

Über die
physikalischen Bedingungen
des
Fliegens.

Von
Prof. Dr. Gustav Jäger.

Vortrag, gehalten den 4. November 1908.

(Mit Experimenten.)

Mit 15 Abbildungen im Texte.

Die heutigen Luftfahrzeuge weisen im wesentlichen drei Typen auf. Es sind dies der Kugelballon, der lenkbare Ballon und die Flugmaschine. Aufgabe des Folgenden ist es nicht, diese Typen in ihren Einzelheiten zu beschreiben, sondern darzulegen, unter welchen physikalischen Bedingungen das Fliegen überhaupt möglich wird.

Wir stellen an ein Luftschiff das Verlangen, daß wir uns mit ihm erheben und sodann nach beliebiger Richtung vorwärts bewegen können. Diese Aufgabe erfüllt der Kugelballon nur teilweise. Wir können uns mit ihm zwar in höhere Regionen erheben, als auf irgendeine andere Weise möglich wäre, sind aber, was die Vorwärtsbewegung anbelangt, vollständig dem Spiel der Winde preisgegeben.

Der lenkbare Luftballon erfüllt heutzutage den Zweck eines Luftschiffes am besten. Er läßt sich in beträchtliche Höhen bringen, selbst gegen ziemlich starke Winde mit Erfolg steuern und nötigenfalls in beliebiger Höhe ohne Gefahr zum Stillstand bringen.

Die Flugmaschine in ihrer gegenwärtigen Form gestattet nicht, senkrecht aufzusteigen, sondern wenn sie steigen soll, muß sie sich gleichzeitig mit großer Geschwindigkeit vorwärtsbewegen. Soll sie sich über einem

bestimmten Orte fliegend erhalten, so geht das nur, wenn sie beständig Kreise beschreibt, da nur durch die Vorwärtsbewegung das Schweben erzielt wird.

Die Ursache des Steigens eines Kugelballons ist längst erforscht. Sie wurde bereits von Archimedes (287—212 v. Chr.) gefunden und ist unter dem Namen des Archimedischen Prinzips allgemein bekannt. Dasselbe lautet: Tauchen wir einen Körper in einer Flüssigkeit unter, so verliert er so viel an seinem Gewicht, als das Gewicht der von ihm verdrängten Flüssigkeitsmenge beträgt. Ist der Körper also schwerer als die von ihm verdrängte Flüssigkeit, so wird er untersinken, ist er leichter, so muß er, sobald man ihn sich selbst überläßt, in der Flüssigkeit emporsteigen. So fällt ein Kieselstein im Wasser zu Boden, ein Stück Kork schwimmt an der Oberfläche. Daß der Trieb, in die Höhe zu steigen, nicht im Kork selbst liegt, sondern im umgebenden Wasser, erkennt man ohneweiters, wenn man ihn aus dem Wasser nimmt, da er dann in der Luft genau so zu Boden fällt wie ein Stein im Wasser.

Die Luft läßt sich nun ebenfalls als eine Flüssigkeit auffassen. Das heißt, jeder Körper, der sich in ihr befindet, verliert soviel an seinem Gewicht, als die Luftmenge wiegt, welche er verdrängt. Freilich ist das Gewicht der Luft weitaus geringer als das eines gleich großen Volumens Wasser, doch kann es mit Hilfe der Wage genügend genau bestimmt werden. Man benützt zu dem Zweck einen Glaskolben *K* (Fig. 1), der ein mit einem Hahn *H* versehenes Ansatzrohr besitzt. Diesen Kolben

machen wir mit Hilfe einer guten Luftpumpe vollständig luftleer, schließen den Hahn und geben das Ganze auf eine empfindliche Wage. Durch entsprechende Gewichtszulage bringen wir die Wage ins Gleichgewicht. Öffnen wir jetzt den Hahn, so strömt die Luft in den Kolben und füllt diesen vollständig aus. Gleichzeitig erweist sich der Kolben schwerer. Die Gewichte, die man zulegen muß, um wieder Gleichgewicht herzustellen, bestimmen direkt das Gewicht der Luft, die sich im Kolben befindet. Kennt man das Volumen des Kolbens K , so weiß man, wie schwer ein bestimmtes Luftvolumen ist. Man findet so, daß ein Liter der uns umgebenden Luft etwa 1.2 g wiegt. Nun ist dasselbe Volumen aller festen und flüssigen Körper viele hundertmal größer, so daß im gewöhnlichen Leben der kleine Gewichtsverlust, den sie erfahren, gar keine Rolle spielt.

