

DEUTSCHER WETTERDIENST

Seewetteramt

---

Einzelveröffentlichungen

Sonderheft

Zeichnen und Nutzung von Wetterkarten  
durch Seeleute

Deutsche Fassung der Technical Note No. 72  
(The preparation and use of weather maps by mariners)  
der Weltorganisation für Meteorologie, Genf



Hamburg  
1970



DEUTSCHER WETTERDIENST  
Seewetteramt

---

Einzelveröffentlichungen

Sonderheft

Zeichnen und Nutzung von Wetterkarten  
durch Seeleute

Deutsche Fassung der Technical Note No. 72  
(The preparation and use of weather maps by mariners)  
der Weltorganisation für Meteorologie, Genf



Hamburg  
1970

Wetteramt München  
Handbücher Nr. 5053



V o r w o r t

Auf ihrer zweiten Sitzung (Hamburg 1956) beriet die Kommission für Maritime Meteorologie (CMM) der Welt-Organisation für Meteorologie über das Bedürfnis nach einem Leitfaden für die Herstellung von Wetterkarten an Bord der Schiffe. Die Kommission übertrug die Angelegenheit der CMM-Arbeitsgruppe für organisatorische und betriebliche Fragen (Vorsitzender Commander C.E.N.Frankcom).

Auf Anregung des damaligen Präsidenten der CMM (Dr. H.Thomsen) beauftragte der Vorsitzende der Arbeitsgruppe Dr. M.Rodewald (Bundesrepublik Deutschland) damit, einen Textentwurf zur Beratung auf der dritten Sitzung der CMM vorzubereiten. Dieser sollte nach Ansicht der Kommission auf Unterlagen aufbauen, die schon von der Bundesrepublik Deutschland, dem Meteorologischen Institut der Niederlande, dem Meteorologischen Amt Großbritanniens und dem Wetterbüro der Vereinigten Staaten veröffentlicht wurden. Es wurde weiter festgestellt, daß der Text so kurz wie möglich sein und aus einer Reihe von einfachen Anweisungen bestehen sollte, die in angemessener Weise durch Karten zu illustrieren wären. Er sollte für Offiziere auf Handelsschiffen gut verständlich sein und sie befähigen, Wetterkarten zu entwerfen und die Wetterkarten auszuwerten, die von verschiedenen Meteorologischen Diensten in Funkwetterberichten für die Schifffahrt auf hoher See herausgegeben werden.

Bis zur dritten Sitzung der CMM (August 1960) hatte Dr. Rodewald beträchtliche Fortschritte erzielt. Die Kommission beschloß deshalb, eine Arbeitsgruppe einzurichten, die den ersten Entwurf überprüfen und die Endfassung ausarbeiten sollte. Die Arbeitsgruppe bestand aus Dr. Rodewald (Vorsitzender), Kapitän A.A. Fresco (Niederlande) und Kapitän R.E. Mottern (USA).

Der erste von dieser Arbeitsgruppe fertiggestellte Entwurf wurde den Mitgliedern der CMM zur Stellungnahme zugeleitet. Dies führte zur Vorbereitung des Abschlußentwurfes, der der vierten Sitzung der CMM (Genf 1964) vorgelegt wurde. Sie empfahl, den Text als Fachliche Mitteilung (Technical Note) in den vier offiziellen Sprachen der WMO zu veröffentlichen. Auf der 17. Sitzung des Exekutivausschusses (Genf 1965) wurde die Bedeutung dieser Veröffentlichung anerkannt und die Empfehlung der CMM gebilligt.

Hier wäre daran zu erinnern, daß das System freiwilliger Wettermeldungen von Schiffen ganz von der freundlichen Einstellung der Seeleute abhängt, die als Gegenleistung dafür entsprechende meteorologische Informationen zur Gewährleistung der Sicherheit und Wirtschaftlichkeit

der Schifffahrt erwarten dürfen. Diese Veröffentlichung wurde daher verfaßt in der Hoffnung, daß die Seeleute aus den von den maritimen meteorologischen Diensten herausgegebenen Wetterberichten erhöhten Nutzen ziehen können.

Ich freue mich, bei dieser Gelegenheit Dr. Rodewald und den anderen Mitgliedern der Arbeitsgruppe die Anerkennung der Welt-Organisation für Meteorologie aussprechen zu können für die Zeit und Mühe, die sie der Ausarbeitung der Fachlichen Mitteilung gewidmet haben. Gleichzeitig möchte ich, auch im Namen der Arbeitsgruppe selbst, allen an der Veröffentlichung Beteiligten für ihre Unterstützung danken, insbesondere Dr. H.Thomsen, Commander C.E.N.Frankcom, dem verstorbenen Herrn J.A. van Duijnen Montijn und den anderen Mitgliedern der CMM, die nützliche Anregungen zur Verbesserung des endgültigen Textes gaben.

gez.: D.A. Davies  
Generalsekretär

I n h a l t s v e r z e i c h n i s

Vorwort . . . . .	
Zusammenfassung . . . . .	
<u>Teil I: Das Zeichnen von Wetterkarten</u> . . . . .	1
1. Vorbemerkungen . . . . .	1
2. <u>Einführung in die Grundlagen des Wetterkarten-Zeichnens</u> . . . . .	2
2.1 Wetter-Information durch Beobachtungen an Bord eines einzelnen Schiffes . . . . .	2
2.2 Wetter-Information mit Hilfe der Beobachtung eines anderen Schiffes . . . . .	2
2.3 Die Zwei-Punkte-Skizze: die einfachste Form einer Wetterkarte . . . . .	3
2.4 Die Einrichtungen zur Erleichterung des Wetterkarten-Zeichnens auf See . . . . .	5
2.5 Kartenvordrucke zur Verwendung für Wetterberichte . . . . .	7
2.6 Das synoptische Prinzip . . . . .	7
2.7 Der Grundsatz des Gebrauchs von Zahlen und Symbolen in Wetterkarten . . . . .	8
2.8 Die beiden wesentlichen Grundsätze für die Konstruktion von Wetterkarten . . . . .	8
2.9 Wetterberichte für die Schifffahrt und der Internationale Analysenschlüssel . . . . .	9
3. <u>Die Beobachtungen in der Wetterkarte</u> . . . . .	12
3.1 Die Formen verschlüsselter Wettermeldungen . . . . .	12
3.2 Die Entschlüsselung der Wettermeldungen . . . . .	13
3.3 Das Stationsmodell für das Eintragen der Angaben . . . . .	15
3.4 Das Einzeichnen der Windrichtung und Windgeschwindigkeit . . . . .	16
3.5 Die Eintragung der Gesamtbedeckung mit Wolken . . . . .	17
3.6 Die Eintragung der Wettersymbole . . . . .	17
3.7 Die Eintragung von Luftdruck, Lufttemperatur und Sicht . . . . .	18
3.8 Die Eintragung der Richtung, Periode und Höhe der Wellen . . . . .	18
3.9 Zusätzliche Bemerkungen über die Eintragungen in Wetterkarten . . . . .	19
4. <u>Die Isobaren</u> . . . . .	20
4.1 Die Typen von Drucksystemen und die ihnen entsprechenden Windsysteme . . . . .	20
4.2 Die Schritte zwischen aufeinanderfolgenden Isobaren . . . . .	21
4.3 Interpolation und Extrapolation . . . . .	22
4.4 Die Geschwindigkeit und Richtung des Windes im Zusammenhang mit den Isobaren . . . . .	23
4.5 Zusätzliche Regeln zum Zeichnen der Isobaren . . . . .	23

