

rheinische Verein für Luftschiffahrt in Barmen mit Aufsenden eines Gummiballons. 11<sup>h</sup> 50 a. Temp. unten: + 10.40. Größte Höhe: 2160 m. Temp. min. in 1750 m = + 4,00.



## Luftschiffbauten und Luftschiffversuche.

### Versuche und Beobachtungen im Schwebeflug.

Von Mr. Wilbur Wright, Dayton, Ohio. Vorgetragen 24. Juni 1903. 1)

Der Vortrag geht aus von den früheren Versuchen der Brüder Wright. Diese bezogen im August 1902 mit einer neugebauten Gleitmaschine wieder ihr altes Versuchsfeld der Kill Devil hills am Westrande von Nord-Carolina. Die Doppeldeckmaschine hatte zwei gleiche übereinanderliegende Tragflächen. 32 Fuß von Ende zu Ende breit und 5 Fuß lang von vorn nach achter. Die Gesamtfläche der beiden Haupttragflächen betrug 305 Quadratfuß; hinzu kommt das Vordersteuer mit 15 Quadratfuß und der Vertikalschwanz mit etwa 12 Quadratfuß; letzterer wurde später auf 6 Quadratfuß reduziert. Das Gewicht betrug 116 1/2 Pfund. Mit dem Fahrer betrug das Gesamtgewicht 250 bis 260 Pfund. Die Maschine war stark gebaut und ist in nahezu tausend Gleitflügen nur einmal beschädigt worden.

Die drei zu den Versuchen benutzten, durch den Einfluß des Windes etwas veränderlichen Sandhügel sind 100 Fuß, 30 Fuß und 60 Fuß hoch. Vorsichtshalber wurde der niedrigste Hügel zuerst benutzt, und zwar wurde zunächst die Maschine als Drachen in geringer Höhe aufgelassen, so daß der Wind, der Steigung des Hügelns folgend, etwas aufwärts wehte.

Es folgt eine Erklärung darüber, daß es prinzipiell einerlei ist, ob die Luft ruht, die Maschine sich bewegt oder ob die Luft als Wind fortschreitet, die Maschine still steht; hieran werden eine Anzahl theoretischer Betrachtungen geknüpft.

Das Operieren mit diesen großen Tragflächen bot zuerst allerlei Schwierigkeiten und Fährlichkeiten. Da die neue Maschine viel weiter klappte als die früheren, so hob sich der eine Flügel leicht höher als der andere; vielfach wurde auch das Arbeiten durch Regen verhindert. Der einzige Unfall, der sich bei den Versuchen ereignete, wird wie folgt beschrieben (Seite 5):

Wir entschlossen uns, die Flügelen den zu ändern; diese wurden um sechs Zoll niedergebogen, ähnlich wie die Flügel einer Möve. Als das Anemometer mehr als 11 Meter sekundliche Windgeschwindigkeit anzeigte, wurde zur Prüfung der Änderungen der kleinste Hügel benutzt; aber später am Tage, als die Windgeschwindigkeit etwa auf 9 Meter sank, wurde wieder der größte Hügel gewählt. An diesem Tage vollführte Herr Orville Wright die meisten Gleitflüge. Nach einigen vorläufigen Flügen, zur Gewöhnung an die neue Art, das Frontsteuer zu gebrauchen, fühlte er sich sicher, auch die seitliche Ballance halten zu können, und machte den Abflug, während der eine Flügel etwas höher stand als der andere. Dadurch schoß die Maschine nach rechts. Der Versuch, sie wieder zu regulieren, schlug fehl; die Maschine bäumte mehr und mehr auf. Wir Untenstehenden bemerkten das früher als der Fahrer, welcher ganz durch sein Streben, das Gleichgewicht wieder herzustellen, in Anspruch genommen war; aber unsere Warnungsrufe wurden vom Heulen des Windes übertönt. Erst als die Maschine zum Stillstand kam und rückwärts niederging, gewann der Fahrer seine richtige Stellung wieder. Nun segelte die Maschine diagonal rückwärts aus etwa 30 Fuß Höhe zu Boden.