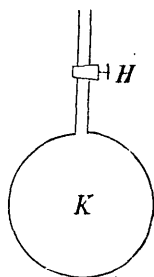


Fig. 1.

Etwas anderes ist es, wenn wir verschiedene Gase auf ihr Gewicht untersuchen. Da zeigt es sich vor allem, daß bei allen Gasen die Temperatur eine große Rolle spielt. Es haben nämlich schon die französischen Physiker Charles und Gay-Lussac erkannt, daß sich alle Gase mit der Temperatur in gleicher Weise ausdehnen, so daß ein Gas, wenn wir es von 0°C auf 273° erhitzen, sein Volumen verdoppelt. Bei 273° hat also ein Liter Luft nur noch das halbe Gewicht, welches er bei 0° hat, also nur noch etwa 0.6 g. Diesen Gewichtsverlust können wir

mit unserem Kolben wieder ohneweiters nachweisen, indem wir ihn bei offenem Hahn, wobei er die Temperatur der Umgebung haben soll, auf die Wagschale legen, ihn dann über einer Flamme erhitzen, den Hahn absperren und neuerdings wägen. Die zweite Wägung zeigt dann einen Gewichtsverlust, der daher rührt, daß bei der Erhitzung des Kolbens die Luft sich ausdehnte und so zum Teil aus dem Kolben entweichen mußte. Die Folge ist, daß das Gewicht der warmen Luft kleiner ist als der Auftrieb, den ihr die umgebende kältere Luft erteilt. Das heißt, die erwärmte Luft muß emporsteigen. Haben wir nun eine leichte, genügend große Hülle, innerhalb welcher wir die Luft erwärmen, so kann der Auftrieb so groß werden, daß die eingeschlossene Luft mit samt der Hülle steigt. Wir haben eine Montgolfiere, einen nach seinen Erfindern, den Gebrüdern Montgolfier (1782), so benannten Luftballon.

Bringen wir in unseren Kolben *K* der Reihe nach verschiedene Gase, z. B. Kohlensäure, Leuchtgas, Wasserstoffgas, so zeigt die Wage, daß jedes, wenn wir alle nur sonst unter gleichen Bedingungen, also bei demselben Druck und derselben Temperatur in unserem Kolben haben, ein anderes Gewicht besitzt. So ist Kohlensäure schwerer, Leuchtgas und Wasserstoff leichter als Luft. Während Leuchtgas etwa halb so schwer als die Luft ist, hat Wasserstoff nur $\frac{1}{14}$ des Gewichtes eines gleich großen Volumens Luft. Die beiden letzten Gase werden also einen Auftrieb in der Luft erhalten, der größer ist als ihr Gewicht. Sie sind daher ebenfalls, wie zuerst Charles

(1783) gezeigt hat, geeignet, als Füllung für Luftballons zu dienen. Im kleinen läßt sich das in schöner Weise zeigen, wenn man Seifenblasen mit Leuchtgas füllt. Die mit Luft gefüllten Seifenblasen, wie sie die Kinder gerne erzeugen, fallen zur Erde. Die mit Leuchtgas gefüllten erzeugt man am einfachsten, indem man an einen Gasauslaß einen Kautschukschlauch ansetzt und den Gasdruck selbst zum Aufblasen benützt. Ist die Blase groß genug, so reißt sie sich vom Kautschukschlauch los und steigt in die Höhe.

Man hat also wohl zu merken, daß den Gasen als solchen durchaus nicht das Bestreben innewohnt, in die Höhe zu steigen, sondern daß es immer nur die umgebende Luft ist, welche ihnen den Auftrieb erteilt. Damit ist erstens nichts zu erwarten von einem Gas, das noch leichter wäre als der Wasserstoff; denn selbst wenn ein Gas gar nichts wöge, würde die Steigkraft eines damit gefüllten Ballons jene des Wasserstoffballons nur um wenige Prozente übertreffen. Zweitens ist der Steighöhe eine Grenze gesetzt, da ja die Dichte der Atmosphäre mit zunehmender Höhe immer kleiner, somit auch ihr Auftrieb immer geringer wird.