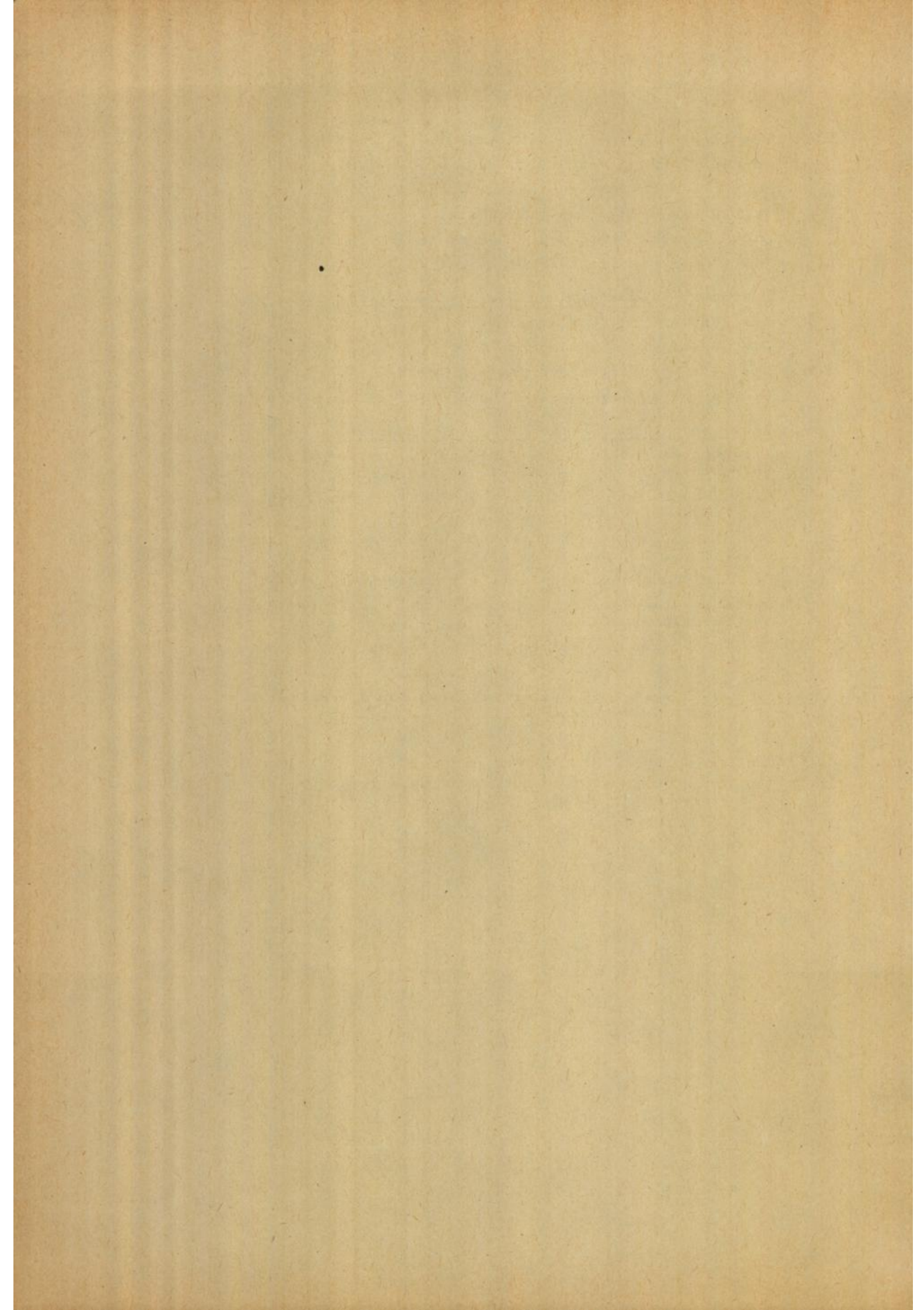
4.6	Verfeinerung des Isobarenbildes . . . . .	24
4.7	Das Zeichnen von Isobaren in der äquatorialen Zone . . . . .	24
4.8	Das Zeichnen von Isobaren in Küstengebieten und über Land . . . . .	25
4.9	Das Zeichnen der Isobaren um einen tropischen Wirbelsturm . . . . .	25
5.	<u>Fronten, Luftmassen und tropische Wettersysteme</u> . . . . .	26
5.1	Der Zusammenhang zwischen Fronten und Isobaren . . . . .	26
5.2	Die Fronttypen . . . . .	26
5.3	Die Beziehung zwischen Fronten und Isobarenverlauf . . . . .	27
5.4	Die Struktur der Fronten . . . . .	28
5.5	Die Entwicklung der Frontalzyklone . . . . .	29
5.6	Die Luftmassen . . . . .	29
5.7	Die Fronten in polaren Gebieten . . . . .	30
5.8	Die Fronten in subtropischen Breiten . . . . .	31
5.9	Die tropischen Wetter-Systeme . . . . .	32
	<u>Teil II: Die Nutzung von Wetterkarten durch Seeleute</u> . . . . .	35
6.	<u>Die Nutzung von Wetterkarten im Hafen</u> . . . . .	35
7.	<u>Die Nutzung von Wetterkarten in Küstengewässern</u> . . . . .	35
7.1	Der Gegensatz zwischen einem Schneesturm von Orkanstärke und einer schwachen bis mäßigen Brise bei Kap Farewell . . . . .	37
7.2	Unerwartete Stromversetzung in der Medalland-Bucht, Südostisland. . . . .	37
7.3	Küsteneffekt im Bereich des Mistrals (Mittelmeer) . . . . .	38
7.4	Die Starkwindzone auf See vor Steilküsten . . . . .	39
8.	<u>Die Nutzung von Wetterkarten auf freier See</u> . . . . .	40
8.1	Grundsätzliche Erfordernisse für die Nutzung von Wetterkarten . . . . .	40
8.2	Der klimatische Hintergrund jeder Wetterlage . . . . .	40
8.3	Die Verlagerung und Entwicklung des Wetters . . . . .	41
8.4	Die Typen der Großwetterlage . . . . .	43
8.5	Die Typen von Stürmen . . . . .	45
8.6	Allgemeine Vorhersage-Regeln . . . . .	47
	8.6.1 Die Regeln von der Erhaltungsneigung . . . . .	47
	8.6.2 Die Regel von Guilbert - Grossmann . . . . .	49
	8.6.3 Die Regel der verbindenden Isobaren . . . . .	50
9.	<u>Spezielle Vorhersage-Regeln</u> . . . . .	50
9.1	Die Wanderung und Entwicklung von Tiefdruckgebieten . . . . .	50
9.2	Die Wanderung tropischer Zyklonen . . . . .	52
9.3	Die Verlagerung und Entwicklung von Hochdruckgebieten . . . . .	53
9.4	Das Fortschreiten der Fronten . . . . .	53
9.5	Der Niederschlag an Fronten . . . . .	54

9.6	Die Steuerung von Drucksystemen . . . . .	54
9.7	Die Entwicklung von Stürmen . . . . .	56
9.7.1	Die Dreimasseneck-Lage . . . . .	57
9.7.2	Die Ostküsten-Zyklone . . . . .	57
9.7.3	Stromabwärts von einem neutralen Punkt . . . . .	57
9.7.4	Der postfrontale Trog . . . . .	58
10.	<u>Besondere Wettergefahren für die Schifffahrt</u> . . . . .	58
10.1	Die Vereisungsgefahr. . . . .	58
10.2	Die Gefahr dichten Nebels . . . . .	59
10.3	Die Gefahr schweren Sturmes (Orkans) . . . . .	60
10.4	Die Gefahr außergewöhnlich hoher Windsee und Dünung . . . . .	62
11.	<u>Einzelheiten zur Nutzung der Wetterkarten</u> . . . . .	63
11.1	Allgemeines zur Entnahme des Wetters aus der aktuellen Wetterkarte . . . . .	63
11.2	Die Abschätzung von Windrichtung und-geschwindigkeit aus der Bordwetterkarte . . . . .	63
11.3	Die Abschätzung von Windsee und Dünung nach der Bordwetter- karte . . . . .	65
11.4	Die Schätzung der Sicht nach der Bordwetterkarte . . . . .	66
11.5	Das Abschätzen des Niederschlages und der Wettertypen aus der Bordwetterkarte . . . . .	68
11.6	Die Vorhersage der Wetterverhältnisse auf See . . . . .	68
<u>Anhang I: Beispiel eines Wetterberichtes für die Schifffahrt nebst Wetterkarte . . . . .</u>		70

Abbildungen 1 bis 61 B

Karte: Ocean areas where the number of meteorological  
observations is inadequate

