

*SIGURD EVJEN*

---

**BAROMETERSCHWINGUNGEN UND  
LANGSICHTIGE PROGNOSEN**

# BAROMETERSCHWINGUNGEN UND LANGSICHTIGE PROGNOSEN.

VON

*SIGURD EVJEN*, TROMSØ.

(Eingeliefert am 10. juli 1925.)

## I.

Wenn eine Reihe Barometerfälle und -anstiege über einen Ort passieren, ist das Wetter unruhig und wechselnd, und im allgemeinen kann man sagen, dass das Wetter innerhalb eines bestimmten Zeitraumes um so unruhiger ist, je kräftiger die Barometerschwingungen auftreten. An der Küste und auf dem offenen Meere sind die kurzwelligen, starken Schwingungen immer von stürmischem Wetter begleitet. Nimmt man aus dem Barogramme des Ortes sämtliche Barometerfälle und -anstiege heraus und summieren sie, abgesehen von ihrem Vorzeichen, so hat man dadurch ein Mass für die «Unruhe» des Wetters innerhalb des gewählten Zeitraumes. Je grösser die Summe, um so grösser ist die Unruhe.

Diesem Gedanken gemäss wurden einige Untersuchungen betreffend eine Reihe Stationen in Nord-Europa ausgeführt. Statt die Barogramme zu benutzen, welche sich schwer von allen Stationen einholen liessen, wurden die täglichen Wettertelegramme gebraucht. Die Barometerstände für 8 Uhr morgens, 14 Uhr mittags und 19 Uhr abends wurden Tag für Tag aufnotiert, fortlaufende Differenzen zwischen zwei auf einander folgenden Barometerständen gebildet und dieselben ohne Rücksicht auf ihre Vorzeichen summiert. Solche «Differenz-summen» wurden für 3, 6 und 12 Tage gebildet, und nach einigen Versuchen wurden die 6 — täglichen Summen für die fortgesetzte Untersuchung zugrunde gelegt. Die in dieser Weise gefundene Summe war zum Beispiel für Jan Mayen 35 mbar. für den Zeitraum 8 Uhr morgens 1. April bis 8 Uhr morgens 6. April. Die entsprechende Zahl für Green Harbour war 45 mbar. und für Bären Insel 50 mbar. Anfänglich wurden die Barometerstände in Ganzen und Zehntel Millibar aufnotiert, später sind die Zehntel als überflüssig geschleift. Der Fehler, welcher durch die Benutzung der täglichen Wettertelegramme statt der Barogramme entsteht, hat sich für diese Untersuchung als unwesentlich erwiesen.

Es wurden folgende Stationen für die endliche Untersuchung gewählt: Jan Mayen, Green Harbour, Bären Insel, Vardø, Ingø Røst, Valdresund, Runde, Utsire, Lister, Haparanda, Hernösand, Stockholm, Kalmar, Helsingfors, Kopenhagen, Hamburg, Danzig, De Bilt, Lerwick, Stornoway, Tynemouth, Valencia, Scilly, Torshavn, Seydisfjord und Reykjavik.

Sämtliche liegen unweit der Meeresoberfläche.

Die Wahl der Stationen wurde wesentlich von dem Telegrammenmaterial des hiesigen Instituts (Geophysikalisches Institut in Tromsø) begrenzt. Anfänglich sind mehrere

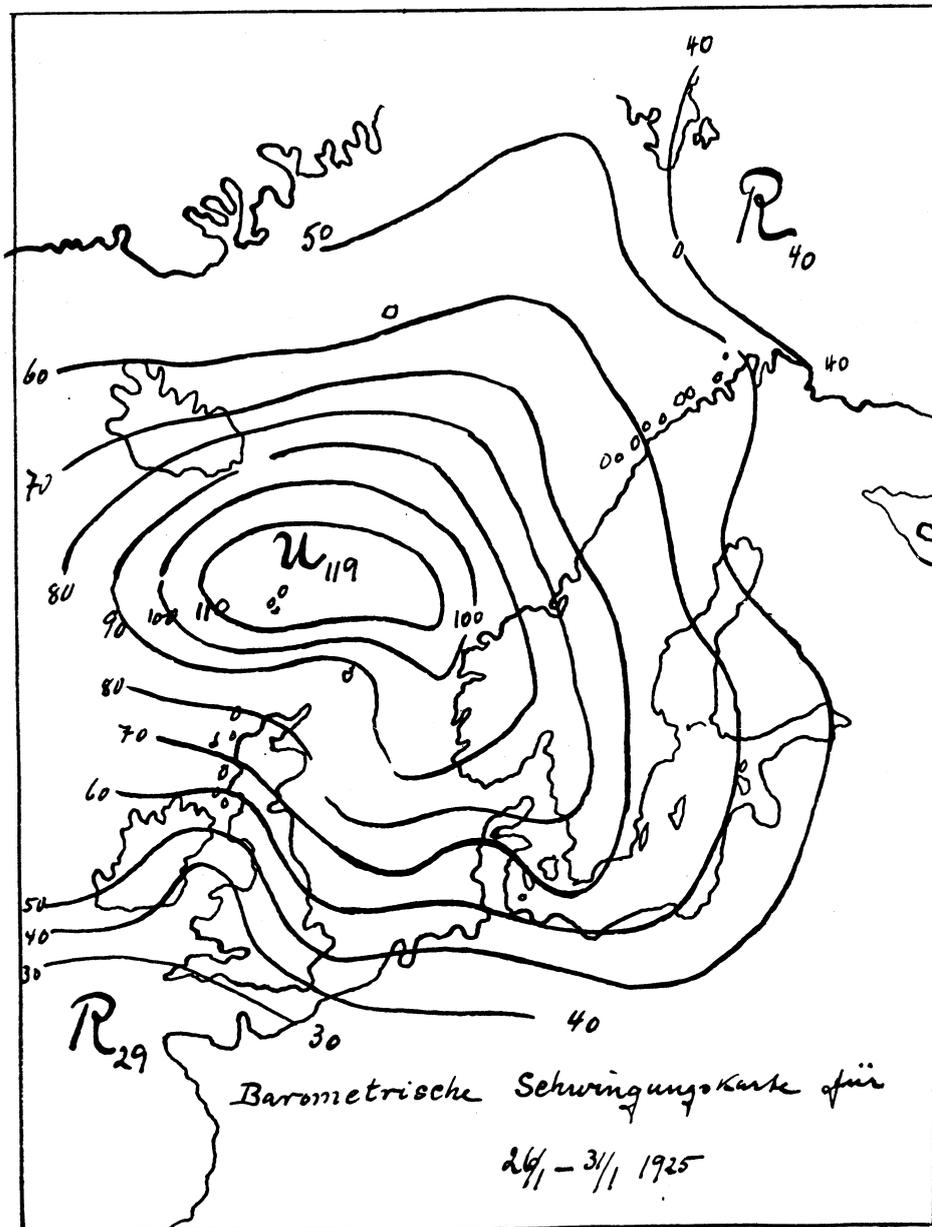


Fig. 1. Barometrische Schwingungskarte für  $26/1 - 31/1$  1925.

