

Werk

Titel: Das Luftfahrzeug als aerologisches Forschungsmittel

Autor: Everling, E.

Ort: Berlin

Jahr: 1917

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?34557155X_0005|log181

Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

Eiskristalle im Gletscher.) Die Wanderung des Salzes und Anhydrits erstreckt sich (n. Harbort) auf das jüngere Nebengestein, das in seinen porösen Teilen bis 9 % NaCl enthält. Außerdem ist das Salz von einem Reibungsmantel aus wenig veränderten bis 1 cbm großen Blöcken umgeben, der aus Bruchstücken des Nebengesteins besteht.

Bei gleichzeitiger kontinentaler Senkung erfolgt nun ein Emporsteigen der Salzmassen an Stellen geringeren Widerstandes (Salzauftrieb) und ein Emporheben des Deckgebirges. Bei dem Auftrieb der gewaltigen Salzkörper durch die Erdhaut entstehen Bilder, welche den Geschwüren in der tierischen Haut ähnlich sind, und welche Lachmann daher mit dem Namen „Ekzeme“ belegt hat.

Die übereinstimmenden längst bekannten Beobachtungen, daß in Siebenbürgen, ebenso wie in Wallis und in Nordwestindien *stockförmige Salzmassen* von rundem Querschnitt scheinbar durch die Gebirgsschichten hindurchgetrieben seien, wer-

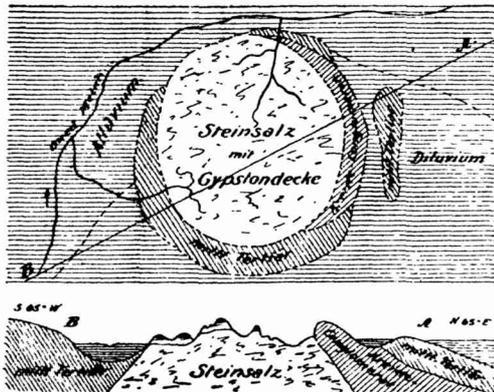


Fig. 5. Salz-Ekzem von Rhang-el-Melah in Algerien. (Grundriß und Profil.)

den neuerdings durch solche aus dem südlichen Nordamerika (Texas und Louisiana), ferner aus Algier und Catalonien (Salzberg von Cardona) vervollständigt. Überall kehrt die Beobachtung wieder, daß eine oft sehr mächtige Masse von Salz, die häufig von einer Gipsdecke geschützt ist, durch die Schichten der Erde ebenso hindurchgespießt wurde, wie etwa ein Stahlpflock durch eine Eisenplatte durch Menschenkraft hindurchgetrieben wird.

Die im neunzehnten Jahrhundert zur Herrschaft gelangte Lehre, nach welcher Erdbeben- und Gebirgsbildung von dem Vulkanismus grundsätzlich verschieden sind, hat sich gänzlich erfolglos an dem Problem der deutschen pseudoeruptiven Salzstöcke versucht. Auch in Norddeutschland ist die Lagerung über den Salzstöcken oft außerordentlich stark gestört und ferner steht die oft einen Kilometer in mehr betragende Höhe dieser Salzstöcke in keinem Verhältnis zu ihrem geringen Durchmesser.

Der Versuch, die Fortdauer der alten, der Steinkohlenzeit Deutschlands angehörenden Gebirgsbildung ausschließlich für die Entstehung dieser eigentümlichen Lagerungsformen verantwortlich zu machen, ist jedenfalls mißglückt. Es liegt vielmehr — wie Lachmann nachweist — sowohl in den Einzelheiten, wie in der allgemeinen Verteilung der von ihm als „Ekzeme“ bezeichneten, scheinbar eruptiven Salzkörper eine von der Gebirgsbildung durchaus abweichende Erscheinung vor. Insbesondere kehrt die gekrümmte oder an Gehirnwindungen erinnernde Verschlingung der Salzschichten nirgends in den Faltengebirgen wieder, wo der Gebirgsdruck die Ursache aller Lageveränderungen der Erdrinde ist.

