregend waren.

Bei Erfindung des Luftballons sah man sich im Geiste nur noch per Luft seine Reisen unternehmen, glaubte überhaupt, den großen Franklin vielleicht ausgenommen,

[3]

sich berechtigt, den Luftballon für eine Erfindung zu halten, deren Tragweite von nichts übertroffen werdet.

Die Erfahrung hat gelehrt, wie sehr man durch überraschende Resultate auf dem Gebiete der Erfindungen getäuscht werden kann.

Man kann wohl sagen, daß sich Luftschiffer ~~nennt sich~~ heute eine Klasse von Menschen nennt, welche einen Luftballon besteigt, um die Neugierde der Menge zu ihrem Vortheile auszunutzen. Die mit dem Luftballon anzustellenden physikalischen Versuche hatten sich bald erschöpft.

Rechnet man die vielen Menschenleben, welche die Ballonfahrten schon gekostet haben, es könnte man zu dem Schlusse, daß so scheinen, als habe die Erfindung des Luftballons bis jetzt wirklich mehr Unheil wie Segen angestiftet hat.

[Einschub]

Ob die Luftschiffahrt das Schicksal des Ballons theilen wird oder nicht, das muß die Zeit uns lehren.

Sind wir so berechtigt subjektiv die Erfindung des Luftballons vielleicht zu verdammen, so haben wir ihr doch zu verdanken, daß die Ballonfrage objektiv die allgemeine Luftschiffahrtsfrage hervorgerufen hat.

Um nun den gegenwärtigen Stand dieser Luftschiffahrtsfrage genauer ins Auge zu fassen, müssen wir uns doch schon etwas näher auf den Luftballon einlassen.

Vor ungefähr hundert Jahren war es, als in der französischen Stadt Anonay [richtig: Annonay] zwei Männer, die Gebrüder Montgolfier, sich damit beschäftigten, einen Körper herzustellen, der vermöge seiner Leichtigkeit sich frei von der Erde in die Luft erheben sollte.

Sie füllten zu dem Ende ein aus leichter Umhüllung hergestelltes Volumen mit warmer leichter Luft und bildeten dadurch einen Körper

[4]

dessen Gesamtgewicht so gering war, daß er von der Luft gerade so getragen wurde, wie ein schwimmender Körper vom Wasser.

Im Jahre 1782 gelang ihnen der erste größere Versuch mit einem auf diese Weise hergestellten Luftballon, und so hatten diese beiden Männer ein Prinzip ins Leben gerufen, dessen weitere Ausbeutung und praktische Verwerthung wir jetzt nach hundert Jahren (noch) mit so geringem Erfolge anstreben.

Die seitdem gemachten größeren Verbesserungen des Ballons beschränkten sich eigentlich auf die Anwendung anderer Gasarten zum Füllen des Ballons. Das durch seine Leichtigkeit sich auszeichnende Wasserstoffgas wurde zuerst von Charles in Paris statt der warmen Luft angewendet.

Dadurch konnte der Ballon bei derselben Tragfähigkeit ein viel kleineres Volumen bekommen.

Jetzt nimmt man in der Regel Leuchtgas als Füllungsmaterial, da dieses billig und immer schnell zu haben ist.

Alle übrigen Leistungen auf diesem Gebiete bestehen in der Herstellung von Apparaten und Vorrichtungen zur besseren Hebung, Senkung und Ankerung, sowie zur Rettung des Luftschiffers bei Verunglückung des Ballons. (Reserve-Ballons, Luftklappen, Sandsäcke) Zur letzterem Zwecke Rettung dient vornehmlich der Fallschirm.

Seit der Erfindung des Luftballons hat man sich mit der Hoffnung geschmeichelt, in ihm das wichtigste Transport- und Kommunikationsmittel zu erblicken.