Stationen innerhalb desselben Kartengebietes mitgenommen, aber später als unwesentlich für die Übersicht weggelassen.

Nachdem 6-tägliche «Differenz-Summen» für sämtliche Stationen gefunden waren, wurden die Zahlen auf eine Karte notiert und «Linien gleicher barometrischen Unruhe» oder «Linien gleicher Schwingung» gezogen. Fig. 1 zeigt eine solche «Barometrische Schwingungskarte» für den Zeitraum  $26/1 - 31/1$  1925. Man hat hier ein ausgeprägtes Schwingungszentrum bei den Færøerinseln, dagegen ruhige Verhältnisse östlich von Bären Insel und südlich von England. Die ruhigen Gebiete sind mit R (ruhig) bezeichnet, das Zentrum der Unruhe mit U (unruhig). Solche ausgeprägte U-Zentren treten auf, wenn eine Reihe starker Barometerfälle und -anstiege (Zyklonen) nach einander in ungefähr derselben Richtung zieht, und die U-Zentren sind im allgemeinen etwas langgestreckt in der Zugrichtung der Zyklonen.

Um die Veränderungen im Aussehen der Schwingungskarten besser verfolgen zu können wurde eine neue Karte für jeden Tag konstruiert. Nach der Karte für  $26/1-31/1$  folgte die Karte für  $27/1-1/2$ , dann für  $28/1-2/2$  u. s. w. In dieser Weise sind Karten von Oktober 1924 bis jetzt und von Oktober 1921 bis Mitte November 1922 gezeichnet worden, im Ganzen ungefähr 600 Karten.

Das Aussehen der Karten variieren selbstverständlich sehr stark von den ausgeprägtesten Schwingungscentren bis zu einer Reihe unregelmässigen, kleinen U- und R- Gebieten. Das interessanteste Aussehen haben die Karten, wenn die kräftigen U-Zentren auftreten. Dieselben zeigen einigermassen ein allmähliges Zu- und Abnehmen der Intensität und verweilen darunter ungefähr auf derselben Stelle.

Die R-Zentren treten natürlicherweise in Verbindung mit den stabilen Hochdrücken auf, aber ausgeprägte R-Gebiete kommen auch häufig vor, wo der Barometerstand

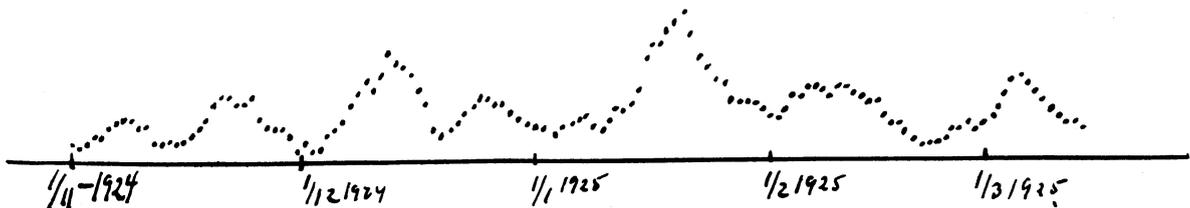


Fig. 2. Ein Teil der Schwingungskurve Jan Mayns.

niedrig ist. Die U-Zentren können entweder bei niedrigen Barometerständen vorkommen, oder was wahrscheinlich am häufigsten ist, zwischen Hoch- und Tiefdrücken und dem Tiefdruck etwas näher als dem Hochdruck. Zur Untersuchung dieses Verhältnisses sind ungefähr drei hundert Barometerkarten gezeichnet worden, wovon jede den mittleren Barometerstand für 6 Tage darstellt. Jede Schwingungskarte ist dann mit der entsprechenden «mittleren Barometerkarte» für dieselben 6 Tage verglichen worden. Um Arbeit zu ersparen sind die mittleren Barometerkarten nur auf Grund von den Morgenbeobachtungen berechnet, aber weil es hier galt, einen Überblick über die stabileren Hoch- und Tiefdrücke zu bekommen, war diese Berechnungsweise hinreichend genau. Die Karten zeigen auch eine deutliche Verteilung der Hoch- und Tiefdruckgebiete.

Der Hauptzweck mit der Zeichnung der Schwingungskarten war das Aufsuchen von möglichen Witterungsperioden. In Nord-Norwegen tritt eine 27 tägliche Periode<sup>1</sup> auf, die oft so regelmässig vorkommt, dass man die Periode für Prognosenzwecke gebrauchen kann. Andererseits kann die Periode verwischt werden, was mit Wetterperioden gern der Fall ist. Von den Laien wird die Periode natürlich in Verbindung mit dem Monde gesetzt.

Aus den Schwingungskarten geht hervor, dass eine Art Wetterperiode dann und wann dadurch zur Entwicklung kommt dass die U-Zentren zwischen Ostgrönland und dem mitteleuropäischen Gebiet hin und her schwanken. Es kann zum Beispiel ein U-Zentrum bei Jan Mayn vorkommen, dies stirbt hin und wird von einem U-Zentrum bei den Faeroerinseln ersetzt, dann kommt das kräftigste Schwingungsgebiet über der Nordsee vor und dann wieder bei Island—Jan Mayn.

Diese Südwärtsverlegung des U-Zentren hat nichts mit der Südwärtsverlegung der Bahnen der einzelnen Zyklonen in einer Serie zu tun. Durch die Summation über 6 Tage erreicht man nur eine Charakterisierung der Zyklonenserien.

Dass die obenerwähnte Schwankung der Unruhe dann und wann ziemlich regelmässig vorkommen kann, zeigt Fig. 2, die ein Teil der Schwingungskurve von Jan Mayn

<sup>1</sup> In einer Untersuchung von O. Krogness in der Norwegischen Zeitschrift «Naturen» 1915 nachgewiesen und beschrieben.

darstellt. Die Dauer und Intensität (Amplitude) der einzelnen Wellen sind aber höchst verschieden. Es muss auch betont werden, dass die Kurven grössere Regelmässigkeit für die arktischen Stationen als für die anderen zeigen, wenigstens für den untersuchten Zeitraum.

Trotz aller Unregelmässigkeit kann man jedoch eine mögliche Periodizität in den Witterungsverhältnissen für Nordnorwegen und das Eismeer besser als vorher durch Benutzung von Schwingungskurven und -Karten überschauen.