Wir wollen uns jetzt mit einigen Gesetzen der Mechanik vertraut machen, deren Kenntnis zum Verständnis des lenkbaren Ballons sowie der Flugmaschine notwendig ist. Die ganze Weisheit des Altertums ist an dem Grundproblem der Dynamik, das ist der Lehre von der Bewegung der Körper gescheitert. Erst Galilei (1564—1642) hat zu dessen Lösung den richtigen Weg

eingeschlagen. Er erkannte, daß jeder Körper nur dann den jeweiligen Zustand seiner Bewegung ändert, wenn auf ihn eine Kraft wirkt. Bewegt sich also ein Körper vollständig kräftefrei, so muß er mit konstanter Geschwindigkeit in immer derselben Richtung weitergehen, oder wenn er in Ruhe ist, wird er sich nicht bewegen, solange nicht eine Kraft ihn aus seiner Ruhe bringt. Man nennt diese Eigenschaft der Körper bekanntlich ihre Trägheit oder das Beharrungsvermögen. Jede Ursache der Änderung der Bewegung eines Körpers nennen wir dann eine Kraft.

Wenn auf einen Körper eine Kraft ausgeübt wird, so geschieht dies in letzter Linie immer durch einen anderen Körper. Bei den gewöhnlichen Zug- oder Druckkräften ist das ohneweiters klar. Der Wagen erhält seine Bewegung durch den Zug des Pferdes, der Champagnerpfropfen durch den Druck der in der Flasche eingeschlossenen Kohlensäure. Aber auch der fallende Stein erfährt seine Bewegung durch die Schwerkraft, welche die Erde auf ihn ausübt; oder wenn ein Stück Eisen durch magnetische Kräfte bewegt wird, so muß ein Magnet oder ein von einem elektrischen Strome durchflossener Leiter da sein. Kurz, wo immer Kräfte auf einen Körper ausgeübt werden, sind sie bedingt durch einen anderen Körper. Und da gilt nun der wichtige Grundsatz, daß der von einer Kraft beeinflusste Körper die gleich große Kraft auf den beeinflussenden Körper ausübt. Man pflegt das gewöhnlich das Prinzip der Gleichheit der Wirkung und Gegenwirkung zu

nennen. Genau denselben Zug, mit dem das Pferd den Wagen in Bewegung setzt, erfährt es selbst durch ihn. Das Eisen zieht den Magneten mit genau derselben Kraft an wie der Magnet das Eisen usw.

Wie jeder andere Körper muß nun auch die Luft die erwähnten Gesetze befolgen. Ist sie in Ruhe, so wird sie in Ruhe bleiben, wenn nicht irgendeine Kraft dieselbe stört. Jeder Körper, der die Luft in Bewegung setzt, wird daher eine Kraft auf die Luft ausüben müssen. Dieselbe Kraft in entgegengesetzter Richtung erfährt er aber von der Luft. Diese letztere Kraft, welche also auf jeden Körper wirkt, der Luft in Bewegung setzen muß, nennen wir den Luftwiderstand. Je rascher ein Körper sich durch die Luft bewegt, desto rascher muß er die Luft aus dem Wege räumen, desto größere Geschwindigkeit muß er der Luft erteilen, desto größer wird der Widerstand. Genau so wird die Luft Kraftwirkungen ausüben, wenn ihre Geschwindigkeit gehemmt wird, wenn also bewegte Luft auf feste Körper auftrifft. Auch diese Kräfte wachsen gleicherweise sehr rasch mit zunehmender Luftgeschwindigkeit, so daß ein Orkan dadurch imstande ist, die bekannten verheerenden Wirkungen hervorzurufen. Wir nützen die Kraftwirkungen des Windes aber auch aus; er treibt unsere Segelschiffe und Windmühlen.

Der Druck der bewegten Luft läßt sich durch ein sehr schönes Experiment zeigen. Durch ein Gebläse wollen wir einen Luftstrahl senkrecht in die Höhe blasen. Bringen wir nun eine leichte Kugel, etwa einen Zelluloidball auf den Strahl, so wird er bis zu einer gewissen Höhe empor-

geblasen und bleibt, falls das Gebläse regelmäßig arbeitet, ruhig im Luftraum stehen, der Ball hat eine stabile Gleichgewichtslage. Wir haben uns die Ursache dieser Erscheinung etwa folgendermaßen zu denken. Die Luft, welche aus der Düse *D* (Fig. 2) ausströmt, trifft den Ball *B*, der sie in ihrer Geschwindigkeit hemmt und gleichzeitig von



Fig. 2.

