

Werk

Jahr: 1928

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:4

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0004

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0004

LOG Id: LOG_0057

LOG Titel: Vorträge, gehalten auf der Tagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft vom 19. bis 21. September 1928

LOG Typ: section

Übergeordnetes Werk

Werk Id: PPN101433392X

PURL: <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X>

OPAC: <http://opac.sub.uni-goettingen.de/DB=1/PPN?PPN=101433392X>

Terms and Conditions

The Goettingen State and University Library provides access to digitized documents strictly for noncommercial educational, research and private purposes and makes no warranty with regard to their use for other purposes. Some of our collections are protected by copyright. Publication and/or broadcast in any form (including electronic) requires prior written permission from the Goettingen State- and University Library.

Each copy of any part of this document must contain these Terms and Conditions. With the usage of the library's online system to access or download a digitized document you accept the Terms and Conditions.

Reproductions of material on the web site may not be made for or donated to other repositories, nor may be further reproduced without written permission from the Goettingen State- and University Library.

For reproduction requests and permissions, please contact us. If citing materials, please give proper attribution of the source.

Contact

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen
Georg-August-Universität Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen
Germany
Email: gdz@sub.uni-goettingen.de

quantitativen Beziehungen zwischen lokalen erdmagnetischen Störungen und die sie verursachenden Massen wissen wir bis jetzt — außer was die Größenordnung der Störungen anbelangt — noch recht wenig. Die entwickelten Diagramme sollen eben ein einfach zu handhabendes Hilfsmittel zur Untersuchung solcher quantitativen Zusammenhänge bilden. Die Anwendung auf praktische Beispiele und Fragen muß einem späteren Aufsatz vorbehalten werden.

Vorträge, gehalten auf der Tagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft

vom 19. bis 21. September 1928.

Meteorologische Forschungen auf dem Nordatlantischen Ozean als Vorbereitung transatlantischen Luftverkehrs.

Von **Heinrich Seilkopf**. — (Mit sechs Abbildungen.)

Es werden Plan und Durchführung der meteorologischen Forschungsfahrten der Deutschen Seewarte auf dem Atlantischen Ozean als eine der Vorarbeiten für den transatlantischen Luftverkehr geschildert. Als wichtigstes Ergebnis wird das aus den Höhenwindmessungen abgeleitete Stromfeld der Luft über dem Nordatlantischen Ozean besprochen. Sodann wird auf die für die Luftfahrt wichtigen Kleinformen der Strömung an Inseln und Küsten hingewiesen, für deren Erklärung die Prandtl'sche Grenzschichtlehre grundlegend ist.

Dem Schiffsverkehr auf dem Ozean folgt der Luftverkehr. Wie für die Schifffahrt das Meer vermessen wird, seine Tiefen abgelotet, seine Strömungen messend verfolgt werden, muß für die Luftfahrt das Luftmeer, vor allem hinsichtlich seiner Strömungen vermessen werden. Denn bei den jetzigen und in absehbarer Zeit in Frage kommenden Geschwindigkeiten und Flugweiten der Luftfahrzeuge sind Windrichtung und -geschwindigkeit für Ozeanüberquerungen sehr bedeutungsvoll, vielfach sogar für das Gelingen entscheidend.

Wind-, Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse in der Höhe über den östlichen Teilen vom Atlantischen Ozean, vereinzelt auch über der Karibischen See sind bereits vor 15 bis 20 Jahren durch Hergesell, Teisserenc de Bort und Rotch erforscht worden. Auf dem Pic von Tenerife hat Wenger Höhenwindmessungen durchgeführt. Die Methode der Höhenwindmessungen vom fahrenden Schiffe aus wurde besonders von der Deutschen Seewarte gepflegt und weiterentwickelt, die auf Anregung und Leitung von Köppen auf Handelsdampfern und Segelschiffen die Höhenwinde messen ließ. Die Ergebnisse dieser Fahrten sind für das Nordatlantische Passatgebiet von A. Peppler¹⁾ und Sverdrup²⁾ zusammenhängend bearbeitet worden. Jedoch beziehen sich diese Arbeiten, von den Passatstudien Hergesells³⁾ in der Karibischen See abgesehen, auf die östliche Hälfte vom Ozean. Von der Mitte und den westlichen Teilen des Nordatlantischen Ozeans lagen bisher kaum Beobachtungen aus der Höhe vor.