Das hiesige Institut wird oft um Prognosen für längere Zeit ersucht, und man hat sich bemüht wenn möglich eine Antwort zu geben. Die Schwingungskarten haben sich schon bei ein Paar Gelegenheiten nützlich erwiesen. Als Beispiel sei erwähnt, dass eine Firma, welche Seehundfang im Eismeer treibt, sich eine mögliche Monatsprognose für die Windverhältnisse bei Jan Mayn erbat. Durch Vergleich der Schwingungskurve mit den täglichen synoptischen Karten ging hervor, dass für aufsteigende Kurve wie auch für die ersten Tage der absteigenden unruhige Witterungsverhältnisse herrschten und Winde, die von Osten über Süden sämtliche Kompassstriche passierten als eine Folge der vorüberpassierenden Fall- und Steig-gebiete. Für die absteigenden Teile der Kurve herrschten mit zwei Ausnahmen nordöstliche Winde auf Grund von dem Verlegen der Schwingungszentren gegen Südosten hin. Jan Maynen kam dadurch unter Einfluss von der Grönland'schen Antizyklone. In dem hier erwähnten Fall war die Kurve schon mehrere Tage hindurch im Steigen begriffen, und mit Hilfe der täglichen synoptischen Karten konnte das Maximum in ein paar Tagen vorausgesehen werden. Dass die Kurve danach sinken wollte, war sicher, und durch Extrapolieren wurde eine neue Steigung gezeichnet. Für den absteigenden Teil wurden Winde aus dem nordöstlichen Quadranten versprochen und zwar etwas abnehmend, für die neue Steigung unruhige und stark wechselnde Winde. Das Abnehmen der nordöstlichen Winde traf nicht zu, weil sich das U-Zentrum nicht weit genug gegen Südosten entfernte. Mit den Windrichtungen hat man Erfolg gehabt.

Zeigt die Schwingungskurve eines Ortes ein starkes Aufsteigen, kann man in vielen Fällen das Einreten der folgenden ruhigen Periode ungefähr bestimmen. Was die neue Steigung der Kurve betrifft, sind die Verhältnisse unsicherer. Aber man kann wenigstens die Methode neben anderen gebrauchen, — wie dem Zeichnen von Temperaturkurven etc. — wenn man sich eine Meinung betreffs des Wetters für längere Zeit bilden will

Fig. 3 zeigt eine Schwingungskarte für das Halbjahr Oktober 1924 bis März 1925. Sie ist in derselben Weise wie die oben erwähnten 6-täglichen Karten entstanden, nur dass der Zeitraum hier ein halbes Jahr ist. Das Aussehen dieser Karte zeigt die beste Übereinstimmung mit Bahrs Untersuchungen über die interdiurnen Barometeränderungen.<sup>1</sup>

Bahr fand, dass die Barometeränderungen in Europa von einem Tag zum anderen durchschnittlich am grössten bei Island waren und mit dem Abstände von dem Ozean abnahm. Dasselbe kommt natürlich in einer derartigen Karte wie Fig. 3 zum Ausdruck. Dagegen zeigte sich ein Zunehmen mit wachsender Breite. Die später zugekommenen Stationen Jan Mayen, Green Harbour und Bären Insel zeigen, dass die letzte Regel nicht für die höchsten Breiten gilt. Wahrscheinlich biegen die Linien auf Fig. 3 im hohen Norden scharf umher und ziehen entlang der Küste von Grönland. Die Figur zeigt übrigens sehr instruktiv die Bedeutung des isländischen Aktionszentrums für Nord- und Westeuropa. —

Zum Vergleich ist eine andere halbjährige Karte für Oktober 1921 bis März 1922 gezeichnet worden. Man findet dieselben Grundzüge, nur zeigen die Linien eine Aus-

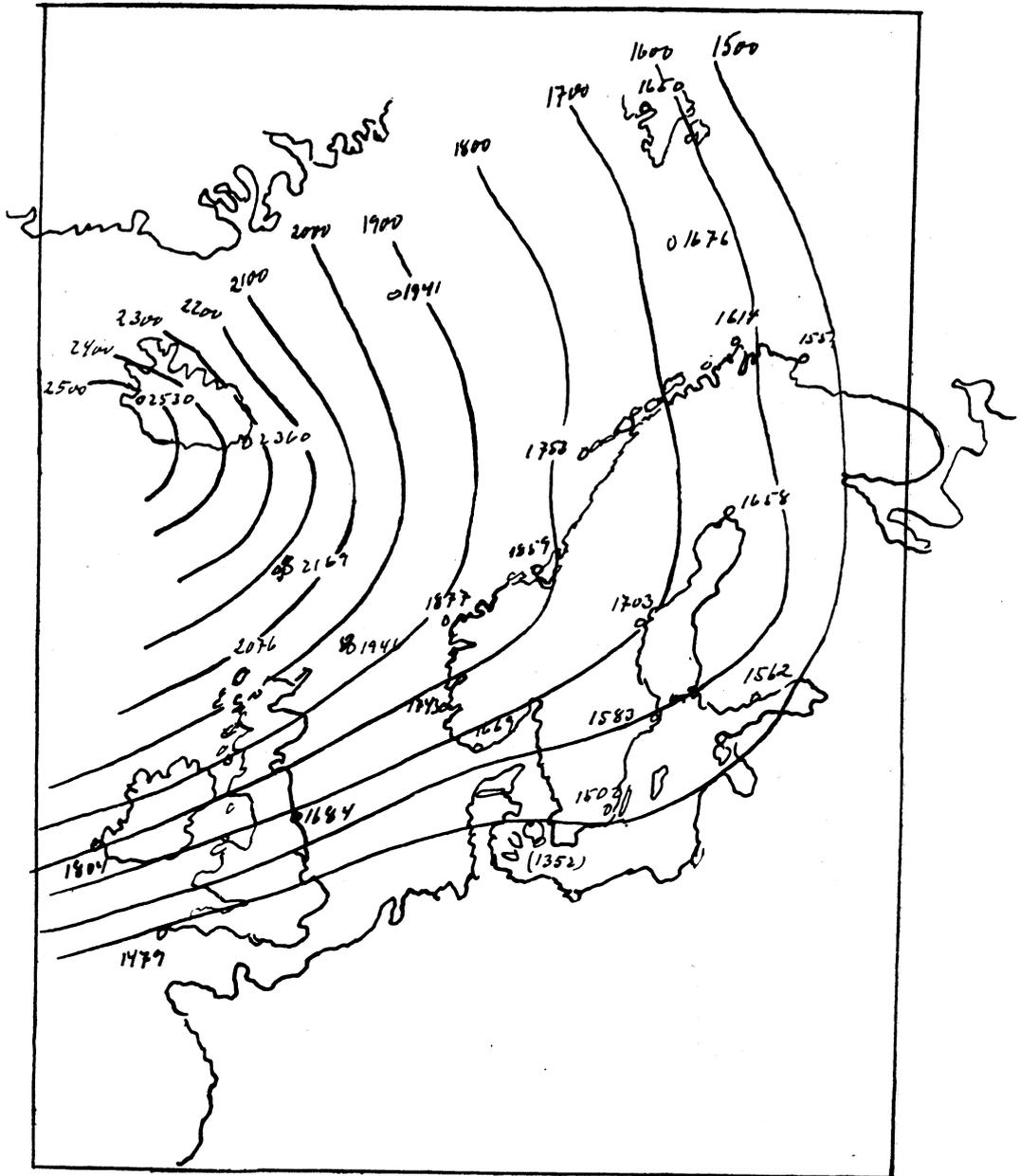


Fig. 3. Schwingungskarte für das Halbjahr 1. Oktober 1924 bis 31 März 1925.