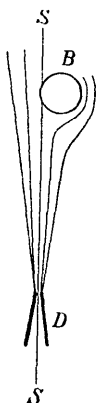


Fig. 3.

ihrer Wege ablenkt. Das erfordert eine Kraftäußerung. Die gleich große Kraft erfährt der Ball selbst und wird dadurch schwebend erhalten. Tritt er aus seiner zum Luftstrahl symmetrischen Lage heraus (Fig. 3), so wird nach unserer Zeichnung rechts von der Symmetrielinie *SS* die Luft vom Balle viel stärker aus ihrer Richtung abgelenkt als links, es muß rechts eine größere Kraft auf die Luft ausgeübt werden als links, es empfängt nach dem Prinzip der Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung der Ball rechts einen größeren Druck als links,

er wird gegen die Symmetrielinie zurückgedrückt, er sucht sich also immer in der Symmetrielinie zu erhalten. Dies ist auch dann noch der Fall, wenn der Luftstrahl nicht senkrecht emporgeht, sondern eine geneigte Lage hat. Die Kugel schwebt auch auf dem schiefen Strahl. Es läßt sich dies leicht bis zu einer Abweichung von etwa 20° von der Lotrechten erreichen.

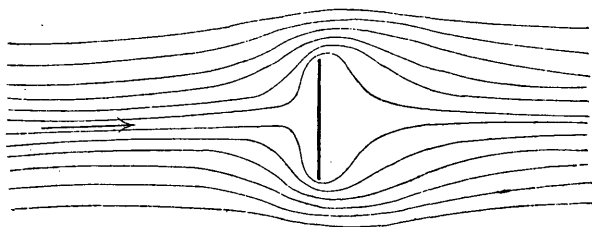


Fig. 4.

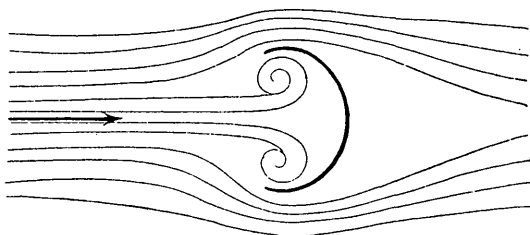


Fig. 5.

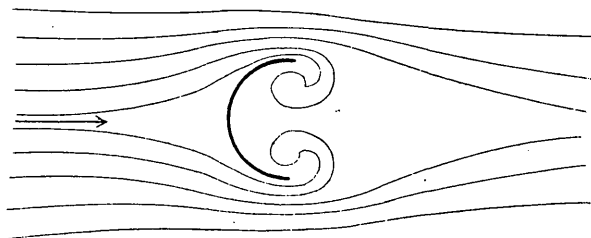


Fig. 6.

Es ist nun leicht einzusehen, daß der Luftwiderstand nicht nur von der Größe der Fläche abhängig ist, welche der Körper dem Wind entgegenstellt, sondern auch von

der Form derselben. Haben wir etwa eine ebene Kreisscheibe und eine halbe Hohlkugel, die denselben Durchmesser hat, so wird der Luftstrom etwa nach Art der in den Figg. 4—6 dargestellten Strömungslinien abgelenkt. Man sieht, daß die Halbkugel, welche die hohle Seite dem Strome zukehrt, die Luft viel mehr in Unordnung bringt als die ebene Scheibe, sie wird daher auch einen größeren Widerstand erfahren. Auch wenn sie wie in Fig. 6 die

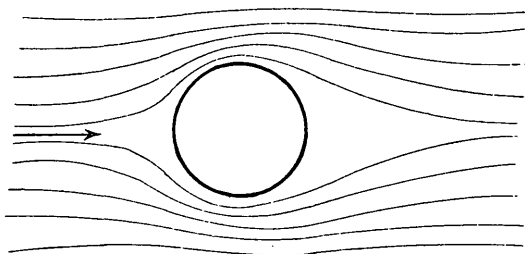


Fig. 7.

hohle Seite abkehrt, erzeugt sie an ihren Rändern noch Luftwirbel, welche zur Erhöhung des Widerstandes beitragen. Nehmen wir jedoch eine Vollkugel (Fig. 7), so sehen wir, daß diese die Luftströmung viel weniger beeinflusst. Tatsächlich erfährt eine solche Vollkugel einen kleineren Widerstand als eine ebene Kreisscheibe vom selben Durchmesser.