1) Die Brüder Mr. Wilbur Wright und Mr. Orville Wright stellten bereits im Sommer 1900 Versuche an und wiederholten dieselben im Sommer 1901, worüber im Aprilheft 1902 d. Bl. Seite 94. berichtet. Die vorliegende Schrift ist: «Printed in advance of the Journal of the Western Society of Engineers.»

Der unglückliche Fahrer konnte nur einen Moment rückwärts blicken und befand sich im nächsten Augenblick mitten in einem Trümmerhaufen. Sonderbarerweise nahm er keinen weiteren Schaden, als daß seine Kleider zerissen waren. Die Maschine wurde in einigen Tagen vollständig wieder hergestellt und ist während Hunderten von Gleitflügen nicht wieder gebrochen. Um die Gefahr zu vermindern, hielten wir uns bei den Flügen ziemlich nahe über dem Boden.

Aus der nun folgenden umständlichen Beschreibung der weiteren Versuche ist hervorzuheben: Der doppelte, nicht drehbare Vertikalschwanz oder Windfläche (engl. vane heißt Windfahne) erwies sich manchmal nützlich, manchmal schädlich: die Einrichtung wurde durch eine einzelne drehbare Windfläche ersetzt; diese war kleiner, etwa 6 Quadratfuß groß. Reichlich die Hälfte der Gleitflüge wurden bei 10 Meter sekundlicher Windgeschwindigkeit ausgeführt oder mehr als 20 Meilen pro Stunde: einmal wurde sogar 16,7 Meter am Windmesser abgelesen. Bei schwachem Winde konnte der Abflug nicht zustande gebracht werden, weil die zwei dabei hilfeleistenden Personen nicht so schnell mit der Maschine laufen konnten, wie es erforderlich gewesen wäre. Der Wind mußte mindestens 6 Meilen pro Stunde wehen, da die zum Gleitflug erforderliche relative Geschwindigkeit etwa 18 Meilen pro Stunde war. Wenn dagegen der Wind auf 20 Meilen pro Stunde stieg, so war der Gleitflug ein wahres Vergnügen, denn der Abflug war leicht und die Arbeit, die Maschine wieder auf den Flügel zu heben, wurde vom Winde besorgt. Der längste Gleitflug war 622 1/2 Fuß in 26 Sekunden. Ein vollständiges Verzeichnis der gemachten Gleitflüge ist nicht aufgenommen worden; in den letzten 6 Tagen wurden mehr als 375, im ganzen 700 bis 1000 gemacht.

Der Hauptzweck dieser Versuche war, Erfahrung und Übung in der Handhabung einer einen Mann tragenden Gleitmaschine zu erlangen, der dann folgende, kaum minder wichtige Zweck war, Anhaltspunkte zu gewinnen für das wissenschaftliche Studium des Flugproblems. Fast fortlaufend wurden Beobachtungen gemacht, um die Stärke und Richtung der Luftdrucke gegen die tragenden Flügel zu bestimmen, um ferner zu bestimmen: Die geringste zum Tragen erforderliche Geschwindigkeit, die Geschwindigkeit und den Einfallswinkel, bei welchem der Horizontalwiderstand am geringsten wurde, und den geringsten Gefällswinkel, bei dem das Gleiten möglich war. Wir fanden es indessen sehr schwierig, irgend einen dieser Punkte genau zu bestimmen, aber durch sorgsame Beobachtung unter verschiedenen Bedingungen war es möglich, Annäherungswerte zu erhalten. Bei 16 Meilen pro Stunde war der Druck genügend, um Maschine und Fahrer zu tragen, aber der Einfallswinkel war dann für das Gleiten zu groß; bei 18 Meilen war der Einfallswinkel etwa 8 Grad und auf dem kleinen Hügel kam die Maschine zum Gleiten in etwas über 7 Grad Gefälle und verlor beim Gleiten nichts an Geschwindigkeit, obgleich die Flügel etwas höher als die Horizontale geneigt waren. Bei 22 Meilen pro Stunde betrug der zum Tragen erforderliche Einfallswinkel 4 bis 5 Grad und der Gefällswinkel etwas weniger als 7 Grad. Bei dieser Geschwindigkeit waren die Tragflächen etwas niedriger als die Horizontale geneigt. Bei Vergrößerung der Geschwindigkeit wurde der Einfallswinkel kleiner, der Gefällswinkel dagegen wieder größer; dadurch zeigte sich, daß der Minimalpunkt des Widerstandes überschritten war. Dutzende von Gleitflügen wurden unter Gefällswinkeln von weniger als 6 Grad gemacht; in einigen Fällen wurden 5 Grad erreicht. Am letzten Versuchstage machten wir einige Aufzeichnungen über 4 angestellte Versuche. Eine Leine war als Merkzeichen für den Abflug eine Strecke die Rampe hinunter gespannt; die Maschine landete zweimal an derselben Stelle: Fluglänge 156 1/2 Fuß, Gefällswinkel genau 5 Grad, Flugdauer 6 1/2 Sekunden. Von einem auf der Rampe höher gelegenen Punkte aus war der beste Gefällswinkel 5 Grad und 25 Min. für einen Gleitflug von 225 Fuß Länge in 10 1/4 Sekunden. Windgeschwindigkeit dabei etwa 9 Meilen pro Stunde; diese Gleitflüge waren genau gegen den Wind und genau die Rampe abwärts gerichtet. Nimmt man 7 Grad als Normal-Gefällswinkel an, so betrug der Horizontalwiderstand der Maschine 30 Pfund nach Verhältnis der Tangente des Gefällswinkels bei 250 Pfund Gesamtgewicht. Dieser Widerstand