buchtung über die Ostsee. Fig. 4 zeigt eine Differenzkarte zwischen den zwei halbjährigen Karten. Längs der Nulllinie sind die Schwingungen in beiden Halbjahren dieselben gewesen, auf der negativen Seite hat das Halbjahr 1921—22 die stärksten Schwingungen gehabt. Der Unterschied ist, wie man sieht, bedeutend. Die Zyklonenwirksamkeit ist in beiden Halbjahren bedeutend gewesen, und der Unterschied zwischen einen ruhigen und unruhigen Winter ist gewiss gross. Man hat hierdurch eine neue Methode zur Untersuchung des Zu- und Abnehmens der Zyklonenwirksamkeit von einem Jahr zum andern, die man für einen Vergleich mit der Sonnenthätigkeit verwenden kann.

## II.

Es ist oben erwähnt worden, dass eine Reihe «mittlerer Barometerkarten» zum Vergleich mit den Schwingungskarten gezeichnet worden war. Die Art der Konstruk-

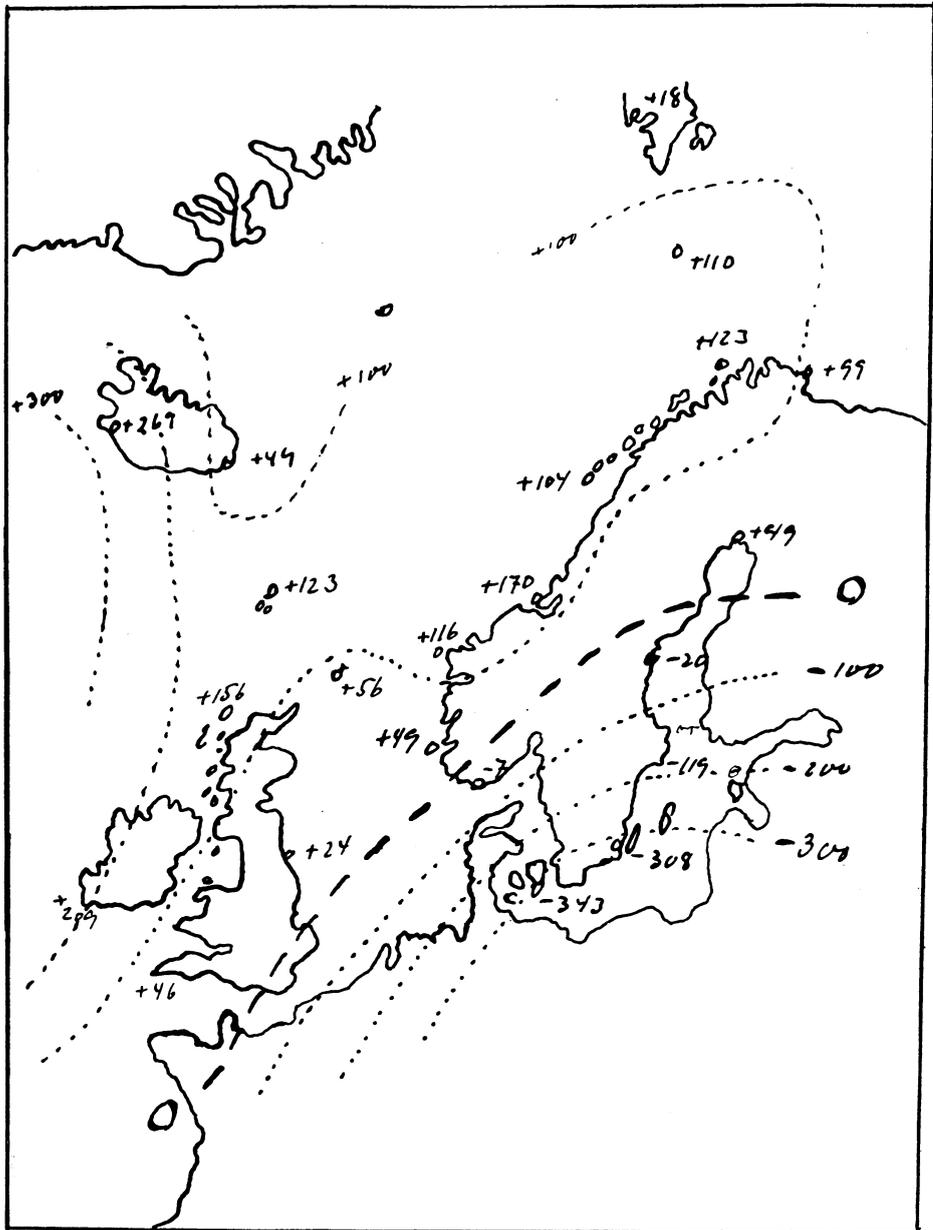


Fig. 4. Differenzkarte zwischen den halbjährigen Schwingungskarten für  
Oktober 1921 — März 1922 und Oktober 1924 — März 1925.

tion dieser Karten besagt ja nichts weiteres als, dass die kurzen Barometerwellen ausgeglichen sind, und dass man mit Wellen länger als 6 Tage arbeiten kann. Etwa 14-tägliche Wellen treten z. B. in dieser Weise deutlich hervor. Für bedeutend grössere Wellen muss man auch eine bedeutend grössere Ausgleichung verwenden.

Verfolgt man die Karten von Tag zu Tag, sieht man, wie sich die Hoch- und Tiefdruckgebiete bewegen und in Intensität variieren. Fig. 5 zeigt die Karte für 15. März 1925 (eigentlich für den Zeitraum 9. bis 15. März).

