

DR. C. H. WIND. — GRAPHISCHE TABELLEN ZUR
BESTIMMUNG DES LUFTDRUCKGRADIENTEN. —

Einen mir vom ehemaligen vorsitzenden Curator des Kön. Nied. Met. Instituts, Prof. Dr. J. BOSSCHA, mitgeteilten Gedanken verfolgend, habe ich vor einiger Zeit ein System ausgearbeitet von graphischen Tabellen, welche zu jeder durch die Barometerablesungen an einigen bestimmten Hauptstationen gegebenen Luftdruckverteilung im niederländischen Beobachtungsgebiete unmittelbar den Luftdruckgradienten, nach Richtung und Größe, angeben sollen. Nach diesem System ist seitdem eine Reihe von 12 derartigen Tabellen für das genannte Gebiet hergestellt und, hauptsächlich zum Behufe des eigenen Dienstes, in einer geringen Anzahl Exemplaren auf photographischem Wege reproduziert worden ¹⁾.

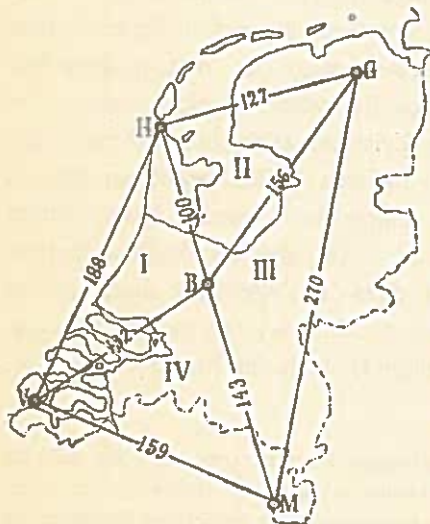


Fig. 1.

(Die Zahlen drücken in km. die Entfernungen aus).

Je drei der Tabellen beziehen sich auf die Verbindung des Zentralobservatoriums (de Bilt) mit zwei benachbarten der vier peripherischen Hauptstationen (Vlissingen, Helder, Groningen, Maastricht) und erlauben jetzt, in jedem vorkommenden Falle, für eines der vier in Fig. 1 mit I, II, III, IV verzeichneten Dreiecke, bei gegebenen auf Meeresniveau reduzierten Barometerablesungen an den Eckpunkten, sofort den mittleren Gradienten abzulesen. Der Vergleich der für die vier Dreiecke einzeln erhaltenen Werte gestattet jedesmal zu prüfen, wie weit der Luftdruck als eine lineare Funktion der Koor-

¹⁾ Kon. Ned. Met. Instituut, No. 91 — Grafische Tabellen voor den Luchtdrukgradient in Nederland, 1904.

dinaten gelten kann in dem betreffenden Beobachtungsgebiete, erlaubt aber ausserdem eine leichte Aufdeckung etwaiger Fehler in den (meistenfalls nur telegraphisch übermittelten) Beobachtungszahlen.

Die Tabellen können zu mehreren Zwecken dienen. BUYS BALLOT hat bei der täglichen Publikation von Wetterberichten immer großes Gewicht gelegt auf jeweilige Angabe der größten zwischen je zwei (peripherischen) niederländischen Hauptstationen existirenden Luftdruckdifferenzen¹⁾. Tatsächlich wird schon eine so grobe Angabe von Richtung und Größe des Gradienten in vielen Fällen einen gewissen Wert haben zur Kennzeichnung der augenblicklichen Wetterlage. Weit mehr aber wird in dieser Beziehung die verfeinerte Angabe leisten können, welche durch die graphischen Tabellen erzielt wird.