blieb nahezu konstant bei Geschwindigkeiten von 18 bis 25 Meilen pro Stunde, über und unter diesen Grenzen zeigte sich jedoch schnelle Änderung etwa wie folgt: Bei 18 Meilen betrug die verbrauchte Arbeit 1,5 Pferdekraft; bei 25 Meilen 2 Pferdekraft; bei geringerer Geschwindigkeit wurden 166 Pfund auf jede verbrauchte Pferdekraft getragen; bei größerer Geschwindigkeit 125 pro Pferdekraft. Zwischen 18 und 25 stand die verbrauchte Pferdekraft genau im Verhältnis zu der vermehrten Geschwindigkeit; aber über und unter diesen Grenzen wuchs die Arbeit in zunehmendem Grade.

Es folgt hier die Beschreibung eines rätselhaften Vorganges, bestehend in wellenförmigen Zitterungen der Maschine; diese kann hier übergangen werden, da die natürliche Erklärung in der dann folgenden überaus interessanten Beschreibung der Wirkungen, die der Wind vermöge der Unregelmäßigkeit des Geländes hervorbringt, sich finden dürfte.

Außer den Beobachtungen an unserer Maschine machten wir solche an schwebenden Vögeln, welche in großer Anzahl in der Nähe vorhanden waren. Fischadler, Beibrecher, Falken, Bussarde führten uns täglich ihre Künste vor. Die Bussarde waren dort am zahlreichsten und am ausdauerndsten im Schwebeflug. Sie machten augenscheinlich nur dann Flügelschläge, wenn es durchaus notwendig war, während die Adler und Falken nur gelegentlich, gleichsam in Muße, schwebten. Es kamen zwei Methoden des Schwebens zur Anwendung. Bei kaltem, feuchtem Wetter und starkem Wind pflegten die Bussarde an den Hügeln oder Baumgruppen hin und her zu schweben. Sie benutzten offenbar die durch diese Hindernisse aufwärts gerichtete Luftströmung. An solchen Tagen konnten sie oftmals nur an diesen besonderen Stellen schweben. Dagegen pflegten sie an warmen, klaren Tagen hoch in der Luft kreisend zu schweben. Aber sie mußten augenscheinlich durch Flügelschläge einige hundert Fuß Höhe erreichen, bis diese Art des Schwebeflugs möglich wurde. Oftmals fing eine ganze Anzahl von ihnen an derselben Stelle an, zu kreisen, und sie stiegen dabei immer höher, bis sie schließlich nach verschiedenen Richtungen hin auseinander schwebten. Zugleich fanden andere Bussarde in nur geringer Entfernung hiervon es nötig, starke Flügelschläge zu machen, um sich hoch zu halten; wenn sie dann aber eine Stelle unter den kreisenden Scharen erreichten, so schwebten sie auch mit unbewegten Flügeln. Hiernach scheint es, daß aufsteigende Luftströme nicht überall vorhanden sind, aber daß die Vögel sie zu finden wissen. Augenscheinlich beobachten sie sich gegenseitig und wenn einer einen Luftstrom gefunden hat, so begeben sich die übrigen schleunigst dahin. Eines Tages, als unten kaum ein Windhauch sich regte, bemerkten wir zwei Fischadler kreisend in etwa 500 Fuß Höhe; wir sahen unter ihnen einen Gegenstand, der sich bei Betrachtung durch einen Feldstecher als eine abgeworfene Feder herausstellte; dieselbe schien nicht weit von uns niederfallen zu wollen, so daß einige von uns sie aufzufangen suchten; aber nach einer Weile fiel die Feder nicht mehr, sondern stieg schnell aufwärts und entschwand unseren Blicken; sie war augenscheinlich in denselben Luftstrom geraten, in welchem die Adler kreisten.

