

Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Klasse

der

K. B. Akademie der Wissenschaften

zu München.

Band XXXV. Jahrgang 1905.

München

Verlag der K. B. Akademie der Wissenschaften
1906.

In Kommission des G. Franz'schen Verlags (J. Roth).

Die Vorgeschichte des barischen Windgesetzes.

Von **Siegmond Günther** und **Simon Dannbeck**.

(Eingelaufen 13. November.)

Wie schon bei früherer Gelegenheit kurz angedeutet ward,¹⁾ unterliegt auch das sogenannte barische Windgesetz von Buys Ballot, durch dessen endgültigen Sieg über die Dovesche Zweistromtheorie in den sechziger und siebziger Jahren des XIX. Jahrhunderts eine neue Epoche in der rationellen Meteorologie heraufgeführt wurde, der stets wiederkehrenden Regel, daß es nicht unvermittelt vor die Welt trat, sondern daß ein langes Vorbereitungsstadium den Boden dafür bereiten mußte. Eine quellenmäßige Schilderung dieser einleitenden Phasen hat bisher gefehlt,²⁾ und so wird es am Platze sein, in einer genauen Charakteristik der einzelnen in Betracht kommenden

¹⁾ Vgl. Günther, Handbuch der Geophysik, 2. Band, Stuttgart 1899, S. 178 ff., S. 190 ff.

²⁾ Dies bezieht sich allerdings zunächst nur auf die ältere Zeit, die auch sonst, so viele wertvolle Keime in einer weitschichtigen und vielfach ungenießbaren Literatur verborgen liegen, zu sehr vernachlässigt wird. Für die dreißiger, vierziger und fünfziger Jahrzehnte dagegen, für eine Periode also, in der sich die einschlägigen Bemühungen um eine wissenschaftliche Fundierung der Witterungslehre derart häuften, daß bereits von einer Prioritätsfrage für das in Rede stehende Gesetz gesprochen werden kann, hat eben diese van Bebbber (Handbuch der ausübenden Witterungskunde, 1. Band, Stuttgart 1884, S. 287 ff.) sehr gründlich abgehandelt, was jedoch Nachträge und Ergänzungen nicht ausschließt. Nicht vergessen werden darf auch die Behandlung der geschichtlichen Seite des Problems bei R. Börnstein (Leitfaden der Wetterkunde, Braunschweig 1901, S. 85 ff.).

Momente diesen merkwürdigen, oft unterbrochenen Entwicklungsgang vorzuführen, der zugleich wohl geeignet ist, Licht auf die Geschichte der modernen Meteorologie überhaupt zu werfen.¹⁾ Wir legen hier das Gesetz, welches ja selbstverständlich in seiner Fassung mehrfache Wandlungen durchzumachen hatte, ehe es die sozusagen klassische Gestalt angenommen hatte, in welcher es uns jetzt geläufig ist,²⁾ in einer Formulierung zu Grunde, die für die Aufdeckung der geschichtlichen Zusammenhänge besonders geeignet erscheint, und drücken es in folgender Weise aus:

In den unteren atmosphärischen Schichten strömt die Luft aus der Gegend eines barometrischen Maximums nach derjenigen des nächst benachbarten barometrischen Minimums hin ab, indem zugleich durch die Achsendrehung der Erde die von Hause aus geradlinige Bewegung in eine zyklonale verwandelt wird, deren Drehsinn auf der Nordhalbkugel ein rechtsseitiger, auf der Südhalbkugel ein linksseitiger ist.

Zerlegt man den durch theoretische Erwägung,³⁾ wie praktische Erfahrung gleichmäßig bestätigten Lehrsatz in seine einzelnen Teile, so ersieht man, daß drei an und für sich verschiedene Wahrheiten darin enthalten sind, nämlich

- I. Die ursprüngliche Bewegungstendenz,
- II. Die ablenkende Tendenz der Erdrotation,
- III. Die grundsätzliche Übereinstimmung aller in geringer Entfernung von der Erdoberfläche wehenden

¹⁾ Unterstützt wurde dieses Bestreben wesentlich durch die unentbehrlichen Werke Hellmanns, von denen hier namentlich zwei in Betracht kommen: Repertorium der deutschen Meteorologie, Leipzig 1883; Neudrucke von Schriften und Karten über Meteorologie und Erdmagnetismus (zumal Nr. 6, Hadleys Abhandlung über die Passate nebst Einleitung, künftig mit der Signatur H. H. angeführt).

²⁾ Vgl. van Bebbber, Die Veröffentlichungen des K. Niederländischen Institutes, Meteorolog. Zeitschrift, 3. Jahrgang (1886), S. 453.

³⁾ Diesen Beweis lieferte Sprung, Theoretische Begründung des Buys Ballotschen Gesetzes, Ann. d. Hydrogr. und marit. Meteorol., 8. Band, S. 603 ff.

Winde mit Luftwirbeln, denen dann in größerer Höhe ein antizyklonales Ausströmen aus den Gebieten hohen Druckes entspricht.

Die historische Betrachtung wird demgemäß darauf zu achten haben, das Auftreten dieser drei Erkenntnisse zu verfolgen, wenn dieselben auch anfänglich nur isoliert uns begegnen und der Zusammenfassung zu einer einheitlichen Beschreibung der wirklichen Vorgänge noch harren. Uns, die wir in ganz anderen Gedankenreihen aufgewachsen sind, will es ja freilich bedünken, als ob der in dieser Vereinigung liegende geistige Prozeß sich von selbst hätte vollziehen müssen. Allein wer den Werdegang irgend einer Naturwissenschaft sich näher angesehen hat, weiß sehr wohl, daß das, was einer späteren Generation als naturnotwendig vorkommt, dies ursprünglich noch keineswegs zu sein brauchte.

Das Altertum und Mittelalter kommen für unseren Zweck selbstverständlich nur ganz wenig in Frage.¹⁾ Die aristotelische Lehre ging von gänzlich unzutreffenden Voraussetzungen aus, und lediglich in Theophrasts Fragmente²⁾ „περὶ ἀνέμων“ begegnet uns, ebenso wie bei dem Architekten Vitruvius,

¹⁾ Darüber geben die Geschichtswerke Aufschluß: Poggendorff, Geschichte der Physik, Leipzig 1879, S. 45; A. Heller, Geschichte der Physik von Aristoteles bis auf die neueste Zeit, 1. Band, Stuttgart 1882, S. 59 ff. Das gesamte Material, das sich zum Teil bei den Kommentatoren und Scholiasten verstreut findet, hat musterhaft das Werk von Ideler (Meteorologia veterum Graecorum et Romanorum, Berlin 1832) gesammelt. Für die ältere und neuere Zeit sind wertvoll ein Essay B. v. Lindenau's (Beyträge zu einer Theorie merkwürdiger Winde, von Zachs Monatliche Korrespondenz zur Beförderung der Erd- und Himmelskunde, 13. Band, S. 249 ff.) und Muncakes inhaltreicher Artikel „Wind“ (Gehlers Physikalisches Wörterbuch, 2. Auflage, 10. Band, 2. Abteilung, Leipzig 1842, S. 1860 ff.).

²⁾ Der verhältnismäßig sehr freie Standpunkt dieses Griechen kennzeichnet sich namentlich auch darin, daß er neben den gewöhnlichen Winden von angenähert horizontaler Richtung auch solche kennt, die senkrecht zur Horizontalebene, als „Fallwinde“, wehen (C. Neumann-J. Partsch, Physikalische Geographie von Griechenland, Breslau 1885, S. 105).

eine richtigere Deutung des Windes als einer von der Sonnenwärme ausgelösten Luftbewegung. Die u. a. auch von Plinius aufgestellte Behauptung, die Drehung der Winde folge der fortschreitenden Sonne,¹⁾ war nicht sowohl gelehrten Werken, als vielmehr den populären Lehren von Wind und Wetter entlehnt, wie sie sich am bestimtesten bei den Seeleuten ausgebildet hatten.²⁾ Die wissenschaftliche Welt löste sich auch noch während des XVI. Jahrhunderts von der Autorität des Aristoteles nur sehr langsam und behutsam los, und bis gegen 1650 war die Überzeugung eine allgemein verbreitete, daß Geschwindigkeitsdifferenzen in der Bewegung von Luft und Erdkörper die Hauptursache der irdischen Winde seien. Die Ptolemaiker ließen die Atmosphäre an der Umdrehung der Himmelskugel teilnehmen,³⁾ und die Copernicaner, für welche am entschiedensten Galilei das Wort ergriff,⁴⁾ leiteten umgekehrt aus dem Vorkommen regelmäßiger Windsysteme einen Beleg für die Wahrheit der neuen Kosmologie her. Was Descartes, Mersenne, Rohault

1) Plinius, *Historia Naturalis*, lib. II, cap. 48. „Omnes venti vicibus suis spirant majore ex parte, aut ut contrarius desinenti incipiat. Cum proximi cadentibus surgunt, a laevo latere in dextrum, ut Sol, ambiunt.“ Es ist dies vielleicht die prägnanteste Äußerung antiker Meteorologie; was man, den Angaben der „Doxographen“ folgend, bei den jonischen Naturphilosophen, was man bei Hippocrates und Herodot, was man in mehr wissenschaftlich-systematischer Form bei Aristoteles und Seneca findet, erhebt sich nicht über eine vage Spekulation und über Spiele mit Worten.

2) Diese nautischen Regeln bespricht, als durch die aristotelische „Meteorologie“ immerhin beeinflusst, H. Balmer (*Die Romfahrt des Apostels Paulus und die Seefahrtskunde im römischen Kaiserzeitalter*, Bern-Münchenbuchsee 1905, S. 339).

3) Die Beobachtungen der Reisenden über die regelmäßigen Tropenwinde wurden in diesem Sinne interpretiert. Man findet (H. H., S. 6, S. 9) dergleichen Bemerkungen bei den weit herumgekommenen Jesuiten Alonso Sanchez und José D'Acosta.

4) Galilei, *Dialog über die beiden hauptsächlichsten Weltsysteme*, deutsch von E. Strauß, Leipzig 1891, S. 459. Die Lufthülle wird durch die Unebenheiten der Erdoberfläche mitfortgerissen, und zwar besonders rasch am Äquator, und so entsteht ein Dauerwind. „Dieses Wehen

und andere Physiker jener Übergangszeit über die Winde zu sagen wissen, bewegt sich immer in den gleichen Bahnen, und auch der große deutsche Geograph Varenius, dem in umfassender Kenntniss der tatsächlichen Windverhältnisse unseres Planeten es niemand gleich tat, vermochte sich dem Bannkreise, in dem man sich allgemein bewegte, nicht völlig zu entwinden.¹⁾ Doch war schon damals wenigstens der Anfang gemacht, diesen Bann zu brechen und einer Anschauung über das Wesen der Winde zum Durchbruche zu verhelfen, welche unverkennbare Berührungspunkte mit derjenigen der Gegenwart darbietet.

Der Schriftsteller, den wir hier meinen, war Francis Bacon. Man hat oft Anstoß daran genommen, daß sein Streben, sich von scholastischen Schlacken zu befreien, durchaus nicht immer von Erfolg gekrönt war, allein eine objektive Würdigung des Sachverhaltes führt zu einer gerechteren Beurteilung,²⁾ und gerade in dem uns hier beschäftigenden Falle hat er sich seinen Zeitgenossen überlegen gezeigt. Er besaß, sehr im Gegensatze zu Varenius, eine gewisse Vorstellung vom Wesen der Aspiration und suchte deren Wirkung durch ein prinzipiell ganz richtig angelegtes Experiment zu veranschaulichen. Er unterschied zwischen erwärmter, leichter und kühlerer, also schwererer Luft und sah ein, daß diese die erstere kraft ihres Druckes zur Seite schieben und sich an

würde da am merklichsten sein, wo die Drehung der Erde am raschesten vonstatten geht, also an Stellen, die möglichst entfernt von den Polen und nahe dem größten Kreise der täglichen Rotation liegen.“

¹⁾ Die Abhängigkeit der Luftbewegung von der Insolation wird nicht verkannt, aber sonderbarerweise wird den Sonnenstrahlen die Kraft zugeschrieben, die Luftteilchen vor sich hertreiben zu können (Varenius, *Geographia Generalis*, Amsterdam 1649, S. 387 ff.). Die atmosphärische Physik des deutschen Geographen muß als ein Ganzes ins Auge gefaßt werden (Günther, Varenius, Leipzig 1905, S. 83 ff.).

²⁾ Eine solche ist, in bewußter Polemik gegen den unhistorischen Standpunkt J. v. Liebig's, von E. Wohlwill gegeben worden (Bacon von Verulam und die Geschichte der Naturwissenschaft, Konstitutionelle Jahrbücher, 9. Band, S. 404 ff.).

ihre Stelle setzen müsse.¹⁾ Nicht minder ist in seinem Beginnen,²⁾ eine Parallele zwischen strömender Luft und fließenden Gewässern zu ziehen, ein Gefühl für die Wirklichkeit anzuerkennen. Nächst Bacon hat Isaak Vossius in einem kleinen Werkchen, von dessen hoher geophysikalischer Tragweite man immer deutlichere Begriffe gewinnt, eine korrekte Stellung eingenommen.³⁾ Was sein Vorgänger mehr nur gefühlt hat, spricht er mit klaren Worten aus: Die Bewegungsgesetze für flüssige und luftförmige Massen sind in der Hauptsache die gleichen. Auch sonst begegnet man bei ihm, vorab in der Behandlung der Land- und Seewinde,⁴⁾ einem den Durchschnitt des Zeitalters bei weitem überragenden Verständnis des Naturgeschehens. Wenn man sich vergegenwärtigt, welch ungemein krause und absurde Hypothesen man noch später bei Lister, Garden, Sarrabat, Dupain de Nemours, vermischt mit einzelnen ganz korrekten Gedanken, antreffen kann,⁵⁾ so wird man Bacon und Vossius eine volle Anerkennung nicht versagen dürfen. Vor allem war bei den

¹⁾ F. Bacon, *Historia naturalis et experimentalis de ventis*, Leiden 1648, S. 64 ff. „Itaque excitationis motus in ventis causa est praecipua, superoneratio aëris...“ Nur wurde in dem ganzen Buche, dessen erste Ausgabe von 1622 stammt, auf die Beschwerung der Luft mit Dämpfen ein zu großes Gewicht gelegt.

