

Zur Erinnerung an Otto Lilienthal.

Vortrag, gehalten am 26. November 1896 im Deutschen Verein zur Förderung der Luftschiffahrt¹⁾.

Von Karl Müllenhoff.

Der unersetzliche Verlust, den unser Verein durch den Tod von Otto Lilienthal erlitt, ist bei uns noch in frischem Gedächtnis; wir Alle haben ihn noch vor Augen, den unermüdlich strebsamen Mann, der mit dem zielbewussten Streben des kräftigsten Mannesalters das Feuer und die Begeisterung der Jugend vereinigte. Lilienthal hat unserem Verein eine lange Zeit, über zehn Jahre, angehört, und nur einige wenige von unseren ältesten Mitgliedern kennen die gesammte, dem Verein gewidmete Thätigkeit Lilienthals nach persönlichen Erinnerungen. Daher sei es mir, der seiner Zeit Otto Lilienthal in den Verein einführte, verstattet, es hier auszusprechen, was wir an ihm besaßen. Habe ich doch das Glück gehabt in dem langjährigen persönlichen Verkehr den ganzen Reichthum seiner edlen Natur kennen und lieben zu lernen; es war mir insbesondere vergönnt an seinen flugtechnischen Arbeiten während dieser ganzen Zeit Antheil nehmen zu können.

Otto Lilienthal wurde am 24. Mai 1848 zu Anklam in Pommern geboren. Bis zu seinem sechzehnten Jahre besuchte er das Gymnasium seiner Vaterstadt, trat dann im Jahre 1864 in die Potsdamer Gewerbeschule ein und begann, nachdem er die oberste Klasse dieser Anstalt im Jahre 1866 absolvirt hatte, das Studium der Ingenieurwissenschaften mit einer einjährigen praktischen Thätigkeit in der Schwartzkopf'schen Fabrik in Berlin. Von 1867 bis 1870 studirte er sodann an der Berliner Gewerbe-Akademie und hatte gerade sein Studium beendet, als ihn im Sommer 1870 der Ausbruch des Krieges zu den Waffen rief; er machte als Einjährig-Freiwilliger beim Garde-Füsilier-Regiment die Belagerung von Paris mit. Nach Beendigung des Feldzuges trat er als Ingenieur in die Maschinenbauanstalt von Weber in Berlin ein und war dann von 1872 an acht Jahre lang in der grossen Fabrik von C. Hoppe in Berlin thätig. Im Jahre 1880 begründete er sodann eine eigene Maschinenfabrik und erhob dieselbe im Laufe der Jahre durch seine Erfindungsgabe und seine Thatkraft zu einem blühenden Etablissement. Die Fabrikate seiner Maschinenfabrik waren sehr

¹⁾ Es gereicht uns zu besonderer Freude, vielseitigen Wünschen begehend, unseren Lesern gleichzeitig ein Bild Lilienthals — nach einer aus dem Atelier von A. Regis, Berlin, Prinzenstr. 44 hervorgegangenen Platinotypie —, geschmückt mit seinem Autograph, darbieten zu können.

mannigfaltig. Einer seiner Erfindungen waren die leichten Dampfmotore mit Schlangenrohrkesseln. (Von denselben wurde eine ausführliche Beschreibung in dieser Ztsch. I pag. 166 gegeben.) Andere Specialitäten seiner Fabrik waren eigenartig construirte Riemscheiben und Marinesignale. Für seine Leistungen auf dem letzterem Gebiete erhielt er die silberne Staatsmedaille. Das auf der Berliner Gewerbeausstellung in der Nähe des Kaiserschiffes ertönende Nebelhorn war von ihm ausgestellt.