Die Tage, an denen der Wind horizontal wehte, lieferten uns die wertvollsten Beobachtungen, da dann die Vögel gezwungen waren, die an den Hügelflächen hinfließenden Luftströme zu benutzen, und es uns möglich war, die Geschwindigkeit und Richtung des Windes zu bestimmen, in welchem das Schweben stattfand. Eines Tages fingen 4 Bussarde auf der nördlichen Rampe des größten Hügels an, zu schweben in nur 10 bis 12 Fuß Höhe. Wir nahmen Stellung windwärts in etwa 1200 Fuß Entfernung; das Klinometer zeigte, daß sie  $4\frac{1}{2}$  bis  $5\frac{1}{2}$  Grad über dem Horizont sich befanden; wir konnten sie durch den Feldstecher genau sehen. Wenn wir sie von vorn sahen, bildete die Unterfläche ihrer Flügel ein breites Band gegen den Himmel; wenn sie dagegen im Kreisen uns den Rücken wendeten, so sahen wir nicht mehr die Unterfläche der Flügel; obgleich in diesem Falle die Flügel etwas breiter als eine Linie am Himmel erschienen, so sahen wir durch das Glas deutlich, daß es nicht die Unterfläche war. Augenscheinlich schwebten die Bussarde, während ihre Flügel etwa 5 Grad gegen den Horizont aufwärts geneigt waren. Sie versuchten, genügende Höhe zu erreichen, um nach dem etwa dreiviertel Meile entfernten Meeresufer zu schweben, aber in etwa 75 Fuß Höhe über der

Kuppe des Hügels konnten sie augenscheinlich nicht höher steigen, obgleich sie es lange versuchten; zuletzt flogen sie dem Ozean zu, mußten aber sofort Flügelschläge zu diesem Zwecke machen. Sogleich maßen wir die Rampe und den Wind: erstere  $12\frac{1}{2}$  Grad, letzterer 6 bis 8 Meter per Sekunde. Da die Flügel 5 Grad aufwärts gegen den Horizont geneigt waren und der Wind reichlich 12 Grad aufwärts gerichtet war, so war der Einfallswinkel etwa 17 Grad.<sup>1)</sup> Die Windgeschwindigkeit betrug durchschnittlich nicht mehr als 7 Meter oder 15 Meilen die Stunde. Meistens war der Schwebeflug der Vögel andauernd gegen den Wind gerichtet, aber beim Abflauen mußten sie kreisen oder hin und her schweben, um genügende Geschwindigkeit zum Tragen zu gewinnen. Da der Bussard etwa 8 Pfund per Quadratfuß Flügelfläche wiegt, so war die Tragkraft des Windes bei 17 Grad Einfallswinkel augenscheinlich ebenso groß, wie wenn er mit gleicher Geschwindigkeit gerade aufwärts wehen würde. Der Luftdruck war 5 Grad und der Gefällswinkel  $12\frac{1}{2}$  Grad geneigt.