---

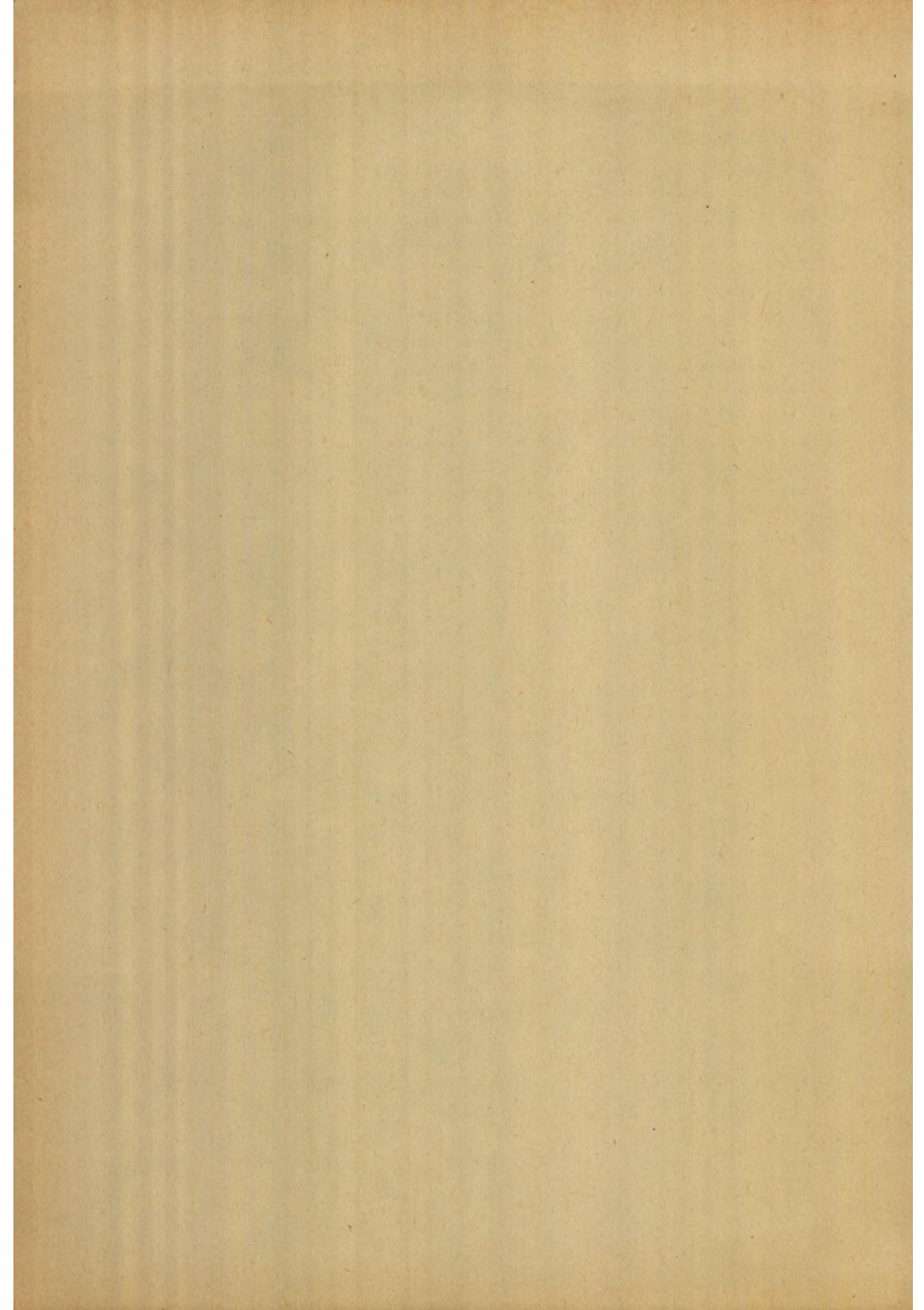


### Zusammenfassung

Diese Fachliche Mitteilung ist in Wirklichkeit ein praktisches Handbuch der Meteorologie, zugeschnitten auf die Bedürfnisse der Seeleute. Es stellt die verschiedenen Schritte heraus, die zur Konstruktion einer Wetterkarte führen und weist den Seemann in die Analysentechnik ein, damit er sich, falls eine sofortige Vorhersage nötig sein sollte, gegebenenfalls selbst helfen kann.

Teil I behandelt die Rolle der Schifffahrt bei der Sammlung meteorologischer Beobachtungen und erklärt die Art und Weise der Entschlüsselung, die Eintragungsmethode und das Zeichnen der Isobaren. Er enthält auch genügend eingehende Antworten auf Fragen über bestimmte Wettersysteme wie etwa Fronten in verschiedenen Klimagebieten.

Im Teil II werden die verschiedenen Möglichkeiten erläutert, wie Wetterkarten bei unterschiedlichen Lagen genutzt werden können; dabei wird eine Anzahl von Wetterlagen vorgéfhrt, die besonders gefährlich für die Schifffahrt sind, und es werden dazu einige einschlägige Vorhersageregeln gegeben.



Teil I: D A S Z E I C H N E N V O N W E T T E R K A R T E N

1. VORBEMERKUNGEN

Trotz aller Fortschritte, die im Schiffbau und in der Entwicklung neuer Navigationshilfen gemacht wurden, ist das Wetter - vor allem Sturm und schlechte Sicht - immer noch ein Faktor, mit dem der Seemann rechnen muß, da sich das Wetter auf See wie im Hafen auf Schiffsoperationen auswirkt. Eine an Bord des Schiffes gezeichnete Wetterkarte kann dem Kapitän unschätzbare Hilfe leisten, indem sie ihm Auskunft gibt über das herrschende und das künftige Wetter auf seinem geplanten Kurse.

Gegenstand dieses zweiteiligen Handbuches ist es, die Herstellung einer Wetterkarte an Bord eines Schiffes zu beschreiben (Teil I) und zusätzlich Hinweise für ihre Nutzung zu geben (Teil II). Dieser Leitfaden bringt - um ihn möglichst kurz zu halten - nur die Grundlagen über das Eintragen und die Analyse der Wetterkarten und ihren Gebrauch. Um die Ableitung der Regeln kennenzulernen und eine mehr ins einzelne gehende Beschreibung der dargestellten Verfahren zu erhalten, wäre es nötig, auf ein meteorologisches Lehrbuch zurückzugreifen.

Die meteorologischen Schlüsselformen, Schlüsseltabellen und Besonderheiten, die in den verschlüsselten meteorologischen Berichten für die Schifffahrt benutzt werden, sind in der WMO-Veröffentlichung Nr. 9, Band B und D enthalten. Außerdem sind sie in einigen, von den entsprechenden nationalen Diensten herausgegebenen Veröffentlichungen zusammengestellt. Das Nachschlagen dieser Schlüssel wird beim Lesen oder Gebrauch des Handbuches empfohlen. Die speziellen Schlüsselformen, auf die im Handbuch Bezug genommen wird, sind:

FM 11.D	SYNOP	(Bodenbeobachtung einer Landstation)
FM 21.D	SHIP	(Bodenbeobachtung eines Schiffes in voller Form)
FM 22.D	SHIP	(Bodenbeobachtung eines Schiffes in gekürzter Form)
FM 23.D	SHRED	(Bodenbeobachtung eines Schiffes in reduzierter Form)
FM 26.D	SPESH	(Spezielle Wettermeldung eines Schiffes)
FM 46.D	IAC FLEET	(Analyse in abgekürzter Form)
FM 61.D	MAFOR	(Vorhersage für die Schifffahrt)

Bemerkung: In einigen Zeichnungen und manchmal auch im Text werden die folgenden Abkürzungen gebraucht:

N.H. = Nordhalbkugel  
S.H. = Südhalbkugel.

## 2. EINFÜHRUNG IN DIE GRUNDLAGEN DES WETTERKARTEN-ZEICHNENS

### 2.1 Wetter-Information durch Beobachtungen an Bord eines einzelnen Schiffes

Früher, bevor es den Funkdienst gab, war der Kapitän eines Schiffes auf hoher See mit Wind und Wellen allein. Er hatte nur seine eigene Beobachtung, um daraus das Wetter längs des Schiffskurses im voraus zu beurteilen. Das Aussehen des Himmels, der Zug der hohen Wolken, das Rückdrehen oder Rechtdrehen des Windes, die barometrische Tendenz, eine Veränderung im Zustand der See, abnehmende oder zunehmende Sicht: all das gehörte zu den Beobachtungen, die ihm einen Hinweis darauf gaben, was sich während der nächsten 12 Stunden in etwa ereignen könnte. Auf Grund seiner persönlichen Erfahrungen in den verschiedenen See- und Ozeangebieten, durch Anwendung gewisser Regeln und das Studium dessen, was in Segelanweisungen und Handbücher über die vorherrschenden Wetterverhältnisse stand, war es dem Schiffsführer möglich, aus seinen Beobachtungen das Beste zu machen und vernünftige Schlüsse daraus zu ziehen. Alle älteren Regeln zur Sturm-Strategie beruhen auf einzelnen an Bord gewonnenen Wetterbeobachtungen oder einer Folge solcher Beobachtungen, und während sie in einigen Fällen gewiß von Nutzen waren, konnten sie in anderen enttäuschend sein.

### 2.2 Wetter-Information mit Hilfe der Beobachtung eines anderen Schiffes

Heute, im Zeitalter des Funkverkehrs, kann ein Schiff weit bessere Informationen über das gegenwärtige und kommende Wetter längs des beabsichtigten Schiffskurses erhalten. Wenn der Wind aufzufrischen beginnt, während die hohen Wolken dichter werden und der Druck anfängt zu fallen, so weiß der Kapitän, daß ein Tief, begleitet von schlechtem Wetter, sich der Schiffsposition nähert. Hat er nur seine eigene Beobachtung zur Verfügung, weiß er aber nicht, welche Intensität es haben mag, wo sich sein Zentrum befindet und welchen Weg es vielleicht einschlagen wird.

Wenn er mehr über den Charakter der Störung wüßte, würde er vielleicht den Kurs ändern und/oder die Geschwindigkeit vermindern. In anderen Fällen dagegen wäre es vielleicht nicht notwendig, zu solchen Vorsichtsmaßnahmen zu greifen. Die einfachste Methode, in einer solchen Situation Wetter-Informationen von "weit jenseits des Horizontes" zu erhalten, wäre die, ein anderes Schiff über Funk zu rufen und es um Angabe seiner Position, des herrschenden Wetters, des korrigierten Barometerstandes und der Windrichtung und -stärke zu bitten.

Gelegentlich kann eine einzige, auf diese Weise erhaltene Schiffsbeobachtung dem Kapitän helfen, mehr aus der Wetterlage zu folgern, als er es je allein aus seinen eigenen Beobachtungen könnte, mögen diese noch so sorgfältig ausgeführt und ausgewertet sein.

### 2.3 Die Zwei-Punkte-Skizze: die einfachste Form einer Wetterkarte

Selbst wenn nicht mehr als zwei Beobachtungen zur Verfügung stehen - die eigene und eine über Funk aufgenommene - , ist die Wetterlage besser zu verstehen, wenn sie bildlich dargestellt wird. Die beiden beobachtenden Schiffe mögen mehrere hundert Meilen voneinander entfernt sein. Welches Wetter herrscht zwischen ihnen? Die Antwort darauf wird leichter, wenn eine bildliche oder graphische Beziehung zwischen beiden Beobachtungen gefunden werden kann. Zwei Wetterbeobachtungen, auf zwei verschiedenen Positionen, aber (fast) zur gleichen Zeit ausgeführt, sind das Minimum für die Skizzierung einer groben Wetterkarte.

Abbildung 1 gibt ein Beispiel dafür, wie man eine solche Skizze macht. Sie geht auf ein wirkliches Vorkommnis gegen Ende Dezember 1950 zurück, einen Monat, der im südlichen Indischen Ozean zur Saison der tropischen Wirbelstürme gehört. Zwei Schiffe sind entlang der Ostküste Afrikas unterwegs, Schiff A fährt nach SSW, Schiff B nach Norden. Schiff B beobachtet ein Auffrischen des Windes aus Ost zu Süd, wobei Stärke 7 (30 Knoten) erreicht wird. Zur gleichen Zeit hat Schiff A eine nordwestliche Brise Stärke 4 (15 Knoten).