Man sieht die Reste eines Tiefdruckes über der Ostseestaaten. Dieser lag den 8. März mit seinem Zentrum etwas südlich von Røst und wanderte nach und nach gegen Südosten. Ein neuer Tiefdruck fängt an sich von Island gegen Nordosten zu arbeiten und erreicht seine grösste Tiefe über Finmark (in Nord-Norwegen) am 23. März. Diese

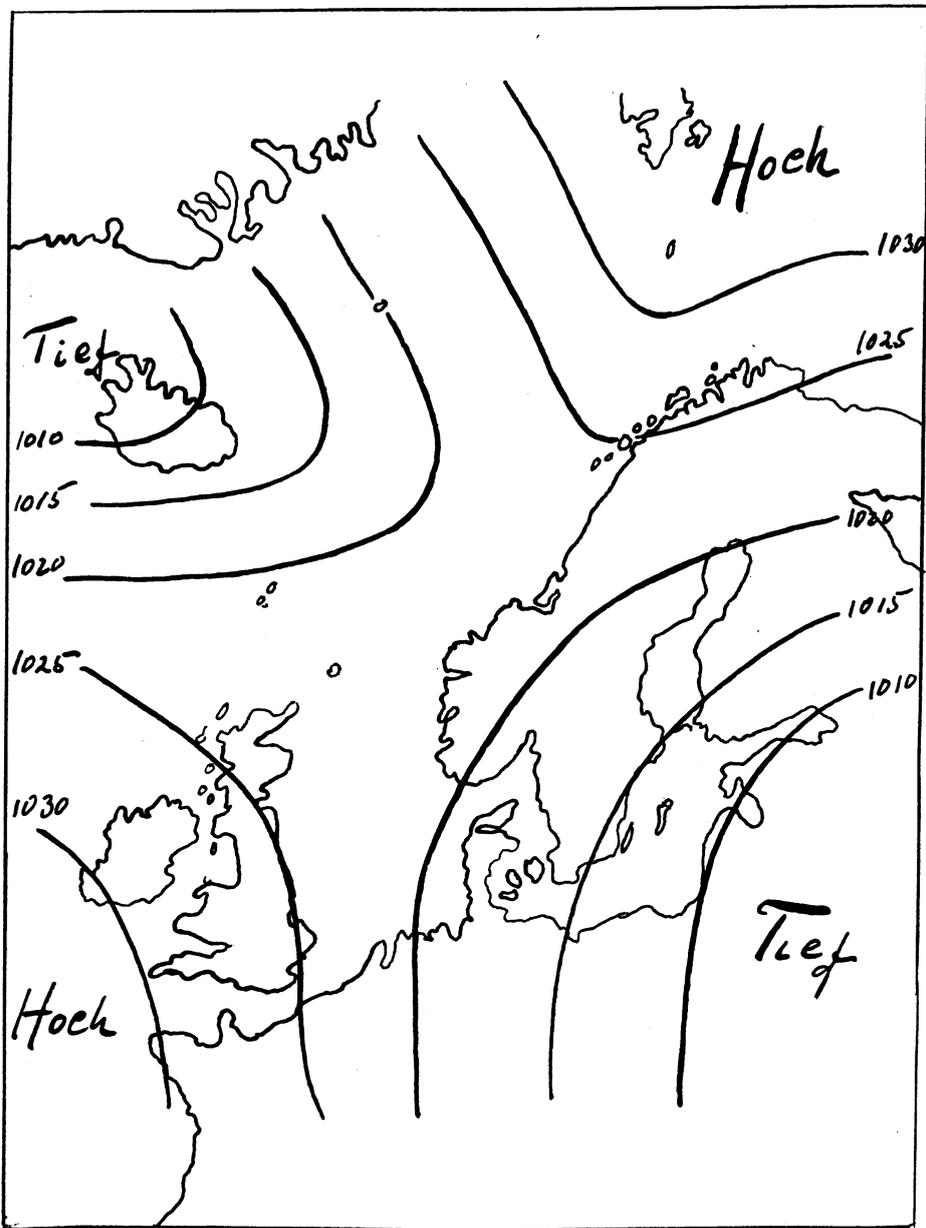


Fig. 5. Mittlere Barometerkarte für 9.—15. März 1925.

zwei Tiefdrücke haben eine sehr grosse Regelmässigkeit auf den mittleren Barometerkarten gehabt, während die täglichen synoptischen Karten so viele Frontpassagen — zum Teil entwickelte Zyklonen — gezeigt haben, dass die Übersicht schwer zu behalten war.

Um die Variationen leichter folgen zu können, wurden Differenz-Karten zwischen Karten, gezeichnet die zwei Tage von einander getrennt waren. Ein Zwischenraum von einem Tage wurde auch versucht, aber zwei Tage für diese «mittleren Isallobaren» sind besser ausgefallen.

Fig. 6 zeigt die Wanderung der Nulllinie über die Karte. Ihre langsame Bewegung fällt ins Auge, nur ungefähr drei Äquatorgrade pro Tag, also nicht mehr als ein Viertel der mittleren Geschwindigkeit der gewöhnlichen Fronten. Das Material reicht noch nicht aus um die mittlere Geschwindigkeit einer derartigen Nulllinie feststellen zu können, aber die Geschwindigkeit ist in den untersuchten Fällen ungefähr dieselbe

