

# DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

11. Juli 1919.

Heft 28.

## Aerophysikalische Forschungen mit dem Flugzeuge.

Von Prof. Dr. Albert Wigand, Halle a. S.

(Nach einem Vortrage.)

1. (Plan.) Das Thema, das wir hier behandeln, ist ein Programm. Noch kein abschließendes Ergebnis aerophysikalischer Forschungen mit dem Flugzeuge kann mitgeteilt werden. Es handelt sich bisher lediglich um Versuche zur Klärung der Frage, ob das Flugzeug für solche Zwecke geeignet ist. Das Ergebnis dieser Versuche berechtigt aber zur Aufstellung eines Planes, nach dem das Flugzeug systematisch als aerophysikalisches Forschungsmittel verwendet werden soll, sowohl zum rein meteorologischen Studium der höheren Luftschichten, wie es die *Aerologie* betreibt, als auch für die *Luftelektrizität* und die *Sonnenstrahlung* in der freien Atmosphäre.

R. Aßmann und andere Aerologen haben schon vor Jahren vorgeschlagen, zur Ergänzung der Registrieraufstiege von Drachen und Ballonen dem Flugzeug einen *Meteorographen* mitzugeben. Das ist auch hier und da geschehen, allerdings ohne näheres Eingehen auf die Schwierigkeiten technischer und wissenschaftlicher Art, die sich der Einführung dieser neuen Methode in den regelmäßigen Forschungsbetrieb in den Weg stellen. Dafür waren planmäßige Versuche nötig, zu deren Ausführung der Druck des militärischen Bedürfnisses geholfen hat. Während noch vor kurzem von maßgebender Seite an einer mehr als nur gelegentlichen Verwendbarkeit des Flugzeugs für solche Zwecke gezweifelt wurde, ist jetzt durch die genannten Versuche nicht nur die Möglichkeit einwandfreier physikalischer Registrierungen im Flugzeuge erwiesen worden, sondern es sieht sogar so aus, als ob das Flugzeug für die in der Aerologie verwendeten Drachen und Fesselballone zu einem erfolgreichen Wettbewerber werden würde, sowohl hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit des Betriebes, wie auch bezüglich der wissenschaftlichen Leistungsfähigkeit wegen größerer Aufstiegshöhe und kürzerer Aufstiegsdauer.

Aber nicht nur für die Aerologie ist das Flugzeug verwendbar; eine umfassende, methodische Erforschung der *Luftelektrizität* und der *Sonnenstrahlung* in der freien Atmosphäre bis in große Höhen hinauf liegt nun im Bereiche der Möglichkeit. Wie sehr ein systematischer Betrieb regelmäßiger Registrieraufstiege diese Gebiete fördern wird, ist jedem klar, der den stich-

probenartigen Charakter aller bisherigen Forschungen dieser Art in der freien Atmosphäre kennt.

Das erstrebte Ziel ist zunächst die Ausbildung einwandfreier Registriermethoden zur Untersuchung des meteorologischen, elektrischen und Strahlungszustands der freien Atmosphäre mit dem Flugzeuge, und sodann die Durchführung eines regelmäßigen Betriebes von terminmäßigen Flugzeugaufstiegen an mehreren Orten, derart, daß eine synoptische Darstellung des Zustandes der Atmosphäre über einem größeren Gebiete bis zu großer Höhe möglich wird.

2. (Praktischer Wert.) Die Durchführung dieses Planes hat neben dem wissenschaftlichen Wert auch große *praktische Bedeutung*, was kurz besprochen werden soll, da es für das Gelingen des Unternehmens notwendig sein wird, daß Behörden, Industrie und Verkehrswesen von dem Nutzen der Sache überzeugt sind. Auf die vielseitige militärische Bedeutung will ich nicht besonders eingehen.

An erster Stelle ist die Erhöhung der Sicherheit zu nennen, die durch eine intensivere tägliche Untersuchung des Zustandes der Atmosphäre für die *Wettervorhersage* entsteht; und leider ist ja die wissenschaftliche Wetterkunde und der praktische Wetterdienst noch nicht so weit, um ein neues Hilfsmittel für die prognostische Tätigkeit nicht freudig zu begrüßen.