Wenn diese Beobachtungen zwischen beiden Schiffen über Funk ausgetauscht wären, hätte auf jedem von ihnen eine Wetterkarte skizziert werden können. Am wahrscheinlichsten wäre, daß diese Winde Teil einer zyklonalen Luftzirkulation sind, die auf der Südhemisphäre im Uhrzeigersinn verläuft (s. Abb. 1). Das Zentrum der Zyklone sollte sich zwischen den beiden Schiffen befinden, aber vielleicht etwas näher Schiff B wegen der hier höheren Windstärke.

Ein zweites Anzeichen für die Anwesenheit der Zyklone und die Lage ihres Zentrums würden die beobachteten Dünungswellen sein. Schiff B würde eine zunehmende nördliche Dünung feststellen, deren Richtung um mehr als  $90^{\circ}$  von der Windrichtung abweicht. Bei Schiff A würde eine zunehmende Dünung aus SW bis SSW auftreten, deren Richtung ebenfalls um mehr als  $90^{\circ}$  von der Windrichtung abweicht. Die nördliche Dünung muß durch heftige nördliche Winde angefacht sein, wie sie auf der Ostseite einer Zyklone auf der Südhemisphäre zu finden sind. Die südwestliche Dünung muß dagegen aus dem nordwestlichen Sektor des Zyklonen-Zentrums kommen, in dem südwestliche Winde wehen. Dies gibt einen weiteren Hinweis auf die Lage des Zyklonen-Zentrums, das in Abb. 1 durch  $\odot$  gekennzeichnet ist.

Da es wahrscheinlich ist, daß der Versuch zur Aufnahme der Funkverbindung nicht gemacht wurde, weiß weder Schiff A noch Schiff B etwas über die Wind- und Dünungsverhältnisse, die das andere Schiff antraf. Deshalb wissen sie auch beide nichts von der Nähe des Zyklonen-Zentrums, und sie fahren beide auf das Zentrum zu, um in die Gewalt eines schweren Hurrikans mit gefährlich hohen Seen zu geraten.

Ein meteorologischer Dienst an Land strahlte in diesem Falle über Funk die Lage von zwei Tiefdruckzentren aus (in der Abb.1 durch  $\otimes$  angezeigt), eines von 1003 mb bei  $10^{\circ}\text{S}$ ,  $42^{\circ}\text{E}$ , das andere von 1000 mb bei  $17^{\circ}\text{S}$ ,  $41^{\circ}\text{E}$ . In Wirklichkeit befand sich jedoch ein Zentrum von 975 mb etwa halben Wegs zwischen diesen beiden Positionen. Da der meteorologische Dienst an Land nicht eine einzige Schiffsmeldung erhielt, die auf die Existenz dieser Zyklone hinwies, so war er nicht imstande, die richtige Lage der Zyklone zur rechten Zeit zu übermitteln.

Wenn die beiden Schiffe A und B den gleichen Luftdruck zur Zeit der in Abb.1 dargestellten Beobachtungen hätten, dann würde die kreisförmige Verbindungslinie zwischen ihnen eine Isobare (= Linie gleichen Druckes) sein, etwa 1010 mb, wenn die korrigierten Barometerablesungen von A und B 1010 mb wären. Die Skizze der kreisförmigen Isobare zeigt so die zyklonale Luftbewegung (im Sinne des Uhrzeigers auf der Südhalbkugel) über das ganze Seegebiet zwischen den beiden Schiffen an. Obgleich der Kerndruck der Zyklone zu diesem Zeitpunkt unbekannt ist, sollte die zunehmende Dünung den Verdacht sehr hoher Windstärken um das Zentrum erwecken.

Ein weiteres Beispiel der "Zwei-Punkt-Wetterkarte" zeigt Abb.2. Schiff B, im Nordatlantik westwärts dampfend, hat stetigen Barometerfall erfahren. Gleichzeitig nahmen die südlichen Winde zu und erreichten Stärke 7 (30 Knoten). Der Kapitän des Schiffes B mag sich deshalb fragen: Liegt im Westen ein starkes Tief, begleitet von Südweststurm?

Nun möge das Schiff B eine Funkwettermeldung von Schiff A erhalten. Sie gibt einen frischen NNW Stärke 5 (20 Knoten) und dazu etwa denselben Druck von 1012 mb, den Schiff B zu dieser Zeit beobachtet. Daraus kann eine Skizze wie die der Abb.2 gemacht werden.

Offenbar liegt kein starkes Tief westlich Schiff B, sondern es scheint eine langgestreckte Furche tiefen Druckes zwischen den beiden Schiffen zu existieren, und die Winde wehen entlang dieser Furche in fast entgegengesetzter Richtung. (Die Furche ist in diesem Falle zwischen zwei großen Hochdruckgebieten, deren Kerne von 1035 mb bei Neuschottland und Südirland liegen).

Wenn die Skizze zutrifft, so wird Schiff B bei der Weiterfahrt nach Westen eine plötzliche Änderung des Windes auf nördliche Richtung bekommen, verbunden mit einem scharfen Fall der Lufttemperatur. Denn

Schiff B in der südlichen Luftströmung beobachtete  $17^{\circ}$ , während Schiff A in der nördlichen Luftströmung nur  $10^{\circ}$  meldete. Offenbar befindet sich eine Grenze gerade entlang der Achse der Tiefdruckfurche - eine Grenze, die die warmen Südwinde von den kalten Nordwinden trennt.

Solch eine Grenze zwischen deutlich verschiedenen Luftmassen wird als Front bezeichnet. Im Falle der Abb.2 ist diese Front - als Trennungslinie - wichtiger als die Isobaren (die Verbindungslinien sind).

Gewiß würde es möglich sein, nach den zwei Beobachtungen der Abb.2 noch eine kreisförmige oder elliptische Isobare zu ziehen, aber das würde die tatsächlichen Verhältnisse einer ziemlich plötzlichen Windänderung nicht erfassen. Es wird klar, daß eine einzige Beobachtung eines anderen Schiffes oder einige wenige Beobachtungen oft nicht ausreichen, den Kapitän ein zuverlässiges Bild der Wetterlage gewinnen zu lassen.

Wenn er darüber hinaus ein Urteil über die Wetterentwicklung während der nächsten 24 Stunden gewinnen möchte, so muß seine Wetterkarte viel ausgedehnter sein. Bei einem Schiff, das auf Westkurs liegt und 15 Knoten läuft, und bei Wettersystemen, die mit 30 Knoten ostwärts wandern, sollte eine Entfernung von mindestens 1000 Seemeilen ( $360 + 720 = 1.080$  sm) auf der Wetterkarte zu überprüfen sein.

#### 2.4 Die Einrichtungen zur Erleichterung des Wetterkarten-Zeichnens auf See

Normalerweise werden die Meldungen vieler, über ein weites Gebiet verteilter Schiffe benötigt, um eine zuverlässige Wetterkarte herzustellen. Es würde jedoch ein hoffnungsloses Unterfangen sein, wenn jeder Schiffsoffizier versuchen wollte, seine eigene Wetterkarte zu zeichnen, indem er sich von einer genügenden Zahl anderer Schiffe Meldungen besorgte. Statt dessen wurde eine vernünftige Regelung in folgender Weise getroffen:

- die Beobachterschiffe übermitteln ihre Wettermeldungen an eine Küstenfunkstelle;
- die Küstenfunkstellen geben diese Meldungen an bestimmte Sammelstellen weiter;
- alle so gesammelten Beobachtungen von Schiffen und Landstationen werden von Berufs-Meteorologen eines zentralen Wetterdienstes verwendet, um detaillierte Wetterkarten herzustellen;
- die zentralen Wetterdienste verbreiten über Funk Wetterberichte für die Schifffahrt;
- der Inhalt dieser Berichte ist derart, daß er an Bord leicht verwendet werden kann, um Wetterkarten zu entwerfen, ähnlich denen, die bei den Meteorologischen Diensten gezeichnet wurden.

Viele Schiffe wurden für den Wetterbeobachtungsdienst gewonnen (sie werden "ausgewählte", "Ergänzungs-" und "Hilfsschiffe" genannt), und jeder Seemann, der Beobachtungen gemacht und Meldungen abgegeben hat, kennt die Gründe für die Einführung internationaler Schlüssel zur Erleichterung des schnellen und allgemein verständlichen Austausches von Informationen. Auch die Beobachtungs-, Verschlüsselungs- und Meldeverfahren sind ihm bekannt.

Seeleute, die nicht in diesem Dienste stehen, mögen zu nationalen Anweisungen greifen, werden aber die Grundlagen des Entschlüsselns in diesem Handbuch finden.

Die Wetterberichte für die Schifffahrt - tägliche Ergebnisse der ständigen Zusammenarbeit zwischen beobachtenden Schiffen und auswertenden meteorologischen Ämtern - werden entweder im Klartext oder in verschlüsselter Form oder auf beide Arten verbreitet. Die verschlüsselten Angaben werden in erster Linie für das Zeichnen von Bordwetterkarten benutzt, wobei der Internationale Analysen-Schlüssel (IAC FLEET) die wichtigste Form der Materialsendung ist, um auf See eine Wetterkarte täglich oder mehrmals am Tage zu zeichnen.

