

$$L = P \frac{v}{2} = P w.$$

Wir begnügten uns damals, weil eine weitläufige Auseinandersetzung unnötig schien, mit der kurzen Begründung: weil die Schraube den Strahl mit der Geschwindigkeit w gegen den Widerstand P fortschiebt. Wir hätten auch sagen können: Weil die Schraube relativ zu dem sie umgebenden Medium mit der Kraft P und der Geschwindigkeit w fortschreitet. Das kommt alles auf das gleiche hinaus und wir hätten auch beim Wasserstrahl ähnlich folgern dürfen.

Dieser Ausströmungsfall durch ein einspringendes Ansatzrohr stellt einen Grenzwert der Einschnürungszahl $\alpha = F_1/F$ dar. Entsprechende Versuche ergaben in der Tat $\alpha \cong 0,5$ (vgl. Grashof, Theoret. Maschinenlehre, Bd. I, S. 434). Ist die Mündung ein einfacher Ausschnitt in ebener Wand, so wird α bekanntlich größer. Das Wasser kann nicht mehr so, wie in Fig. 1 angedeutet, von allen Richtungen her zuströmen. Längs der Außenwand herrschen nach der Mündung hin zunehmende Geschwindigkeiten und entsprechend verminderte Drücke; deshalb gilt Ansatz 3) nicht mehr. Der Rückdruck wird größer als $F \cdot p$. Liegt F am Ende einer trichterförmigen Ausrundung der Wand, die sich der Einschnürungsform des Strahles anpaßt («gut abgerundete Mündung»), so wird sogar $F_1 = F$, oder $\alpha = 1$ und $P = 2 F \cdot p$. Die Hälfte dieses auf das Gefäß wirkenden Rückdruckes entsteht durch Vermittelung der trichterförmigen Wand, innerhalb deren jetzt schon die gesamte Beschleunigung stattfindet.

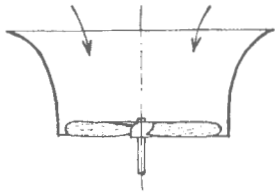


Fig. 2.

Ähnlich wird sich auch bei Luftschrauben die Einschnürung vermindern, wenn man sie mit einem Einlauftrichter versieht, wie in Fig. 2 angedeutet. Der Grenzwert $\alpha = 1$ ist zwar auch dann nicht erreichbar, weil sonst gar keine Beschleunigung der Luft in der Schraube mehr stattfände. Immerhin könnte wohl $\alpha > 0,5$, der theoretische Rückdruck also größer als nach unserem Ansatz werden, nämlich $P^3 = 4 \mu a F L^2$, womit Herr Schuster also Recht behielte, wenn dieser Druck jetzt noch als Schraubendruck anzusehen wäre. Das ist aber nach obigem nicht zulässig. Denn sobald α den Wert 0,5 übersteigt, muß, wie beim Wasserstrahl, ein Teil des Druckes auf den Trichter wirken. Dieser ist ein aktiver Teil des Apparates geworden; wenn er fehlt, so kann der entsprechende Teil des Rückdruckes nicht wirken, d. h. die verminderte Einschnürung kann, wenn überhaupt, nur durch Unvollkommenheiten der Schraube zu stande kommen und keinesfalls entsprechenden Vorteil bringen. Es hätte also keinen Sinn, den Gütegrad der Raumausnutzung, um den es sich ja bei alledem handelt, noch auf die Größe der Schraube allein zu beziehen. Auch vom rein praktischen Standpunkt müßte man den Durchmesser der ganzen Vorrichtung bei Vergleichen zugrunde legen.

Daß übrigens in jedem Flüssigkeitsstrahl, so lange er noch im Begriffe ist, sich einzuschnüren, ein Überdruck herrschen muß, erklärt sich sehr einfach. Die Flüssigkeitsteilchen im Mantel beschreiben gekrümmte Bahnen. Ihrer nach der Mitte des Strahles gerichteten Fliehkraft muß eine Druckzunahme nach dem Innern gegenüberstehen. Ohne Überdruck wäre ja auch eine weitere Geschwindigkeitszunahme nicht möglich. Mit der etwaigen Zusammendrückbarkeit der Flüssigkeit hat das also nichts zu tun.

Die Einschnürung des Schraubenstrahles zu messen, ist leider schwierig, weil er durchaus nicht so scharf begrenzt ist, wie ein Wasserstrahl in Luft. Eine Wirbelzone am Mantel verursacht beständige Schwankungen der Meßinstrumente. Wir haben jedoch einige solche Aufnahmen gemacht und gleichzeitig die Luftgeschwindigkeiten über den Strahl nach Größe und Richtung gemessen mit dem Ziele, eine Art Energiebilanz aufzustellen. Als Grundlage für sonstige Vergleichsrechnungen ist aber die Messung von F_1 viel zu unsicher. Wenn der Gütegrad davon abhinge, müßte man auf seine Berechnung lieber ganz verzichten.

Lindenberg, 29. Januar 1911.

Bendemann.

Der Flug ohne Motor.

Vortrag, gehalten im Wissenschaftlichen Centralverein am 12. November 1910

Von Baumeister Gustav Lilienthal.

Der große Erfolg der Berliner Flugwoche und mehr noch die Nachrichten aus Frankreich und Amerika über die neuen Höhen- und Entfernungsleistungen legen den Gedanken nahe, daß eine weitere Erhöhung der Flugleistungen kaum noch eintreten kann. Man erreicht Geschwindigkeiten, die von keinem anderen Gefährt überholt werden, und strebt zu Höhen empor, wo die niedrige Temperatur und die verdünnte Luft menschliches Leben und den Gang des Motors fast unmöglich machen. Dabei ist die Flugzeit jetzt schon auf einen halben Tag ausgedehnt.

Betrachten wir aber die Kehrseite der glänzenden Medaille, so finden wir, daß diese schönen Flugleistungen mit einem hohen Verlustkonto belastet sind. Drei Menschenleben in einer Woche sind ein hoher Tribut, den die herrliche Kunst des Fliegens von der Menschheit fordert; da ist es wohl am Platze, Umschau zu halten nach Mitteln, welche Besserung der Verhältnisse versprechen.

Durch Ausschreibungen noch höherer Preise für die Geschwindigkeit und für Höhenflüge ist nichts zu erreichen. Im Gegenteil sollten Preise für den langsamsten Flug in möglichst geringer Höhe ausgesetzt werden; denn gerade der langsamere Flug in geringer Höhe, also in der Brandung der Luft an der Erdoberfläche, erfordert die größte Stabilität des Gleichgewichts und die am besten wirkenden Tragflächenprofile.