²⁾ A. a. O., S. 105 ff.

³⁾ J. Vossius, *De motu marium et ventorum liber*, Haag 1663, S. 93 ff. Die Überschrift des 21. Kapitels lautet: „Ventum esse aëris motum, et ostenditur aërem iisdem quibus aqua legibus moveri.“

⁴⁾ Es ist anscheinend noch nicht hervorgehoben worden, daß bei Vossius die jenen Windwechsel bedingende Tatsache von der ungleichen Koerzitivkraft, welche Festland und Wasser für die Wärme aufweisen, zuerst mit voller Präzision hingestellt worden ist. Wir lesen nämlich bei ihm (S. 104): „Verum praeterea non est terram diutius inditum a Sole calorem conservare quam maria.“ Der Einzug des Winters werde unter sonst gleichen Umständen auf dem Meere um zwei volle Monate später als auf dem Lande wahrgenommen, weil eben ersteres die ihm zugeführte Wärme weit langsamer wieder von sich gebe.

⁵⁾ Hierüber orientieren Muncke (a. a. O., S. 1866 ff.) und Hellmann (H. H., S. 6 ff.) im Vereine mit der zitierten Abhandlung v. Lindenaus.

meisten Autoren die astrometeorologische Spekulation¹⁾ noch immer maßgebend, und wir werden bald zu konstatieren haben, daß nach dieser Seite hin auch das XVIII. Jahrhundert keine wesentliche Änderung brachte.

Gleichwohl hatte sich schon in den letzten zwei Dezennien des XVII. Jahrhunderts ein Umschwung angebahnt, an dem neben hervorragenden Forschern auch die Praktiker ihren Anteil hatten.²⁾ Den großen Seefahrer Dampier, der auch seine Erfahrungen in einer besonderen Schrift niederlegte,³⁾ hat kein geringerer als Dove, mag auch sein Lob vielleicht als etwas zu stark aufgetragen erscheinen, als Begründer einer Lehre von den großen tellurischen Windsystemen gefeiert,⁴⁾ und es ist die Vermutung kaum abzuweisen, daß seine Darstellung auf Hadley einen gewissen Einfluß ausgeübt haben möchte. Das Wesen der Luftauflockerung hatte er jedenfalls durchdrungen. Gleichzeitig mit Dampier lebten Hooke,⁵⁾

¹⁾ Vgl. dazu Günther, *Der Einfluß der Himmelskörper auf Witterungsverhältnisse*. Nürnberg 1884. Nicht minder eingehend behandelt die Periode des Überwucherns der Astrometeorologie und ihrer Konsequenzen van Bebbber (*Handb. etc.*, 1. Band, S. 34 ff.). Bis zu welcher Abneigung gegen den trügerischen Führer sich die Erkenntnis von der Unzulänglichkeit dieser Abart der Astrologie bei wirklichen Naturforschern steigern konnte, zeigt uns augenfällig ein wenig bekanntes Schriftchen des Astronomen J. E. Bode (*Gedanken über den Witterungs-
lauf*, Berlin 1819). Derselbe geht so weit, der Meteorologie jede Vervollkommnungsfähigkeit abzusprechen, verfällt also in ein entgegengesetztes, ebensowenig zu billigendes Extrem.

²⁾ Welch hohes Maß einer allerdings nur empirischen, aber dafür um so mehr von vorgefaßten Schulmeinungen unbeeinflußten Sachkenntnis in den Aufzeichnungen der Ozeanfahrrer aufgespeichert war, zeigt uns ein Aufsatz von Geleisch (*Beiträge zur Geschichte der ozeanischen Schifffahrtregeln und Segelbandbücher*, Ausland, 65. Jahrgang, S. 769 ff.). Ohne Vertrautheit mit den ständigen Windrichtungen wären ja die jetzt bereits zu hoher Vollkommenheit gebrachten Traversierungen der Weltmeere eine Unmöglichkeit gewesen.

³⁾ Dampier, *Discourse of Trade Winds*, London 1699.

⁴⁾ A. W. Dove, *Über Moussons und Passate*, *Ann. d. Phys. u. Chem.*, 21. Band, S. 194.

⁵⁾ Hooke, *Posthumous Works*, ed. R. Waller, London 1705, S. 363.

der als der erste die Idee einer großen terrestrischen Luftzirkulation in die Debatte warf, ohne sich, seiner Gepflogenheit nach, auf deren Ausführung im einzelnen einzulassen, und Mariotte,¹⁾ dessen wir hier vorzugsweise zu gedenken verpflichtet sind, weil bei ihm die frühesten Anklänge an eines der oben formulierten drei Leitprinzipien nachgewiesen werden können. Ohne dasselbe freilich in seiner vollen Wichtigkeit zu erkennen, äußerte er doch, daß die ungleiche Rotationsgeschwindigkeit solcher Erdorte, deren geographische Breite verschieden ist, auch in der Luftbewegung zur Geltung kommen müsse. In diesem Punkte erwies er sich als den tiefer Blickenden gegenüber Halley,²⁾ der den für die Passate typischen Austausch zwischen der kühleren Luft der höheren und der wärmeren Luft der niedrigeren Breiten zutreffend aufgefaßt, es jedoch noch nicht dahin gebracht hat, die von Mariotte wenigstens geahnte Mitwirkung der Erdumdrehung in Rechnung zu ziehen. Dieses Verdienst muß voll zugesprochen werden einem anderen Briten, der infolge des Gleichklanges der Namen gar nicht selten hinter dem älteren und hier minder glücklichen Halley hat zurücktreten müssen. Damit ist dann unsere Schilderung in das XVIII. Jahrhundert eingetreten.

Der fragliche Vortrag war schon im Jahre 1686 vor der Royal Society gehalten, aber nicht der Öffentlichkeit übergeben worden.

¹⁾ Mariotte, *De la nature de l'air*, Oeuvres, I. Auflage, 2. Band, Leiden 1717, S. 161 ff.; II. Auflage, 2. Band, ebenda 1740, S. 343 ff.

²⁾ Halley, *A Historical Account of the Trade Winds and Monsoons, observable in the Seas between and near the Tropicks, with an Attempt to assign the Physical Cause of the said Winds*, Philos. Transact., 16. Band (1686), S. 153 ff. Es liegt nicht ganz ferne, anzunehmen, daß eine Stelle in dem verbreiteten Werke von Fournier (*L'hydrographie, contenant la théorie et la pratique de toutes parties de la navigation*, Paris 1643; II. Auflage, ebenda 1767, S. 355 ff.) dem englischen Astronomen eine gewisse Anregung gegeben habe. Es ist dort davon die Rede, daß die mit der stärkeren Verdampfung am Gleicher in Verbindung stehende Luftverdünnung einen Zustrom von den Polen her zur Folge habe.

George Hadley, dessen Bruder John als tatsächlicher Erfinder des Spiegelsextanten der Geographie ebenfalls nicht hoch genug zu schätzende Dienste leistete, ist der Begründer jener Theorie der Passate, welcher in den Grundzügen ein dauernder Wert verblieben ist. Sein nur wenige Seiten umfassendes Memoire¹⁾ gipfelt in zwei Thesen, deren Inhalt deutsch wiedergegeben werden möge. I. Ohne das Eingreifen der Erdrotation wäre die Schifffahrt, insonderheit die nach Osten oder Westen gerichtete, sehr schwierig und eine Umsegelung der Erde überhaupt ganz untunlich. II. Den Nordost- und Südostwinden zwischen den Wendekreisen müssen Nordwest- und Südwestwinde als Kompensationsströme an anderen Orten entsprechen, wie denn ganz allgemein jeder Wind, er möge wie immer wehen, durch einen Gegenwind an anderer Stelle kompensiert werden muß, und jeder derartige Gegensatz in den Windrichtungen ist bedingt durch die Erdrotation. Es erhellt, daß hier schon eine allgemeinere, über die Erklärung der Passatwinde hinausgehende Wahrheit ausgesprochen ist. Insbesondere jedoch muß uns der Umstand interessieren: G. Hadley hat zuerst in zielbewußter Weise die Abhängigkeit der Windrichtungen von der täglichen Bewegung der Erde klargestellt.

Fürs erste blieben freilich diesem bedeutsamen Erkenntnisfortschritt die günstigen Folgen fast durchweg versagt, welche man hätte erwarten sollen, und erst in der zweiten Jahrhunderthälfte zeigt sich eine Wendung zum besseren. Indessen darf nicht vergessen werden, daß unmittelbar vor Hadley auch ein deutscher, sonst wenig bekannter Gelehrter,²⁾ der Gießener

¹⁾ G. Hadley, Concerning the Cause of the General Trade Winds, Philos. Transact., 39. Band (1635), S. 58 ff.; H. H., S. 17 ff. Im folgenden Bande (S. 174) kennzeichnet er noch die Bedingtheit des Winkels, unter dem Unter- und Oberwind einen Parallelkreis durchschneiden, von der geographischen Breite des letzteren.

²⁾ Nur durch seine Ansichten über den Tau, die in unseren Tagen eine Wiederauferstehung gefeiert haben (Wollny, Untersuchungen über die Bildung und Menge des Taues, Forschungen über Agrikulturphysik,

Physiker Gersten, mit einer Windtheorie¹⁾ hervorgetreten ist, die allerdings der überzeugenden Klarheit des Engländers ermangelt, hier aber um so weniger übergangen werden darf, weil auch in ihr die doppelte Ursache des Wehens der Passate in der Hauptsache aufgedeckt wird. Das Aufsteigen des Windes infolge stärkerer Erhitzung der tropischen Gegenden bewirkt einen stetigen Zustrom aus den Gebieten kühlerer Lufttemperatur, und dieser Luftstrom muß, je nach der Polhöhe, eine Ablenkung erfahren. Der Lehrsatz, welcher, obwohl vom Autor nicht eben schärfer betont, die Quintessenz von Gerstens meteorologischem Glaubensbekenntnis in sich schließt,²⁾ läßt keine andere Deutung zu. Es verdient ferner noch angemerkt zu werden, daß Gersten sich auch anschickt,³⁾ das Steigen des Quecksilbers im Barometer beim Vorherrschen bestimmter Windrichtungen zu erläutern. Aus der Folgezeit sind, wenn wir Muncke⁴⁾ folgen, die Arbeiten von Mylius,⁵⁾

15. Band, S. 111 ff.) ist man auf den verdienten Forscher wieder aufmerksam gemacht worden.

¹⁾ Gersten, *Tentamen systematis novi ad mutationes barometri ex natura elateris aërei demonstrandis*, Frankfurt a. M. 1733. Als Anhang (S. 195 ff.) ist der Versuch über die Taubildung beigegeben, von dem eine zweite Ausgabe (Oppenheim 1748) bekannter geworden ist.

²⁾ Gersten, a. a. O., S. 85. „Cum tellus sit globosa, et aër in locum expansi, undiquaque, occidentali excepta, directione affluat, per demonstrata, facile concipi potest, motionem hanc universalem circa tropicos tantum, ab oriente versus occidentem dirigi, in aliis vero regionibus, ab orientali versus septentrionem aut australem plagam declinare, et celeritate minui, eo magis, quo viciniore sunt polis regiones.“ An Bündigkeit läßt die Einkleidung manches zu wünschen übrig, aber sachlich ist wenigstens der Unterpassat korrekt erklärt.

³⁾ Gersten, a. a. O., S. 115 ff. Als neunzehnte Proposition erscheint da die nachstehende: „Quando ventus ex ea plaga spirat, quae directioni venti universalis opposita est, altitudo mercurii in barometro magis minuitur, quam solo universali vento vigente.“

⁴⁾ Muncke, a. a. O., S. 1869.

⁵⁾ Mylius, Versuch einer Bestimmung der Gesetze der Winde, wenn die Erde überall mit einem tiefen Meere bedeckt wäre, Berlin 1747.

Wargentín,¹⁾ Strahl,²⁾ De Lacoudraye³⁾ als solche namhaft zu machen, welche sich auf den durch Hadley bereiteten Boden stellen. Die Mehrzahl der Fachmänner, die eben deshalb hier nicht sämtlich genannt werden können, begnügt sich nicht mit dieser einfachen Grundlage, sondern sucht, wofür insbesondere Musschenbroek als ein klassischer Zeuge beizuziehen ist,⁴⁾ die mannigfaltigsten und teilweise fremdartigsten Hypothesen zusammen. Dem Zeitgeschmacke⁵⁾ kam am besten D'Alembert mit seiner berühmten Berliner Preisschrift⁶⁾ entgegen, deren mathematischer Wert im umgekehrten Verhältnis zu ihrem physikalischen steht, wie von allem Anfange an D. Bernoulli in kräftig polemischer Sprache hervorhob.⁷⁾

¹⁾ Wargentín, Korta Anmärkningar om Blåsvädren, Svenska Vetenskaps Akad. Handlingar, 1762. Kurze Anmerkungen vom Winde, der K. Schwedischen Akademie d. Wissensch. Abhandl. a. d. Naturlehre, Haushaltungskunst und Mechanik f. d. Jahr 1762, übersetzt v. A. G. Kaestner, 24. Band, Hamburg-Leipzig 1765, S. 173 ff. Die ganz elementare Auseinandersetzung des bekannten Astronomen enthält keine neuen, wohl aber im wesentlichen richtige Ansichten; so z. B. über die entgegengesetzten Richtungen von Unter- und Oberwind.

²⁾ Strahl, Theorie des Windes und der Kälte, Samml. z. Phys. u. Naturgesch. von einigen Liebhabern dieser Wissenschaften, 2. Band, Leipzig 1782, S. 575 ff. Der Autor, der nebenbei auch (S. 586) für einen antarktischen Kontinent Stimmung zu machen sucht, stellt das Aspirationsprinzip ganz mit Recht obenan: „Die Luft schießt hin, wo sie verdünnt war.“

³⁾ De Lacoudraye, Théorie des vents et des ondes, Kopenhagen 1796. Ohne Sonne kein Wind, ist hier die Lösung.

⁴⁾ Musschenbroek, Introductio ad philosophiam naturalem, ed. Lulofs, 2. Band, Leiden 1762, passim. Für jede der vier Klassen von Winden, die es geben soll, werden eigenartige Ursachen zu ermitteln gesucht.