Nur insofern ist ein mittelbarer Einfluß des Gebirgsbaus wahrzunehmen, als Schwächezonen der Deckschichten den ersten Anstoß für die Lösungs- und Rekrystallisationsvorgänge abgeben. Diese Schwächezonen sind entweder Bruchlinien, auf denen der unterirdische Wasserumlauf leichter vor sich geht, oder aber tiefer eingeschnittene ältere Flußläufe, die ebenfalls eine Entlastung der Erdschichten bedingen. Die Verbreitung der Ekzeme folgt daher — z. B. in Norddeutschland — häufig den Leitlinien des Gebirgsbaus, anderwärts aber auch unregelmäßig verzweigten, an Flußsysteme erinnernden Linien. Letzteres ist besonders in Siebenbürgen der Fall.

Die mächtigen Steinsalzmassen sind spezifisch leichter als alle übrigen Gesteinsarten des Erdinnern. Jede durch Talbildung oder eine noch so geringfügige tektonische Störung hervorgerufene Gleichgewichtsstörung des Erdinnern bedingt also zunächst einen (isostatischen) Auftrieb der Salze und Kalisalze, dann aber weiter die durch Bergfeuchtigkeit bedingte Lösung und Rekrystallisation; erst in der Zone des Grundwassers findet eine totale Auflösung des Salzes statt.

(Schluß folgt.)

Das Luftfahrzeug als aerologisches Forschungsmittel¹⁾.

Von Privatdozent Dr. E. Everling,
Berlin-Adlershof.

Während allenthalben Köpfe und Hände sich mühen, das Flugzeug und den Lenkballon zu einem immer wirksameren Kampfesmittel zu gestalten, während ein Blick in die Zukunft diesem charakteristischsten Wahrzeichen moderner Kultur, dem Luftfahrzeug, für spätere, friedliche Zeiten ein weites Wirkungsfeld im Sport- und Verkehrsleben verheißt, während des freudigen Forscher auf den Tag, an dem er seine fliegende Arbeitsstube wieder mit Instrumenten beladen und in unbekannte Weiten führen darf.

Das Luftfahrzeug als Forschungsmittel, das ist ein Verwendungszweck, der unseren gewöhnlichen Erörterungen über den Bau und die Führung, über die militärische Bedeutung und wirt-

¹⁾ Nach einem Vortrage.