Versuche in dieser Richtung würden die Aufmerksamkeit der Konstrukteure wieder mehr auf den Vogelflug und die Flügelform lenken. Welches Tier ist so sicher in seinen Bewegungen wie der Vogel? Nicht allein der stetige Ruderflug sondern auch der Segelflug mit unbewegten Flügeln! Durch dieses Studium würde man auch bald erkennen, wie gering der Kraftverbrauch der Vögel gegen unsere modernen Ein- und Zweidecker ist. Man braucht kein Fachmann zu sein, um zu erkennen, daß der ruhig seine Kreise ziehende Raubvogel keine sonderlichen Anstrengungen machen muß, um mit bewegungslosen Flügeln auf der Luft zu gleiten.

Wohl ist der Vogel für die Art seiner Bewegung höchst praktisch und kräftig gebaut. Seine Muskeln sind für seine Bewegungsart lokalisiert. Der steife Bau seines Körpers macht Muskeln für die Bewegung des Kreuzes ganz überflüssig. Die großen Schenkelmuskeln fallen ganz weg. Vom Bein verbleiben fast nur die Wadenmuskeln, welche wir meistens fälschlich als Keulen ansprechen.

Sehen wir von den Hals- und Steißmuskeln ab, so bleiben die großen Muskeln auf dem Brustbein gelagert für den Flügel-niederschlag und die viel weniger starken Muskeln für den Aufschlag. Wären unsere Kreuz- und Beinmuskeln mit einem Teil unserer Armmuskeln auf unserer Brust gelagert, so würde auch die Figur des Menschen einen vogelähnlichen Typ erhalten. Ich kann daher in der gesamten Muskelgröße der Vögel nicht den Grund für so außerordentliche Leistung erkennen. Aus der Festigkeit des Vogelflügels läßt sich indirekt auf die Beanspruchung schließen. Wäre die Beanspruchung so ungeheuerlich durch die Muskelkraft, so würden die Flügel bald zerbrechen. Die Röhren der Knochen sind außerordentlich dünnwandig und der Durchmesser nicht außergewöhnlich groß.

Sicher ist der Vogel ein starkes Tier. Die enorme Ausdauer und die Fähigkeit einer großen Nahrungsaufnahme oder die Fähigkeit, Beute zu tragen, wie wir es beim Taubenhabicht sehen, die fast gleich seinem Eigengewicht ist, beweist, daß der Vogel noch über einen großen Kraftüberschuß verfügt, wenn er einen gleichmäßigen Flug ausübt.

Sehen wir aber zunächst von dem Überschuß ab und erwägen, welche Kraft erforderlich ist, die eigene Schwere zu überwinden.

Die Arbeit, welche der Vogel beim bewegungslosen Segelflug leistet, ist geringer als beim Ruderflug und etwa zu vergleichen mit einem ruhigen Stehen und dem Ersteigen einer Treppe. Der Vogel ruht beim Segeln mit seinen Flügeln gleichsam auf einem weichen Polster. Der Rumpf wird außer-

dem durch den Luftwiderstand, welchen der breite Schwanz erzeugt, unterstützt, oder der ausgestreckte Hals hält ihn im Gleichgewicht.

Welche Eigenschaften der Flügel erforderlich sind, um den Vogel auch nach jeder Richtung mit oder gegen den Wind in Kreisen oder geraden Flugbahnen nicht nur zu heben, sondern auch noch vorwärts zu bewegen, hierüber sind sich die Gelehrten heute noch nicht einig.

Groß ist die Anzahl der Erklärungen des Segelfluges. Ich will nur zwei hervorheben, weil sie von sehr geachteten Aviatikern herrühren.

Da ist die Theorie des verstorbenen amerikanischen Professors Langley. Er sieht in dem Wechsel der Geschwindigkeiten des Windes eine Kraftquelle, aus welcher der wunderbare Vorwärtzug gegen den Wind entstehen soll. Weder durch Rechnung noch durch Versuche läßt sich diese Behauptung stützen.

Professor Alborn in Hamburg geht bei seiner Erklärung des Segelfluges von der Voraussetzung aus, daß nur durch Beschreiben einer Kreisbahn oder Zykloide oder einer ähnlichen Kurve der Vogel den Schwebeflug ausüben kann. Wenn der Vogel die Kurve gegen den Wind ausführt, so büßt er an Vorwärtsgeschwindigkeit ein und gewinnt an Höhe. Mit der Wendung vom Winde ab nimmt die Geschwindigkeit zu bei gleichzeitigem Fallen, wobei aber weniger Höhe verbraucht wird, als gegen den Wind ausgeführt gestiegen wurde. Der Vogel richtet die Längsachse seines Körpers dabei natürlich, ebenso wie wir es an den Vögeln, welche gegen einen Seitenwind sich mit Flügelschlägen bewegen, sehen, nicht in die Bahn seiner Vorwärtsbewegung, sondern in die Richtung der Resultierenden aus den beiden Komponenten der Eigenbewegung und des Windes. Er erhöht im Fallen seine Vorwärtsgeschwindigkeit so sehr, daß er die Windgeschwindigkeit überholt und dann die Wendung so weit ausführt, daß er selbst in der Windrichtung fliegend von vorn einen Luftstrom verspürt. Dies ist ganz selbstverständlich, aber keine Erklärung für das Auftreten einer neuen Kraftquelle; es ist die Beschreibung einer Beobachtung, aber nicht deren Erklärung. Die weitere Annahme, daß durch die bogenförmige Flugbahn erzeugte Zentrifugalkraft auf die Masse des Vogels eine hebende oder vorwärtstreibende Kraft abgeleitet werden könnte, leuchtet mir nicht ein; denn die Zentrifugalkraft würde den Vogel aus der Kreisbahn treiben, wenn er nicht durch Einstellung seines Schwanzes und Verdrehung der Flügel dem entgegenarbeiten würde. Es muß daher Kraft verbraucht werden, um die Kreisbahn zu erhalten. Völlig haltlos wird aber diese Theorie durch die Tatsache, daß die Vögel keineswegs nur in Kurven oder Kreisen segeln. Ich selbst habe mit der Uhr in der Hand beobachtet, unter Hinzuziehung mehrerer Mitreisender, wie eine Möwe 45 Minuten lang sich in gleichem Abstand von unserem Schiffe hielt, ohne ein einziges Mal mit den Flügeln zu schlagen. Albatros- und Fregattvogel segeln nach jeder Richtung und schlagen stundenlang nicht mit den Flügeln.

Der Aviatiker Lancaster aus Chicago reiste speziell nach Florida, um an den Nistplätzen der Reiher den Segelflug zu studieren. An einer hohen Tanne festgebunden und mit Reisig bekleidet in der Art von Mimicri konnte er stundenlang einen dieser großen Vögel gegen den Wind gerichtet beobachten. Der Vogel war so nahe, daß er ihn hätte erreichen können, und stand so fast eine Stunde lang mit bewegungslosen Flügeln. Nachdem er endlich abstrich, nahm bald ein anderer seinen Platz ein. Kein Zittern der Federn war erkenntlich, nur ein langsames Lavieren durch Stellung der Schwingen, des Halses und des Schwanzes.