⁵⁾ Man sehe etwa die grotesken Meinungen eines großen Herrschers über die Winde nach (Hinterlassene Werke Friedrichs II., Königs von Preußen, 9. Band, Augsburg 1789, S. 4 ff.). Stärkere Winde sollen von der Sonne, schwächere von den Planeten hervorgebracht werden.

⁶⁾ D'Alembert, Réflexions sur la cause générale des vents, Berlin 1747.

⁷⁾ In einem Briefe an L. Euler (R. Wolf, Biographien zur Kulturgeschichte der Schweiz, 3. Zyklus, Zürich 1860, S. 185) bedient sich der Baseler Mathematiker harter Worte gegen den genialen Fachgenossen,

Neben der Anziehung der Himmelskörper, in welcher mit D'Alembert auch Toaldo und Chiminello die Panacee der meteorologischen Dynamik erblickten, spielte auch die Elektrizität eine einflußreiche Rolle, so z. B. in dem fein ausgesponnenen Systeme von Hube.¹⁾ Eine mehr selbständige Stellung unter den modern denkenden Forschern des XVIII. Jahrhunderts nehmen ein Kant,²⁾ dessen Essay über die Monsune dieser Erscheinung erst völlig gerecht ward, und H. B. De Saussure,³⁾ von dem das seitdem unentbehrlich gewordene Wort aufsteigender Luftstrom („*courant ascendant*“⁴⁾) herrührt. Gegen Ende des Jahrhunderts endlich wurde von Deluc⁴⁾ der augenblickliche Stand der Lehre von den Winden in eine systematische Form gebracht, ohne daß aber der auf

der sich vermessen habe, für jede Polhöhe Richtung und Stärke des Windes zu gegebener Zeit durch ein Integral ausdrücken zu können.

1) Hube, Über die Ausdünstung und ihre Wirkungen in der Atmosphäre, Leipzig 1790.

2) Gemeint ist das bekannte und von den Herausgebern der Kantischen Vorlesungen über physische Geographie mit aufgenommenen Fragment „Einige Anmerkungen zur Erläuterung der Theorie der Winde“. Vgl. z. B. in der neuen Ausgabe von Gedan (Philosophische Bibliothek, 51. Band, 2. Auflage, S. 359 ff.) dieses geistvolle Aperçu des Königsberger Philosophen. Dessen historische Stellung präzisiert Schneidmühl (Kant und die moderne Theorie der Winde, Ausland, 63. Jahrgang, S. 661 ff.).

3) De Saussure, Reisen durch die Alpen, aus dem Französischen übersetzt, 4. Band, Leipzig 1788, S. 115 ff. Schon lange vorher zeichnet in ähnlicher Weise den aufsteigenden Strom J. H. Müller (De hiemis nuperae praeter ordinem mitis causis conjecturae physicae, Altdorf 1724).

4) J. A. Deluc, Nouvelles Idées sur la Météorologie, 2. Band, Paris 1787; Übersetzt aus dem Französischen, 2. Band, Berlin-Stettin 1788, S. 331 ff. Ein Übelstand der sonst verdienstlichen Darstellung lag darin, daß die der Atmosphäre beigemengten Dünste als bestimmende Faktoren für das Zustandekommen der Winde hingestellt wurden. Dagegen legte Protest ein Beguelin (Recherches sur les variations du baromètre, Nouv. Mém. de l'Acad. R. des sciences et de belles lettres de Berlin, Année 1773, Berlin 1775, S. 47 ff.), der nur Veränderungen im Drucke, die er als Massenverschiebungen auffaßt, als Ursachen gelten lassen wollte.

anderen Gebieten mit Erfolg schöpferisch aufgetretene Genfer Physiker zu dem schon Bekannten wesentlich Neues hinzuzufügen in der Lage war.

Allein damals war bereits der Fundamentalsatz aufgestellt worden, den wir eingangs als den ersten bezeichneten, und nur der Vereinigung besonderer Umstände mochte es zuzuschreiben sein, daß die Gelehrtenwelt von dieser wirklich großen Neuerung anscheinend gar keine Notiz genommen hatte, so daß die Vermutung besteht, es möge hier zum ersten Male auf die Tatsache selbst hingewiesen werden. Der Aufsatz, auf den es ankommt, war in einer Akademieschrift von damals noch nicht sehr weiter Verbreitung erschienen, und sein Titel ließ einen Beitrag zur Theorie der Winde nicht mit Notwendigkeit ersehen;¹⁾ zudem ist es gar nicht unwahrscheinlich, daß der Verfasser auf das von ihm ganz beiläufig ausgesprochene Korollar gar keinen besonderen Nachdruck gelegt wissen wollte, weil er die betreffende Wahrheit für ganz selbstverständlich erachtete. Lambert, einer der umfassendsten Denker und Forscher jener Zeit im Bereiche der exakten Wissenschaften, präzisierte aus freien Stücken, ohne von Hadley (s. o.) geleitet zu sein, das atmosphärische Zirkulationsgesetz, demzufolge Unter- und Oberwinde entgegengesetzte Richtung haben, und stellte alsdann fest, daß die Bewegungen der Luft, von Einzelfällen abgesehen, ausschließlich durch die wechselnde Schwere und Federkraft der Luft ausgelöst würden. Und daran reiht sich der maßgebende Satz:²⁾ „Diese Bemühung der Luft, sich wieder ins Gleichgewicht zu setzen, gibt uns nicht nur den Grund von den Änderungen der Winde, sondern es lassen sich daraus auch verschiedene allgemeine Winde erklären. Ein-

¹⁾ J. H. Lambert, Abhandlung von den Barometerhöhen und ihren Veränderungen, Abhandl. d. kurbaier. Akad. d. Wissensch., 3. Bandes 2. Teil (1765), S. 100 ff.

²⁾ Der Sperrdruck der beiden Sätze findet sich nicht im Originale, welches erwähnstermaßen ganz gleichmütig über die Gelegenheitsbemerkung hinweggeht.

mal erhellet daraus, daß die Luft sich von denen Orten, wo das Barometer höher steht, an diejenigen hinziehen müsse, wo es niedriger steht, wenn beyde Barometer in gleicher Höhe über dem Meere sind.“ Dieser letzte Zusatz charakterisiert die volle Einsicht dessen, der so schrieb, in den Zusammenhang der behandelten Fragen. Auch darüber bestand Klarheit, daß das Spiel der Winde aus mechanischen Gründen ein viel freieres in den gemäßigten Erdgürteln als in der Tropenzone sein müsse, indem dort, wie es hier heißt,¹⁾ die allgemeine Zirkulation sich in viele kleinere Zirkulationen auflöse. Lambert hat keine Schule gemacht,²⁾ und es verging noch eine längere Pause, ehe sein Bewegungsprinzip aufs neue entdeckt wurde, aber nichtsdestoweniger bleibt das geschichtliche Faktum bestehen:

Schon vor 140 Jahren hat ein deutscher Physiker den Inhalt des ersten der drei Theoreme, aus denen sich das barische Windgesetz aufbaut, mit unzweideutiger Bestimmtheit formuliert.

Die ersten zwei Jahrzehnte des XIX. Jahrhunderts mußten dieses unschätzbaren Hilfsmittels der meteorologischen Forschung noch gänzlich entraten, obwohl mitunter nur ein ganz kleiner Schritt noch zu fehlen scheint, um desselben habhaft zu werden. Zu denjenigen, welche von der Erkenntnis der Wahrheit nicht weit entfernt waren, gehörte vor allem L. v. Buch,³⁾ der von dem Grundsatz, daß lokale Erwärmung eine Luftauf-

¹⁾ Lambert, a. a. O., S. 163.

²⁾ Vielleicht darf man eine Einwirkung Lambertscher Gedanken in einer etwas später gedruckten Dissertation von Steiglehner-Leveling (*Atmosphaerae pressio varia observationibus propriis et alienis baroscopicis quaesita*, Ingolstadt 1783) erkennen. Als oberster Zweck der auch die Beziehungen zwischen Druck und Ausgleich streifenden Arbeit ist der Nachweis anzusehen, daß auch für weit auseinanderliegende Orte die barometrischen Oszillationen synchron erfolgten.

³⁾ Die viel zu wenig gewürdigten Verdienste des großen Geologen um Meteorologie und speziell Klimatologie bilden den Gegenstand einer besonderen Untersuchung (Günther, Leopold v. Buch und die atmosphärische Physik, Beiträge zur Geophysik, 5. Band (1903), S. 174 ff.).

lockerung nach sich ziehen muß, als von dem „Schlüssel der gesamten Meteorologie“ ausgedehnten Gebrauch machte und einerseits in das Wechselspiel von Berg- und Talwind Klarheit zu bringen suchte,¹⁾ andererseits der Wissenschaft in seinen barometrischen Windrosen ein hodegetisches Verfahren von höchster Nützlichkeit zum Geschenke machte.²⁾ Auf die Beziehungen der Barometerschwankungen zu Art und Stärke der Luftbewegung warfen Ramonds Untersuchungen³⁾ neues Licht. Allein noch immer jagten selbst bevorzugte Geister, wie v. Lindenau,⁴⁾ dem Phantome einer generellen mathematischen Fixierung des atmosphärischen Bewegungszustandes für beliebige Zeiten und Orte nach. Wenn ein Schriftsteller, wie der jüngere Tobias Mayer,⁵⁾ sich damit bescheidet, den Wind als Ausgleich verschieden temperierter Partien in der Lufthülle zu definieren, so darf man in dieser Resignation ein Verdienst gegenüber den noch immer nicht aufgegebenen Bestrebungen, das Hauptproblem auf eine falsche Fährte zu leiten, unbedingt anerkennen.

Hier hat nun das dritte Dezennium des Jahrhunderts Ansätze zu einer Besserung gebracht, aus denen allerdings infolge einer eigentümlichen Verkettung der Verhältnisse noch lange keine glatt verlaufende Entwicklung resultierte, die aber trotzdem nicht ganz vergebens unternommen waren. In neuerer Zeit erinnerte zuerst v. Bezold⁶⁾ wieder daran, daß schon 1820 ein deutscher Gelehrter den Satz von der zentripetalen

1) v. Buch, Über den Hagel, Abhandl. der Akad. zu Berlin, Physik. Klasse, 1818, S. 73 ff.; Gesammelte Werke, 2. Band, Berlin 1870, S. 268 ff.

2) v. Buch, Über barometrische Windrosen, Abhandl. etc., 1820, S. 103 ff.; Ges. Werke, 3. Band, Berlin 1872, S. 694 ff.

3) Ramond de Carbonnières, Mémoires sur la formule barométrique de la Mécanique Céleste, Clermond-Ferrand 1811.

4) v. Lindenau, a. a. O., S. 435 ff.

5) T. Mayer, Lehrbuch über die physische Astronomie, Theorie der Erde und Meteorologie, Göttingen 1805, S. 219 ff.

6) W. v. Bezold, Über die Fortschritte der wissenschaftlichen Witterungskunde während der letzten Jahrzehnte, Meteorol. Zeitschr., 2. Jahrgang (1885), S. 315 ff.

Luftbewegung gegen das Minimum hin rückhaltlos ausgesprochen und mit seiner Hilfe Ordnung in eine Fülle sonst schwer zu enträtselnder Witterungsvorgänge gebracht habe. Der damalige Professor der Mathematik und Physik G. W. Brandes (Breslau) darf als der Begründer der modernen synoptischen Meteorologie angesehen werden,¹⁾ indem er schon 1816 in einem an Gilbert, den Herausgeber des damals und jetzt geschätztesten Zentralorganes der Physik, gerichteten Schreiben²⁾ bemerkt, illuminierte Witterungskarten der Erde für alle 365 Tage des Jahres würden die bedeutsamsten Aufschlüsse über Verbreitung und zeitliche Veränderung irgend eines merkwürdigen Phänomens liefern. Wir möchten die wertvolle Mitteilung des Berliner Meteorologen noch ergänzen: Brandes hat lange vor Buchan, auf den diese Neuerung in der meteorologischen Graphik durchgängig zurückgeführt zu werden pflegt, die Isobaren in der Wissenschaft eingebürgert; und zwar geschieht dies eben auch in der Schrift,³⁾ deren ganz eigenartige, vordem aber verkannte geschichtliche Stellung v. Bezold mit Recht hervorgehoben hat. Leider hat ersterer die Zeichnungen, die er seinen Angaben zufolge angefertigt haben muß, in sein Buch nicht aufgenommen; die

1) Als chronologisch frühestes literarisches Denkmal für das Emporkommen des synoptischen Grundgedankens bezeichnet v. Bezold (a. a. O.) eine Universitätsschrift von Hamberger dem Älteren (*Dissertatio de barometris*, Jena 1701). Daß von dieser ersten schüchternen Andeutung sich im Laufe des Jahrhunderts das Gefühl von der Notwendigkeit gleichzeitig erfolgter Ablesung der meteorologischen Instrumente beträchtlich verstärkt hatte, beweist die oben zitierte Schrift von Steigenberger-Leveling. Auch der Schweizer Scheuchzer betont schon sehr früh den Wert solcher Barometerbeobachtungen (Hoeherl, J. J. Scheuchzer, der Begründer der physischen Geographie des Hochgebirges, München 1901, S. 67 ff.).

2) Brandes, Einige Resultate aus der Witterungsgeschichte des Jahres 1783 und Bitte um Nachrichten aus jener Zeit, *Gilb. Ann. d. Phys.*, 61. Band (1819), S. 421 ff.

3) Brandes, Beiträge zur Witterungskunde, Leipzig 1820. Es sind drei nicht innerlich in allen Teilen zusammenhängende Abhandlungen, welche ihr Verfasser hier vereinigt hat.