schaftliche Ausbeutung von Luftschiffen und Flugzeugen ein wenig fern liegt — oder fern zu liegen scheint, und der doch für diese Erörterungen von größtem mittelbaren Nutzen sein kann, der überdies die erste praktische Anwendung des ältesten Luftfahrzeuges darstellt. Ist doch der Freiballon bereits im Jahre seiner Erfindung, als „neugeborenes Kind“¹⁾, mit wissenschaftlichen Instrumenten aufgestiegen; der französische Luftschiffer *Charles*, also der Erfinder des gasgefüllten Ballons selbst, nahm bei seinem Aufstiege am 1. Dezember 1783 ein Barometer und ein Thermometer mit; im folgenden Jahre stellte der berühmte *Lavoisier* ein Programm für wissenschaftliche Luftfahrten auf, „und zwar so umfassend und zweckmäßig, daß es heutzutage zur Norm dienen könnte“²⁾. Und am 30. November 1784 unternahm der amerikanische Arzt Dr. *John Jeffries* mit dem französischen Luftschiffer *Blanchard* als erster einen Aufstieg in der ausgesprochenen Absicht, „1. die Möglichkeit beliebigen Auf- und Absteigens, 2. eine Fortbewegung mit Rudern oder Flügeln zu studieren, 3. die Zustände der Atmosphäre und deren Temperatur in verschiedenen Höhen, und 4. die wechselnden Richtungen der Luftströme in gewissen Schichten zu erforschen, um neues Licht auf die Theorie der Winde im allgemeinen zu werfen“. An diese ersten wissenschaftlichen Luftfahrten schließt sich eine ununterbrochene Folge von Aufstiegen, bei denen meteorologische und physikalische Instrumente mitgeführt wurden. Es handelte sich dabei freilich in erster Linie um Beobachtungen zum Zwecke der *Navigation*, wie auch heute jeder Luftfahrer seinen Höhenmesser mit sich führt; späterhin enthielt das Luftfahrzeug, vor allem seit es sich den Motor dienstbar gemacht hatte, wohl auch ein *Laboratorium*, um das Arbeiten des Triebwerkes, die Zuverlässigkeit der Gashülle, die Temperatur des Kühlwassers für den Motor oder des Traggases im Verhältnis zur Außenluft, die elektrische Aufladung oder die Beanspruchung und Durchbiegung einzelner Bauteile während des Betriebes zu untersuchen. Jene Pioniere der wissenschaftlichen Luftfahrt aber wollten aus ihrem Ballon ein *Observatorium* machen, sie wollten auch solche Naturvorgänge untersuchen, die für ihre Luftreise selbst nicht unmittelbar notwendig oder förderlich waren, wie die allgemein meteorologischen und besonders die *aerologischen* Probleme der Atmosphäre. Unter „*Aerologie*“ verstehen wir dabei den physikalisch orientierten Teil der Wetterkunde im allgemeinen Sinne, der

¹⁾ Ein Luftschiffer soll auf die Frage einer hochstehenden Persönlichkeit nach dem Verwendungszweck des neuerfundenen Ballons mit der Gegenfrage geantwortet haben: „Was macht man mit einem neugeborenen Kinde?“

²⁾ Zu diesen und den folgenden geschichtlichen Angaben und Anführungen vgl. das noch immer nicht genügend gewürdigte, dreibändige Werk: *R. Abmann und A. Berson*, Wissenschaftliche Luftfahrten, Band I, Seite 3 ff., Braunschweig 1899.

nach den *ursächlichen Zusammenhängen* der atmosphärischen Erscheinungen fragt.

Diese Verwendung des Luftfahrzeuges als *Forschungsmittel*, und speziell als *aerologisches* Forschungsmittel, hat nun gerade in den letzten Jahren solche Erfolge gehabt, daß man von ihr eine große Zukunft erhoffen darf. Es verlohnt sich daher, die verschiedenen Luftfahrzeuge auf ihre Eignung zu diesem Zweck zu betrachten und sodann die wichtigsten Fragen aufzurollen, die durch wissenschaftliche Luftfahrten beantwortet werden können und zum Teil ihrer Lösung bereits nähergebracht worden sind.

Welches Luftfahrzeug für solche Untersuchungen, als Träger eines aerologischen Observatoriums, am geeignetsten ist, das hängt von den verschiedensten Umständen ab, vor allem von der erforderlichen Höhe und Ortsveränderung, von dem Raum- und Gewichtsbedarf für die Beobachtungsinstrumente, von den notwendigen Vorkehrungen für die Sicherheit und Leistungsfähigkeit der Mitfahrer und nicht zuletzt von der Empfindlichkeit der verwendeten Meßinstrumente.