Während die meisten aviatischen Schriftsteller Langleys oder Alborns Ansicht teilen oder aus beiden eine neue machen, auf alle Fälle aber klipp und klar den Segelflug erklären, war mein Bruder viel bescheidener in seinem Urteil über den Segelflug; ich erlaube mir, ihn aus dem Buch »Der Vogelzug«¹⁾ zu zitieren:

»Fragen wir uns noch einmal, worauf wir die Möglichkeit des Segelns zurückzuführen haben, so müssen wir in erster Linie die geeignete Flügelwölbung dafür ansehen; denn nur solche Flügel, deren Querschnitt senkrecht zu ihrer Längs-

achse die geeignete Wölbung zeigen, erhalten einen so günstigen Luftwiderstand, daß keine größere Geschwindigkeit verzehrende Kraftkomponente sich einstellt. Aber es muß noch ein anderer Faktor hinzutreten, denn ganz reichen die Eigenschaften der gewölbten Fläche allein nicht aus, ein dauern des Segeln zu gestatten. Es muß ein Wind von mittlerer Geschwindigkeit wehen, welcher dann durch eine aufsteigende Richtung die Luftwiderstandsrichtung so umgestaltet, daß der Vogel zu einem Drachen wird, der nicht nur keine Schnur braucht, sondern sich sogar frei gegen den Wind bewegt.«

In diesem Bekenntnis unserer Unkenntnis ist wenigstens ein neues Moment enthalten, dessen weiteres Studium die Hoffnung gibt, das Dunkel zu erhellen.

»Die aufsteigende Richtung des Windes« nennt es mein Bruder; ich definiere etwas anders. Ich sage: »Die Eigenschaft des Windes, auf schwebende Körper einen Auftrieb zu äußern«. Gegen meines Bruders Definition ist der Vorwurf erhoben worden, daß die Luft, nicht aus der Erde heraus

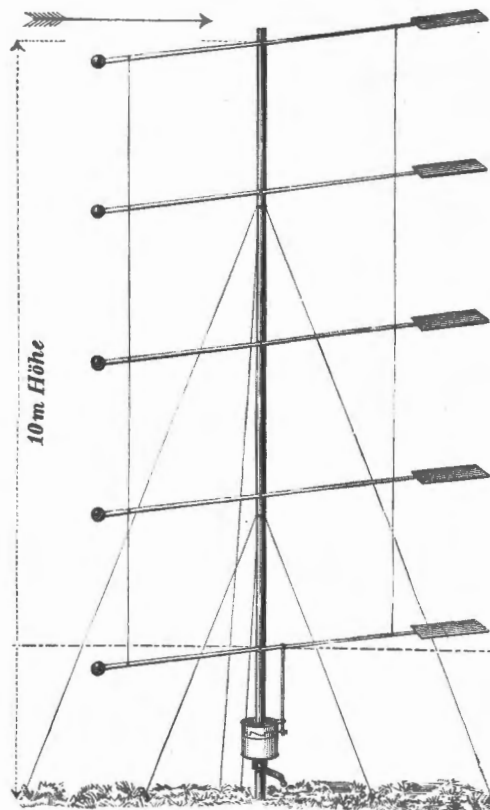


Fig. 1.

kommend, nach oben sich bewegen kann; dies ist nun zwar gar nicht damit behauptet, ich glaube aber mit meiner Definition mehr die Erscheinung der Experimente zu treffen, welche wir hierüber angestellt haben.

So hatten wir nach mehreren vorangehenden Versuchen einen 10 m hohen Mast errichtet, an dem mehrere horizontal gelagerte Windfahnen angebracht waren. Diese Fahnen bewegen sich durch den Wind ununterbrochen auf und nieder. Durch Verbindung der Fahnen untereinander mit einem Draht brachten wir mehr Stetigkeit in die Bewegung und erhielten so ein Bild von den Schwankungen der 10 m dicken Luftschicht. Am Fuße der Mittelstange war eine drehbare Trommel angebracht, auf welcher ein Zeichenstift, gehoben und gesenkt durch die Bewegung der Fahnen, eine Linie aufzeichnet, wenn die Trommel gleichzeitig gedreht wurde. Da wir vorher die horizontale Stellung der Fahnen auf der Trommel markiert hatten, so konnten wir aus dem Verlauf der Kurven feststellen, wie lange die Fahnen sich höher oder niedriger stellten als die Horizontale (Fig. 1). Hieraus ließ sich dann leicht die durchschnittliche Höhenstellung ermitteln. Diese Versuche hatten wir auf einer weiten Ebene bei Lichterfelde im Laufe des Sommers vielfach angestellt, aber auch auf leicht bewegtem Terrain, und selbst wenn das

¹⁾ »Der Vogelzug«, R. Oldenbourg's Verlag, München, S. 125.

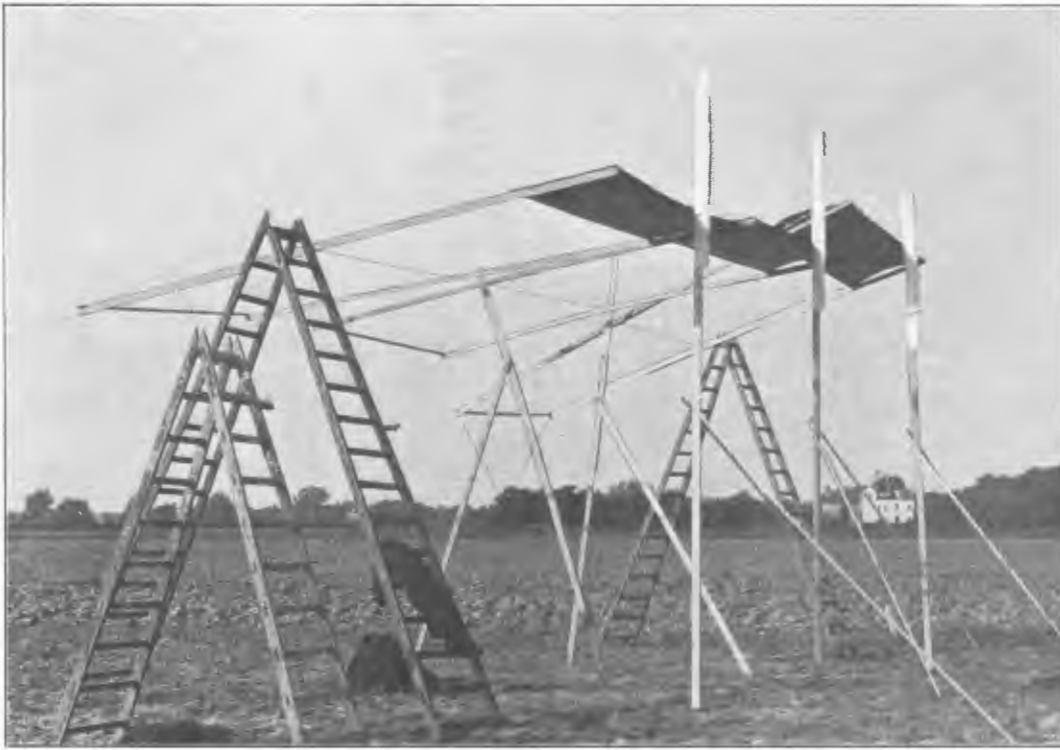


Fig. 2.