Ferner ist die *Fliegerei* selbst im hohen Grade an jeder Förderung der Kenntnis des Luftmeeres, des Elements, von dem sie so sehr abhängt, interessiert. Die zahlreichen Gesichtspunkte, die dabei zu nennen wären, sind hinreichend bekannt, so daß sie hier nicht näher behandelt zu werden brauchen.

Eine wichtige Sache, die auch hierher gehört, und auf die wir näher eingehen wollen, ist die *Höhenbestimmung des Flugzeuges*. Man ist sich anscheinend im allgemeinen nicht darüber klar, daß zurzeit bei sorgfältigster Ausführung mit guten, geprüften Instrumenten die übliche Bestimmung der Höhe eines Flugzeugs mit einem Fehler von mindestens 10 % behaftet ist; meist wird der Fehler sogar bis zu 20 % und mehr betragen. Was das für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Flugzeugen, der Erfüllung von Abnahmebedingungen und der Gültigkeit von Höhenrekorden bedeutet, liegt auf der Hand. Beispielsweise sind die kürzlich gemeldeten Flugzeughöhenrekorde von 9000 bis 10 000 m günstig gerechnet nicht genauer als nur auf etwa  $\pm 1000$  m.

Der Hauptfehler bei der Höhenbestimmung

im Flugzeug hat seinen Grund in der fehlenden oder unzureichenden Berücksichtigung des Einflusses der *Temperatur*. Auch ein sogenanntes „kompensiertes“ Aneroid-Barometer, wie es wohl bei jedem guten Höhenschreiber verwendet wird, bedarf für genaue Messungen in verschiedenen Höhen einer Korrektur des Einflusses, den die Temperatur auf die Druckangaben des Aneroids ausübt, da der Temperaturfehler nur für einen bestimmten und keineswegs für alle beim Fluge erreichten Luftdruckwerte kompensiert sein kann. Wird diese Korrektur nicht angebracht, so ist mit Luftdruckfehlern zu rechnen, denen in 6 km Höhe ein Höhenfehler von etwa 3 %, in 9 km Höhe von etwa 6 % entspricht.

Da zur Ermittlung der Höhe aus dem Luftdruck die Kenntnis der *Mitteltemperatur* der betreffenden Luftsäule erforderlich ist, kommt durch die Unkenntnis dieser Temperatur ein weiterer Fehler in die Höhenbestimmung des Flugzeugs hinein. Günstigstenfalls wird bei der angewendeten Höhenskala des Instruments ein Durchschnittswert für die Abnahme der Temperatur mit zunehmender Höhe (etwa  $0,6^\circ$  für 100 m Anstieg) zugrunde gelegt sein, so daß wenigstens der noch häufig genug durch Annahme konstanter Temperatur gemachte Fehler wegfällt. Aber selbst dann noch kann im Einzelfalle durch das Vorhandensein großer Luftschichten mit abweichenden Temperaturgradienten (Inversionen, instabile Schichten) die wirkliche Temperaturverteilung vom angenommenen Durchschnittswerte so erheblich abweichen, daß dadurch ein Höhenfehler von 5 % auftritt.

Solche auf Unkenntnis der Temperaturverhältnisse beruhende Fehler lassen sich aber nur dann vermeiden, wenn man zur Höhenbestimmung auch für eine Registrierung der Temperatur sorgt, was natürlich am besten gleichzeitig mit der Luftdruckregistrierung im Flugzeuge selbst durch einen Meteorographen geschieht. Als Notbehelf wird man die Angaben einer in der Nähe befindlichen, mit Drachen, Fesselballonen und freien Registrierballonen arbeitenden aerologischen Warte benutzen können, falls bei dieser zu annähernd gleicher Zeit ein Aufstieg bis zu der verlangten Höhe gelungen ist, was jedoch oberhalb 4000 m Höhe nicht häufig der Fall sein wird.

Weiterhin wird die Genauigkeit der Höhenbestimmung dadurch beeinträchtigt, daß der Höhenschreiber *nicht störungsfrei* im Flugzeuge angebracht ist. Durch Verbreiterung der aufgezeichneten Kurve infolge von Erschütterungen sowie dadurch, daß der Luftdruck an der Meßstelle durch Stau- oder Saugwirkungen beim Vorbeiströmen der Luft verändert wird, können Fehler von mehreren Prozenten entstehen.