Freilich, wenn man mit Windeseile, dem Vogel gleich die größten Entfernungen durcheilen kann, ohne Rücksicht auf Weg und Steg nach jeder beliebigen Richtung, wenn man sich stets des geraden also kürzesten Weges bedienen kann, ohne daß Gebirge und Gewässer einem Hindernisse bieten, so wird man in der That eine für unsere irdischen Verhältnisse höchst vollkommene Fortbewegungsart besitzen.

[5]

Der Luftballon würde hierzu uns auch ein Mittel an die Hand geben, wenn er sich nicht in

einem einzigen Punkte als höchst widerspenstig sich zeigte. In den vorher angeführten Vortheilen war auch der schnellen Bewegung nach jeder beliebigen Richtung gedacht, aber gerade diese beliebige Richtung ist es, welcher jeder Ballon sich hartnäckig widersetzt, trotz der bedeutenden Summen, welche große Experimentatoren für das Problem verausgabt haben, den Luftballon daran zu gewöhnen auch gegen den Wind zu fliegen.

Alle Bestrebungen auf dem Gebiete Luftschiffahrt vermittelst des Ballons gipfeln in den Versuchen über die sogenannte Lenkbarkeit des Ballons.

Um hierüber ein Urtheil zu gewinnen, wollen wir sehen, was man eigentlich vom Luftballon verlangen kann.

Jeder von der Luft umgebene Körper wird durch diese um so viel erleichtert als das Volumen Luft wiegt, welches er durch seine Anwesenheit verdrängt.

Da Luft überhaupt sehr leicht ist, so liegt die äußerste Grenze des Erleichtertwerdens schon sehr nahe.

Mann ist nicht im Stande einen Körper herzustellen, der weniger wiegt als Nichts und ein solcher Körper, der wirklich nichts wiegt und die Größe eines Cubikmeters hat, wird nur mit $1\frac{1}{4}$ kg gehoben.

Ein Ballon wird aber bei der sorgfältigsten Ausführung pro Cubikmeter Inhalt nicht mehr wie $\frac{3}{4}$ kg heben können, weil die Ballonmasse und das füllende Gas selbst ein Gewicht haben, das gehoben werden muß.

Dieses beweist, daß auch zur Hebung kleinerer Massen, z. B. eines Menschen schon ein beträchtliches Ballonvolumen gehört und hierin liegt der Grund, daß eine seitliche Fortbewegung des Ballons innerhalb ruhender Luft nur noch mehr eine Gegenankämpfung des Ballons gegen den Wind eines großen Kraftaufwandes bedarf, da die Luft einen so großen Körper, wie

[6]

der Ballon in jedem Falle ist, einen bedeutenden Widerstand entgegengesetzt.

Man bezeichnet die Eigenschaft eines Ballons, sich willkürlich in der ihn umgebenden Luft nach jeder Richtung zu bewegen mit Lenkbarkeit, obgleich eine solche Lenkbarkeit mit der Lenkbarkeit eines Schiffes durchaus verschieden ist.

Während das Schiff auf der Grenze zweier Elemente, zwischen Wasser und Luft sich befindet und gleichsam von dem einen, vom Winde getrieben, in dem anderen Elemente, im weniger beweglichen Wasser eine Führung hat, durch welche es auf die Bewegungsrichtung einwirken kann, so schwebt im Gegensatze dazu der Ballon in einem einzigen Medium und kann auch nur dieses eine Medium selbst benutzen, um sich gegen das Medium selbst zu bewegen.

Man hat vor allem 3 Wege eingeschlagen, die willkürliche Bewegungsrichtung des Ballons zu erzwingen.

Da man bemerkt hat, daß die Windrichtungen in verschiedenen Höhen sehr oft verschiedene sind und sogar einem gewissen Gesetze unterliegen, so versuchte man erstens sich mit dem Ballon in diejenige Luftschicht zu erheben, welche die gewünschte Windrichtung hat um sich dann nach dem zu erreichenden Orte hinwehen zu lassen.