Von frühester Jugend hatte er sich mit dem Flugproblem beschäftigt und bereits im Alter von 13 Jahren begann er im Verein mit seinem ein Jahr jüngeren Bruder Gustav Lilienthal praktische Flugversuche. Die ersten Flügel, die sich die beiden Brüder machten, waren leicht gebaute Klappen, welche an den Armen befestigt wurden; mit diesen versuchten sie einen Hügel herabzulaufen. Die Versuche wurden meistens Nachts bei Mondschein ausgeführt; die jungen Fliegeekünstler fürchteten eben die Hänseleien ihrer Schulgenossen.

Die in Anklam begonnenen Versuche wurden in Potsdam fortgesetzt. Das Brüderpaar stellte sich Flügel her, welche auf dem Rücken befestigt wurden und durch Ausstossen der Beine auf- und niederschlugen. Im Jahre 1867 und 1868, während seiner Studienzeit, erbaute sich Lilienthal einen complicirten Apparat mit vier kleinen und zwei grossen Kugeln, welche abwechselnd auf- und niederschlugen und zwar so dass, wenn die grösseren nieder-, die vier kleinen aufwärts schlugen und umgekehrt. An einer Leine hängend, welche über Rollen ging, mit einem Gegengewichte an dem andern Ende vermochte er durch energische Beinbewegung die Flügel auf und niederschlagend, die Hälfte des Gesamtgewichtes, 40 Kilogramm zu heben. Auch an diesen Versuchen nahm Gustav Lilienthal thätig Antheil.

Die durch den Feldzug unterbrochenen Versuche wurden bereits im Herbst 1871 wieder aufgenommen.

Lilienthal hatte erkannt, dass die Misserfolge der früheren Flug-Versuche darauf zurückzuführen waren, dass man versucht hatte, auf Grund von unvollständigen und zum Theil selbst fehlerhaften Beobachtungen das Problem des Vogelfluges zu lösen; oder dass man es gar unternommen hatte, die Gesetze der Flugmechanik ohne alle Beobachtung rein theoretisch abzuleiten. Auf beiden Wegen musste man naturgemäss zu irrigen Ergebnissen gelangen. Lilienthal beschloss, die einschlägigen Fragen auf dem Wege des exacten Experimentes unter genauer Innehaltung der beim Vogelfluge auftretenden Erscheinungen zu prüfen. Er begann damit, dass er durch eine grosse Reihe systematischer Messungen die Grösse des Luftwiderstandes bestimmte, welcher am bewegten Vogelflügel auftritt.

Die Experimente und Messungen wurden während eines langen Zeitraumes von Otto Lilienthal im Verein mit seinem Bruder ausgeführt. Aus diesen Versuchen ergab sich als wichtiges neues Resultat, dass die gewölbten Flügel, wie sie bekanntlich in der Natur ganz ausschliesslich zur

Anwendung kommen, eine sehr viel günstigere Form besitzen, als die von Menschen bis dahin so häufig construirten ebenen Flächen. Sodann aber wies Otto Lilienthal zuerst auf eine Erscheinung hin, die geeignet sei, das Verhalten der Vögel beim Segelfluge zu erklären: nämlich auf das Vorhandensein von aufwärts gerichteten Luftströmungen. Nach Lilienthal's Beobachtungen steigen diese Luftströmungen durchschnittlich unter einem Winkel von $3\frac{1}{2}^{\circ}$ gegen die Horizontale an.

Die Ergebnisse seiner zahlreichen Versuche legte Otto Lilienthal im Jahre 1889 in seiner Schrift: „Der Vogelflug als Grundlage der Fliege-*kunst*“ nieder (s. d. Ztschr. VIII pag. 286).