Wie in den Figg. 4—7 angedeutet ist, gehen die Strömungslinien der Luft hinter dem Körper wieder zusammen. Bei einer Kugel oder einem Zylinder läßt sich

dies in sehr einfacher Weise dadurch zeigen, daß man hinter dem Körper eine angezündete Kerze aufstellt, die sofort verlöscht, wenn man von vorne gegen die Kugel, bezüglich den Zylinder bläst.

Sollen Körper mit möglichst geringem Widerstand durch die Luft geführt werden, so muß man trachten, sie so zu gestalten, daß bei ihrer Vorwärtsbewegung die Luft möglichst wenig in Bewegung gesetzt wird. Die Erfahrung hat gezeigt, daß diese Aufgabe am besten gelöst wird durch eine Form, welche in Fig. 8 wiedergegeben ist. Der

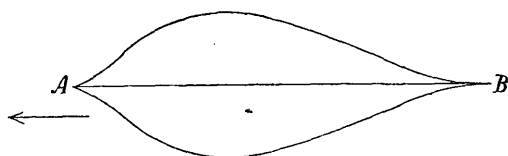


Fig. 8.

Körper ist bezüglich der Achse AB als Rotationskörper zu denken, der sich in der Richtung des Pfeiles mit der Spitze A vorausbewegt. Tatsächlich ahmt die Natur im Fisch- und Vogelkörper diese Form nach. Es gelten nämlich für den Widerstand bei der Bewegung im Wasser dieselben Gesetze wie in der Luft.

Es darf nun nicht außer acht gelassen werden, daß der Luftdruck immer senkrecht zur Fläche steht, die ihn erfährt. Wenn wir demnach eine Fläche schief gegen den Wind stellen, dessen Richtung durch den Pfeil W (Fig. 9) gegeben ist, so erfolgt der Druck auf die Fläche in der Richtung der kleinen Pfeile, welche senkrecht zu ihr

stehen. Natürlich wird der Zahlenwert des Druckes um so geringer sein, je kleiner der Winkel ist, den die Luft-richtung mit der Fläche einschließt. Am größten ist der Druck immer, wenn die Fläche senkrecht getroffen wird. Eine schiefgestellte Fläche muß den Luftstrom hauptsächlich durch ihren vorderen Teil *A* aus seiner Richtung bringen, während weiterhin gegen *B* die Luft keine Ablenkung mehr erfährt. Es wird daher der Druck nicht

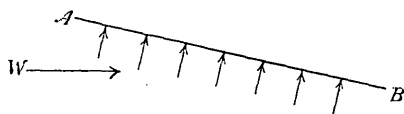


Fig. 9.

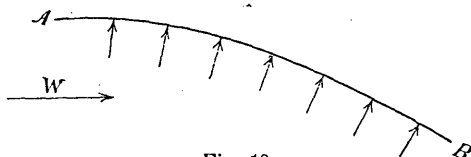


Fig. 10.

gleichmäßig auf die Fläche erfolgen, sondern bei *A* stärker als bei *B*. Es sucht also der Wind eine solche Fläche immer so zu richten, daß sie senkrecht von ihm getroffen wird.

Wünscht man, daß eine schiefgestellte Fläche gleichmäßig vom Winde gedrückt wird, so muß man ihr eine gewölbte Form (Fig. 10) geben. Man sieht ohneweiters, daß dadurch die Luft auf ihrem ganzen Wege von *A* nach *B* immer von neuem abgelenkt wird, daher der

Druck hier auf allen Punkten der Fläche viel gleichmäßiger erfolgen muß als bei einer ebenen Fläche.

Diese verschiedenen Eigenschaften des Druckes der bewegten Luft kommen in der Natur und Technik in der verschiedensten Weise zur Anwendung. Daß der Druck immer senkrecht zur gedrückten Fläche erfolgt, ermöglicht uns, mit einem Segelschiff verschiedene Richtungen einzuschlagen. Nehmen wir z. B. an, die Gerade AB (Fig. 11) sei die Richtung des Schiffskieles, CD die Stellung des Segels, der Pfeil W gebe die Windrichtung an. Der Wind komme also von rechts und drückt daher auch von dieser Seite auf das Segel. Der Druck selbst erfolgt aber senkrecht zum Segel in der Richtung der kleinen Pfeile. In dieser Richtung geht aber das Schiff nicht weiter, da sein Bau derart ist, daß es verhältnismäßig leicht in der Richtung AB das Wasser durchschneiden kann, in einer dazu senkrechten aber einen