Da ist zuerst der gute alte *Freiballon* mit seiner fast idealen Einfachheit, der bei der Landung den zarteren Instrumenten oft übel mitspielt, der sich aber zumeist in völliger Windstille befindet, ja sogar längere Zeit in der gleichen Luftmasse dahintreibt; der Freiballon, der seinen Insassen den Lärm und die Erschütterungen einer Motoranlage erspart und der wegen seines relativ geringen toten Gewichtes verhältnismäßig große Lasten mit geringen Unkosten zu fördern oder aber in extreme Höhen vorzudringen vermag. Jedes Kind weiß jedoch, daß die horizontale Lenkbarkeit des Freiballons sehr beschränkt ist und nur dadurch ermöglicht wird, daß man sich unter den verschiedenen Höhenlagen mit ihren wechselnden Windrichtungen die geeignetste aussucht; weniger bekannt ist, daß auch seine Lenkbarkeit in der Vertikalen zu wünschen übrig läßt, da er das Bestreben hat, entweder zur Gipfelhöhe aufzusteigen oder bis zum Erdboden durchzufallen, wenn ihm nicht eine besonders „stabile“ Schichtung der Luft die Innehaltung gewisser Höhenlagen erleichtert.

Das *Lenkluftschiff* hat vor seinem älteren Bruder den Vorzug der willkürlichen Ortsveränderung, einer größeren Stabilität in der Einnahme bestimmter Höhen und der Möglichkeit, Instrumente und Beobachter in einer Kabine geschützt unterzubringen, wie es *Dieckmann*³⁾ in seinem „*Laboratorium*“ auf dem Luftschiff „*Schwaben*“ für andere Untersuchungen getan hat. Zu manchen Zwecken sind auch die großen Dimensionen von Vorteil, die zwei räumlich getrennte Versuchsstellen einzurichten gestatten, ferner ein etwa vorhandenes Metallgerippe, das den Träger des Observatoriums zu einem Körper

³⁾ *Max Dieckmann*, Das *Laboratorium* auf dem Luftschiff „*Schwaben*“, *Prometheus* 23, 1912, Seite 241—248.

mit eindeutigen elektrischen Eigenschaften, nämlich mit guter Leitfähigkeit, macht.

Die *Flugzeuge*, die dritte Gattung der Luftfahrzeuge im engeren Sinne, besitzen diese Vorzüge des Lenkballons, je nach ihrer Größe, nur zum Teil. Dafür sind sie geschwinder und solange sie nicht zu groß werden, auch wendiger; sie sprechen daher leicht auf die interessanten Unstetigkeiten der Luftbewegung an, die wir Böen nennen⁴⁾, sie sind aber während des Fluges auch wechselnden Beanspruchungen von der Größenordnung der Erdanziehung ausgesetzt, und dadurch können zahlreiche Beobachtungen unmöglich gemacht werden.

Da diese Vorzüge und Mängel der verschiedenen Luftfahrzeuge grundsätzlicher Art sind, so werden sie sich trotz aller Fortschritte der Motorluftfahrt in der nächsten Zukunft nicht wesentlich ändern können. Man wird daher auch fernerhin, wie bisher, für die Erforschung meteorologischer und besonders aerologischer Zusammenhänge den *Freiballon* bevorzugen. Denn weil die Aerologie, wie wir sie oben definiert haben, nach den *Kausalzusammenhängen* der atmosphärischen Vorgänge sucht, so stellt sie Probleme, deren Beantwortung nur durch *Hochfahrten* möglich ist. Für die geringeren Höhen kann man ja vom Gipfel eines Berges aus mit größerer Ruhe, Bequemlichkeit und Genauigkeit beobachten, als aus dem schwanken Korbe, wenigstens soweit es sich nicht um Messungen in der *freien*, von jedem Punkte der Erdoberfläche genügend weit entfernten, Atmosphäre handelt. Dagegen bieten gerade die größten Höhen, die dem Menschen erreichbar sind, wegen ihrer grundsätzlichen Verschiedenheit von dem Luftraum, der uns hier unten umgibt, der Forschung, wie wir noch sehen werden, die interessantesten und wichtigsten Fragen. Und in diese extremen Weiten kann eben nur der Freiballon, und nur ein Gasball von besonderer Größe, vordringen.