Als das Problem transatlantischen Luftverkehrs näher rückte, waren nicht nur diese Beobachtungslücken auszufüllen, sondern systematisch das Stromfeld der Luft und die für die Luftfahrt wichtigen meteorologischen Erscheinungen zu erkunden. Im Jahre 1921 trat aus den Kreisen der Luftfahrzeugindustrie an die Deutsche Seewarte die Anregung zu solchen Arbeiten heran. Gerade damals war es A. Wegener und Kuhlbrodt⁴⁾ gelungen, die Methode der Höhenwindmessung auf See zu verbessern: Auf früheren Fahrten wurde der mit Wasserstoffgasfüllung steigende Gummiballon einerseits über den Kompaß hinweg zur Bestimmung des Azimuts, andererseits mit dem Sextanten zur Bestimmung des Höhenwinkels angepeilt. Bei dieser verhältnismäßig rohen Methode ging namentlich bei bewegter See der Ballon häufig schon in geringer Höhe verloren. A. Wegener und Kuhlbrodt schalten vor das Fernrohr eines kardanisch aufgehängten Ballontheodolits eine nach dem Sextantenprinzip angeordnete Spiegeleinrichtung, durch die die Kimm in das Gesichtsfeld des Fernrohrs hineingespiegelt wird. Dieser „Spiegeltheodolit“ gestattet, bei der Beobachtung das Ballonbild auf dem Bilde der Kimm zu halten, das mit dem Schiff schwankende Bild der Kimm als Nulllinie der Höhenwindmessung zu benutzen und bei sehr starken Schiffsschwankungen das Ballonbild in der Nähe des Kimmbildes wiederzufinden. Auf dieser Methode fußend, hat die Seewarte 1922 begonnen, auf ihrem traditionellen Arbeitsgebiet, dem Atlantischen Ozean, das Luftmeer planmäßig zu durchforschen.

Dank der tatkräftigen Unterstützung von Schifffahrt und Luftfahrt, der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft und des Reichsverkehrsministeriums, Abt. Luftfahrt, hat die Seewarte seither neun Forschungsfahrten durchgeführt. An diesen Fahrten nahmen im allgemeinen zwei Meteorologen teil; an zwei Fahrten waren Vertreter des ausübenden Luftverkehrs beteiligt. Die ersten drei Fahrten gingen nach Kuba und Mexiko, um einen möglichst weitreichenden Schnitt durch das Westwind- und Nordostpassatgebiet zu erhalten, und um gleichzeitig Grundlagen für die meteorologische Beratung der Ozeanfahrt des Zeppelinluftschiffes L. Z. 126 im Oktober 1924 zu schaffen. Die vierte und achte Fahrt führten im Hinblick auf die Luftverkehrsprojekte Südosteuropa–Südamerika nach Brasilien und dem La Plata. Die neunte Fahrt wurde aus dem gleichen Grunde nach den Kanarischen Inseln angesetzt. Die fünfte bis siebente Fahrt wurden nach der Nordküste von Südamerika und Westindien ausgeführt. Die siebente Fahrt wurde so angesetzt, daß sie gleichzeitig mit dem letzten Fahrabschnitt der Deutschen Atlantischen Forschungsexpedition auf dem „Meteor“ stattfand, so daß ihre Beobachtungen die „Meteor“-Ergebnisse ergänzen können. Hinzu kommen zwei Studienfahrten von Dr. Georgii nach Island und die kürzlich beendete Forschungsfahrt der Seewarte auf dem Vermessungsschiff „Meteor“ nach Island–Grönland, die die Beobachtungsreihen der Seewarte nach Norden beträchtlich erweitern, und die auch der meteorologischen Erkundung des Nordweges des nordatlantischen Luftverkehrs dienen. Auf der sechsten und achten Forschungsfahrt konnte in enger Zusammenarbeit mit der Deutsch-Kolumbianischen Luft-

verkehrsgesellschaft Scadta und mit dem Condor-Syndikat an der Karibischen See und an der Ostküste von Südamerika eine Reihe aerologischer Meßflüge durchgeführt werden. Die Entwicklung drängt jedoch dahin, nicht nur auf einzelnen Forschungsfahrten Stichproben von den Strömungsverhältnissen in der Höhe zu gewinnen, sondern durch laufende Höhenwindmessungen das Stromfeld über dem Atlantischen Ozean in seinen zeitlichen und räumlichen Schwankungen zu überwachen. Das dankenswerte Entgegenkommen der großen Reedereien und die opferwillige Arbeit der Schiffsoffiziere haben es ermöglicht, an Bord von Handelsschiffen Höhenwindmeßstellen einzurichten, deren Ergebnisse regelmäßig drahtlos der Heimat übermittelt werden. Von den bisher bewilligten vier Höhenwindmeßstellen auf Handelsschiffen sind bereits zwei — an Bord der „Monte Olivia“ und der „Cleveland“ — in Betrieb. Da an den Einweisungsfahrten für beide Schiffe Meteorologen teilnahmen, konnte bei diesen Fahrten A und B auf den Schiffahrtswegen nach dem La Plata und nach New York nahezu gleich umfangreiches Beobachtungsmaterial gewonnen werden, wie auf den eigentlichen Forschungsfahrten.