Die Versuche, in dieser Weise eine willkürliche Bewegungsrichtung zu erlangen, sind sehr zahlreich und die meisten aus wissenschaftlichen Gründen angestellten Ballonfahrten haben zum Zwecke gehabt, gerade diese verschiedenen Luftströmungen kenne zu lernen. Leider hat sich aber herausgestellt, daß die Luftströmungen nicht die für diesen Gebrauch ausreichende Regelmäßigkeit besitzen, und so hat man jetzt meistens von diesen Versuchen Abstand genommen.

Dagegen ist zweitens ein Verfahren in

[7]

Vorschlag gebracht, wie man durch stetiges Auf- und Niedersteigen mit zu Hilfenahme eines

schräg gehaltenen Flügels seitliche Fortbewegung erzielen könne. Der große Ballast- und Gasverlust läßt diese Methode auch nicht praktisch erscheinen.

Zuletzt hat man die seitliche Fortbewegung des Ballons durch eine mechanische Ruder- oder Schraubenvorrichtung ähnlich wie bei einem Dampfschiffe zu erzielen gesucht.

Auf den ersten Blick kann es scheinen, als müßte man in der Luft durch zweckmäßig construirte Treibapparate den selben Effect bei einem Ballon erreichen als man durch Schaufelräder oder Schrauben bei einem Schiffe erzielt, denn wenn auch die Treibapparate für Luft größere Dimensionen sowie größere Geschwindigkeiten bekommen müßten, so läßt sich dafür auch die Luft leichter durchdringen wie das Wasser. Hiergegen läßt sich zunächst aber anführen, daß der Widerstand in beiden Fällen von dem Querschnitte des die Luft oder das Wasser durchdringenden Körpers abhängig ist, und daß für einen gleich starken und gleich schweren Treibapparat der nöthige Ballonquerschnitt ungefähr das fünfzigfache von dem Querschnitte des Schiffes wird, so weit dasselbe ins Wasser taucht, daß ferner die Geschwindigkeit des fließenden Wassers, welche einem Schiffe als hindernd entgegengetreten kann sehr gering ist zu der Windgeschwindigkeit, welche der Ballon überwinden müßte. Fast alle neueren Ballonexperimente beziehen sich auf Treibapparatconstruionen. Für diesen Fall ist es wichtig, dem Ballon eine mehr langgestreckte Form zu geben, damit er in der Bewegungsrichtung einen kleineren Querschnitt erhält und besser die Luft durchschneidet.

Die dadurch entstehenden Vortheile darf man jedoch nicht überschätzen da jeder Ballon, der bei dem die Kugelform verläßt nicht inne gehalten ist, verhält-

[8]

nißmäßig mehr Oberfläche bekommt, das Ballonzeug also schwerer wird. Ein länglicher Ballon muß also mehr Inhalt haben als ein kugliger von gleicher Tragkraft. Außerdem stellen sich noch andere Nachtheile bei langen Ballons ein, welche namentlich darin bestehen, daß man besondere steife Constructionen anbringen muß, welche dem Ballon eine bleibende Form sichern.

Um den Effect eines Ballon-Treibapparates möglichst groß zu machen, hat man denselben bei großer Kraftleistung doch äußerst leicht einzurichten und in dieser Hinsicht hat man wirklich bedeutendes geleistet.

Als Motoren hat man Dampfmaschinen oder Gaskraftmotoren verwendet und die vollkommenden unter ihnen sollen pro Pferdekraft nicht mehr als 20 gewogen haben.

Auf diesem Gebiete wird jetzt noch viel experimentiert doch überzeugt man sich immer mehr, daß der Kampf eines Luftballontreibapparates auch gegen einen mäßigen Wind ein weitaus ungleich ist und bleiben wird.

In ruhender windstillen Luft hat man unter den günstigsten Umständen kaum 2^m Geschwindigkeit erzielt. Ein solcher Luftballon würde also nicht gegen den Wind fliegen können, wenn der Wind dieselbe die Geschwindigkeit von 2^m überschreitet.