Dabei sind die *Probleme*⁵⁾, deren Lösung der Freiballon als *aerologisches Forschungsmittel* dienstbar gemacht werden konnte oder dienstbar gemacht werden soll, außerordentlich zahlreich und vielgestaltig. Doch lassen sich diese Untersuchungen um einige wenige Hauptpunkte zusammenfassen, nämlich um die Fragen nach dem *Wärmehaushalt* und nach dem *Elektrizitätsaushalt*, nach dem *Kreislauf des Wassers* und der anderen *Luftbestandteile* in der freien Atmosphäre.

⁴⁾ Vgl. die Böenforschungen im Flugzeug von Kurt Wegener, Meteorologische Erfahrungen beim Fliegen, Deutsche Luftfahrer-Zeitschrift XVIII, 1914, Seite 347, 373.

⁵⁾ Vgl. auch A. Wigand, Physikalische Probleme für Hochfahrten im Freiballon, Mitt. d. Naturf. Ges. Halle a. d. S., 3. Band, 1913, Seite 6, und Deutsche Luftfahrer-Zeitschrift XVII, 1913, Seite 180; ferner: A. Wigand, Wissenschaftliche Hochfahrten im Freiballon, Band X, Heft 6 der „Fortgeschritte der naturwissenschaftlichen Forschung“ von E. Abderhalden, Berlin N und Wien 1914.

So bietet bereits die *Temperatur* der Luft ein wichtiges Studienobjekt, zumal sie einige auffällige Erscheinungen aufweist: Während die Luft im allgemeinen mit zunehmender Höhe immer kälter wird, zeigt sich z. B. an einem klaren Wintermorgen, daß es in 600 m Höhe wärmer ist als unmittelbar über dem Erdboden; für den aufmerksamen Luftfahrer ist diese Wahrnehmung von direkter praktischer Bedeutung, denn eine solche Temperaturumkehr oder „*Inversion*“ verbürgt ihm eine stabile „Schwimm-schicht“ für seinen Ballon. Eine derartige Feststellung ist aber auch für die Erforschung des gesamten Energie- und Stoffaustausches in der Atmosphäre von größter Wichtigkeit, weil die Möglichkeit aufsteigender Luftströmungen, und damit der Wolkenbildung und Durchmischung der Luft, wesentlich von dem Fehlen solcher stabilen Schichtungen abhängt.

Nun hat man durch unbemannte Registrierballons festgestellt, daß oberhalb etwa 10 km Höhe stets eine Schicht mit nach oben hin gleichbleibender oder gar zunehmender Temperatur besteht. In dieser „*oberen Inversion*“ müssen natürlich alle vertikalen Bewegungen der Luft zum Stillstand kommen, also auch die Durchmischung ihrer Bestandteile, die Kondensation ihres Wasserdampfes infolge der „*adiabatischen*“ Expansion und Abkühlung beim Aufsteigen, daher die Wolkenbildung und die Ursache für die unmittelbar beobachteten Wettervorgänge überhaupt. Diese Schicht der Temperaturumkehr bildet also die obere Grenze der „*Troposphäre*“, in der wir atmen, in der sich Regen und Gewitter, Leben und Wachstum vollzieht. Die Luftschicht darüber heißt die „*Stratosphäre*“, und man hat Grund zu der Annahme, daß an ihrem unteren Teile die Wurzeln der Wetterbildung zu suchen sind. In diese Stratosphäre einzudringen oder gar in ihr Messungen zu machen, ist noch keinem Menschen gelungen; aber es muß das Bestreben des aerologisch forschenden Luftfahrers sein.