Gelände gegen den Apparat zu abfiel, zeigten dennoch die Fahnen durchschnittlich 3 bis 4° nach oben.

Seit der Veröffentlichung dieser Versuche sind jetzt 21 Jahre vergangen. Es ist um die Erklärung dieser Erscheinung in Fachkreisen viel gestritten worden; vielfach wurde die Tatsache angezweifelt und erst kürzlich noch als eine Selbsttäuschung hingestellt, ohne daß von dem Betreffenden durch Versuche der Beweis der Täuschung gebracht wurde. Dieses bequeme Abtuen halte ich nicht der Wichtigkeit der Erscheinung für angemessen.

Einige erklären die Erscheinung mit dem Abströmen der Luft vom barometrischen Maximum aus niedrigen Schichten in höhere Schichten des Minimums. Ein so großer Höhenunterschied, wie er sich bei 3 bis 4° Steigung und den oft sehr großen Entfernungen der Maxima und Minima ergeben würde, ist wohl schwerlich anzunehmen. Oft liegen diese mehrere 100 km auseinander, der Sinus des Winkels von 3° betrage aber schon 1 km Höhe bei einer Entfernung von 20 km.

Messungen der Höhenrichtung des Windes sind vor einiger Zeit am Eiffelturm von Angot auf der Plattform 305 m über der Erdoberfläche vorgenommen worden. Diese erstreckten sich über ein ganzes Jahr. Das Ergebnis ist eine glatte Bestätigung unserer Messungen. In den weniger windigen Monaten betrug die Steigung 3,3°, in den windigeren 5,9°. Im großen und ganzen war der Wind in dieser großen Höhe durchschnittlich 2 bis 4 Sek./m stärker als bei unseren Mes-

sungen, wodurch die Steigung sich um etwas größer zeigt. Auch wir konnten bei einer Auffrischung des Windes eine Vergrößerung des Ausschlags feststellen. Diese Messungen waren ebenso wie die unsrigen mit ebenen Versuchsflächen angestellt.

Eine Dauermessung mit einer gewölbten Fläche haben wir früher nicht vorgenommen, vielmehr nur Momentmessungen. Hierbei konnten wir oft eine Stellung von 12° über dem Horizont beobachten bei einer Windstärke von 7 bis 8 m.

Es ist nun gelegentlich der Einwand erhoben worden, daß die Aufrichtung der Flächen am Meßhebel durch innere Kräfte, Drehmomente, verursacht sein könnte, daß die vordere Hälfte der Fläche einen Abwärtsdruck, die hintere Hälfte dagegen einen stärkeren Aufwärtsdruck erhält. Dies ist aber nicht der Fall, wie Ingenieur Eiffel in Paris festgestellt hat, dessen Expe-

periment in Nr. 5 dieser Zeitschrift beschrieben wurde. Er fand durch einen sehr sinnreich erdachten Apparat das Zentrum des Druckes außerhalb der Mitte in der vorderen Hälfte der Fläche.

Die Erbauer moderner Flugzeuge wissen dies durch die Praxis längst und verlegen daher den Schwerpunkt des Gewichtes beträchtlich vor den Flächenschwerpunkt. Dieser Umstand bewirkt nebenbei leider die häufigen Kopfstürze, wenn beim Versagen des Motors nicht das Höhensteuer das gestörte Gleichgewicht sofort wieder herstellen kann.

Am besten überzeugt man sich von der reinen Hebewirkung der gewölbten Fläche, wenn man mit einem tüch-

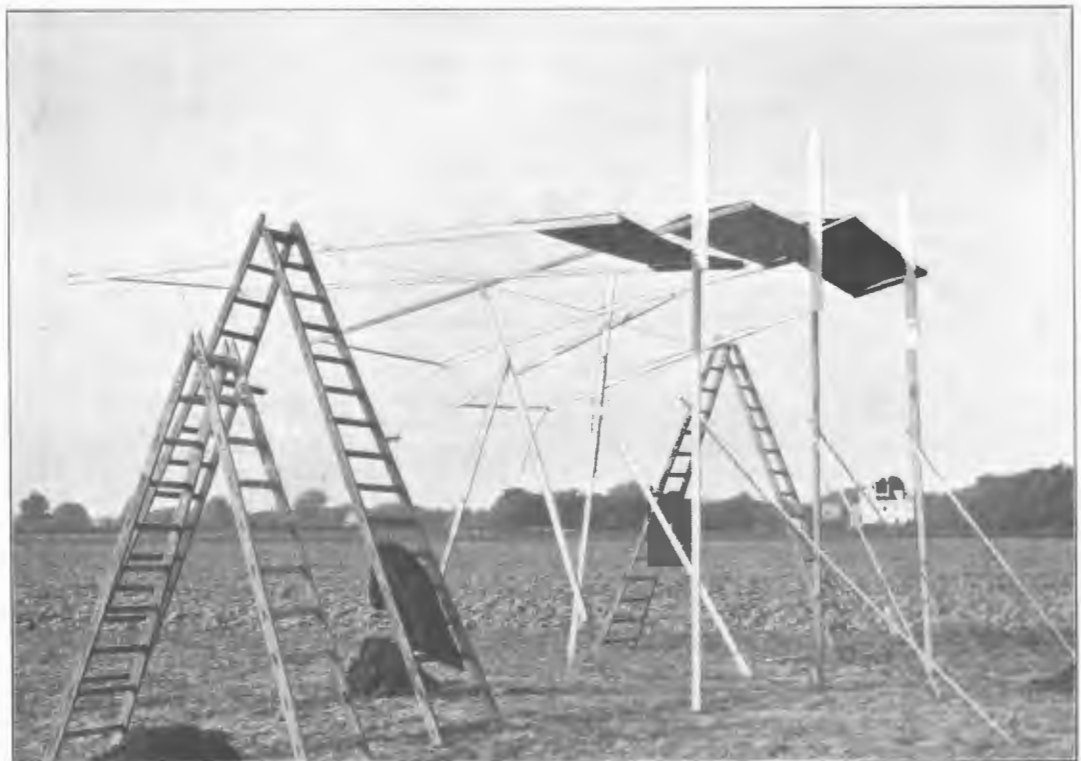


Fig. 3.

tigen Gleitflieger unter den Armen sich dem Winde aussetzt. Die senkrecht liegende Drucklinie der gewölbten Fläche läßt uns fühlen, daß die Fläche nur nach oben und nicht rückwärts vom Wind gedrückt wird. Unbedingt ist in diesem Druck außer dem durch Ablenkung der Luftmasse entstandenen Druck auch noch die Reibung der Luft an der Fläche enthalten. Wir fanden, daß die Reibung keine »quantité négligable« ist bei ebenen Flächen und es liegt kein Grund vor, anzunehmen, daß dieselbe bei gewölbten Flächen geringer sein soll.