Figurentafeln verfolgen einen anderen Zweck. Aber den Sturm, der vom 6. bis 9. Februar über einem großen Teile Europas wütete, hat er isobarisch genau verfolgt,¹⁾ wobei ihm die von der pfälzisch-meteorologischen Sozietät Abt Hemmers zusammengestellten Sammelbände als Stütze dienten. „Hätten wir,“ sagt er etwas später, indem er aus den gestaltlichen Verschiedenheiten der Ortskurven gleichen Druckes die lokalen Winde herauszulesen trachtet, „die genauen Barometerstände von noch fünfzig Orten in Deutschland und Italien an jenem Tage, und hätten wir zugleich genaue Angaben für Richtung und Stärke des Windes, so müßte sich sogleich entscheiden, ob die Barometerstände so mit der Richtung des Windes übereinstimmen, wie es nach dem bisher Angeführten den Anschein hat. . . .“ Und weit später kommt er nochmals auf diese vorläufig noch unerfüllbare Forderung zurück und übergibt dieselbe einer besser ausgestatteten Folgezeit:²⁾ „Es möchte eben kein unausführbares Unternehmen sein, die Geschwindigkeiten des Windes, welche bestimmten Unterschieden der Barometerstände entsprechen, anzugeben und die so hergeleiteten Bestimmungen mit Rücksicht auf Ungleichheit der Wärme zu verbessern.“ Zwei Menschenalter, nachdem dieser Hoffnung Ausdruck verliehen worden war, befanden sich Unternehmungen dieser Art, wie sie Brandes vorahnend als möglich erkannt hatte, im besten Gange, und jederman weiß, wie reichlich sie Frucht getragen haben.

Und nun gehen wir über zu einer noch tiefer einschneidenden Neuerung, der man, wie v. Bezold betonte, bei Brandes begegnet. Ihm kam es darauf an, die Luftbewegung rein mechanisch, ohne Anlehnung an eine wie immer beschaffene Hypothese, zu begreifen. Zu dem Ende skizziert er einen einfachen Versuch; nur durch eine dünne gemeinsame Wand getrennt, stehen nebeneinander zwei Behälter, die mit Luft von ungleichem Drucke erfüllt sind, was am einfachsten da-

¹⁾ A. a. O., S. 74 ff.

²⁾ Ebenda, S. 371 ff.

durch erreicht wird, daß der eine Raum, bei sonst gleichen Verhältnissen, eine größere Höhe hat, und wenn nun in die trennende Wand eine Öffnung gemacht wird, so strömt die unter stärkerem Druck stehende Luft in den Nachbarbehälter ein.¹⁾ „So heftig dringt nun freilich die über Rochelle oder Rom stehende, stärker gepreßte Luft nicht nach Copenhagen hin, wo die Luft mindern Druck leidet, denn offenbar hindert die zwischenliegende Luft diese Wirkung; aber dennoch ist ein starker Westwind durch diese Ungleichheit des Druckes wohl erklärbar . . .“ Man wird im allgemeinen nicht umhin können, diesen und den sich anschließenden Sätzen mit v. Bezold

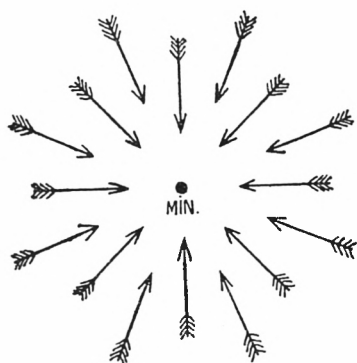


Fig. 1. Centripetale Windtheorie von Brandes.

zu entnehmen, daß Brandes zwar die Bewegung der Luft gegen den Ort tiefster Depression hin zutreffend erkannt, dieselbe aber als eine geradlinige angesprochen und sich demzufolge in einem immerhin irrthümlichen Geleise bewegt habe.²⁾ Fig. 1 würde seine Anschauung wiedergeben. Es verdient indessen Beachtung, daß bei der oben erwähnten Analyse des Wintersturmes vom Jahre 1783 ausdrücklich der Konkurrenz

der Erdumdrehung gedacht und als deren Folge die Umwandlung eines reinen Südwindes in einen Südwestwind als unumgänglich bezeichnet wird. Man darf eben nicht vergessen, daß an irgend eine systematische Begründung der aus der Betrachtung der Karte abstrahierten einzelnen Tatsachen nicht gedacht ward. Will man also den Standpunkt des Werkes von 1820, welches die Keime zu einer neuen und

¹⁾ A. a. O., S. 68 ff.

²⁾ Vgl. Dove, Über barometrische Minima, Poggendorffs Ann. d. Phys. u. Chem., 13. Band (1828), S. 305 ff. Hier wird auf den Mangel der zentripetalen Theorie zutreffend hingewiesen.

bahnbrechenden Windtheorie in sich trug, in einer dem Gedankengange des Autors sich tunlichst treu anpassenden Weise zum Ausdruck bringen, so wird man sagen müssen:

Brandes setzte zwar in erster Linie die Bewegung der Luft gegen ein irgendwo entstandenes barometrisches Minimum als eine allseitig zentripetale voraus, ließ aber zugleich die Deviation dieser Radialbewegungen infolge der Rotation nicht ganz außer acht.

Er steht, ohne von diesem seinem Vorgänger Kenntnis zu haben, auf den Schultern Lamberts (s. o.) und ist sich über Punkt I ganz und gar im klaren. Aber auch Punkt II hat bereits eine gewisse Berücksichtigung gefunden, und es wäre nur nötig gewesen, daß ein theoretisch durchgebildeter Meteorologe Brandes' erfahrungsmäßig ermittelte Sätze gehörig durchgedacht und verallgemeinert hätte, um in den Besitz des barischen Windgesetzes zu gelangen.

Daß dies nicht geschah, mag wohl teilweise in der geringen Verbreitung des genannten Werkes seinen Grund gehabt haben, welches ja v. Bezold recht eigentlich wieder der Vergessenheit entreißen mußte. Es lag auch mit an Inhalt und Schreibart eben dieses Werkes, dem man wahrlich nicht das Prädikat eines leicht lesbaren erteilen kann. Vorzugsweise aber ist für das vollständige Zurücktreten einer so einfachen und verbesserungsfähigen Anschauung das Emporkommen der Doveschen Winddrehungslehre verantwortlich zu machen, welche das Interesse der Fachleute längere Zeit in einem selten erreichten Grade absorbierte und keine anderen Götter neben sich duldete. Ebenso wie v. Buch die Geologie, hat Dove die Meteorologie durch mehr denn dreißig Jahre geradezu für seine Ansichten zu monopolisieren gewußt.

Ein Schüler von Brandes, nach eigener Aussage aber besonders durch ein in Deutschland weniger verbreitetes Werk des englischen Physikers Daniell¹⁾ beeinflusst,²⁾ war der junge

¹⁾ J. F. Daniell, *Meteorological Essays*, London 1823.

²⁾ Dove, *De barometri mutationibus*, Berlin 1826, S. 26 ff. „Daniellum saepius vera vidiisse, verisimillimum est.“

Dove in seiner soeben zitierten Erstlingsarbeit keineswegs ein grundsätzlicher Gegner des Erstgenannten. Nachdem er im Sinne von Ramond und v. Buch (s. o.) von den Beziehungen zwischen thermischen und barischen Schwankungen in der Atmosphäre gehandelt hat, stellt er selber eine These auf, welche wörtliche Anklänge an den Brandesschen Lehrsatz erkennen läßt.¹⁾ Allein die Hoffnung, durch Übertragung des nur für eine bestimmte Erdzone gültigen Hadley'schen Prinzipes auf die ganze Erdkugel ein allgemeingültiges Gesetz konstruieren zu können, scheint ihn zum Verzicht auf eine Vorstellung bewogen zu haben, die freilich nur ein ganz individualistisches Gepräge besaß und jenen großzügigen Plänen, mit denen sich eine gerade erst der naturphilosophischen Periode entwachsene Wissenschaft nur allzu gerne trug, viel zu wenig entgegenkam. Auch verstieß es gegen die Gerechtigkeit, wollte man nicht einräumen, daß das sogenannte Drehungsgesetz das Ergebnis einer ebenso scharfsinnigen, wie mühevollen Arbeit darstellt, ein Ergebnis zudem, welches nach Augustins²⁾ Überprüfung für ein sicherlich weit ausgedehntes, aber freilich nicht zusammenhängendes Gebiet Gültigkeit hat und zumal für jenen Teil Mitteleuropas, der zunächst in Frage kam, wegen der Lage der Depressionszugstraßen sehr viele Treffer aufweisen konnte. Wenn Dove dieser Überzeugung zuliebe seine ursprüngliche Meinung,³⁾ daß der Wirbelcharakter der Luftbewegung ein allgemeiner sei, aufgab⁴⁾ und zwischen Wirbelstürmen

¹⁾ Ebenda, S. 17 ff. „Minima mercurii altitudine uno loco enata, venti fere semper ex ea regione spirant, ubi barometri altitudo major . . . ita ut aër ab omnibus partibus in illud minimi pressus centrum fluere videatur.“

²⁾ Augustin, Über die jährliche Periode der Richtung des Windes in Mittel- und Westeuropa, Meteorol. Zeitschr., 4. Band (1887), S. 401 ff. Vgl. auch: Satke, Die Drehung des Windes in der jährlichen Periode, Das Wetter, 4. Jahrgang, S. 34 ff.

³⁾ Dove, Einige meteorologische Untersuchungen über den Wind, Poggendorffs Ann., 11. Band (1827), S. 545 ff.

⁴⁾ Hierübergibt u. a. Aufschluß van Bebbber (a. a. O., 1. Bd., S. 281 ff.).

und gewöhnlichen Winden einen prinzipiellen Unterschied zu machen begann, so dürfen wir das unter dem Gesichtspunkte, der damals für ihn bestimmend war, kaum tadeln, und daß er sogar den wirklichen Stürmen zum Teil den zyklonalen Typus absprechen wollte, lag nur in der Richtung der neuen Ideen, zu welchen er sich durchgearbeitet hatte. Durfte er sich doch auch der begeisterten Zustimmung der überwiegenden Mehrzahl seiner Zeitgenossen erfreuen, deren namhaftester Systematiker sich in seinen Lehrbüchern¹⁾ unbedingt auf seine

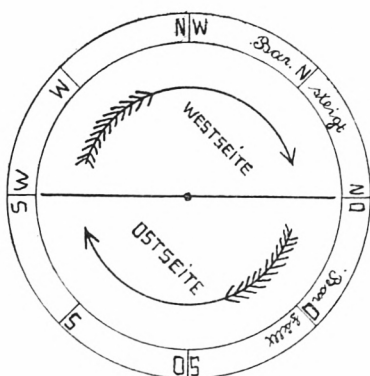


Fig. 2. Doves Barometer auf der nördlichen Halbkugel.

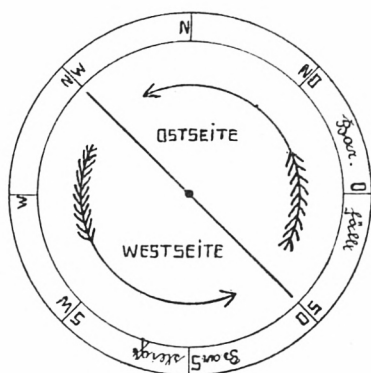


Fig. 3. Doves Barometer auf der südlichen Halbkugel.

Seite stellte. Wir werden später noch kurz an die Kämpfe zu erinnern haben, unter denen die Meteorologie sich dem Zauber der inzwischen allzu schematisch gewordenen Doveschen Theorie entwand. Für jetzt sei nur festgestellt, daß in deren Sinne Fig. 2 und Fig. 3 den Gang des Barometers für die beiden Halbkugeln der Erde veranschaulichen.²⁾ Es ist

¹⁾ Kämtz, Lehrbuch der Meteorologie, 1. Band, Halle a. S. 1831: Derselbe, Vorlesungen über Meteorologie, ebenda 1840. Im Geiste Doves stellt auch die Mechanik der atmosphärischen Bewegungen dar das in seiner Art ausgezeichnete, noch jetzt vielfach zu Rate gezogene Werk von E. Schmid (Lehrbuch der Meteorologie, Leipzig 1860).

²⁾ Zur Erläuterung der Zeichnungen mögen Doves eigene Worte Platz finden (a. a. O.). „Das Barometer fällt bei Ost-, Südost- und Süd-

nämlich auch nicht zu verschweigen, daß Dove selbst damals, als er eine Wirbelbewegung der Luft in der Nachbarschaft der Depressionszentren annahm, den dortigen tiefen Barometerstand nicht sowohl als Ursache, sondern nur als Folgeerscheinung des Wehens der Winde betrachtete. Deshalb haben wir kein Recht, ihn als den ersten zu feiern, der den dritten Hauptteil des barischen Windgesetzes in seiner kausalen Bedeutung erkannte, so ungemein nahe er auch dieser wichtigen Entdeckung gewesen ist.

Dieses Verdienst scheint vielmehr, was ebenfalls, wie es scheint, noch nicht wahrgenommen wurde, Muncke zuzugehören. „Die Erfahrungen,“ sagt derselbe,¹⁾ „auf welche die älteren Physiker, zu denen namentlich auch Franklin²⁾ gehört, sich stützten, würden die einander scheinbar widersprechenden Resultate nicht ergeben haben, wenn man dabei den Umstand nicht übersehen hätte, daß die Luftbewegung bei den Winden wohl niemals eine geradlinige ist, wie man annahm, sondern vielmehr eine drehende in engeren und weiteren Kreisen, woraus dann zugleich die Umkehrung der Windrichtung, namentlich bei heftigen Stürmen, sehr leicht erklärlich wird, sofern den nämlichen Ort zuerst die eine und später die entgegengesetzte Seite des fortschreitenden Wirbels trifft.... Aus diesen vereinten, zum Teil entgegengesetzt wirkenden Ursachen wird die so ausnehmend unstäte und bedeutend wechselnde Richtung der Windfahnen, das unaufhörliche Schwanken derselben, wie nicht minder der veränder-

winden, geht bei Südwest aus Fallen in Steigen über, steigt bei West-, Nordwest- und Nordwinden und geht bei Nordost aus Steigen in Fallen über.“ So auf der nördlichen Hemisphäre; auf der südlichen treten die entsprechenden Umkehrungen ein, indem auf der ersteren der Wind im Drehsinne des Uhrzeigers und auf der letzteren gegen den Sinn des Uhrzeigers seine Umsetzung vollzieht.

¹⁾ Muncke, a. a. O., S. 1965.