Die Funkwetterberichte für die Schifffahrt enthalten von den einzelnen Schiffswettermeldungen nur jene, die als notwendige Ergänzung der verschlüsselten Analyse angesehen werden. Die Auswahl erfolgt nach ihrer Lage und Güte.

Zuverlässige Analysen können nur für die Seegebiete ausgeführt werden, von denen man eine gute Zahl von Beobachtungen - nach Raum wie nach Zeit - erhält. Nimmt die Zahl der Beobachtungen ab, so läßt im allgemeinen auch die Genauigkeit der synoptischen Analysen nach. In Seegebieten, in denen die Zahl der Beobachtungen sehr gering ist - von den Meteorologen als "sparse areas" (beobachtungsarme Gebiete) bezeichnet - ist jede Beobachtung besonders wertvoll. Schiffe, die in diesen Gebieten (siehe Anhang II) regelmäßig melden, liefern einen bedeutenden Beitrag zur Wettervorhersage.

Faksimile, eines der modernsten Mittel der Funksendung, liefert die Wetterkarten direkt an Bord und erspart so die Zeit für Entschlüsseln und Eintragen. Faksimile-Ausstrahlungen von Bodenanalysen und Vorhersagekarten Meteorologischer Dienste können für Kapitäne von Schiffen, die einen Faksimile-Empfänger (FAX) an Bord haben, sehr nützlich sein. Für meteorologisch interessierte Kapitäne kann diese Information in Verbindung mit den über Funk verbreiteten Wetterberichten und Vorhersagen besonders vorteilhaft sein. Auch die Unterrichtung über Eis und Seegang, die von einigen Ländern durch Ausstrahlung entsprechender Faksimile-Karten erfolgt, ist in manchen Seegebieten von bedeutendem Wert.

Ein sehr wichtiger Punkt ist dabei, daß die FAX-Karten das Bild der Wetterlage genauso wiedergeben, wie es der Meteorologe erstellte. Fehler, wie sie sich gelegentlich bei der Ver- und Entschlüsselung, der Ausstrahlung und Aufnahme der Schlüsselzahlen oder einer unvollkommenen "do-it-yourself" Wetterkarte an Bord ergeben können, werden durch die Faksimile-Technik ausgeschaltet.

Wenn ein Faksimile-Gerät an Bord ist, mag nur Teil II des Handbuches für den Nautiker wichtig erscheinen. Jedoch sollte er sich auch über Teil I gründlich unterrichten, weil dieser die Grundlage für das Zeichnen von Wetterkarten auf See ist, das bei Ausfall des FAX-Geräts notwendig würde.

## 2.5 Kartenvordrucke zur Verwendung für Wetterberichte

Einige Meteorologische Dienste liefern den Schiffen, die im Rahmen des regelmäßigen Wetterbeobachtungs- und Wettermeldedienstes mitarbeiten, Kartenvordrucke. Diese Karten sind für verschiedene Meeresgebiete und in verschiedenen Maßstäben vorhanden, aber gewöhnlich im Maßstab 1 : 20.000.000, weil dann die Größe 50 x 60 cm (20 x 24 Zoll) ausreicht, um einen ganzen Ozean und die angrenzenden Landgebiete zu überdecken. Sie werden durch die Hafendienstbeauftragten auf Anforderung ausgegeben (oder auch auf schriftliche Anforderung durch den Meteorologischen Dienst des betreffenden Landes) und sind im allgemeinen für Mitarbeiter im maritimen Beobachtungsdienst kostenlos, während Schiffe, die nicht am freiwilligen Beobachtungsdienst teilnehmen, diese Kartenvordrucke bezahlen müssen.

## 2.6 Das synoptische Prinzip

Die Atmosphäre besteht aus vielen miteinander in Beziehung stehenden Wettersystemen, die sich beständig verlagern und ihre Intensität ändern. Um ihre räumliche Verteilung zu erfassen und zu verstehen, ist es notwendig, den allgemeinen Zustand der Atmosphäre in einem gegebenen Augenblick in einer Karte darzustellen. Hierfür ist eine große Zahl von Wetterbeobachtungen erforderlich, die gleichzeitig in einem weiten Gebiet ausgeführt wurden. Werden diese Beobachtungen in eine besondere Karte eingetragen, so wird dies eine synoptische Karte. Um gleichzeitige Beobachtungen zu erhalten, wurden international "synoptische Termine" eingeführt. Die synoptischen Haupttermine sind auf der ganzen Erde 0000, 0600, 1200 und 1800 Uhr MGZ.

## 2.7 Der Grundsatz des Gebrauchs von Zahlen und Symbolen in Wetterkarten

Wettermeldungen werden in synoptische Karten aus den gleichen Gründen in Zahlen und Symbolen eingetragen, aus denen die Berichte in verschlüsselter Form ausgestrahlt werden - nämlich um Zeit und Platz zu sparen und um ein System zu besitzen, das unabhängig von sprachlichen Hindernissen ist. Das Eintragungsverfahren wird in Teil I, Kapitel 3 erläutert.

## 2.8 Die beiden wesentlichen Grundsätze für die Konstruktion von Wetterkarten

Eine Wetterkarte, die mit Beobachtungen in Form von Zahlen und Symbolen bedeckt ist, mag, bevor sie analysiert ist, sehr verwirrend aussehen. Die scheinbare Unordnung kann aber ganz leicht beseitigt werden, wenn die im folgenden beschriebenen Verfahren angewandt werden. Es gibt zwei verschiedene Methoden, um eine Wetterkarte zu analysieren: eine ist das Zeichnen von Isobaren (Isolinien, die Punkte oder Meldungen mit gleichem Luftdruck verbinden); die andere ist das Zeichnen von Fronten (Grenzen, die Luftmassen mit verschiedenen Merkmalen trennen).

Von den möglichen Arten von Isolinien, die auf einer Wetterkarte gezogen werden können (und das sind viele), eignen sich am besten die Isobaren für die Darstellung der Wetterlage. Die Isobaren kennzeichnen das Luftdruckfeld, indem sie die Gebiete mit höherem und niedrigerem Luftdruck aufzeigen. Diese Gebiete werden dementsprechend mit "Hoch" und "Tief" bezeichnet. Die Art des auftretenden Wetters hängt weitgehend von der Verteilung der Hoch- und Tiefdruckgebiete ab. Von größter Bedeutung für den Seemann ist jedoch die Tatsache, daß Richtung und Geschwindigkeit des Windes in enger Beziehung zur Richtung der Isobaren und zu ihrem Abstand stehen.

Die zweite wesentliche Methode um Wetterkarten zu konstruieren, besteht darin, daß Linien durch Punkte oder Gebiete gezogen werden, in denen Diskontinuitäten oder starke Änderungen in gewissen Wetterelementen zu sehen sind. Diese Linien trennen Luftmassen, die verschiedene Merkmale haben, z.B. kalte, trockene Luft von warmer, feuchter Luft. Luftmassen sind dadurch gekennzeichnet, daß in ihnen die Wetterelemente ziemlich einheitlich sind. Wenn jedoch zwei aneinander grenzende Luftmassen nur durch Änderungen in der Windrichtung zu unterscheiden sind, wie z.B. der Nordost- und der Südostpassat, die gegeneinander gerichtet sind, so wird die Grenze nur als Konvergenzlinie angesprochen. Wenn zwei Luftmassen durch ihre Temperaturen, oder richtiger durch ihre Taupunktwerte unterschieden werden können, so wird die Grenze zwischen ihnen als Front bezeichnet. Fronten oder besser Frontalzonen sind zugleich Konvergenzgebiete, die durch eine Änderung in der

Windrichtung und/oder Windgeschwindigkeit gekennzeichnet sind.

Bestimmte Wettererscheinungen sind eng mit Fronten verknüpft. Das Wetter ist so auch unterschiedlich je nach dem Frontentyp - Kaltfront, Warmfront oder Okklusion. Fronten stehen überdies in enger Beziehung zur Entwicklung und Bewegung von Tiefdruckgebieten.

Mittels der zwiefältigen Methode des Zeichnens von Isobaren und Fronten ergibt sich aus der Fülle der in einer Wetterkarte eingetragenen Beobachtungen ein klares Bild der Wetterlage. Die Konstruktion der Isobaren wird in Kapitel 4 besprochen, die Festlegung und Zeichnung der Fronten ist dem Kapitel 5 vorbehalten.

## 2.9. Wetterberichte für die Schifffahrt und der Internationale Analysenschlüssel

Wetterberichte für die Schifffahrt werden von bestimmten Funkstellen in regelmäßigen Abständen verbreitet. Einzelheiten über das Funkprogramm, Frequenzen und Inhalt sind in Veröffentlichungen der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) und in leicht erhältlichen Veröffentlichungen enthalten, die von den Seewetterämtern der maritimen Nationen der Welt herausgegeben wurden. Die Berichte enthalten im allgemeinen folgende Teile:

- Teil I - Sturmwarnungen in Textform
- Teil II - Überblick über die synoptische Wetterlage in Textform
- Teil III - Vorhersagen für bestimmte Gebiete in Textform
- Teil IV - Synoptische Wetterkartenanalyse nach dem abgekürzten Schlüssel für den Gebrauch in der Schifffahrt (IAC FLEET), WMO-Schlüssel FM 46.D
- Teil V - Meldungen ausgewählter Schiffe nach dem WMO-Schlüssel FM 21.D
- Teil VI - Wettermeldungen ausgewählter Landstationen nach dem WMO-Schlüssel FM 11.D

Die Teile I - III in Textform sind den meisten Seeleuten, die die Hochsee befahren, sehr vertraut. Die Teile IV - VI sind diejenigen, denen in diesem Handbuch etwas mehr Aufmerksamkeit gewidmet werden soll, weil sie dem Seefahrer eine mehr Einzelheiten enthaltende Information geben. (Siehe Anhang I mit dem Beispiel eines Wetterberichtes.)