Der Luftwiderstand der Ablenkung der Luftmasse muß also bei horizontaler Lage der Fläche schon so weit nach vorn gerichtet sein durch die Aufrichtung des Windes, daß der Rückwärtszug der Reibung aufgehoben wird.

Ich sehe in diesem letzten Moment die Ursache der Erscheinung, daß der Wind schwebende Körper nach oben treibt, und hielt es für nötig, zur weiteren Erforschung dieser Erscheinung besondere Versuche anzustellen. Ich sagte mir, daß, wenn es eine Flächenform gäbe, bei welcher sich die Aufwärtsrichtung des Windes in verstärktem Maße zeigen würde, ein Überschuß gegenüber der Reibung eintreten könnte, und wenn dieser Überschuß groß genug wäre, auch noch den Stirnwiderstand zu überwinden, so eine Erklärung für den Segelflug gefunden wäre.

Auf der Suche nach einer solchen Fläche war es für mich zuerst wichtig, die Ursache des Windauftriebes noch eingehender zu studieren.

Die in der Fachliteratur darüber geäußerten Ansichten konnten mich nicht überzeugen; ich war mehr geneigt, die Reibung der Luft an der Erdoberfläche als Ursache anzusehen. Diese Reibung ist unbedingt vorhanden, und aus früheren Beobachtungen in schnellfließenden Bächen und Mühlgräben erinnerte ich mich an eine Wahrnehmung, welche Schlüsse auf die Verhältnisse in der Luft zuläßt. Ich hatte bemerkt, daß in schnellfließendem Wasser Gegenstände, welche am Rand in dasselbe hineinfallen, sehr schnell nach der Mitte treiben, und daß selbst nicht schwimmende Körper an die Oberfläche gerissen werden.

Dieser Abtrieb nach der Mitte ist der Grund, weshalb selbst gute Schwimmer in einem reißenden Strom nur schwer das Ufer erreichen. Ich hatte dies am eigenen Leibe erfahren, als ich einmal einen Selbstmörder aus der angeschwollenen Saale bei Rudolstadt rettete.

Auch bei Gletschern kann man sehen, wie die ursprünglich am Rande liegenden Moränensteine sich nach und nach vom Rande entfernen, wenn nicht Verwerfungen und Knickungen den Fluß des Gletschers hindern.

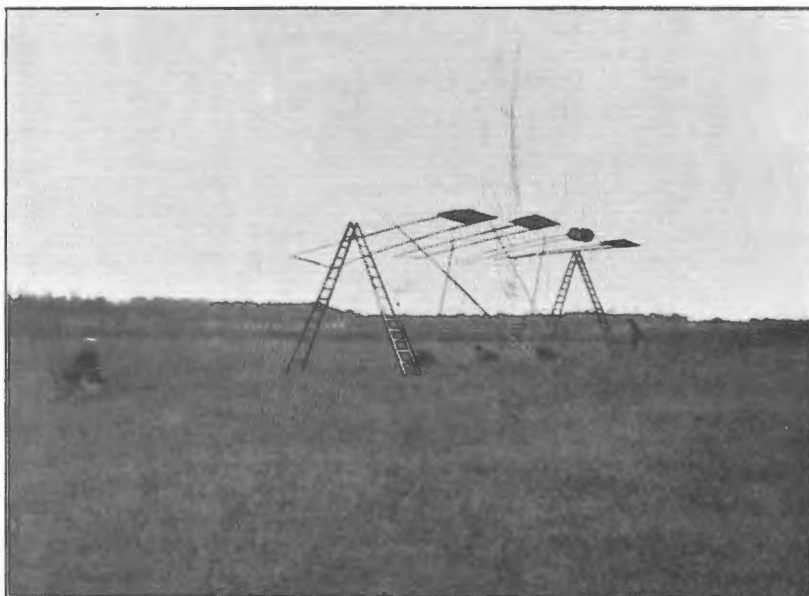


Fig. 4.

Ich habe später gefunden, daß breitere Gegenstände etwas schneller der Mitte zu eilen als längere schmale Gegenstände, ein Brett schneller als ein Stock, ein Knäuel Papier schneller als ein Strohalm. Ich habe dies speziell durch Versuche nachgeprüft. Ich schloß hieraus, daß auch in der Luft dickere Körper stärker diese Abtrift, die bei der Luft ein Auftrieb ist, erhalten würden.

Um dies in der Luft zu versuchen, veränderte ich von zwei nach gleicher Schablone gebauten gewölbten Flächen die eine so, daß das vordere Drittel dieser Fläche ein Achtel so dick wurde als die Breite. Die Flächen waren 2 m lang, 0,80 m breit, 0,02 m dick. Die Dicke betrug nun 10 cm. Diese Flächen wurden auf die Enden zweier 5 m langen Latten montiert und in luftruhigem Raum durch ein Gegengewicht balanciert. In gleicher Weise wurde auch eine ebene Fläche gleicher Größe vorbereitet. Alle drei Flächen wurden dann im Freien auf einem gespannten Draht nebeneinander gelagert. Der Wind beginnt sofort sein Spiel. Die Abbildungen Fig. 2 und 3, zeigen zwei nacheinander gemachte Aufnahmen. Von der durchschnittlichen Höhenlage geben dieselben aber keine Anschauung; hierzu bedarf man einer automatischen Aufzeichnung in der Weise, wie wir es früher mit den gekuppelten Fahnen gemacht hatten. Während ein nur schwacher Wind wehte, von 3 bis 4 Sek./m, habe ich von der stark gewölbten Fläche ein Autogramm aufgenommen, weil deren Höhenlage die anderen meistens übertraf, wie man aus der an einer Latte befestigten Skala ablesen konnte. Bei diesem schwachen Wind ergab die Aufzeichnung eine Höhe von 12" über dem Horizont. An einem anderen Tage, als ein Wind von 5 m wehte, war noch ein viertes Beobachtungsobjekt angebracht worden, eine runde Trommel (Fig. 4 und 5). Leider war dieselbe durch eine Reparatur etwas extra beschwert worden, so daß sie sich nicht ganz so hoch stellen konnte, wie es hätte sein müssen; immerhin war die Stellung meistens über der Horizontalen. Es waren diesmal für jede Fläche Indikatoren angebracht, welche auf einem Papierstreifen Aufzeichnungen machten. Diese Papierstreifen liefen über je zwei Rollen, so daß sich die eine auf die andere abwickeln konnte und umgekehrt. Durch Schnurscheiben wurden alle Rollenpaare gleichzeitig in Betrieb gesetzt (siehe Fig. 6—8). Nach Ablauf der Schnüre wurde die Bewegungsrichtung umgekehrt. Es wurde so hintereinander viermal hin und her gedreht und acht Bahnen gezogen, deren Gesamtlänge 32 m betrug, während einer Beobachtungs-

