

Zur Entstehungsgeschichte der Sturmflut-Wetterlagen in der Nordsee im Februar 1962

Von Martin Rodewald

Inhalt

A. Zusammenfassung	1
B. Einleitung	
Anlaß und Begrenzung der Studie	3
C. Hauptteil	
Die nordatlantische Luftzirkulation in der 2. Februar-Dekade 1962 und ihre Bedeutung für das Zustandekommen der Sturmflut-Wetterlagen in der Nordsee	6
1. Die neufundländische Frontalzone vom 12. Februar 1962	6
2. Die Entstehung der Frontalzone	7
3. Der neutrale Punkt vom 12. und 15. Februar 1962	9
4. Bahn und Entwicklung der nordatlantischen Druckfallgebiete in der 2. Februar-Dekade 1962	11
5. Die Wetterschiffe C und B als Indikatoren der Frontalzone	15
6. Der Verlauf der Bord-Temperaturen bei den Wetterschiffen C und B (2. Februar-Dekade)	17
7. Der Luftdruck- und Windverlauf bei den Wetterschiffen C und B (2. Februar-Dekade)	19
8. Die relative Topographie 500/1000 mb über dem Nordatlantik in der 2. Februar-Dekade 1962	21
9. Absolute Topographie der 500-mb-Fläche und Höhenströmung über dem Nordatlantik in der 2. Februar-Dekade 1962	22
10. Die Entstehung, Bewegung und Auflösung der Stromfeld-Singularität des neutralen Punktes vom 12. und 15. Februar 1962	28
11. Der Druckfall-Effekt der Frontalzonen-Verschärfung (C-B) vom 14. Februar 1962 abends	34
12. Die Hochdruck-Vorgeschichte der Sturmzyklonen der 2. Februar-Dekade 1962	40
13. Die Besonderheit der nordatlantischen Luftmassenverteilung Mitte Februar 1962	46
D. Schlußbemerkung	
Die Ähnlichkeit der „Produkte“ der Frontalzone von Mitte Februar 1962, der Sturmzyklonen in ihrer Bahn und Vertiefung	51

A. Zusammenfassung

Die Einleitung orientiert über Anlaß und Begrenzung der Studie. Anlaß: die nordwestdeutschen Sturmfluten vom 12. und 16./17. Februar 1962 und ihre atmosphärische Urheberschaft. Begrenzung: auf die — für die Entstehung der Sturmflut-Wetterlagen maßgebliche — Luftzirkulation im Nordatlantik. Der Ablauf der Nordsee-Stürme selbst wird in dem Bericht nicht berührt.

Der Hauptteil behandelt die nordatlantische Luftzirkulation in der 2. Februar-Dekade 1962, soweit sie für das Zustandekommen der Sturmflut-Wetterlagen in der Nordsee Bedeutung hat.

1. Die neufundländische Frontalzone vom 12. Februar 1962 wird als Muster jenes thermischen Luftmassen-Gegensatzes vorgeführt, der für die Entwicklung des Sturmtiefs vom 12. Februar verantwortlich ist.
2. Die Entstehung beziehungsweise Verschärfung der Frontalzone läßt sich im Prinzip auf ein Vierer-Druckfeld (je zwei kreuzweise liegende Hochs und Tiefs) mit neutralem Punkt des Stromfeldes zurückführen. Diese besondere Strömungsanordnung bewirkt die gegenseitige Näherung von Warmluft und Kaltluft (Frontogenese).

3. Der neutrale Punkt vom 12. und 15. Februar 1962 hat nahezu die gleiche Lage von 51 bis 52° N, 45° W, in ONO von Neufundland. Die „Begegnungs-Isobaren“ an ihm kommen in beiden Fällen aus dem hohen Norden und dem tiefen Süden, ein Merkmal für das frontverschärfende und damit zyklonenverstärkende Potential dieser Strömungsanordnung.
4. Bahn und Entwicklung der nordatlantischen Druckfallgebiete in der 2. Februar-Dekade 1962 werden verglichen. Drei System-Folgen treten auf: 10.—13. Februar, 13.—17. Februar, 16. bis 20. Februar. Die beiden ersten gipfeln in mehr als 50 mb 24stündigem Druckfall im Ostsee- bzw. Nordmeergebiet, wobei die entscheidende Verstärkung der von Neufundland abwandernden Druckfallgebiete „stromabwärts“ von dem neutralen Punkt erfolgt. Bei dem letzten Druckfallgebiet der Dekade dagegen fehlt diese Stromfeld-Singularität, und es schwächt sich auf seiner Wanderung nach Europa ab. So kommt es glücklicherweise nicht zu einem dritten fluterzeugenden Nordsee-Sturm.
5. Die Wetterschiffe C und B als Indikatoren der Frontalzone sind, da sie den neutralen Punkt (52° N, 45° W) auf der warmen und kalten Seite flankieren, hierfür besonders günstig gelegen. Die Mitteltemperatur der unteren Troposphäre („relative Topographie“ 500/1000 mb) läßt deutlich drei Verschärfungen des Temperaturgefälles C—B erkennen, in Parallele mit den drei Druckfallgebieten. Am 11./12. Februar erreicht das Gefälle 22°, am 14./15. Februar 23°, beide Male mit der Ausprägung des neutralen Punktes im Vierer-Druckfeld. Am 18./19. Februar, als diese Besonderheit fehlt, geht das Temperaturgefälle nur bis maximal 15°.
6. Der Verlauf der Bordtemperaturen bei den Wetterschiffen C und B (2. Februar-Dekade) zeigt die gleichen Schwankungen der Intensität der Frontalzone wie die Gesamtschicht bis etwa 5½ km Höhe (500 mb), der Taupunkt dabei stärker als die Lufttemperatur. Mit Hilfe des Taupunktes läßt sich die Schwankung zeitlich hier noch genauer fixieren als auf aerologischem Wege. Den Nordseesturm-Druckfallgebieten Nr. 1 und Nr. 2 entsprechen Maxima der Taupunkt-Differenz (C-B) von 22° und 24°, dem sturmlosen Druckfallgebiet Nr. 3 eine solche von 15°.
7. Der Luftdruck- und Windverlauf bei den Wetterschiffen C und B (2. Februar-Dekade) zeigt charakteristische Unterschiede. Er liefert das Verständnis für die Schwankungen der Temperatur und damit für die Fluktuationen der Frontalzone.
8. Die relative Topographie 500/1000 mb über dem Nordatlantik in der 2. Februar-Dekade 1962 gibt das räumliche Bild der Frontalzone. Es zeigt sich, daß sie am 12., 15. und 18. Februar in der Nachbarschaft der Wetterschiffe C und B tatsächlich am schärfsten ist, während sie sich nach Westen und Osten hin abschwächt.
9. Absolute Topographie der 500-mb-Fläche und Höhenströmung über dem Nordatlantik in der 2. Februar-Dekade 1962 lassen den schweren Orkan sichtbar werden, der — etwa längs der Frontalzone — in den oberen Luftschichten weht. Am 12. und 15. Februar werden Maximalwinde von 135 Knoten (etwa 250 km/Std.) in Höhe der 500-mb-Fläche gemessen. Die frontale Höhenströmung ist mit der (thermischen) Frontalzone eng gekoppelt, deren Verbreiterung „stromabwärts“ ihr sogenanntes Delta bildet. Im nördlichen Teile dieses Deltas erfolgt der stärkste Luftdruckfall am Boden, und es wird kurz beschrieben, wie nun ein sich selbst verstärkender Prozeß abläuft, der das Druckfallgebiet und damit die Zyklone unter Verstärkung nach Osten treibt.
10. Die Entstehung, Bewegung und Auflösung der Stromfeld-Singularität des neutralen Punktes vom 12. und 15. Februar 1962 verdient wegen dessen Schlüsselstellung für die Ausbildung der Sturmzyklonen eine besondere Betrachtung. Beide Male ist es so, daß seine Lebensgeschichte mit der Trennung von zwei Tiefdruckgebieten beginnt und mit der Vereinigung von zwei Hochdruckgebieten endet. Zwischen dem Stadium zyklonischer und dem antizyklonischer „Begegnungs-Isobaren“ liegt das Stadium der Reife, in dem diese Isobaren mehr geradlinig von weither kommen und die stärkste frontogenetische Wirkung eintritt. Da die zellulare Struktur des Druckfeldes am Boden am ausgeprägtesten ist, wird der neutrale Punkt hier am deutlichsten und verliert sich mit der Höhe. Trotzdem durchsetzt der frontogenetische Effekt die gesamte Troposphäre.
11. Der Druckfall-Effekt der Frontalzone-Verschärfung (C-B) vom 14. Februar 1962 abends, der maßgeblich zur Entwicklung des „Katastrophen-Tiefs“ beiträgt, läßt sich aus einer Analyse des Druck- (und Temperatur-) Verlaufs im Raume Südgrönland-Island ableiten. Der Druckfall vollzieht sich in drei Stufen, deren letzte weder einem „Trog“ noch einer „Front-

- welle“ zuzuschreiben ist. Das Auflaufen des postumen Druckfalls auf die ersten Druckfall-Stufen ergibt die Übertiefung der Zyklone.
12. Die Hochdruckvorgeschichte der Sturmzyklonen der 2. Februar-Dekade 1962 ist deshalb wesentlich, weil das (warme) Azorenhoch und das (kalte) Labrador-Hoch die beiden Hauptpartner des zyklonenetischen Vierer-Druckfeldes darstellen. Das stark nordwärts verschobene Azorenhoch stellt mit Druckwerten bis 1048 mb ein Rekordhoch für das Seegebiet um 45° N, 25° W dar. Es liegt deutlich im Zuge einer längerdauernden Entwicklungstendenz der Druckanomalien des Winters 1962. Aber auch das Kaltluft-Hoch über Labrador läßt sich auf eine solche Entwicklungstendenz zurückführen, die im Januar 1962 das bisher stärkste Hoch in der Witterungsgeschichte der USA mit sich brachte (1063 mb). Das Zusammenspiel der atlantischen und der nordamerikanischen Drucksteigtendenz und damit der großen antizyklonischen Zirkulationsräder ist kennzeichnend für die nordatlantische Großwetterlage in der 2. Februar-Dekade.
13. Die Besonderheit der nordatlantischen Luftmassenverteilung Mitte Februar 1962 folgt aus der ungewöhnlichen Luftdruckverteilung. Durch Vergleich mit der Normalverteilung wird die Verschiebung der Tropikluftgrenze nach Norden und Westen deutlich, die einem Befahren der VAN BEBBERSCHEN Zyklonenstraßen II und III (Seegebiet Südisland-Südskandinavien) Vorschub leistet. Der Nordseesturm, der die Katastrophenflut brachte, entstand also — um es zusammenzufassen — nicht aus dem Zufall gleichsinnigen Wirkens von „Kleinigkeiten“, sondern im Zuge einer großzügigen und ganz besonderen Zirkulationsentwicklung. Der Schluß weist auf die Ähnlichkeit der „Produkte“ der Frontalzone hin, nämlich der Bahn und Vertiefung der beiden Sturmzyklonen vom 12. und 16. Februar 1962. Das aktive Stadium beider liegt zwischen etwa 40° W und 20° O, dauert 60 Stunden und bringt eine Vertiefung des Zentrums um 55 bzw. 52 mb; Ausgangspunkt und Endpunkt liegen im gleichen Raum — der Ausgang ostwärts Kap Farvel, das Ende vor dem Eingang zum Bottnischen bzw. Finnischen Meerbusen. Trotz dieser generellen Ähnlichkeit treten im einzelnen Unterschiede auf, welche die Nordseestürme vom 12. und 16. Februar 1962 — und damit die Sturmfluten — verschieden ausfallen lassen.

B. Einleitung: Anlaß und Begrenzung der Studie

In der zweiten Februar-Dekade 1962 kam es über der Nordsee zu zwei schweren Winterstürmen, die in der Deutschen Bucht ihre Höhepunkte am 12. Februar mittags und am 16. Februar abends hatten. Der erste führte zu einer schweren Sturmflut an der nordfriesischen Küste und im Elbe-Bereich. Der zweite verursachte die bekannte nordwestdeutsche Katastrophenflut vom 16./17. Februar, die sich besonders verhängnisvoll in Hamburg auswirkte.

Hier sei nur kurz — an Hand der Abbildungen B. 1 und B. 2 — der in seinen Auswirkungen verheerendere Sturm vom 16./17. Februar 1962 gekennzeichnet. Die Abbildung B. 1 bringt das Ergebnis einer Wind-Auswertung von List auf Sylt, der Station, die an der Deutschen Bucht die größten Windstärken registrierte. Die Abbildung zeigt — in Meter je Sekunde — für jede Stunde vom 16. morgens bis 17. nachmittags

das Stundenmittel der Windgeschwindigkeit
 das höchste 10-Minuten-Mittel
 die höchste Böenspitze.

Die Werte sind zur Veranschaulichung durch einen Kurvenzug verbunden, und die Niveaus von 20, 25 und 35 m/s sind besonders markiert. Man sieht, daß die Haupt-Sturmzeit etwa 23 Stunden dauerte, vom 16. Februar, 11 Uhr, bis zum 17. Februar, 10 Uhr. Während dieser Zeit waren die Mittelwerte wie folgt:

beim Stundenmittel	20,8 m/s (100 ‰)
beim höchsten 10-Minuten-Mittel	26,1 m/s (125,5 ‰)
bei der höchsten Böenspitze	37,8 m/s (181,7 ‰).

Die mittlere Windgeschwindigkeit (Stundenmittel) lag also nicht besonders hoch; sie entsprach der Beaufortstärke 9. Aber schwere Orkanböen traten allstündlich auf; die Spitzenwerte lagen im Durchschnitt der 23 Stunden etwa 82 % höher als die Stundenmittel des Windes. Die jeweils höchsten zwei Werte während der 23 Stunden waren:

beim Stundenmittel	24 und 23 m/s
beim höchsten 10-Minuten-Mittel	30 und 28 m/s
bei der höchsten Böenspitze	44 und 43 m/s.

Diese absoluten Böen-Maxima entsprechen etwa 85 Knoten oder 160 km/Stunde. Der Sturm wehte zunächst aus West und drehte am Abend des 16. Februar auf WNW.

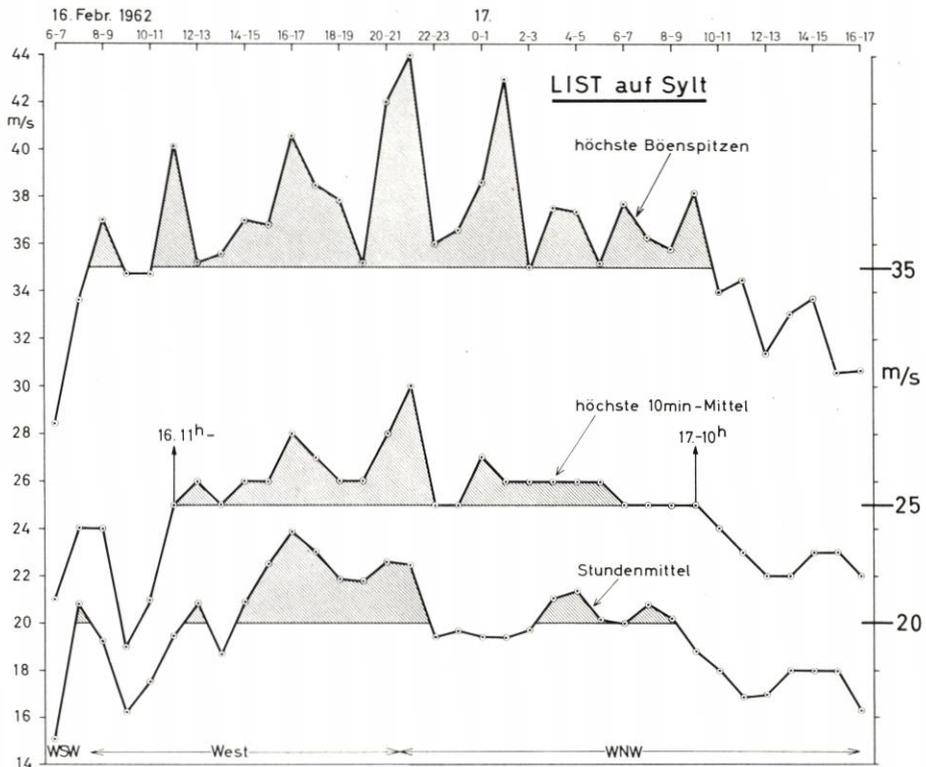


Abb. B. 1. Der Verlauf des Sturmes in List auf Sylt vom 16. Februar 1962 morgens bis zum 17. Februar 1962 nachmittags

Die Abbildung B. 2 stellt die Druckverteilung über dem Nordseegebiet etwa beim Höhepunkt des Sturmes in der Deutschen Bucht am 16. Februar um 22 Uhr MEZ dar. Bei den eingezeichneten Windgeschwindigkeiten bedeutet

eine halbe Fieder	5 Knoten
eine ganze Fieder	10 Knoten
der „Sturmwimpel“ (Dreieck)	50 Knoten (schwerer Sturm).

Zwischen Südwestengland (1030 mb) und Schweden (960 mb) beträgt die Druckdifferenz 70 mb. Ein breiter und stürmischer Strom kalter Polarluft, von Schauern und schweren Böen durchsetzt, geht vom Nordmeer über die Nordsee südostwärts.

Die Zone stärksten Luftdruckgefälles scheint um diese Zeit zwischen den Isobaren von 995 und 980 mb zu liegen, ist also in die Deutsche Bucht hinein gerichtet, in das Gebiet zwischen Außenweser und Südwestjütland. In dieser Gefällszone weht der Westnordwest bis

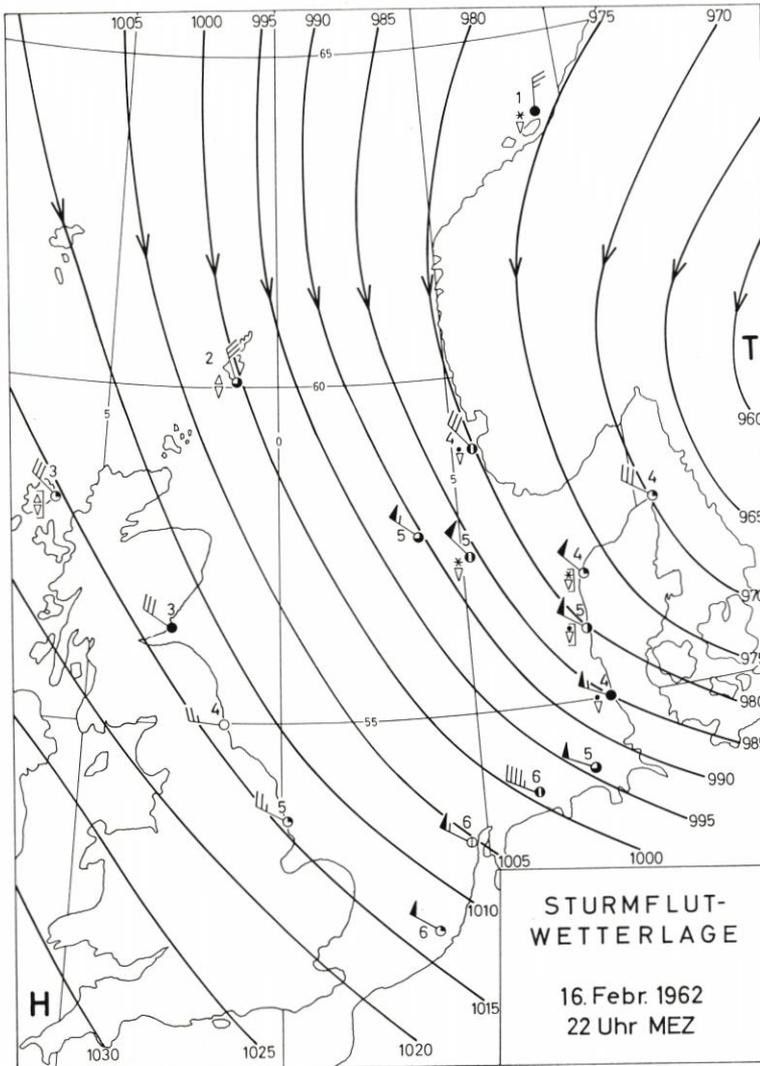


Abb. B. 2. Die Nordsee-Wetterlage am 16. Februar 1962 abends

Nordwest auf freier See mit 10—11 Beaufort. Er preßt die Wassermassen in das Nasse Dreieck, und mit der steigenden Flut nimmt das Verhängnis seinen Lauf.

Die Urheberschaft für die Naturkatastrophe liegt also bei der Atmosphäre. Ohne Sturmzyklonen besonderer Stärke, Art, Zugbahn gäbe es keine Sturmfluten. Nach dem säkularen Ereignis der Hamburger Schadensflut vom 17. Februar 1962 — es kam hier seit 1825 keine im Ausmaß ihr ähnliche vor — ist daher zuvörderst auch der Meteorologe aufgerufen, sich mit seinem Teil des Problems, den Vorgängen in der Atmosphäre, zu beschäftigen. Hiervon

entbindet nicht, daß in diesem Falle die von zuständiger meteorologischer Seite — insbesondere vom Seewetteramt Hamburg des Deutschen Wetterdienstes — ausgegebenen Sturmwarnungen das Prädikat „zeitgerecht und zutreffend“ verdienen.

Die folgende Darstellung behandelt nicht die Sturmflutwetterlage oder -wetterlagen in der Nordsee selbst und ihren Ablauf. Ihr begrenztes Ziel ist vielmehr, ein Bild der maßgeblichen Luftzirkulation in der 2. Februar-Dekade 1962 zu entwerfen und einiges von den Wurzeln der beiden Nordsee-Stürme dieser Dekade bloßzulegen. Eine eingehende und vergleichende Behandlung der Nordseestürme selbst hätte den Rahmen dieses Berichtes gesprengt; er müßte gesondert erfolgen.

Es ist auch noch kein Versuch gemacht worden, die Untersuchung auf weitere Fälle von Sturmflut-Zyklonen auszudehnen und durch Vergleiche zu prüfen, ob und wie weit sich die Befunde dieser Februar-Dekade 1962 verallgemeinern lassen. Auch dies bedürfte einer Sonderarbeit.

Bei dem weiten Spielraum, den die Atmosphäre in der Anlage ihrer „Zirkulationsräder“ hat — bekanntlich gibt es keine zwei genau gleichen Wetterlagen —, stände dabei allerdings von vornherein nichts 100prozentiges zu erwarten, vielleicht jedoch eine Reihe von stärkeren Anklängen, vielleicht die Möglichkeit zur Typisierung. So ist dieser Vorbericht nur eine Art deutender Monographie zur Witterungsgeschichte, hat aber auch als solche wohl seine Berechtigung in Anbetracht des säkularen Ereignisses, dem er gilt und dessen Rahmen von Vorbedingungen er abzustecken versucht. Es wurde dabei eine Fassung angestrebt, die den fachlichen Bericht für einen weiteren Kreis von Interessierten als nur für den Wetterkundler lesbar macht.

C. Hauptteil: Die nordatlantische Luftzirkulation in der 2. Februar-Dekade 1962 und ihre Bedeutung für das Zustandekommen der Sturmflut-Wetterlagen in der Nordsee

1. Die neufundländische Frontalzone vom 12. Februar 1962

Normale Voraussetzung für eine Sturmtief-Entstehung (außerhalb der Tropen) ist ein genügender Luftmassen-Gegensatz, ein starkes horizontales Temperaturgefälle zwischen einer Warmluftmasse und einer Kaltluftmasse. Die besondere Gefällszone der Temperatur können wir als Frontalzone bezeichnen. Die Front ist dabei der Sonderfall einer akzentuierten Frontalzone, nämlich des am Boden auf engstem Raum konzentrierten thermischen „Steilabfalls“. Passiert die Front einen Ort, so kann die Temperatur im Extremfall ruckartig steigen oder fallen, je nachdem ob es eine Warmfront oder Kaltfront ist. Zeichnet man Isothermen (Linien gleicher Lufttemperatur), so zeigt sich die Frontalzone als Drängungszone der Isothermen; ganz stark wird die Drängung an einer scharfen Front.

Entwerfen wir ein thermisches Profil durch die *neufundländische Frontalzone*, die für die Entwicklung des Sturmtiefs vom 12. Februar 1962 verantwortlich ist, so sieht das Bild etwa so aus, wie in Abbildung 1 dargestellt. Das Profil geht über Neufundland nach der Nordküste des St. Lorenz-Stromes von OSO nach WNW. Der Temperaturverlauf ist für den Boden und die Höhe der 500-mb-Fläche (etwa 5¹/₂ km) dargestellt; oben ist der Entfernungsmaßstab angegeben. Am Boden liegt die „Frontalzone“ als Front gerade bei Argentia, SO-Neufundland. Das Gefälle der Temperatur ist vielleicht noch größer als gezeichnet: Gander hat schon — 8° gegen + 4° bei Kap Race. In der Höhe der 500-mb-Fläche zeigt sich der Westen Neufundlands (Stephenville) fast noch so warm wie der Osten (— 18° gegen — 15°), ist also nur 3° kälter, während es am Boden 13° kälter ist (— 9° gegen + 4°). Die Frontalzone verschiebt sich, wie es

die Rasterfläche in der Abbildung anzeigt, mit der Höhe nach Westen; in 500 mb liegt der Steilabfall der Temperatur westlich Neufundland. Das entspricht, wenn man Warmluft und Kaltluft scharf durch eine Fläche begrenzt, dem bekannten Schema (Abb. 2). Die kleinen Abbildungen 3 und 4 illustrieren die Höhen-Isothermen bzw. die Bodenfront im Bereich Neufundland.

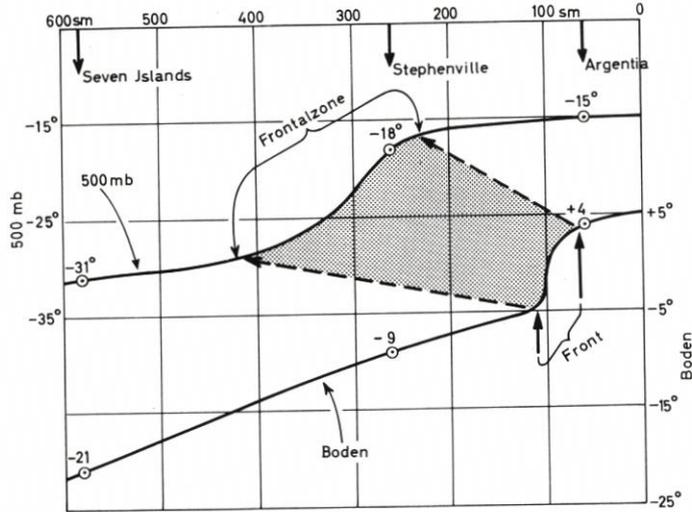


Abb. 1. Temperatur-Profil Neufundland-St. Lorenz am Boden und in der Höhe der 500-mb-Fläche am 12. Februar 1962, 00 Uhr MGZ

2. Die Entstehung der Frontalzone

Wie aber kommt es zur Ausbildung einer so ausgeprägten Frontalzone bzw. Front mit einem Temperaturabfall von 10° auf kurze Distanz? Offenbar müssen Luftmassen aus der warmen und der kalten Klimazone einander genähert werden, gegeneinander geführt werden, damit die frontale Isothermendrängung entsteht.