Die Teile V und VI des Wetterberichtes werden gewöhnlich vor dem Teil IV übermittelt, weil die Meldungen selbst vor der Analyse verfügbar sind, die aus ihnen hergestellt wird. Eine Besprechung des

Teiles IV folgt. Sie ist wegen seiner relativen Einfachheit in dies einführende Kapitel aufgenommen worden. Im Kapitel 3 werden die Entschlüsselungen und Eintragungen der Teile V und VI behandelt.

Es ist möglich, ohne Eintragung der Teile V und VI durch Entschlüsselung und Eintragung des Teiles IV einen Überblick über die Lage der Hochdruckgebiete, Tiefdruckgebiete, Fronten und Isobaren zu erhalten. Dabei kann vorausgesetzt werden, daß die in Teil IV übermittelten Analysen von erfahrenen Meteorologen ausgeführt wurden, die wesentlich mehr Bodenbeobachtungen und andere Daten zur Verfügung hatten, als die wenigen Meldungen, die in den Teilen V und VI enthalten sind. Diese wenigen Meldungen sollten nach der Aufnahme eingezeichnet werden, um die einzutragende Analyse zu stützen und in Gebieten von besonderem Interesse auch zu verfeinern. Die Meldungen enthalten die herrschenden Wind- und Wetterverhältnisse, die aus der Analyse allein nur gegißt werden können.

Mit Bezug auf Teil IV des Beispiels eines Wetterberichtes im Anhang I (verschlüsselte Analyse nach IAC FLEET Schlüsselform FM 46.D) folgt nun eine Erklärung, wie die Daten zu entschlüsseln und einzutragen sind. Die Analyse ist in der Wetterkarte im Anhang I dargestellt. Die Gruppe 10001 bedeutet "Analyse folgt". Die Gruppe 65556 würde an Stelle von 10001 gebraucht werden, wenn dies eine Vorhersagekarte wäre. In der zweiten Gruppe 33388 gibt die Zahl 88 an, daß alle Positionen in dem Bericht in der Form  $QL_aL_aL_oL_o$  gegeben werden (Q = Erdoktant, danach Breite und Länge abgerundet auf ganze Grade). Die erste Ziffer 0 in der dritten Gruppe 01206 ist eine Kennzahl, während die Zahl 12 den Monatstag bedeutet und die folgende Zahl 06 angibt, daß die Analyse sich auf Beobachtungen des 06-Uhr-Termines MGZ stützt. Würde es sich um eine Vorhersagekarte handeln, so würde eine vierte Gruppe  $000G_pG_p$  benutzt werden, in der  $G_pG_p$  gleich der Zahl der Stunden ist, die zur Beobachtungszeit zu addieren ist, um die Zeit zu erhalten, für die die Prognosekarte gilt. 99900 ist eine Kenngruppe, die angibt, daß die Analyse (oder Prognose) der Drucksysteme folgt. Die nächsten fünf Zeilen enthalten Serien von drei Gruppen, wobei die erste Gruppe jeder Zeile mit der Ziffer 8 beginnt. Diese Schlüsselgruppen sind von der Form  $8P_tP_cPP \quad QL_aL_aL_oL_o \quad md_s d_s f_s f_s$ .

Bemerkung: Die Positionsgruppe  $QL_aL_aL_oL_o$  wird oft zweimal nach jeder Gruppe  $8P_tP_cPP$  gegeben.

Die Ziffer 8 ist eine Kennung und bedeutet, daß die Gruppen Einzelheiten über die Drucksysteme enthalten. In der ersten Gruppe 85631 bedeuten die Ziffern 5 (nach der Spezifizierung in der Tabelle für  $P_t$ ) und 6 (nach der Spezifizierung in der Tabelle für  $P_c$ ) "ein abschwächendes, aber nicht verschwindendes Hoch". Die beiden letzten Ziffern

der Gruppe sind 31. Sie geben den Druck im Kern dieses Hochs mit 1031 mb an. Die zweite Gruppe 05463 liefert die Position des Hochdruckkernes mit  $54^{\circ}\text{N}$   $63^{\circ}\text{W}$ . Die dritte Gruppe (wenn angegeben) ist die "Verlagerungsgruppe". Die erste Zahl gibt den Charakter der Fortbewegung an (verzögernd, beschleunigend usw.). In diesem Falle 0 = "Keine Spezifizierung". Die nächsten Zahlen bedeuten Richtung und Geschwindigkeit, mit der sich das Drucksystem verlagert, 0640 = "das System bewegt sich in Richtung  $60^{\circ}$  mit 40 Knoten".

Die Gruppen in den anderen Zeilen, die mit der Ziffer 8 beginnen, sind in der gleichen Weise zu behandeln. Die zweite Zeile gibt z.B. ein vertiefendes Tief von 994 mb (81394) auf  $41^{\circ}\text{N}$   $59^{\circ}\text{W}$  (04159) an, in Richtung  $360^{\circ}$  mit 30 Knoten (03630) ziehend.

99911 ist eine Kenngruppe, die anzeigt, daß die Analyse (oder Vorhersage) der Frontsysteme folgt. Eine Gruppe der Form  $66F_t F_i F_c$  und mehrere Positionsgruppen schließen sich an. Eine "Verlagerungsgruppe" nimmt die letzte Stelle ein. Dieser Teil des Berichtes ermöglicht es, die Fronten zu zeichnen. In der ersten Gruppe 66460 bedeuten  $F_t = 4$  und  $F_i = 6$  eine Kaltfront von mäßiger, aber zunehmender Intensität und  $F_c = 0$ , daß über den Character der Front keine besonderen Angaben gemacht werden.

Die folgenden Gruppen 02466 03060 03458 03857 04159 sind Positionsgruppen und geben die Punkte  $24^{\circ}\text{N}$ ,  $66^{\circ}\text{W}$  -  $30^{\circ}\text{N}$ ,  $60^{\circ}\text{W}$  -  $34^{\circ}\text{N}$ ,  $58^{\circ}\text{W}$  -  $38^{\circ}\text{N}$ ,  $57^{\circ}\text{W}$  -  $41^{\circ}\text{N}$ ,  $59^{\circ}\text{W}$  an. Die Lage der Front erhält man, indem man durch diese Punkte eine glatte Kurve zieht.

Die Verlagerung der Front wird gegeben durch die Gruppe 00715 = Verlagerung in Richtung  $70^{\circ}$  mit 15 Knoten. Für die anderen mit 66 beginnenden Gruppen ist das gleiche Verfahren anzuwenden.

99922 ist eine Kenngruppe, die angibt, daß die Analyse (oder Vorhersage) der Isobaren folgt. Diesen Gruppen von der Form 44 PPP folgen mehrere Positionsgruppen. Dieser Teil der Sendung gibt die Möglichkeit, einige ausgewählte Isobaren zu zeichnen. In der ersten Gruppe 44000 ist PPP = 000 und bedeutet, daß die folgenden Gruppen die Lage der 1000-mb-Isobare (3859 =  $38^{\circ}\text{N}$ ,  $59^{\circ}\text{W}$ , usw.) angeben. Bei den Isobaren 1000 mb oder höher wird die Tausender-Ziffer nach der Kennzahl 44 weggelassen. Beendet wird die Sendung durch die Kenngruppe 19191. Bemerkung: (a) In dem Wetterkartenbeispiel sind die ausgewählten Isobaren (Gruppen 44 PPP) durch dickere Linien hervorgehoben. Die jeweiligen Positionen sind durch Druckwerte an diesen Stellen gekennzeichnet. Es wird empfohlen, alle Daten der Teile IV, V, VI (Analyse, Schiffswettermeldungen, Stationswettermeldungen) vor dem Zeichnen der Isobaren einzutragen. Einzelheiten der im Anhang I gezeigten Wetterkarte sollte man erst studieren, wenn man die restlichen Kapitel des

Teiles I dieses Buches gelesen hat. Die Wetterkarte vom 12. Februar 1962, 0600 MGZ wurde ausgewählt, weil sie eine große Manigfaltigkeit der Wettererscheinungen und der Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten zusammen mit einem weiten Bereich der Druckwerte aufweist. Auf der anderen Seite gibt die Karte ein großräumig einfaches Bild der Isobaren, Luftströmungen und Fronten. Außerdem ist es eine Karte aus einer historischen Wetterperiode (siehe Anhang I).

(b) Siehe unter Abschnitt 5.9 (Tropische Wetter-Systeme) die Erklärung für das Entschlüsseln einer Analyse tropischer Störungen in einer IAC FLEET-Sendung.

(c) Bei weiterer Betrachtung des IAC FLEET-Schlüssels (FM 46.D) wird man einen Abschnitt für Wellen- und Temperaturangaben finden. Damit ist es möglich, die Richtung und Periode von Wellen in ausgewählten Positionen anzugeben. Dies kann entweder in einer IAC FLEET-Analysen- oder auch Vorhersagesendung erfolgen.