Kurze Zeit darauf nahm er seine schon so lange vorher begonnenen praktischen Flugversuche mit grösster Energie wieder auf. Er hatte erkannt, dass in der Studirstube für die Lösung des Flugproblems wohl kaum noch viel zu erreichen sei; es sei vielmehr mit den durch Beobachtung und Rechnung erworbenen Kenntnissen hinaus zu treten in die Natur, in Luft und Wind und die entwickelten Theorien an den nach ihnen construirten Flugapparaten zu erproben und zwar in dem Elemente, für welches sie geschaffen sind. Die Theorie allein könne unmöglich zu einem Gelingen verhelfen. Nicht durch Grübeln und Differenzieren liesse sich das Ziel erreichen, sondern es gelte zu zeichnen, zu hämmern und dann zu probiren. Mit Recht wies Lilienthal auf das Beispiel des Zweiradfahrens hin um zu zeigen, wie wichtig die Praxis sei gegenüber der reinen Theorie. Sicherlich hätten unsere Vorfahren über das Problem des Zweiradfahrens ungläubig den Kopf geschüttelt; jetzt ist es erst praktisch und dann auch theoretisch vollkommen gelöst.

Von den verschiedenen Flugmethoden, die uns die Natur zeigt, erschien der Segelflug in seiner vollendeten Form als das erstrebenswertheste Ziel; er gestattet, wie die Beobachtung zeigt, mit einem Minimum von körperlicher Anstrengung die schnellste und anhaltendste Fortbewegung. Das Geheimnis dieses Segelfluges zu ergründen, müsste daher die vornehmste Aufgabe des Flugtechniklers sein.

Der Apparat, dessen sich der Experimentator bei der Wiederaufnahme seiner Versuche im Frühjahr 1891 bediente, hatte die Gestalt ausgebreiteter Vogelflügel. Der nach der Flugrichtung durch den Flügel geführte Querschnitt war parabolisch gekrümmt; die Flügelflächen waren anfangs zusammen 10 Quadratmeter gross; sie verminderten sich allmählich durch mehrfache Umänderungen und Reparaturen auf 8 Quadratmeter. Die Klafferweite betrug 7 m bei 2 m grösster Breite. Das Gestell der Flügel bestand aus Weidenholz; die Bespannung war aus Shirting mit Wachsüberzug. Das Gewicht des Apparates betrug etwa 18 Kilo.

Um den Apparat zu halten, legt man die Unterarme in zwei gepolsterte Einschnitte am Gestell, wobei die Hände zwei entsprechend angebrachte

Griffe umfassen. Hierdurch hat man die Flügel vollkommen in seiner Gewalt und kann sich in der Luft sicher auf dieselben stützen.

Anfangs wurden natürlich die Flugversuche nur von geringer Höhe und bei Windstille ausgeführt. Auf einem grösseren Rasenplatze in seinem Garten in Lichterfelde brachte Lilienthal ein Sprungbrett an, welches sich nach und nach erhöhen liess; bei den ersten Versuchen betrug die Höhe nur 1 Meter, später wurde sie auf 2 Meter vergrössert. Auf dem Sprungbrett konnte ein Anlauf von 8 Metern Länge genommen werden. Das Endresultat an dieser Versuchsstelle war ein 6—7 Meter weiter Sprung von 5 Meter Höhe. Trotz der Weite des Sprunges war der Aufstoss auf dem weichen Erdboden nur schwach, sodass ein solcher Sprung 50—60 Mal ohne irgend welche Ermüdung und Gefahr wiederholt werden konnte.

Nachdem auf diese Art der Absprung bei Windstille genügend eingeübt war, wurde ein anderer Uebungsplatz bezogen zwischen Werder und Gross-Kreutz, wo verschiedenen grosse freiliegende Höhen eine Fortsetzung der Experimente ermöglichten. Hier stellte sich sofort heraus, dass bei diesen Uebungen besondere Rücksicht auf den herrschenden Wind genommen werden musste. Es ist nothwendig, dass man sich beim Schweben stets dem Winde entgegen bewegt, denn kommt man in eine vom Winde abweichende Richtung, so erhält die eine Seite sofort mehr Winddruck, und man ist nicht imstande, dieser einseitigen Wirkung zu widerstehen. Es musste daher durch Anbringung einer verticalen Steuerfläche dafür gesorgt werden, dass der Apparat sich selbstthätig gegen den Wind einstellt.