Erst mit der Verwendung eines Meteorographen im Flugzeuge und der Berücksichtigung der bei den Versuchen gewonnenen Erfahrungen ist es gelungen, den Höhenfehler auf etwa 1–2 %

herabzubringen. Diese Genauigkeit, die sich noch wird steigern lassen, ist zunächst vollkommen ausreichend.

3. (Störungen.) Zur Erlangung einwandfreier Registrierungen jeder Art im Flugzeuge ist eine Anzahl von *Störungen* zu untersuchen und zu beseitigen, wobei je nach der Natur der betreffenden physikalischen Größe der eine oder der andere störende Einfluß mehr oder weniger Bedeutung hat.

Am meisten Schwierigkeiten machen bei allen Registrierungen im Flugzeuge die *Erschütterungen*, die von den Stößen des Motors und den Eigenschwingungen der Flugzeugteile sowie des Registrierinstruments herrühren und eine unliebsame Verbreiterung der Registrierkurve bewirken. Durch Untersuchung der Schwingungsperiode und Richtung dieser Erschütterungen und entsprechende Abfederung des an geeignet ausgewählter Stelle angebrachten Instruments lassen sich solche Störungen auf ein zulässiges Minimum herabsetzen, so daß die Kurven genügend fein gezeichnet sind.

Außerdem treten Störungen durch den *Winddruck* auf. Bei der hohen Relativgeschwindigkeit gegen die umgebende Luft von rund 30 m/sec entstehen am Flugzeug merkliche Stau- und Saugwirkungen, die sowohl die Luftdruckangaben durch Veränderung des statischen Druckes an der Meßstelle fälschen, wie auch andere Registrierungen durch vorübergehende Verbiegung von Instrumententeilen (z. B. eines Bimetallthermometers oder eines elektrischen Kondensators) stören können. Man vermeidet solche Winddruckstörungen, indem man für die Anbringung des Aneroids eine Stelle mit ungestörtem statischem Druck aussucht und den Instrumenten zur Richtung des Luftstromes eine zweckmäßige Lage gibt.

Ferner hat man für die Anbringung des Instruments einen Ort zu wählen, wo weder die thermisch, elektrisch und chemisch störenden *Abgase des Motors* noch der *Propellerwind* stören. Beide Wirkungen sind räumlich scharf begrenzt, so daß man bei allen Flugzeugtypen im äußeren Zwischenraum der Tragflächen oder auch unterhalb des Flugzeugrumpfes störungsfreie Meßstellen finden wird.

Andersartige Fehler von erheblicher Größe können bei physikalischen Messungen im Flugzeuge durch *Trägheitswirkungen* auftreten, nämlich bei ungleichförmiger Horizontal- oder Vertikalbewegung, auch beim Kurvenflug, besonders infolge von unstetigem Fliegen. Sie sind zu vermeiden, indem man den ganzen Aufstieg danach einrichtet oder wenigstens für geeignete Flugstücke sorgt, die von diesen Störungen frei sind.

4. (Versuche.) Durch die bisherigen *Versuche*, die besonders von den Herren *Dr. Brückmann*, *Dr. Köhler*, *Wienecke* und *Heß* mit weitgehender Selbständigkeit unter meiner Leitung

gefördert wurden, sind die Störungsfragen im wesentlichen geklärt und die Fehlereinflüsse in der angedeuteten Weise beseitigt worden. Es bleibt jedoch noch Manches in dieser Hinsicht zu tun.

Weiterhin haben meine zurzeit noch nicht abgeschlossenen Versuche die Ausbildung geeigneter, dem Flugzeuge angepaßter Meßmethoden zum Gegenstand, nämlich eines neuen Meteorographentyps auf Grund der bisherigen Erfahrungen und der Methoden für die luftelektrischen und Strahlungsregistrierungen.

Aus den Fig. 1 und 2 sind verschiedene Arten der Aufhängung eines Meteorographen im Flugzeug zu ersehen. Das Instrument hängt, von

Stiels (Fig. 2). Jedoch hat diese letztere Befestigungsart den sehr schätzenswerten Vorteil, daß man das Gerät schneller an- und abmontieren und bei Verwendung eines geeigneten Universalrahmens (*Brückmann, Heß*) jedem Flugzeugtyp mit den verschiedenartigen Profilen und Neigungen der Stiele sofort anpassen kann. Will man also auf einem Flugplatz verschiedene Flugzeugtypen benutzen, so wird man diese Befestigungsart mit Universalrahmen wählen. Wenn dagegen für die wissenschaftlichen Flüge dauernd und ausschließlich ein und dasselbe Flugzeug zur Verfügung steht, so empfiehlt sich mehr die Befestigung an zwei Stielen.