Eines anderen Tages stand ich auf der Kuppe des westlichen Hügels gerade hinter einem Bussard, welcher über der steilen, südlichen Rampe schwebte; er befand sich in gleicher Höhe mit meinem Auge und war nicht mehr als 75 Fuß entfernt. Eine Zeitlang war er fast bewegungslos; obgleich die Flügel etwa 5 Grad gegen den Horizont aufwärts gerichtet waren, wurde er nicht vom Winde zurückgetrieben. Dieser Vogel eignet sich besonders zum Schweben unter großem Einfallswinkel in stark aufsteigenden Luftströmen. Seine Flügel sind stark gewölbt. Wenn der Wind nicht mindestens 8 Grad aufwärts weht, so scheint er nicht sich hochhalten zu können. Eines Tages beobachteten wir einen Schwarm, welcher über der westlichen Rampe des großen Hügels zu schweben versuchte; diese hat etwa 9 Grad Gefälle. Die Vögel flogen nahe der Kuppe ab und glitten über der Rampe entlang, gerade so wie wir mit der Maschine, aber wir bemerkten, daß, wenn sie parallel mit der Rampe glitten, ihre Geschwindigkeit sich verminderte, und, wenn ihre Geschwindigkeit dieselbe blieb, daß dann der Abfallswinkel größer war, als der des Hügels. Stets fanden sie nötig, wiederum Flügelschläge zu machen, sobald sie etwa 200 Fuß zurückgelegt hatten. Sie versuchten es immer von neuem, aber stets mit demselben Erfolg. Endlich entschlossen sie sich zu starken Flügelschlägen, bis eine Höhe von etwa 150 Fuß über der Kuppe erreicht war; hierauf konnten sie ohne Schwierigkeit kreisend schweben. An einem anderen Tage gelang es ihnen schließlich, über nahezu der gleichen Rampe zu steigen. Hieraus dürfte zu schließen sein, daß der für den Bussard beste Gefällswinkel etwa bei 8 Grad liegen mag.

Ich hege die Überzeugung, daß der Mensch Flügel herstellen kann, welche ebenso wenig oder weniger Widerstand bieten, als die Flügel der am besten schwebenden Vögel. Die Flügel der Vögel sind zweifellos meisterhaft konstruiert, aber nicht etwa eine geheimnisvolle Wirkungsweise derselben erfüllt uns mit Erstaunen, sondern lediglich die wunderbare Geschicklichkeit in ihrer Benutzung. Das Problem des Schwebens ist augenscheinlich nicht so sehr eine Frage besserer Flügel wie die eines besseren Fahrers, als es der Mensch mit seinem für die Luftpraxis zu langsamen Denken und Handeln naturgemäß sein kann.

Nach vorstehenden Schlußworten des Vortrages, welche mit geringer Kürzung dem Sinne nach so getreu wie möglich wiedergegeben sind, dürfte aus der darauffolgenden Diskussion einiges von Interesse sein.

Mr. Churchill fragt: Würden nach Ihren Ermittlungen die Flügel eines durch Vortrieb horizontal zu bewegenden Luftschiffs etwa 17 Grad geneigt sein müssen?

Mr. Wright erwidert verneinend. Der beste Winkel würde nach seiner Meinung etwa 5 bis 7 Grad sein.

Mr. Warder: Schlägt der Vogel die Flügel auf und nieder, ohne seine Körperachse zu ändern, oder ist es erforderlich, die Körperachse zugleich mit der Flügelebene zu ändern?

<sup>1)</sup> Sollte hier nicht ein Irrtum vorliegen? — Ich kann die Beschreibung nicht anders verstehen, als daß die 5 Grad von den 12 Grad abzuziehen sind, somit der hiernach abzuschätzende Einfallswinkel 7 Grad betrug.