Ausserdem eignet sich letztere zu einer Art der Anwendung, für welche die BUYS BALLOTSche Angabe völlig versagt. Zur Wetterprognose bedarf man nicht nur eines Überblickes der obwaltenden Luftdruckverteilung, sondern auch einer Angabe des Sinnes und der Geschwindigkeit der in derselben augenblicklich stattfindenden Änderungen. So lange man sich aus diesem Grunde noch nicht vereinbart haben wird zu einer allgemeinen Erweiterung der meteorologischen Depeschen um eine numerische Angabe der während eines kurzen der telegraphischen Stunde vorangehenden Zeitintervalles beobachteten Luftdruckänderung, wird man sich in den meisten Fällen begnügen müssen mit einer solchen Angabe seitens einiger im eigenen beschränkten Beobachtungsgebiete fallenden Stationen. Am niederländischen Institut verfügt man zu diesem Zwecke täglich über die Ergebnisse einer zweiten Beobachtung, so wohl am Zentralobservatorium wie an den vier Hauptstationen, zu 10 a. m., d. h. drei Stunden²⁾ nach der Frühbeobachtung,

1) Eigentlich waren es, wie in andern Ausführungen BUYS BALLOTS, auch hier nicht die Luftdruckdifferenzen selbst, welche verglichen wurden, sondern die Differenzen der augenblicklich stattfindenden Abweichungen des Luftdrucks von den für die betrachteten Orte geltenden Normalen, d. h. die sogenannten Barometerabweichungsdifferenzen. Einen guten Grund für diese Verwickelung dürfte sich aber beschwerlich angeben lassen.

2) Wegen des kleinen Zeitintervalles wird die zweite Depesche nur dann eine reelle Bedeutung beanspruchen können, falls die Beobachtungen genügend genau sind. Dies ist einer der Gründe gewesen, weshalb sämtliche niederländische Hauptstationen mit FUSS'schen Normalbarometern ausgestattet wurden.

angestellt. Da gilt es, diese Angaben schnell aber möglichst vollständig bei der Feststellung der „Erwartung“ auszunützen, und eben dazu können uns die graphischen Tabellen dienen, da diese augenblicklich die neue Lage und Stärke des Gradienten im ganzen Gebiet ausfindig machen, welche offenbar, wenn sie mit der nächstvorangehenden Lage und Stärke verglichen werden, in manchen Fällen — besonders bei nahenden oder in einiger Entfernung vorüberziehenden Depressionen — ein wichtiges Merkmal der Wetterlage bilden.

An dritter Stelle lassen die mittelst der Tabellen aufzufindenden Gradientenwerte eine einfache Anwendung zur jeweiligen Interpolation von Luftdruckwerten für beliebige Orte innerhalb des betreffenden dreieckigen Gebietes, bzw. zum Vergleiche etwaiger daselbst aufgestellter Barometer mit den Institutsinstrumenten, zu.

Schließlich sei noch bemerkt, daß die graphischen Tabellen unmittelbar beurteilen lassen, welche Unsicherheit irgend einem mit Hilfe derselben ermittelten Gradientenwert, angesichts der immerhin beschränkten Genauigkeit der Einzelbeobachtungen, anhaftet.

Zu einer Konstruktion der Tabellen gelangt man folgenderweise.

Es mögen für die der geographischen Lage nach gegebenen Eckpunkte des Dreieckes A B C (Fig. 2) die auf Meeresniveau reduzierten Luftdruckwerte b_A , b_B , b_C , gegeben sein und, bei Voraussetzung planer Verteilung des Luftdruckes, Richtung und Größe des Gradienten im Gebiete des Dreieckes als Funktionen der Differenzen zwischen b_A , b_B , b_C gesucht werden.

Es sei die Benennung der Eckpunkte so gewählt, daß b_B zwischen b_A und b_C fällt, mithin:

$$\text{entweder } b_A > b_B > b_C \quad (\text{Fall I}),$$

$$\text{oder } b_A < b_B < b_C \quad (\text{Fall II}).$$

Man projiziere aus B die in Betracht kommenden der 32 Windstriche auf AC, zeichne die Trennungspunkte durch Symbole, z. B. I_1, I_2, \dots, I_9 , aus und versehe die Teilstücke von einer doppelten Nummerierung, und zwar einmal mit den Folge-nummern der entsprechenden Windstriche, um 8 Einheiten verringert (in der Figur also $\dots 17, 16, 15, 14, 13$),

einmal mit den nämlichen Folgeummern, um 8 Einheiten vergrößert (in der Figur 6, 5, 1, 0, 31, 30). Sucht man dann zu gegebenen Werten der Differenzen $b_B - b_A$ und $b_C - b_A$ auf AC den Punkt Q_m , welcher diese Strecke im Verhältnis $(b_B - b_A) : (b_C - b_B)$ zerteilt, so hat man damit einen Punkt, welcher den gleichen Luftdruck wie B aufweisen würde, und wird man mithin die Richtung des Gradienten, d. h. des stärksten Druckabfalles, angegeben finden: im Falle I durch die erste Folgeummern (15) der Teilstrecke, innerhalb deren der Punkt Q_m fällt, im Falle II durch die zweite Folgeummern (31).