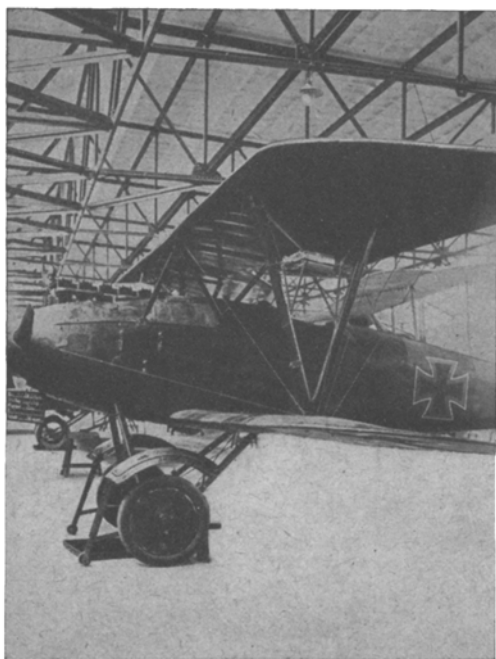


Fig. 1. Aufhängung eines Drachen-Meteorographen an zwei V-Stielen mit Fangdrähten, nach *Wienecke*.

den Motorabgasen und dem Propellerwind unbehelligt, an den äußeren Stielen von Doppeldeckern frei *zwischen den Tragflächen*, und zwar hinsichtlich des statischen Luftdruckes am ungestörtesten in Zweidrittelhöhe des Tragflächenzwischenraums (Fig. 1). In dieser Höhe befindet sich nach früheren Modellversuchen und nach neuen Messungen im Flugzeug während des Fluges (*Brückmann*) eine Zone ungestörten Druckes, während nahe über und unter den Tragflächen Unterdrucke bzw. Überdrucke auftreten.

Die Aufhängung des Instruments an zwei Stielen ist stabiler als nur an einem Stiele. Die Störungen durch Erschütterungen sind geringer, wenn das Instrument an je zwei Punkten des vorderen und hinteren Stiels zugleich befestigt wird (Fig. 1, *Wienecke, Kähler*), als bei Anbringung allein an zwei Punkten des vorderen

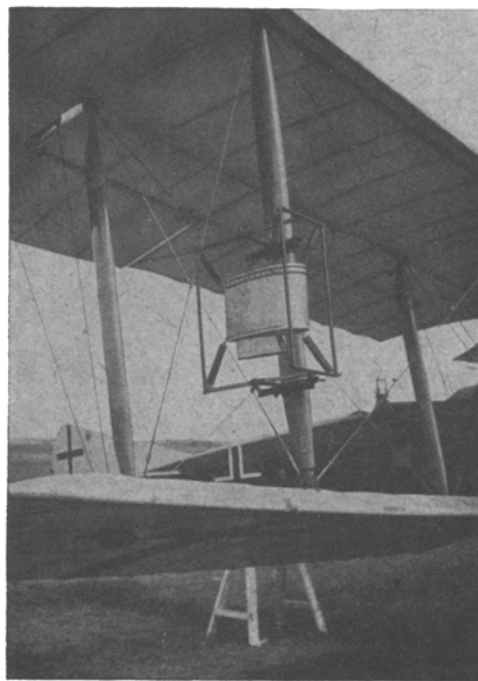


Fig. 2. Aufhängung eines Flugzeug-Meteorographen im Universal-Rahmen an einem Parallelstiel, nach *Heß*.

Der eiserne *Rahmen*, in den der Meteorograph eingeschnallt oder geschraubt wird, braucht bei Befestigung an zwei Stielen nicht so stabil und schwer zu sein wie der Universalrahmen. Zur Befestigung des Rahmens an den Stielen dienen eiserne Schellen oder behelfsmäßig auch Bindedraht.