Betrachtet man nur die Horizontalbewegung der Luft, so gibt es ein ganz bestimmtes Luftdruckfeld, bei dem zwei entgegengesetzte Luftströme aufeinander zulaufen und um den „Treffpunkt“ herum seitlich ausweichen, ein Luftdruckfeld, das zugleich geeignet ist, Iso-

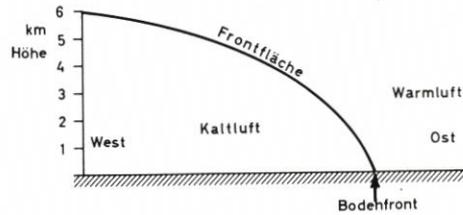


Abb. 2. Front-Schema im Vertikalschnitt

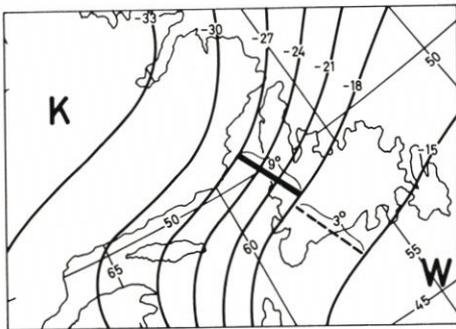


Abb. 3. Isothermen in Höhe der 500-mb-Fläche im Bereich Neufundland am 12. Februar 1962, 00 Uhr MGZ

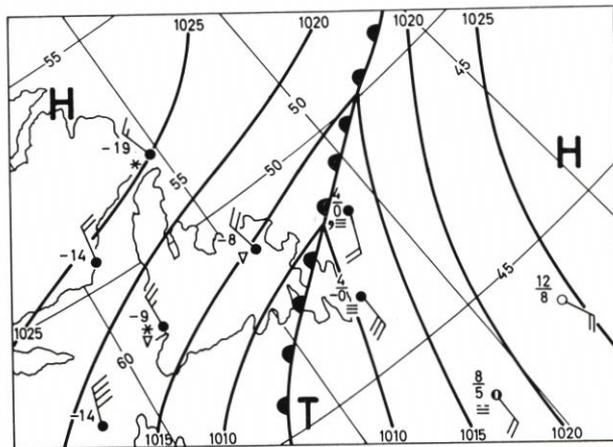


Abb. 4. Die Front über SO-Neufundland am 12. Februar 1962, 00 Uhr MGZ.

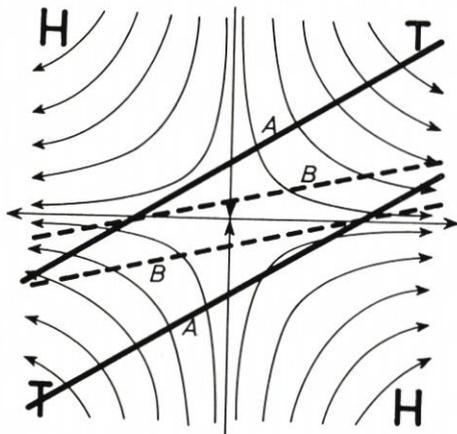


Abb. 5. Schema des Luftdruck- und Strömungsfeldes mit neutralem Punkt (Mitte).
Isothermen-Transport von A nach B:
„Frontogenese“

thermen einander näherzubringen. Dies ist das Vierer-Druckfeld, bei dem zwei Hochs und zwei Tiefs kreuzweise angeordnet liegen und zwischen sich einen neutralen Punkt (hyperbolischen Punkt) lassen.

Schematisch ist solch ein Druckfeld als Strömungsfeld in Abbildung 5 dargestellt; in der Mitte liegt der neutrale Punkt.

Denkt man sich in diesem Strömungsfelde zwei Isothermen, etwa von $+20^{\circ}$ und $+10^{\circ}$, in der Anfangslage A, so werden diese von der Strömung so mitgeführt, daß sie nach einer gewissen Zeit die Lage B einnehmen. Man sieht: der Abstand hat sich verringert, die Wärme von 20° und die Kälte von 10° sind einander nähergerückt, es bildet sich eine Frontalzone.

Die Wirkung eines solchen Vierer-Druckfeldes mit einem neutralen Punkt ist also die, daß die thermischen Gegensätze der von Norden und Süden

heranströmenden Luftmassen auf immer engeren Raum konzentriert werden. Man spricht deshalb von einem „frontogenetischen Deformationsfeld“ (Deformation, weil man es in Nord-südrichtung mit einer Schrumpfung, in Westostrichtung mit einer Dehnung zu tun hat). Wobei

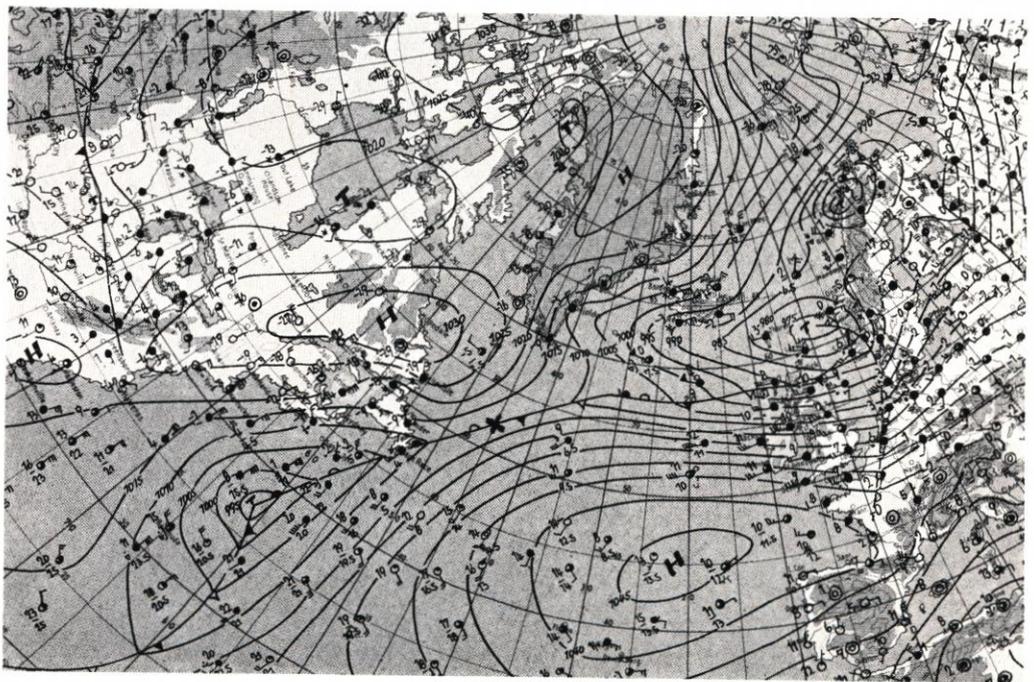


Abb. 6. Nordatlantik-Wetterlage am 12. Februar 1962, 00 Uhr MGZ

anzumerken wäre, daß der besagte Effekt nur dann eintritt, wenn die Isothermen die „richtige“ Lage in bezug auf das Stromfeld haben, nämlich quer zur Schrumpfungsachse. Denkt man sich in Abbildung 5 die Ausgangs-Isothermen nord-südlich verlaufend, so tritt der entgegengesetzte Effekt ein (Entfernung voneinander = „Fontolyse“).

3. Der neutrale Punkt vom 12. und 15. Februar 1962

Die Sturmtief-Entwicklungen Mitte Februar 1962 waren in typischer Weise an ein Vierer-Druckfeld mit neutralem Punkt geknüpft. Als Beleg dafür mögen die Abbildungen 6 und 9 dienen, die die nordatlantische Wetterlage nach dem Täglichen Wetterbericht des Deutschen Wetterdienstes (Offenbach a. M.) zeigen. Am 12. Februar, 00 Uhr MGZ (Abb. 6) liegt der neutrale Punkt (+) um 52° N, 45° W. Zwischen dem Warmluft-Hoch von 1045 mb nördlich der Azoren und dem Kaltluft-Hoch von 1030 mb über Labrador einerseits, dem Tief von 975 mb östlich der Färöer und dem Tief von 995 mb zwischen Bermuda und Neufundland andererseits befindet sich hier ein Kreuz- und Scheideweg der Isobaren.

Die 1015-mb-Isobaren kann man hier ebenso gut in der Form der Abbildung 7 zusammenführen, so daß sie sich im Punkt N.P. von Norden und Süden — gegeneinander laufend — treffen, um sich im gleichen Punkte — nach Westen und Osten laufend — voneinander zu verabschieden. Es ist der Berührungspunkt der Tiefausläufer von NO und SW, und/oder auch der Hochdruckkeile von SO und NW, und die Front wechselt an diesem Punkte von Kaltfront zu Warmfront.

Deutlicher wird die Funktion dieses „Punktes“, wenn man ins Auge faßt, woher die Isobaren kommen, die sich hier begegnen. Zur Demonstration ist in Abbildung 8 der Verlauf

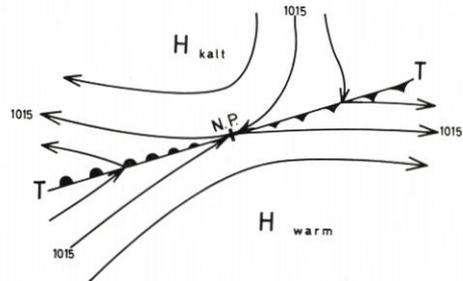


Abb. 7. Verdeutlichung des neutralen Punktes um 52° N, 45° W

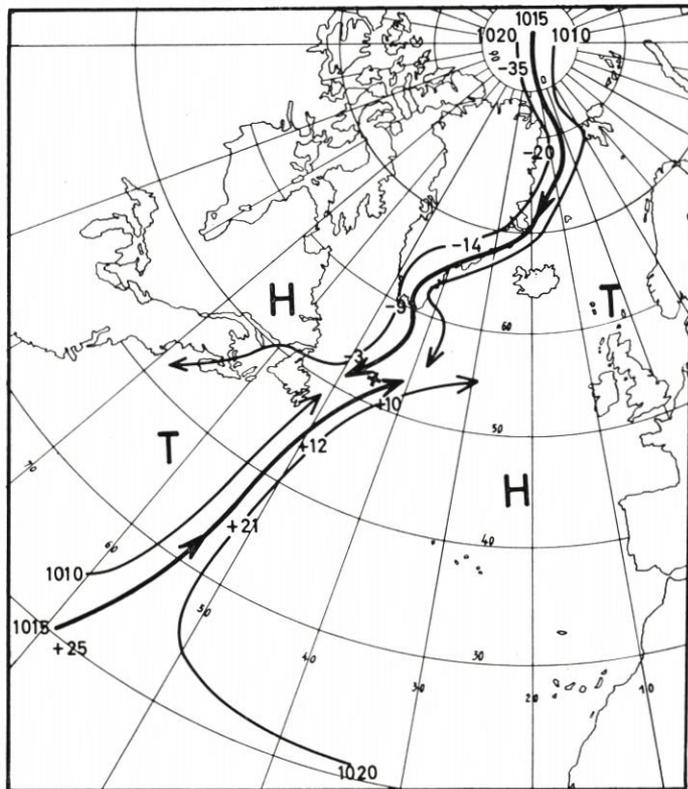


Abb. 8. Verlauf und Herkunft der Begegnungs-Isobaren am 12. Februar 1962, 00 Uhr MGZ

der kritischen Isobaren von 1015 mb (dick) und der Nachbar-Isobaren von 1020 und 1010 mb (dünn) am 12. Februar, 00 Uhr MGZ dargestellt. Einige Temperaturen (am Boden) sind darangeschrieben. Die warme 1015er kommt aus den tiefen Tropen — südlich 20° N — herauf, während die kalte 1015er aus der inneren Arktis nach Süden geht. Im Startgebiet der einen herrschen $+25^{\circ}$, in dem der anderen -35° .

Natürlich kann man diesen momentanen Stromverlauf nicht ohne weiteres mit der Luftbahn gleichsetzen. Es zeigt sich aber immer wieder, daß schon die Herkunft der „Begegnungs-Isobaren“ ein wichtiges Indiz für die Funktionsstärke des neutralen Punktes ist: Je weiter von Norden die eine Isobare und je tiefer aus dem Süden die andere Isobare kommt, desto größer ist gemeinhin das frontogenetische und damit auch das zyklonenetische Potential dieser Strömungsanordnung.

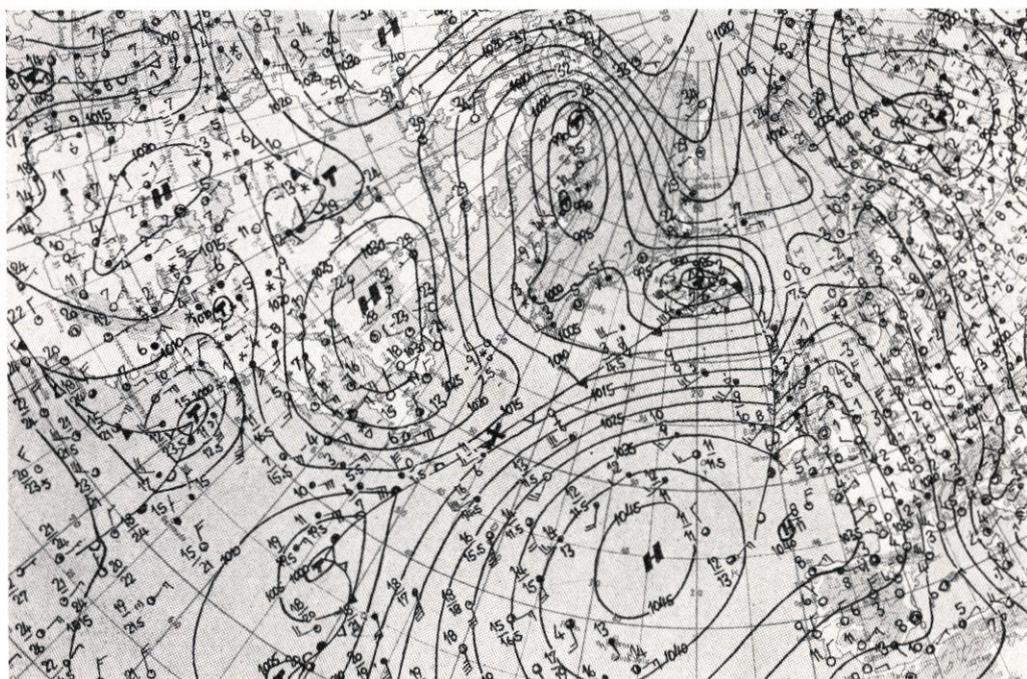


Abb. 9. Nordatlantik-Wetterlage am 15. Februar 1962, 00 Uhr MGZ

Wenden wir uns nun der Wetterlage vom 15. Februar 1962, 00 Uhr MGZ zu (Abb. 9), so zeigt diese im wesentlichen das gleiche Bild, wie es sich drei Tage vorher bot. Wieder liegt dem Warmluft-Hoch von 1045 mb nördlich der Azoren ein Kaltluft-Hoch von 1030 mb über Labrador gegenüber; wieder haben wir ein Tief im Nordosten (985 mb) bei Island und eins (1000 mb) südlich Neufundland. Der neutrale Punkt in diesem Vierer-Druckfeld liegt praktisch an der gleichen Stelle wie drei Tage vorher, bei 51° N, 45° W.

Wieder ist auch die 1015-mb-Isobare die „Begegnungs-Isobare“, und zeichnen wir ihren Verlauf besonders (Abb. 10), so ergibt sich ein ganz ähnliches Bild wie am 12. Februar. Die warme 1015er kommt tief aus den Tropen herauf, die kalte 1015er kommt hoch von Ellesmere-Land her. $+24^{\circ}$ herrschen im Startgebiet der einen, -37° im Startgebiet der anderen. Und östlich Neufundland „treffen“ sich die beiden, um eine denkbar scharfe Frontalzone zu bilden.

Es sei hinzugefügt, daß die Wirkung des neutralen Punktes in beiden Fällen nicht „frontogenetisch“ im strengen Sinne ist. Vielmehr wird eine schon vorhandene Front bzw. Frontalzone hier verschärft. Es gibt aber auch Fälle der Front-Entstehung, und die Richtung der Wirkung ist bei Entstehung und Verschärfung die gleiche.

(Ähnlich wird auch der Ausdruck „Zyklognese“ manchmal sowohl im strengen Sinne der Neubildung wie im weiteren Sinne der Vertiefung einer Zyklone gebraucht. Der Richtungssinn ist dabei der gleiche: Verstärkung des Druckfalls.)

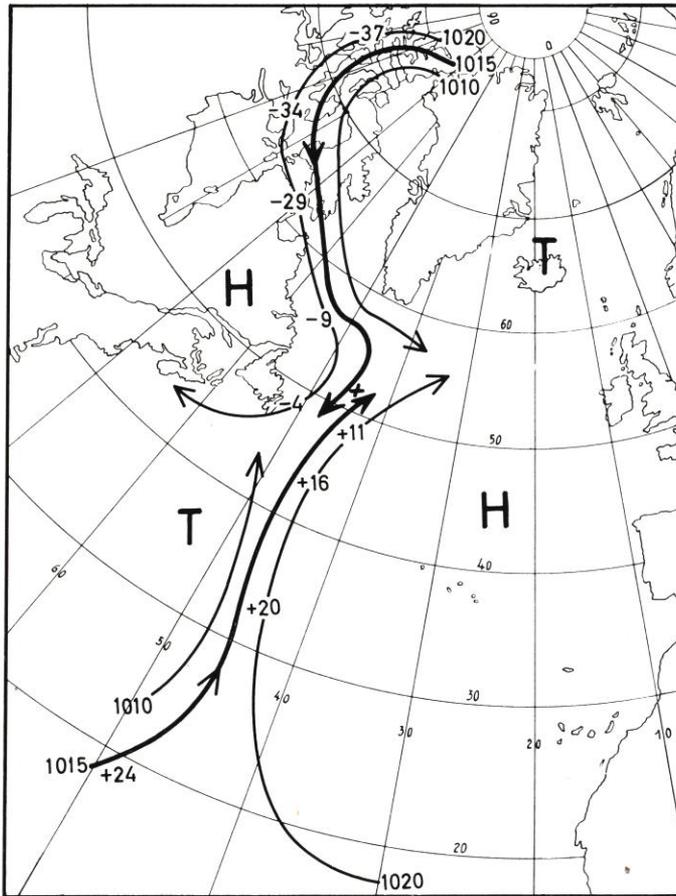


Abb. 10. Verlauf und Herkunft der Begegnungs-Isobaren
am 15. Februar 1962, 00 Uhr MGZ

4. Bahn und Entwicklung der nordatlantischen Druckfallgebiete in der 2. Februar-Dekade 1962

Betrachten wir nun zunächst die Bahn und Entwicklung der entscheidenden Druckfallgebiete während der mittleren Februar-Dekade 1962. In den Abbildungen 11 bis 13 sind die 24stündigen Druckfall-Zentren für 00 Uhr MGZ (nach dem Täglichen Wetterbericht d. DWD)

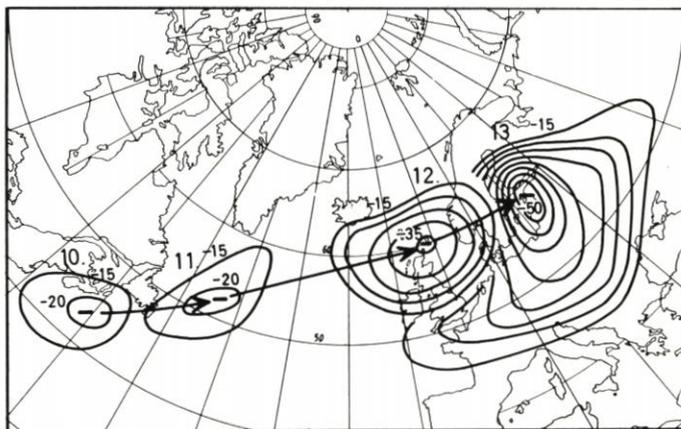


Abb. 11.
Entwicklung und Bahn des
Druckfall-Zentrums vom 10. bis
13. Februar 1962, 00 Uhr MGZ

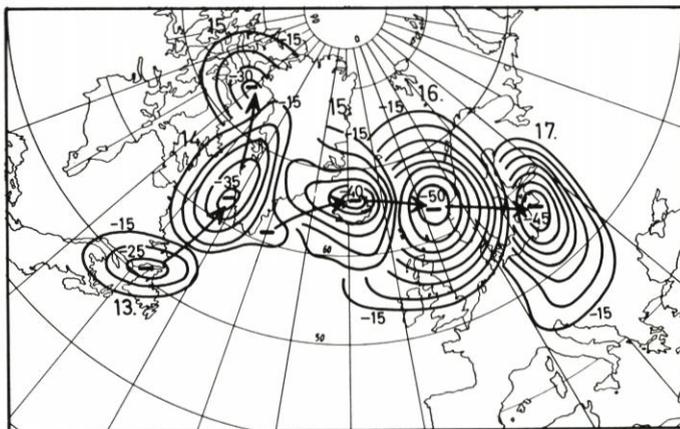


Abb. 12.
Entwicklung und Bahn der
Druckfall-Zentren vom 13. bis
17. Februar 1962, 00 Uhr MGZ

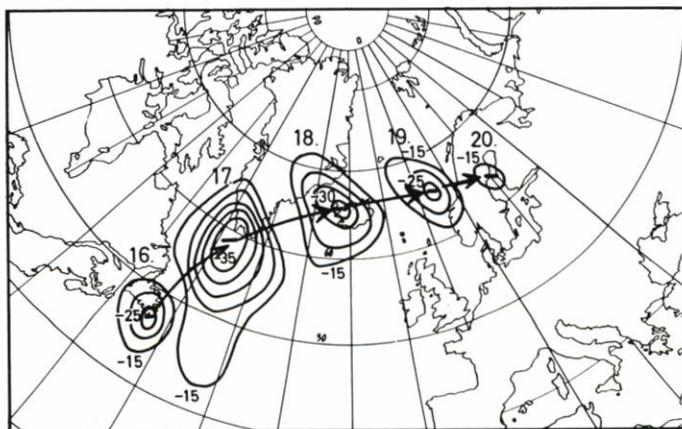


Abb. 13.
Entwicklung und Bahn des
Druckfall-Zentrums vom 16. bis
20. Februar 1962, 00 Uhr MGZ

dargestellt; die Datierung steht für den Endtermin (z. B. 14. = Druckänderung 13.—14., 00 Uhr MGZ). Die Isallobaren sind zur Klarhaltung des Bildes nur bis 15 mb Druckfall gezeichnet.

Drei-System-Folgen treten vom 10. bis 20. Februar 1962 auf und sind in den drei Abbildungen veranschaulicht:

vom 10. bis 13. Februar

vom 13. bis 17. Februar

vom 16. bis 20. Februar.

Das mittlere Druckfallsystem brachte die norddeutsche Sturmflutkatastrophe. Läßt man die weitere Vorgeschichte der Druckwellen außer Betracht, so sieht man, daß alle „begannen“ mit 20 bis 25 mb Druckfall im westlichen Nordatlantik. Recht verschieden sind aber Bahn

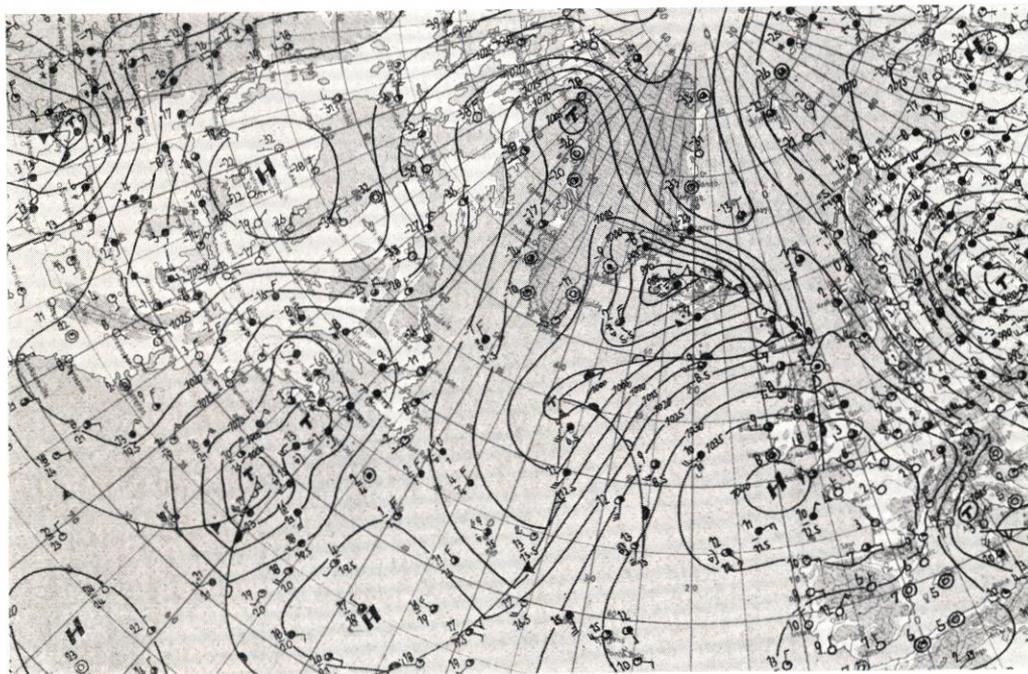


Abb. 14. Nordatlantik-Wetterlage am 18. Februar 1962, 00 Uhr MGZ

und Entwicklung. Ein grundsätzlicher Unterschied zeigt sich zunächst zwischen „Fall 3“ und den Fällen „1“ und „2“. Während diese beiden im europäischen Bereich bis zu einem 24stündigen Drucksturz von mehr als 50 mb anschwellen, tritt bei dem letzten Druckfallsystem eine Abschwächung auf dem Ostkurse ein. Nach anfänglicher Verstärkung auf -35 mb weist es am 20. Februar über dem Bottenbusen nur noch -15 mb auf. Glücklicherweise kam es so nicht zu einem dritten Nordseesturm in dieser Februar-Dekade; eine auch nur annähernde Wiederholung wäre in Anbetracht der gebrochenen oder schwerbeschädigten Deiche Norddeutschlands verhängnisvoll geworden.

Wegen des völlig anderen Verhaltens des dritten Druckfallgebietes sei hier gleich der „Test auf den neutralen Punkt“ angefügt. Mit Abbildung 14 bringen wir die Wetterlage vom 18. Februar 1962, 00 Uhr MGZ. Von dem ausgeprägten Vierer-Druckfeld mit neutralem Punkt, wie es am 15. und 12. Februar bestanden hatte, ist hier nichts zu entdecken. Es sind

lasser“ 2000 sm entfernt im Seegebiet vor Neufundland lag. Und das Eigentümliche dabei ist, daß ein Punkt im Bodendruckfelde als charakteristisches Vorzeichen eines riesenhaft ausgedehnten und ungeheuer energiereichen Phänomens in Erscheinung tritt.

5. Die Wetterschiffe C und B als Indikatoren der Frontalzone

Natürlich hat dieser „Punkt“ nicht als solcher, sondern nur als Kennzeichen des Stromfeldes seine Bedeutung. Da wir den neutralen Punkt bei 52° , 45° W feststellten, können wir die beiden Wetterschiffe

C $52,8^{\circ}$ N, $35,5^{\circ}$ W

B $56,5^{\circ}$ N, 51° W

benutzen, um die Ausprägung der Frontalzone zu betrachten, die sich gemäß dem Schema der Abbildung 5 hier entwickeln bzw. verschärfen sollte.

C läge östlich des Punktes, also auf der warmen Seite, B läge westlich von ihm, also auf der kalten Seite der Frontalzone.