Auf den bisher durchgeführten Forschungsfahrten sind außer zahlreichen sonstigen meteorologischen Beobachtungen mehr als 1000 Höhenwindmessungen auf dem Atlantischen Ozean und an seinen Ufern gewonnen worden. Die Ergebnisse des größten Teiles der Fahrten sind in der Schriftenreihe „Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte“ veröffentlicht oder im Druck ⁵⁾. Die eingebrachten Beobachtungen gestatten einen Überblick über das Stromfeld der Luft über dem Nordatlantischen Ozean.

Die für das Verständnis der Zirkulation wie für die Luftfahrt gleich wichtige Grenze zwischen den östlichen Winden der Subtropen und Tropen und den westlichen Winden steigt von der Nordgrenze des Nordostpassats äquatorwärts an. Über dem westlichen und mittleren Teile vom Ozean erfolgt nach den Beobachtungsreihen der Forschungsfahrten diese Erhebung in der kälteren Jahreshälfte verhältnismäßig flach: Auf der ersten und zweiten Fahrt erreichte die Grenze zwischen östlichen und westlichen Winden von 28 bzw. 25° nördl. Breite von der Meeresoberfläche ansteigend unter 20° nördl. Breite erst 6 km Höhe; fast den gleichen Wert ergibt das von A. Wegener und Kuhlbrodt ⁶⁾ auf Grund ihrer Höhenwindmessungen und der amerikanischen Wolkenbeobachtungen in Westindien gebildete Mittel. Je weiter die Jahreszeit vorrückt, desto weiter schiebt sich die Grenze nach Norden und desto steiler verläuft sie. Im Sommer und Herbst erhebt sie sich über den westlichen und mittleren Teilen des Ozeans sehr steil. Es sind sogar Fälle beobachtet worden, in denen die östlichen Winde bereits in der Höhe einsetzen, als am Boden noch westliche Winde wehten. Andererseits zeigen für den östlichen Teil vom Nordatlantischen Ozean die früheren Ergebnisse von A. Pepler und Sverdrup auch im Sommer ein sehr flaches Ansteigen vom Boden unter 38° nördl. Breite bis auf 5 km Höhe erst unter 20° nördl. Breite; erst dann geht die Grenze ebenfalls sehr steil in die Höhe. In einem Ostwestschnitt auf 25 bis 30° nördl. Breite erhebt

sich die Grenze zwischen 20 und 30° westl. Länge flach, um weiter westlich im Sommer bis zu sehr großen Höhen anzusteigen; die 10 km überschreitenden Höhenwindmessungen weisen dort überwiegend östliche Komponenten auf. Westlich von 75° westl. Länge beginnt sich die Grenze wieder zu senken.

Die polwärts sich abdachende Grenze zwischen westlichen und östlichen Winden, deren mittlere Lage kurz skizziert wurde, schwankt jedoch im Einzelfalle mit der allgemeinen Wetterlage, mit den Störungen der allgemeinen Zirkulation. Namentlich in den Beobachtungen der dritten Fahrt konnte für den westlichen Teil vom Ozean nachgewiesen werden, daß über den ostwärts ziehenden Tiefausläufern die Grenze der oberen Westwinde tiefer herabkommt. Sie scheint Wellen zu schlagen, die den Wellen des Luftdruckfeldes entsprechen. Das Südwärtsgreifen und Tieferkommen der Westströmung bedingt in der kälteren Jahreshälfte einen Zustrom kälterer Luftmassen vom Festlande her. Wolkenbildung und Niederschläge sind die Folge. Derartige Wetterverschlechterungen ließen sich bis weit in die mittelamerikanischen Tropen, bis in die Karibische See hinein verfolgen. Für die Dynamik der Wetterverschlechterungen in den Tropen sind daher diese Schwankungen des räumlichen Stromfeldes wesentlich.

