

August d. J. zugestossene schwere Unfall hätte beinahe am 23. August in Wittenhall unweit Wolverhampton ein ebenso verhängnisvolles Nachspiel gefunden. Dort versuchte nämlich, wie Londoner Blätter berichten, bei einer Blumen-Ausstellung ein Aëronaut aus Birmingham, Namens Lempreri, in Begleitung eines dortigen Arztes, Namens Touks, eine Luftfahrt. Der Ballon wurde jedoch von der Luftströmung wieder nach unten gedrängt und stiess mit einigen Häusern zusammen, wobei zwei Schornsteine zertrümmert wurden und der Ballon selber einen grossen Riss erhielt. Die Gondel war mit fallenden Ziegelsteinen gefüllt, und Dr. Tonks erhielt eine Verletzung, indem ihm der kleine Anker in das Dickbein drang, während Lempreri gleichfalls arg zugerichtet wurde. Die Luftschiffer wurden nur mit Schwierigkeiten aus ihrer gefährlichen Lage gerettet.

Deutscher Verein zur Förderung der Luftschiffahrt.

Protokoll der Sitzung vom 29. Oktober 1888.

Vorsitzender: Dr. Angerstein; Schriftführer: Dr. Krouberg.

Tages-Ordnung: 1. Herr O. Lilienthal: „Der Kraftverbrauch beim Vogelfluge und sein Einfluss auf die Möglichkeit des freien Fliegens“; 2. Mittheilungen der technischen Kommission; 3. Geschäftliches.

Zur Mitgliedschaft ist angemeldet: Herr A. Toulet, Luftschiffer in Brüssel, vorgeschlagen von Dr. Angerstein und Dr. Krouberg.

I. Herr Lilienthal weist in seinem interessanten Vortrage zunächst auf die ungünstige Situation hin, in welcher sich die aërodynamischen, gegenüber den aërostatischen Bestrebungen in der Luftschiffahrt in Folge der Erfindung des Luftballons befinden, durch welche der dynamische Flug sehr an Interesse verloren habe und die erfinderische Thätigkeit in eine ganz bestimmte Richtung gedrängt worden sei, während andererseits der Luftballon selbst dem Menschen die Fähigkeit, sich frei in der Luft zu bewegen, welche die Natur so vielen Thieren verliehen hat, nicht zu geben vermochte. Man hat daher in der neuesten Zeit den Vogelflug für den Menschen auch an hervorragenden Stellen für vollständig unmöglich gehalten; nach Ansicht des Redners indess mit Unrecht.

Dass die Vögel viel weniger Kraft zum Fliegen gebrauchen, als im Allgemeinen angenommen wird, schliesst Redner aus den sichtbaren Flügelbewegungen, indem manche Vögel lange ohne erhebliche Bewegung der Flügel schweben können und zwar nicht blos durch das bekannte Kreisen, sondern auch durch einfaches Stillstehen in der Luft, ohne zu sinken, wie man bei Falken, namentlich in der Nähe von Kirchthurmspitzen, mit Sicherheit beobachten könne, wobei die Vögel allerdings dem Winde entgegen gerichtet schweben.

Gegenüber diesem geringen Arbeitsaufwand der Vögel, der beim schnellen Durchschneiden der Luft oder beim Fliegen im Winde beobachtet werden kann, hält Redner auch die von den Vögeln aufgewendete Kraftleistung beim Fliegen ohne Vorwärtsbewegung oder beim Auffliegen in ruhender Luft für bedeutend überschätzt. Er begründet diese Ansicht, indem er für diesen Vortrag des Näheren auf die Erscheinungen beim Fliegen auf der Stelle eingeht, durch Folgendes:

Der Vogel fliegt dadurch, dass er mit geeigneten Flügeln in geeigneter Weise die ihn umgebende Luft bearbeitet. Durch diese Arbeit des Vogels wird ein Wider-

stand der Luft erzeugt, welcher dem Gewichte des Vogels mindestens gleichkommt und der Schwerkraft entgegen nach oben gerichtet ist.

Nimmt man statt der verschiedenen Geschwindigkeiten der verschiedenen Theile des Vogelflügels eine gleiche Geschwindigkeit desselben an und berechnet sie nach dem Fall einer geraden horizontalen Fallschirmfläche, so ergeben sich, wenn auf 1 kg Gewicht etwa $\frac{1}{5}$ qm Flugfläche gerechnet wird, wie es auch bei den

meisten gut fliegenden Vögeln der Fall ist, nach der Formel: $g = \frac{1}{8} f c^2$ die Gleichungen: $1 = \frac{1}{8} \cdot \frac{1}{5} c^2$ und $c = 6,3$ m in der Sekunde, als derjenigen Geschwindigkeit, mit welcher der Vogel herabfallen müsste, um den seinem Gewicht gleichen Luftwiderstand zu erzeugen.

Für einen Storch von 5 kg würde sich danach eine Arbeitsleistung von $5 \times 6,3 = 31,5$ kg = ca. $\frac{1}{2}$ Pferdekraft ergeben, für den Menschen von 75 kg gleich 150 Pfund Durchschnittsgewicht (Mann in mittleren Jahren), eine Leistung von $75 \times 6,3$ kg = 6,3 Pferdekraft (à 75 kg), in beiden Fällen viel zu viel, um den Anschein der Richtigkeit für sich zu haben.