Weil es dynamisch wesentlich ist, daß der Temperaturgegensatz nicht nur in Bodennähe auftritt, sondern eine vertikal mächtige Luftmasse erfaßt, sei der Gegensatz gleich mittels der sogenannten relativen Topographie der 500-mb-Fläche bestimmt. Die Schichtdicke „500 über

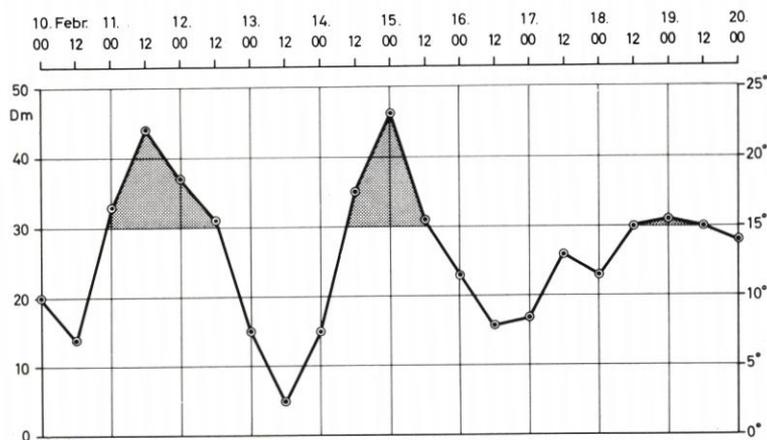


Abb. 16. Differenz (C-B) der über den Wetterschiffen C und B gemessenen Schichtdicken „500 bis 1000 mb“ (in Dekametern) = Temperatur-Gefälle C-B in der unteren Troposphärenhälfte. Zeitraum 10. bis 20. Februar 1962, 00 Uhr MGZ

1000 mb“ in Dekametern ist abhängig von der virtuellen Mitteltemperatur der Schicht, ist also ein Maß für die Mitteltemperatur der unteren Troposphärenhälfte, vom Boden bis etwa $5\frac{1}{2}$ km Höhe. Zwei Dekameter Differenz der Schichtdicke sind dabei hinreichend genau gleich 1° Differenz der Mitteltemperatur zu setzen.

Es zeigt sich, daß in der Dekade vom 10. bis 20. Februar 1962 die Differenz (C-B) ständig positiv ist, d. h. die $5\frac{1}{2}$ -km-Luftschicht über Wetterschiff C ist immer wärmer als über Wetterschiff B. Der Gang dieser Differenz, die ein Maß für die Stärke der Frontalzone zwischen C und B ist, wird in Abbildung 16 gezeigt. Die Zeiten, in denen die Differenz 30 Dekameter = 15° überschreitet, sind durch Schraffur hervorgehoben.

Drei Akzentuierungen der Frontalzone zwischen C und B treten deutlich hervor:

am 11. bis 12. Februar; maximaler Gegensatz 22°

am 14. bis 15. Februar; maximaler Gegensatz 23°

am 18. bis 19. Februar, maximaler Gegensatz 15° .

Sie lassen sich in Parallele setzen zu den drei Druckfallsystemen, die nach Europa abwandern (Abb. 11 bis 13). Kennzeichnenderweise erreicht der frontale Temperatur-Unterschied zwischen C und B in den beiden ersten Fällen, die einen Druckfall von ~ 50 mb im europäischen Bereich auslösen, praktisch den gleichen, hohen Betrag von 22 bis 23° . Im dritten Falle dagegen, wo der neutrale Punkt fehlt, werden nur eben 15° überschritten: d. h. die Frontalzone bringt es hier, thermisch gesehen, maximal auf $\frac{2}{3}$ (69%) der Stärke vom 11. und 15. Februar.

Mit Abbildung 17 sei ein Blick auf das Zustandekommen der Differenz-Kurve Abbildung 16 getan. Hier sind die Werte der Schichtdicke „500 bis 1000 mb“ für die Wetterschiffe C

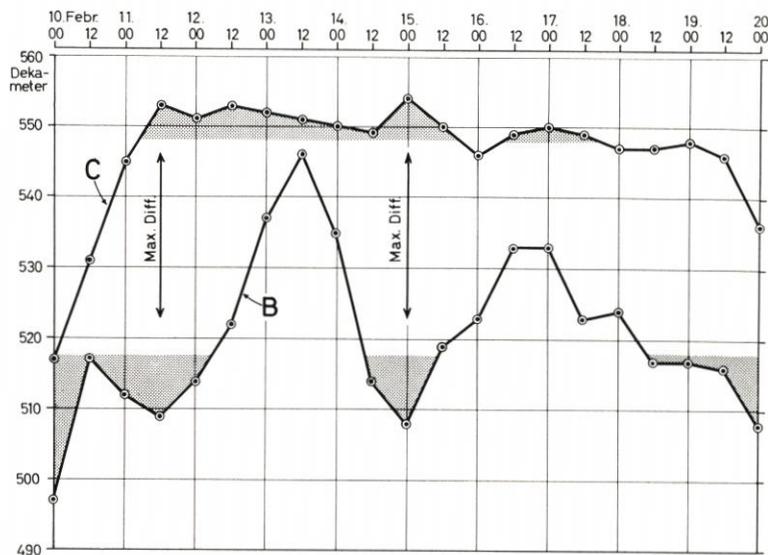


Abb. 17. Schichtdicken „500 bis 1000 mb“ (in Dekametern) über den Wetterschiffen C und B, 10. bis 20. Februar 1962, 00 Uhr MGZ

und B gesondert dargestellt. Für C sind die Bereiche über 548 Dm, für B die Bereiche unter 518 Dm durch Rasterung hervorgehoben.

Bei Wetterschiff C tritt gleich im Anfang der Dekade — mit dem Druckfallgebiet Nr. 1 — ein gewaltiger Temperaturanstieg ein: Die Schichtdicke wächst in 24 Stunden (am 10. Februar) von 517 auf 545 Dm = 14° Erwärmung der unteren Troposphärenhälfte. Das heißt: C gerät zu Beginn des 11. Februar in den Strom der von Süden kommenden Tropikluft. Die Schichtdicke „500 bis 1000 mb“ schwankt dann bis zum 19. Februar in nur geringem Maße um den Wert von 548 bis 550 Dm; C verbleibt fast die gesamte Februar-Dekade im Bereich der warmen Tropikluft. Erst am 19. tritt ein stärkerer Temperaturfall ein; zum ersten Male seit dem 10. Februar wird der Wert von 540 Dm unterschritten.

Weit ausgeprägter sind die Schwankungen bei Wetterschiff B. Besonders auffällig ist die starke Erwärmung vom 11. bis 13. Februar (37 Dm = $18,5^{\circ}$). Vorübergehend dringt am 13. die Tropikluft, mit dem Warmsektor eines Tiefs, bis Wetterschiff B vor. Diesem Tief ent-

spricht das Druckfallgebiet, das vom 13. bis 15. Februar nach der Davis-Straße und dann an der Westküste Grönlands nordwärts zieht (vgl. Abb. 12). Hier ist also bei den Stärkeschwankungen der Frontalzone (C-B) eine räumliche Verlagerung mit im Spiel, die aber außer Betracht bleiben kann, da die westwärts verlagerte Frontalzone nur den „Nordläufer“ nährt.

Dieses Tief hat die wichtige Funktion eines „Zubringers“: Auf seiner Rückseite stößt die Labrador-Kaltluft wieder in den Nordwestatlantik vor (scharfe Abkühlung bei Wetterschiff B) und erneuert die Frontalzone zwischen B und C. Das Drucksteiggebiet, das dem Tief folgt, sorgt für den Wiederaufbau des Labrador-Hochs und so für die erneute Herstellung des Vierer-Druckfeldes mit neutralem Punkt.

Die maximale Ausprägung der Frontalzone C-B erfolgt an den durch Pfeile markierten Stellen — 11. Februar, 12 Uhr, und 15. Februar, 00 Uhr —, nach gegenläufiger Bewegung der Schichtdicken-Kurven von B und C. Diese Zeiten sind — wie noch zu zeigen — mit der optimalen Ausprägung des Vierer-Druckfeldes einschließlich neutralem Punkt verknüpft.

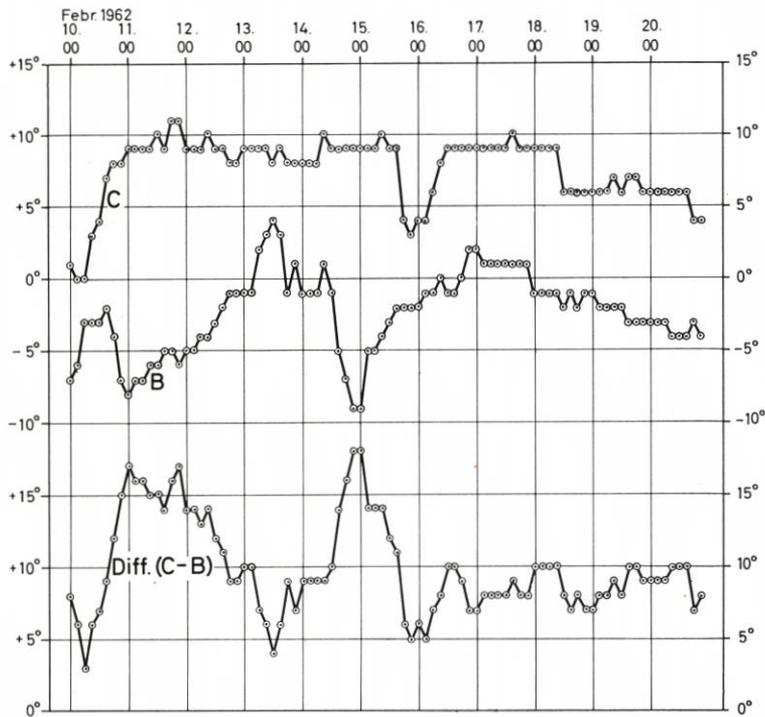


Abb. 18. Verlauf der Lufttemperatur vom 10. bis 20. Februar 1962 bei den Wetterschiffen B und C. Dazu Differenz-Kurve (C—B)

6. Der Verlauf der Bord-Temperaturen bei den Wetterschiffen C und B (2. Februar-Dekade)

Man braucht allerdings nicht die aerologischen Messungen zu Hilfe zu nehmen, um den Sachverhalt zu erfassen. Schon das Boden-Feld liefert ein ganz ähnliches Resultat. Als Beleg sind in Abbildung 18 die Lufttemperaturen vom 10. bis 20. Februar dargestellt, wie sie von

den Wetterschiffen C und B dreistündlich gemeldet wurden. Darunter ist die Differenz-Kurve (C-B) gezeichnet.

Man sieht: C ist vom 10. Februar abends an bis zum 18. vormittags in der warmen Tropikluft, in der die Temperatur immer um $+9^{\circ}$ ($+8$ bis $+11^{\circ}$) liegt. Lediglich vom 15. zum 16. Februar findet eine kurze Unterbrechung der Herrschaft der Warmluft statt. Hier keilt die polare Kaltluft in flacher Schicht über das Wetterschiff C hinweg nach Südosten aus.

Beim Wetterschiff B zeigen sich am Boden recht ähnliche Schwankungen wie im Schichtmittel 1000 bis 500 mb (Abb. 17). So gibt denn auch die Differenz-Kurve der bodennahen Lufttemperaturen von C und B (Abb. 18 unten) ein ähnliches Bild wie die Differenz-Kurve der Mitteltemperaturen für die untere Troposphärenhälfte (Abb. 16). Zweimal, vom 10. bis 12. Februar und vom 14. bis 15. Februar, überschreitet der Temperaturunterschied C-B 10° und erreicht in Gipfelwerten 17 bis 18° . Diese Steigerung des Temperaturgefälles, die ihre Entsprechung in den Sturm-Druckfallgebieten Nr. 1 und Nr. 2 findet (Abb. 11 und 12), bleibt später, beim Druckfallgebiet Nr. 3, aus.

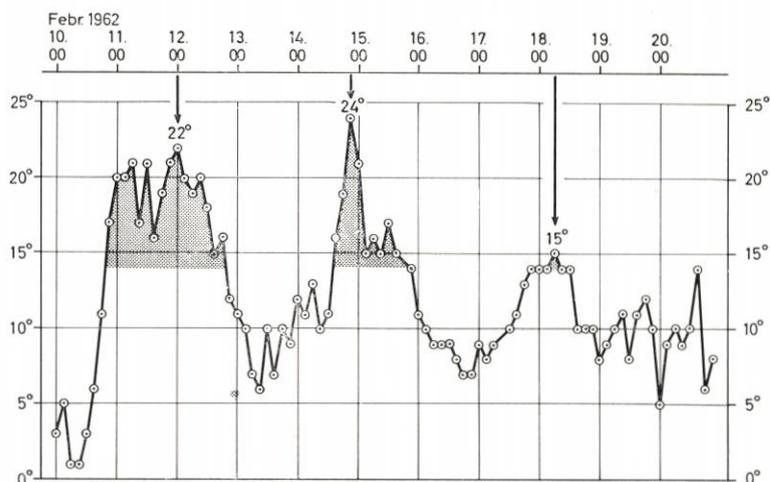


Abb. 19. Verlauf der Taupunkt-Differenz (C-B) vom 10. bis 20. Februar 1962

Noch stärker als in der Lufttemperatur prägen sich die Schwankungen beim Taupunkt aus. Als Beleg mag die Differenz-Kurve (C-B) der auf den beiden Wetterschiffen bestimmten Taupunkte dienen (Abb. 19). Es zeigt sich der gleiche Verlauf wie bei der Lufttemperatur und der Schichtdicke 500/1000 mb; die gekennzeichneten Maxima liegen recht ähnlich, ziemlich genau drei Tage auseinander.

Ganz interessant ist der folgende Vergleich der drei Maximalwerte der Differenz (C-B):

	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 1—3 Mittel
Lufttemperatur	17 ^o	18 ^o	10 ^o	15 ^o
Taupunkt	22 ^o	24 ^o	15 ^o	20,3 ^o
Temp.-Mittel 500/1000 mb	22 ^o	23 ^o	15,5 ^o	20,2 ^o

Man sieht, daß die Frontalzone, gemessen an den Taupunkten „unten“, praktisch mit genau den gleichen Werten in Erscheinung tritt wie in der „relativen Topographie 500/1000 mb“, d. h. der Mitteltemperatur der unteren Troposphärenhälfte.

Wenn man bedenkt, daß das Bodennetz räumlich viel dichter ist als das aerologische Netz und auch zeitlich eine dichtere Folge von Beobachtungen liefert (alle 3 Stunden) als das aerologische Netz (alle 12 Stunden), so fällt die oben gezeigte Gleichheit der Aussagekraft von „Boden“ und „Höhe“ um so mehr ins Gewicht. Allerdings sind die bodennahen Werte nicht immer und nicht überall so repräsentativ.

7. Der Luftdruck- und Windverlauf bei den Wetterschiffen C und B (2. Februar-Dekade)

Zum Verständnis des Temperatur-Verlaufs bei den Wetterschiffen C und B sei ein Vergleich der Luftdruck-Kurven und der Winde angeschlossen, zunächst vom 10. Februar, 00 Uhr MGZ, bis 14. Februar, 03 Uhr MGZ (Abb. 20). Bei C erfolgt in der zweiten Tageshälfte des 10. Februar ziemlich starker Druckfall; gleichzeitig dreht der Wind von West auf Süd zurück und nimmt auf Sturmstärke von 40 Knoten zu. Bei Tagesende geht die Warmfront durch: Der Druckfall hört auf, der Wind dreht auf SSW und nimmt auf 25 bis 30 kn ab.

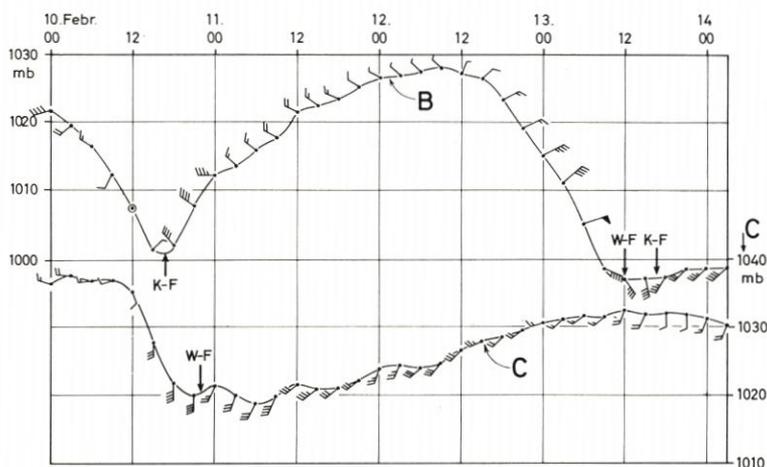


Abb. 20. Luftdruckverlauf und Winde bei den Wetterschiffen C und B, 10. Februar, 00 Uhr MGZ, bis 14. Februar, 03 Uhr MGZ

Von nun an, vom 11. bis 14. Februar, befindet sich C ständig im Bereich der warmen Tropikluft. Der Wind weht dauernd aus Südwest bis Süd, zunächst ziemlich heftig, mit Geschwindigkeiten um 30 kn, später weniger lebhaft, mit 20 kn, zeitweise weniger. Der Luftdruck steigt dabei langsam von etwa 1020 mb auf mehr als 1030 mb an, ein Zeichen dafür, daß sich das Warmluft-Hoch nach Nordwesten ausdehnt, an dessen Rande sich Wetterschiff C befindet.

Ganz anders die Luftdruck- und Windentwicklung bei Wetterschiff B. Der Luftdruckfall am 10. Februar ist zwar ähnlich, nur früher einsetzend und aufgehörend wegen der westlicheren Lage von B. Aber der Wind frischt bei dem Druckfall nicht stürmisch auf wie

bei Wetterschiff C, sondern tut das Umgekehrte, nimmt von 40 kn auf Windstille bzw. schwachen umlaufenden Wind ab. Ein Zeichen, daß das Tiefzentrum in der Nähe von B vorbeizieht. Und während bei C am Ende des Druckfalls eine Warmfront mit Abflauen des Windes passiert, setzt bei B mit dem Ende des Druckfalls ein stürmischer Nordwest von 40 kn ein: Eine Kaltfront passiert das Wetterschiff B.

Mit dem Kaltluftvorstoß steigt der Druck bei B kräftig an; das kalte ostkanadische Hoch breitet sich über Labrador gegen die Davis-Straße aus. So wird vom 10. Februar abends an gleichzeitig Wetterschiff B von frischer Polarluft aus NW und Wetterschiff C von Tropikluft

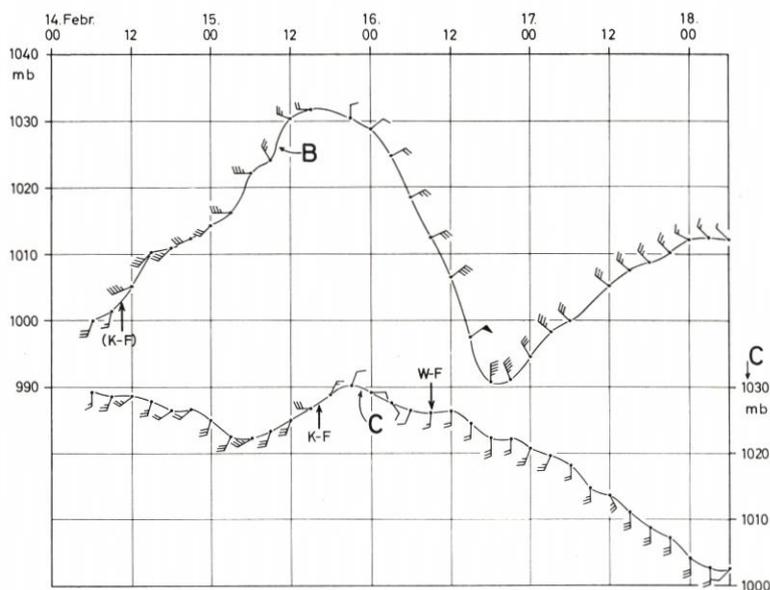


Abb. 21. Luftdruckverlauf und Winde bei den Wetterschiffen C und B, 14. Februar, 06 Uhr MGZ, bis 18. Februar, 06 Uhr MGZ

aus SSW überweht. Es ist klar, daß sich das Temperaturgefälle C-B dadurch rasch verschärfen muß. Es nimmt, wie Abbildung 16 zeigt, in 24 Stunden — vom 10. bis 11. Februar mittags — von 7° auf 22° zu. Zugleich prägt sich das Vierer-Druckfeld mit neutralem Punkt immer deutlicher aus.

Bis gegen Mittag des 12. Februar — bei Wetterschiff C bis zum Mittag des 13. Februar — dauert der Druckanstieg. Die Frontalzone C-B wird also durch keine Zyklonenbildung dasebst gestört; sie nährt nur die Sturmzyklone „Nr. 1“ weit im Osten.

Ab 12. Februar mittags setzt bei B zunehmender Druckfall ein. Der Wind dreht nach NO bis ONO und nimmt am 13. bis auf 50 kn (Bft 10) zu. Die Frontalzyklone, die von Süden her über Neufundland westlich am Wetterschiff B vorbei nach Westgrönland zieht, läßt mit ihrem okkludierenden Warmsektor die Tropikluft am 13. Februar mittags vorübergehend bis B vordringen. Der Druckfall hört auf, der Wind dreht unter Nachlassen auf SSO. Bei Wetterschiff C macht sich dieser Druckfall vom 12. bis 13. Februar, der bei B 31 mb beträgt, überhaupt nicht bemerkbar; der Druck im Warmluft-Bereich steigt sogar weiter.

Am 13. nachmittags stößt über Wetterschiff B wieder Kaltluft aus SW vor. Der Druck steigt dabei aber nur ganz wenig. Die Fortsetzung des Druck- und Windverlaufs (14. bis 18. Februar, 06 Uhr MGZ) findet sich in Abbildung 21. Sie zeigt, daß sich bei B ein ähnlicher

Druckanstieg wie vom 10./12. Februar am 14./15. Februar wiederholt. Dabei verstärkt sich der Kaltlufttransport aus SW zeitweise stürmisch (40 bis 45 kn), die Frontalzone C-B stellt sich wieder her und erreicht am 15. Februar, 00 Uhr MGZ ihren zweiten Maximalwert von 23° Temperaturgefälle in der unteren Troposphäre (vgl. Abb. 16).

Bereits am 14. Februar hat sich das Vierer-Druckfeld mit neutralem Punkt aufs neue ergeben, das sich am 15. Februar noch schärfer ausprägt (vgl. Abb. 9). Es kommt östlich Südgrönland zur Ausbildung und Verstärkung jenes Druckfallgebietes „stromabwärts“ in der Frontalzone, das in der Folge den zweiten, fluterzeugenden Nordseesturm auslöst.

Ein Ausläufer dieses Druckfalls macht sich in der Druckkurve von Wetterschiff C am 14./15. Februar bemerkbar; der Südwestwind nimmt dabei auf 30 bis 35 kn zu. Am 15. nachmittags erreicht — wie schon früher erwähnt — die Kaltluft das Wetterschiff C: Der Wind dreht auf NNO, flaut zugleich auf 10 bis 15 kn ab. Windwende und Druckwende fallen dabei nicht zusammen, der Frontdurchgang erfolgt erst etwa zehn Stunden nach Beginn des Druckanstiegs. Der Wind dreht dann aber bald über Ost nach Süd: Die warme Tropikluft nimmt schon am 16. morgens vom Seegebiet um C wieder Besitz.

Anders als nach dem ersten Warmfront-Durchgang am 10. Februar abends, dem ein langer Druckanstieg folgte, schließt sich an den zweiten Warmfront-Durchgang am 16. Februar bei C ein langanhaltender Druckfall, ein Zeichen dafür, daß das warme Hoch nach Osten zurückweicht. Die Druck-Kurve von Wetterschiff B aber läßt erkennen, daß dem neuen starken Druckfall am 16. Februar — wieder dringt ein Tief von Neufundland gegen Südgrönland vor — nur ein mäßiger Druckanstieg folgt. Kein Labrador-Hoch (wie am 11./12. und am 14./15. Februar) tritt nach dem dritten Druckfallgebiet in Funktion, um den Partner im Vierer-Druckfeld zu bilden. Infolge dichter Zyklonenfolge vom östlichen Nordamerika her wandelt sich das Bild der Nordatlantik-Wetterlage.

8. Die relative Topographie 500/1000 mb über dem Nordatlantik in der 2. Februar-Dekade 1962

Verlassen wir damit die Punkt Betrachtung (C und B) und wenden wir uns dem größeren Felde zu. Wir wählen als Termine den 12., 15. und 18. Februar, 00 Uhr, für die mit den Abbildungen 6, 9 und 14 die nordatlantische Bodenwetterlage bereits früher vorgeführt wurde. In den Abbildungen 22 bis 24 ist (wieder nach den Karten im Täggl. Wetterbericht des DWD) die relative Topographie 500/1000 mb wiedergegeben. Wo die Linien gleicher Schichtdicken (rel. Top.) 500/1000 mb dichtgedrängt verlaufen, besteht ein starkes horizontales Temperaturgefälle, liegt eine „Frontalzone“. Der Abstand zweier benachbarter Isolinien beträgt 4 Dm und bezeichnet ein Temperaturgefälle von 2° in der unteren Troposphärenhälfte. Die eingezeichneten Winde stellen den sogenannten Relativwind (oder „Thermalwind“) dar, das heißt: den Anteil des Höhenwindes in 500 mb, der durch die Temperaturverteilung der Schicht 1000 bis 500 mb erzeugt wird.

Die Frontalzone, die von der Labrador-See nach ONO bzw. NO gerichtet ist, tritt in allen drei Karten der relativen Topographie deutlich hervor. Zur Veranschaulichung der Grundzüge sind in den Abbildungen 25 bis 27 (für die gleichen Termine 12., 15., 18. Februar, 00 Uhr MGZ) nur das warme Gebiet und das kalte Gebiet jeweils durch die Schichtdicken-Linien von 52 Dm Differenz = 26° Temperaturgefälle abgegrenzt. Die Längsachse der Frontalzone zwischen „Warm“ und „Kalt“ ist durch zwei Zwischenlinien markiert; von dieser Achse aus sind 13° Temperaturdifferenz sowohl nach der warmen wie nach der kalten Seite.

Ein „Querbalken“ bezeichnet die Gegend, wo die 26° -Differenz zwischen Warmluft und Kaltluft auf geringste Entfernung angetroffen wird. Diese Stelle größten Temperaturgefälles in der Frontalzone zeigt sich in allen drei Fällen in der Nachbarschaft der (eingezeichneten) Wetterschiffe C und B. Hier kommen sich eine Wärmezungung und eine Kältezungung entgegen, etwa im selben Maße am 12. und 15. Februar, weniger ausgeprägt am 18. Februar.

Die gestrichelten Linien im Westen und Osten bezeichnen „Anfang“ und „Ende“ der Frontalzone; die Gefälls-Strecke von $52 \text{ Dm} = 26^{\circ}$ verläuft in etwa so, wie es die Linien angeben. Die große Länge dieser Querlinien, verglichen mit der Kürze des „Querbalkens“, zeigt die Abschwächung der Frontalzone nach Osten und Westen hin an.