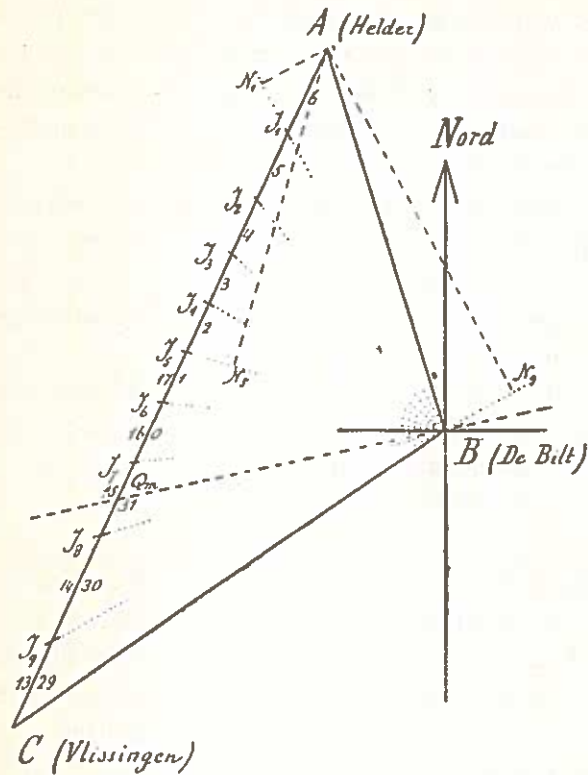


Fig. 2.

nummer (31).

Man kann nun in ein Axenquadrant XOY (Fig. 3) auf die Axe OX die Strecke AC mit ihren Teilpunkten I_1, I_2, \dots, I_9 , auf die Axe OY die Strecke CA mit ihren Teilpunkten I_9, I_8, \dots, I_1 , von O beginnend, abtragen und durch die Punkte I_1, I_2, \dots, I_9 , welche die mit den nämlichen Buchstaben bezeichneten Punkten der Axen als Projektionen haben, Fahrstrahlen aus O ziehen. Diese Fahrstrahlen teilen dann das Quadrant in Sektoren ein, welche je einem bestimmten Windstrich für die Gradientrichtung entsprechen, für den Fall I sowie für den Fall II, und danach doppelt zu numerieren sind. Man hat dann nachher einfach auf OX und OY die absoluten Werte der Differenzen

Werten der Differenzen $b_B - b_A$ und $b_C - b_A$ auf AC den Punkt Q_m , welcher diese Strecke im Verhältnis $(b_B - b_A) : (b_C - b_B)$ zerteilt, so hat man damit einen Punkt, welcher den gleichen Luftdruck wie B aufweisen würde, und wird man mithin die Richtung des Gradienten, d. h. des stärksten Druckabfalles, angegeben finden: im Falle I durch die erste Folgeummern (15) der Teilstrecke, innerhalb deren der Punkt Q_m fällt, im Falle II durch die zweite Folgeummern (31).

$b_B - b_A$ und $b_C - b_A$ als Koordinaten x und y abzutragen um in der Folge-
nummer des Sektors, innerhalb dessen der zugehörige Punkt (Q_m) fällt,
die Richtung des Gradienten angedeutet zu finden.