Zu diesem Resultat gelangt man unter Anwendung der gebräuchlichen Luftwiderstandsformeln; und dieses Rechnungsergebniss hat nach Ansicht des Redners abschreckend für eine fernere Thätigkeit vieler Techniker auf dem Gebiet des aktiven Fliegens eingewirkt.

Andererseits wird nun auch vom Vortragenden die Arbeit des Fliegens auf der Stelle aus den an Vögeln zu beobachtenden Flügelbewegungen berechnet.

Eine Taube macht beim Auffliegen in ruhender Luft in der Sekunde 5 Flügelschläge ungefähr von je 20 cm Weite, gemessen im Centrum des Luftwiderstandes; sie muss ihr doppeltes Gewicht als Luftwiderstand erzeugen, weil sie nur ungefähr die halbe Flugzeit zum Heben verwendet.

Die Strecke, auf welcher dieser Luftwiderstand von der Taube pro Sekunde überwunden wird, beträgt 5×20 cm = 1 m. Die Arbeit der G kg schweren Taube ist demnach pro Sekunde 2 G Kilogrammometer, während sie nach der früheren Rechnungsweise 6.3 G kg beträgt.

Man gelangt nach den vorstehenden beiden Betrachtungsweisen also zu ganz verschiedenen Resultaten, und dies wäre noch auffallender, wenn bei der ersten Rechnungsart auch nur die halbe Flugzeit als zur Hebung ausgenützt angenommen würde. Redner folgert hieraus, dass der Luftwiderstand des Vogelflügels nicht nach den gebräuchlichen Luftwiderstandsregeln berechnet werden kann, namentlich, weil bei der Flügelschlagbewegung die Trägheit der Luft zu beiden Seiten des Flügels eine wesentliche Rolle mitspielt und schon bei geringerer mittlerer Geschwindigkeit die erforderliche Luftwiderstandsgrösse erzeugt wird.

Wenn sich eine Fallschirmfläche gleichmässig bewegt, so weicht die Luft allmählich aus, es bilden sich Wirbel, und ein Theil der Luft macht die Bewegung mit; wenn dagegen die Fläche aus der Ruhelage rasch bewegt wird, so findet nach der Auffassung des Redners schon durch die Massenträgheit der umgebenden Luft unterhalb der Fläche eine Kompression und deshalb derselben eine Expansion der Luft statt, welche beide der Bewegung entgegenstehen und daher einen verhältnissmässig grösseren Luftwiderstand erzeugen.

Die ersten Versuche des Redners sind bereits 1866 in Gemeinschaft mit seinem Bruder angestellt. Die Flügel des Apparates aus Holzruthen waren mit Klappen versehen, welche sich beim Herabgehen schlossen. Der Apparat war an einem Seile aufgehängt und durch kräftiges Ausstossen beider Beine, welche die Flügel bewegten, konnte man sich thatsächlich 4 Zoll hoch heben, sank aber stets in die alte Stellung zurück, bevor ein neuer Flügelschlag erfolgen konnte.

1868 bauten beide Lilienthal dann einen zweiten Apparat mit zwei abwechselnd bewegten Systemen von Flügeln. Der Apparat wurde an einem über Rollen laufenden Seile aufgehängt, durch Gegengewichte genau ausbalancirt und danach nach Fortnehmen eines Theiles der letzteren wieder durch Bewegen der Flügel des Apparates in's Gleichgewicht gebracht. Hierbei konnte das halbe Körpergewicht bei voller Anstrengung der Muskeln gehoben werden. Die mechanische Arbeit, welche für Sekunden geleistet wurde, war etwa eine Pferdekraft, wie sie der Mensch thatsächlich beim Ersteigen einer Treppe leisten kann. Die Versuchsansteller schlossen daraus, dass der Mensch, eben so gut wie die Vögel, den durch plötzliche Flügelschläge erhöhten Widerstand der Luft hervorrufen kann, jedoch nicht die Kraft besitzt, sich in dieser Weise auf der Stelle in ruhender Luft zu erheben.

Zum Schluss stellt Redner dann noch eine Betrachtung an über die Hebewirkung eines in abwechselnd schräger Lage hin und her geschlagenen Flügels. Hierbei wird auf den in diesem Falle besonders grossen Nutzeffekt hingewiesen, der sich daraus ergibt, dass die Flügel beim Hin- und Herschlagen gegen nachströmende Luft schlagen und dadurch einen Theil ihrer Kraft wiedergewinnen, analog der Bewegung des Fischschwanzes im Wasser, welchem in dieser Beziehung ein Vorzug vor der Schiffsschraube allgemein zuerkannt wird.