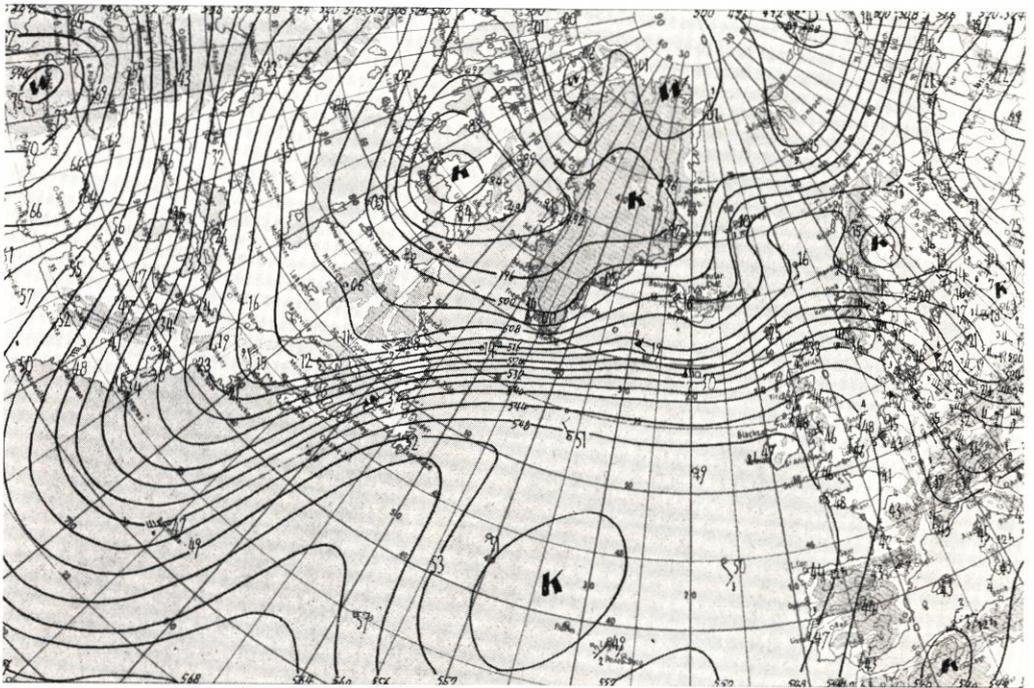


Abb. 22. Relative Topographie 500/1000 mb am 12. Februar 1962, 00 Uhr MGZ

9. Absolute Topographie der 500-mb-Fläche und Höhenströmung über dem Nordatlantik in der 2. Februar-Dekade 1962

Das Boden-Druckfeld (Höhe der 1000-mb-Fläche) und die relative Topographie 500/1000 mb ergeben addiert die absolute Topographie der 500-mb-Fläche. Eine starke Frontalzone in der relativen Topographie wird sich daher meist auch als starke Gefällszone der 500-mb-Druckfläche ausprägen — wenngleich modifiziert durch die Mitbeteiligung des Boden-Druckfeldes beim Aufbau des Höhen-Feldes.

Die Abbildungen 28 bis 30 (nach dem Täglichen Wetterbericht des DWD) lassen die starke Gefällszone der 500-mb-Fläche über dem nördlichen Nordatlantik am 12., 15. und 18. Februar 1962 erkennen. Diese ist gleichbedeutend mit einem schweren Höhenorkan. Am 12. Februar um 00 Uhr (Abb. 28) werden von den Wetterschiffen südlich Grönland und südlich Island

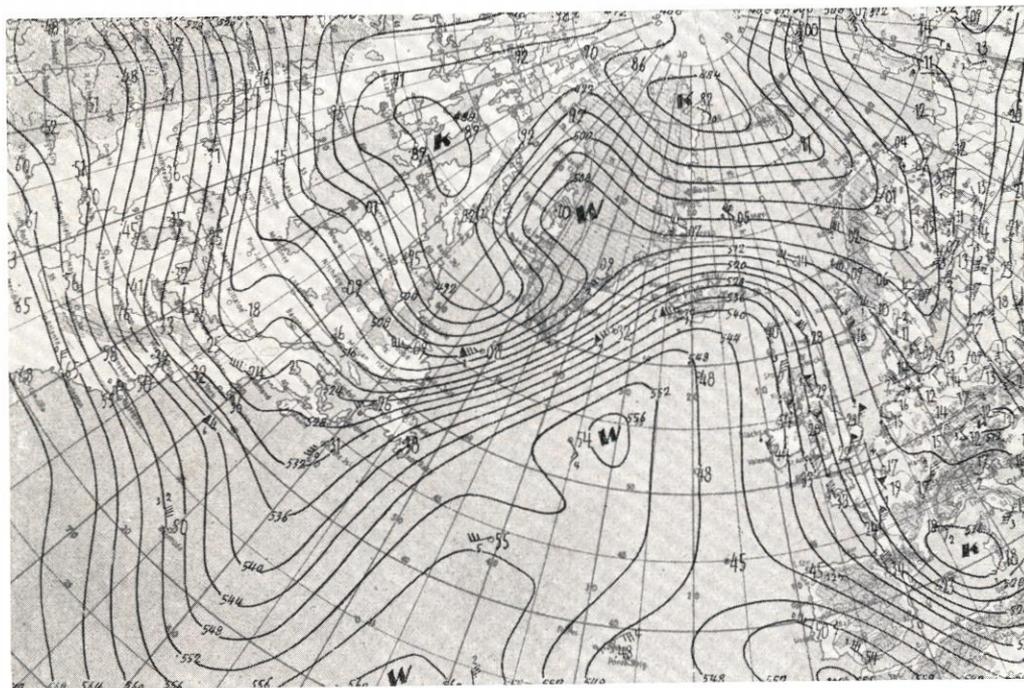


Abb. 23. Relative Topographie 500/1000 mb am 15. Februar 1962, 00 Uhr MGZ

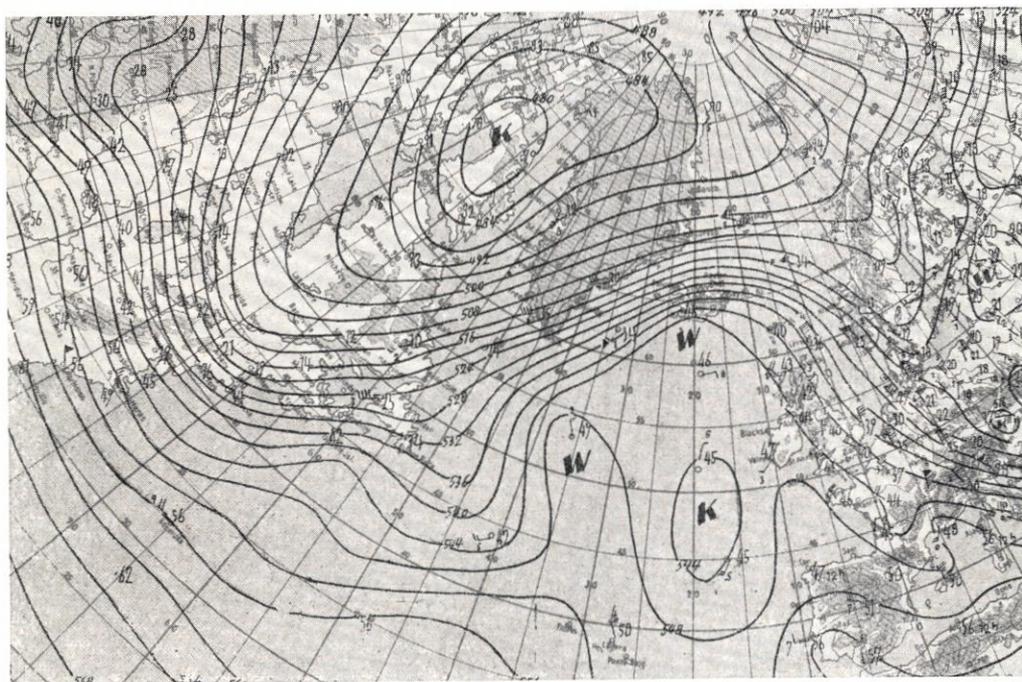


Abb. 24. Relative Topographie 500/1000 mb am 18. Februar 1962, 00 Uhr MGZ

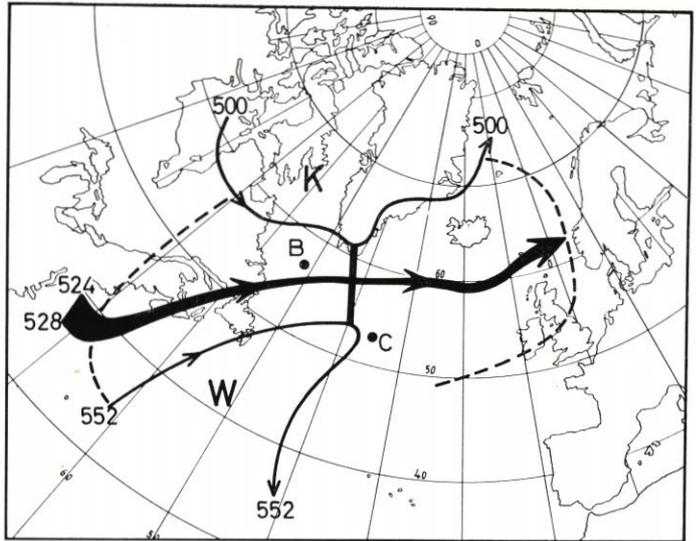


Abb. 25.

Muster der Frontalzone zwischen 552 und 500 Dm rel. Top. (Diff. 52 Dm = 26°) am 12. Februar 1962, 00 Uhr MGZ

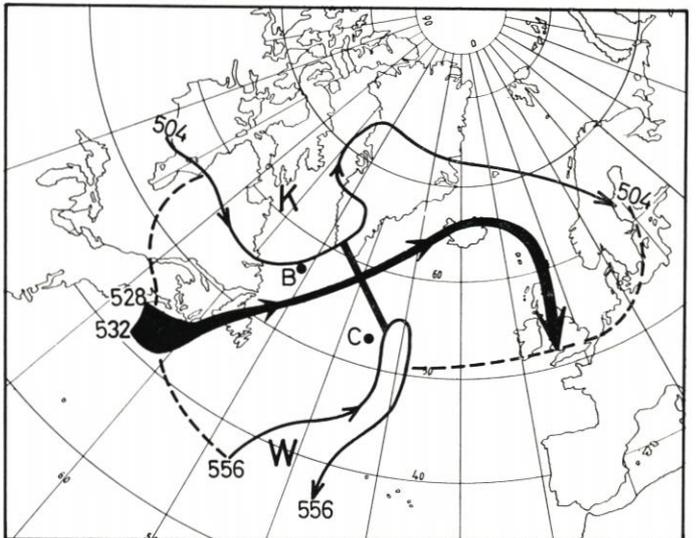


Abb. 26.

Muster der Frontalzone zwischen 556 und 504 Dm rel. Top. (Diff. 52 Dm = 26°) am 15. Februar 1962, 00 Uhr MGZ

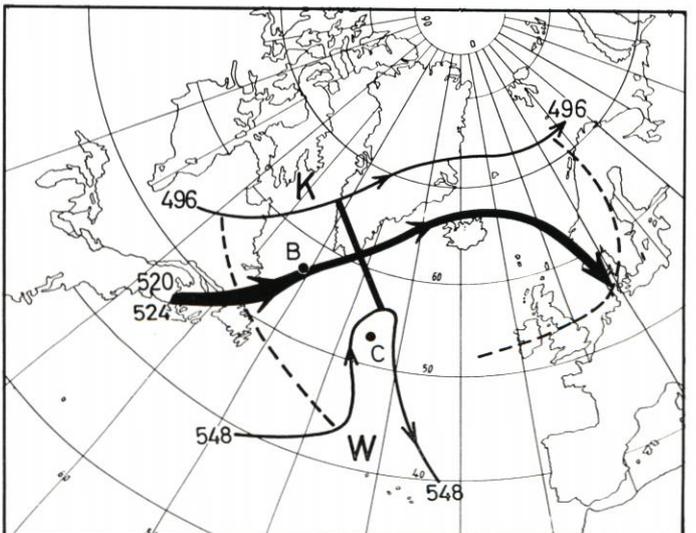


Abb. 27.

Muster der Frontalzone zwischen 548 und 496 Dm rel. Top. (Diff. 52 Dm = 26°) am 18. Februar 1962, 00 Uhr MGZ

135 kn (etwa 250 km/Std.) gemessen, in Höhe der 300-mb-Fläche südlich Island sogar 190 kn (über 350 km/Std.)!

Am 15. Februar (Abb. 29) liegt die Zone des Höhenorkans etwas nördlicher; jetzt weht es über Island mit 135 kn (in 500 mb). Für 300 mb Höhe werden — vom Wetter-schiff A — 160 kn (fast 300 km/Std) gemeldet. Eine schwächere Ausbildung des Höhen-orkans — und eine noch etwas nördlichere Lage — zeigten sich am 18. Februar (Abb. 30). In Höhe der 500-mb-Fläche werden 100 kn Windgeschwindigkeit nicht mehr überschritten.

Die „Muster“ der frontalen Höhenströmung am 12., 15. und 18. Februar 1962 sind durch die Abbildungen 31 bis 33 veranschaulicht. Es ist jeweils die Gefällszone von 60 Dm dargestellt (576—516 Dm bzw. 568—508 Dm), dazu — verstärkt — die Längsachse mit den

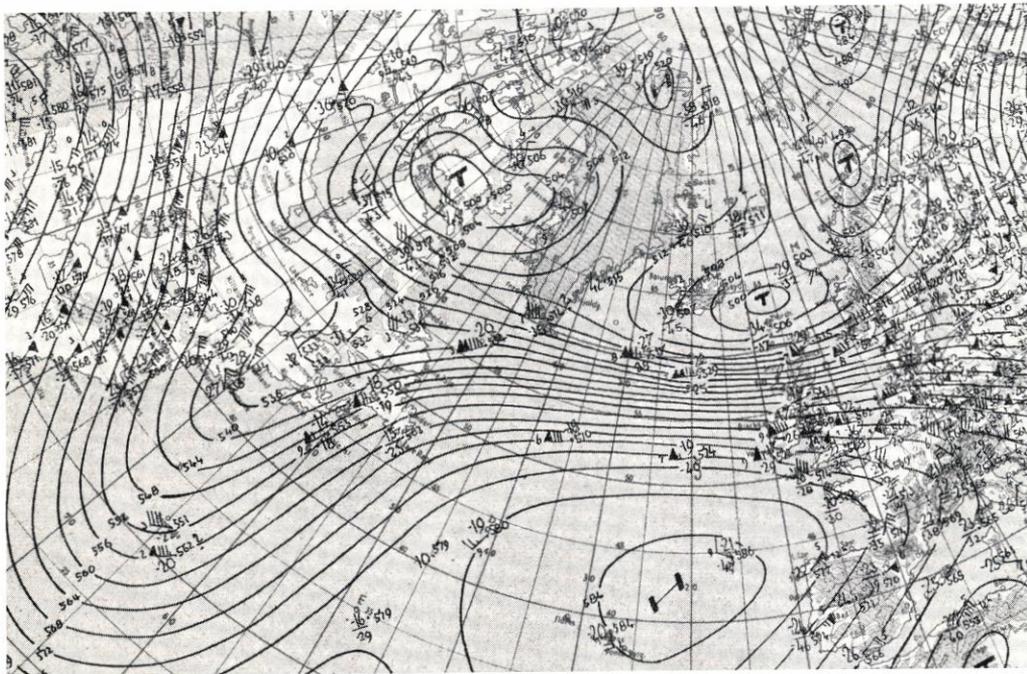


Abb. 28. Absolute Topographie der 500-mb-Fläche am 12. Februar 1962, 00 Uhr MGZ

mittleren Isolinien zwischen 576 und 516 Dm (548, 544 Dm) bzw. zwischen 568 und 508 (540, 536 Dm). Der Bereich stärksten Gefälles ist durch einen „Querbalke“ markiert.

Jede Frontalzone — thermisch, etwa nach der relativen Topographie 500/1000 mb definiert — hat eine Stelle schärfster Ausprägung, ein Gebiet zunehmenden Gefälles, das „Einzugsgebiet“ und ein Gebiet abnehmenden Gefälles, das sogenannte Delta. Die Abbildung 34 gibt dafür das Schema.

Die Tiefdruckbildung bzw. -verstärkung (am Boden) tritt gewöhnlich im Delta der Frontalzone ein, „stromabwärts“ von der Stelle stärksten Temperaturgefälles. Da nun das Höhen-Druckfeld — dargestellt als absolute Topographie etwa der 500-mb-Fläche — im gleichen Maße vom Boden-Druckfeld her wie von der Temperatur der Gesamtschicht („rel. Topographie“) bestimmt wird, so kann sich, je nach Boden-Druckfeld, eine räumliche Verschiebung der Stelle stärksten Gefälles zwischen der relativen und der absoluten Topographie der 500-mb-Fläche ergeben.

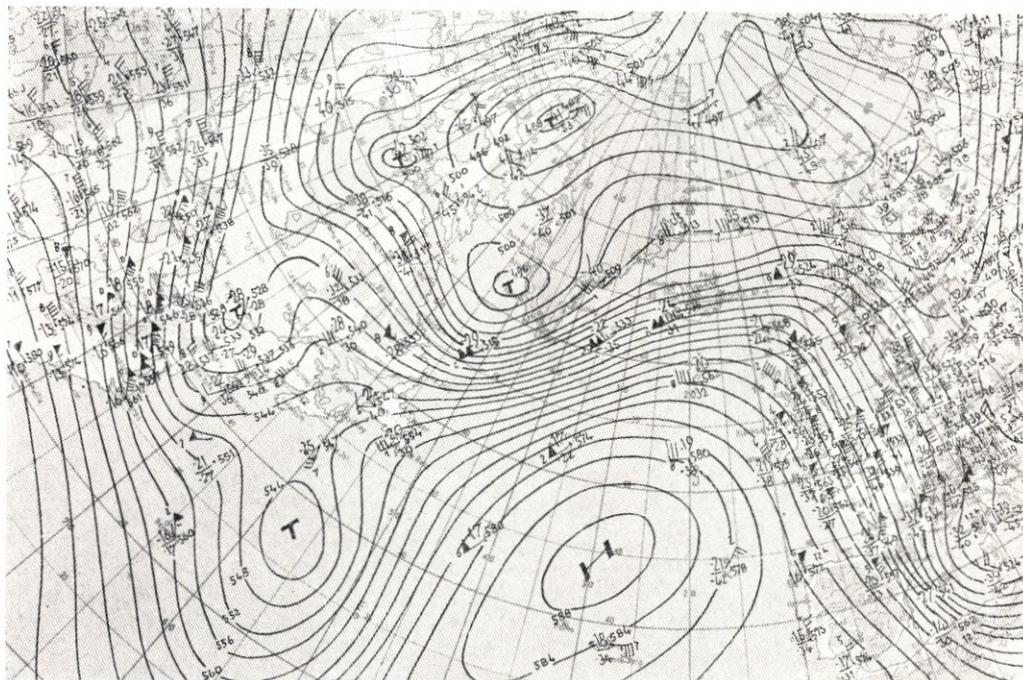


Abb. 29. Absolute Topographie der 500-mb-Fläche am 15. Februar 1962, 00 Uhr MGZ

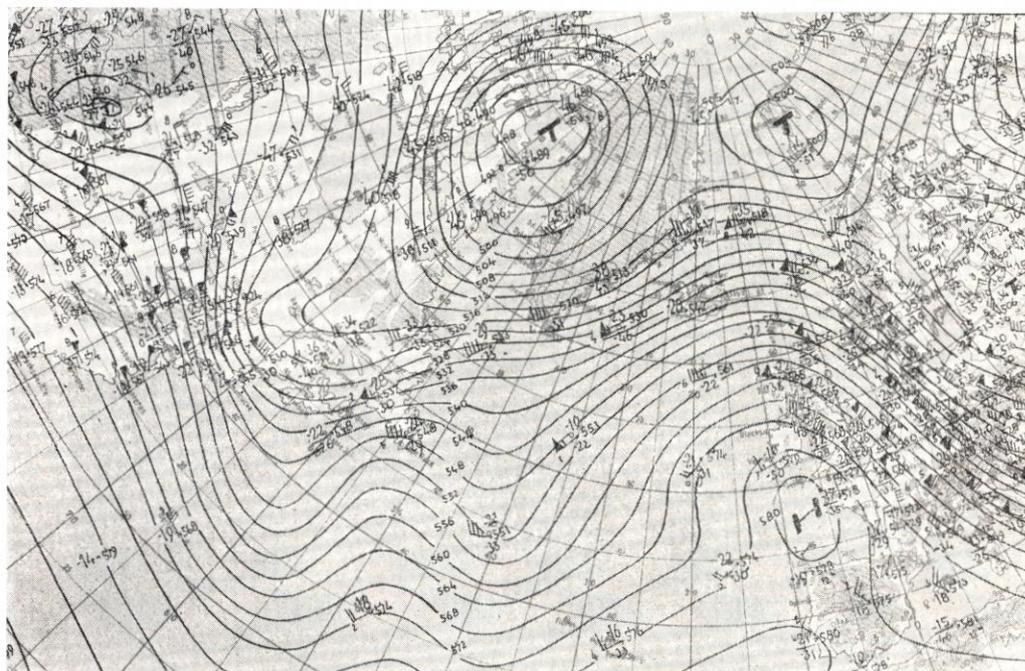


Abb. 30. Absolute Topographie der 500-mb-Fläche am 18. Februar 1962, 00 Uhr MGZ

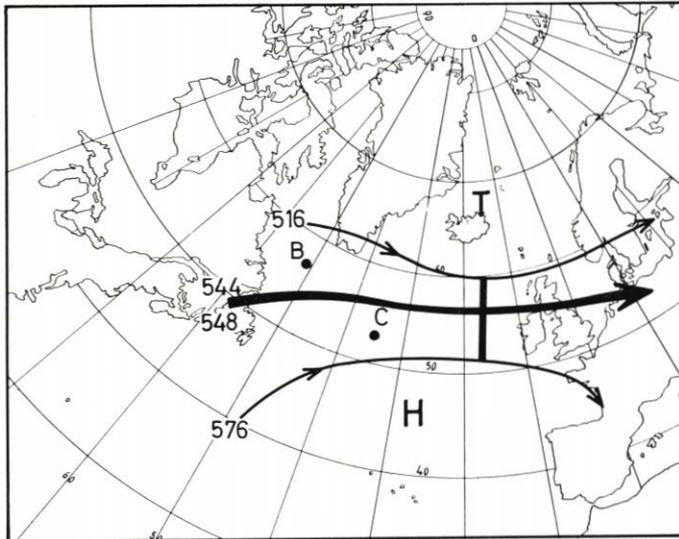


Abb. 31.
Muster der frontalen Höhenströmung bei 60 Dm Gefälle der 500-mb-Fläche am 12. Februar 1962, 00 Uhr MGZ

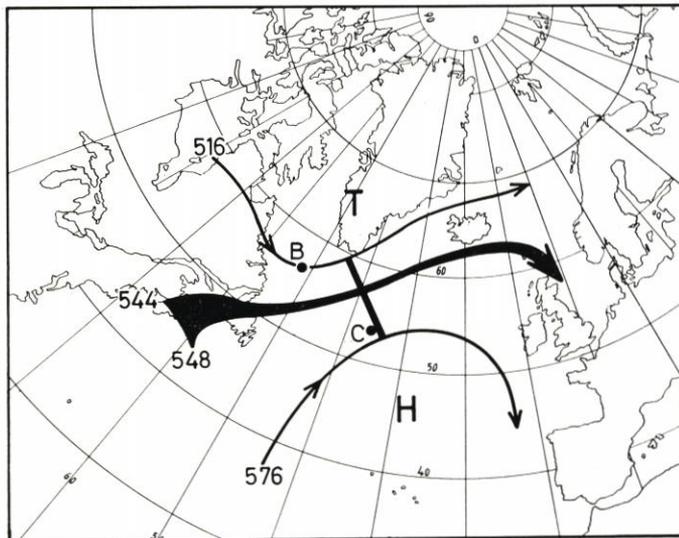


Abb. 32.
Muster der frontalen Höhenströmung bei 60 Dm Gefälle der 500-mb-Fläche am 15. Februar 1962, 00 Uhr MGZ

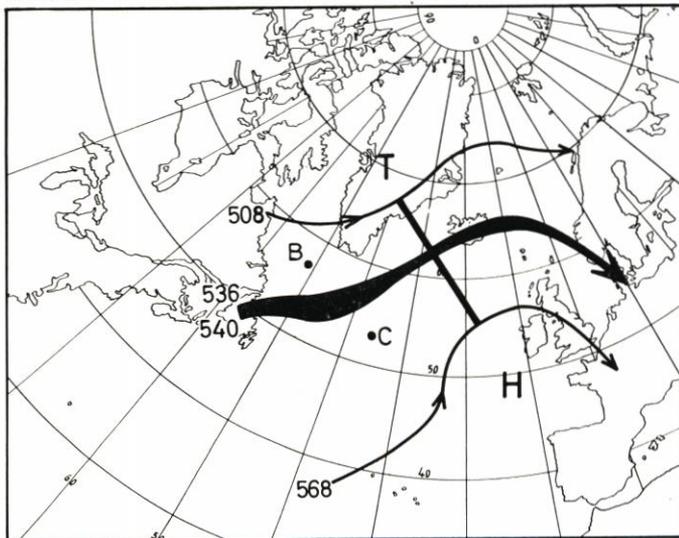


Abb. 33.
Muster der frontalen Höhenströmung bei 60 Dm Gefälle der 500-mb-Fläche am 18. Februar 1962, 00 Uhr MGZ

Schematisch ist dies in Abbildung 35 dargestellt. Dadurch, daß sich ein immer stärkeres Boden-Tief im nördlichen Teil des Deltas der Frontalzone bildet, verschiebt sich die Stelle stärksten Gefälles in der absoluten Topographie nach Osten gegenüber der Stelle stärksten Gefälles in der relativen Topographie (angedeutet durch die „Querbalken“). Zugleich kann dabei eine gewisse Drehung der Gefällsrichtung eintreten.

Vor allem tritt mit zunehmender Vertiefung des Boden-Tiefs zunächst eine Verstärkung des Druckgefälles und damit der Luftströmung auch in der Höhe ein. Es läuft eine Zeitlang ein ineinandergreifender, sich selbst verstärkender Prozeß, wobei die maximale Gefällsstelle „relativ“ die maximale Gefällsstelle „absolut“ nach Osten treibt, diese „absolute“ aber

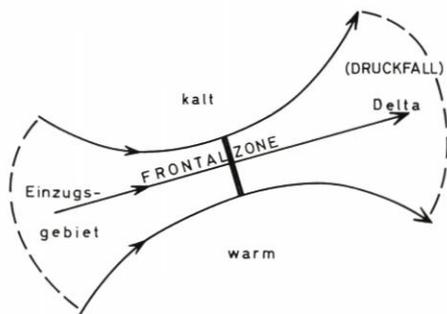


Abb. 34. Schema der Frontalzone

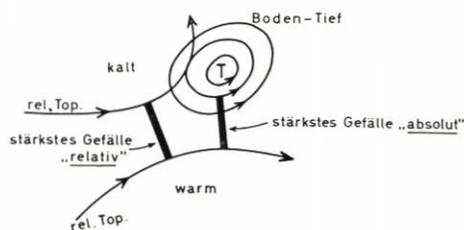


Abb. 35. Schema der Verschiebung des Gefällsmaximums der absoluten gegenüber der relativen Topographie

infolge Änderung des Massentransports wieder die „relative“ nach sich zieht und so fort, bis der ausgebildete riesige Sturmwirbel das Gesamtbild entscheidend verändert.

Vergleicht man die „Querbalken“ in den absoluten Topographien (Abb. 31—33) mit jenen der relativen (Abb. 25—27), so ist besonders im Falle Nr. 1 die Verschiebung deutlich zu erkennen: Die stärkste Höhenströmung liegt ostwärts des stärksten Temperaturgefälles der Frontalzone. Im übrigen zeigen die Abbildungen 31, 32, 33 gewisse Unterschiede im Muster der frontalen Höhenströmung, auf die an anderer Stelle — im Zusammenhang mit der Entwicklung der Sturmzyklonen — zurückzukommen sein wird. Zunächst kehren wir nach diesem Überblick auf den Ausgangspunkt zurück.