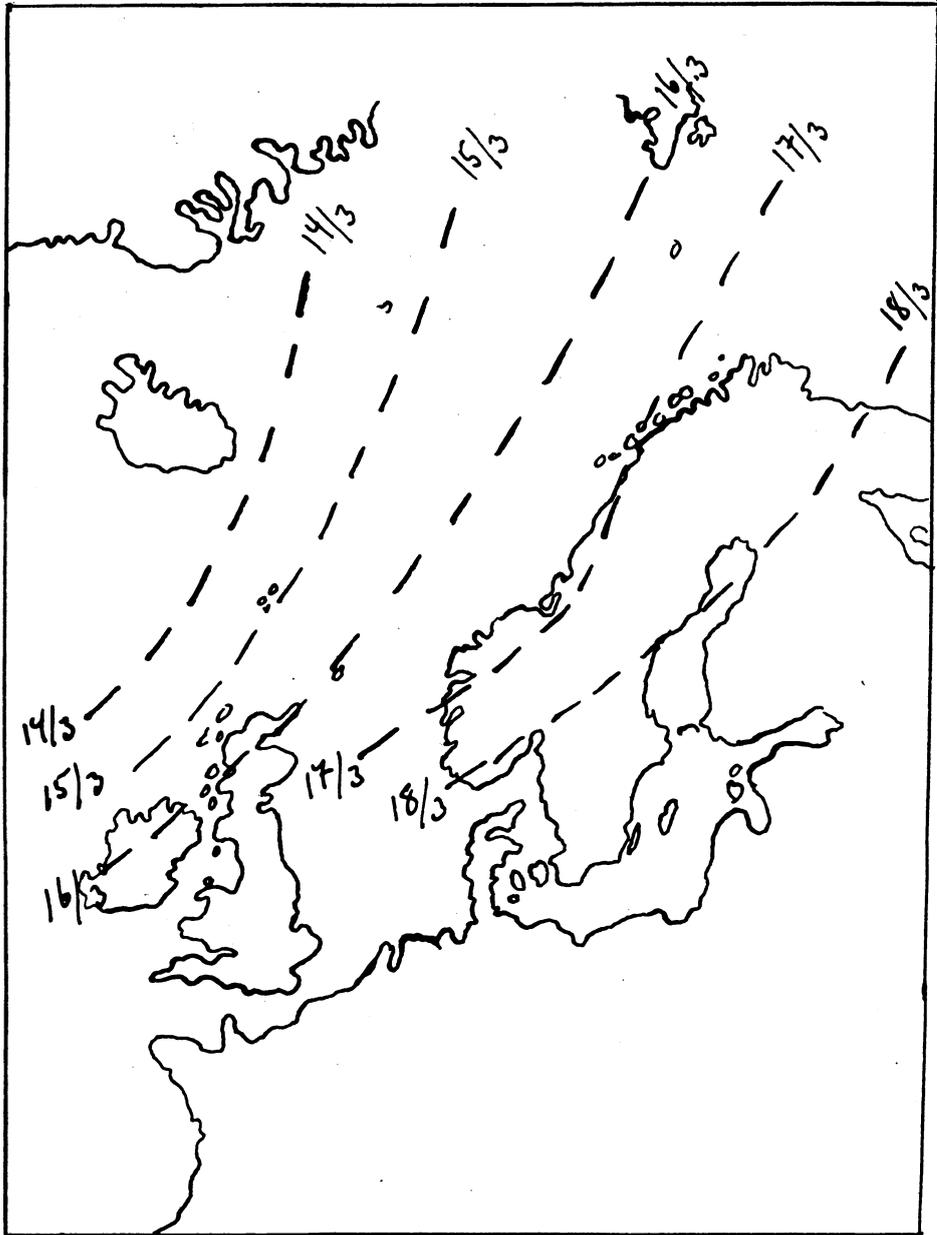


Fig. 6. Wanderung der Null-Linie eines Fallgebietes. Auf der linken Seite der Null-Linie fällt in diesem Fall das Barometer.

gewesen. Die Änderungen gehen natürlich nicht immer so regelmässig für sich wie in dem hier erwähnten Beispiel.

Ein besonderes Interesse bieten die Punkte auf der Karten dar, wo ein Tiefdruck seine Maximaltiefe erreicht. Hier wird gewöhnlich ein ebenes Sinken und Steigen stattfinden. Fig. 7 zeigt ein Paar Beispiele einiger «mittleren Barometerkurven» von Stationen, in deren Nähe das Tiefdruckgebiet seine grösste Tiefe erreicht hat. Die Kurven sind um den tiefsten Punkt ziemlich symmetrisch. Vor und nach einem solchen symmetrischen Wellental können die Kurven ziemlich unregelmässig sein. Fig 8 zeigt ein Beispiel eines unregelmässigen Wellentals. Es hat den Anschein als ob die wellenbildenden Kräfte zu klein gewesen sind um eine regelmässige Kurve etwa wie die gestrichelte Linie zu bilden. Ähnliche Verhältnisse kann man bei Hochdrücken finden, nur sind

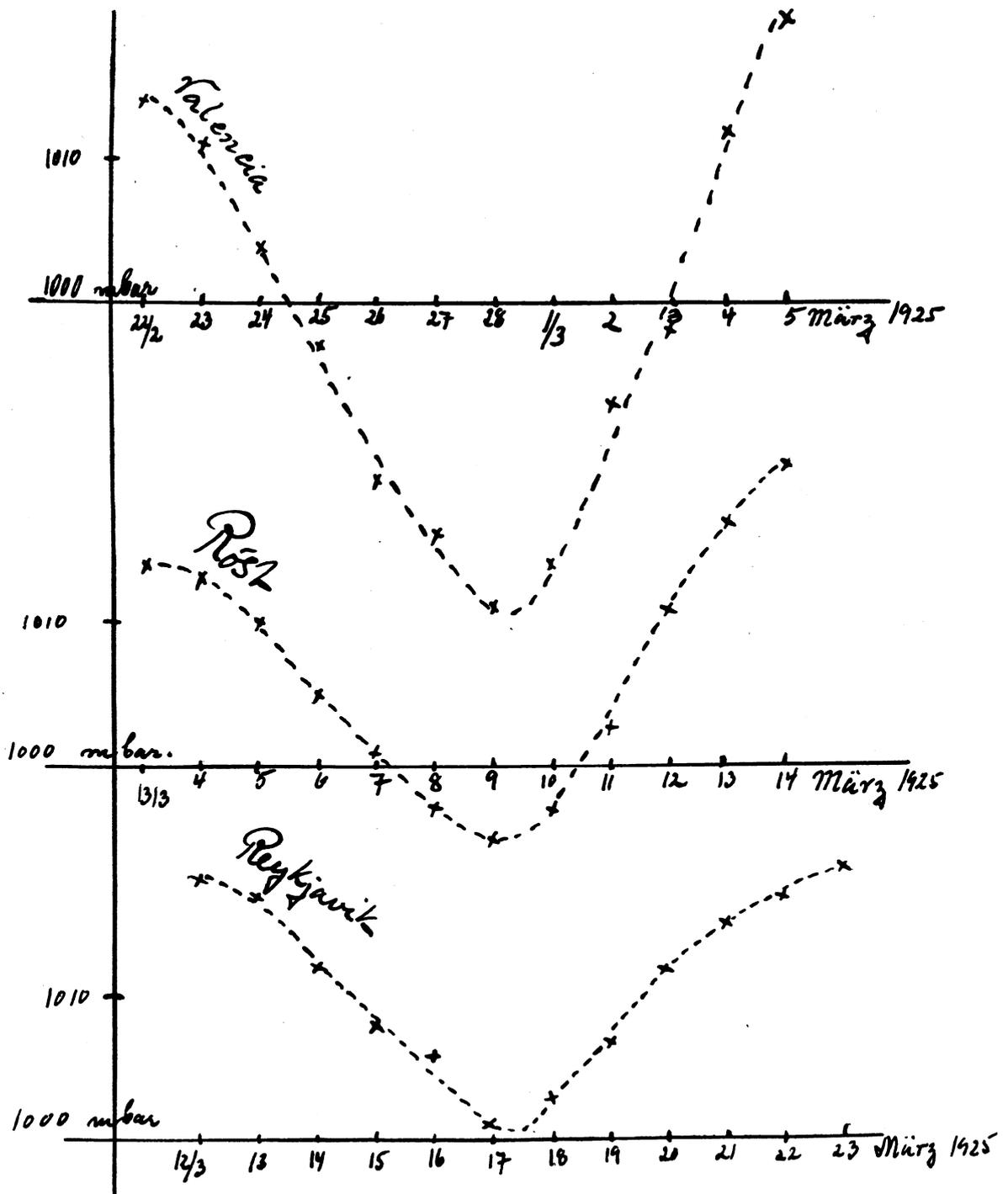


Fig. 7. Beispiele einiger mittleren Barometerkurven von Stationen, in deren Nähe ein Tiefdruckgebiet seine grösste Tiefe erreicht hat.