Redner fasst seine Argumentationen in folgende Thesen zusammen:

1. Der Arbeitsaufwand der Vögel beim Fliegen auf der Stelle in ruhender Luft, welcher sich nach der Beobachtung der Flügelbewegungen ergibt, beträgt ungefähr nur $\frac{1}{4}$ von demjenigen, welcher nach den gewöhnlichen Luftwiderstandsformeln berechnet wird.
2. Ein ähnliches Resultat giebt auch ein künstlicher, nach Art der Vogelflügel gebauter und bewegter Flugapparat.
3. Diese Arbeitersparniss kann nur in der eigenthümlichen Flügelschlagwirkung ihren Grund haben, welche die Massenträgheit der umgebenden Luft mit ausnützt und dadurch schon bei geringen Geschwindigkeiten einen grösseren Luftwiderstand erweckt, als dieses bei einer mit gleichmässiger Geschwindigkeit durch die Luft bewegten Fläche der Fall ist.
4. Der Arbeitsaufwand beim Herabschlagen der Flügel wird um so kleiner, je mehr von der ganzen Flugzeit zum Herabschlagen der Flügel verwendet wird.
5. Der Gesamtarbeitsaufwand wird am geringsten, wenn die Flügel etwas schneller gehoben als gesenkt werden.
6. Ein in horizontaler Richtung hin und her geschlagener, entsprechend schräg gestellter Flügel oder ein hin und her geschlagener Schraubenflügel mit wechselnder Schrägstellung gewährt den geringsten Kraftaufwand eines nur zum Heben verwendeten Luftpropellers.
7. Die physische Kraft des Menschen ist nicht ausreichend, um in ruhender Luft ein Fliegen auf der Stelle mit einem Flugapparat auszuführen und

wäre hierzu auch unter den günstigsten Annahmen eine motorische Leistung von mehr wie 1 Pferdekraft erforderlich.

8. Die Flugmethode der fliegenden Thiere verdient auf Grund ihrer arbeitersparenden Flügelschlagbewegung den Vorzug gegenüber allen auf gleichmässige Flächenbewegungen basirenden künstlichen Flugmethoden.

Bei der nach der üblichen Pause folgenden Diskussion über den Vortrag erinnerte zunächst

Herr Gerlach, indem er die Wichtigkeit derartiger experimenteller Arbeiten für die Lösung des Flugproblems hervorhob, an die ähnlichen Versuche, welche Berthensen in Russland im Auftrage der Regierung gemacht hat, sowie an die künstliche Taube von Hureau de Villeneuve und dessen erst in diesem Frühling hergestelltem fliegendem Hund von 1 m Klafferweite, welchem jetzt ein noch grösseres Modell folgen soll. Die treibende Kraft war ein Kautschukschlauch. Dass die hin- und hergehenden Bewegungen dem Vogel von Nutzen sind, ist auch wiederholt in den der technischen Kommission zugesandten Schriftstücken betont, beispielsweise von Herrn Lustig.

Herr Moedebeck warnt davor, den in der Technik gewöhnlich gebräuchlichen Luftwiderstandsformeln zu grosses Vertrauen entgegen zu bringen. Bei Versuchen in der Ballistik sei nach den neuesten physikalischen Forschungen eine Geschosspitze berechnet und konstruirt worden, die sich als mangelhafter erwies, wie die seit langer Zeit durch Versuche als beste befundene und angenommene Spitze.

Herr Gerlach erwähnt die Arbeit von Hedeke über die beim Fluge erforderliche Kraft („Grundzüge zu einer Theorie des Fluges“).

Herr Dr. Angerstein macht auf die individuellen Verschiedenheiten der Vögel aufmerksam, welche die Anstellung sehr vieler Beobachtungen über eine einzelne Vogelart erheischen.

Herr Taubert schliesst sich dem an und theilt mit, dass nach seiner Beobachtung die Tauben auch rückwärts fliegen können.

Schliesslich theilen die Herren Gerlach, Dr. Weitz und Dr. Schäffer noch ihre Beobachtungen und Ansichten über das Schweben der Vögel in der Luft mit, wobei der aufsteigenden Luftströmungen gedacht und auch erwähnt wird, dass die Krähen daraus ein Spiel zu machen scheinen, sich plötzlich längere Zeit schwebend über einer Kirchturmspitze zu halten.

Das Interesse des Vereins an den interessanten Versuchen der Herren Lilienthal findet auf Antrag des Vorsitzenden Ausdruck durch Erheben von den Sitzen.

II. Mittheilungen der technischen Kommission liegen nicht vor.

III. Geschäftliches. Das Protokoll der vorigen Sitzung wird vom Schriftführer Dr. Kronberg vorgelesen und vom Vereine genehmigt.

Auf Antrag des Bibliothekars Herrn Gross wird nach längerer Diskussion, an welcher sich die Herren Dr. Angerstein, Moedebeck, Taubert, Gerlach, Dr. Schäffer und Dr. Weitz betheiligen, beschlossen, den Katalog der Vereinsbibliothek als Beilage zu einem Hefte der Zeitschrift und ausserdem eine Anzahl überschüssiger Exemplare drucken zu lassen.

Die Festsetzung des Tages der nächsten Sitzung wird dem Vorstande überlassen. Herr Toulét, Luftschiffer in Brüssel, wird zum Mitgliede erklärt.