10. Die Entstehung, Bewegung und Auflösung der Stromfeld-Singularität des neutralen Punktes vom 12. und 15. Februar 1962

Wegen der frontogenetischen bzw. zyklogenetischen Bedeutung des neutralen Punktes im Vierer-Druckfeld sei kurz die Entstehung, Bewegung und Auflösung dieser Singularität des Druck- und Stromfeldes betrachtet. Die genaue Lage des neutralen Punktes über dem Ozean ist, wegen unzureichender Dichte des Netzes von Schiffsmeldungen, manchmal schwer zu fixieren. Die Zeichnung der Isobaren ist gerade um ein solches „indifferentes“ Gebiet herum nicht frei von Willkür. Trotzdem ist die Lebensgeschichte der beiden neutralen Punkte vom 12. und 15. Februar 1962 (vgl. Abb. 6—8, 9—10) einigermaßen eindeutig zu klären.

Beide haben eine Lebensdauer von etwa drei Tagen und beschreiben dabei die in den Abbildungen 36 und 37 dargestellten Bahnen. Diese ähneln einander insofern, als in beiden Fällen die Entstehung im Seegebiet südlich Neufundland vor sich geht, dann eine Verlagerung nach der Gegend um 51—52° N, 45° W eintritt, wo es zu einer Verlangsamung bis fast zum

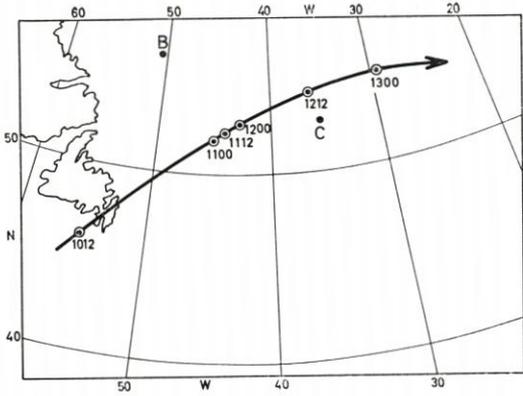


Abb. 36. Bahn des neutralen Punktes vom 10. bis 13. Februar 1962

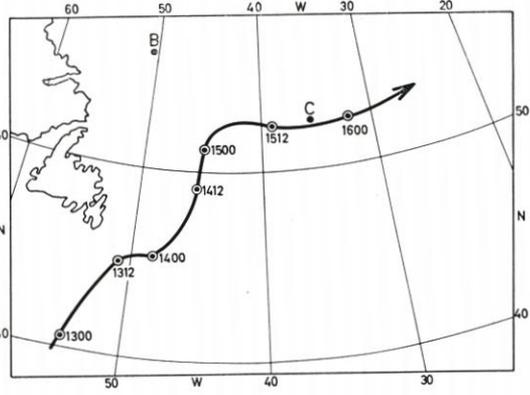


Abb. 37. Bahn des neutralen Punktes vom 13. bis 16. Februar 1962

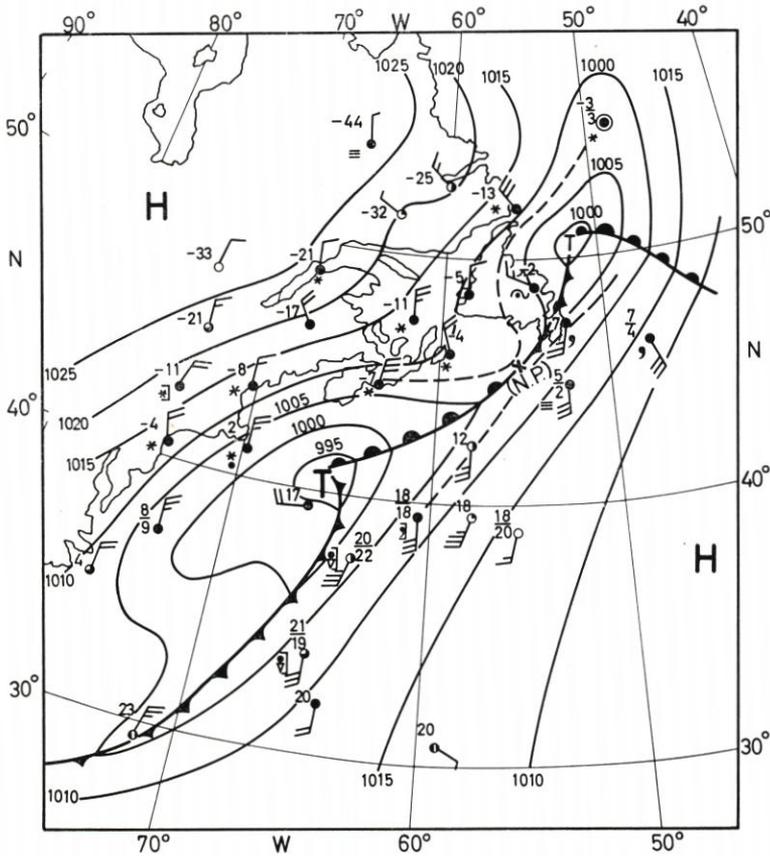


Abb. 38. Wetterlage vor der Ostküste Nordamerikas am 10. Februar 1962, 12 Uhr MGZ: Bildung des neutralen Punktes (N.P.)

Stationärwerden kommt, und schließlich eine zügige Wanderung nach Osten erfolgt — mit Auflösung etwa in der gleichen Gegend (um 54° N, 25° W).

Entstehung und Auflösung spielen sich in beiden Fällen grundsätzlich auf die gleiche Weise ab, so daß es genügt, den ersten Fall etwas ausführlicher zu schildern. Abbildung 38 zeigt die Wetterlage vor der nordamerikanischen Ostküste am 10. Februar 1962, 12 Uhr MGZ, als der neutrale Punkt Nr. 1 entsteht (N.P.). Wenn eine Front durch einen neutralen Punkt geht — was im Anfang nicht der Fall zu sein braucht —, so findet in ihm ein Übergang von Kaltfront in Warmfront statt (vgl. Abb. 7). Ein solcher prägt sich südlich Neufundland bei (N.P.) deutlich aus.

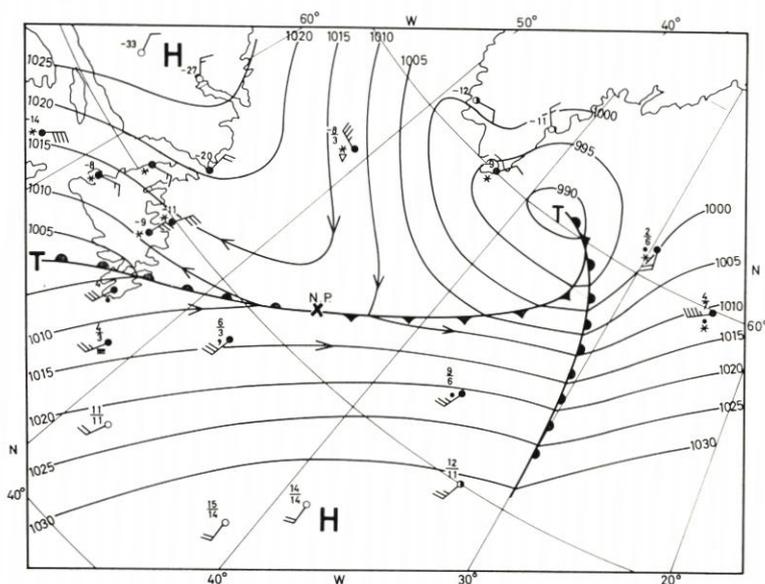


Abb. 39. Wetterlage im Nordwest-Atlantik am 11. Februar 1962, 00 Uhr MGZ: Neutraler Punkt N.P. „in Aktion“

Dies Anfangsstadium wird dadurch geschaffen, daß sich das westatlantische Tiefdrucksystem aufspaltet in ein rasch nordwärts ziehendes Neufundland-Tief und ein weiter im Süden verbleibendes „Rest-Tief“. Dies Stadium ist aber noch nicht charakteristisch; noch liegt um (N.P.) nur eine eingegengte Tiefdruckrinne. Die „Begegnungs-Isobaren“ — es wären hier die (gestrichelten) von 1007,5 mb — sind noch „interne“ Isobaren des Tiefdrucksystems, und die „kalte Isobare“ von 1007,5 mb z. B. kommt nicht von weither aus der Arktis, sondern nur aus dem Gebiet nördlich Neufundland.

Dies aber ändert sich sehr rasch dadurch, daß das Tief von Neufundland mit hoher Fahrt nach dem Seegebiet östlich Südgrönland abläuft, während sich das südliche Rest-Tief sogar in entgegengesetzter Richtung, nach SSW, verlagert. So vergrößert sich der Abstand der beiden Zyklonen vom 10. Februar, 12 Uhr, bis zum 11. Februar, 00 Uhr — in 12 Stunden — von 800 sm auf etwa 1900 sm!

Auf diese Weise vermag das kalte ostkanadische Hoch seinen Keil gegen die Labrador-See vorzuschieben. Schon am 11. Februar, 00 Uhr, hat sich das „echte“ Vierer-Druckfeld hergestellt, bei dem die Begegnungs-Isobaren um den neutralen Punkt ebenso (oder mehr) antizyklonisch

wie zyklonisch sind und aus dem hohen Norden und tiefen Süden kommen. Die Abbildung 39 veranschaulicht diese Lage.

In dieser Gleichgewichtslage verharrt der neutrale Punkt praktisch 24 Stunden lang; die Frontalzone erfährt damit vom 11. bis 12. Februar, 00 Uhr, ihre maximale Ausprägung, bleibt zugleich quasistationär und nährt das ostwärts abwandernde und ständig anschwellende „Druckfallgebiet Nr. 1“.

Dann, mit dem Ostwärtswandern des kalten Labrador-Hochs, auf der Rückseite des mittlerweile gebildeten europäischen Sturmtiefs, gerät auch der neutrale Punkt in stärkere Be-

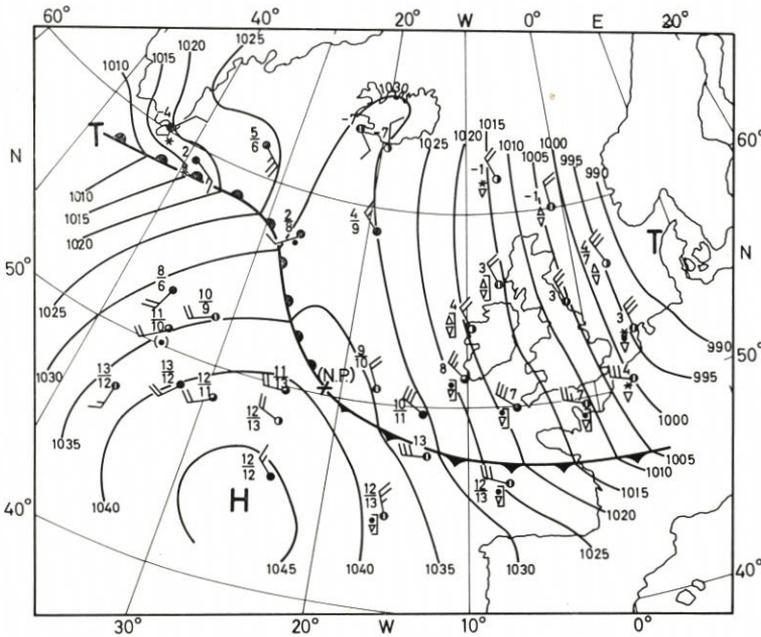


Abb. 40. Wetterlage im Nordatlantik am 13. Februar 1962, 12 Uhr MGZ:
Erlöschen des neutralen Punktes (N.P.)

wegung nach Osten. Sein Verschwinden wird dadurch bewirkt, daß das Kaltluft-Hoch seine zirkulatorische Selbständigkeit verliert und zum „aufgesetzten kalten Keil“ des quasistationären Warmluft-Hochs wird.

Dies Endstadium ist in Abbildung 40 mit der Wetterlage vom 13. Februar, 12 Uhr MGZ, dargestellt. Noch ist der ehemalige neutrale Punkt (N.P.) als Übergangsstelle von Kaltfront in Warmfront zu erkennen, aber nun sind die Begegnungs-Isobaren um ihn herum nur mehr „interne“ antizyklonische Isobaren. Es trifft sich hier nichts Gegensätzliches mehr von weit her.

So beginnt die Lebensgeschichte des neutralen Punktes gewissermaßen mit der Trennung von zwei Tiefdruckgebieten und endet mit der Vereinigung von zwei Hochdruckgebieten. Aus zyklonischen Begegnungs-Isobaren im Anfang werden antizyklonische am Ende. Dazwischen liegt das „Reife-Stadium“ mit mehr oder minder geradlinigen Begegnungs-Isobaren, in dem die eindeutige Neutralität zwischen zwei Hochs und zwei Tiefs die thermischen Gegensätze auf die Spitze treibt und zugleich deren „kriegerischen Ausgleich“ durch einen Sturmwirbel weit stromabwärts bewirkt.

Es sei hier ein Wort eingeschaltet über die Bedeutung der Bodenisobaren, die in un-

serem modernen Zeitalter der Aerologie und des Hinaufstrebens in immer höhere Schichten der Atmosphäre etwas deklassiert erscheinen. Zwar „machen“ diese Isobaren noch immer den Wind, der über die Erdoberfläche weht, der den Seegang auf dem Meere aufwirft und Wasserstau an den Luvküsten zu erzeugen vermag und der als Sturm und Orkan seine unmittelbaren Schadenswirkungen hat. Deshalb sind die normalen Boden-Wetterkarten für Analyse und Prognose unentbehrlich. Aber in der synoptischen Praxis ist doch eine gewisse Abwertung der

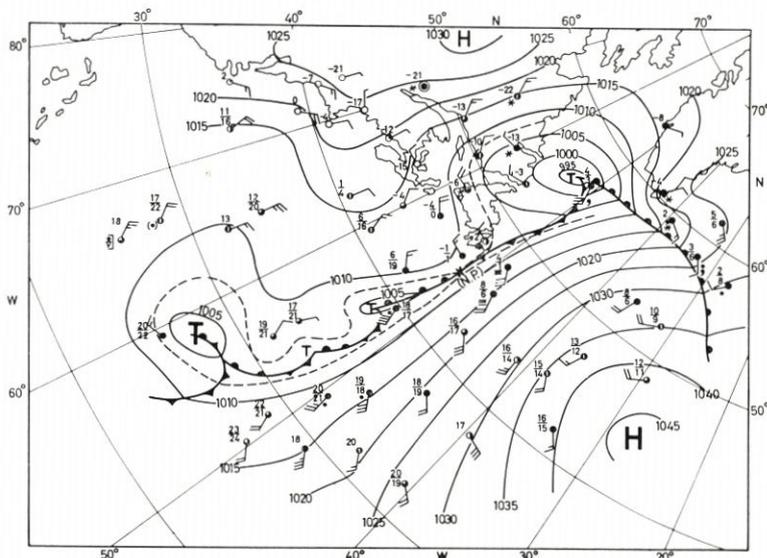


Abb. 41. Westatlantische Wetterlage am 13. Februar 1962, 12 Uhr MGZ:
Bildung des 2. neutralen Punktes (N.P.)

„Isobaren-Meteorologie“ eingetreten. In der Menge der Höhenkarten für verschiedene Niveaus und Schichten sind die Bodenkarten gewissermaßen in die Rolle des „notwendigen (Anfangs- oder End-) Übels“ gedrängt worden. Man kann nicht ohne sie auskommen, aber ihre Verwendung im synoptischen Verfahren erscheint begrenzt.

Natürlich ist die Atmosphäre dreidimensional, und in der Höhe tut sich vieles, wovon am Boden nur ein schwacher Abglanz erscheint. Die Winde „oben“ sind im Regelfalle ungleich vehementer als „unten“; auch thermische Änderungen in der Höhe können stärker sein als am Boden, der sie sogar verkappen kann. Indem die Erdoberfläche das Hauptausgleichsniveau der Luftdruckgegensätze und damit der Luftströmungen bildet, muß die Aussagekraft der Verhältnisse am Boden dem ersten Blick gering vorkommen.

Dennoch gibt es Dinge, die nur aus der Betrachtung der Bodenverhältnisse deutlich werden. Dazu gehören — im Regelfalle — die Fronten, die normalerweise nur „unten“ eine scharfe Ausprägung erfahren, wegen der Massentransport-Komponente quer zu den Isobaren in der Reibungsschicht. Dazu gehört weitgehend auch die Singularität des neutralen Punktes im Druck- und Stromfelde. Die zellulare Struktur des Druckfeldes ist (außerhalb der Tropen) gewöhnlich am Boden am stärksten ausgeprägt. Höher hinauf wird das Bild immer einheitlicher, und in der Stratosphäre erscheint oft nur der „Polarwirbel“ mit leichten Deformationen und dem tropischen Hochdruckgürtel am Außenrande.

Die markanten neutralen Punkte der 2. Februar-Dekade 1962 wird man in den Höhenkarten der 500-mb-Fläche vergeblich suchen. Trotzdem beschränkt sich die frontogenetische

und damit zyklonogenetische Wirksamkeit dieser Konstellation nicht auf das bodennahe Feld, sondern reicht hoch in die Atmosphäre hinauf. Dies kann man sich am einfachsten damit klar machen, daß man den Aufbau des Druckfeldes in der Höhe bedenkt: In das Höhendruckfeld geht das Bodendruckfeld mit seinem vollen Gewicht ein, so daß die Strömungen, die den „Begegnungs-Isobaren“ unten entsprechen, als Strom-Komponenten die gesamte Atmosphäre durchsetzen. Sie werden nur als solche nicht deutlich, weil das troposphärische Tem-

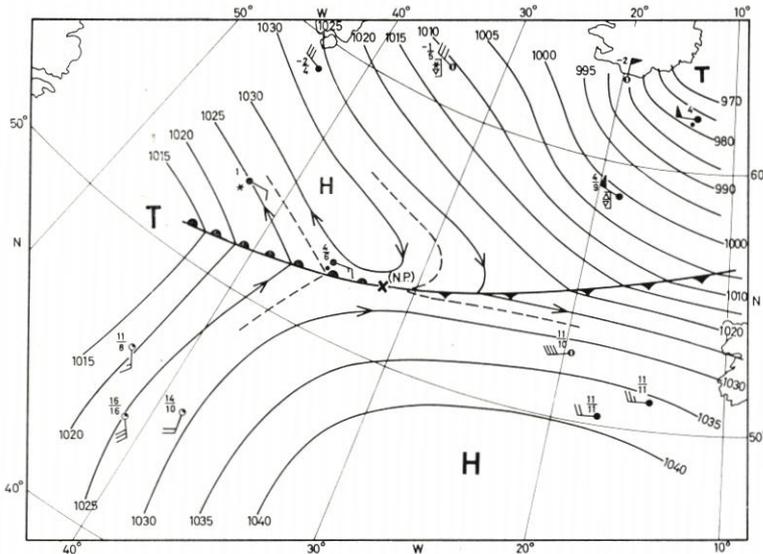


Abb. 42. Ostatlantische Wetterlage am 16. Februar 1962, 00 Uhr MGZ:
Endstadium des 2. neutralen Punktes (N.P.)

peraturfeld mit seinem größeren Beitrag zur Gestaltung des Höhendruckfeldes diesen Sachverhalt bis zur Unkenntlichkeit verwischt. Deutlich wird der Sachverhalt deshalb nur am Boden.

Die früher dargestellte Gleichartigkeit der Schwankungen der Frontalzone C-B am Boden und in der Schicht bis 500 mb in Abhängigkeit von der Singularität des neutralen Punktes ist ein Fingerzeig darauf, daß die thermische Transportwirkung der Begegnungs-Isobaren sich nicht auf die unteren Luftschichten beschränkt, obwohl diese Isobaren in ihrem kennzeichnenden Verlauf nur hier sichtbar werden.

Es könnte noch mehr gesagt werden über die Erdoberfläche als besonders ausgezeichnetes Niveau, durch das keine vertikalen Lufttransporte gehen und in dem das „net result“ aller Luftmassenverlagerungen — als Bodendruckänderung — sichtbar wird, aber unsere Abschweifung sollte nur eine gewisse Rechtfertigung der „altertümlichen“ Methode sein.

Für den „2. Fall“ der Druckfeld-Singularität zeigt Abbildung 41 mit der westatlantischen Wetterlage vom 13. Februar, 12 Uhr MGZ, das Anfangsstadium: Zyklonische Begegnungs-Isobaren (1007,5 mb) um den entstehenden neutralen Punkt (N.P.). Die Wetterlage vom 16. Februar, 00 Uhr, zeigt das Endstadium des neutralen Punktes (N.P.) (Abb. 42): Antizyklonische Begegnungs-Isobaren (von 1027,5 mb); wenig später erscheint nur mehr der kalte „aufgesetzte Hochdruckkeil“.

Das Zwischenstadium der Reife des neutralen Punktes mag mit der Abbildung 43 gekennzeichnet werden, die die Wetterlage vom 14. Februar, 12 Uhr, wiedergibt. Bereits früher

wurde erwähnt, daß in diesem Falle „Nr. 2“ zunächst ein Druckfallgebiet an der Westküste Grönlands nach Norden zieht. Das entsprechende Tief, das am 13. Februar, 12 Uhr, beim Wetterschiff B lag (siehe Abb. 41), hat nun als okkludiertes Sturmtief das Gebiet zwischen Baffinland und Westgrönland erreicht.

Ähnlich wie am 11. Februar 1962, 00 Uhr (Abb. 39), kommt die Frontalzone um den neutralen Punkt N.P. nunmehr dem Tief östlich Südgrönland zugute, nur handelt es sich bei diesem um eine Neubildung, im Gegensatz zum Fall Nr. 1. Das starke Tief westlich Grönland dient als Kaltluft-Zubringer. Hinter seiner (in der Abbildung markierten) sekundären Kaltfront stößt wesentlich tiefer temperierte Luft aus dem arktischen Kanada vor und trägt zur Verschärfung der Frontalzone in den nächsten 12 Stunden bei (vgl. Abb. 16 u. 18—19).

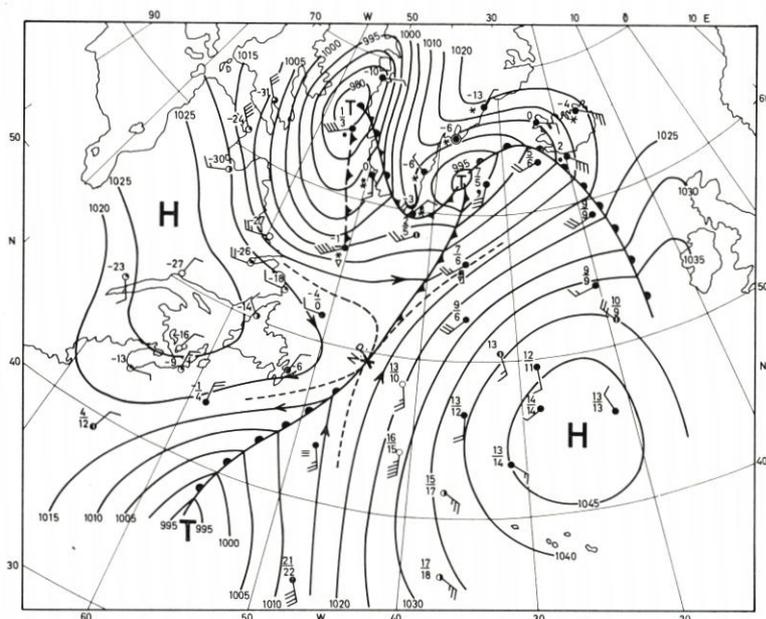


Abb. 43. Wetterlage im Nordwest-Atlantik am 14. Februar 1962, 12 Uhr MGZ: Der 2. neutrale Punkt „in Aktion“

11. Der Druckfall-Effekt der Frontalzone-Verschärfung (C-B) vom 14. Februar 1962 abends

Aus den Abbildungen 16 und 18 bis 19 war abzulesen, daß die Verschärfung der Frontalzone im „Fall Nr. 2“ am 14. Februar abends — im Gegensatz zum „Fall Nr. 1“ vom 11./12. Februar — besonders straff war, mit einem hohen Gipfelpunkt gegen 21 Uhr. Diese zeitliche Eindeutigkeit lädt dazu ein, den möglichen Luftdruck-Effekt zu untersuchen, der, wenn überhaupt, in diesem Falle genauer zu fixieren sein sollte.

Betrachten wir dazu die Luftdruckkurven der Wetterschiffe A (Position etwa 62° N, 33° W) und I (59° N, 19° W), die in den Abbildungen 44 und 45 (nach dreistündl. Meldungen) wiedergegeben sind. Bei A und I ist zum Vergleich die Taupunkt-Kurve hinzugefügt. Der ungefähre Warmfront- und Kaltfront-Durchgang (W.-F., K.-F.) ist an beiden Druckkurven markiert. Zur Wetterlage vergleiche man Abbildung 43 (14. Februar 1962, 12 Uhr). Die Druck-

kurven zeigen im ersten Teil nichts Ungewöhnliches. Der Luftdruck fällt, auch im Warmsektor (zwischen W.-F. und K.-F.) des östlich Südgrönlands neugebildeten Tiefs, ein Zeichen des

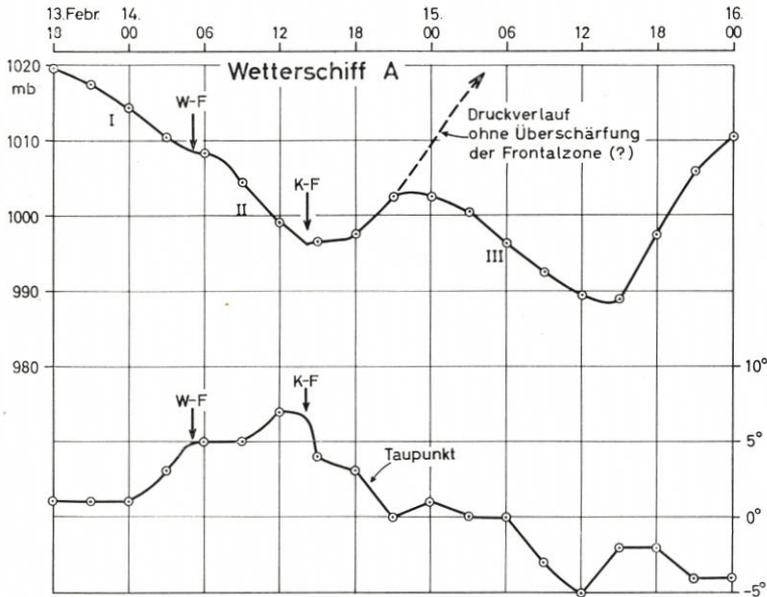


Abb. 44. Verlauf von Luftdruck und Taupunkt bei Wetterschiff A, 13. bis 16. Februar 1962

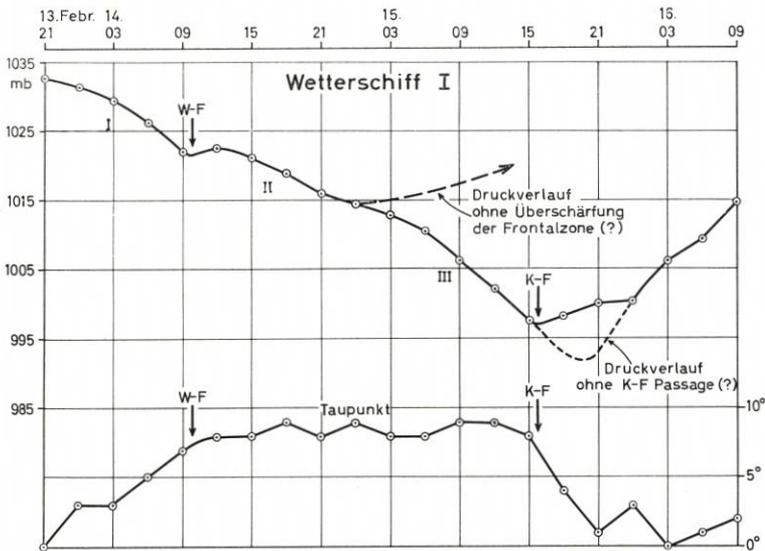


Abb. 45. Verlauf von Luftdruck und Taupunkt bei Wetterschiff I, 13. bis 16. Februar 1962

„normalen“ Vertiefungsvorganges der Zyklone. Die Taupunktkurve von Wetterschiff A zeigt an, daß sich dies etwa von 05 bis 14 Uhr im Warmsektor befindet.