Die *Abfederung* des Rahmens oder des Instruments im Rahmen geschieht durch kräftige, sehr straff gespannte Stahlspiralen oder auch Gummizüge. Die Federn sind in der Richtung der hauptsächlich vorkommenden Erschütterungen angebracht, um diese abzufangen. Die Angriffspunkte der Federn am Rahmen oder am Instrument sind so gewählt, daß Eigenschwingungen des Meteorographen möglichst vermieden werden. Zur Verhinderung dennoch auftretender größerer Schwingungsamplituden des Instru-

ments, wie sie durch Resonanz und infolge der für den Luftwiderstand noch ungünstigen äußeren Form des Meteorographen zustande kommen können, hat sich bei der Dauerbefestigung an zwei Stielen die Anbringung von „Fangdrähten“ (Fig. 1) neben den Federn bewährt (Wienecke).

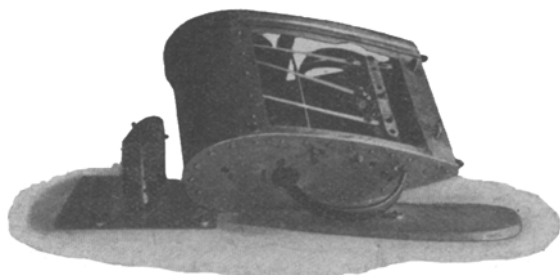


Fig. 3. Flugzeug-Meteorograph.

Mit einem brauchbaren Meteorographen von günstiger Widerstandsform wird sich auch meine Absicht ausführen lassen, das Instrument wie den Spähkorb eines Luftschiffes einige Meter unterhalb des Flugzeugumpfes in meteorologisch ungestörtem Gebiet an einem Draht mit zwischengeschalteter Feder aufzuhängen. Auf diese Weise wird die Beseitigung sämtlicher Störungen viel einfacher sein. In ähnlicher Weise läßt man auch die Antenne einer Funkstation im Flugzeug nach unten frei hinaus; und ebenso ist zur Messung des luftelektrischen Spannungsgefälles ein Kollektor unter dem Flugzeug freihängend anzubringen. Bei derartigen Aufhängungen ist dann noch ein Mechanismus zu bequemem Auslassen und Einholen durch den Flugzeugführer erforderlich.

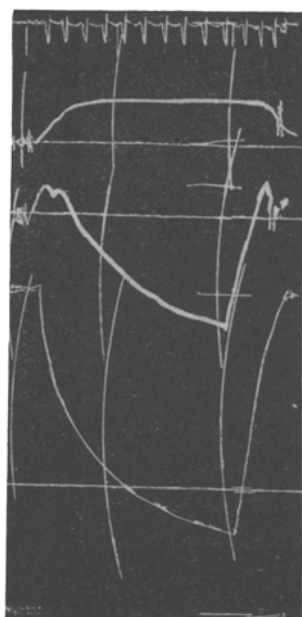


Fig. 4. Meteorogramm eines Fluges.

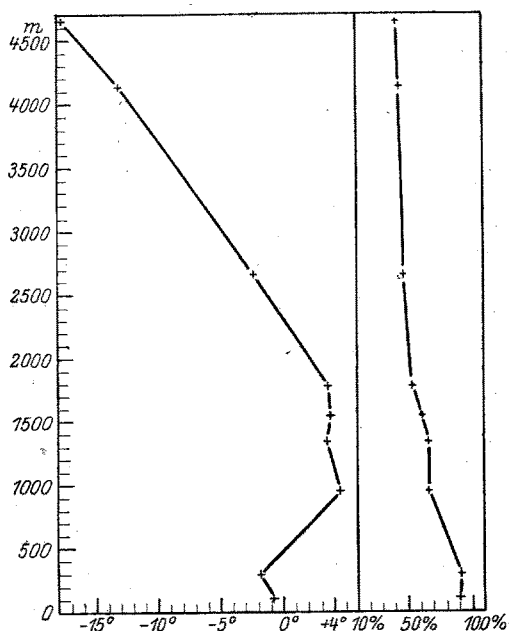


Fig. 5. Zustandskurven zum Meteorogramm der Fig. 4.