Zur Beurteilung des Luftaustausches zwischen niederen und höheren Breiten ist eine ebenfalls äquatorwärts ansteigende Grenze zwischen nördlichen und südlichen Komponenten von Bedeutung, die auf einigen der Forschungsfahrten zwischen 20 und 40° nördl. Breite in der Höhe klar hervortritt. Nördlich von ihr wehen nordwestliche bis nordöstliche, südlich überwiegend südöstliche Winde.

Das Stromfeld der Luft läßt sich aber am besten durch Stromlinien für die verschiedenen Höhenschichten darstellen. Für den Nordatlantischen Ozean sind derartige mittlere Stromlinienkarten zurzeit in Bearbeitung. In vorläufiger Darstellung — Einzelheiten können sich bei Verarbeitung weiteren Beobachtungsmaterials noch ändern — können die Karten für die Höhenschichten 1 bis 1.5, 4 bis 5 und 6 bis 7 km erläutert werden. In den Sommerkarten sind für den östlichsten Teil vom Nordatlantik, östlich von 30° westl. Länge, die Darstellungen von Sverdrup verwertet. Daß die Ergebnisse der Seewartenfahrten sich zwanglos in guter Übereinstimmung an die Sverdrupschen Werte anschließen lassen, ist mit ein Beweis dafür, daß die auf Grund der bisherigen Fahrten ermittelten Stromlinien den mittleren Strömungsverhältnissen recht nahe kommen dürften. In der wärmeren Jahreshälfte sind jedoch die Höhenwindmessungen nordwestlich des Größtkreises Floridastraße-Kanal noch nicht zur Darstellung gelangt, da sich ein abschließendes Urteil über die mittleren Verhältnisse infolge der mit der Depressionstätigkeit zwischen SE und NW über W stark schwankenden Strömungen noch nicht bilden läßt. Nach den bisher aus diesem Abschnitt vorliegenden Messungen scheint allerdings in den Schichten von 4 bis 5 und 6 bis 7 km westnordwestlicher bis nordwestlicher Wind zu überwiegen.

In der kälteren Jahreshälfte ist in dem betrachteten Sektor, der im Süden etwa durch die Verbindungslinie Trinidad-Madeira, im Norden durch die von

New York nach dem Kanal begrenzt wird, das Stromfeld verhältnismäßig einfach: Aus den Tropen strömen in der Höhe südöstliche Winde polwärts ab, die mit

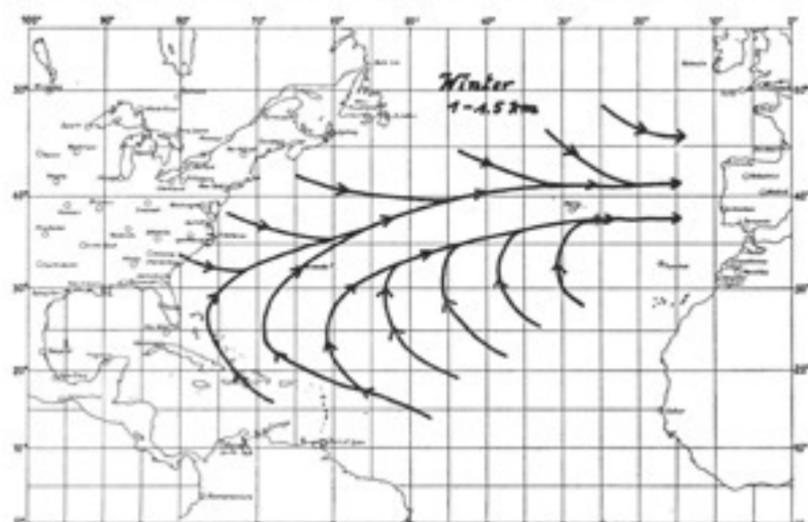


Fig. 1.

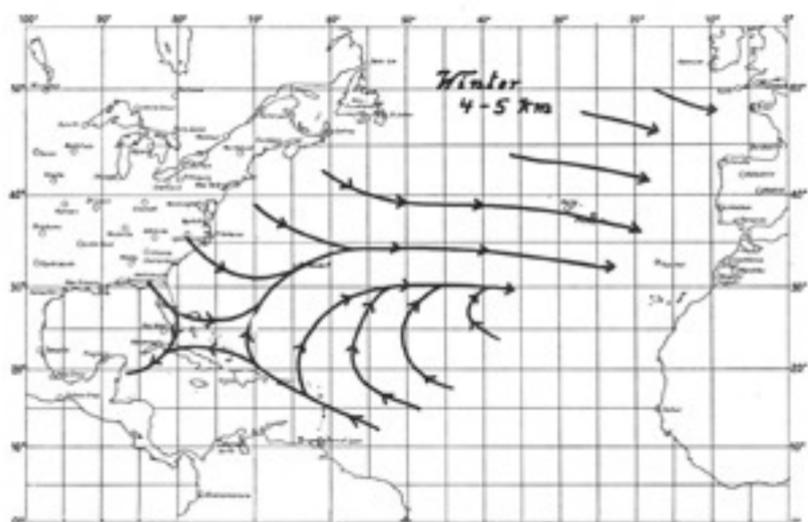


Fig. 2.