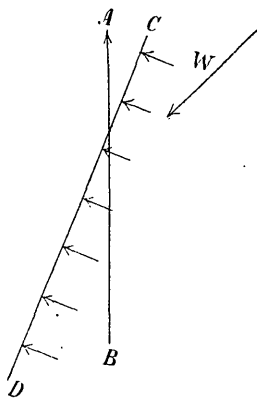


Fig. 11.

sehr großen Widerstand seitens des Wassers erfährt. Die Folge wird also sein, daß das Schiff in der Richtung des Kieles dem Zuge des Segels nachgibt und daher auch nahezu in der Richtung von B nach A seinen Kurs einschlägt. Wir erkennen daraus leicht, daß man mit guten Segelschiffen ziemlich „steil“ gegen den Wind fahren kann, so daß man imstande ist, jedes beliebige Ziel zu erreichen.

In ganz derselben Weise wie beim Segeln benützen wir den Druck des Windes bei den Windmühlen. Die Achse AA (Fig. 12) des Windrades wird dem Winde entgegengestellt. Unter einem spitzen Winkel schneidet die Ebene des Flügels FF die Achse. Der Flügel erhält einen Druck in der Richtung der kleinen Pfeile, kann aber nur in der Drehrichtung der Achse diesem Druck nachgeben, muß also die Achse selbst zum Drehen bringen.

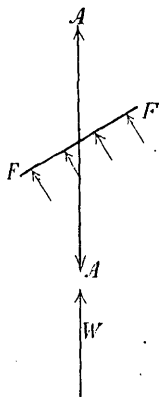


Fig. 12.

Wie der in der Richtung der Achse einfallende Wind das Rad zum Drehen bringt, so können wir umgekehrt mit einem solchen Rade, wenn wir durch einen Motor die Achse in entgegengesetzte Rotation versetzen, einen Wind erzeugen, der senkrecht zur Achse wegbläst, wie wir es bei Ventilatoren sehen.

Setzen wir mit Hilfe eines solchen Rades, das in der Technik den Namen „Luftschraube“ führt, die ruhende Luft in Bewegung, so muß nach dem Prinzip der Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung auch die Luftschraube den entsprechenden Reaktionsdruck erfahren. Kann sie diesem Druck nachgeben, so wird sie sich durch die Luft vorwärtsbewegen wie eine Schiffsschraube durchs Wasser. Die Luft- und die Wasserschraube sind überhaupt in ihrer Wirkung vollständig identisch, nur setzt diese Wasser, jene Luft in Bewegung. Man hat tatsächlich schon Boote mit sehr geringem Tief-

gang anstatt mit Wasserschrauben mit Luftschrauben ausgestattet und sie auf diese Weise mit Hilfe eines Motors ebenso vorwärtsbewegen können wie irgendein anderes Motorboot. Allbekannt sind derartige Luftschrauben als Kinderspielzeug. Sie bestehen in dieser Form einfach aus einem gebogenen Blechstreifen, den man nach Art eines Kreisels in rasche Rotation versetzt, worauf er sich in die Luft erhebt.

Die derzeit wichtigste Anwendung findet die Luftschraube beim lenkbaren Ballon und bei der Flugmaschine.

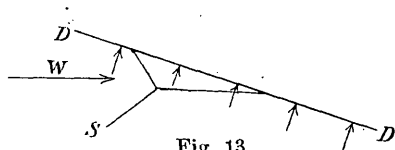


Fig. 13.

Der lenkbare Ballon läßt sich in vielfacher Weise als ein Analogon zum Dampfschiff betrachten. Dem Schiffsrumpf entspricht der Ballon. Dieser hat die Aufgabe, die ganze Last zu tragen und sich mit möglichst geringem Widerstand durch die Luft zu bewegen. Man muß ihm daher wie dem Schiffsrumpf eine langgestreckte Form geben, die ihrem Zweck am besten entspricht, wenn sie der Fig. 8 möglichst nahe kommt. In der Gondel befindet sich der Motor, welcher eine Schraube antreibt, die wie die Schiffschraube dem Luftschiff die Vorwärtsbewegung erteilt, während ein Steuer, welches ebenfalls dem Schiffssteuer nachgebildet ist, die Lenkbarkeit in der Wagrechten ermöglicht.