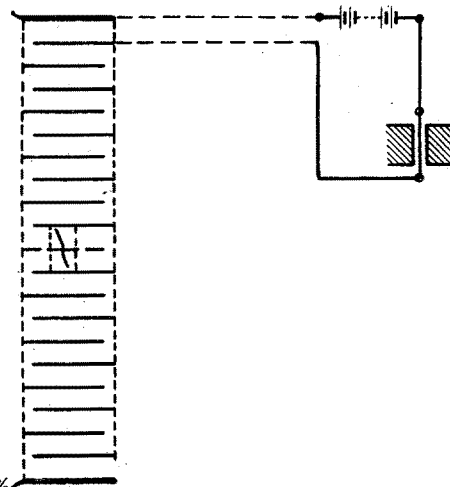


Fig. 6. Schema eines Flugzeugapparats zur Registrierung der Ionisation.

Die Figuren 2 und 3 zeigen das erste Versuchsmodell eines *Flugzeug-Meteorographen*, bei dessen Konstruktion durch den Luftschiffbau Zeppelin, Friedrichshafen, einige gewonnene Erfahrungen verwertet wurden (Heß). Das Instrument bedarf aber auf Grund der gesamten bis jetzt vorliegenden Erfahrungen noch wesentlicher Änderungen; ehe es die bisher auch im Flugzeug bewährten Drachen-Meteorographen von Bosch und Bunge (Marvin) zu ersetzen imstande sein wird. Seine wesentlichsten Vorzüge sind die in allen Teilen stabilere Bauart und die windschnittige Form (Tropfenprofil), durch die ein geringerer Luftwiderstand und eine ruhigere Lage im Winde erreicht wird.

Das Originalmeteorogramm eines Flugzeugaufstieges bis 4650 m Höhe zeigt Fig. 4. Es wurde ein Drachmeteorograph von Bosch mit Rußregistrierung benutzt; Tintenaufzeichnung ist wegen Verschmierens weniger geeignet. Bei guter Aufhängung erzielt man eine Breite der Kurve von weniger als  $\frac{1}{2}$  mm. Das Anemometer wird nicht zur Messung des vollen Fahrtwindes, sondern zur Kontrolle der Ventilation benutzt, da man den Luftstrom durch ein vorgesetztes, siebartiges Blech oder eine wegen des Luftwiderstandes zweckmäßig gerundete Blechhaube auf etwa 8–10 m/sec reduziert, wobei auf Vermeidung von Luftdruckfälschungen, die durch Saugwirkungen im Instrument entstehen, zu achten

ist. In der Reihenfolge von unten nach oben stellen die Kurven des Meteorogramms der Fig. 4 Luftdruck, Temperatur, relative Feuchtigkeit und Ventilationsstärke dar. In Fig. 5 sind die ausgewerteten Ergebnisse dieses Aufstiegs als Zustandskurven der Temperatur und relativen Feuchtigkeit dargestellt. Die zwei Inversionen sind im Meteorogramm sofort gut zu sehen.

Für die Registrierung der *luftelektrischen Elemente* liegen die Verhältnisse im Flugzeuge in mancher Hinsicht recht günstig, wenn man gegen Erschütterungen unempfindliche elektrische Meßinstrumente verwendet und durch deren passende Anbringung für hinreichende Feinheit der Registrierkurven sorgt. Gut geeignet ist das *Wulfsche Zweifaden-Elektrometer*, dessen Fäden im Flugzeug nur wenig vibrieren und mit *photographischer Registrierung* brauchbare Kurven ergeben. Das gleiche ist vom *Saitengalvanometer* zu erwarten. Diese Instrumente werden, abgesehen von der Federung ähnlich wie beim Meteorographen, in Luftkissen oder massiven Gummipolstern gelagert und können, außer zwischen den Tragflächen, auch im Flugzeugrumpf angebracht werden.

Zur Messung der *Ionisation* wird ein Röhrenkondensator mit Anemometer zwischen den Tragflächen angebracht, so daß der Fahrtwind ihn durchstreicht. Man kann nun entweder nach dem Prinzip des *Ebertschen Ionenzählers* verfahren und das *Wulf-Elektrometer* verwenden, mit einer automatischen Vorrichtung zum Aufladen und Umladen in gewissen Zeiträumen. Oder man mißt mit dem *Saitengalvanometer* die Stärke des Sättigungsstromes im Kondensator und erhält so Momentanwerte der Gesamtionisation, unabhängig vom Vorzeichen der Ionen. Eine schematische Skizze dieser neuen Methode zeigt Fig. 6; links der wabenartig gebaute Röhrenkondensator mit dem Kontaktanemometer, rechts oben die Hochspannungsbatterie und darunter das *Saitengalvanometer*. Die starke, im Flugzeug zur Verfügung stehende Aspiration ermöglicht meßbare Stromstärken, wenn der Kondensator passende Abmessungen, besonders genügend großen Querschnitt besitzt.