²⁾ Angespielt wird auf eine für die Existenz „negativer Winde“ eintretende Abhandlung B. Franklins (Meteorological Imaginations and Conjectures, Manchester 1777; deutsche Übersetzung gewisser Franklin'scher Werke von Wenzel, 2. Teil, Dresden 1780, S. 104 ff.).

liche Barometerstand leicht erklärbar.“ Es wurden hier nur zwei besonders bezeichnende Sätze wiedergegeben; aber wenn man überhaupt den ganzen einschlägigen Abschnitt nachliest, so staunt man fast, einer Reihe ganz auffälliger Anklänge an die moderne Meteorologie zu begegnen. Man kann nicht umhin, darin die ganz unzweideutige Betonung des dritten Satzes zu erkennen, der im barischen Windgesetze als Teilwahrheit enthalten ist. Damit schließt sich folglich den von Lambert und Brandes in die atmosphärische Physik hineingetragenen Neuerungen als eine dritte die folgende an, deren Wesen sich in eine kurze These zusammendrängen läßt.

Die Tatsache, daß allen Ausgleichsbewegungen in den unteren Schichten des Luftmeeres ein zyklonaler Charakter beizulegen, zwischen den Wirbelstürmen der tropischen und den sanften Winden der gemäßigten Zone sonach bloß ein gradueller und kein prinzipieller Gegensatz anzunehmen sei, ist im Jahre 1842, als gerade Doves Herrschaft über die Geister ihrem Höhepunkte sich zu nähern anfang, von Muncke in Heidelberg unverhüllt und korrekt festgelegt worden.

Auf deutschem Boden war einstweilen für alle diese wichtigen Gesichtspunkte kein Erfolg zu erwarten; zwanzig Jahre sollten vergehen, ehe die ersten Auflehnungen gegen die Einseitigkeit der Umsetzungstheorie bemerkbar wurden. Das Ausland mußte das Seinige dazu tun, um eine Bresche in das regierende System zu legen, und das konnte um so eher geschehen, weil dort Doves Lehren zwar ebenfalls achtungsvoll aufgenommen, nicht aber zu beinahe dogmatischer Geltung gelangt waren. Und zwar begann die Reform nicht in der Alten Welt, sondern beinahe ausschließlich Amerika muß das Verdienst zugesprochen werden, die dynamische Meteorologie auf eine neue Grundlage gestellt zu haben. Buys Ballots Reform ist nicht denkbar ohne die Tätigkeit seiner Vorgänger in den Vereinigten Staaten und in Britisch-Nordamerika.

Der Chemiker R. Hare aus Philadelphia hat sich, während seine reiche literarische Tätigkeit hauptsächlich seinem eigentlichen Fache galt, nur mehr gelegentlich auch mit Fragen der Atmosphärologie beschäftigt¹⁾ und dabei allerdings noch die zentripetale Auffassung der normalen Windbewegung, so wie man sie Brandes (s. o.) beilegt, im Gegensatze zu dem Wirbeln der großen Drehstürme vertreten. Auch Espy stand,²⁾ indem er sich von seinen Erfahrungen über die Fallrichtung der von Stürmen niedergeworfenen Bäume leiten ließ, auf dem Standpunkte, der Wind folge der Richtung des Gradienten. Es ist bekannt, daß er darin gar nicht so unrecht hatte; denn gerade dann, wenn die Energie eines sich rasch fortbewegenden Sturmfeldes eine recht bedeutende ist, wird der Winkel, den die Richtung der Windbahnen an der Vorderfront des Feldes mit der normalen Trajektorie des Isobarensystemes bildet, ein immer kleinerer, so daß geradezu die Allgemeingültigkeit des Buys Ballotschen Gesetzes in Frage gestellt erscheint.³⁾

1) R. Hares hier in Betracht zu ziehende Arbeiten sind vor allem diese: *Causes of the Tornado or Waterspouts*, Transactions of the American Philosophical Society, 32. Band [1837], S. 153 ff.; *Objections to Redfields Theory of Storms*, ebenda, 42. Band [1842], S. 122 ff.; 43. Band [1842], S. 214 ff. Vgl. dazu van Bebbers Werk (a. a. O., 2. Band, S. 196).

2) J. Espy, *Philosophy of Storms*, London 1841; *On Storms*, Report of the British Association for the Advancement of Science, 1840. Vgl. van Bebbier, a. a. O., 1. Band, S. 251; 2. Band, S. 196 ff.

3) Darauf, daß heftige Stürme eine solche Abweichung mit sich bringen, hat wohl zuerst W. v. Bezold aufmerksam gemacht (Über die Verteilung des Luftdruckes und der Temperatur während größerer Gewitter, Zeitschr. d. österr. Gesellsch. f. Meteorol., 18. Band, S. 281 ff.). Daß die Anomalie bloß eine scheinbare ist, läßt sich an der Hand der Guldberg-Mohnschen Formeln leicht dartun (Günther, Die Mechanik der Gewitterfortpflanzung, Humboldt, 7. Jahrgang, S. 418). Allgemein erörterte die Fälle anscheinenden Versagens des barischen Windgesetzes Möller (Über Windrichtungen, welche vom Buys Ballotschen Gesetze abweichen, Zeitschr. d. österr. Gesellsch., 19. Band, S. 80 ff.), und einen weiteren Beitrag zu dieser Diskussion lieferte Lancaster (*Discussion des observations faites d'orages en Belgique pendant l'année 1879*, Brüssel 1885).

Jedenfalls aber hatten Hare und Espy dadurch einen wirklichen Fortschritt in die Wege geleitet, daß sie auf das Fortschreiten der Sturmzentren hinweisen. Noch mehr Material für die Richtigkeit dieser Ansicht wurde von dem New Yorker Redfield beigebracht, dessen ganzes Leben ausschließlich der Erforschung der Sturmgesetze gewidmet war.¹⁾ Indem er die noch bei Hare und Espy nicht abgestreifte Hinneigung zu fremdartigen Hypothesen, die Hereinziehung elektromagnetischer Faktoren in die Mechanik der Stürme gänzlich überwand, konnte er die Bewegungszustände in der Umgebung der fort-rückenden Minima mehr als bisher klären, wobei er freilich insofern noch immer an der vollen Durchdringung des Geheimnisses sich gehindert sah, als er die rotatorische Bewegung der Luftteilchen nicht in spiralgigen Kurven, sondern in Kreisen sich vollziehen ließ. Hierin traten ihm zwei andere Sturmforscher wesentlich bei: W. Reid,²⁾ dem als lange Jahre

¹⁾ Aus dem Ertrage eines fast vier Jahrzehnte umfassenden schriftstellerischen Lebens seien die nachstehenden, keineswegs auf Vollständigkeit abzielenden Proben vermerkt: *Remarks on the prevailing Storms at the Atlantic Coast of the North American States*, Sillimans American Journal of Science, 20. Band (1831), S. 17 ff.; *On the Hurricanes and Storms of the West Indies and the Coast of the United States*, ebenda, 25. Band (1833), S. 311 ff.; *On the Courses of Hurricanes, with Notices of the Typhoons of the China Sea and other Storms*, ebenda, 35. Band (1839), S. 201 ff.; *Notice of Dr. Hares' Objections to the Whirlwind Theory on the Laws of Storms*, ebenda, 44. Band (1843), S. 384 ff.; *On the three several Hurricanes of the American Seas, and their Relation to the Northern so called of the Gulf of Mexico*, Sillimans New Journal etc., 1. Band (1846), S. 4 ff., 2. Band (1846) S. 333 ff.; *On various Pacific Cyclones and Typhoons*, ebenda, 24. Band (1857), S. 21 ff. Die Notwendigkeit einer durchgreifenden Revision des damals einigermaßen der Schablone verfallenen Systemes der Meteorologie hatte sich bei diesen auf ein hochwichtiges Spezialproblem gerichteten Studien Redfield sehr bestimmt aufgedrängt, wie sein 1850 der nordamerikanischen Naturforscherversammlung erstatteter Bericht beweist (*On the apparent Necessity of revising the received Systems of Dynamical Meteorology*). Einiger hier noch nicht aufgezählter Abhandlungen wird gleich nachher noch eigens Erwähnung zu tun sein.

²⁾ W. Reid, *An Attempt to develop the Laws of Storms*, London

auf den Bermudas und Kleinen Antillen wohnenden Beamten eine ausgedehnte Sachkenntnis zur Seite stand, und Piddington,¹⁾ der zwar auch noch mit Peltier²⁾ elektrische Kräfte für die Bildung der Wirbelstürme verantwortlich machen wollte, sich jedoch durch diese vorgefaßte Meinung nicht abhalten ließ, die zyklonale Bewegungsform gründlich zu untersuchen. Bei ihm kommt das seitdem so viel gebrauchte und erheblich verallgemeinerte Wort Zyklone erstmalig vor.

In seinen späteren Jahren hat Redfield, wie die damals entstandenen Arbeiten³⁾ ersehen lassen, an seiner ursprünglichen Auffassung eine Korrektur angebracht, durch welche jene der in der Gegenwart obwaltenden wesentlich näher gebracht ward. Er ging nämlich von der reinen Kreisbahn ab und erklärte die Wege der um ein Depressionszentrum wirbelnden Teilchen für spiralförmig, was sie tatsächlich sind. In seinen Figuren allerdings trug er der neuerworbenen Erkenntnis keine Rechnung, sondern behielt die bequemere Kreislinie bei. Aber sachlich war ihm auch wahrscheinlich geworden, daß sich der Einfluß der Erdumdrehung auf den Drehsinn für beide Hemisphären der Erdkugel verschieden gestalten müsse. Ein weiterer Fortschritt, den man Redfield verdankt, besteht darin, daß er mehr und mehr den bisher aufrechterhaltenen Unterschied zwischen tropischen und gewöhnlichen Stürmen fallen ließ. In allen diesen Punkten traf Reid mit seinem Nachbarn in der Union der

1838 (auch ins Chinesische übersetzt); *The Progress and the Development of the Laws of Storms and Periodical Winds*, ebenda 1849.

1) Piddington, *The Sailors Horn-Book for the Law of Storms*, New-York 1840; *Guide du marin sur la loi des tempêtes* (französische Bearbeitung), Paris 1859.

2) Über Peltiers Hypothese und verwandte Anschauungen orientiert am besten A. C. Becquerel (*Traité de l'électricité et du magnétisme*, 5. Band, Paris 1840, S. 184 ff.).

3) Redfield, *Effects of the Earth's Rotation upon falling Bodies and upon the Atmosphere*, Sillim. New Journal, 3. Band (1847), S. 283 ff.; *On the Spirality of Motion in Whirlwinds*, ebenda, 23. Band (1857), S. 23 ff.

Hauptsache nach zusammen. So war durch die transatlantischen Angelsachsen der Einblick in den Zusammenhang der atmosphärischen Bewegungen um ein gutes Stück vertieft worden,¹⁾ allein jenseits des Ozeanes kam man deshalb nicht so bald zu einer ganz zutreffenden Bewertung der amerikanischen Errungenschaften, weil sich Dove derselben ganz zu bemächtigen und sie mit seltenem Geschicke in seine eigene, bei näherem Zusehen doch auf ganz anderen Voraussetzungen aufgebaute Theorie der Stürme, die er in mehreren Schriften²⁾ vertrat, zu verweben wußte. Im übrigen trat die Verquickung dynamisch-meteorologischer und elektrischer Hypothesen, die gerade in Amerika ihren Sitz hatte,³⁾ der Verbreitung der gesunden, dort gefundenen Maximen hindernd in den Weg.

Sogar bei dem genialen Geophysiker Maury, dessen „Sailing Directions“ eine neue Epoche der Schifffahrtskunde einleiteten, spielt noch der Gedanke, daß der Erdmagnetismus die Winde in ihrem Wechselspiele maßgebend beeinflusse, eine nachteilige Rolle. Was er darüber gedacht und gefunden, hat er in seinem Hauptwerke⁴⁾ niedergelegt, und es zeigt sich,

¹⁾ Für die Einbürgerung der neuen amerikanischen Lehren leistete viel das treffliche Werk von Reye (Die Wirbelstürme, Tornados und Wettersäulen in der Erdatmosphäre mit Berücksichtigung der Stürme in der Sonnenatmosphäre, Hannover 1872, 1880).

²⁾ Dove, Über das Gesetz der Stürme Berlin 1857; Die Stürme der gemäßigten Zone, mit besonderer Berücksichtigung des Winters 1862—1863, ebenda 1863.

³⁾ Einen charakteristischen Beleg für diese Behauptung erbringt u. a. das merkwürdige Werk eines Kapitäns Ch. Wilkes (Theory of the Winds, New York 1856). Zwar wird von der Grundvorstellung ausgegangen, daß Temperaturdifferenzen innerhalb der Lufthülle als die einzige Ursache anzusehen seien, welche den Wind hervorruft und ihm seine Richtung anweist, allein trotzdem muß auch die Elektrizität mitwirken, um die wirklich beobachteten Bewegungsformen erklären zu helfen, und damit ist natürlich eine einheitliche, mechanischen Grundregeln angepaßte Deutung der Vorgänge so gut wie unmöglich gemacht.

⁴⁾ M. F. Maury, The Physical Geography of the Sea, New York 1855. An diesem Orte wird Bezug genommen auf Boettgers deutsche Ausgabe: Die physische Geographie des Meeres, Leipzig 1859.

daß dabei einerseits mancher der neueren Doktrinen über die allgemeine Luftzirkulation vorgegriffen, andererseits jedoch im großen und ganzen über das schon von Hadley (s. o.) erreichte Niveau nicht eigentlich hinausgegangen wird. Man könnte sagen, es seien nur dessen Festsetzungen über die Passate verallgemeinert worden. Manches, was Maury aus der Annahme eines unteren und oberen Luftstromes ableitet, so zumal die fünf „Kreuzungen“ am Äquator, an den beiden Wendekreisen und in der Nähe der Pole, hat sich nicht auf der wissenschaftlichen Tagesordnung zu erhalten vermocht. Die ablenkende Aktion der Erdumdrehung schien ihm wesentlich nur auf meridionale Windrichtungen beschränkt zu sein.

Weit über Maurys Konstruktionen, deren Schematismus denjenigen der Doveschen Winddrehungsregel noch hinter sich ließ, gehen die bereits ganz in modernem Fahrwasser sich bewegenden Bearbeitungen der Windgesetze, welche man den Amerikanern Coffin und Ferrel zu danken hat. Buys Ballot selbst hat auch in Erinnerung gebracht,¹⁾ daß Lloyd in Dublin bereits 1854 eine Teilwahrheit des allgemeinen Gesetzes ermittelt habe; man darf diese Erkenntnis, daß nämlich auf der Nordhalbkugel das Depressionszentrum zur Linken der Windrichtung gelegen sei, aber wohl schon auf das Jahr 1849 zurückdatieren.²⁾ Selbstverständlich handelte es sich aber damals noch um einen Sonderfall, insofern die Windverhältnisse der Insel Irland in Betracht kamen. Auch Coffin hatte einstweilen nur die Zustände der Atmosphäre über Nordamerika im Auge,³⁾ allein da man es in diesem Falle mit einer ungeheueren Landfläche zu tun hatte, so näherte sich die ge-

¹⁾ Buys Ballot, Schreiben an J. Hann, Zeitschr. d. österr. Gesellschaft f. Meteorologie, 12. Band (1885), S. 95.