Einige Zeit nach der Kaltfront-Passage setzt bei A recht kräftiger Druckanstieg ein: Es

scheint, als habe die — sich vertiefende — Zyklone das Gebiet nach ONO hin definitiv passiert. Dann aber, mit Beginn des 15. Februar, kommt es zu erneutem starkem Druckfall, der bis zum 15. nachmittags andauert. Der Taupunkt der bodennahen Luft erniedrigt sich dabei

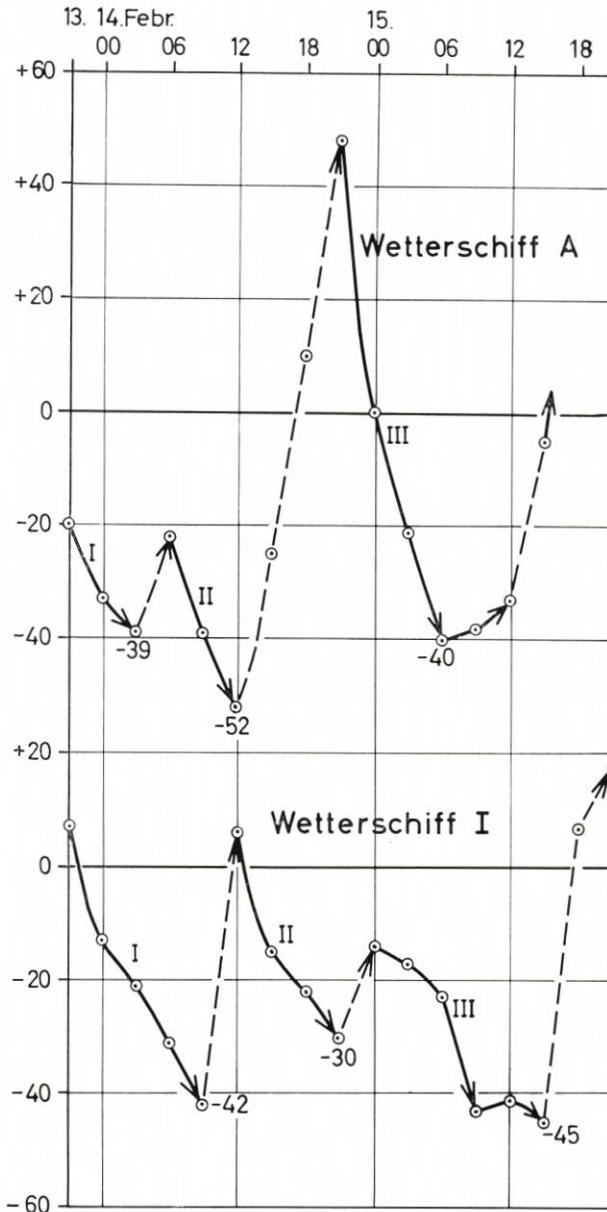


Abb. 46. Die Etappen des Druckfalls bei den Wetterschiffen A und I nach Tendenzkurven der 3stündigen Drucktendenz

verlaufen wären. Die „Übertiefung“ der Zyklone, die sich aus dem Druckfall III ergibt, ist von entscheidender Bedeutung für die spätere Entwicklung des Sturmfeldes. Daher sei die Natur dieses Zusatz-Druckfalls etwas näher betrachtet.

weiter; die Kurven von Luftdruck und Taupunkt, die vorher im ganzen invers verliefen, laufen nunmehr etwa parallel, d. h. der Druckfall III ist mit Kaltluft-Advektion gekoppelt.

Die Druckkurve von Wetterschiff I, im OSO von A gelegen, zeigt einen ganz ähnlichen Verlauf (Abb. 45). Wir können ähnlich wie bei Wetterschiff A drei Etappen des Druckfalls unterscheiden (I, II, III in den Abb.). Diese lassen sich übrigens verdeutlichen durch Zeichnung einer „Tendenzkurve der barometrischen Tendenzen“, wie in Abbildung 46. Hier sind die dreistündigen Druckänderungen (in zehntel mb) zu jedem synoptischen Termin von der Null-Linie aus aufgetragen, und die so bestimmten Punkte sind einfach durch eine Linie verbunden (aufsteigend gestrichelt). Fallende Linie bedeutet also „zunehmende Druckfalltendenz“ (bzw. auch Übergang von Druckanstieg zu Druckfall).

Es zeigt sich auf diese Weise sehr scharf die drei Etappen des Druckfalls:

- I = Druckfall vor der Warmfront
- II = Druckfall im Warmsektor als Ausdruck der „normalen“ Vertiefung der Zyklone
- III = Druckfall infolge „Überschärfung“ der Frontalzone.

Die Druck-Kurven von A und I (Abb. 44 u. 45) lassen sich hypothetisch verlängern (gestrichelt in den Abb.), wie sie ohne diese „Überschärfung“ in etwa weiter

Die Taupunkt-Kurven in den Abbildungen 44 und 45 lassen erkennen, daß der Druckfall III bei Wetterschiff I mit fortgesetzter Warmluft-Advektion — im Warmsektor — einhergeht (Taupunkt + 8 bis 9°), während er bei Wetterschiff A in Kaltluft stattfindet und sogar Advektion kälterer Luft dabei erfolgt (Taupunkt von + 1° auf - 5° absinkend). Bei I deutet der Anschein zunächst darauf hin, daß es sich um einen „präfrontalen Druckfall vor der Kalt-

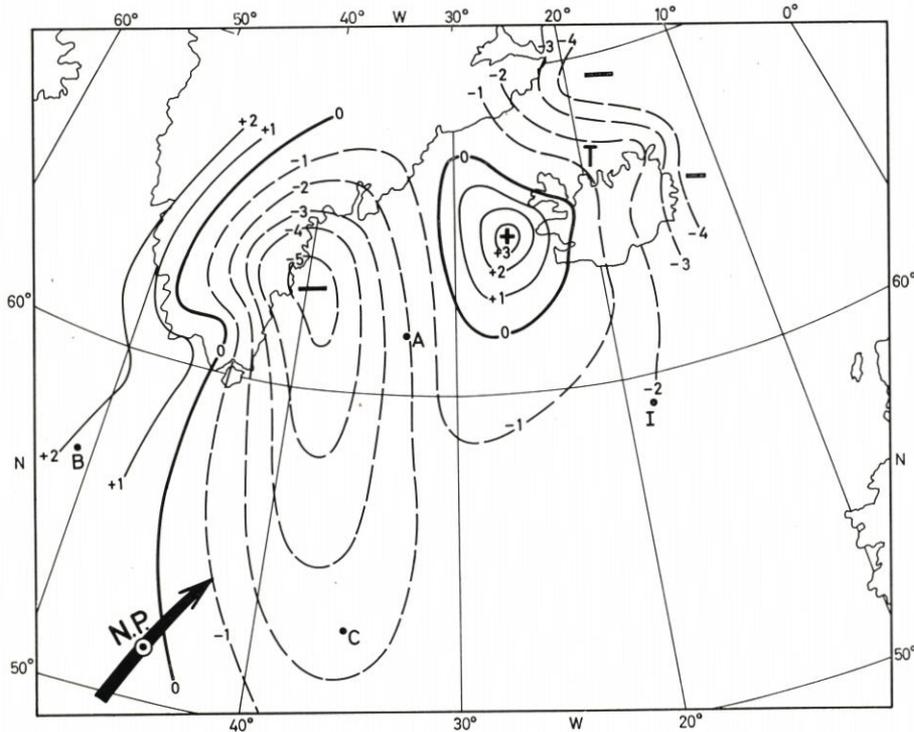


Abb. 47. 3stündige Luftdruckänderung im Seegebiet südöstlich Grönland am 15. Februar 1962, 00 bis 03 Uhr MGZ

front“ handelt, denn mit dem Kaltfront-Durchgang hört der Druckfall auf. Dann aber könnte er mit dem Druckfall bei A nicht identisch sein. Offenbar ist also der Kaltfront-Durchgang bei I nur von sekundärer Bedeutung. Ohne den thermischen Effekt des Luftmassen-Wechsels hätte die Druck-Kurve von I vielleicht etwa so ausgesehen, wie in Abbildung 45 gestrichelt hinzugefügt. Sie wäre damit im warmen Gebiet ähnlich der von Wetterschiff A im kalten Gebiet gewesen.

Daß es sich bei dem „Druckfall III“ bei A und I tatsächlich um ein identisches Druckfallgebiet handelt, ergibt die zeitliche und räumliche Betrachtung. Räumlich stellt sich der Druckfall III in seinem Anfangsstadium so dar, wie es Abbildung 47 mit der dreistündigen Druckänderung vom 15. Februar, 00 bis 03 Uhr MGZ, zeigt. Das Zentrum der Zyklone liegt um diese Zeit schon bei Nordost-Island; der Rand des abziehenden Druckfalls (I und II) ist hier noch zu sehen. Das neue Druckfallgebiet III aber erscheint weit im Westen, den Raum zwischen Südost-Grönland und den Wetterschiffen A und C einnehmend. Es erstreckt sich in nordsüdlicher Richtung über etwa 1000 sm. Der Druck fällt sowohl im südlichen Warmluftbereich (Wetterschiff C - 2,5 mb) wie im nördlichen Kaltluftbereich (stärkster gemeldeter Druckfall - 4,5 mb an der Ostküste Südgrönlands bei Tingmiarmut, 62,5° N, 42,1° W).

Dies Druckfallgebiet, das hier schon so ausgeprägt in Erscheinung tritt, ist frisch entstanden. Soweit aus Stations- und Schiffsbeobachtungen dieses meldungsarmen Gebietes zu ersehen, bildet es sich am 14. Februar abends zwischen der Südspitze Grönlands und dem Wetterschiff C. Zeitlich fällt also die Entwicklung mit der rapiden Verschärfung der Frontalzone um den neutralen Punkt (am 14. Februar, 12—21 Uhr) zusammen, die ihrerseits hauptsächlich durch die zunehmende Kaltluft-Einschleusung über Davis-Straße und Labrador-See bewirkt wurde. Nach der „spontanen“ Bildung nimmt der Druckfall an Ausdehnung und Intensität rasch zu, und er breitet sich sehr rasch ostwärts aus. Der Einsatz bei Wetterschiff I (19° W) erfolgt nur etwa drei Stunden später als bei A (33° W).

Der raschen Ausbreitung entspricht aber keine rasche Wanderung in dem Sinne, daß sich etwa auch die westliche Grenzlinie des Druckfalls entsprechend verschöbe. Aus den Abbildungen 44 bis 46 ist ersichtlich, daß der Druckfall III bei A und I etwa 15 Stunden dauert (davon 9 Stunden mit einer Tendenz nahe „fallend 4 mb“ in 3 Std.). Man gewinnt den Eindruck, daß dem Fallgebiet eine Ausbreitung nach dem Schema der Abbildung 48 innewohnt. Sein westlicher „Herd“ verschiebt sich nur langsam, aber es wächst sich rapide nach Osten aus (vgl. die in Abschnitt 9 gegebene Modell-Vorstellung).

Gewöhnlich wird ein ausgeprägter „postumer Druckfall“ vom Synoptiker entweder auf die Erscheinung des sogenannten Tiefdruck-Trogos oder auf die Ausbildung einer Wellenstörung an der Kaltfront zurückgeführt. Das Schema dieser Typen zeigt Abbildung 49.

Was zunächst den „Trog“ mit seinem Druckfall betrifft, so findet sich dieser nur bei Zyklonen, deren Warmsektor schon weitgehend okkludiert ist. Ob bei dem Trog die „umgebogene Okklusion“ beteiligt ist, wie früher angenommen, oder ob sich hier der „Höhentrog“ bis zum Boden durchsetzt, bleibe hier dahingestellt. Kennzeichnend ist jeden-

falls, daß eine zyklonale U-Form der Boden-Isobaren in Erscheinung tritt und daß der Druckfall der Trog-Vorderseite auf die Nachbarschaft des Tief-Zentrums beschränkt ist. Er reicht nur etwa so weit, wie die U-Form reicht, wobei die Verlagerung relativ langsam erfolgt.

Bei der „Welle“ an der Kaltfront hat man es dagegen mit einem Druckfall in weiterem Abstände vom Tiefzentrum zu tun, meist mit einem relativ kleinräumigen, aber schnell wandernden. Die instabile Welle mit starkem Druckfall wird zum „Wirbel“, zur Zyklone (Sturmzyklone), wobei sich ein neuer Okklusionsvorgang des Warmsektors der Wellenstörung ergibt.

Bei unserem Druckfall III handelt es sich offenbar um keine dieser beiden Typen. Schon die Tatsache, daß er sehr weiträumig ist, und in bezug auf die Kaltfront postfrontal und präfrontal zugleich sowohl in der Kaltluft wie in der Warmluft auftritt, steht nicht im Einklang mit den Modellen des Trogos und der Welle. Die Umstände deuten vielmehr darauf hin, daß er stromabwärts vom neutralen Punkt aus der „Überschärfung“ der Frontalzone am 14. Februar abends entsteht (nachdem diese Frontalzone vorher schon zur Neubildung der Zyklone, mit Druckfall I + II, Anlaß gegeben hatte). Erst sekundär führt der Druckfall III zur Bildung einer recht eigentümlichen Art Frontwelle, worauf in einer speziellen Behandlung der Sturmzyklone und ihrer Struktur einzugehen wird. Dabei wird zu zeigen sein, wie das spätere Zusammenwachsen der Druckfall-Etappen die Übertiefung der Zyklone ergibt.

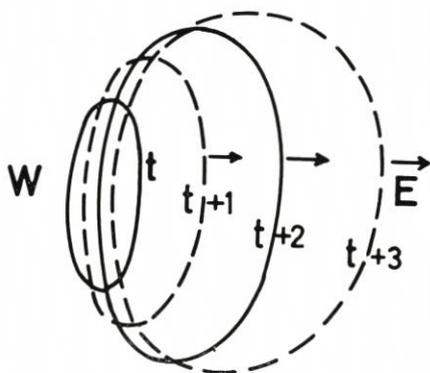


Abb. 48. Schema der Ausbreitung des Druckfalls III von der Zeit t bis $t+3$

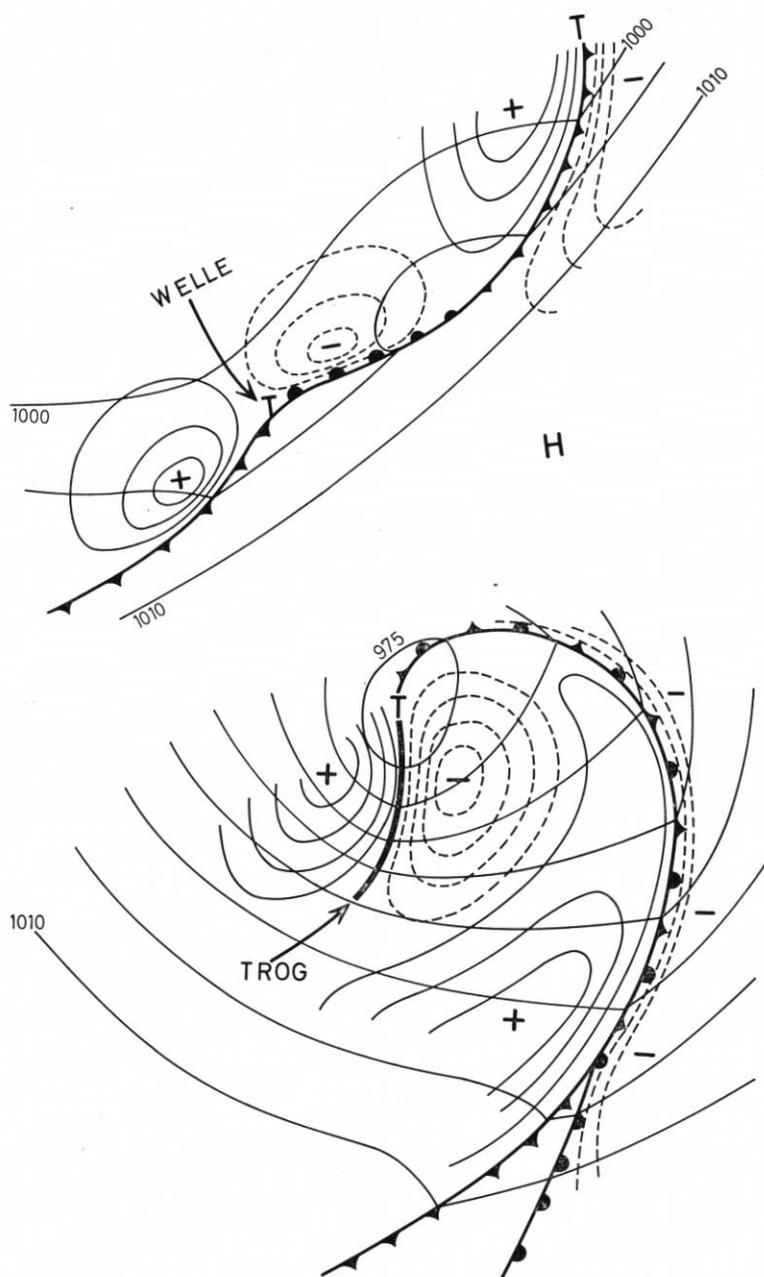


Abb. 49. Schema der „postfrontalen“ Druckfall-Typen von Welle und Trog

In diesem Abriß der nordatlantischen Zirkulations-Verhältnisse von Mitte Februar 1962 bleibt zunächst eine Behandlung der Hochdruckgebiete nachzuholen.

12. Die Hochdruck-Vorgeschichte der Sturmzyklonen der 2. Februar-Dekade 1962

Als Partner in dem zyklonenetischen Vierer-Druckfeld der 2. Februar-Dekade 1962 waren zwei Hochdruckgebiete wesentlich: das warme Azorenhoch und das kalte Labrador-Hoch. Das Besondere war neben der Lage die Stärke dieser beiden Gebilde, und ein Blick in ihre Entwicklungsgeschichte erscheint daher am Platze.

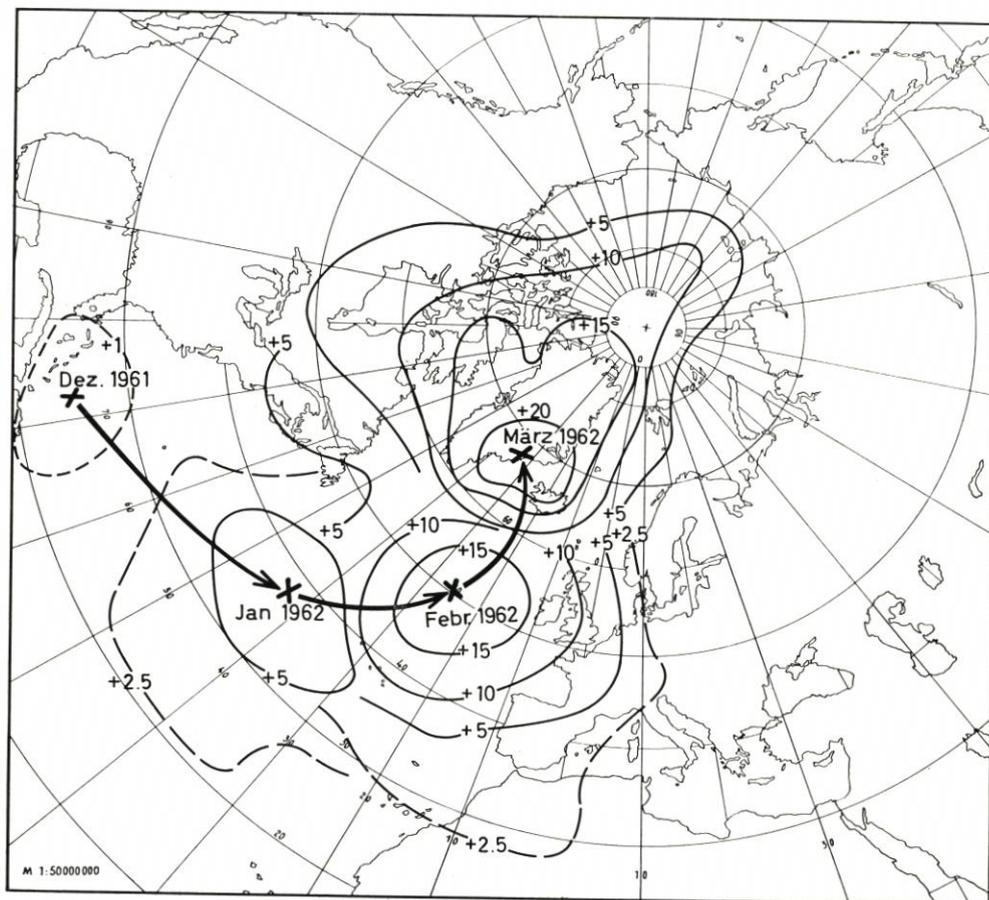


Abb. 50. Verlagerung und Entwicklung der positiven Druckanomalie über dem Nordatlantik vom Dezember 1961 bis zum März 1962

Daß es sich bei dem nordwärts verschobenen Azorenhoch um ein ungewöhnliches Gebilde handelt, geht schon daraus hervor, daß das Wetterschiff K, westlich der Biskaya auf 45° N, 16° W gelegen, am 11. Februar 1962, um 12 Uhr MGZ mit $1045,6$ mb den höchsten Luftdruck der letzten zwölf Jahre meldete. Das mittlere absolute Extrem für den Februar — bestimmt nach dreistündlichen Meldungen — im Jahrzehnt 1951/60 war hier $1031,6$ mb; im November 1952 war mit $1043,3$ mb der zweithöchste Wert gemeldet worden.

Schiffsmeldungen westlich bzw. nordwestlich vom Wetterschiff K lieferten noch höhere Drucke, so am 12. Februar 1962, 00 Uhr $1048,3$ mb in etwa 45° N, 23° W, am 14. Februar

1962, 18 Uhr 1047,1 mb bei 48° N, 25° W. Es hat sich hier zweifellos um ein warmes Hoch von seltener Intensität und riesiger Ausdehnung gehandelt. Für die Gegend, in der es auftrat, muß es als Rekord-Hoch bezeichnet werden.

Solche extremen Gebilde treten nicht von ungefähr auf. Und Abbildung 50 möge zunächst zeigen, daß dieses Hoch im Zuge einer längeren Entwicklungstendenz lag. Betrachtet man die monatlichen Druckanomalien des Winters 1961/62 (nach „Die Großwetterlagen Mitteleuropas“, herausgeg. v. Deutschen Wetterdienst, Offenbach a. M.), so läßt sich unschwer eine positive Druckanomalie feststellen, die sich aus dem Seerraume vor den Bahamas (Dezember 1961) nordostwärts über den Atlantik verlagerte, um im März 1962 mit dem Kern über Südostgrönland anzulangen. Dabei wuchs die Anomalie unter Arealvergrößerung ständig weiter an (vgl. Abb. 50). Der Kern hatte etwa folgende Werte:

Dez. 1961	Jan. 1962	Febr. 1962	März 1962
+ 1,5	+ 7,0	+ 18,5	+ 23,0 mb.

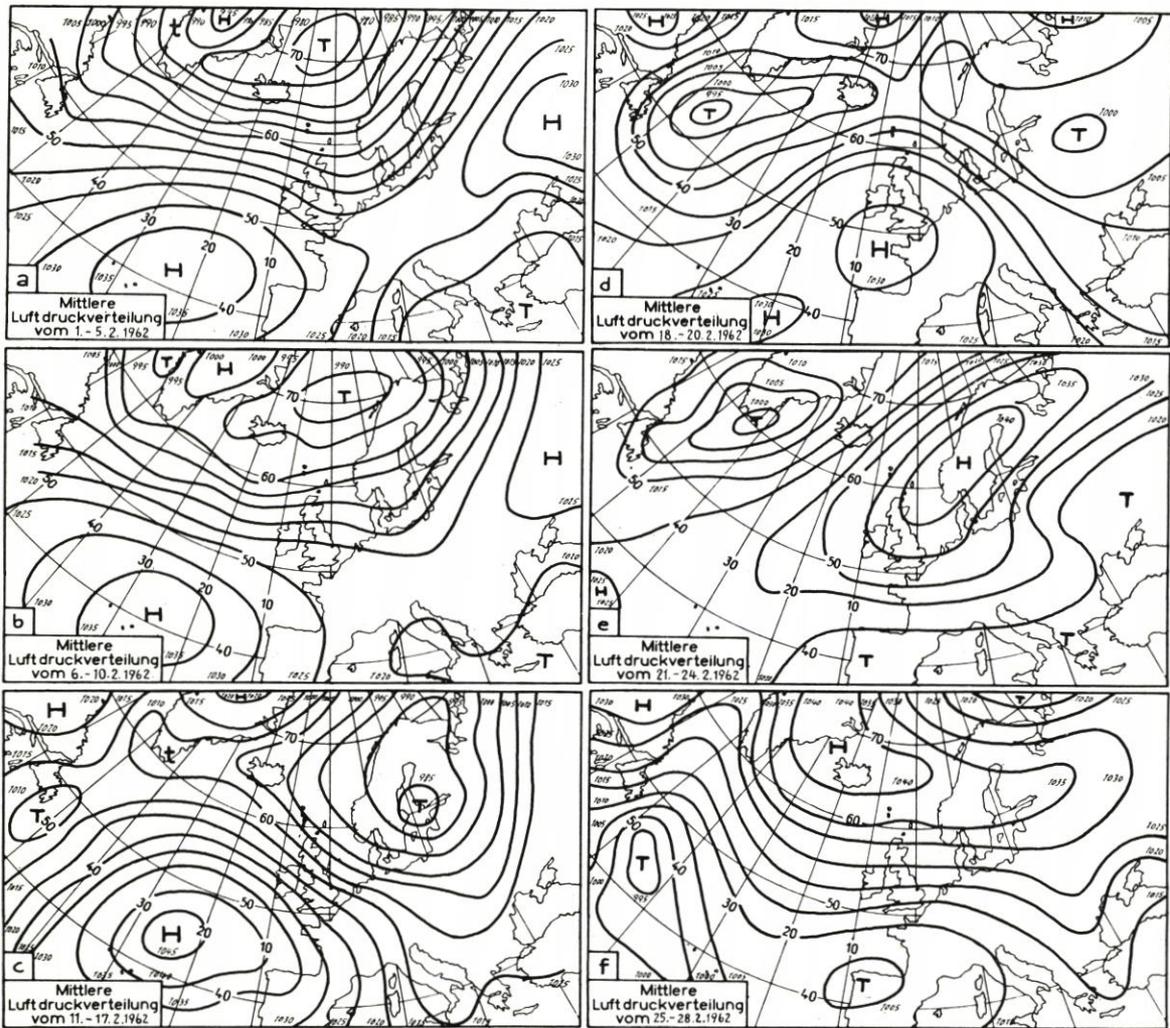


Abb. 51. Die Großwetterlagen im nordatlantisch-europäischen Raume im Februar 1962

Das Hoch der 2. Februar-Dekade erscheint also „eingebaut“ in die Verlagerungs- und Verstärkungstendenz einer subtropischen Positiv-Anomalie des Luftdrucks. Bereits Ende Januar 1962, noch deutlicher aber in der 1. Februar-Dekade prägte sich diese Tendenz im Azorenhoch aus.