Neben der vertikalen Temperaturverteilung ist sodann die *Luftfeuchtigkeit* und die *Wolkenbildung*, der *Dunst* und der *Staubgehalt* der einzelnen Schichten im Zusammenhang zu untersuchen, ferner die Bestandteile der Wolken, Wassertropfen, Eisnadeln oder Schneesterne. Der *Staub*, der zu den Änderungen der „*Sichtigkeit*“, zu Trübungen des Himmels und anderen optischen Besonderheiten Anlaß geben kann, besteht aus festen, flüssigen oder gasförmigen luftfremden Teilen. Nur die beiden letzteren Arten können als „*Kondensationskerne*“ die Verdichtung des Wassergehaltes der Luft ermöglichen; das Ausklopfen eines Teppiches hat zum Beispiel keinen Einfluß auf die Nebelbildung⁶⁾. Wichtige Anhaltspunkte für das Studium der vertikalen Luft-

⁶⁾ A. Wigand, Über Kondensationskerne in der Atmosphäre, insbesondere über die Kernwirkung von Staub und Rauch, Meteorol. Zeitschrift, 1913, Seite 10.

strömung bietet auch die *Zusammensetzung der Luft* in großen Höhen, die bei völliger Durchmischung derjenigen am Erdboden gleich sein, beim Fehlen jeglicher senkrechten Winde aber eine gesetzmäßige Anreicherung an leichteren Bestandteilen mit zunehmender Höhe aufweisen müßte, in Wirklichkeit jedoch zwischen beiden Zuständen die Mitte hält.

Über den *Elektrizitätshaushalt* in der Luft gibt das Spannungsgefälle ihrer positiven räumlichen Ladungen gegenüber der negativ geladenen Erde Aufschluß, von dem ich⁷⁾ in 9000 m Höhe noch meßbare Beträge nachweisen konnte, ferner die elektrische Leitfähigkeit der Luft, die nach oben hin stark zunimmt⁸⁾, und das Produkt aus beiden, der *vertikale elektrische Strom* von der Luft zur Erde. Die raschen Schwankungen des Spannungsgefälles, die am Erdboden mit schnellwirkenden Apparaten, sogenannten Kollektoren, recht zahlreich beobachtet werden können, sind in großen Höhen, wie ich feststellen konnte, sehr selten; sie stehen im Zusammenhang mit den störenden Geräuschen, die sich in *funkentelegraphischen* Empfangsapparaten, auch in Luftfahrzeugen, oft recht unangenehm bemerkbar machen, aber mit zunehmender Höhe gleichfalls an Stärke und Häufigkeit abnehmen⁹⁾. Ihre Beobachtung im Zusammenhang mit der Beschaffenheit des darunterliegenden Geländes, mit der Wolkenbildung und mit anderen meteorologischen Faktoren aus dem Ballon vermag allein den Ursprung dieser merkwürdigen Erscheinung aufzuklären. Hierher gehört auch die Frage nach der *Ausbreitung* der elektrischen Wellen zu den einzelnen Tageszeiten und unter verschiedenen Verhältnissen. Auch hier vermag die Beobachtung aus dem Luftfahrzeug Klarheit zu schaffen. So hat es sich bei Ballonversuchen gezeigt, daß die *Lautstärke* funkentelegraphischer Zeichen bereits in einigen Kilometern über dem Boden sehr gering wird, und daraus folgt, daß die elektromagnetische Erregung sich weniger in Form von Raumwellen, als vielmehr längs der Erdoberfläche fortpflanzt¹⁰⁾.

Die Untersuchungen des Kreislaufes von Wärme und Elektrizität in der Luft erstrecken sich auch auf deren *Ursprung*. Die Quelle dieser Energieformen ist die *Strahlung*, die elektromagnetische Strahlung der verschiedenen Wellenlängen, die sich als Wärme oder Licht, als elektrisches oder chemisches Agens bemerkbar macht. Da diese Strahlungen durch die Luft natürlich geschwächt werden, so kann man durch Messung ihrer Intensität in verschiedenen Höhen fest-