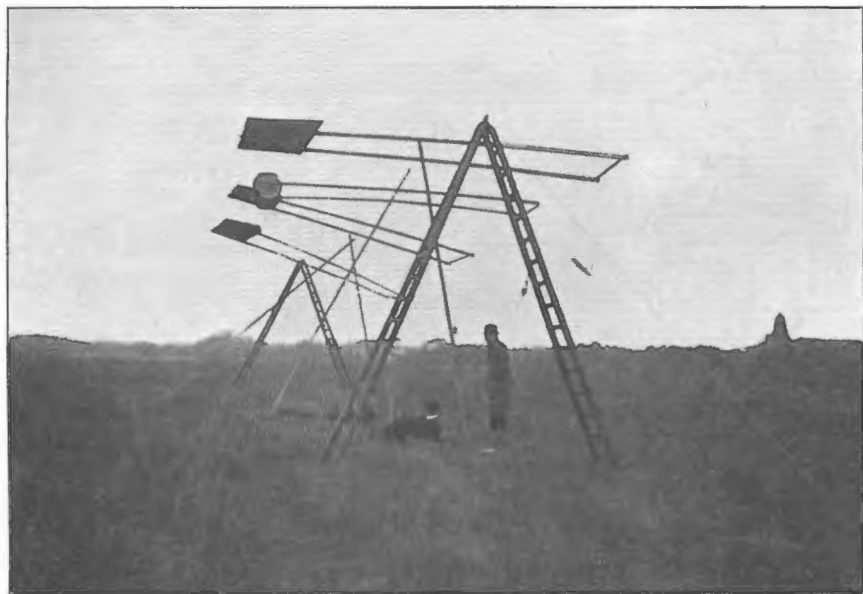


Fig. 5.

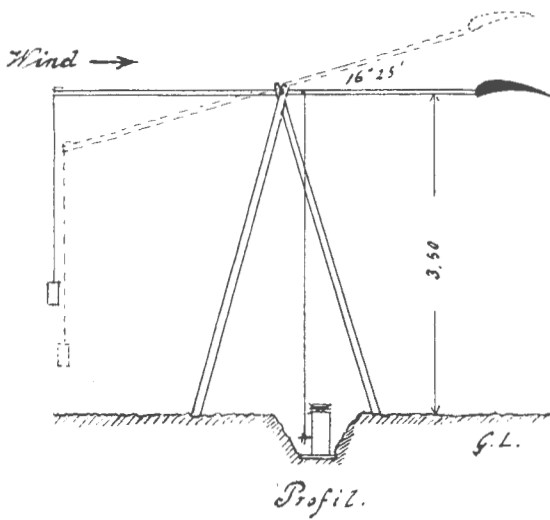
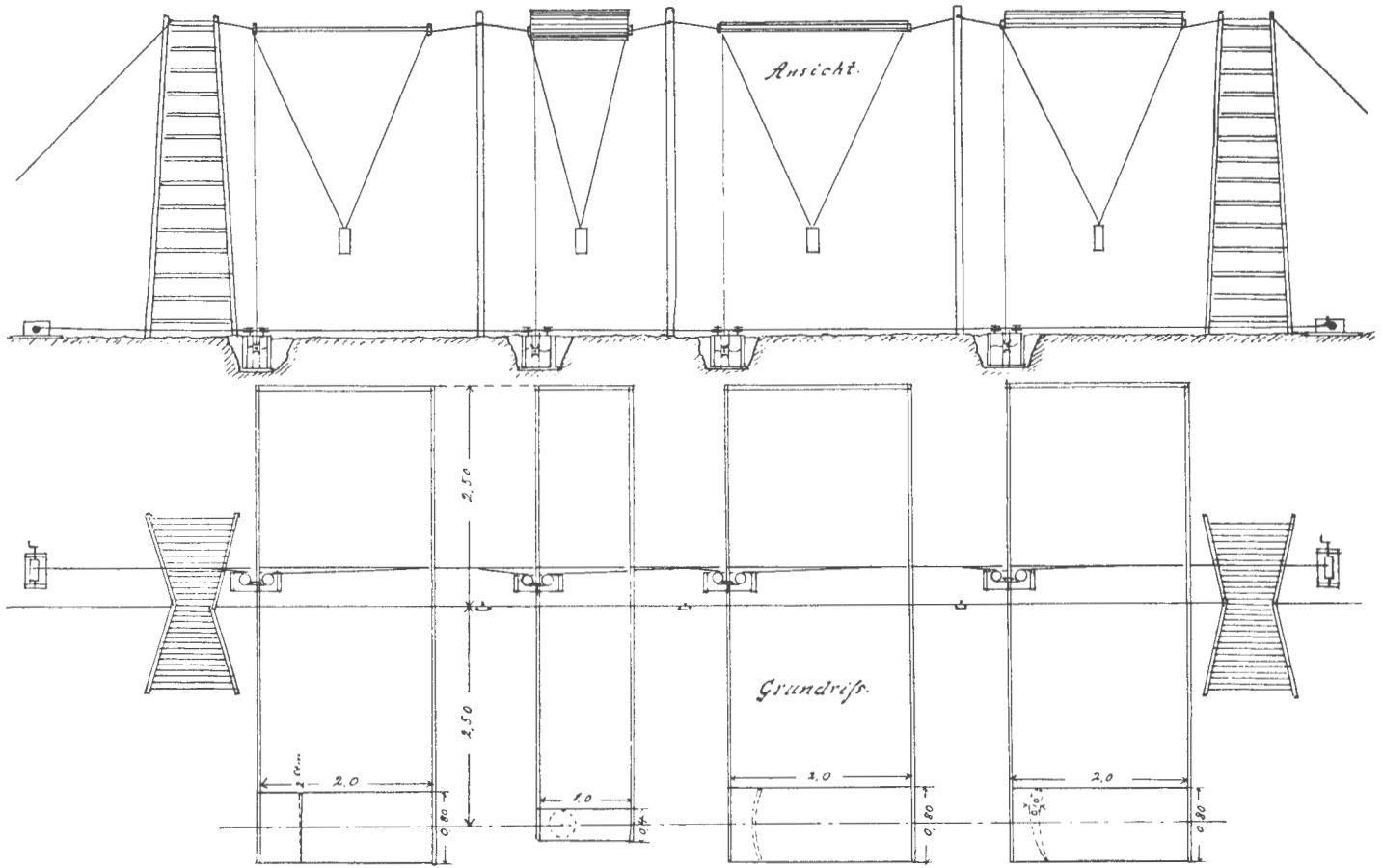


Fig. 6-8. Apparate mit Indikatoren.