die Kurven hier umgekehrt. Die in Fig. 8 abgebildete Welle ist übrigens bedeutend länger als die Wellen in Fig. 7 und konnte natürlich bei grösserer Ausgleichung regelmässiger werden. Auch muss bemerkt werden, dass das Zentrum des Tiefdruckes über dem norwegischen Meere gelegt hat und deshalb nicht mit voller Genauigkeit bestimmt werden konnte. Die kleine Steigung in der Mitte des Wellentals kommt nur auf Jan Mayen vor, während sich das Zentrum immer austiefte, bis das Steigen rasch einsetzte. Bei sämt-

lichen untersuchten, etwa 14 täglichen Wellen ist der Tiefstand so scharf ausgeprägt gewesen, dass man nach der geringsten Steigung (1 oder 2 mbar., es wird nur in ganzen mbar. gerechnet) mit dem Ausfüllen des Tiefdruckes rechnen konnte. Auch macht sich die Tendenz geltend, dass sich an der Stelle des Zentrums des Tiefdruckes ein Hochdruck ausbildet, ohne dass sich jedoch die Zentren des Tief- und Hochdruckes immer genau decken. Vielmehr hat der neue Hochdruck oft das eigentliche Zentrum an Stellen wo die natürlichen Bedingungen für einen grossen Hochdruck vorkommen, nach einem Tiefdruck über Island kann sich der neue Hochdruck zur grossen grönländischen Anti-cyklone stützen.

Bekanntlich waren die meteorologischen Verhältnisse im letzten Winter sehr unnormal. In Norwegen hat man einen Rekord-Winter gehabt, was die hohe Temperatur betrifft. Die Ursache dafür war das ungewöhnlich langwierige Tiefdruckgebiet im Eismeer und ein entsprechender Hochdruck über dem Alpengebiet. Man hat hier mit einer

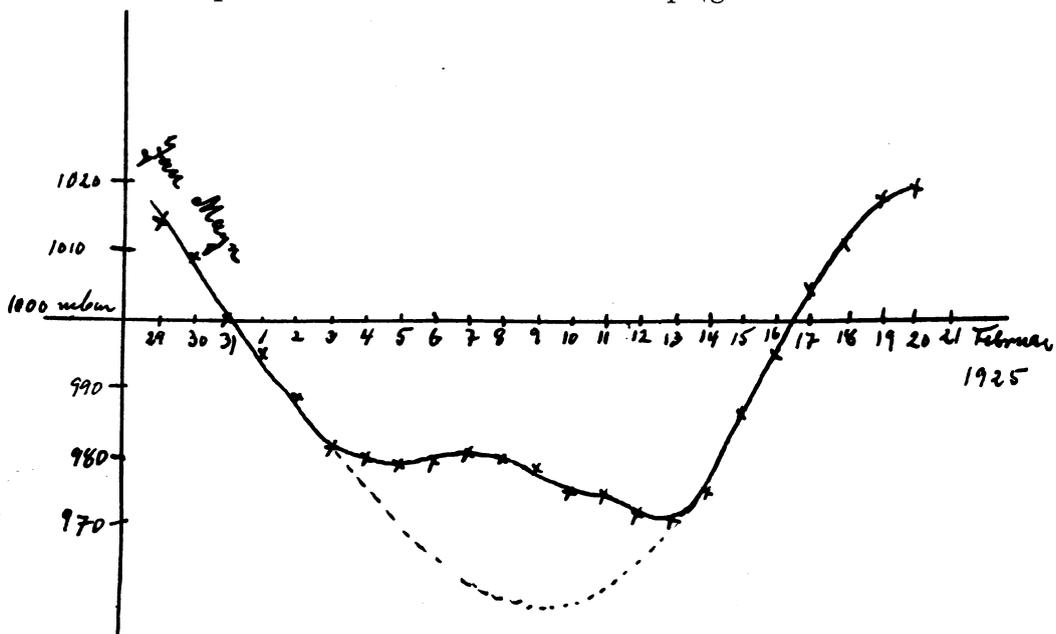


Fig. 8. Beispiel eines unregelmässigen Wellentals.

Barometerwelle zu tun, die sich nicht durch 6-tägliche Mittel ausgleichen lässt. Ein bis zwei-wochenliche Wellen sind nur grosse Ausbuchtungen auf dieser Welle. Interessant ist es zu verfolgen, wie die gewaltige Sturmperiode um die Mitte des Januar auf die 6-täglichen mittleren Barometerkarten aussieht. Eine Reihe grosser Zyklonen passierte über die Strecke Island—Bären Insel, und die Verwüstungen in Nord-Norwegen sind die grössten in der 45-jährigen Geschichte des Hafeneses gewesen. Die ganze Zyklonenserie zeigte sich auf den mittleren Barometerkarten wie ein grosses Fallgebiet, dass sich von Island über Bären Insel bewegte und von einem Steiggebiete gefolgt würde. Die Besserung in der Sturmperiode traf ein, wenn die Null-linie die Karte ungefähr passierte hatte. Die Steigung hat es diesmal nicht geleistet das grosse Tiefdruckgebiet auszufüllen, aber der Hochdruck über den Alpen ist mächtig aufgeschwollen und hat sich bis weit über das norwegische Meer gestreckt. Allmählich zieht sich der Hochdruck zurück, bis sich ein Tiefdruck bei Jan Mayen am 13. Februar gebildet hat, und erst wenn die neue Steigung hier einsetzt, kann sich ein Hochdruck bei Jan Mayen—Spitsbergen ausbilden.

Bei Benutzung einer bedeutend grösseren Ausgleichung als 6 Tage hätte man wahrscheinlich die lange Welle des Winters darstellen und ihre Kulmination bestimmen