stellen, wie groß diese Absorption ist, und ferner, welcher Bruchteil der Strahlung uns von außen zugeführt wird und welcher irdischen Ursprungs ist. So hat Herr *Kolhörster*¹⁰⁾ bei einer Fahrt, die ihn und mich auf 9300 m führte, die den Röntgenstrahlen ähnliche „*durchdringende Strahlung*“ gemessen und gefunden, daß sie mit zunehmender Höhe zwar anfänglich ein wenig abnimmt, aber von etwa 1000 m ab außerordentlich wächst, ein Beweis dafür, daß nur ein kleiner Teil dieser Strahlen von der Erde stammt, der größere aber *kosmischen* Ursprungs ist. Erst der Vergleich dieser Messungen, die an einem Vormittage ausgeführt wurden, mit den Ergebnissen einer *nächtlichen* Hochfahrt kann Aufschluß darüber geben, ob diese Strahlung, wie Licht und Wärme, unserem Tagesgestirn entstammt.

Auch die Intensität der gesamten *Sonnenenergie*, die der Erde zugestrahlt, aber zum Teil schon durch die Luft absorbiert wird, sowie der Anteil der einzelnen *Wellenlängen* (Strahlenarten, Farben) an der Gesamtsumme muß aus *Messungen* in verschiedenen Entfernungen vom Boden bis zu möglichst großen Höhen auf den luftleeren Raum oder die Grenzen unserer Atmosphäre „*extrapoliert*“ werden.

Außer diesen elektromagnetischen Schwingungen interessiert auch die Ausbreitung des *Schalles*, seine Brechung, Zurückwerfung und Beugung in den verschiedenen Luftschichten, die zu den viel erörterten akustischen Anomalien, der „*Zone des Schweigens*“ und den Gebieten abnormaler Hörbarkeit von Explosionen führt. Der wahren Ursache dieser Erscheinungen wird man wohl nur durch Freiballonversuche¹¹⁾ habhaft werden; ist dies geglückt, so kann man rückwärts aus besonderen Schallbeobachtungen auf die augenblicklichen aerologischen Verhältnisse schließen.

Ein letztes wichtiges Ergebnis fällt dem Luftfahrer ohne Motor gewissermaßen von selbst in den Schoß: die *Richtung, Stärke und Struktur des Windes* bis zu großen Höhen hinauf. Man ist nämlich schon aus fahrtechnischen Gründen zu einer sorgfältigen Ortsbestimmung gezwungen, aus der sich leicht die *horizontale* Windgeschwindigkeit und Windrichtung ergibt. Ferner läßt sich aus dem Barogramm, aus den Beschleunigungen, die der Ballon erfährt, und aus den Steig- oder Sinkgeschwindigkeiten relativ zum Erdboden und relativ zur umgebenden Luft auf die *vertikalen* Luftbewegungen schließen.

So findet das Luftfahrzeug, vor allem der

7) E. Everling, Messungen des elektrischen Spannungsgefälles in der freien Atmosphäre bis 9000 m Höhe, Verh. d. Deutschen Physik. Ges. XVI, 1914, Seite 240.

8) A. Wigand, Messungen der elektrischen Leitfähigkeit in der freien Atmosphäre bis 9000 m Höhe, Verh. d. Deutschen Physik. Ges. XVI, 1914, Seite 232.

9) Vgl. z. B. G. Lutze und E. Everling, Physikalische Untersuchungen im Freiballon, Abh. d. Naturf. Ges. Halle a. d. S., Neue Folge, Nr. 3, 79 Seiten, Halle 1914.

10) W. Kolhörster, Messungen der durchdringenden Strahlung bis in Höhen von 9300 m, Verh. d. Deutschen Physik. Ges. XVI, 1914, Seite 719; auch: Die Naturwissenschaften 1914, Heft 30, S. 739; ferner: W. Kolhörster und E. Everling, Ausführliche Veröffentlichung ist in Vorbereitung.

11) P. Ludewig, Die bisherigen Ergebnisse der Untersuchungen über die Hörbarkeit des Kanonendonners, Österr. Flugzeitung 1916, Heft XIX/XX, Seite 235.