Auf dem Terrain zwischen Werder und Gross-Kreutz wurde der Sprung von grösserer Höhe bei Winden von verschiedener Stärke sehr vielfach ausgeführt und eine Menge neuer Erfahrungen gesammelt. Das Endresultat bestand darin, dass von der höchsten vorhandenen Anspringstelle, aus einer Höhe von 5—6 Metern sich Sprünge von 20—25 Meter Weite ausführen liessen und zwar sowohl bei Windstille, wie auch bei Winden von verschiedener Stärke. Der Unterschied äusserte sich hauptsächlich in der Länge der Flugdauer; je stärker der Wind war, desto länger dauerte der Aufenthalt in der Luft. Dementsprechend ist auch bei der Landung bei Windstille der Anprall gegen den Boden ziemlich heftig, und man muss also kurz vor der Landung die Flügel etwas nach vorn aufrichten um die Heftigkeit des Stosses zu mildern und um zu verhindern, dass man vornüber fällt. Doch gilt dieses nur für den Flug bei Windstille; beim Fliegen gegen den Wind geschieht das Aufsetzen auf den Erdboden vollkommen sanft.

Da die bisherigen Uebungsplätze nicht genügenden Raum boten, um von grösseren Höhen grössere Strecken zu durchfliegen, so musste im nächsten Jahre 1892 ein anderer passender Ort für die Fortsetzung der Versuche gewählt werden. Ein solcher wurde zwischen Steglitz und Südende gefunden. Die Abhänge sind hier etwa 10 Meter hoch.

Experimentirt wurde mit einem vergrösserten Apparate von 16 Quadratmeter Fläche und 24 Kilo Gewicht und bei Winden bis zu 7 Meter Geschwindigkeit. Es wurde ein Anlauf bis zur Absprungsstelle genommen und dadurch eine relative Geschwindigkeit der Luft von 10 Metern pro Sekunde erzielt. Unter diesen Umständen war der erste Theil des Segelfluges fast horizontal; im weiteren Verlaufe senkte sich die Fluglinie und fiel zuletzt ziemlich steil ab, weil in tieferen Schichten der Wind allmählich an Stärke einbüsst. — Im günstigsten Falle betrug die Weite des Sprunges die achtfache Höhe der Absprungsstelle über den Landungspunkt.

Da die Umgegend Berlins arm ist an guten Uebungsstellen für derartige Flugmanöver, so errichtete sich Lilienthal im Frühjahr 1893 auf Mailhöhe bei Steglitz eine eigene Fliegestation. Ein kleiner Erdabhang auf diesem Hügel wurde zur Vornahme von Segelversuchen umgestaltet. Durch Errichten eines thumartigen Schuppens, von dessen Dach aus der Abflug erfolgte, wurde eine 10 Meter hohe Absprungstelle geschaffen. Der Schuppen diente zur Aufbewahrung der Apparate. Das zur Erhöhung eines sicheren Anlaufes mit Rasen bedeckte Dach fiel ebenso wie die den Schuppen umgebende Erdböschung nach Südwest, West und Nordwest ab. Eine Aenderung gegen den Apparat der früheren Jahre bildete die Zusammenlegbarkeit des jetzigen; die Flügel konnten ähnlich wie die der Fledermäuse zusammengelegt werden. Es wurde dadurch eine bessere Transportfähigkeit und die Möglichkeit der Aufbewahrung an jedem beliebigen Orte gesichert.