Versuchsfläche 2,00m breit, 0,10 dick

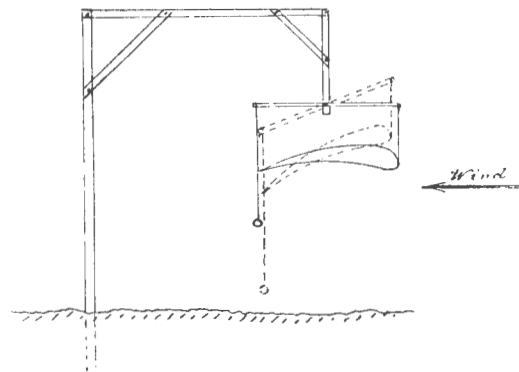


Fig. 9. Untersuchung über das Druckzentrum im Winde.

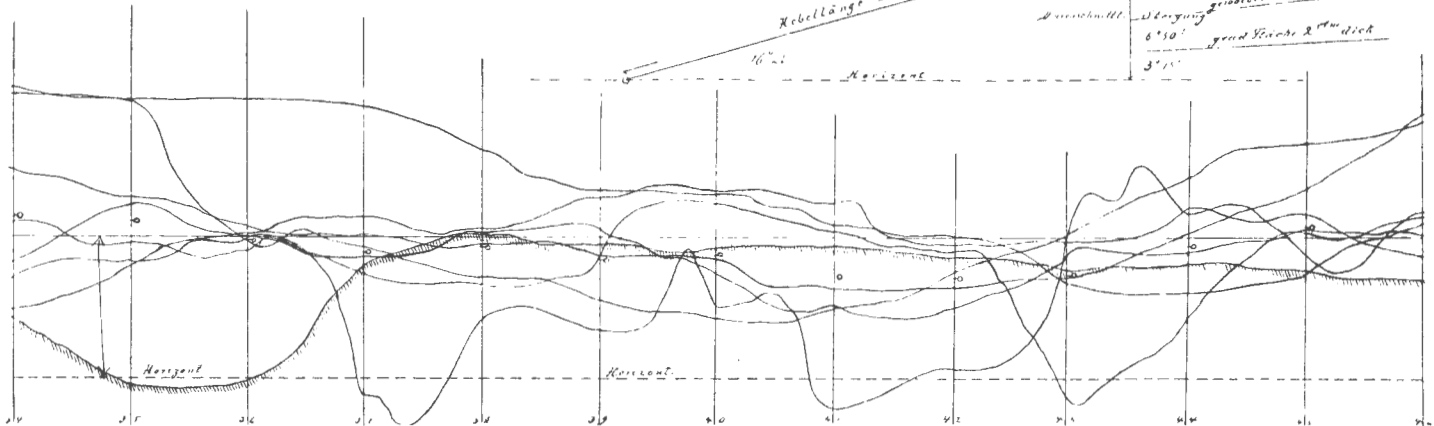
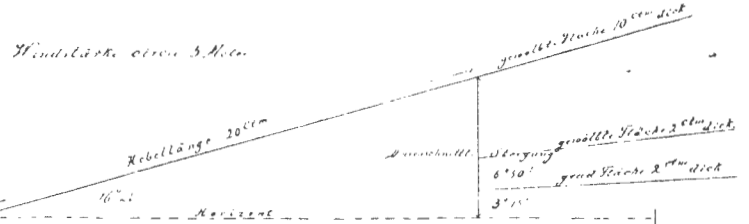
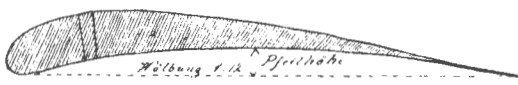


Fig. 10. Querschnitt durch die gewölbte Fläche.

Fig. 11. Diagramm der Höhenstellung der dicken gewölbten Fläche.

dauer von 10 Minuten 40 Sekunden. (Vgl. Fig. 11.) Aus der Höhe der Linien über den vorher angemarkten Horizont erhob sich die ebene Fläche $3^{\circ} 15'$, die dünne gewölbte Fläche $6^{\circ} 50'$ und die dicke gewölbte Fläche $16^{\circ} 25'$ (Fig. 10).

Ich will nicht behaupten, daß die Druckrichtung auf die verdickte gewölbte Fläche bei horizontaler Lagerung sich genau senkrecht zu der Richtung stellt, welche die Fläche im Winde einnimmt. Da wir aber früher gefunden haben, daß die dünne gewölbte Fläche bei horizontaler Lagerung dem Winde ausgesetzt einen rein senkrechten Druck erhielt, während die Drucklinie bei den Versuchen am Rundlaufapparat beträchtlich rückwärts geneigt sich zeigt, so ist man wohl berechtigt, aus der vermehrten Steigung der verdickten Fläche durch den Wind eine weitere Drehung der Drucklinie nach vorn zu folgern.

Es liegen zwar noch keine quantitativen Messungen des Druckes vor, so viel ist aber bereits festgestellt, daß es einer weit größeren Belastung bedarf, die dicke gewölbte Fläche zur horizontalen Lage im Wind zu zwingen, als bei der dünnen gewölbten Fläche und noch geringer ist die Belastung bei der ebenen Fläche.

Wenn die Aufrichtung dadurch entstände, daß auf die vordere Hälfte ein Niederdruck und auf die hintere ein größerer Auftrieb wirkte, so könnte man von einem Drehmoment sprechen; dies ist aber nicht der Fall, vielmehr stellt sich eine im Flächenschwerpunkt drehbar aufgehängte, in ruhiger Luft vorher ausbalancierte Fläche dem Winde ausgesetzt sofort vorn in die Höhe, wodurch bewiesen ist, daß der Auftrieb auf der vorderen Hälfte größer ist als auf der hinteren. Versuche über die genaue Bestimmung des Druckzentrums sind vorbereitet (siehe Fig. 6—9).