²⁾ H. Lloyd, Notes on the Meteorology of Ireland, Transactions of the Irish Academy of Sciences, 22. Band (1855), S. 284 ff.

³⁾ J. Coffin, On the Winds of the Northern Hemisphere, Sillim. New Journal, 6. Band (1848), S. 398 ff.; On the Currents of the Atmosphere, Proceed. of the Amer. Assoc., 1858, S. 200 ff.; On the Winds of the Southern Hemisphere, ebenda, 1859, S. 284 ff.

machte Wahrnehmung doch weit mehr der Einsicht in eine mehr durchgreifende Gesetzmäßigkeit. Nicht weniger als 107 genaue Beobachtungsreihen, die sich zum guten Teile auf den lange unerschlossenen Westen des Kontinentes erstreckten, war er für seine Vergleichung auszunützen in der Lage, und indem er aus den Einzelrichtungen nach Lamberts bekannter Vorschrift¹⁾ einen Durchschnitt bildete, berechnete er den Winkel, den diese mittlere Windrichtung mit der nach Süden gehenden Mittagslinie einschließt, d. h. also das mittlere Azimut, zu angenähert 86°. Die ungleichmäßige Verteilung der Temperatur erzeugt, wie er feststellt, auch eine ebensolche Verteilung des Luftdruckes, und indem diese Ungleichheiten sich auszugleichen bestrebt sind, kommt unter der konkurrierenden Einwirkung der Erdumdrehung jener Westwind zustande. Die von Coffin formulierte These würde in deutscher Übertragung den folgenden Wortlaut haben:

Ein Wind der Nordhalbkugel hat stets das Gebiet schwächsten Druckes zu seiner Linken und das Gebiet stärksten Druckes zu seiner Rechten, während auf der Südhalbkugel die Dinge sich umgekehrt verhalten. Es scheint von diesem Gesetze keine Ausnahme zu geben.

Man sieht, daß Coffin die Luftbewegungen Nordamerikas sofort als normativ auf diejenigen der Gesamterde übertragen hat. In dieser großartigen Konzeption liegt offenbar ein hoher Vorzug, dessen man nur, weil Europa nicht unmittelbar in Betracht gezogen war, bei uns nicht rechtzeitig inne geworden ist. Was der amerikanische Astronom auf statistischem Wege erreichte, das strebte sein Landsmann Ferrel²⁾ auf dem

¹⁾ Lambert, Sur les observations du vent, Mém. de l'Acad. de Berlin, 1777, S. 26 ff.; Pernter, Die Lambertsche Formel, Meteor. Zeitschr., 8. Band (1891), S. 193 ff.

²⁾ S. Ferrel, An Essay on the Winds and the Currents of the Ocean, Nashville Journal, 11. Band, Nr. 4 und 5; The Motion of Fluids and Solids relative to the Earth's Surface, New York 1859/60. Die erst-erwähnte, bahnbrechende Abhandlung wurde neu aufgelegt in einem

theoretischen an, indem er von den Fundamentalgleichungen der Bewegung seinen Ausgang nahm. Man hat wohl ein Recht, zu sagen, daß auch Dove und Maury (s. o.) das Bild einer die Gesamterde umspannenden atmosphärischen Zirkulationsbewegung zu zeichnen versucht hatten, aber ihre Bemühungen waren nicht von wirklichem Erfolge gekrönt. Anders bei Ferrel, dessen Hauptsatz, daß den Parallelkreisen von $\pm 35^\circ$ eine Häufung der Luftmasse entsprechen müsse, während von dort aus pol- und äquatorwärts eine Einsenkung auftrete, durch die mit den modernsten Hilfsmitteln geführte Untersuchung Sprungs¹⁾ bestätigt wurde. Durch Ferrel und seinen viel zu wenig beachteten Konkurrenten James Thomson²⁾ ist das vorher allzu schematisch angegriffene Zirkulationsproblem seiner Lösung zugeführt worden. Für uns jedoch, die wir hier gerade die örtlichen Bewegungen zu betrachten verpflichtet sind, steht von Ferrels Forschungsergebnissen ein anderes oben an. Was kurz vorher Foucault durch seinen berühmt gewordenen Pendelversuch ermittelt hatte,³⁾ das konnte der amerikanische Mathematiker als ein durchgehendes Naturgesetz erweisen:

Jedwede nicht dem Äquator folgende Horizontal-

Sammelwerke: Popular Essays on the Movements of the Atmosphere, Washington 1882 (Professional Papers of the Signal Office, Nr. 12).

¹⁾ Sprung, William Ferrels Untersuchungen über atmosphärische Wirbel, Zeitschr. d. österr. Gesellschaft f. Meteorol., 17. Band, S. 161 ff., S. 276 ff. Eine gute Übersicht gewährt auch ein Aufsatz von Pernter (Die allgemeine Zirkulation der Erdatmosphäre, Das Wetter, 1890, S. 11 ff., S. 158 ff.).

²⁾ J. Thomson, On the Grand Currents of the Atmospheric Circulation, Report of the British Association for the Advancement of Sciences, 1857, S. 38 ff. Man hatte dieses bedeutsame Dokument der meteorologischen Entwicklungsgeschichte ganz aus dem Auge verloren, als G. H. Darwin es wieder unverdientem Dunkel entriß (Opening Address of the Section A of the British Association, Nature, 34. Band, S. 420 ff.).

³⁾ Foucault, Démonstration physique du mouvement de rotation de la terre au moyen du pendule, Compt. Rend. de l'Acad. Française, 32. Band (1851), S. 138 ff.

bewegung, also keineswegs bloß die in meridionaler Richtung vor sich gehende, wird durch die Erdrotation mit einem Impulse abgelenkt, der nur von der geographischen Breite abhängig ist.

Seit Ferrels genereller Durcharbeitung des Ablenkungsgesetzes weiß man, daß mit sehr großer Annäherung — die genaue Formel muß allerdings auch auf das Anfangsazimut Rücksicht nehmen¹⁾ — jener Impuls dem Sinus der Polhöhe proportional ist.²⁾ Auch die spiraloge Natur der Windbahnen im zyklonalen Felde wurde aufs neue hervorgehoben. Nur in einem wichtigen Punkte blieb Ferrel noch hinter der bei anderen bereits nachweisbaren Erfassung der Wirklichkeit zurück; er konnte sich noch nicht von dem Irrtum frei machen, daß ein Zyklonengebiet allseitig von einem Bezirke entgegengesetzt gearteter Luftbewegung umschlossen sein müsse.

Nach dieser Seite hin hat, völlig unbeeinflusst von den ihm noch ganz unbekannt gebliebenen Arbeiten Buys Ballots, der Engländer Galton Wandel geschafft, indem er seine Aufgabe darin erblickte, die Wechselbeziehungen zwischen Maximum und Minimum aufzuklären. Man solle, so urteilte er mit Recht, nicht bloß die horizontale Bewegungskomponente berücksichtigen, die ja allerdings aus den Isobarenkarten allein entnommen werden könne,³⁾ sondern auch die

¹⁾ Dies beweist Finger (Über den Einfluß der Erdrotation auf parallel zur sphäroidischen Erdoberfläche in beliebigen Bahnen vor sich gehende Bewegungen, Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch. zu Wien, Math.-Phys. Kl., 76. Band, S. 67 ff.).

²⁾ Den ganzen Fragenzyklus, welcher mit den beiden hier genannten Problemen untrennbar verknüpft ist, sucht unter einem vereinigenden Gesichtspunkte abzuhandeln eine frühere Abhandlung (Günther, Die sichtbaren und fühlbaren Wirkungen der Erdrotation, Humboldt 1. Jahrgang, S. 328 ff., S. 359 ff.).

³⁾ Immerhin hat auch gerade aus den die Druckverteilung darstellenden Karten Stevenson die umgekehrte Proportionalität der beiden Größen Windstärke und Gradientenlänge herausgelesen, das notwendige Korrelat des Buys Ballotschen Gesetzes. Die Zusammengehörigkeit dieser Sätze bespricht A. Supan (Statistik der unteren Luftströmungen, Leipzig 1881, S. 3 ff.).

vertikalen Strömungen als gleichberechtigt anerkennen.¹⁾ Hier stoßen wir zuerst auf den Hinweis, daß die barometrische Elevation von absteigenden, die barometrische Depression von aufsteigenden Bewegungen umgeben sei, daß jedoch eben diese stetig ineinander übergehen müßten. Galton ist, möchte man sagen, für die Antizyklogen das geworden, was Buys Ballot für die Zyklonen bedeutet. Mit Nachdruck betont er, daß die

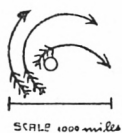


Fig. 4.

vom Maximum ausstrahlenden Luftbahnen sofort scharf nach rechts (auf unserer Halbkugel) umbiegen, um sodann in den Weg gegen das Minimum hin überzugehen. In Fig. 4 ist die entsprechende Zeichnung zu sehen. Reproduzieren wir den etwas umständlich eingekleideten Satz, in welchem Galton

das Fazit seiner Beobachtungen zieht, in unserer Sprache, so können wir dies in folgender Weise tun:

Jedesmal dann, wenn die Verteilung des Luftdruckes wohl umschriebene Bereiche von barometrischem Hoch- und Tiefstande hervortreten läßt, deren mittlere Entfernung nicht über etwa 2400 km hinausgeht, bewegt sich die Luft vom Maximum zum Minimum derart, daß die Verbindungslinie beider Punkte unter Winkeln von beiläufig 45° geschnitten wird.

Fig. 5 stellt uns Galtons Originaldiagramm vor Augen, und es ist einleuchtend, daß in ihm der Gegensatz von zyklonaler und antizyklonaler Bewegung zu klarem Ausdrucke gelangt, indem nur das Einströmen in das Minimum, welches ja in Wahrheit einen asymptotischen Punkt bildet, nicht ganz mit den Tatsachen sich deckt. Mag auch

Fig. 5. Highbarom. Low barom.
Galton's dispersion and indraught.

¹⁾ F. Galton, A Development of the Theory of Cyclones, Proceedings of the Royal Society, 12. Band (1863), S. 385 ff.

jene durchsichtige Formulierung vermißt werden, in welcher eines der Hauptverdienste Buys Ballots zu suchen ist, so läßt sich doch sicherlich nicht in Abrede stellen, daß der eigentlich springende Punkt auch hier getroffen ist. Und fast unbegreiflich erscheint, daß bisher die Leistung Galtons so gut wie ganz¹⁾ der Vergessenheit hat verfallen können.

Aus der Zeit nach Brandes (s. o.) konnte von deutschen Leistungen auf dem von uns betrachteten Gebiete nichts berichtet werden, weil eben Doves Suprematie gerade in unserem Vaterlande kaum je angefochten ward. Gleichwohl fehlt es durchaus nicht ganz an hierher gehörigen Versuchen, abseits des sozusagen offiziellen Weges die meteorologische Dynamik zu fördern; aber es ist ein charakteristisches Zeichen für die damalige Zeit, daß man sich fast gar nicht um diese achtungswerten Bestrebungen kümmerte, weil sie den Stempel der Anerkennung des Meisters nicht trugen. Um so mehr besteht für uns die Pflicht, diesen so ganz wenig bekannten Stadien des Erkenntnisfortschrittes gerecht zu werden.

Ein deutscher Physiker, dessen Arbeiten sich überhaupt durch ihre Selbständigkeit auszeichnen, hatte die Frage aufgeworfen,²⁾ ob bei der barometrischen Höhenmessung auch die Windrichtung einen Einfluß äußern könne; Beobachtungen wurden zur Beantwortung dieser Frage systematisch in Clausthal, Halberstadt und Magdeburg angestellt. Ein paar Jahre später nahm Dippe in Schwerin die Untersuchung von neuem auf³⁾ und führte sie nach einer scharf-

¹⁾ Nur gestreift wird Name und Wirksamkeit des Mannes in dem gründlichen Werke van Bebbbers (1. Band, S. 386); indessen wird dort nicht die oben angeführte Abhandlung, sondern ein etwas später publiziertes Werk zitiert, nämlich Galtons Ausgabe des „Weather Book“ des Admirals Fitzroy (London 1861).

²⁾ G. A. Erman, Über einige barometrische Beobachtungen und die Folgerungen, zu denen sie veranlaßten, Poggendorffs Ann. d. Phys. u. Chem., 88. Band (1853), S. 260 ff.

³⁾ M. C. Dippe, Die Ungleichheiten des Barometerstandes an benachbarten, in gleicher Höhe über dem Meere gelegenen Stationen, und

sinnig erdachten Methode durch. Die drei Orte, welche er der Vergleichung unterstellte, waren die mecklenburgischen Städte Wustrow, Schönberg und Schwerin, für welche er bezüglich aus dreijährigen Aufzeichnungen die barometrischen Mittel gleich 336,66 resp. 336,60 und 335,31 Pariser Linien gefunden hatte. Natürlich werden diese Werte, eben weil sie einen Durchschnitt darstellen, nur gelegentlich erreicht; in einem beliebigen konkreten Falle sind die abgelesenen Barometerstände davon etwas verschieden. Sie seien b_1, b_2, b_3 . Nunmehr werden die sich ergebenden Differenzen

$$b_1 - b_2, b_1 - b_3; b_2 - b_1, b_2 - b_3; b_3 - b_1, b_3 - b_2$$

zu den an den drei Normalorten beobachteten Windrichtungen in Beziehung gesetzt, wobei die Besselsche Formel²⁾ ihre Dienste zu leisten hat. Aus den Rechnungen zieht Dippe zwei resultierende Sätze ab:

„I. Der Barometerstand an einer Station A ist im Vergleiche mit dem Barometerstande an einer anderen Station B nicht dann am höchsten, wenn der Wind von A nach B hinweht, sondern wenn die Richtung des Windes mit der Verbindungslinie AB der Stationen einen mehr oder minder beträchtlichen Winkel bildet.“

„II. Die Richtung des Windes, bei welcher der Barometerstand an der ersten Station ein relatives Maximum ist, weicht in allen Fällen ohne Ausnahme von der Verbindungslinie der Stationen in demselben Sinne ab, und zwar in dem Sinne des Doveschen Drehungsgesetzes oder in dem Sinne der täglichen Bewegung der Sonne.“

Damit ist offenbar das Wesen der Luftbewegung in der Nähe des Maximums ganz im Einklange mit dem barischen Windgesetze, von dessen schüchternem Auftreten Dippe noch gar keine Kenntnis besaß, allgemein festgestellt. Daß die

Abhängigkeit dieser Ungleichheiten von der Richtung und Stärke des Windes, Beiträge zur Statistik Mecklenburgs, 2. Bd., 2. Teil, Rostock 1861.