Wir pflegen aber bewegte Luft von 2^m Geschwindigkeit noch nicht einmal Wind zu nennen. Es ist nun wohl klar, daß der Luftballon schon den Keim zu seiner Unanwendbarkeit in sich trägt, doch bleibt die Frage einer praktisch verwendbaren Luftschiffahrt zu wichtig als daß man durch die wenig verheißenden Ballonversuche dieselbe als erledigt betrachten dürfte.

[9]

Es sind überhaupt zwei Prinzipien denkbar, durch welche man die freie Erhebung eines Körpers von der Erde in die Luft bewirken kann, erstens das Prinzip des aerostatischen Auftriebes, bei der Benutzung eines Luftballons zur Anwendung kommend und zweitens das Prinzip des künstlich erzeugten Luftwiderstandes, dessen sich alle fliegenden Thiere bedienen, indem sie mit Hülfe ihrer Flugwerkzeuge und ihrer Muskelkraft in der sie umgebenden Luft einen Stützpunkt zum Tragen ihres Gewichtes finden.

Beide Prinzipien unterscheiden sich in der Hauptsache dadurch, daß beim ersteren zum eigentlichen Gehobenhalten **Heben** keine mechanische Arbeit erforderlich ist, während beim Fliegen der Vögel und Insekten, auch wenn dieselben sich nur horizontal in der Luft fortbewegen, beständig eine gewisse Arbeit geleistet werden muß.

Die auf beide Arten zu erreichenden Erfolge weichen dadurch aber auch wesentlich voneinander ab.

Wir haben gesehen, daß ein Luftballon sich auf die Dauer frei von der Erdoberfläche erheben kann, daß derselbe aber in Bezug auf die Richtung seines Fluges willenlos dem Elemente preisgegeben werden muß.

Im Gegensatze hierzu sind die fliegenden Thiere mit einem Flugapparate ausgerüstet, welcher sie in den Stand setzt, mit großer Geschwindigkeit die Luft nach jeder Richtung hin zu durchschneiden, ohne einen bedeutenden Aufwand von Kraft gerade für diese Vorwärtsbewegung nöthig zu haben.

Es läßt sich sogar nachweisen, daß die mechanische Arbeit, welche ein fliegender Vogel zu leisten hat, bei einer schon sehr bedeutenden Geschwindigkeit überhaupt am geringsten ist, d. h. es wird einem Vogel das schnelle

[10]

Fliegen leichter als das langsame Fliegen. Im Fluge stillstehen können nur wenige der kleinsten Vögel und rückwärts fliegen ist für jeden Vogel unmöglich.

Man ist berechtigt, das Fliegen der Vögel im Gegensatze zum gleichsam passiven Fliegen mittelst des Luftballons ein actives Fliegen zu nennen, und danach, wie der Mensch im Stande sein wird die mechanischen Vorgänge beim Vogelfluge nachzuahmen, danach wird die Möglichkeit einer anwendbaren Luftschiffahrt zu bemessen sein.

Die über das active Fliegen angestellten Versuche sind uralt, denn die Sage erzählt uns ja, daß schon Dädalus und Ikarus sich damit beschäftigten, mit den aus Wachs geklebten Flügeln in der größten Nähe der Sonne herumzufliegen. Wir wissen wohl, was wir davon zu halten haben, doch besagt dies deutlich genug, daß im Menschen der ersten Culturzeit schon der Wunsch sich lebhaft geregt hat, dem Vogel die Kunst des Fliegens abzulauschen.

Heute ist man gewöhnt, dergleichen Probleme analytisch anzugreifen und gerade die Fliegekunst ist wenig geeignet nach Art des Schießpulvers erfunden zu werden. Aus diesem Grunde ist es eben schade, daß gerade die Engländer und nicht die mehr theoretischen Deutschen auf den Gedanken verfielen einen Aeronautischen Verein zu gründen und eine Gesellschaft von Ingenieuren zu bilden, welche sich zur Aufgabe stellt, das Geheimniß des Fliegens zu entdecken.