Das Axenquadrant muß jetzt noch durch ein zweites System von
Linien, den besondern Größenwerten des Gradienten entsprechend,
eingeteilt werden, damit auch die Stärke des Luftdruckabfalles aus

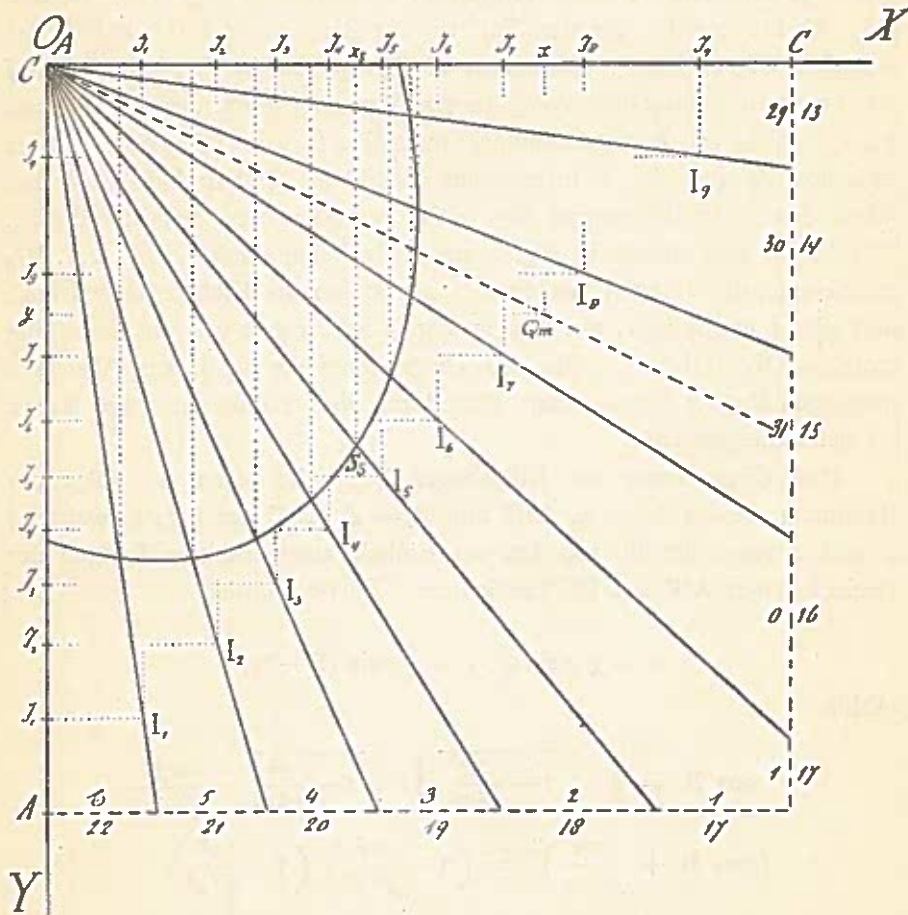


Fig. 3.

demselben unmittelbar ablesbar sei. Dieses System wird offenbar in O
einen Gleichförmigkeitspunkt besitzen. Wir brauchen also nur für *einen*
Größenwert die Kurve, welche, wie man sofort sehen wird, ein Ellips-

bogen ist, zu konstruieren und können dann aus derselben alle ferner verlangten, andern Werten entsprechenden Kurven durch Vergrößerung oder Verkleinerung bekommen.

Wir wollen jetzt die zu einem Größenwert von g mm pro 100 km gehörige Kurve in das Axenquadrant einzeichnen und zwar zunächst den Schnittpunkt derselben mit einem der Fahrstrahlen OI , sagen wir mit OI_5 , ermitteln. Diesem Fahrstrahl entspricht in Fig. 2 die Gerade BI_5 . Mithin ergibt, für den Fall wo die Richtung des Gradienten der Geraden OI_5 in Fig. 3 entspricht, die Länge der in Fig. 2 aus A auf BI_5 gefällten senkrechten AN_5 , in 100 km als Einheit ausgedrückt und mit g (hier = 5 angenommen) multipliziert, die Luftdruckdifferenz zwischen I_5 und A , d. h. zwischen B und A , und deshalb auch den Wert des x_5 im Diagramm Fig. 3 für den gesuchten Schnittpunkt S_5 . Wir haben also einfach in Fig. 2 aus A Lotlinien auf BI_1, BI_2, \dots, BI_9 zu ziehen, die Längen derselben, in 100 km als Einheit ausgedrückt und mit g multipliziert, auf OX in Fig. 3 abzutragen und auf den Fahrstrahlen OI_1, OI_2, \dots, OI_9 des Diagrammes die zu diesen Abscissen gehörigen Punkte aufzusuchen. Eine durch diese Punkte gezogene Kurve ist dann die gesuchte.