²⁾ Bessel, Über die Bestimmung des Gesetzes einer periodischen Erscheinung, Astronom. Nachrichten, 6. Band, Sp. 333 ff.

Übereinstimmung des Drehsinnes einer Antizyklone mit demjenigen der Doveschen Drehungsregel nur eine ganz äußerliche ist, tut weiter nichts zur Sache; damals suchte ja jeder-mann ein neues Forschungsergebnis der herrschenden Doktrin anzupassen. Die Größe des von ihm ermittelten Ablenkungs-winkels bringt Dippe ganz richtig in Verbindung mit der Energie des betreffenden Windes; je nach der Windstärke fanden sich die Winkelwerte gleich $59^{\circ} 6'$, $65^{\circ} 18'$ und $61^{\circ} 54'$. Ermans (s. o.) Bestimmungen des vom Harzgebirge gegen das angrenzende Flachland wehenden Windes kommen auf ähnliche Zahlen hinaus.

Man kann sonach mit Hellmann¹⁾ es aussprechen, bei Dippe seien die „ersten Andeutungen über den Zusammen-hang zwischen Windstärke und barischem Gradienten“ nach-zuweisen. Allein wichtiger ist vielleicht noch seine exakte Analyse der Antizyklonalbewegung. Und vor allem ist bemerkenswert, festzustellen, durch Beschreitung welchen Weges der mecklenburgische Mathematiker sich der Entdeckung des wahren Sachverhaltes so augenfällig genähert hat. Ihn leiteten nicht theoretische Überlegungen aprioristischer Natur; er las nicht aus einer Fülle statistischer Daten eine Regel heraus, sondern indem er sich mit einer bestimmt umschrie-benen Aufgabe befaßte, führte ihn die zielbewußte Anwendung jenes machtvollen Rechnungsinstrumentes, welches uns Fourier und Bessel durch die Entwicklung nach trigonometri-schen Reihen überliefert haben,²⁾ zu einer — an sich ganz ungesuchten — Ermittlung der Größe des Winkels, welche die Windbahnen mit der zentripetalen Richtung einschließen.

Dippes Anregung blieb lange verschollen, weil sie an schwer zugänglichem Orte erschienen war und wegen des Titels der Untersuchung leicht übersehen werden konnte. Sie hätte jedoch, wäre sie konsequent verfolgt worden, ihrerseits unbedingt zu einer selbst-

¹⁾ Hellmann, Report. d. d. Meteorol., S. 971.

²⁾ Vgl. hiezu Ad. Schmidt, Über die Verwendung trigonometrischer Reihen in der Meteorologie, Gotha 1894.

ständigen, von den Methoden aller anderen Forscher unabhängigen Begründung des zugrunde liegenden Gesetzes hinführen müssen.

Um die Zeit, als Galton und Dippe dem alten Fundamentalprobleme der dynamischen Meteorologie noch unbekannte Seiten abgewannen, war Buys Ballot in rastlosem, gleichmäßig konsequentem, aber von Vorgängern und Zeitgenossen wenig beeinflusstem Studiengange mit dem Naturgesetze ins reine gekommen, welches zwei Jahrzehnte später, seinen Namen tragend, zu einer der festesten Grundlagen der meteorologischen Wissenschaft ausgestaltet werden sollte. Da die vorliegende Studie auch den Zweck einer vollständigen Aufklärung über die Prioritätsfrage vor sich hat, so wird es als eine Notwendigkeit zu erachten sein, daß auch der Werdegang des Gesetzes in seiner normativen Ausdrucksform von den Anfängen an dargelegt werde. Denn so wenig daran gezweifelt werden kann, daß es das höchste Interesse gewährt, das Auftauchen eines neuen Gedankens zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Orten kritisch zu prüfen, so bleibt es doch bei der alten, von der Geschichte aller Wissenschaften einmütig angenommenen Tatsache, daß nur der als der wahre Erfinder oder Entdecker angesehen werden kann, dem der volle Wert des von ihm gemachten Fundes zum klaren Bewußtsein gekommen ist.

Als Mathematiker, Physiker und Geologe tätig hatte der holländische Gelehrte (1817—1890) erst verhältnismäßig spät die Beziehungen zu der Disziplin gefunden, in welcher er unsterblich werden sollte. Eine Durchmusterung ozeanographischer Nachrichten hat ihn zuerst zu eingehenderer Beschäftigung mit den Winden veranlaßt,¹⁾ nachdem er einige Jahre zuvor auf der „Sonnenborgh“ bei Utrecht mit der Anstellung regelmäßiger Witterungsbeobachtungen begonnen hatte. Von Anfang an war er sich eines gewissen Gegensatzes gegen Dove

¹⁾ Buys Ballot, Uitkomsten van Wetenskap en Erfaring aangaande Winden en Zeestromingen in eenige Gedeelten van den Oceaan, Utrecht 1853.

bewußt,¹⁾ wogegen ihm die von Brandes inaugurierte, aber leider nicht ausgebaute synoptische Methode (s. o.) den Schlüssel für die Ergründung der die scheinbare Anarchie der Luftbewegungen durchdringenden Gesetzmäßigkeit darzubieten schien. Dreißigjährige Aufzeichnungen, die in Holland gemacht worden waren, ließen bei ihrer Durchmusterung kein so entschiedenes Überwiegen der Windumsetzung mit dem Uhrzeiger in die Erscheinung treten, wie es nach der Doveschen Regel hätte erwartet werden müssen, und so drängte sich die Durchführung eines Verfahrens ganz von selber auf, welches die Beurteilung des Zutreffens oder Versagens jenes angeblichen Gesetzes ganz wesentlich erleichtern mußte. Das Jahr 1854 brachte die erste einschlägige Note,¹⁾ in welcher eine neue Art meteorologischer Graphik in Vorschlag gebracht wurde.

Es wurden von dem Gebiete, dem die synoptische Unter-

¹⁾ Damit ist wohl in Einklang zu bringen, daß Buys Ballot in einer seiner frühesten Arbeiten (Einiges über das Dovesche Drehungsgesetz, Ann. d. Phys. u. Chem., 60. Band [1846], S. 447 ff., S. 553 ff.) sehr fleißig Belege für die Richtigkeit der Doveschen Theorie zusammengetragen hatte. An und für sich hätte ja sein synoptisches Verfahren zu deren Bekräftigung, wenn sie nur eben richtig wäre, sehr viel beitragen können. Er selbst schreibt (Zeitschr. d. österr. Gesellsch. f. Meteorol., 12. Band [1885], S. 95) darüber an Hann: „Meine Regel hat mir die Gunst meines hohen Gönners Dove gekostet. Er hatte mich eben den besten Verteidiger seines Gesetzes von der Drehung genannt, wie ich denn auch in Pogg. Ann. die ausführlichsten Belege dafür gegeben hatte, und nun mußte ich gerade das Umgekehrte beweisen.“ Eine anscheinend niemals zitierte, die anfängliche Abhängigkeit des holländischen von dem deutschen Meteorologen besonders klar erhellende Stelle sei hier noch angeführt. In einer Besprechung der Bestrebungen J. v. Lamonts, die alten Peißenberger Beobachtungen für die Wissenschaft nutzbar zu machen, sagt Buys Ballot (Bemerkungen zu den Ergebnissen aus den Hohenpeißenberger Beobachtungen, Ann. d. Phys. und Chem., 87. Band [1852], S. 547): „Der Strom, welcher von den Äquatorgegenden die Wärmeänderungen bringt, kann nicht direkt dahin gelangen; er streicht über den Hohenpeißenberg fort.“ Letzterer würde also, falls diese krasse Auslegung der Doveschen Ansicht berechtigt wäre, unter allen Umständen im Windschatten der Alpen liegen.

suchung gelten sollte, zwei Kärtchen gezeichnet, wie sie Fig. 6 und 7 veranschaulichen. Die erste dient lediglich zum Vergleichen, so daß also, wer mit Fig. 7 zu operieren hat, in Fig. 6 sich dafür den geographischen Schlüssel holen muß.¹⁾ Die den Ortszeichen beigesetzten kleinen Pfeile versinnlichen die Windrichtungen, indem zugleich eine Pfeilkrümmung auf Windwechsel hinweist. Horizontal- und Vertikalstrichelung deutet an, daß die augenblickliche Ortstemperatur unter- oder oberhalb des Mittels liegt. So gewinnt man also eine rasche und bequeme Übersicht über die Wind- und Wärmeverteilung

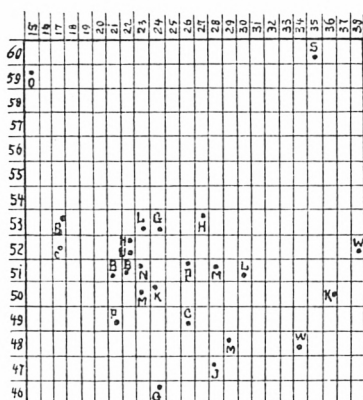


Fig. 6.
Buys Ballots Orientierungskarte.

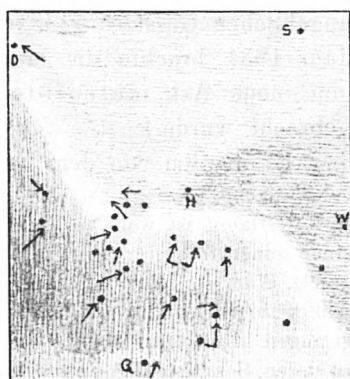


Fig. 7. Buys Ballots Wetterkarte
für den 30. Oktober 1852.

innerhalb eines gewissen Landstriches. Buys Ballot war der Meinung, es müsse, wenn von allen Teilen der Erde her solche Orientierungskarten einer mit deren Verarbeitung betrauten Zentralstelle geschickt würden, eine rasche Übersicht über die ganze Witterungslage und auch eine gewisse Vorausbestimmung künftiger Zustände ermöglicht werden. Darin täuschte er sich nicht, und vor allem kam sein synoptisches Verfahren der Theorie der Luftbewegungen selbst zugute.

¹⁾ Buys Ballot, Erläuterung einer graphischen Methode zur gleichzeitigen Darstellung der Witterungserscheinungen an vielen Orten, Poggend. Ann. d. Phys. u. Chem., 4. Erg. Bd. (1854), S. 559 ff.

Denn wenn man nunmehr in jedem Einzelfalle zu ermitteln in den Stand gesetzt wurde, woher der Wind kommt und wohin er geht, so ließ sich auch am ersten eine hier allenfalls obwaltende Gesetzmäßigkeit erkennen — zuerst offenbar auf ganz empirischem Wege und vorbehaltlich späterer deduktiver Bestätigung der gewonnenen Erfahrungssätze. So wie Buys Ballot (a. a. O.) zuerst die Grundwahrheit ausspricht, ist die Formulierung derjenigen, die wir (s. o.) bei Lambert antrafen, noch in nichts überlegen. „Wenn ich“, so sind seine Worte, „mehr Luftdruck habe als mir zukommt, so gibt es an anderen Orten andere, welche einen zu geringen Luftdruck haben; es wird also von hier, wo ich mich befinde, Luft zu den anderen Orten hinfließen — oder im entgegengesetzten Falle wird Luft zu mir herströmen“. Etwas grundsätzlich Neues war, wie der Leser dieser Abhandlung weiß, hiemit in keiner Weise ausgesprochen; aber der niederländische Forscher begnügte sich auch nicht mit seinem vorläufigen Ergebnis, sondern bediente sich in einer weiteren Arbeit¹⁾ desselben nur zur Anknüpfung weiterer Schlüsse. Die in Utrecht und Helder angestellten Barometerbeobachtungen belehrten ihn, daß die Windstärke mit der barometrischen Differenz zwischen Maximum und Minimum zu- und abnimmt. Aber erst nach und nach verstand er sich dazu, der von Redfield schon zehn Jahre früher zutreffend betonten Mitwirkung der Erdumdrehung gebührend Rechnung zu tragen. Nach dieser Seite hin kennzeichnet einen Markstein der Entwicklung eine Stelle in einem 1857 publizierten Aufsatz²⁾, die in deutscher Einkleidung, wie folgt, lautet: „Der herankommende Wind wird“ — auf der Nordhalbkugel — „das Zentrum der Depression zur Linken haben...“ Eine andere,

1) Buys Ballot, Note sur le rapport de l'intensité et de la direction du vent avec les écarts simultanés du baromètre, *Compt. Rend. de l'Acad. Franç.*, 1857, II, S. 765 ff.

2) Buys Ballot, Beiträge zur Vorhersage von Witterungserscheinungen, (Donders) *Holländ. Arch. f. Natur- und Heilkunde*, 3. Band (1863) S. 85 ff.

seitdem den Meteorologen besonders geläufige Abänderung dieser Formulierung ist diese: „Der Wind wird, wenn man die linke Körperseite dem Orte niedrigsten Barometerstandes zugewendet hat, gegen den Rücken hin wehen.“ Verfolgt man die Windrichtungen in der Nähe der Depression, so folgt aus den bisher gewonnenen Einsichten eine neue: Das Minimum ist zugleich Mittelpunkt einer Wirbelbewegung der Luft, welche auf unserer Hemisphäre einen dem des Uhrzeigers entgegengesetzt gerichteten Drehsinn aufweist.