Das *luftelektrische Spannungsgefälle* wird im Flugzeug zweckmäßig relativ, ähnlich wie im Freiballon (*Everling*), gemessen, indem man einen kräftigen Radiumkollektor in den ungestörten Raum unterhalb des Flugzeugs hinabläßt. Als zweiter Kollektor und zugleich zum Ausgleich des Flugzeugs im elektrischen Felde der Atmosphäre kann der Flugzeugmotor dienen, der infolge der großen Leitfähigkeit seiner Verbrennungsgase als vorzüglicher elektrostatischer Ausgleicher wirkt, wobei aber eine eventuelle Selbstladung des Motors zu vermeiden ist. Die Registrierung der Potentialdifferenz geschieht photographisch mit dem *Wulf-Elektrometer*. Der Reduktionsfaktor auf

Absolutwerte des Spannungsgefälles wird durch Modellversuche in einem künstlichen elektrostatischen Felde ermittelt.

Eine Registrierung des Höhenverlaufs der *durchdringenden Strahlung* ist im Flugzeug leicht auszuführen, etwa indem man einen *Wulf-Kolhörsterschen* Apparat mit photographischer Registrierung versieht und erschütterungsfrei aufhängt.

Zur Aufzeichnung der Gesamtenergie der *Sonnenstrahlung* bei Flugzeugaufstiegen wird sich eine thermometrische Relativmethode (etwa nach *Michelson-Marten*) eignen. Für begrenzte Spektralgebiete (z. B. ultraviolett) kommt ein *lichtelektrisches* Verfahren mit dem *Wulf-Elektrometer* in Betracht. Photographische Registrierung ist bei allen Methoden zu verwenden, und ferner muß durch eine geeignete Vorrichtung der strahlungsempfindliche Teil des Meßgeräts so angeordnet sein, daß seine Bestrahlung unabhängig vom Sonnenstande erfolgt.

Die Zahl aerophysikalischer Flugzeugprobleme ist mit diesen Untersuchungen keineswegs erschöpft. Es ließen sich noch zahlreiche andere physikalische Aufgaben nennen, an deren Lösung das Flugzeug gemeinsam mit anderen Luftfahrzeugen mitwirken kann. Erwähnt sei nur ein Gebiet, auf dem wir den Fliegern bereits eine Förderung unserer Kenntnisse verdanken, nämlich die *Wolkenkunde*. Neben der Beobachtung der *Luftbewegungen* in den Wolken wie auch im wolkenfreien Raum (*K. Wegener*), wozu das Verhalten des Flugzeugs unmittelbar Anlaß gibt, ist es besonders die *Wolkenphotographie* vom Flugzeug aus, die in der letzten Zeit interessante Aufschlüsse wie auch genußreiche neue Eindrücke aus diesem reizvollen Gebiete gebracht hat.

## Einiges über unsere Torfmoore.

Von Asmus Jabs, Zürich.

Es ist vielleicht jetzt der Zeitpunkt gekommen, einen Rückblick auf unsere Bestrebungen zu werfen, die dahin zielten, aus unseren Torfmooren den größtmöglichen Nutzen zu ziehen; gleichzeitig werden wir prüfen müssen, ob wir heute infolge der eingetretenen Ereignisse unsere früheren Anschauungen über die beste Lösung der sog. Torfrage zu modifizieren haben, oder ob wir in der Lage sind, auf dem eingeschlagenen Wege weiterzuschreiten, um zu dem gesteckten Ziele zu gelangen.

Daß die Voraussetzungen, von denen man vor dem Weltkriege ausging, sich heute und nach Eintritt normaler Verhältnisse nach dem Friedensschluß nicht mehr die gleichen sind, bedarf keiner weiteren Auseinandersetzung. Es sei nur daran erinnert, daß wir einer Zukunft entgegen gehen, die uns anspornen muß, intensiv industriell