Dem aeronautischen Vereine in London gebührt das Verdienst, dass er sich zuerst frei gesagt hat von dem unfruchtbaren Experimentiren mit dem Luftballon, und nur darauf zu sinnen, wie man trotzdem eine anwendbare Luftschiffahrt begründen könne. Wenn auch die in Wien

[11]

und anderorts gemachten Versuche über die Lenkbarkeit des Ballons mit Interesse verfolgt werden, so ist doch unverkennbar, daß dem Vereine das Problem des Vogelfluges als ein weit ergiebigeres Feld erscheint.

Die Engländer sind eben zu praktisch, und nicht zu merken, daß der Luftballon einen unausrottbaren Fehler haben muß, wenn in der Zeitepoche der großen Erfindungen während 100 Jahre keine durchgreifenden Nutzenwendungen gemacht werden konnten, aber sie sind nicht theoretisch genug, um auf dem Wege des Calküls mit Glück an der Erkenntniß der mechanischen Vorgänge beim activen Fliegen zu arbeiten.

Dies beweisen die jährlich veröffentlichten Verhandlungen des seit 16 Jahren bestehenden aeronautischen Vereines, nach denen die zur Erfindung des Problems angestellten

Bestrebungen zumeist einen recht naiven Charakter tragen.

Die Beobachtungen und Messungen der Engländer an fliegenden Vögeln und an künstlich hergestellten Apparaten sind zwar für aeronautische Zwecke höchst wichtig und werthvoll, doch verrathen die von ihnen gemachten Schlußfolgerungen und Anwendungen mehr den Charakter einer möglichst abentheuerlichen und gezwungenen Deutung, als den einer nüchternen, leidenschaftslosen Ueberlegung.

Aus dem energischen Vorgehen der Engländer leuchtet klar hervor, daß sie das active Fliegen selbst für zwar sehr schwierig aber nicht für unmöglich halten.

So lange auch nicht ein mathematischer Beweis geführt werden kann, nach dem ein actives Fliegen wirklich unmöglich wäre, so lange ist der immer weiter forschende Mensch verpflichtet entweder diesen Beweis oder die Kunst des Fliegens selbst zu erfinden.

Solange man aber annimmt, daß die Vögel sich beim Fliegen keiner über-

[12]

irdischen Mittel bedienen, liefern diese selbst den Beweis für die Möglichkeit des Fliegens und es wäre dann nachzuweisen, daß die Nachahmung des Vogelfluges sich aus anzuführenden Gründen nicht ausführen ließe.

Von der Hand wird Niemand behaupten können, die mechanischen Vorgänge beim Fliegen der Vögel so genau erkannt zu haben, daß er dieselben für die dem Menschen zu Gebote stehenden Mittel als eine unmögliche Leistung darzustellen vermöchte, vielmehr wird die Leichtigkeit, mit welcher die Vögel ihren Flugapparat gebrauchen ein ewiger Sporn zur Nachahmung des Fliegens bleiben.

Würde unsere Atmosphäre nicht von fliegenden Thieren bevölkert, so wäre wohl kaum anzunehmen, daß jemals ein Mensch auf den Gedanken käme, die Luft, dieses dünne Medium, zum Stützpunkt für sein Körpergewicht verwenden zu wollen.

[Einschub]

Ich bin der Ansicht, dass die fliegenden Thiere beim Niederschlagen der Flügel ihr Gewicht heben, während sie beim Aufschlagen sich vorwärtstreiben.

Um uns nun klar zu machen, in welcher Weise dies dennoch geschehen kann, denken wir uns

[Zeichnungen]

Geringer Querschnitt beim Luftdurchschneiden

[Zeichnungen]

[13]

[Zeichnungen Schmetterling, Fledermaus, Querschnitt]

Mechanische Anleit.

Stoßweises Niederschlagen

Mangelhafte Erkenntniß der Luftwiderstandsgesetze.