Der erste Impuls, so wird im Einklange mit Lambert und Brandes ausgeführt, ist gegen den Ort schwächsten Druckes gerichtet; es findet eine Art von Anziehung gegen dieses Zentrum hin statt. Aber zugleich werden die von Norden kommenden Luftteilchen durch die Erdbewegung gegen Westen abgelenkt und zunächst in eine Nordnordost-, später in eine Nordostrichtung u. s. w. gebracht, während ebenso die von Süden her sich nähernden Partikeln folgeweise eine Südsüdwest-, Südwestrichtung u. s. w. einschlagen müssen. So ereignet sich hier nach Buys Ballot im kleinen etwas der Planetenbewegung Ähnliches, denn auch diese Himmelskörper beschreiben ja ihre Zentralbahnen unter dem gleichzeitig wirkenden Antriebe einer zentripetal und einer tangential wirkenden Kraft.¹⁾ Man sieht, daß bei der Ziehung dieses Vergleiches sich die an der Wetterkarte gemachten Erfahrungen und rein theoretische Überlegungen Buys Ballots zu gegenseitiger Ergänzung die Hand reichen.

Die qualitative und quantitative Seite des Rotationsimpulses wird in der Hauptsache völlig im Geiste Doves abgeschätzt. Unter t den Ort des barometrischen Minimums, unter n und s je einen rein polaren und einen rein äquatorialen Wind ver-

¹⁾ Obwohl dieser Vergleich, wie das so oft der Fall, etwas hinkt, insofern eine eigentlich tangentielle Kraft nicht vorhanden ist, so charakterisiert derselbe doch eine klare Auffassung des Bewegungsvorganges, der aus der Koexistenz zweier stetig wirkenden Impulse entspringt. Und darin liegt eben das auszeichnende Merkmal der neuen gegenüber der Doveschen Theorie.

stehend, spricht er es als seine Überzeugung aus, „daß im allgemeinen die Teilchen von s sich östlich von t und jenen von n sich westlich von t vorüberbewegen, daß die Bahnen der letzteren westlich von den Bahnen der ersteren liegen,

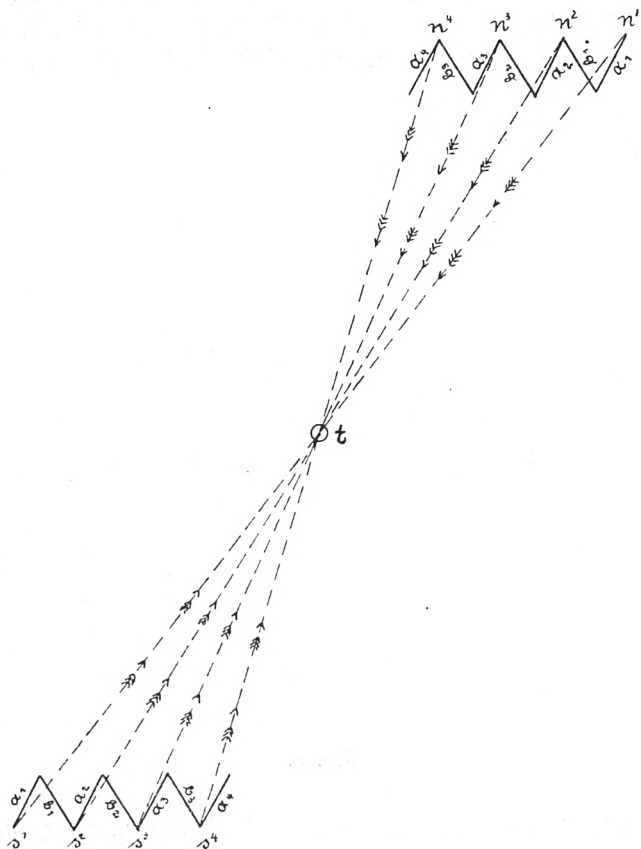


Fig. 8.

und die gesamte Luftmasse in einer dem Zeiger der Uhr entgegengesetzten Richtung, d. i. auch entgegengesetzt der Bewegung der Sonne sich drehen wird. Der sich daraus ergebende Wind wird bald und vorzüglich in der Nähe des tiefsten

Ortes t nicht mehr gegen diesen Ort (t) hin gerichtet sein, sondern nahezu lotrecht auf die Verbindungslinie mit demselben, so daß derselbe (t) zur linken Hand bleibt“. Die von Buys Ballot zur Erläuterung beigegebenen Figuren sind hier, teilweise vervollständigt, wiedergegeben (Fig. 8 und 9). Der Punkt t ist, was ja in Wirklichkeit nicht ganz zutrifft, stabil vorausgesetzt; n_1, n_2, n_3, n_4 etc. sind die konsekutiven Örter

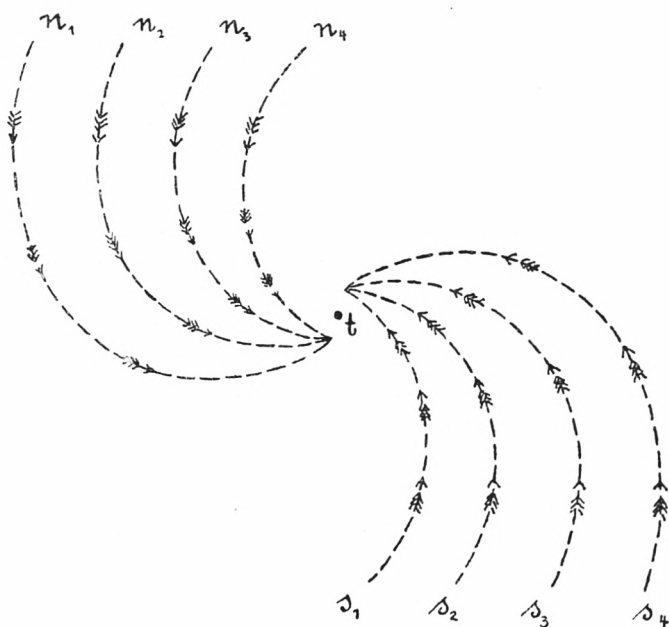


Fig. 9.

eines nördlichen Luftteilchens n und ebenso s_1, s_2, s_3, s_4 etc. diejenigen eines südlichen Luftteilchens s . Man ersieht, wie n_1 durch Konkurrenz der zwei Bewegungsimpulse a_1 und b_1 an den Ort n_2, s_1 ebenso an den Ort s_2 gelangt, und allgemein führen die Antriebe a_i und b_i das Teilchen resp. nach n_i und s_i ($i = 1, 2, 3, 4$ etc.).

Zwar liegt dieser Konstruktion noch insofern eine irrige Einschätzung der Deviation zu grunde, als eine solche für rein

west-östliche Bewegungen nicht zugelassen wird, während doch tatsächlich (s. o.) das Anfangsazimut gar keine Rolle spielt; allein im Endeffekte tut dieser der Doveschen Theorie von Anfang an anhaftende Fehler nichts zur Sache, und die Spiralbewegung im Depressionsfelde findet sich mit vollkommener Deutlichkeit ausgesprochen.

Wenn Buys Ballot seinen Lehrsatz nicht in einzelnen Etappen, sondern sofort mit derjenigen Bestimmtheit der Welt übergeben hätte, zu welcher er sich selbst erst allmählich durchrang, so würde es nicht ein volles Jahrzehnt angedauert haben, bis sich der Sieg des neuen Gedankens der herrschenden Lehre gegenüber durchsetzte. Gewöhnlich wird als diejenige Publikation, welche einen gewissen Abschluß herbeigeführt hat, jene Abhandlung namhaft gemacht, in welcher der Gebrauch des neuen Sturmwarnungsapparates auseinandergesetzt wird,¹⁾ der ja recht eigentlich die reife Frucht des neuen Prinzipes darstellte. Tatsächlich jedoch ist die entscheidende Bekanntmachung, was hie und da übersehen ward, bereits früher erfolgt,²⁾ und mit Rücksicht hierauf muß die für die Prioritätsuntersuchung nicht unwichtige chronologische Feststellung platzgreifen:

Die erste allgemeinere, nicht bloß Einzelfälle beachtende Formulierung des Buys Ballotschen Gesetzes gehört schon dem Jahre 1860 an.

Nachdem einmal diese Erkenntnis, zunächst freilich nur in engeren Kreisen, sich Bahn gebrochen hatte, konnte es

¹⁾ Buys Ballot, Das Aëroklinoskop und Regeln, mittelst desselben die bevorstehenden Änderungen des Windes mit einiger Wahrscheinlichkeit vorherzusehen, übersetzt von Jelinek, Zeitschr. d. österr. Gesellsch. f. Meteorol., 3. Band (1863), S. 451 ff.

²⁾ Buys Ballot, Eenige regeln voor te wachten van wéersveranderingen in Nederland, Utrecht 1860. Daß dieses Schriftchen als die eigentliche Geburtsstätte des bis dahin nur erst in Umrissen und in etwas schattenhafter Form bekanntgegebenen barischen Windgesetzes anzusehen sei, finden wir auch hervorgehoben bei Poggendorff (Biographisch-literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissenschaften, 3. Band, 1. Abteilung, Sp. 222).

nicht fehlen, daß alle Luftbewegungen, die regelmäßigen Windsysteme der niedrigen Breiten sowohl als auch die unperiodisch wehenden Winde von den Drehstürmen der Tropenzone bis zu dem sanften West der gemäßigten Regionen, als mit dem neuen Gesetze bestens vereinbar auf dieses ursächlich zurückgeführt wurden. Das durch die Figuren 10a und 10b verdeutlichte Originaldiagramm Buys Ballots gab den Schlüssel für alle Vorkommnisse an die Hand, und im Verlaufe von wenig über zehn Jahren war der Sieg der individualistischen

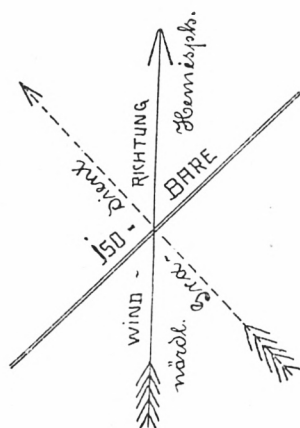


Fig. 10a.

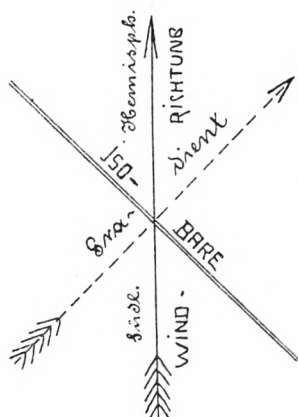


Fig. 10 b.

über die schematische Betrachtung der sich nahe dem Grunde des Luftmeeres abspielenden Vorgänge entschieden.¹⁾ Welchen

¹⁾ Daß eine so machtvolle Persönlichkeit, wie es Dove war, den Kampfplatz nicht ohne erbitterte Verteidigung räumte und für seinen Teil bis zum Tode (1879) die alte Winddrehungslehre aufrechtzuerhalten trachtete, kann nicht überraschen. Dahin gehören z. B. die scharf kritischen Bemerkungen in der oben angeführten Schrift über die Stürme gegen einen Aufsatz von Prestel (Ergebnisse der neuesten auf das Gesetz der Stürme gerichteten Untersuchungen, Petermanns Geogr. Mitteil., 1862, S. 401 ff.), welcher nur Andraus Resultate (De Wet der Stormen getoetst ann latere Waarnemingen, Utrecht 1861) in Deutschland bekannter zu machen bestimmt war. Ein noch unerquicklicheres Kapitel

endgültigen Schluß aber gestattet uns jetzt unsere Würdigung der einzelnen Zwischenstadien, durch welche sich die Wahrheit auf ihrem langwierigen Wege hindurch bewegt hat, und wie hat unser Schlußurteil über die Prioritätsfrage zu lauten? Wir wollen versuchen, dasselbe, wie folgt, in eine tunlichst objektive, den Einzelleistungen nach Kräften gerecht werdende Form zu fassen.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß das atmosphärische Grundgesetz der neuesten Zeit damals, als es in unscheinbaren Gelegenheitsveröffentlichungen an die Öffentlichkeit gelangte, schon geradezu „in der Luft lag“, daß es von einer ganzen Anzahl von Forschern in vollster gegenseitiger Unabhängigkeit seinem Wesen nach erkannt und nur noch nicht in seiner beherrschenden Bedeutung erfaßt war. Selbst ein minder hervorragender Geist hätte, wären ihm nur die vorbereitenden Andeutungen bei Hadley, Lambert, Brandes, Muncke bekannt gewesen, zu einer durchaus korrekten Formulierung des barischen Prinzipes durch einfache Zusammenfassung und ohne jede selbständige Geistesarbeit durchdringen müssen. Ganz nahe waren, von den verschiedensten Motiven geleitet, Coffin, Ferrel und Dippe diesem Prinzipie gekommen, allein keiner von ihnen hatte jenen entscheidenden Schritt getan, dessen Ausbleiben in unmittelbarster Nähe des Zieles man so oft in der Geschichte der exakten Wissen-

in den Jahrbüchern der modernen Meteorologie ist die Polemik, welche Dove gegen Vettin eröffnete, als dieser von 1857 an mit seinen mit höchstem Geschicke inszenierten, zunächst noch gar nicht auf eine Bekräftigung der neuen Anschauungen abzielenden Experimenten über aufsteigende Luftströme, Aspiration und Ablenkung hervortreten begann (vgl. dazu Günther, Strömungsversuche und deren Bedeutung für die Physik des Kosmos und der Erde, Humboldt, 6. Jahrgang [1887], S. 329 ff.). Es gelang der Autorität, über eine gegnerische Meinung noch einmal die Oberhand zu gewinnen; heute sind Vettins Demonstrationen ein gesichertes Besitztum der atmosphärischen Physik.

schaften zu konstatieren hat. Galton allein war sich vollständig klar über den Sachverhalt und seine Tragweite, allein seine Publikation liegt drei Jahre hinter der maßgebenden von Buys Ballot. Im Hinblick auf diese jetzt in ihrer historischen Zuordnung festgestellten Tatsachen wird man das Fazit zu ziehen haben:

Das barische Windgesetz darf unter dem Rechtstitel der Geschichte den Namen des Mannes tragen, der es nicht nur, wie auch sonst geschehen, in speziellen Fällen als gültig wahrgenommen, sondern in konsequent induktiver Entwicklung als alle Bewegungen in den unteren Luftschichten regelnd gekennzeichnet hat.