Nur selten war auf der Mailhöhe der Wind günstig und es war daher für die energische Fortführung der Versuche von grosser Wichtigkeit, dass es Lilienthal bereits im Jahre 1893 gelang ein für seine Versuche vollkommen passendes Terrain ausfindig zu machen. Dasselbe befindet sich auf den Rhinower Bergen unweit Rathenow. Aus den umliegenden flachen Aekern erhebt sich eine nur mit Gras und Heidekraut bewachsene Hügelkette, bis zu 60 Meter, ja im Gollenberge selbst zu 80 Meter Höhe über der Ebene und dabei bieten die Hügel nach allen Seiten unter 10 bis 20 Grad geneigte Berglehnen und man kann hier je nach der herrschenden Windrichtung eine passende Stelle aussuchen, um über derselben durch die Luft hinab zu gleiten. Das Terrain ist hier wie zu Flugversuchen geschaffen. Der Wind bäumt sich hier nicht so auf wie vor dem Fliegethurm bei Steglitz, wo man jedes Mal beim Passieren der Absprungskante einen ungleichmässigen Windstoss von unten her empfing, der oft verhängnissvoll zu werden drohte. Die gleichmässige Böschung gestattete ausserdem die Landung an jeder beliebigen Stelle.

Die Flügel, die zur Verwendung kamen, waren wieder gegen die früheren etwas verändert. Ihr Gewicht beträgt 20 Kilo, das Gesamtgewicht gerade 100 Kilo, die Klafterweite 7 Meter, die grösste Breite $2\frac{1}{2}$ Meter, die Gesamtfläche 14 Quadratmeter, eine Grösse die vollkommen ausreichend scheint.

Mit gesenkten Flügeln läuft man dem Winde bergab entgegen, richtet im geeigneten Moment die Tragefläche ein wenig auf, sodass sie ungefähr horizontal liegt und sucht nun in der Luft dahin schwebend durch passende Verschiebung des Schwerpunktes dem Apparate eine solche Stellung zu geben, dass er schnell dahinschiesst und sich möglichst wenig senkt. Es dauerte nicht lange, so stellte sich eine grosse Sicherheit bei den Flugmanövern ein. Häufig wurden aus 30 Meter Höhe, 200 bis 300 Meter lange Segelflüge ausgeführt und ein weiterer wichtiger Fortschritt bestand darin, dass es gelang, die Flugbahn nach rechts und links abzulenken. Eine Verlegung des Schwerpunktes nach der einen oder anderen Seite wird durch Ausstreckung der Beine bewirkt; schon eine geringe Verlegung des Schwerpunktes veranlasst sofort eine Neigung der Tragflächen nach der gewünschten Richtung, wobei der Luftdruck sich ebenfalls auf dieser Seite verstärkt und die Flugrichtung seitlich abschwengt. Mehrfach wurde bei den Versuchen die Ablenkung von der geraden Flugrichtung soweit getrieben, dass Lilienthal zeitweilig wieder auf seinen Ausgangsplatz zuflog.

Einen für seine Experimente sehr geeigneten und weit bequemer gelegenden Platz schuf sich Lilienthal im Frühjahr 1894 in Gross-Lichterfelde bei Berlin; er liess sich einen kegelförmigen Hügel aufschütten, der bei 15 Meter Höhe und 70 Meter Basisdurchmesser bei jeder beliebigen Windrichtung Flugversuche ermöglichte. Auf diesem Übungsplatze hat er mit gutem Erfolge seinen aus zwei übereinanderliegenden Flächen gebildeten neuen Flugapparat praktisch erprobt.

Bereits konnten die Versuche über den Segelflug als abgeschlossen gelten und es sollte jetzt die zweite Aufgabe in Angriff genommen werden: die Nachahmung des Ruderfluges der Vögel. Eine leichte Maschine, die mit allem Zubehör nur 40 Kilo wiegt und dabei für kurze Zeit (für 4 Minuten) $2\frac{1}{2}$ Pferdekräfte leistet, wurde hergestellt und mehrfach durch Versuche geprüft. Es war daher gewiss berechtigt, wenn Lilienthal in einem im Juli ds. Jahres in der Berliner Gewerbe-Aussellung gehaltenen Vortrage die Hoffnung aussprach, die Entwicklung der Fliegekunst noch weiter fördern zu können. Da bereitete am 9. August ein Unglücksfall seinem Streben ein jähes Ende. Er hatte an dem verhängnissvollen Tage auf den Rhinower Bergen bereits einen sehr ausgedehnten Segelflug ausgeführt und es hatte sich dabei die spezielle Steuerung des beweglichen Horizontalschweifes gut bewährt; er wollte nun einen zweiten möglichst ausgedehnten Flug unternehmen und dabei die Zeitdauer des Fluges bestimmen: in der Regel dauerten solche Flüge 12 bis 15 Sekunden. Er übergab die Kontrolluhr seinem Assistenten, nach dessen Aussage der Flug, bis zur halben Flugbahn fast horizontal war; dann plötzlich hatte sich der Apparat vornüber geneigt und war pfeilschnell aus der Höhe von 15 Metern herabgeschossen, sich auf der Erde überschlagend. Mit gebrochener Wirbelsäule wurde der kühne Flieger aus den Trümmern gezogen und 24 Stunden später erlöste ihn der Tod. . .