Als Beleg möge die Abbildung 51 (nach: Wetterkarte des Seewetteramts, Jahrg. 10, Nr. 80) dienen, welche die atlantisch-europäischen Großwetterlagen im Februar 1962 dar-

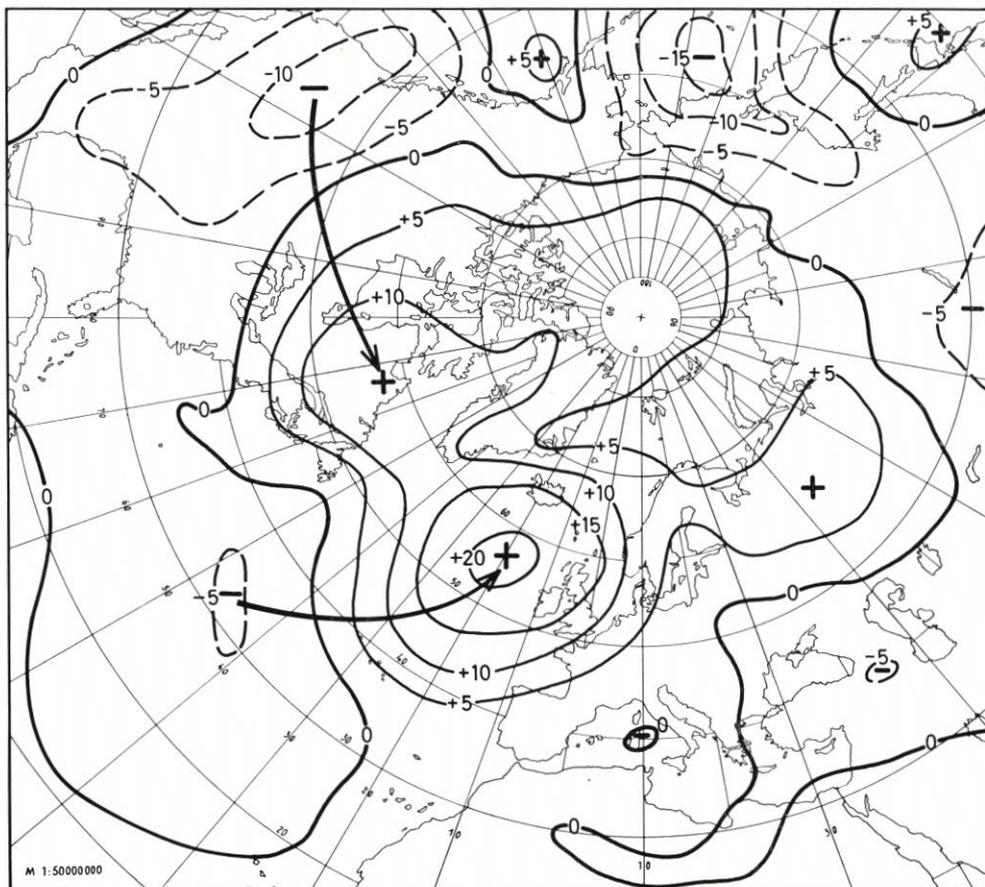


Abb. 52. Zirkumpolare Änderung der monatlichen Druckanomalien von Januar auf Februar 1962

stellt. Man sieht, daß schon in der 1. Februar-Dekade das Azorenhoch erheblich verstärkt und nordwärts verschoben ist (über 1035 mb nördlich der Azoren, gegenüber normal 1023 mb südlich der Azoren).

In der Zeit vom 11. bis 17. Februar liegt dann das Hoch mit einer mittleren Stärke von 1045 mb um 45° N, 24° W! Die 3. Februar-Dekade läßt eine Verlagerungstendenz des Hochs nach Westeuropa, und zwar Nordsee/Skandinavien/Nordmeer/Grönland erkennen. Der „Umweg“ ist etwas größer als die Bahn der Monatsanomalien, aber der Richtungssinn ist der gleiche, und bereits in den letzten Februar-Tagen liegt das Hoch vor Ostgrönland, dem Sitz der positiven März-Anomalie 1962.

Betrachten wir nun den kalten Partner des Vierer-Druckfeldes, das Labrador-Hoch.

Über Nordamerika sind wegen der rascheren Wanderung der Druckgebilde die monatlichen Druckanomalien gewöhnlich etwas weniger ausgeprägt als im nordatlantisch-europäischen Sektor. Bildet man jedoch die Änderungen dieser Anomalien von einem Monat zum nächsten, so schälen sich zumeist auch hier die Entwicklungstendenzen heraus.

Die Abbildung 52 zeigt das für unseren Fall. Sie gibt die zirkumpolare Änderung der Druckanomalien vom Januar auf den Februar 1962 wieder, wobei die offenbar „kohärenten Systeme“ durch einen Pfeil verbunden sind. Im Nordatlantik bestätigt dieser die (mit Abb. 50 angezeigte) Verlagerung der positiven Druckanomalie selbst. Ein zweites kohärentes System tritt deutlich über Nordamerika in Erscheinung, mit +13 mb Änderung über Labrador und -11 mb Änderung über den westlichen USA.

Daß man auch diesen Pfeil gleich „Verlagerung“ setzen kann, ergibt sich, wenn man die Änderung der Vormonate (Dezember 1961 auf Januar 1962) betrachtet. Abbildung 53 zeigt im Westen Nordamerikas jenes Drucksteiggebiet des Januar — nur dessen Isolinien sind gezeichnet —, das sich dann im Februar über Labrador befindet.

Eigentümlicherweise war diese Tendenz zum „kalten Hoch“ ebenfalls wie die des Azorenhochs von der Rekordsucht befallen. Aus einer Mitteilung von DAVID M. LUDLUM (Weatherwise, Vol. 15, No. 3, S. 106 — Juni 1962) geht hervor, daß ein am 10. Januar 1962 mit dem Kern über Montana und Wyoming gelegenes Hoch den überhaupt höchsten in den USA verzeichneten Luftdruck brachte, nämlich 1063,3 mb, in Helena, Montana (bisher höchste Stände daselbst 1054,9 mb im November 1959 und 1054,2 mb im Januar 1957, mithin eine merkwürdige Tendenz zum Extrem in jüngster Zeit der seit 1880 laufenden Reihe.) Auch an vielen anderen Stationen von Alberta bis Texas wurden durch dieses Hoch alle bisherigen Rekorde alter Stationen gebrochen.

Ohne daß diese Kuriosität viel Gewicht verdiente, scheint sie uns doch als „kurzfristige Übersteigerung“ einer längerdauernden Tendenz eine gewisse symptomatische Bedeutung zu haben. Es sei noch angemerkt, daß im Zuge der März-Tendenz (Hochdruck im Norden, Tiefdruck im Süden) eine besonders schwere Sturmflut — infolge anhaltenden, heftigen NO-

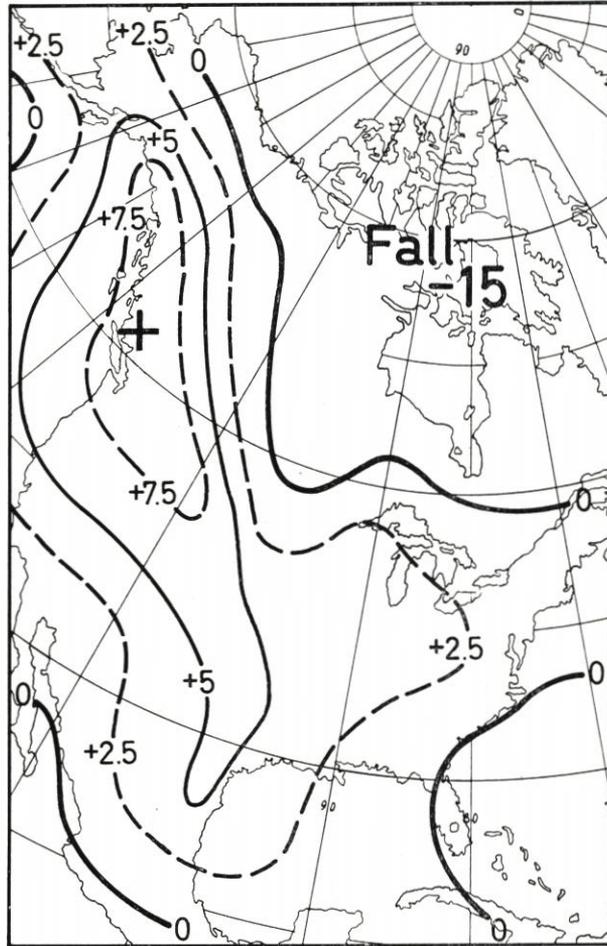


Abb. 53. Das Drucksteiggebiet im Westen Nordamerikas im Januar 1962 (Anomalie-Änderung Dezember 1961 auf Januar 1962)

Sturmes vom 5. bis 8. März 1962 — an der Ostküste der USA auftrat (vgl. JOHN Q. STEWARTS Mitteilung in *Weatherwise*, Vol. 15, No. 3, S. 117 — Juni 1962).

Wichtiger ist sicherlich das Zusammenspiel der atlantischen und der nordamerikanischen Drucksteigtendenz. Aus den Verlagerungs-Pfeilen in Abbildung 52 erhellt, daß das atlantische Steiggebiet zum Februar 1962 hin weniger nach Osten als nach Norden tendiert, während sich das nordamerikanische mehr nach Osten als nach Norden verlagert. Dadurch

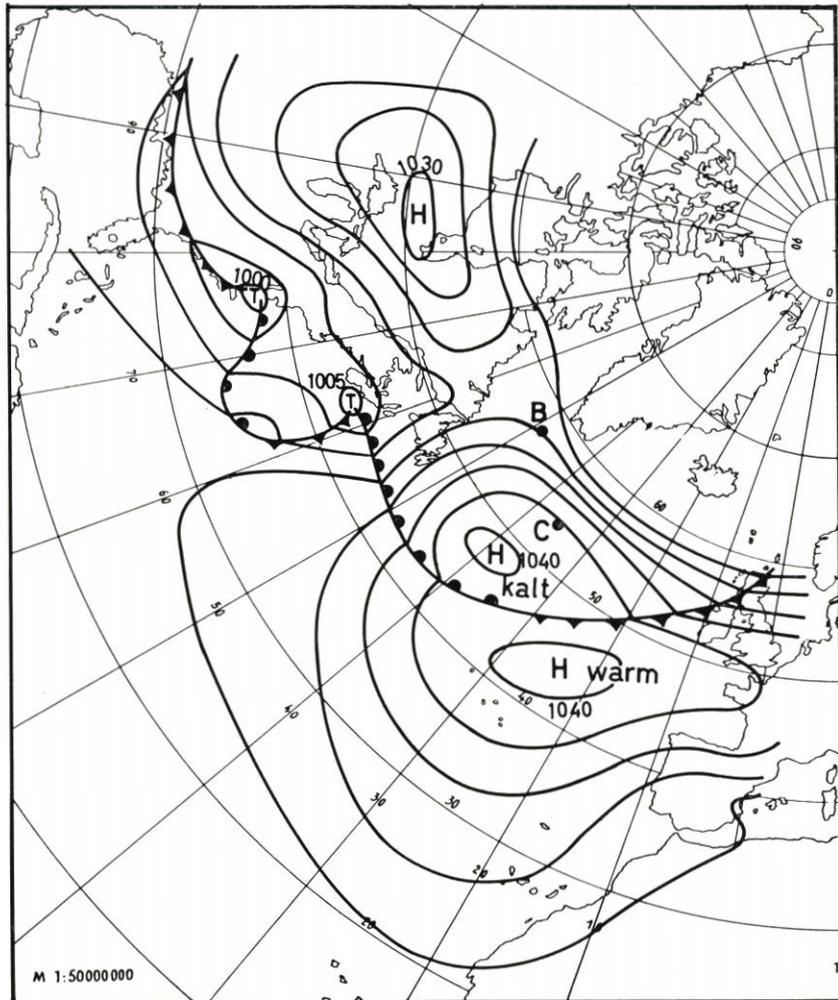


Abb. 54. Das Hochdruck-System Nordatlantik—Nordamerika am 10. Februar 1962, 00 Uhr MGZ

tritt eine Näherung der beiden ein, die im Monatsdurchschnitt zu einem Zusammenwachsen führt. Es bleibt nur zwischen dem Labrador-Anstieg und dem nordostatlantischen Anstieg die Schwächstelle angedeutet, die von der Ostküste Grönlands nach dem Seegebiet östlich Neufundland reicht. Sie bezeichnet in etwa die Frontalzone zwischen warmer und kalter Zelle, wie sie in der 2. Februar-Dekade 1962 mit dem neutralen Punkt in Erscheinung tritt.

Synoptisch, im tatsächlichen Zirkulationsbilde, erkennt man aber nicht nur die manchmal scharfe, frontale Trennung der warmen und kalten Hochdruckzelle, sondern sieht, daß ander-

seits auch „Übergaben“ zwischen den beiden stattfinden, Vereinigungen von Zellen, von „warmer“ und „kalter“ Drucksteigtendenz.

Gleich der 10. Februar 1962 liefert hierfür ein Beispiel. Aus den Abbildungen 17 bis 20 war zu ersehen, daß die 2. Dekade mit ausgeprägter Kaltluft bei den Wetterschiffen C und B und mit sehr hohem Druck bei C begann. In Abbildung 54 ist die synoptische Lage von 00 Uhr MGZ dieses Tages wiedergegeben. Man erkennt, daß dem warmen Azorenhoch von 1040 mb eine gleich starke kalte Hochdruckzelle im Nordwesten aufgesetzt ist. Diese, hinter

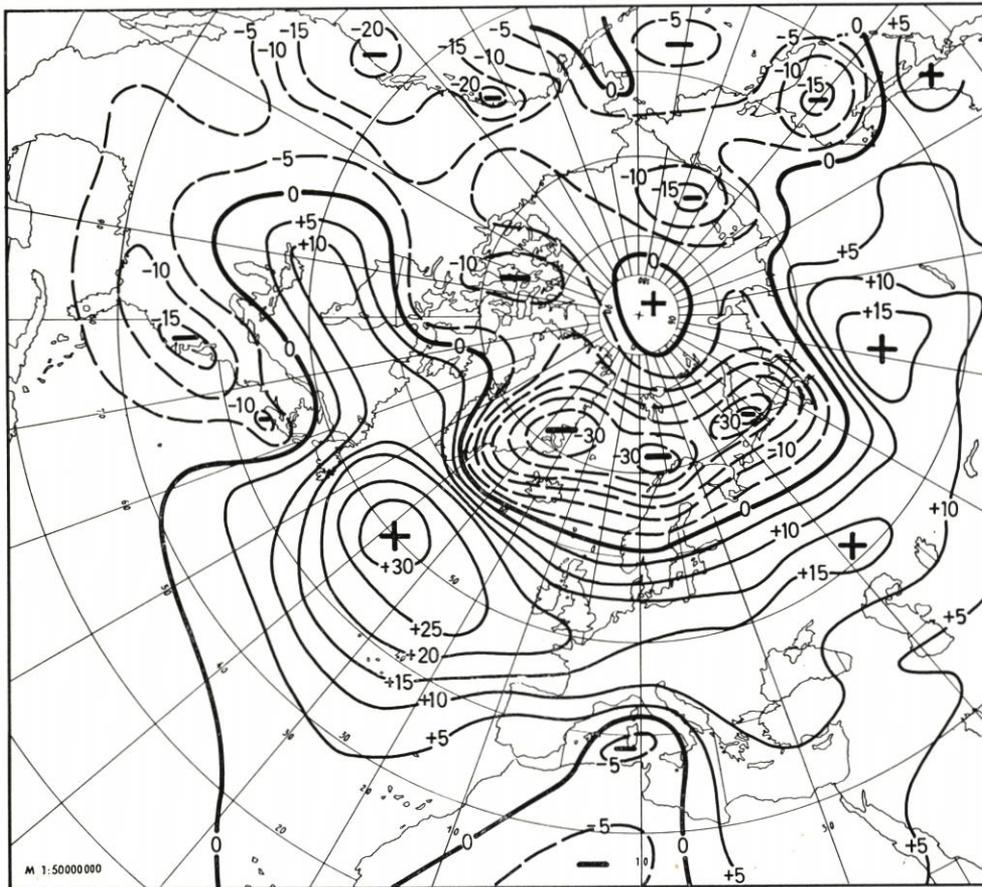


Abb. 55. Abweichung des Luftdrucks am 10. Februar 1962, 00 Uhr MGZ, vom Februar-Normalwert (1899—1939)

der Kaltfront eines Nordmeer-Tiefs von Neufundland ostwärts wandernd und sich verstärkend, wird am Folgetage zum Haupthoch, schmilzt den Rest des „Azorenhochs“ in sich ein und wandelt sich mit dem Tropikluft-Vorstoß aus SW alsbald in ein warmes Hoch um, nun von 1045 mb.

Diese bekannte Art der Regeneration des subtropischen Hochdruckgebiets stellt also hier gewissermaßen den temporär wirksamen Verschmelzungsprozeß der längerdauernden „warmen“ atlantischen und der „kalten“ nordamerikanischen Drucksteigtendenz dar. Das am 10. Februar südlich der Hudson-Bay gelegene Hoch von 1030 mb (vgl. Abb. 54) repräsentiert

dabei die fortdauernde Bereitschaft der westlichen Steigtendenz, in das atlantische Getriebe einzugreifen, und zwar entweder als frontverschärfender kalter Partner in Gestalt des Labrador-Hochs oder als wanderndes Drucksteiggebiet, das später auch dem Azorenhoch zugute kommt.

Bildet man die Druckabweichungen des 10. Februar 1962, 00 Uhr, vom langjährigen Februar-Normalwert, so ergibt sich das in Abbildung 55 dargestellte Bild. Schon diese Momentaufnahme vom Beginn der 2. Februar-Dekade läßt die Verstärkung der Hochdruckzone Nordamerika-Sibirien mit dem Schwerpunkt im Nordatlantik erkennen. Die negative Druck-

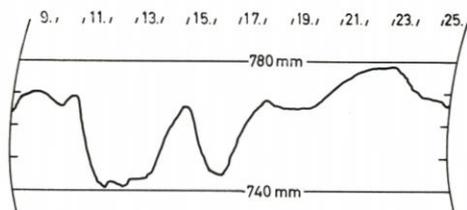


Abb. 56. Barogramm Hamburg-Rissen vom 9. bis 25. Februar 1962

Anomalie liegt hoch im Norden zwischen Grönland und der Barentssee. Aber der südliche Kranz negativer Anomalien von der pazifischen Küste der USA bis zur atlantischen kündigt schon die Aktivierung der atlantischen Tropikluft an, und die „Soll-Durchbruchstelle“ für das erste Druckfallgebiet bei Neuschottland wird deutlich.

Dominierendes Kennzeichen der Druckanomalie-Änderung von Januar auf Februar 1962 (Abb. 52) aber bleibt der große Druckanstieg, der von Kanada bis Westsibirien, vom Arktischen Becken bis Nordwestafrika eintritt. Die tiefen Sturmzyklonen der 2. Februar-Dekade hinterlassen im Bilde des Gesamtmonats keine sinnfällige Spur; tatsächlich erscheinen sie im Barogramm etwa von Hamburg (Abb. 56) mehr als Täler in einer Hochfläche. Diesem äußeren Bilde entspricht auch der synoptische Prozeß. Das Zusammenspiel der großen antizyklonischen Zirkulationsräder ist von primärer Bedeutung für die Entwicklung der Sturmzyklonen in der 2. Februar-Dekade 1962. Als „Aktionszentren“ erscheinen in diesem Falle die Hochdruckgebiete, mehr als „Abfallprodukt“ die Tiefdruckwirbel.

13. Die Besonderheit der nordatlantischen Luftmassen-Verteilung Mitte Februar 1962

Es wird manchmal mit Bezug auf atmosphärische Vorgänge das Wort „kleine Ursachen, große Wirkungen“ zitiert und gesagt, daß ein zufälliges Zusammentreffen verschiedener kleiner Faktoren, die in gleicher Richtung wirken, ein außergewöhnliches Ereignis hervorrufen könne. Wenn auch die Bedeutung zusammenwirkender „Kleinigkeiten“ für das Zustandekommen „großer Dinge“ nicht bestritten werden soll, so sollte doch nicht alles dem Spielraum des Zufalls zugeschoben werden. Die besonderen Vorbedingungen besonderer Ereignisse sind oft nicht so geringfügig, daß sie nicht wenigstens zum Teil deutlich zu erkennen wären.

Im vorigen Abschnitt wurde gezeigt, wie die antizyklonischen Zirkulationsräder über dem Nordatlantik und über Nordamerika eine schon vor der 2. Februar-Dekade 1962 in Gang befindliche Tendenz zur Verstärkung und gegenseitigen Näherung aufwiesen. Daraus mußte eine besondere Luftmassen-Verteilung über dem Ozean resultieren, die für die Entwicklung und die Bahn der Sturmzyklonen mitbestimmend war.

In Abbildung 57 ist das normale Luftdruckbild des Monats Februar und die damit gekoppelte Normalverteilung der Luftmassen dargestellt. Die Grenze zwischen der Polarluft, die auf der Rückseite und der Südseite des Islandtiefs strömt, und der Tropikluft des Azorenhochs verläuft dabei etwa vom Westausgang des Englischen Kanals nach dem nördlichen Mexiko-Golf. Ostwärts von Florida, in etwa 30° Nord, befindet sich der neutrale Punkt des

Stromfeldes (s. Abb. 57). Die Produktions- bzw. Vertiefungsstätte zyklonaler Störungen liegt nordostwärts dieser Stromfeld-Singularität: östlich Kap Hatteras, südöstlich Neufundland und noch nach Irland herüber, d. h. entlang der Massengrenze zwischen Tropikluft und Polarluft, aber mehr im kalten Bereich. Mit den „Störungen“, die nordostwärts ziehen und am Ende das Islandtief nähren, pendelt die Front zwischen Tropikluft und Polarluft mehr oder minder um ihre Mittellage. Das Wetterschiff C (etwa 53° N, 35° W) befindet sich tief im

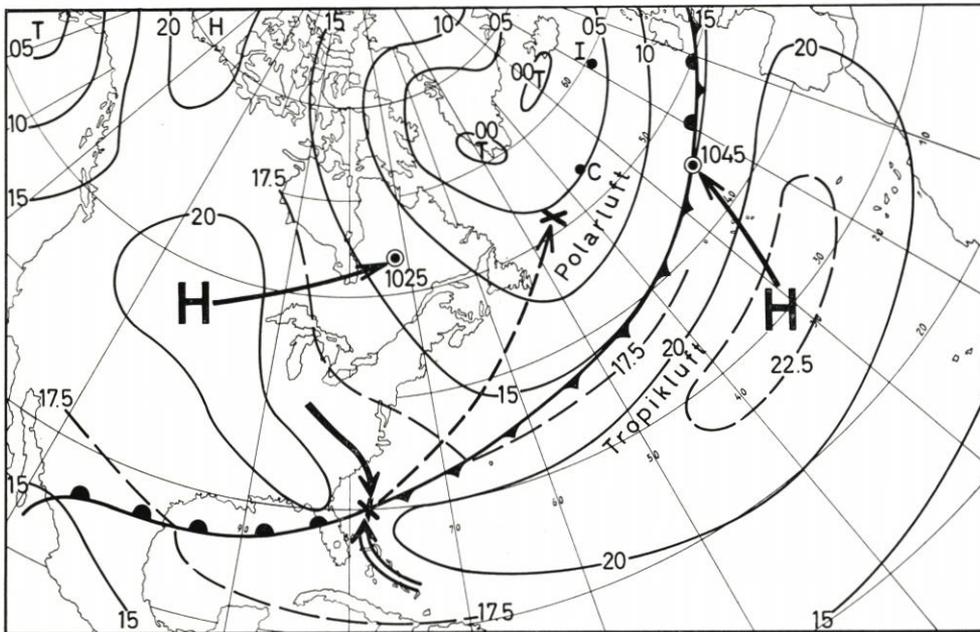


Abb. 57. Normale Luftdruck- und Luftmassenverteilung über dem Nordatlantik und Nordamerika im Februar. Dazu: Verschiebungstendenzen im Zeitraum 11.—17. Februar 1962

Normalbereich der Polarluft und gerät bei den durch Zyklonen bewirkten Pendelungen der Hauptluftmassengrenze relativ selten — und wenn, dann nur vorübergehend — in den Bereich der Tropikluft, die den Warmsektor zyklonaler Störungen bildet. Häufig wird C auch nur von der „Okklusion“ passiert.

Ein völlig anderes Bild entsteht im Februar 1962. In Abbildung 57 ist durch Pfeile markiert, wie im Durchschnitt der Periode vom 11. bis 17. Februar 1962 das warme Azorenhoch und das kalte nordamerikanische Hoch aus ihrer Normallage in Richtung auf das Islandtief nach NNO bzw. ONO verschoben sind. Zugleich sind beide Hochdruckgebiete verstärkt, am meisten das Azorenhoch (1045 — wo normal 1015 mb —). Der Abstand zwischen den beiden Kernen ist fast auf die Hälfte des Normalabstandes verkürzt.

Denken wir uns vor der Ostküste Neufundlands den Normaldruck von 1007,5 mb weiter herrschend, was für den Zeitraum 11. bis 17. Februar 1962 nahezu realisiert ist, so ergibt sich nach hierhin (für diese Zeit) ein Gefälle

- a) vom warmen Hoch-Kern aus
von (1045—1007,5) = 37,5 mb, gegen normal 7,5 mb,
- b) vom kalten Hoch-Kern aus
von (1025,5—1007,5) = 18 mb, gegen normal 4,5 mb.

Aus diesem einfachen Vergleich sieht man, wie die Warmluft-Advektion östlich Neufundland und zugleich die Kaltluft-Advektion westlich Neufundland verstärkt sind. Der erste Wert ist der fünffache, der zweite der vierfache des „normalen“. Hieraus erhellt, daß im Durchschnitt der siebentägigen Großwetterlage (nicht bloß mit einer kurzfristigen Pendelung durch eine Zyklone) die Tropikluft östlich Neufundland in riesigem Ausmaße nach Norden verfrachtet wird, während westlich davon die Polarluft in etwas minderem, aber weit übernormalem Maße nach Süden transportiert wird.