### 3. DIE BEOBACHTUNGEN IN DER WETTERKARTE

Die Beobachtungsverfahren sind im einzelnen in den "Anleitungen zum Anstellen und Verschlüsseln von Wetterbeobachtungen an Bord von Schiffen" erläutert, die von den Meteorologischen Diensten der maritimen Länder herausgegeben werden. Die Methoden zur Ausführung, Verschlüsselung und Meldung der Beobachtungen werden deshalb in dieser Fachlichen Mitteilung nicht besprochen.

#### 3.1 Die Formen verschlüsselter Wettermeldungen

Wettermeldungen von Schiffen auf See (Ozean-Wetterschiffe ausgenommen) werden nach einem von mehreren WMO-Schlüsseln wie folgt verschlüsselt:

FM 21. D Bodenwettermeldungen von Schiffen in voller Form unter Voransetzen des Wortes "SHIP" - zur Benutzung durch Schiffe, die mit einem vollständigen Satz geprüfter meteorologischer Instrumente ausgerüstet sind.

FM 22. D Bodenwettermeldungen von Schiffen in abgekürzter Form unter Voransetzen des Wortes "SHIP" - zur Benutzung durch Schiffe, die nicht mit einem vollständigen Satz meteorologischer Instrumente ausgerüstet sind.

FM 23. D Bodenwettermeldungen von Schiffen in reduzierter Form unter Voransetzen des Wortes "SHRED" - zur Benutzung durch Schiffe, die nicht mit geprüften amtlichen Instrumenten ausgerüstet sind.

Alle Schiffswettermeldungen - ganz gleich, welcher Schlüssel benutzt wird - sind wertvoll, besonders diejenigen aus den beobachtungsarmen Gebieten. Das sind die Meeresgebiete, die von den gewöhnlichen Schifffahrtslinien weit entfernt sind und in denen die Anzahl der Schiffe, die Wettermeldungen absetzen könnten, außerordentlich gering ist. In den Wetterfunkausstrahlungen für die Schifffahrt enthält die Auswahl der Schiffswettermeldungen im allgemeinen nur die ersten 6 Gruppen des vollen Schlüssels, FM 21. D. Manchmal werden auch eine oder mehrere Wellengruppen gegeben. In den ersten 6 Gruppen des Schiffs-Schlüssels werden die folgenden Symbole benutzt:

99L<sub>a</sub>L<sub>a</sub>L<sub>a</sub> Q<sub>c</sub>L<sub>o</sub>L<sub>o</sub>L<sub>o</sub>L<sub>o</sub> YYGGi<sub>w</sub> Nddff VVwwW PPPTT

Die Symbole für die Wellengruppen sind  $3P_w P_w H_w H_w$   $d_w d_w P_w H_w H_w$ , wobei 3 die Kennung für diese Gruppen ist. Die Auswahl der Meldungen von Landstationen in den Wetterfunkausstrahlungen für die Schifffahrt umfaßt nur die ersten vier Gruppen nach dem Schlüssel für Landstationen, FM 11.D. Sie werden durch folgende Symbole ausgedrückt:

(II)iii Nddff VVwwW PPPTT

Die erste Gruppe des Schlüssels für Landstationen kennzeichnet das Land und die Station. Eine Auswahl dieser Kennziffern ist auf den Wetterkarten an den entsprechenden Stellen eingedruckt. Weil Schiffe bewegliche Stationen mit wechselnder Position sind, geben die beiden ersten Gruppen des Schiffschlüssels die Position des Schiffes zur Beobachtungszeit und die dritte Gruppe die Beobachtungszeit selbst an. Die nächsten drei Gruppen, die diesen Positionsgruppen folgen, sind im Schlüssel für Schiffs- und Landstationen identisch (der SHRED-Schlüssel weicht nur geringfügig in bezug auf PPP ab, (s. Abschnitt 3.7) ):

	Nddff	VVwwW	PPPTT
Landstation	2.	3.	4. Gruppe
Schiff	4.	5.	6. Gruppe

Wetterstationen, die in Funkausstrahlungen für die Schifffahrt enthalten sind, sind in der Veröffentlichung No.9. TP.4, Band D, "Information for Shipping" der Weltorganisation für Meteorologie und in besonderen Veröffentlichungen der einzelnen maritimen Länder aufgeführt.

### 3. 2 Die Entschlüsselung der Wettermeldungen

Die in der Funkausstrahlung gegebenen Schiffswettermeldungen müssen vor dem Eintragen entschlüsselt werden. Ein Beispiel für eine Meldung ist nachstehend aufgeführt:

SHIP

99424 70662 06123 41418 94105 11217 30602  
 99LaLaLa QcLoLoLoLo YYGGi<sub>w</sub> Nddff VVww PPPTT 3P<sub>w</sub>P<sub>w</sub>H<sub>w</sub>H<sub>w</sub>  
 Gruppe 1 2 3 4 5 6 Wellengruppe

Entschlüsselung

Gruppe	Schlüssel	Ziffern	Bedeutung
1	99	99	Kennung für Schiffsmeldung
	L <sub>a</sub> L <sub>a</sub> L <sub>a</sub>	424	Breite 42,4° N
2	Q <sub>c</sub>	7	Erdquadrant N.Hemisphäre 0-180° W
	L <sub>o</sub> L <sub>o</sub> L <sub>o</sub> L <sub>o</sub>	0662	Länge 66,2° W
3	YY	06	Monatstag 6. d.Monats
	GG	12	Beobachtungszeit 12 Uhr MGZ
	i <sub>w</sub>	3	Index für Windbestimmung Schätzung, Angabe in kn
4	N	4	Gesamtbedeckung mit Wolken 4 Achtel des Himmels
	dd	14	Windrichtung Wind aus 140°
	ff	18	Windgeschwindigkeit 18 Knoten
5	VV	94	Sicht 1 km
	ww	10	augenblickliches Wetter Dunst
	W	5	vergangenes Wetter Nieseln
6	PPP	112	Luftdruck 1011,2 Millibar
	TT	17	Lufttemperatur 17° C
Wellen- gruppe	3	3	Kennziffer Wellengruppe
	P <sub>w</sub> P <sub>w</sub>	06	Periode der Wellen Windsee 6 Sekunden
	H <sub>w</sub> H <sub>w</sub>	02	Höhe der Wellen 1 Meter

So wurde in den 7 Gruppen von je 5 Ziffern eine große Menge von Informationen zusammengedrängt. Durch Verwendung einer gut verteilten Auswahl von etwa 25 Schiffswettermeldungen können die Wetterbedingungen über einem großen Teil des Ozeans dargestellt werden.

### 3.3 Das Stationsmodell für das Eintragen der Angaben

Alle Angaben in der Schiffswettermeldung, die in Abschnitt 3.2 erwähnt wurden, können auf engem Raum in der Wetterkarte eingetragen werden. Ein auf der richtigen Position gezeichneter "Stationskreis" - in dem Beispiel bei  $42,4^{\circ}\text{N}$  und  $66,2^{\circ}\text{W}$  - ist der erste Schritt der Eintragung. Dieser kleine Kreis stellt den sichtbaren Himmel am Schiffsort dar. In ihn wird ein Symbol eingetragen, das die Gesamtbedeckung mit Wolken angibt, wie sie unter N in der 4. Gruppe gegeben ist. In diesem Beispiel ist  $N = 4$ . Das bedeutet, daß  $\frac{1}{4}$  Achtel (die Hälfte) des Himmelsgewölbes mit Wolken bedeckt sind. Dies wird so eingetragen: ● Da das Innere des Stationskreises für die Gesamtbedeckung (N) reserviert ist, werden alle übrigen in der Meldung enthaltenen Angaben um ihn herum angeordnet. Die Anordnung der Eintragungen folgt einem festen Modell, um Fehler bezüglich der Bedeutung der Zahlen und Symbole zu vermeiden. Der Stationskreis mit der vorgeschriebenen Anordnung der Daten wird "Stationsmodell" genannt. Ein Stationsmodell mit Eintragungen, die der in Abschnitt 3.2 erwähnten Schiffswettermeldung entsprechen, ist in Abb. 3 (oberer Teil) dargestellt.

Diese Eintragungen werden folgendermaßen gemacht:

- Die letzten drei Ziffern des Luftdrucks in Millibar und Zehntelmillibar (verschlüsselt als PPP) werden oben rechts vom Stationskreis eingetragen.
- Das Symbol für das vergangene Wetter (Witterungsverlauf W) wird unten rechts eingetragen.
- Die Zahlen für die Lufttemperatur (TT) werden links oben eingetragen.
- Das Symbol für das herrschende Wetter (ww) wird direkt links neben den Stationskreis gesetzt.
- Die Schlüsselzahl für die Sicht (VV) wird links neben das Symbol für das herrschende Wetter gesetzt.
- Eine Wellenlinie - mit einer Pfeilspitze - zeigt die Richtung an ( $d_w d_w$ ), aus der die Wellen kommen, während die Werte für die Wellenperiode ( $P_w$  oder  $P_w P_w$ ) und die Wellenhöhe ( $H_w H_w$ ) getrennt durch einen Schrägstrich unter dem Stationskreis eingetragen werden. Die Werte einer zweiten Wellengruppe, wenn gemeldet, sollten direkt unter denen für die erste Wellengruppe vermerkt werden.
- Der vom Stationskreis ausgehende Strich oder Pfeilschaft gibt die Windrichtung (dd) an. Der Kopf des Pfeiles wird durch den

Stationskreis selbst dargestellt. Die eingetragene Lage des Pfeilschaftes variiert daher mit der Richtung des gemeldeten Windes.