Die zahlreichen und beträchtlichen Schwankungen der Flächen weisen auf den geringen Wert hin, welche die Aufstellung von allgemeinen Formeln für die Erhaltung des Gleichgewichts geben kann; denn nicht nur in der Höhe sondern auch seitlich und in der Geschwindigkeit ändert sich der Wind. Hier kann allein eine Fläche Hilfe leisten, welche sich automatisch immer wieder richtig stellen muß vermöge ihrer Form. Eine solche Form ist im Vogelflügel gegeben, dessen verständige Nachahmung schon zu guten Erfolgen geführt hat bei kleinen Modellen von 1,5 bis 2 Spannweite. Die Eigentümlichkeit solcher Flächen liegt darin, daß die Spitzen der Flächen in eine gerade, ja sogar leicht aufwärtsgekrümmte Fläche auslaufen und auch die Flügel in der Längsrichtung eine starke Wölbung zeigen. (Fig. 10.)

Die große Steigung der dicken gewölbten Fläche im Winde berechtigt zu dem Schluß, daß die Drucklinien des Luftwiderstandes wiederum günstiger gerichtet sind gegenüber der dünnen gewölbten Fläche. Da die Drucklinie der dünnen gewölbten Fläche bei horizontaler Lage schon senkrecht stand, so muß dieselbe jetzt etwas nach vorn gerichtet sein, also den lange gesuchten Vorwärtzug ausüben.

(Schluß folgt.)

Militärluftschiffahrt.

Das Militärluftschiff M III fuhr am 31. Januar morgens $8\frac{1}{2}$ Uhr von Berlin über Halle nach Gotha, wo es mittags glatt landete. Die Fahrt sollte nach Straßburg fortgesetzt werden, wurde aber wegen böigen Windes und Schneefalles verschoben.

Das Siemens-Schuckert-Luftschiff machte am 23. Januar mehrere Probefahrten. Hierbei erreichte das Luftschiff eine Höhe von 450 bis 500 m. Alle Einrichtungen des Luftschiffes bewährten sich vorzüglich.

Das Luftschiff wurde darauf am 30. Januar von einer Militär-Kommission unter Generalleutnant v. Lynker und Oberst Schmiedicke besichtigt, da die Absicht besteht, dasselbe für das Reich anzukaufen.

In einem der nächsten Hefte dieser Zeitschrift wird in einem Aufsatz von Direktor Krell dieses größte unstarre Luftschiff an Hand von Zeichnungen und Abbildungen eingehend beschrieben werden.

Die Luftschiffbau Zeppelin G. m. b. H. hat ein neues Luftschiff LZ IX. im Bau, welches im Mai in Betrieb

genommen werden dürfte. Dieses Luftschiff ist wesentlich kürzer und hat einen geringeren Gasinhalt als die bisher gebauten Zeppelin-Luftschiffe. Während LZ VII bei 148 m Länge und 14 m Durchmesser einen Gasinhalt von fast 20000 cbm hatte, erhält LZ IX nur 100 m Länge, jedoch den gleichen Durchmesser von 14 m. Der Gasinhalt wird ca. 15000 cbm betragen. Da die Motoren zusammen dieselbe Leistung wie beim LZ VII, nämlich 420 PS haben, dürfte das neue Luftschiff erheblich schneller sein und über 16 m per Sekunde erreichen. Bei befriedigender Leistung dürfte auch dieses Luftschiff von der Militärbehörde übernommen werden.

Das Parseval-Luftschiff für die russische Armee ist abgeliefert worden, nachdem die Probefahrten zur Zufriedenheit verliefen. Auch das Parseval-Luftschiff für die »Luft-Verkehrs-Gesellschaft m. b. H.« ist in Betrieb genommen und hat bereits über Berlin mehrere Passagier- und Reklamefahrten ausgeführt.

Die italienische Armee hat ebenfalls ein neues Luftschiff in Betrieb genommen. Dasselbe ist auf dem Luftschiff- und Militärflugplatz Bosco mantico bei Verona stationiert. Am 20. Januar führte dieses Luftschiff eine Fahrt von Verona über den Gardasee nach Pergamo aus, wo es glatt landete. Das neue italienische Militärluftschiff ist nur ein kleines Luftschiff von 37 m Länge bei 1300 cbm Inhalt. Der Motor leistet nur 35 PS, und daher dürfte die Geschwindigkeit für militärische Zwecke kaum genügen.

Militär-Flugwesen.

Die Flugmaschinen-Abnahme-Kommission der Versuchs-Abteilung der Verkehrstruppen stattete am vergangenen Mittwoch unter Führung des Hauptmanns de le Roi den Werkstätten der deutschen Wright-Gesellschaft in Reinickendorf einen Besuch ab, um den neuen Typ des Wright-Doppeldeckers zu prüfen. Die Kommission nahm die Maschine im Rohbau ab, die in den nächsten Tagen nach Johannisthal gebracht wird, um dort ausprobiert zu werden. Der neue, für die Militärverwaltung gebaute Typ hat nur einen Propeller, der direkt vom Motor, also ohne Kettentransmission, angetrieben wird. Das Höhensteuer ist nach hinten verlegt worden. Der Motor kann durch Einschaltung einer Batteriezündung vom Führer selbst angeworfen werden, so daß die Bedienungsmannschaften beim Start nicht mehr erforderlich sind.

Ausstellungsberichte.

Unter dem Protektorat des K. A. C. findet im Anschluß an die Automobil-Ausstellung im Dezember ds. Js. in den Ausstellungshallen am Zoo. in Berlin eine »internationale Aero-Ausstellung« statt. Der Geschäftsführer der Ausstellung ist Major von Tschudi. Das Ausstellungsbureau befindet sich in Berlin W., Lützowstr. 89/90.

Dem Präsidium gehören an: Exzellenz v. Nieber, Gouverneur a. D. v. Bennigsen, Graf Sierstorpf, Direktor Arthur Müller, Major z. D. Dr.-Ing. v. Parseval, Fabrikbesitzer Gradenwitz, Hauptmann d. R. v. Kehler, Hauptmann a. D. Hildebrandt.

Der Überschuß der Ausstellung ist für aeronautische Preise bestimmt.

Sportliche Nachrichten.

Buisson hat am 14. Februar mit dem neuen Deperdussin-Eindecker einen Passagier-Rekord aufgestellt. Er legte 100 km in 1 Std. 1 Min. 32 Sek. zurück. Die Stundengeschwindigkeit hat demnach 97,5 km betragen.

Am 13. Februar flog Buisson mit zwei Passagieren 48 km in 29 Min. 40 Sek.

Am 15. Februar sind die neuen Bedingungen für die Flugzeugführer in Kraft getreten. Danach muß der Pilot zweimal 5 Kilometer in geschlossenem Fluge zurücklegen und dabei mindestens eine Höhe von 50 m erreichen.