Daß diese Kurve ein Ellipsbogen ist, geht hervor aus folgender Rechnung, in der $\varphi = \angle ABI$ und $B = \angle ABC$ der Fig. 2, während a und c resp. die in 100 km als Einheit ausgedrückten Längen der Dreiecksseiten AB und BC bezeichnen. Es ist nämlich

$$x = g a \sin \varphi, y = g c \sin (B - \varphi),$$

mithin

$$\begin{aligned} \cos B &= \sqrt{1 - \frac{x^2}{g^2 a^2}} \sqrt{1 - \frac{y^2}{g^2 c^2}} - \frac{xy}{g^2 a c} \\ \left(\cos B + \frac{xy}{g^2 a c} \right)^2 &= \left(1 - \frac{x^2}{g^2 a^2} \right) \left(1 - \frac{y^2}{g^2 c^2} \right) \\ \frac{x^2}{a^2} + 2 \frac{xy \cos B}{g^2 a c} + \frac{y^2}{c^2} &= g^2 \sin^2 B. \end{aligned}$$

Wenn die Kurven für je um eine Einheit ansteigende Werte von g ausgezogen werden, erhält das Diagramm, auf Koordinatenpapier

gezeichnet nach einem Maßstabe von 1 cm für jede Einheit in x und y ,

Selder-Bilt-Flissingen.

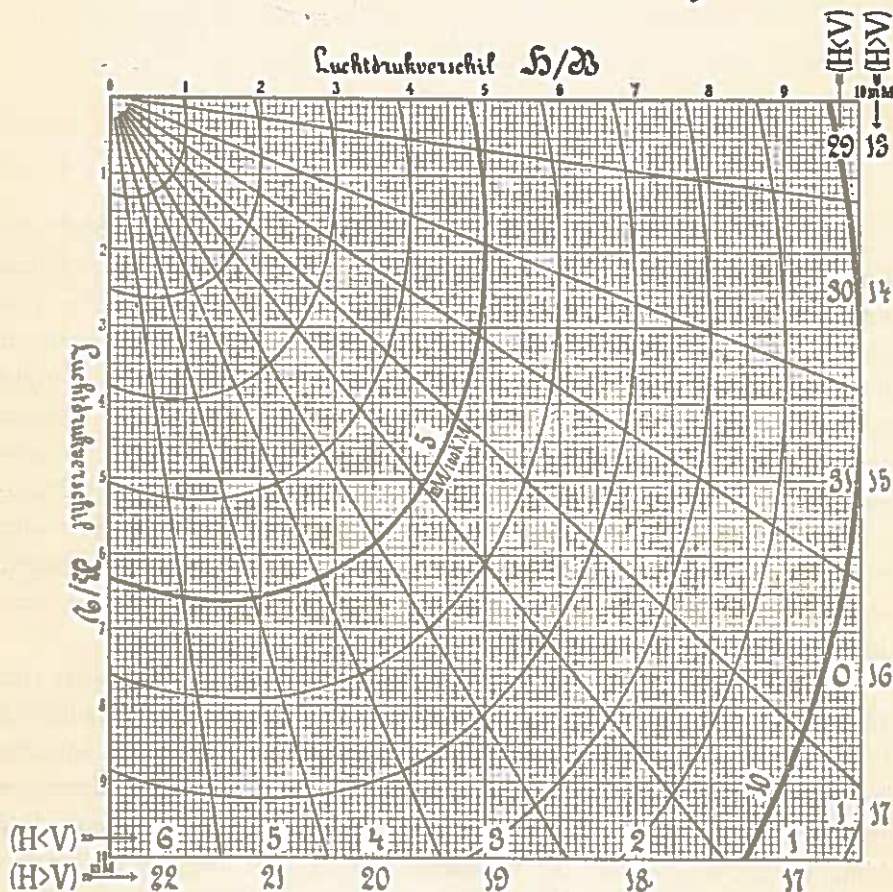


Fig. 4.

die Gestalt von Fig. 4, welche nach einer der graphischen Tabellen unserer Serie reproduziert wurde.

De Bilt, November 1905.