zunehmender Breite über S auf SW drehen. Weiter nördlich folgt nach einer Konvergenz eine Strömung aus WNW. Diese Konvergenzlinie zwischen südwestlichen und westnordwestlichen Winden erhebt sich mit abnehmender Breite

äquatorwärts: In der Schicht von 1 bis 1.5 km verläuft sie ungefähr von der Wurzel Floridas nach der Portomündung, während sie in 4 bis 5 km Höhe von

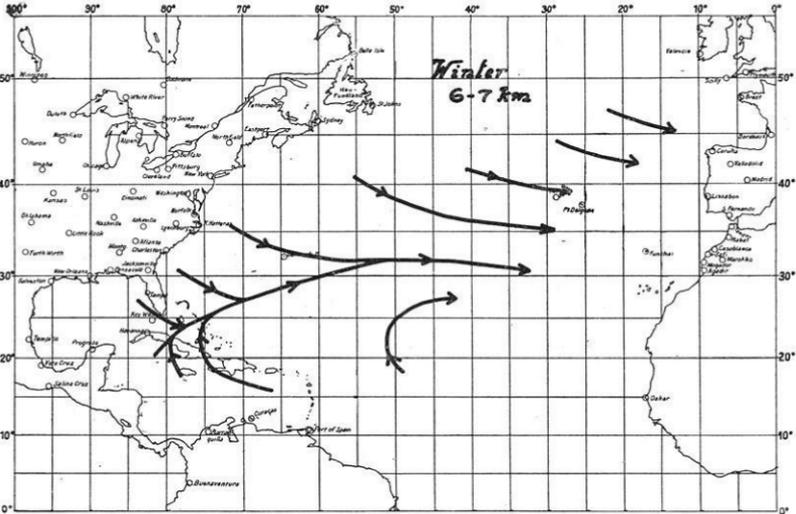


Fig. 3.

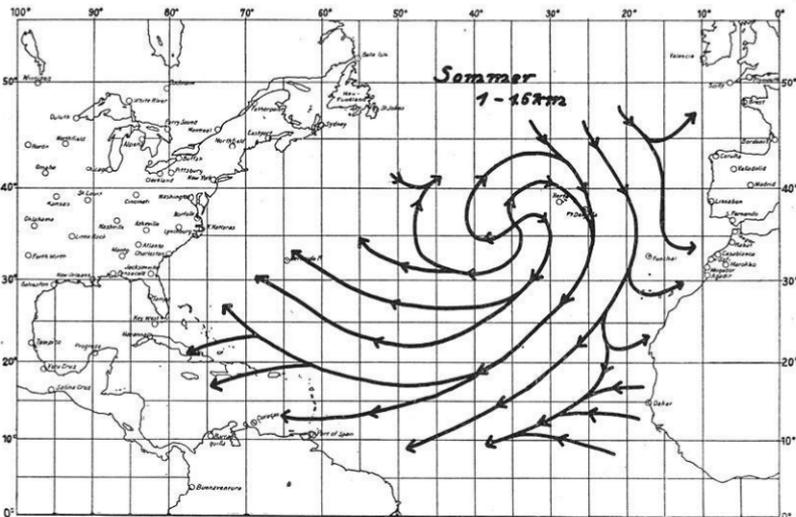


Fig. 4.

den Bahamainseln ausgehend auf dem Ozean etwa beim 30. Breitengrad sich hinzieht, um in 6 bis 7 km Höhe ähnlich, vielleicht noch etwas südlicher, zu laufen. Der Nordostpassat tritt in den dargestellten Höhenschichten des be-

trachteten Sektors im Mittel nicht mehr in Erscheinung; Einzelaufstiege zeigen ihn nur in den untersten Luftschichten.

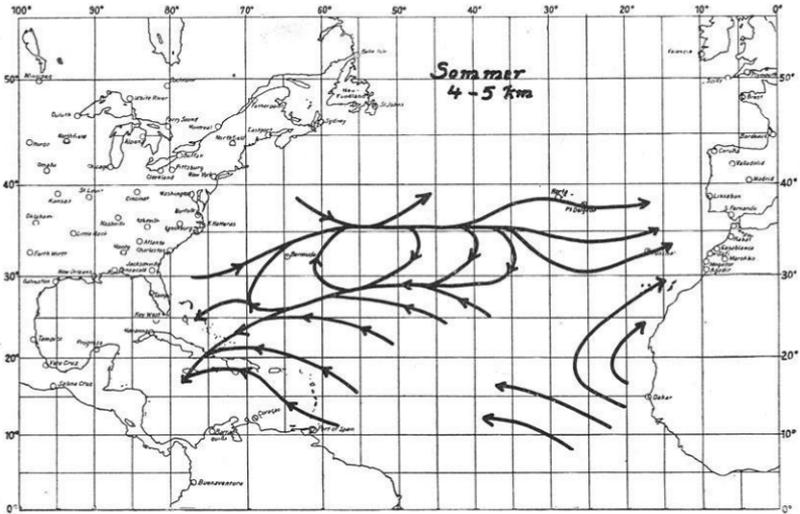


Fig. 5.

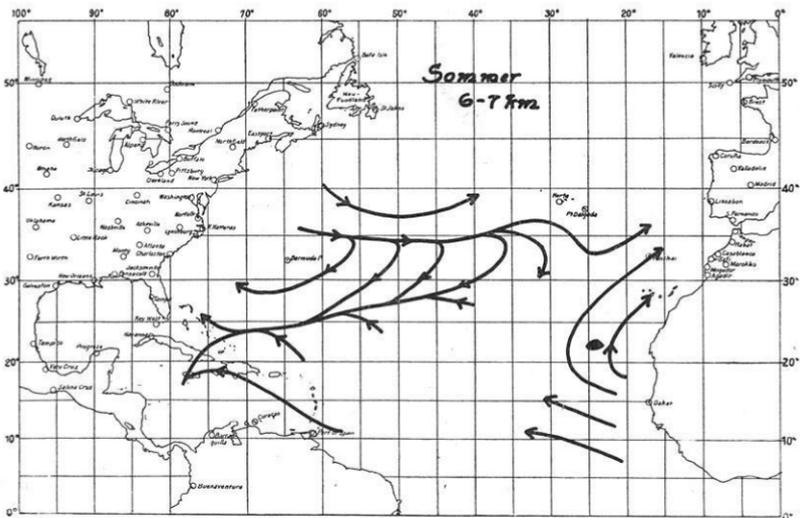


Fig. 6.

In der wärmeren Jahreshälfte tritt in 1 bis 1.5 km Höhe ein Divergenzpunkt südwestlich der Azoren klar hervor. Von ihm greift nordöstliche Strömung bis nach den Antillen herüber, um jedoch nordwestlich der Linie Azoren-Haiti

auf Südost zu drehen. Das Strömungsfeld entspricht der mächtigen Entwicklung des subtropischen Hochdruckgebiets der Roßbreiten im Sommer. In 4 bis 5 km ist in dem Stromfeld der Einfluß des subtropischen Hochdruckgebiets bereits sehr stark zurückgedrängt: Östlich von 35° westl. Länge sind bis 20° nördl. Breite herunter Winde aus westlichen Richtungen vorherrschend, während in der Mitte des Ozeans auf etwa 35° nördl. Breite eine Divergenzlinie erscheint. Südlich der Divergenzlinie ist die nordöstliche Strömung noch vorhanden, sie mündet in eine Konvergenzlinie auf etwa 29° nördl. Breite, südlich von der wieder eine breite südöstliche Strömung auftritt, die sich bis 10° nördl. Breite verfolgen läßt. Ähnlich ist das Stromlinienbild in 6 bis 7 km Höhe. Wieder ist auf der Mitte des Ozeans unter 35° nördl. Breite die Divergenzlinie zwischen westlichen bis westnordwestlichen Winden und nordöstlichen Winden erkennbar, während von den Bahamainseln in Richtung auf die Gibraltarstraße — etwas südlicher als im tieferen Niveau — eine Konvergenzlinie sich hinzieht. Im Sommer reichen somit innerhalb eines zwischen den Azoren, den Cap Verden, Kuba und Cap Hatteras gelegenen Sektors die östlichen Winde bis zu großen Höhen empor. Die höheren Aufstiege der Sommer- und Herbstfahrten haben in 10 bis 15 km östliche Winde beobachtet. Diesen Strömungsverhältnissen dürfte eine Druckverteilung in der Höhe entsprechen, die einen von der westafrikanischen Küste zwischen Kanaren und den Cap Verden westwärts und einen von der Südostküste der Vereinigten Staaten in Richtung auf die Bermuden ostwärts vorstoßenden Hochdruckkeil aufweist. Dazwischen scheint sich eine Rinne tieferen Luftdrucks von den Kleinen Antillen in Richtung auf die Gibraltarstraße hinzuziehen. Diese Druckverteilung ist auf den Einfluß der sommerlich erwärmten Festländer Nordafrikas und des südlichen Nordamerika zurückzuführen.

Die jahreszeitlichen Schwankungen des Stromfeldes über dem Nordatlantischen Ozean weisen monsunartige Züge auf. In den starken Einflüssen der umgebenden Festländer zeigt es sich, daß der Atlantische Ozean nur als ein verhältnismäßig schmaler Kanal zwischen dem eurasisch-afrikanischen und dem amerikanischen Festlandblock aufzufassen ist, über dem sich die große Zirkulation nicht ungestört entwickeln kann.

Auf allen sechs Höhenwindkarten tritt südlich von 30° nördl. Breite südöstliche Strömung hervor. Nach den Karten von Sverdrup läßt sie sich östlich von 30° westl. Länge bis zum Äquator verfolgen. Zuweilen greift sie bis in bedeutender Breite bis zur Meeresoberfläche herab und verdrängt den Nordostpassat. Die erhebliche vertikale Mächtigkeit und horizontale Ausdehnung der Südostströmung deutet darauf, worauf bereits früher⁷⁾ hingewiesen wurde, daß ihr zum mindesten im Nordsommer zuweilen Luftmassen angehören, die, nordost-südwestlichen Druckgradienten folgend, von der Südhalbkugel über den Äquator hinübergetreten und in das Strömungssystem der Nordhalbkugel einbezogen sind.

Das Stromfeld der Luft wird überlagert von Störungen, die einerseits im großen durch die Schwankungen der Wetterlage, andererseits im kleinen durch die Hindernisse bedingt sind, die Inseln und Küsten für die Strömung bilden. Die Kleinformen des Strömungsbildes sind nicht nur für die Luftfahrt von Bedeutung, sondern auch meteorologisch von Interesse. Den Strömungsvorgängen an Hindernissen ist daher auf den Forschungsfahrten besondere Aufmerksamkeit geschenkt worden. Um das Hindernis schmiegt sich eine Schicht, deren individuelle Teilchen infolge der Reibung stark gebremst sind. In dieser Schicht setzen nach der Prandtl'schen Grenzschichtlehre⁸⁾ sekundäre Strömungsvorgänge ein, die der hydrodynamischen Druckverteilung am Hindernis folgen. Auf der Luvseite herrscht infolge des Auseinandertretens der Stromlinien Geschwindigkeitsabnahme und Druckzunahme, an den Flanken und oberhalb des Hindernisses dagegen Zusammendrängung der Stromlinien, Geschwindigkeitszunahme und Druckabnahme, während achtern erneut Geschwindigkeitsabnahme und Druckzunahme festzustellen ist. Im leeseitigen Abschnitt beginnt daher die Grenzschicht vom achteren Staupunkt zu dem Druckminimum zu strömen, eine Strömung, die entgegen der allgemeinen Strömung erfolgt. Zwischen dieser Grenzschichtströmung und der allgemeinen Strömung tritt daher Aufwirbelung ein. Das zu Wirbeln zusammengeschlossene Grenzschichtmaterial reißt ab und wandert mit der allgemeinen Strömung nach achtern, so daß sich hinter dem Hindernis eine Wirbelstraße abwandernder Wirbel ausbildet. Die Strömungsvorgänge in Luv werden maßgebend von der Form des Hindernisses beeinflusst. Bereits vor dem Hindernis wird die Strömung abgehoben. Entsteht so zwischen dem luvseitigen Hindernishang und der abgehobenen Strömung ein Luftkörper größeren Ausmaßes, so kann sich dort ein Totluftkörper ausbilden, in dem eine Zirkulation einsetzt. An der Meeres- oder Erdoberfläche geht die Strömung vom Staupunkt vom Hindernis fort, während sie auf der Oberseite des Totluftkeils mit der von dem Hindernis abgehobenen Strömung mitgerissen wird. So bildet sich ein Luvwirbel aus, der bei geeigneter Form des Hindernisses stationär ist. Ob der Luvwirbel allein hydrodynamisch verständlich ist, scheint noch nicht völlig geklärt. In vielen Fällen ist er zweifellos durch thermodynamische Vorgänge wesentlich beeinflusst. Bei steil aus dem Meere ansteigenden Inseln und Küsten sind bei auflandigen Winden Luvwirbel ausgeprägt zu erwarten. Beispielsweise war ein auf der dritten Forschungsfahrt auf der Südseite der Azoreninsel San Miguel beobachteter Luvwirbel in der Wolkenform deutlich ausgeprägt: Wie eine Böenwalze lag ein wagerechter Wolkenwirbel parallel der Steilküste. Die mit der Strömung abreißen Leewirbel sind häufig auf der Leeseite von Inseln beobachtet worden. Typische, in der Wolkenform abgebildete Fälle traten ebenfalls auf den Azoren auf.

Die Kenntnis des Stromfeldes der Luft mit seinen räumlichen und zeitlichen Schwankungen im großen bildet für die Luftfahrt die Grundlage der meteorologischen Großnavigation, die den Kurs nach Höhe und Azimut absetzt. Auf der Kenntnis der Kleinformen der Ström-

mung, namentlich der Strömung an Hindernissen beruht ein wesentlicher Teil der meteorologischen Kleinnavigation, die für das Ansteuern von Inseln und Küsten und für das Starten und Landen in deren Bereich bedeutungsvoll ist.

Literatur.

1) A. Pepler: Die Windverhältnisse im nordatlantischen Passatgebiet. Beitr. z. Phys. d. freien Atmosphäre 1912, S. 35—50.

2) H. U. Sverdrup: Der nordatlantische Passat. Veröffentl. d. Geophys. Instituts Leipzig II, 1. 1917.

3) H. Hergesell: Passatstudien in Westindien. Beitr. z. Phys. d. freien Atmosphäre 1912, S. 153—187.

4) A. Wegener und E. Kuhlbrodt: Der Spiegeltheodolit für Pilot- und freie Registrierballonaufstiege auf See. Annalen d. Hydrographie und maritimen Meteorologie 1922, S. 241—244.

5) Dieselben: Pilotballonaufstiege auf einer Fahrt nach Mexiko März bis Juni 1922. Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte 1922, Nr. 4. — A. Mey: Pilotballonaufstiege auf einer Fahrt nach Mexiko September bis Dezember 1922. A. 1923, Nr. 4. — H. Seilkopf und G. Stüve: Ergebnisse von Höhenwindmessungen auf dem Nordatlantischen Ozean und im Golf von Mexiko Februar bis Mai 1923. A. 1925, Nr. 2. — W. Georgii und H. Seilkopf: Ergebnisse einer flugwissenschaftlichen Forschungsreise nach Columbia (S.-A.). A. 1926, Nr. 3. — P. Perlewitz: Höhenwindmessungen und andere Beobachtungen zwischen dem Kanal und dem La Plata März—Juni 1924. A. 1928, Nr. 3. — K. Knoch und A. Lohr: Ergebnisse von Höhenwindmessungen auf dem Nordatlantischen Ozean und dem Karibischen Meer im April und Mai 1927. A. 1928, Nr. 4.

6) A. Wegener und Kuhlbrodt: Pilotballonaufstiege usw.

7) H. Seilkopf: Flugmeteorologische Ergebnisse der Ozean-Studienfahrten der Deutschen Seewarte. Annalen 1927, S. 177—183, 211—215.

8) L. Prandtl: Die Entstehung von Wirbeln in einer Flüssigkeit mit kleiner Reibung. Zeitschr. f. Flugtechn. u. Motorluftschiffahrt 1927, S. 489—496. — Derselbe: Antworten auf die Ahlbornschen Ausführungen über „Die Ablösungstheorie der Grenzschichten und die Wirbelbildung“. Jahrb. d. Wissenschaftl. Gesellsch. f. Luftfahrt 1927, S. 177—188.

Statistische Mechanik der Atmosphäre.

Von **Fr. Baur**, Berlin.

Es ist eine bekannte Tatsache, daß bisher alle Versuche, das Wetter oder Teile der Wettererscheinungen mit Hilfe der Gleichungen der klassischen Mechanik vorauszusagen, gescheitert sind. Auch der bislang ausführlichste derartige Versuch, Richardsons „Weather prediction by numerical process“, der sich auf eine Vorhersage für nur sechs Stunden beschränkte, lieferte keine befriedigende Übereinstimmung zwischen dem theoretisch errechneten und dem wirklich eingetretenen Wetter. Die Frage nach dem Grunde dieses Versagens der klassischen Ansätze pflegt von den Meteorologen je nach ihrer grundsätzlichen