Mr. Wright: Die meisten Vögel biegen den Körper, um die Flügelebene zu ändern. Prof. Marey machte vor einigen Jahren Photographien des Vogelluges, wobei er eine Camera anwendete, die 50 mal in der Sekunde exponierte. Hiernach scheint der Körper des Vogels zu schütteln. Die Flügel bewegen sich diagonal vorwärts beim Niederschlag, beim Aufschlage rückwärts. Am Ende des Niederschlages sind die Flügelenden in Flucht mit dem Schwerpunkte, sodaß der Vogelkörper sich vorn aufrichtet und so bleibt, während die Flügel mit einer Rückwärtsbewegung gehoben werden. Während dann die Flügel sich vom Schwerpunkt aus rückwärts bewegen, pendelt die Körperachse wieder niederwärts. Bei dieser Rück- und Vorwärtsbewegung schüttelt der ganze Körper des Vogels und neigt folgeweise die Flügelebene bei jedem Schlage auf und nieder.

A. S.



## Hauptmann Ferber und seine Kunstflugversuche.

Seitdem der bekannte Berliner Flugtechniker Otto Lilienthal bei einem Fluge mit seinem Apparat (10. August 1896) verunglückt ist und nachdem auch sein Schüler, der Ingenieur Mr. Percy S. Pitcher bei Rugby in England 1899 von dem gleichen traurigen Schicksal ereilt worden war, hatte der Kunstflug nur noch in Amerika Anhänger zu verzeichnen, die sich auch durch keine jener Schreckensnachrichten von der Fortsetzung ihrer Versuche abhalten ließen.

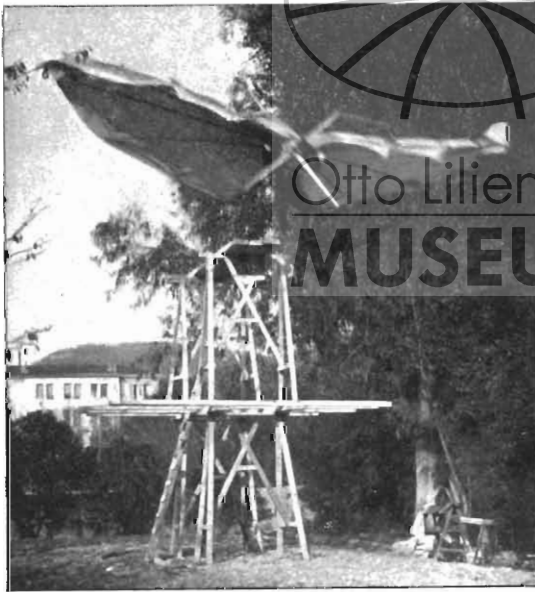


Fig. 1. — Ferbers Flugapparat Nr. 4.

Bewundernswerter aber noch erscheint es, daß gerade nach jenen unglücklichen Ereignissen Hauptmann Ferber, Chef der 17. alpinen Batterie in Nizza, die Passion des praktischen Flugsports aufnahm und bald ein begeisteter Anhänger von Otto Lilienthal wurde.

Nach seiner heute auf vielen praktischen Erfahrungen beruhenden Ansicht ist der Flug des Menschen durch Lilienthal bereits erfunden und es handelt sich nur darum, ihn weiter zu entwickeln und auszubilden. Obwohl er ein guter Mathematiker und Physiker ist, so befolgt er doch hierbei den Grundsatz: «Probieren geht über studieren». Die Luftwiderstandsgesetze hält er nicht für zuverlässig genug, um sie als Basis für seine Konstruktionen gebrauchen zu können. Seine persönlichen

Erfahrungen allein sind ihm hierfür maßgebend. Er folgt hierin seinem Vorbilde und Lehrer Lilienthal, der sich angeblich geäußert haben soll: «Einen Drachenlieger zu erfinden, ist kein Kunststück, einen zu bauen, ist bereits schwieriger, aber zu fliegen, das ist alles!»

So konstruierte denn Hauptmann Ferber 1899 seinen ersten Apparat nach Lilienthals Mustern «zum Fliegen». Die Empfindungen, welche ihn beschlichen, als jenes Flugwerkzeug zum Gebrauche fertig vor ihm stand, gab er treffend wieder mit den Worten: «Ich fühlte mich in diesem Augenblick vollkommen in der Lage eines Wilden,