Es ist zur Zeit nicht vor auszusehen, welche Entwicklung den von Lilienthal geschaffenen Anfängen der Fliegekunst beschieden sein wird; das eine aber steht unzweifelhaft fest, dass von den zahlreichen Forschern und Experimentatoren, die sich mit dem Flugproblem beschäftigt haben, keiner so viel wie Lilienthal dazu beigetragen hat, die spröde Aufgabe ihrer Lösung nahe zu bringen. Mit Recht ist daher in den vielen Berichten und Besprechungen, die Lilienthal's Versuche in der ganzen Welt gefunden haben, hervorgehoben worden, dass er drei Eigenschaften in glücklichster Vereinigung besass. Er war erstens ein tüchtiger Mathematiker und Physiker und hat durch seine langjährigen fleissigen Beobachtungen und Messungen über den Luftwiderstand bei gewölbten Flächen wesentliche Beiträge geliefert zur Theorie des Fluges. Er war zweitens als geschickter Constructeur und speziell als Maschinen-Ingenieur imstande, die Apparate selbst zu erbauen, welche ihm für die Nachahmung des Vogelfluges geeignet schienen. Drittens besass er kühnen Wagemuth und körperliche Gewandtheit, so dass er persönlich zur Anstellung der Flugversuche geeignet war.

Es wird daher das Andenken an ihn von allen denen treu bewahrt werden, die auf dem von ihm begründeten Arbeitsfelde weiter zu arbeiten entschlossen sind.

Flugtechnische Studien.

Von Josef Popper.

(Fortsetzung.)

Einige Flugtechniker sprechen nicht von einer Vermehrung der gestossenen Luftmenge bei der Sinkverminderung, sondern davon, dass die schief gleitende Platte auf ihrem Wege stets „frische, unaufgewirbelte“ Luftparthien treffe und daher grösseren Widerstand finde, als beim lothrechten (normalen) Fallen, wo sie auf — indirekt — aufgestöberte Luft treffe.

Diese Ansicht hat Manches für sich und erklärt vielleicht, wenigstens theilweise, das, was man hier nicht versteht, ohne jedoch andere Annahmen, z. B. Vergrösserung der Luftmenge durch aerodynamische Ursachen, dabei auszuschliessen; immerhin würde es aber einige Schwierigkeiten machen, nach diesem Gesichtspunkt die Sinkverminderung fallender und rotirender stern- oder kreuzförmiger Flächen genügend zu erklären, da man doch meinen sollte, dass der ganze Luftcylinder, durch den diese Fläche hindurch fährt, ziemlich gleichmässig aufgewirbelt werden müsse; und ich verweise diesbezüglich auf eine interessante Stelle in der Abhandlung Kummers: „Über die Wirkung des Luftwiderstandes“ (1875) auf S. 46, wo er mit ausgeschnittenen Flächen experimentirte. Wollte man aber dennoch der Frage nach der getroffenen Luftmenge näher treten, indem man nicht mehr blos von der kinematisch verdrängten Luft ausgehen, sondern aerodynamisch untersuchen will, so müsste man so vorgehen: