©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Neuere Arbeiten

auf dem

Gebiete der Wettervorhersage.

Von

Prof. Wilhelm Trabert.

Vortrag, gehalten den 14. Februar 1912.

Mit 3 Abbildungen im Texte.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Die alten Griechen ließen auf ein ernstes Drama, um die trüben und düsteren Gedanken, die es auslöste, zu verscheuchen, ein sogenanntes Satirspiel folgen. So habe auch ich immer von Zeit zu Zeit nach einer Reihe ernsterer Vorlesungen über Meteorologie ein Kolleg über Wettervorhersage gehalten und fast immer mit den Worten begonnen: „Die Meteorologie hört gerade dort auf, eine Wissenschaft zu sein, wo sie anfängt, Prognosen zu machen."

Ich tue dies nicht, um von vornherein die Wettervorhersagen zu diskreditieren, sondern um gleich von Anfang an festzustellen, daß es sich nur um die zum Teil vielversprechenden wissenschaftlichen Grundlagen der Wettervorhersagen handle, und daß es ein Irrtum ist, wenn man die Wettervorhersagen als das Um und Auf und das eigentliche Endziel der Meteorologie ansieht. Die praktische Anwendung der Meteorologie in der Wettervorhersage berührt den Meteorologen genau so wie die praktische Anwendung der Physik in der Maschinenlehre den Physiker. Es handelte sich mir darum, schon äußerlich anzudeuten, daß es sich bei der Wettervorhersage nicht etwa um den Hauptzweck einer meteoro-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

logischen Anstalt handelt, daß der praktische Wetterdienst vielmehr nur ein kleiner Dienstzweig einer meteorologischen Anstalt ist. So sehr ist dies der Fall, daß z. B. die große, angesehene preußische Zentralanstalt für Meteorologie, die unsere Anstalt an Zahl des Personals bedeutend übertrifft, eine Abteilung für den praktischen Wetterdienst überhaupt nicht besitzt. Es zeigt dies, wie wenig wesentlich die Wettervorhersagen für die Meteorologie sind.

Es handelt sich wohl zuerst darum, die wissenschaftlichen Probleme der Meteorologie zu lösen; zu erforschen, welches die Ursachen eines Hoch- und eines Tiefdruckgebietes sind; warum sich ein Tiefdruckgebiet in einer bestimmten Bahn bewegt, warum sich eine Luftdruckverteilung in einer bestimmten Weise ändert. Es handelt sich darum, festzustellen, welche Umstände die größere oder geringere Raschheit einer Veränderung bedingen.

Sind alle diese Probleme gelöst, dann ergibt sich ihre praktische Anwendung in einer verläßlichen Prognose ganz von selbst. Von der Lösung all dieser Probleme sind wir aber auch heute noch weit entfernt.

Man könnte nun sagen: Warum sollen wir warten, bis die Wissenschaft bei ihrem schleppenden Gange fertig ist? Suchen wir lieber nach rein empirischen Regeln, nach denen die Wetteränderungen vor sich gehen, gleichgültig, ob wir diese „Regeln" verstehen oder nicht. Der Weg ist nicht ganz wissenschaftlich, aber wenn wir mit der reinen Empirie weiter kämen, warum sollten wir

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

diesen Weg verachten, zumal die ungeheure Bedeutung einer guten Prognose für die Praxis auf der Hand liegt.

In der Tat würde man auch diesen Weg einschlagen, wenn man auf demselben zu einem Erfolg gekommen wäre. Erst neuerlich ist aber Großmann[1]) bei der Besprechung neuerer Arbeiten von dem Standpunkt aus, ob die in ihnen gefundenen Resultate als „Regeln" verwendbar seien, zu dem Ergebnisse gekommen, daß „zurzeit noch keine als Regel verwendbare Beziehung zwischen den in der Höhe und dem Boden stattfindenden Zuständen und Vorgängen aufgefunden worden ist". Auch von den anderen rein empirischen Regeln liegt aber gegenwärtig noch kein statistisches Material vor, das einen Beweis für den durchschlagenden Erfolg ihrer Anwendung liefern würde.

Wenn aber ein solcher nicht vorhanden ist, dann ist es doch das Bessere, den langsamen, aber sicheren Weg der Wissenschaft zu gehen und Stein für Stein zur Lösung eines bestimmten Problems zusammenzutragen.

Scheinbar ist allerdings der rein wissenschaftliche Weg für die Praxis nicht sehr nutzbringend, in der ersten Zeit ist er es auch tatsächlich nicht, aber vielleicht wird dereinst gerade die Meteorologie ein schönes Beispiel dafür abgeben, welch hohen praktischen Wert die Wissenschaft besitzt. Der richtigen Lehre vom Verdampfungsprozeß verdankt England den raschen Auf-

[1]) Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie 1912.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

schwung seiner Dampfmaschinenindustrie, und es ist gewiß kein Zufall, daß in England die erste Eisenbahn zu einer Zeit bereits fuhr, da in den Schulen Frankreichs eine Auffassung des Verdampfungsprozesses noch gelehrt wurde, nach der allerdings eine Dampfmaschine unmöglich gewesen wäre.

Gegenstand des heutigen Vortrages sollen nun eine Reihe neuerer Arbeiten sein, die zunächst gar nicht auf eine praktische Anwendung ihrer Resultate und eine Verwertung derselben als „Regeln" bei der Wetterprognose abzielen, die sich aber mit Problemen beschäftigen, welche eine große Bedeutung für die Wetterprognose haben.

Solche Probleme sind z. B. die Bedeutung der vorhandenen Luftströmungen für die Umgestaltung der Luftdruckverteilung, die Ursachen der Fall- und Steiggebiete des Luftdruckes, die Folgen der warmen und kalten Luftsäulen in der Atmosphäre, die Bewegungsvorgänge in ihnen usw.

Betrachten wir zunächst die durchschnittliche Luftdruckverteilung und die durchschnittlichen Windrichtungen, so stellt uns diese mittlere Luftdruckverteilung und das zu ihr gehörige Windsystem einen Gleichgewichtszustand dar. Wenigstens in erster Linie und, wenn wir von der ungleichen Land- und Meerverteilung absehen, bedingt die Luftdruckverteilung Winde, welche ihrerseits nicht wieder eine Änderung der Luftdruckverteilung bedingen. Luftdruckverteilung und Windsystem gehören aber zueinander. Die Luftdruckverteilung bedingt diese

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Winde und umgekehrt diese Winde schaffen wieder eine Luftdruckverteilung, wie sie schon früher vorhanden war. Luftdruckverteilung und Windsystem können Tag für Tag bestehen bleiben. Sie tragen nicht in sich den Kern der Zerstörung.

Das gilt aber streng genommen nur im allgemeinen und nur für eine ideale Erde. Land und Meer rufen mannigfache Störungen hervor und wir brauchen nur die Luftdruckverteilung über einem bestimmten Gebiet, z. B. über Europa, zu betrachten, so bemerken wir von Tag zu Tag die größten Gegensätze.

Dieser Verschiedenheit in der Luftdruckverteilung verdanken wir den fortwährenden Wechsel unseres Wetters. Die Luftdruckverteilung bedingt die Strömungen der Luft, von ihr hängt es ab, ob wir auf- oder absteigende Luftbewegung haben oder ob in horizontalen Strömungen uns der Wind im Winter milde Luft vom Ozean und damit Tauwetter oder kalte, trockene Luft aus Nordosten, aus dem russisch-asiatischen Kontinent herbeiführt und damit strengen Frost verursacht. Von ihr hängt es auch ab, ob nordwestliche Winde gegen die Alpenkette wehen, hier zum Aufsteigen gezwungen werden und zu gewaltigen Regengüssen auf der Nordseite der Alpen Veranlassung geben.

Diese jeweilige Luftdrucksituation ist kein Gleichgewichtszustand. Eine Situation, die zur Folge hat, daß kalte Luft aus Nordwesten gegen die Alpenkette herangeweht wird und nun anschwillt, bis sie die Kammhöhe der Alpen erreicht hat, gibt, weil die kalte Luft schwer

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

ist, von selbst zu einem Keile hohen Luftdruckes von Westen her Veranlassung.[1]) Ebenso bedingt eine südliche Luftströmung gegen die Alpenkette auf der Südseite Niederschlag, auf der Nordseite Föhn und Erwärmung. Lediglich als Folge der Luftströmung stellt sich ein Keil hohen Luftdruckes von Osten her ein.[2])

Andere Beispiele gibt es aber mehr. In solchen Fällen bedingt eine bestimmte Luftdruckverteilung ein Windsystem, das wieder seinerseits mit Notwendigkeit zu einer Änderung der Luftdruckverteilung führt.

F. M. Exner hat nun die Frage untersucht,[3]) ob nicht schon die Winde, die zu einer bestimmten Luftdruckverteilung gehören, allein in der nächsten Zeit eine Änderung derselben hervorrufen, wie sie die tatsächlichen Beobachtungen erkennen lassen. Selbstverständlich hat Exner hierbei gewisse vereinfachende Annahmen machen müssen, und zwar insbesondere nur horizontale Luftbewegungen angenommen. Es zeigt sich, daß in der Tat eine nach der Methode Exners nach den Beobachtungen um vier Stunden voraus berechnete Wetterkarte der Vereinigten Staaten mit der später wirklich eintretenden recht gut übereinstimmte. Es folgt daraus, daß tatsächlich die Änderungen in der Luftdruckverteilung, welche

---

[1]) V. Ficker, Der Transport kalter Luftmassen über die Zentralalpen. Denkschriften der Wiener Akademie 80 (1906), p. 131.

[2]) Trabert, Meteor. Zeitschr. 25 (1908), p. 1.

[3]) Exner, Grundzüge einer Theorie der synoptischen Luftdruckveränderungen 115 (1906) und 116 (1907), p. 995.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

die Winde hervorrufen, einen sehr wichtigen Faktor ausmachen. Insbesondere ist es der Gegensatz zwischen kalten und warmen Winden, welche zu den kräftigsten Änderungen Anlaß geben. Wind, der aus einem warmen Gebiet herausweht, macht das Barometer fallen, weil er wärmere, leichtere Luft mit sich führt. Wind, der aus einem kalten Gebiet weht, bringt kältere, schwerere Luft und daher einen Anstieg des Barometers.

Denken wir uns ein Tiefdruckgebiet mit seinen um dasselbe wirbelnden Winden inmitten eines Gebietes, in dem es auf der einen Seite warm, auf der anderen Seite kalt ist, dann wird sich der Tiefdruck, wie Fig. 1 zeigt, senkrecht auf das Temperaturgefälle, das warme Gebiet rechts lassend, bewegen, denn auf der Vorderseite bringt der Wind warme Luft und das Barometer sinkt, auf der Rückseite bringt der Wind kalte Luft, das Barometer steigt.

Schon Mohn hat die Fortbewegungen der Depressionen auf diese Weise erklärt. Es hat auch den Anschein, als ob die Bewegung der Depressionen von der Poebene über Steiermark nach Ungarn auf der sogenannten Zugstraße V b so zu erklären, und zwar durch den Umstand hervorgerufen ist, daß dann immer auf dem Balkan sehr hohe, in Nordwestdeutschland sehr niedrige Temperatur vorhanden ist.[1])

Gewisse Ungenauigkeiten scheint aber doch die Vernachlässigung aller vertikalen Bewegungen der Luft,

---

[1]) Trabert, „Das Wetter“ (1911), p. 45.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

die sich Exner gestattet, hervorzurufen. Vielleicht hilft über diese Schwierigkeit eine Betrachtungsweise hinweg, die vor wenigen Jahren Nils Ekholm[1]) eingeführt hat

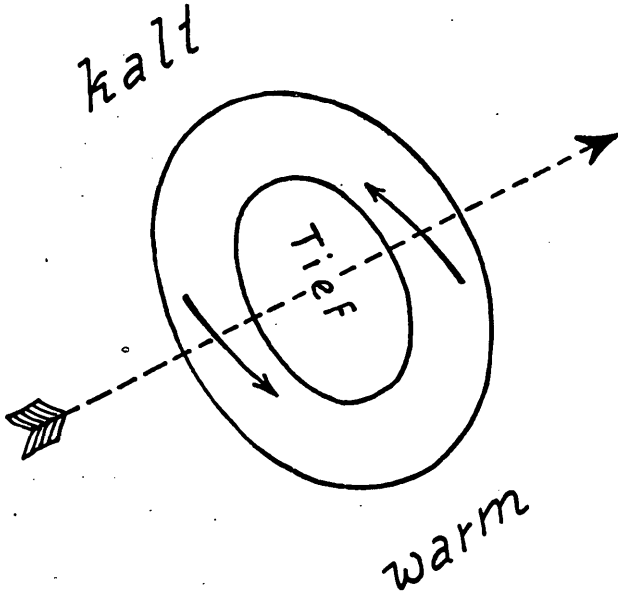

Fig. 1.

und welche möglicherweise berufen ist, noch eine große Rolle in der Meteorologie zu spielen. Er betrachtet nicht die Hoch- und Tiefdruckgebiete, mit denen man trotz

[1]) N. Ekholm, Meteor. Zeitschr. 21 (1904), p. 345; Hannband (1906), S. 228; 24 (1907), p. 1, 102, 145, 478.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

aller Bemühungen keinen Erfolg zu erzielen vermochte, sondern Gebiete, in denen das Barometer fällt und solche, in denen es steigt, sogenannte Fall- und Steiggebiete.

Sie liefern den Schlüssel, den Effekt warmer und kalter Luftsäulen auf den Luftdruck an der Erdoberfläche darzustellen, und möglicherweise sind gerade diese warmen und kalten Luftsäulen, welche wir schon im vergangenen Jahre als ein sehr wichtiges Ergebnis der systematischen Beobachtungen an dem aeronautischen Observatorium in Lindenberg kennen lernten, das eigentlich Ursprüngliche bei allen Veränderungen, die in der Atmosphäre vor sich gehen.

Wie sie entstehen, das geht uns ja zunächst nichts an. Ihre Ursache ist auch offenbar eine sehr verschiedene. Einmal wird eine warme Luftsäule hervorgerufen sein durch Winde aus einem warmen Gebiet, dann wieder durch eine absteigende Luftbewegung, durch welche sich die Luft erwärmt, dann wieder werden vielleicht beide Ursachen zusammenwirken, oder es wird eine warme Luftsäule entstehen im Sommer durch starke Erwärmung eines Kontinents usw.

Untersucht man alle warmen Luftsäulen, welche nach den Beobachtungen in Lindenberg von 1903 bis 1908 auftraten,[1]) dann ergibt sich, daß vom ersten Vortag bis zu dem Tage, an welchem über Lindenberg eine warme Säule lastete, im Jahresmittel der Luftdruck um

[1]) Trabert, Sitzungsber. der Wiener Akademie 118 (1909), p. 1609.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

2·6 mm, vom betreffenden Tage bis zum ersten Nachtag um 1·1 mm fiel. Also unter einer warmen Luftsäule fällt

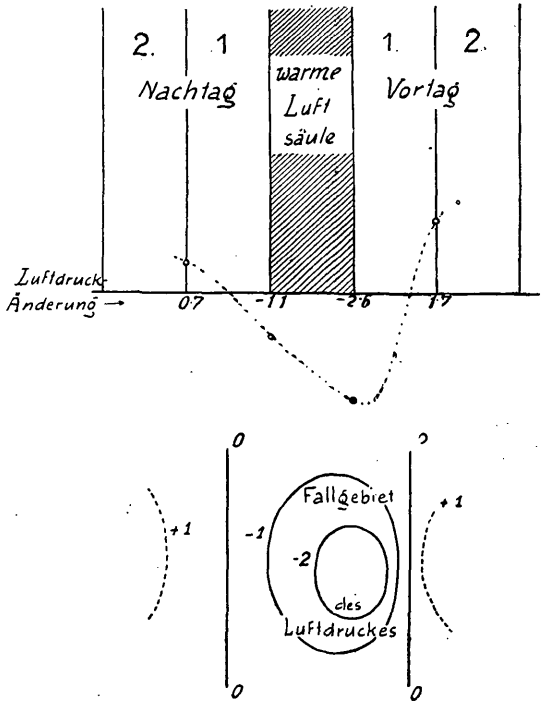

Fig. 2.

der Luftdruck. Er steigt um 1·7 mm vom zweiten zum ersten Vortage und er steigt um 0·7 mm vom ersten zum zweiten Nachtage. Unter der warmen Luftsäule (oder

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

richtiger gesagt, ein klein wenig vor ihrem Auftreten) finden wir ein Fallgebiet des Luftdruckes so, wie es Fig. 2 uns darstellt. Es folgt daraus, daß augenscheinlich zwei Ursachen für das Fallen des Barometers da sind, der Luftdruck fällt, weil auf der Vorderseite der Depression warme südliche Winde wehen, der Luftdruck fällt aber auch deshalb, weil eine warme Luftsäule an sich in der Höhe ein Abströmen der Luft bedingt.[1])

Wenn man die letztere Erscheinung ignoriert, dann kommt man zu der schematischen Darstellung von Defant[2]) (Fig. 3), welche zwar nicht ganz den Tatsachen entspricht, aber unter der Voraussetzung, daß nur die horizontalen Bewegungen im Sinne von F. M. Exner das Fallen und Steigen des Luftdruckes bewirken, die Verhältnisse außerordentlich klar zur Darstellung bringt. Das Herannahen einer warmen Säule bedingt ein Fallen, das Herannahen einer kalten Säule ein Steigen des Barometers.

Es ist von vornherein wahrscheinlich, daß eine warme Luftsäule in einer aufsteigenden Bewegung ist. Den Beweis der Richtigkeit dieser Auffassung erbrachte Defant, indem er die Niederschlagsverhältnisse unter einer warmen Luftsäule vor und nach einer solchen untersuchte.

Die Niederschlagsmenge ergab sich vor der warmen Luftsäule sehr klein, in der Säule steigt sie plötzlich zu

[1]) Trabert, Himmel und Erde (1910), p. 337.

[2]) Defant, Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre IV (1911), p. 129.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

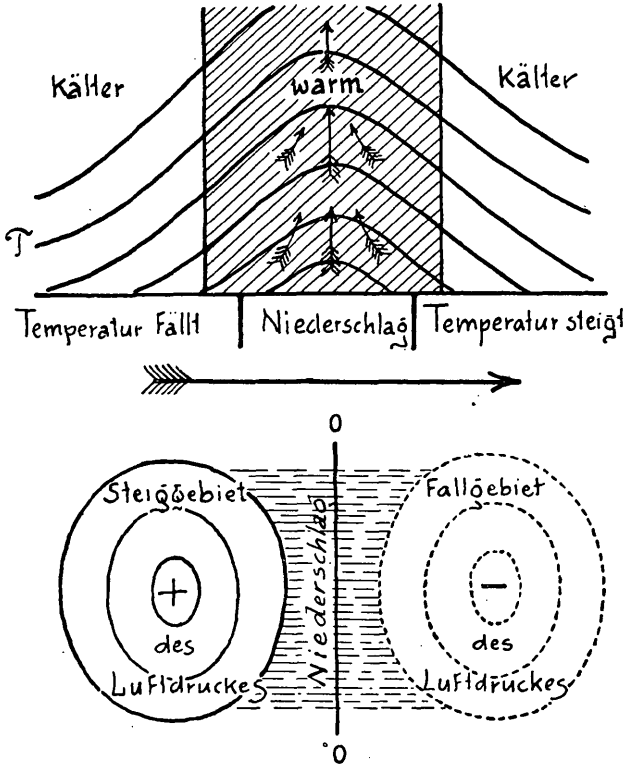

Fig. 3.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

einem Maximum an und fällt dann ab. Ganz ebenso verhält sich, wie folgende Tabelle lehrt, die Häufigkeit des Niederschlages.

	2. Vortag	1. Vortag	warme Luftsäule	1. Nachtag	2. Nachtag
Niederschlag	395	365	1079	755	557 mm
Häufigkeit .	113	107	179	147	137

In der warmen Säule ist zweifellos die Luft im Aufsteigen begriffen, oder, wenn wir dies ganz richtig ausdrücken wollen, auf der Rückseite der warmen Säule.

Wenn nun in der warmen Luftsäule die Neigung zu Niederschlag besonders groß ist und andererseits der warmen Luftsäule ein Steiggebiet des Luftdruckes folgt, dann ist es von vornherein zu erwarten, daß ganz allgemein eine Fläche der Erde, die heute ein Regengebiet darstellt, in der nächsten Zukunft ein Steiggebiet des Luftdruckes aufweist.

Defant zeigt, daß in der Tat etwa 76·5 % aller Niederschlag meldenden Stationen in einem Gebiete sich befinden, das am folgenden Tage ein Steiggebiet ist, und nur 23·5 % befinden sich in einem Fallgebiete des nächsten Tages. Man kann daraus schließen — und dieser Satz ist auch als „Regel" bei der Prognose direkt anwendbar — dort, wo die heutige Wetterkarte ein Niederschlagsgebiet erkennen läßt, wird der Luftdruck bis morgen steigen. Auch abgesehen von einer derartigen Statistik läßt sich sehr schön aus den Einzelfällen ersehen, daß in der Tat in einem Gebiete, in welchem im Laufe von 24 Stunden Regen fiel, im Laufe der folgenden

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

24 Stunden ein Steiggebiet des Luftdruckes sich ausbildet. Für die Bewegungsrichtung der Fall- und Steiggebiete des Luftdruckes ist dieser Satz sehr wichtig. Fällt zwischen einem Fall- und Steiggebiete Niederschlag, dann bewegt sich das Steiggebiet gegen das Fallgebiet.

Umgekehrt zeigen die niederschlagsfreien Gebiete am nächsten Tage ein Fallgebiet des Luftdruckes. Auch dieser Satz ist sehr plausibel, denn kalte Luftsäulen sind, weil in ihnen die Luft absteigt, nicht zu Niederschlägen geneigt. Ihnen folgt aber ein Fallgebiet des Luftdruckes; es wird also im allgemeinen auf niederschlagsfreie Gebiete am nächsten Tage ein Fallgebiet des Luftdruckes folgen.

Aus dem im vorausgehenden auseinandergesetzten Ideenkreis heraus hat nun Defant[1]) ganz vor kurzem eine Arbeit veröffentlicht, in welcher er den Nachweis zu erbringen versucht, daß in den gemäßigten Breiten periodisch von Westen nach Osten eine Reihe von Fall- und Steiggebieten, den Wellen ähnlich, um die Erde herumwandern und in Begleitung der Fallgebiete auch ein Regengebiet. Defant geht dabei aus von der Anschauung, daß im Sommer jeder Kontinent und im Winter der Ozean eine warme Luftsäule über sich hervorbringt. Jede warme Säule bedingt ein Fallgebiet des Luftdruckes und nach der Mohn-Exnerschen Theorie muß jedes Fallgebiet durch die Winde, die es auslöst, die Tendenz haben, immer nach Osten hin sich zu bewegen.

---

[1]) Defant, Wiener Akad. Anzeiger 1912, p. 21.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Es ist interessant, daß Ficker bei seiner Untersuchung der Ausbreitung kalter Luft[1]) und des Fortschreitens der Erwärmungen in Rußland und Asien[2]) und Exner in einer neuerlichen Arbeit[3]) von einem ganz anderen Standpunkte aus zu recht ähnlichen Resultaten gelangt sind. Nach Ficker bestehen die Depressionen aus zwei nebeneinander fließenden, verschieden temperierten Luftströmen, einer Wärmewelle auf der Vorder- und einer Kältewelle auf der Rückseite, und diese nebeneinander fließenden Luftströme verschieben sich mit der Zeit in östlicher Richtung.

Es lehren aber zugleich diese Arbeiten, daß noch ein anderer Faktor wohl zu berücksichtigen ist und eine große Rolle spielt, der Umstand, daß die kalte Nordluft sich als die schwerere unter die warme Luft einzuschieben sucht.

Fassen wir aber nur das große Ganze der Änderungen in der Luftdruckverteilung ins Auge, dann hätten wir uns die Sache wohl so vorzustellen:

Die allgemeine Luftdruckverteilung ruft von selbst durch die Luftbewegungen, die mit ihr verbunden sind, das Entstehung warmer und kalter Luftsäulen hervor. Diese verursachen

---

[1]) Ficker, Sitzungsber. der Wiener Akademie 119 (1910), 1769.

[2]) Ficker, Sitzungsber. der Wiener Akademie 120 (1911), 745.

[3]) Exner, Sitzungsber. der Wiener Akademie 120 (1911), 1411.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

wieder die Fall- und Steiggebiete des Luftdrucks, welche nun erstlich zu einer Verlagerung und Fortbewegung der schon vorhandenen Zyklonen, ja teilweise zu einer Neubildung solcher Veranlassung geben, zweitens aber jene vertikalen Luftbewegungen bedingen, welche die jeweiligen Wetter- und Niederschlagsverhältnisse hervorrufen.

Es lag im Rahmen dieses Vortrages, die wissenschaftlichen Arbeiten auf dem einschlägigen Gebiete besonders hervorzuheben, dagegen die rein auf das Praktische gerichteten „Regeln" mehr in den Hintergrund treten zu lassen. Es soll aber durchaus nicht geleugnet werden, daß auch auf diesem Gebiete, z. B. von Gilbert und von Großmann, Schätzbares geleistet wurde, wenn auch eine allgemeinere Prüfung dieser Regeln noch aussteht.

Wir haben gesehen, daß — was die rein wissenschaftlichen Fragen anbelangt — doch recht mächtige Fortschritte in der Lehre von der Fortbewegung der Hoch- und Tiefdruckgebiete und der Umwandlung der einzelnen Luftdrucksituationen ineinander erzielt worden sind. Wir haben aber auch gesehen — und wir freuen uns darüber ganz besonders —, daß gerade die jüngere österreichische Meteorologenschule — zurückgreifend auf die alte Lehre Doves, aber wohl berücksichtigend die neueren Ergebnisse unseres Altmeisters Hann — rüstig am Werke und bestrebt ist, die Tradition der österreichischen Meteorologie zu erhalten.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien

Jahr/Year: 1912

Band/Volume: 52

Autor(en)/Author(s): Trabert Wilhelm

Artikel/Article: Neuere Arbeiten auf dem Gebiete der Wettervorhersage. 275-292