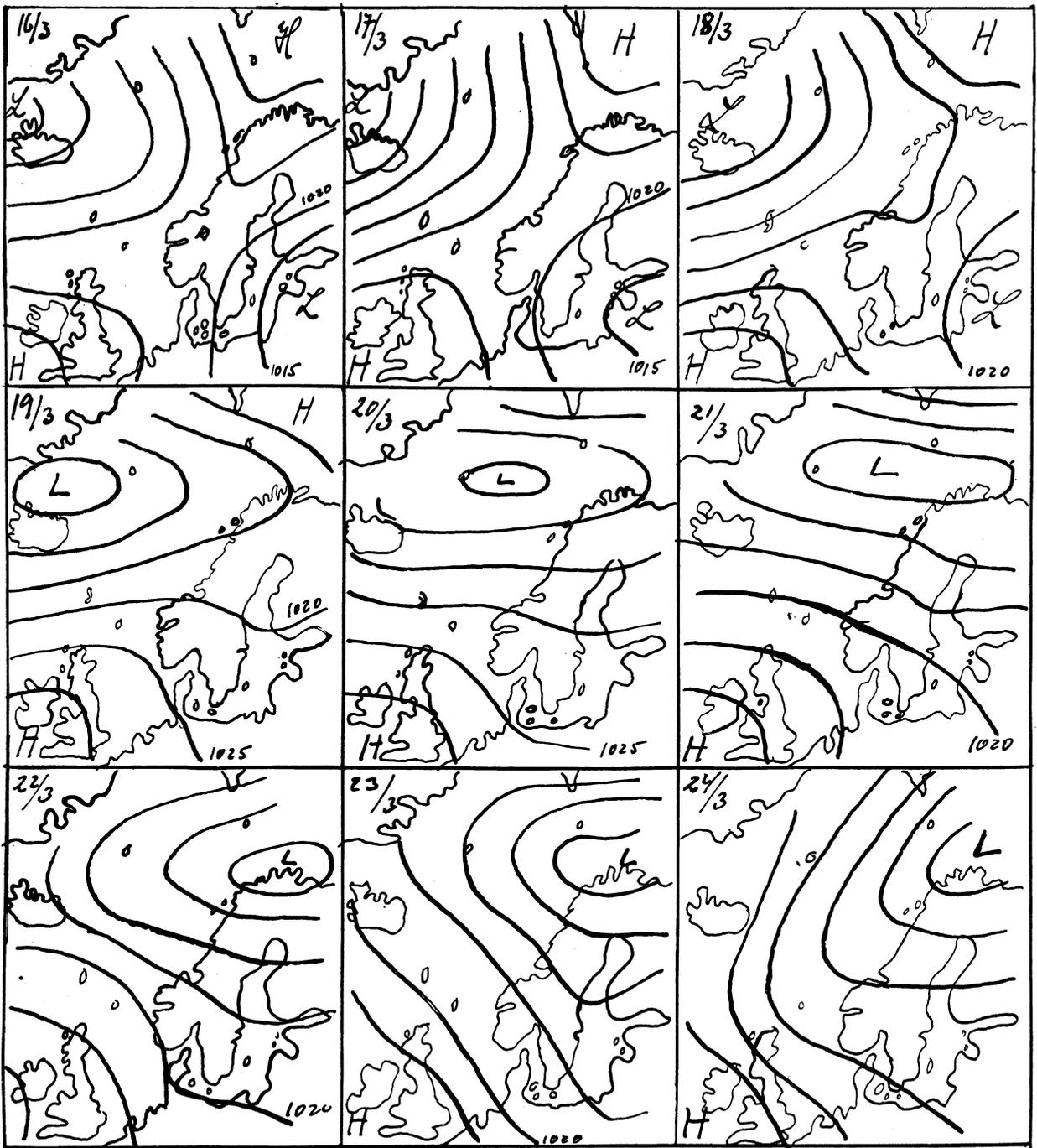


Fig. 9. Mittlere Barometerkarten für 16/3, 17/3 u. s. w. bis 24/3 1925. Jede Karte ist ein Mittel der sechs vorhergehenden Tagen.

können. Die Untersuchung ist nicht ausgeführt, auch hat sich das Zentrum des Tiefdruckes etwas ausserhalb des Kartengebietes gehalten.

Als Beispiel von aufeinander folgenden mittleren Barometerkarten sind in Fig. 9 solche für einen Zeitraum 16.—24. März 1925 wiedergegeben.

Ausser den Karten über Nordeuropa sind auch einige 6-tägliche Karten auf Grund der Hoffmeyerkarten gezeichnet worden.

Es wurde ein Kartengebiet gewählt, das durch die Meridianen  $60^{\circ}$  und  $40^{\circ}$  E und durch die Parallelkreise  $70^{\circ}$  und  $35^{\circ}$  N begrenzt war, oder ungefähr von New-Foundland bis zum Schwarzen Meer und von Nordkap bis Nordafrika erreichte. Als «Observationsstationen» wurden die Schnittpunkte zwischen allen fünf Meridianen und Parallelkreisen gewählt, und der Barometerstand durch Interpolation zwischen den aufgezogenen Isobaren gefunden.

Für die Untersuchung würde willkürlich December 1895 gewählt, und die Karten zeigen im Anfang des Monats ein Tiefdruckgebiet, das seine grösste Tiefe ausserhalb Drontheim erreicht. Hier bildet sich später ein Hochdruck, der sich über Fennoskandia erstreckt. Bevor das Steigen abgeschlossen ist, erreicht ein neues Tiefdruckgebiet seine Maximaltiefe südlich von Island, und je nachdem auch hier das Steigen einsetzt, entsteht ein gewaltiges Hochdruckgebiet, das sich von Skandinavien über Island erstreckt.

Ein dritter Tiefdruck bildet sich gleichzeitig im nördlichen Teil des Azorenmaximums, und hier giebt es keine Schwierigkeit für ein späteres Ausbilden eines Hochdruckes.

Wenn man gesehen hat, wie sich die bunte Reihe von Zyklonen in diesem Monat unter drei Hauptwellen einordnen lassen, kann man sich nicht des Eindrucks erwehren dass man durch synoptisches Studium der langen Barometerwellen<sup>1</sup> besser die Änderungen der grossen Hoch- und Tiefdrücke verfolgen kann. Vielleicht lässt sich diese synoptische Methode zu einer Wettervorhersage für mehrere Tage ausbilden, nur dass man nicht in Einzelheiten gehen kann, sondern sich begnügen muss den Hauptcharakter des Wetters anzugeben.

Die Schwierigkeit, dass die mittleren Karten drei Tage vor der letzten täglichen Karte zurück liegen,<sup>2</sup> kann man oft durch Ekstrapolation der einzelnen Stationskurven umgehen. Die Ekstrapolation für den ersten Tag geht wenigstens leicht. Schlimmer ist es, dass man die Karten über Nordeuropa erstrecken muss, und hier stösst man sofort auf praktische Schwierigkeiten. Das Fehlen von einer Reihe Stationen auf Grönland macht sich stark fühlbar, von ozeanischen Stationen nicht zu sprechen. Hier genügen noch nicht die Schiffstelegramme. Aber selbst wenn diese vorläufigen Untersuchungen nichts wesentlich Neues bringen, kann es jedoch nicht schaden die synoptischen Karten unter neuen Gesichtsvinkeln zu betrachten.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Darunter natürlich den «mittleren Isallobaren» und ihrer Intensitätsänderungen, also der ersten und zweiten «abgeleiteten» der langen Wellen.

<sup>2</sup> Weil die Karten als ein Mittel von 6 Tagen entstanden sind.

<sup>3</sup> Beim Einliefern des Manuscripts waren mir die Arbeiten von Professor Danilow unbekannt. Siehe «Mit. Zeitschrift» Nov. 1925. Im Juniheft derselben Zeitschrift für 1926 ist eine weitere Untersuchung von mir erschienen: «Über Ekstrapolation von ausgeglichenen Barometerwellen».