Grundverschieden vom Lenkballon ist die Flugmaschine. Zu ihrer Erklärung ist jedoch die Kenntnis eines einfachen Apparates nötig, den wir ebenfalls am häufigsten als Kinderspielzeug antreffen. Es ist der Drachen. Beim Drachen kommt wiederum die Wirkung des Winddruckes auf eine schiefgestellte Fläche zur Anwendung. Ist *DD* die Drachenfläche (Fig. 13), die von

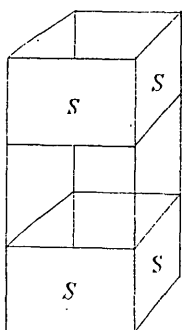
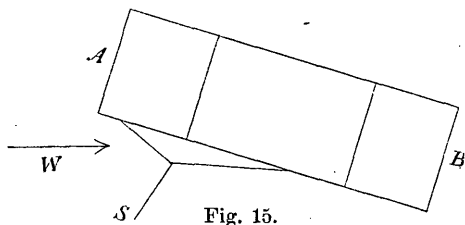


Fig. 14.

vorne vom Winde getroffen wird, der in der Richtung des Pfeiles *W* weht, so erfolgt ein Druck auf den Drachen in der Richtung der kleinen Pfeile. Da er aber von der Schnur *S* gehalten wird, so kann er dem Druck nur nachgeben, wenn er sich aufwärts bewegt. Allerdings muß dabei der Druck die Schwere des Drachens übersteigen, da ja auch diese beim Heben des Drachens überwunden werden muß.

Weht kein Wind, so können wir den Drachen trotzdem zum Steigen bringen, wenn wir ihn an der Schnur schnell vorwärts ziehen. Er drückt dann mit seiner Fläche die Luft nach abwärts, empfängt also einen gleich großen Druck nach aufwärts. Damit der Drachen nicht zum Kippen kommt, braucht er ein Steuer, das ihn stets in der richtigen Lage erhält. Dieses ist beim gewöhnlichen Kinderdrachen der Schwanz, doch kann derselbe auch in anderer Weise ersetzt werden. In geistreicher und überaus einfacher Weise ist das bei dem nach seinem Erfinder Hargrave benannten Drachen

gelöst. Der Hargravedrachen läßt sich in sehr verschiedenen Formen herstellen. Eine der einfachsten zeigt die Fig. 14. Er hat einen quadratischen Querschnitt und trägt an vier leichten Stäben die oben und unten in gleicher Art angebrachten Segelflächen *S*. Gegen den Wind wird er in der Weise gestellt, wie es die Fig. 15 im Durchschnitt zeigt. Die oberen und unteren Segelflächen bilden dabei die Tragflächen, die hauptsächlich bei der dem Winde zugekehrten Seite *A* zur Wirkung ge-



langen, während der abgekehrte Teil *B* wesentlich dazu da ist, um das Ganze im Gleichgewicht zu halten. Dieser ist also sozusagen das Steuer des Drachens.

Aus diesem Drachen entwickelte sich direkt die Flugmaschine. In der Tat: denken wir uns die Schnur, an welcher wir bei ruhiger Luft den Drachen ziehen müssen, damit er steigt, ersetzt durch eine Luftschraube, welche direkt mit dem Drachen verbunden ist und durch einen leichten, aber kräftigen Motor angetrieben wird, so muß, falls die Schraube den Drachen genügend schnell vorwärts treibt, er so viel Luft nach abwärts drücken, daß die dadurch erzeugte Reaktion nach oben ihn schließlich

hebt. Wir haben somit eine moderne Flugmaschine, einen Drachenflieger, der nur noch mit Steuervorrichtungen, ähnlich wie beim lenkbaren Ballon, versehen werden muß.

Damit haben wir im wesentlichen alle physikalischen Bedingungen, welche beim Luftschiff und der Flugmaschine erfüllt werden müssen, erschöpft. Alles andere sind Sachen rein technischer Natur, welche durch die Erfahrung beständiger Verbesserung fähig sind, so daß wir hoffen können, daß die lenkbaren Luftfahrzeuge, heute fast noch neugeborene Kinder, in Kürze ihren Platz im menschlichen Verkehr fordern werden.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1909

Band/Volume: [49](#)

Autor(en)/Author(s): Jäger Gustav

Artikel/Article: [Über die physikalischen Bedingungen des Fliegens. 83-102](#)