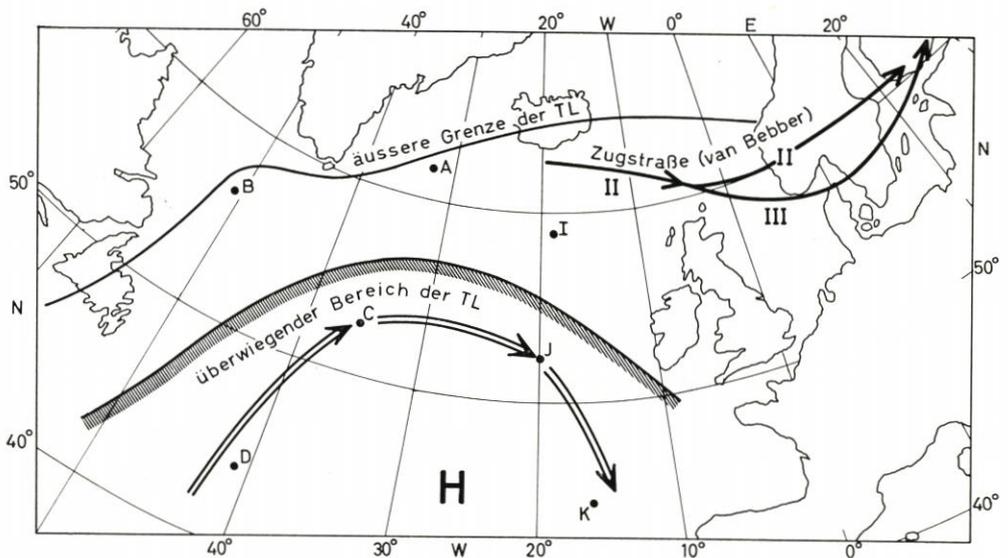


Abb. 58. Nördlicher Strombereich der atlantischen Tropikluft vom 11. bis 17. Februar 1962

Die Luftmassengrenze liegt in dieser Zeit vor der Südostküste Neufundlands. Der neutrale Punkt, im klimatischen Mittel bei $30^{\circ}N$ ostwärts Florida gelegen, verschiebt sich — wie in Abbildung 57 durch den gestrichelten Pfeil angedeutet — nordostwärts bis gegen $50^{\circ}N$, östlich Neufundland.

(Ohne seine Mittel-Lage genauer fixieren zu wollen, können wir die Verschiebung etwa mit der additiven Verlagerung des warmen und kalten Hochs gleichsetzen; die vektorielle Addition der Hoch-Verlagerungspfeile in Abbildung 57 scheint in diesem Falle ungefähr die Verschiebung des neutralen Punktes zu ergeben.)

Die schon aus den Abbildungen 17 und 18 erkenntliche, länger als eine Woche dauernde Besetzung durch Tropikluft des Bereichs um Wetterschiff C (vom 11. bis 18. Februar 1962) ist wahrscheinlich ein einmaliges Ereignis für einen Wintermonat. Auch daß die originale Tropikluft bei ihren Pulsationen nach Norden am Boden bis über die nördlichsten Wetterschiffe B, A und I vordringt — bei I am 14./15. Februar für mehr als 30 Stunden —, ist ein seltener Fall. Außerordentlich ist der Widerstand des, durch das Rekord-Hoch von 1045 mb gestützten, Warmluft-Flusses gegen seine Verdrängung. Den intensiven Kaltluftvorstößen auf der Rückseite der Sturmzyklonen der 2. Februar-Dekade gelingt es nicht oder kaum, die Wetterschiffe C und J ($52,5^{\circ}N$, $20^{\circ}W$) zu überschreiten. C bleibt hinter dem ersten Sturmtief vom 11./12. Februar in der Tropikluft und gerät hinter dem zweiten Sturmtief vom 15./16. Februar nur vorübergehend unter den Kaltluftfrand. Bei J ist es umgekehrt, die Kaltfront der „Sturmflut-Zyklone“ überschreitet J nicht.

Schematisch bildet der in Abbildung 58 dargestellte Kranz der Wetterschiffe D — C — J — K den dauernden Strombereich der Tropikluft in der Sturmflut-Woche. Ihr überwiegendes Herrschaftsgebiet und ihre — flüchtig erreichte — äußerste Grenze sind in der Abbildung markiert. Der „warme Eckpfeiler C“ dieses Systems ist von besonderer Bedeutung: Seine Resistenz verhindert hier eine Südwärtsverlagerung der Frontalzone auf der Rückseite der vorbeizogenen Zyklonen und schreibt den Zyklonenbahnen im europäischen Bereich die Tendenz nach OSO vor. Anders ausgedrückt, das antizyklonische „Steuerungszentrum“ bei 25° W mit seiner Ausdehnung in den NW-Atlantik leistet einem Befahren der VAN BEBBERSchen Zugstraßen II und III Vorschub (s. Abb. 58).

Man kennt das Schema der normalen Zyklonen-Familie. Das erste Glied setzt weit im Norden an, und jedes der (etwa drei) Folgeglieder wandert etwas (~ 5 Breitengrade) weiter

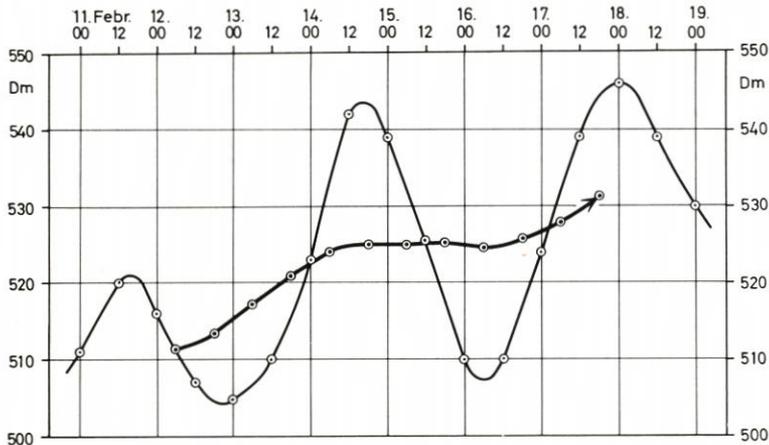


Abb. 59. Verlauf der relativen Topographie 500/1000 mb über Keflavik, Westisland vom 11. bis 19. Februar 1962, 00 Uhr MGZ. Dazu: ausgeglichener Verlauf (übergreifende Mittel von 6 Terminen)

südlich. Die Polarluft breitet sich dabei immer weiter südwärts aus, hinter dem letzten, die Serie abschließenden Gliede in das subtropische Passatgebiet sich ergießend.

Entsprechend schrumpft die Reichweite der Tropikluft-Vorstöße nach Norden im Verlaufe des „Familienbetriebs“ immer mehr ein, bis die Tropikluft an der Westflanke des die Zyklonen-Serie abschließenden Hochs wieder weiter nach Norden vordringen kann.

Die zweite Februar-Dekade 1962 zeigt wenig Anklänge an dies Modell. Die Tropikluft über dem Nordatlantik erweitert mit jeder neuen Zyklone ihren Herrschaftsbereich nach Norden. Als eindrucksvoller Beleg dafür mag die Abbildung 59 dienen, in der die Schwankungen der relativen Topographie 500/1000 mb über Keflavik ($\sim 64^\circ$ N, 23° W) in Westisland vom 11. bis 19. Februar 1962, 00 Uhr MGZ, dargestellt sind.

Man erkennt drei ausgeprägte Wellen mit den Gipfeln in etwa drei Tagen Abstand, die mit den in Abbildungen 11 bis 13 gebrachten wandernden Druckfallgebieten gekoppelt sind. Indem diese Fallgebiete in ihrer Folge bei Island nicht fortlaufend weiter südlich, sondern weiter nördlich auftreten, wird der Einfluß der Tropikluft hier immer stärker. Die Kurve der übergreifenden Mittel aus sechs Terminen (= drei Tagen), die in Abbildung 59 hinzugefügt ist, läßt den „Trend“ der Erwärmung deutlich werden, die während dieser Zeit $20 \text{ Dm} = 10^\circ$ für die untere Troposphärenhälfte (500—1000 mb) ausmacht. Entsprechend wächst beim Wetterschiff I südlich Island (59° N, 19° W) die jeweilige Dauer der Tropikluft-

Besetzung im Verlaufe der drei „Wellen“ erheblich an, etwa im Verhältnis 6 zu 30 zu 60 Stunden.

Rufen wir uns die im Abschnitt 12 geschilderte Ausbreitungstendenz nach Norden der subtropischen Steigtendenz des Luftdrucks ins Gedächtnis, so erscheint diese Erwärmungstendenz im subpolaren Norden als das Korrelat dazu. Später, in der letzten Februar-Dekade und vor allem dann im März 1962, hat die weitere Nordwärtswanderung des atlantischen Drucksteiggebiets ein starkes Ostgrönland-Hoch ergeben, womit sich die Gesamtzirkulation auf einen völlig anderen Typus mit sehr südlicher Westlage im Nordatlantik umstellt.

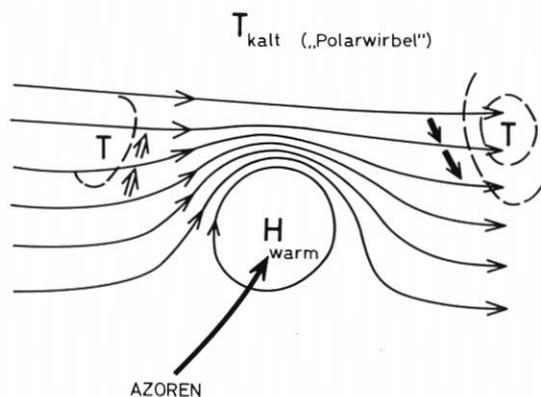


Abb. 60. Nordwärtsverschiebung und Einengung der (oberen) Westwindzone durch den nach NNO gerückten subtropischen Hochdruckblock, schematisch

Die zweite Februar-Dekade 1962 bezeichnet jenen Abschnitt der allgemeinen Zirkulationsentwicklung dieses Winters, in dem die „Einengung der (zyklonal-kalten) Westwindzone“ im Nordatlantik durch das übermäßig starke und nach Norden drängende subtropische System ein Maximum erreicht. In dieser Etappe der Entwicklung steigert sich der auf dem engem Raum nördlich des vorgeschobenen mächtigen subtropischen „Hochdruckblocks“ zusammengedrückte Höhenstrom um den Polarwirbel zu jenen gewaltigen Höhenorkanen, deren bereits früher (Abschnitt 9) Erwähnung getan wurde. Die Abbildung 60 veranschaulicht diese Vorstellung im Modell.

Europa, auf der Ostseite des Hochdruck-Blocks, erlebt dabei temporär mächtige

Polarluft-Einbrüche vom Nordmeer über die Nordsee nach Süden: Den Wintergewittern mit schweren Graupelböen hier stehen Nebelstürme aus Süd über dem Kaltwasser vor Neufundland als das andere Extrem, auf der Westseite des „Blocks“ gegenüber.

Das Modell der Stromstörung (Abb. 60) ist allerdings nicht starr zu denken. Etwas von dem weiträumigen Spiel und Zusammenspiel, das in der 2. Februar-Dekade abläuft, ist in den früheren Abschnitten darzustellen versucht worden. Es kam uns darauf an, sichtbar zu machen, daß der Nordseesturm, der die Katastrophenflut brachte, nicht das Zufallsprodukt einiger unseligerweise zusammenwirkender „Kleinigkeiten“ war, sondern daß er im Zuge einer großzügigen und ganz besonderen Zirkulationsentwicklung entstand.

Zwar läßt sich nicht sagen, daß der schwere Sturm bei den geschilderten Vorbedingungen so, wie es geschah, kommen mußte. Wohl aber läßt sich sagen, daß die Dinge einen Zuschnitt erhielten, der seine Entstehung entschieden begünstigte.

Die — nachträglich feststellbare — Tendenz des atlantisch-subtropischen Zirkulationsrades, im Winter 1962 unter besonderer Verstärkung langsam nach Norden zu „rollen“, erscheint als ein wesentlicher Punkt dieser „Vorbereitung“. Die Ursache der Verlagerung und Intensivierung bleibt allerdings dunkel. Und weshalb sich nördlich der Azoren soviel Masse anhäufen konnte, daß es um Mitte Februar ein Rekordhoch gab, wissen wir nicht. Wir können nur sagen: Dies geschah nicht spontan, nicht von ungefähr; das Hoch hat seine Vorgeschichte und Nachgeschichte. Ähnlich war es mit dem kalten Partner im Spiel, dem Labrador-Hoch. Vielleicht war die Doppelfunktion der westlichen Drucksteigtendenz als Regenerator des Azorenhochs und als Mitproduzent des zyklonenetischen Vierer-Druckfeldes unerlässlich, um den Witterungsablauf in der 2. Februar-Dekade so zu gestalten, wie er tatsächlich war.

D. Schlußbemerkung: Die Ähnlichkeit der „Produkte“ der Frontalzone von Mitte Februar 1962, der Sturmzyklonen in ihrer Bahn und Vertiefung

Die Ähnlichkeit in der Konstellation der Vierer-Druckfelder, der Entstehung und Lage des neutralen Punktes, der Stärke der Frontalzone im Raume der Wetterschiffe C und B, der Herkunft der Druckfallgebiete von Neufundland ist für die beiden Sturmzyklonen vom 12. und 16. Februar 1962 im Vorstehenden beschrieben worden. Es ist bei soviel Ähnlichkeit der Prämissen immerhin tröstlich für den Wetterkundler, daß auch eine Ähnlichkeit der Folgeerscheinungen unverkennbar ist. Auf diese möge deshalb abschließend hingewiesen werden.

In den Abbildungen 61 und 62 ist die Bahn der beiden Tiefzentren vom 10. bis 14. Februar und vom 14. bis 18. Februar dargestellt. Zu den aus den Wetterkarten ermittelten bzw. geschätzten Positionen des Tiefzentrums von 3 zu 3 Stunden ist der geschätzte Tiefstdruck hinzugeschrieben. Die Entwicklung des Tiefstdruckes, d. h. der Druckverlauf einer mit dem Tiefzentrum mitwandernden Phantomstation, ist in den Abbildungen 63 und 64 für die beiden Fälle veranschaulicht.

Das zweite Tief entsteht als geschlossenes Gebilde am 14. Februar 1962 östlich der Südspitze Grönlands (vorher nur Isobaren-Ausbuchtung). Vergleicht man Abbildung 63 und 64, so zeigt sich folgendes mit Bezug auf die Vertiefung:

	Beginn bei	Ende bei	Betrag	Dauer
Fall 1	999 mb	944 mb	55 mb	60 Stunden
Fall 2	1000 mb	948 mb	52 mb	60 Stunden

Dieser hochgradigen Ähnlichkeit von Betrag und Dauer des Vertiefungsprozesses entspricht eine räumliche Ähnlichkeit seines Beginns und Endes. Aus Abbildung 61 ist zu ersehen, daß das erste Tief in etwa gleichbleibender Stärke am 10. Februar von Neufundland nach Südgrönland herüberzieht und daß erst hier die Vertiefung einsetzt. Das zweite Tief entsteht an der Stelle, ostwärts Kap Farvel, wo das erste Tief plötzlich aufzuleben beginnt.

Auch das Ende der Vertiefung wird fast in der gleichen Gegend erreicht, einmal nördlich Stockholm, das andere Mal östlich Stockholm vor der Insel Dagö (soweit aus den beim Seewetteramt vorliegenden Wetterkarten ersichtlich). Das sind bemerkenswerte Übereinstimmungen in bezug auf den aktiven Abschnitt der Lebensgeschichte der beiden Sturmzyklonen, der „stromabwärts“ vom neutralen Punkte beginnt.

Der „passive Abschnitt“ (Auffüllung des Zentrums) z. B. zeigt ein weites Auseinanderklaffen der Bahnen über Rußland, im ersten Falle eine Abwanderung des Tiefzentrums in Richtung auf das Weiße Meer, im zweiten Falle nach dem Mittlerrussischen Landrücken nördlich der Ukraine. Auch die Frühgeschichte der beiden Sturmzyklonen zeigt stärkere Unterschiede: Die erste ging auf ein regulär wanderndes Tief zurück (Abb. 61), die zweite dagegen entstand durch Keimung (Ausläuferbildung) ostwärts der Bahn des Haupttiefs, das nach Westgrönland zog (Abb. 62). Und wie die an den Bahnen von Neufundland nach Südgrönland bzw. Westgrönland hinzugefügten Drucke zeigen, ist die Entwicklung auf diesen Bahnabschnitten in den beiden Fällen sehr verschieden.

Die Ähnlichkeit von Fall 1 und 2 beschränkt sich also auf das Aktivitäts-Stadium ostwärts der Länge des neutralen Punktes — 45° West- bis etwa 20° Ostlänge. Daß hierbei die erste Bahn südlich an Island, die zweite nördlich an Island vorbeiläuft — und entsprechend nördlicher auch weiter im Osten —, steht im Zusammenhang mit der in Abschnitt 13 behandelten Ausbreitungstendenz der Tropikluft. Dies ist aber keine Diskrepanz, die der Gleichsinnigkeit der „Produkte“ der Frontalzone (C-B) widerspräche.

Eine Besonderheit der Zyklonen, die einen neutralen Punkt „in der Rückhand haben“, scheint es zu sein, daß der Okklusionsvorgang oder jedenfalls das Ende der Vertiefung —

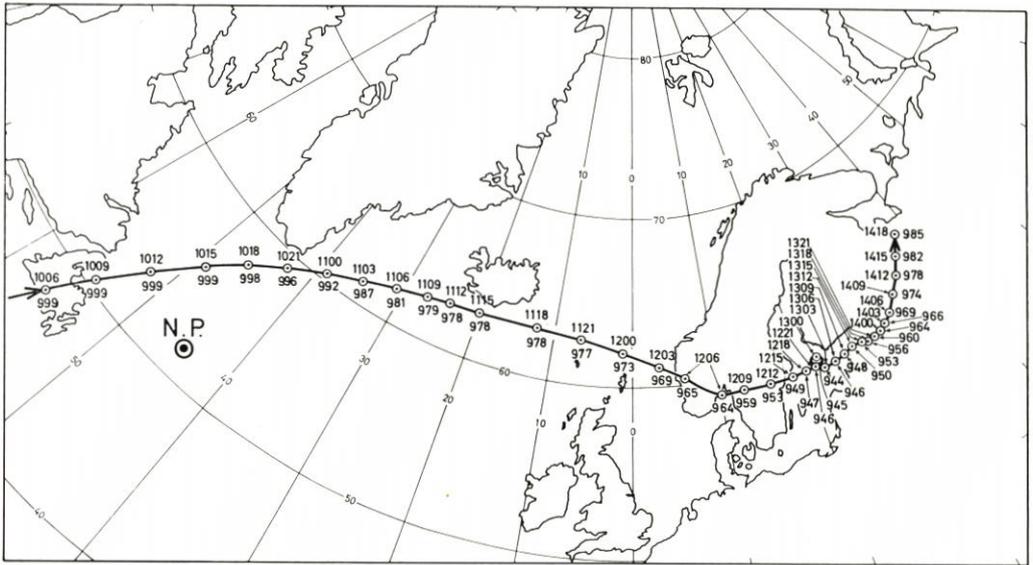


Abb. 61. Bahn des Tiefzentrums vom 10. Februar (06 Uhr MGZ) bis 14. Februar 1962 (18 Uhr MGZ)
Dazu: Tiefdrucke in mb

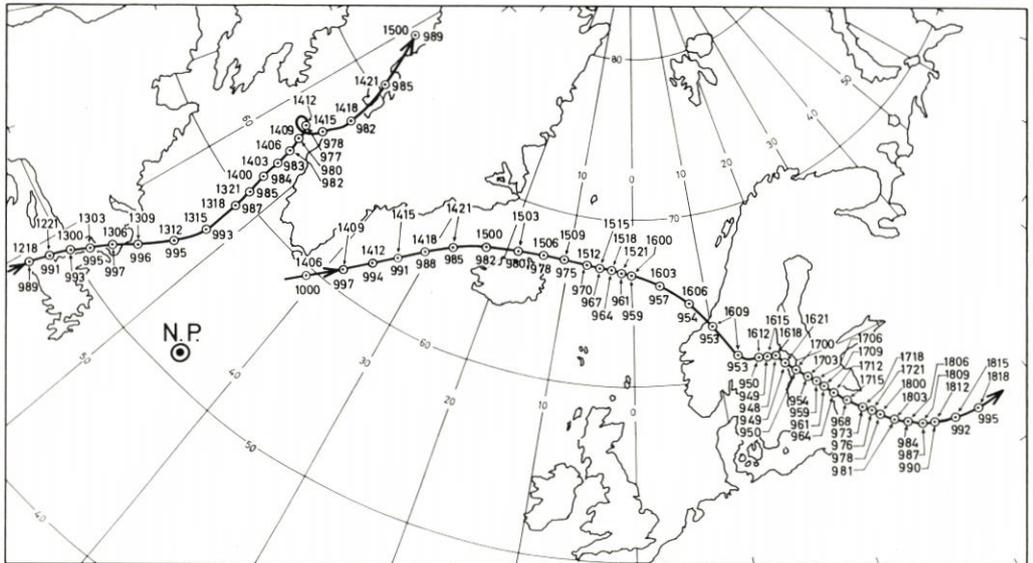


Abb. 62. Bahn des Tiefzentrums vom 14. Februar (06 Uhr MGZ) bis 18. Februar 1962 (18 Uhr MGZ)
Dazu: Bahn des Muttertiefs vom 12. Februar, 18 Uhr, bis 15. Februar, 00 Uhr MGZ. Tiefdrucke in mb

gegenüber anderen Frontalzyklonen — hinausgezögert wird. In den beiden Fällen stimmt die Zeit und die Dauer der Vertiefung (60 Stunden) recht genau mit der Lebensgeschichte der

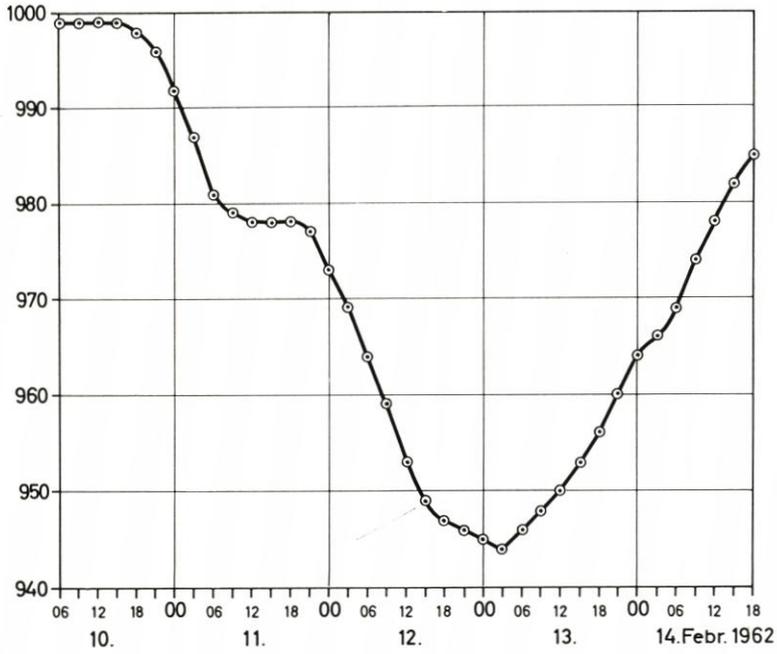


Abb. 63. Luftdruck-Entwicklung im Tiefzentrum vom 10. bis 14. Februar 1962 (Druckverlauf bei Mitführung)

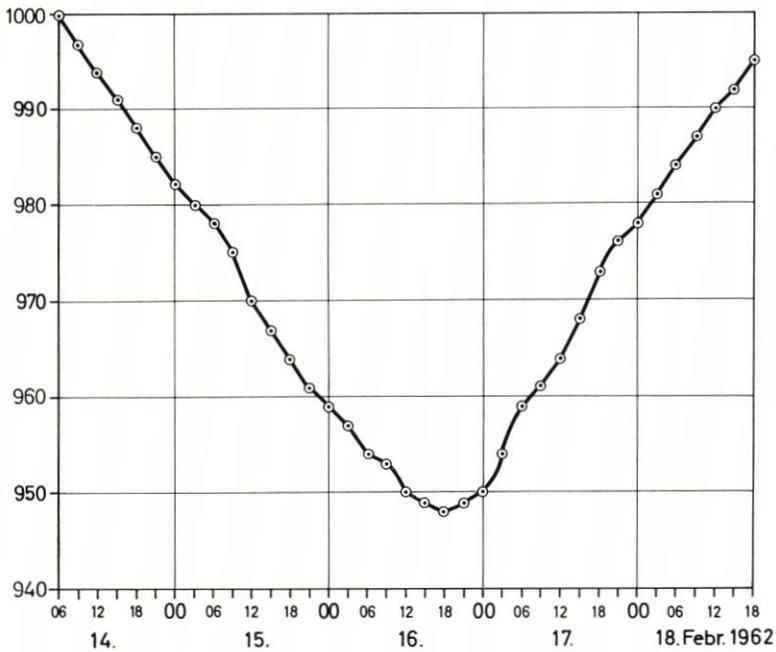


Abb. 64. Luftdruck-Entwicklung im Tiefzentrum vom 14. bis 18. Februar 1962 (Druckverlauf bei Mitführung)

neutralen Punkte (vgl. Abb. 36 und 37) überein. Der Grund dafür wäre in der relativ langsamen Stärke- und Lageänderung der Frontalzone am neutralen Punkt zu suchen. Die Front zwischen Warmluft und Kaltluft ist hier „steif“, die Ausbreitungstendenzen der Luftströme sind neutralisiert (Übergangsstelle Kaltfront-Warmfront). Es hält sich sozusagen abseits vom Tief ein „Warmsektor“ von 180°, und der Strom der Tropikluft wird um so weniger zum Versiegen gebracht, je mehr Isobaren um das warme Hoch laufen.

Als Gegensatz dazu vergleiche man das kurze aktive Stadium des westgrönländischen Tiefs vom 14. Februar 1962 (Vertiefungsdauer etwa 24 Stunden, rasche Okklusion). Aber es bedürfte natürlich einer statistischen Untersuchung vieler Fälle, um den angedeuteten Sachverhalt bezüglich Vertiefungsdauer als allgemeiner gültig zu erweisen.

Wenn die Nordseestürme vom 12. und 16. Februar 1962 — und damit die Sturmfluten — trotz der generellen Ähnlichkeit der beiden Sturmzyklonen verschieden ausfallen, so deshalb, weil im einzelnen eben doch wesentliche Unterschiede auftreten. Zum Trost des Wetterprognostikers, der gern nach Gedächtnisbildern arbeitet und hier die Duplizität so schön bestätigt sieht, muß sich so der Kummer gesellen, daß im einzelnen jeder Fall doch wieder neu und besonders ist. Aber diese Besonderheiten darzustellen, muß einer Arbeit vorbehalten bleiben, die sich mit dem Ablauf der Februar-Stürme in der Nordsee beschäftigt.

Für den Chronisten besonderer Ereignisse sei angefügt: In Stockholm wurde am 12. Februar 1962 (um 19 Uhr) mit *948,6 mb* fast der bisherige Tiefstwert des Luftdruckes eingestellt, der vor etwa hundert Jahren, am 20. Januar 1863, mit *948,1 mb* erreicht worden war. Im Stockholmer Schärenhof, bei Svenska Högarna, wurde am 12. Februar 1962, um 19 Uhr ein noch tieferer Wert gemessen, nämlich *947,3 mb*. Am 16. Februar 1962 (um 17.50 Uhr) wurde in Öregrund der Tiefstwert mit *948,6 mb* erreicht. Auffällig war, daß nur wenige Tage später ein etwa 100 mb höherer Luftdruck eintrat, nämlich *1048,3 mb* in Öregrund, *1048,1 mb* in Stockholm am 22. Februar 1962 (nach freundlicher Mitteilung von Dr. B. RODHE, Sveriges Meteorol. och Hydrogr. Institut, Stockholm).

In dieser Extremfolge „948-948-1048“ kommt zum Ausdruck, daß der Stockholmer Bereich zunächst die „Produkte“ des antizyklonalen nordatlantischen Aktionszentrums bekam und dann dieses selbst, entsprechend der in Abschnitt 12 behandelten Nordostverlagerung der Drucksteigtendenz, die zehn Tage vorher im Nordatlantik zu Druckwerten bis 1048 mb geführt hatte.