- Die Windgeschwindigkeit (ff) wird durch die Anzahl der Fiedern am Ende des Windrichtungspfeiles angegeben.

Das Stationsmodell, das bei den Meteorologischen Diensten an Land benutzt wird, enthält mehr Angaben als das angeführte Modell (Wolkenarten, Luftdruckänderung, Taupunkt usw.).

Bemerkung: Die Stationsmodelle für die Nord- und Südhalbkugel sind gleich mit Ausnahme der Fiedern für die Windgeschwindigkeit, die nach der anderen Seite des Pfeilschaftes gezeichnet werden. Siehe das 2. Beispiel in Abb. 3 für die Südhemisphäre (S.H.); siehe auch den nächsten Abschnitt 3.4.

### 3.4 Das Einzeichnen der Windrichtung und Windgeschwindigkeit

Zur Darstellung der Windrichtung wird ein Pfeil eingezeichnet. Er fliegt mit dem Winde, d.h., wenn Südostwind herrscht (Wind aus Südosten), zeigt der Stationskreis, der die Pfeilspitze darstellt, nach Nordwesten und das Ende des Pfeiles nach Südosten. Beim Zeichnen des Windpfeiles wird die Spitze fortgelassen und gewöhnlich nur der Schaft gezeichnet, der vom Stationskreis ausgehend in der Richtung eingetragen wird, aus der der Wind weht. In den Wettermeldungen wird die Windrichtung in Zehner-Graden angegeben; Südost ist  $135^{\circ}$ , was mit 14 (ebenso wie alle Richtungen von  $135^{\circ}$  bis  $144^{\circ}$ ) verschlüsselt wird. In Abb. 4 ist die Windrose mit den Windrichtungen (dd), wie sie den Schlüsselzahlen 01 bis 36 entsprechen, als Anordnung um den Stationskreis dargestellt.

Die Windgeschwindigkeit (ff) wird durch Fiedern und Wimpel angegeben, die am Schaft des Windrichtungspfeiles angebracht werden. Eine ganze Fieder am Windrichtungspfeil bedeutet eine Windgeschwindigkeit von 10 Knoten, eine halbe Fieder eine solche von 5 Knoten. Eine Windgeschwindigkeit von 17 Knoten wird daher mit einer ganzen und einer halben Fieder, eine solche von 18 Knoten mit 2 ganzen Fiedern eingetragen. Beim Eintragen einer Windgeschwindigkeit von 64 Knoten stellt ein ausgefüllter Wimpel (Dreieck) 50 Knoten dar. Die verbleibenden 14 Knoten werden durch eine zusätzliche ganze und halbe Fieder angezeigt. Für Winde, deren Windgeschwindigkeit unter 3 Knoten liegt, wird keine Fieder eingezeichnet. Wenn eine halbe Fieder und eine oder mehrere ganze Fiedern (oder ein Wimpel) gleichzeitig am Pfeilschaft anzu bringen sind, so ist die halbe Fieder dem Stationskreis am nächsten einzuzeichnen.

Symbole für die Windgeschwindigkeit sind für die Spanne 00 bis 70 Knoten in der Abb.5 dargestellt. Wenn Windstille gemeldet ist (ddff = 0000), so wird um den Stationskreis ein zweiter Kreis gelegt.

In den Wetterkarten für die Nordhemisphäre sind die Fiedern und Wimpel nach der linken Seite des Pfeilschaftes zu zeichnen, wenn man in Richtung des Stationskreises blickt. Auf Karten für die Südhalbkugel werden sie an der rechten Seite des Schaftes angebracht. Auf diese Weise liegen die Fiedern immer auf der Seite des tieferen Druckes vom Pfeilschaft aus.

### 3.5 Die Eintragung der Gesamtbedeckung mit Wolken

Die Symbole für die Gesamtbedeckung des Himmels mit Wolken nach Achteln, die in den Stationskreis einzutragen sind, sind in der Abb.6 dargestellt. Zur Vereinfachung ist auf der rechten Seite der Abbildung noch eine abgekürzte Symboltafel aufgeführt.

### 3.6 Die Eintragung der Wettersymbole

Die vollständige Tafel der Symbole für die Eintragung des herrschenden Wetters (ww) ist im Anhang E der Fachlichen Vorschriften (Technical Regulations) der WMO aufgeführt. Eine einfache, stark verkürzte Liste der Symbole für das herrschende Wetter, die den praktischen Erfordernissen an Bord der Schiffe genügt, ist in der Abb.7 zusammengestellt. Entsprechend der Auswahl der ww-Symbole aus diesem abgekürzten Modell werden alle ww-Zahlen der 40-er Dekade als Nebel, alle der 50-er Dekade als Nieseln, alle der 60-er Dekade als Regen usw. eingetragen. Jede ww-Eintragung hat links vom Stationskreis zu erfolgen.

Falls die in Abb.7 gegebene Liste der Symbole zu dürftig erscheint, um die Wetterverhältnisse in angemessener Weise zu beschreiben, kann statt dessen die abgekürzte Liste der Abb.8 benutzt werden.

Die Wettersymbole geben eine mehr oder weniger bildhafte Darstellung des Wetters. Eine in irgendeinem Wetterbericht in Textform gegebene Wetterinformation kann in der gleichen Weise wie die verschlüsselten ww-Zahlen durch Symbole dargestellt werden. So kann z.B. für Wetter mit Schneefall eine Schneeflocke \*, für Regenwetter der Regentropfen • benutzt werden, und so fort.

Beim Eintragen des vergangenen Wetters (Witterungsverlauf W) werden für W = 4 bis 9 die Symbole benutzt, wie sie in der Abb.7 für die Dekaden 40 bis 90 aufgeführt sind. Dabei ist jedoch nicht zu vergessen, daß W unten rechts vom Stationskreis einzutragen ist. Da W den sechsstündigen Zeitraum seit dem letzten synoptischen Termin überdeckt, gibt es zusammen mit dem herrschenden Wetter (ww) eine vollständigere Information, als ww allein geben könnte.

### 3.7 Die Eintragung von Luftdruck, Lufttemperatur und Sicht

Der gemeldete Luftdruck (PPP), der rechts oben vom Stationskreis einzuzeichnen ist, wird so eingetragen, wie er empfangen wurde.

PPP = 138 bedeutet: 1013,8 Millibar

PPP = 762 bedeutet: 976,2 Millibar

In Meldungen von Schiffen, die nach dem SHRED-Schlüssel arbeiten, wird der Druck als PPx gegeben. Wenn dies eingezeichnet wird, sollte das x als dritte Ziffer eingetragen werden. Schiffe, deren Barometer infolge schwerer See zu stark pumpen, so daß eine geneue Ablesung nicht möglich ist, können gegebenenfalls die dritte Ziffer auch durch x ersetzen. Die Eintragung sollte dann auch z.B. als 13x, 76x usw. erscheinen.

Die Lufttemperatur (TT) steht links oben vom Stationskreis. Entsprechend der internationalen Regelung soll die Celsius-Temperaturscala benutzt werden.

Wenn die Celsius-Temperatur unter 0°C (unter dem Gefrierpunkt) ist, ist beim Verschlüsseln, unter Vernachlässigung des Vorzeichens, 50 zur Temperatur zu addieren. Dementsprechend muß beim Entschlüsseln von TT-Werten zwischen 50 und 99 wieder 50 subtrahiert werden, z.B.:

TT = 53 : entschlüsselt - 3°C

TT = 61 : entschlüsselt - 11°C

Die Eintragung in die Wetterkarte wird dann -3 bzw. -11 sein.

Bei der Sicht werden die Schlüsselzahlen, die VV bezeichnen, direkt links von dem Symbol für das herrschende Wetter eingetragen. In einigen Meeresgebieten ist gute Sicht so allgemein, daß das Eintragen der höheren Werte für VV als Zeitverschwendung betrachtet werden kann. Da jedoch schlechtere Sicht (VV = 96 oder weniger) ein wichtiger, sich auf die Sicherheit der Navigation auswirkender Faktor sein kann, sollten alle Meldungen mit verminderter Sicht (VV = 90 - 96) eingetragen werden.

### 3.8 Die Eintragung der Richtung, Periode und Höhe der Wellen

Unmittelbar unter dem Stationskreis wird eine Wellenlinie mit einer Pfeilspitze eingezeichnet, um die Richtung ( $d_w d_w$ ) anzugeben, aus der die Wellen kommen. Bei der Gruppe für Windsee  $3P_w P_w H_w H_w$  ist die Wellenrichtung gleich der herrschenden Windrichtung. Die Zahlen für die Periode ( $P_w P_w$  oder  $P_w$ ) und die Höhe ( $H_w H_w$ ) der Wellen werden, getrennt durch einen Schrägstrich, rechts vom Pfeil eingetragen (z.B. 6/1 Periode 6 Sekunden, Wellenhöhe 1 m). Wird mehr als eine Wellengruppe gemeldet, so beschreibt die erste Wellengruppe die Wellen, die durch den

Wind in der Nachbarschaft des beobachtenden Schiffes aufgeworfen werden (Windsee). Die folgenden Wellengruppen beschreiben weitere Wellenzüge, die durch Winde in anderen Seegebieten entstanden sind (Dünungswellen).

### 3.9 Zusätzliche Bemerkungen über die Eintragungen in Wetterkarten

Das vollständige Stationsmodell für Schiffswettermeldungen nach dem Schlüssel FM 21. D gibt die Möglichkeit, alle in 11 Gruppen enthaltenen Angaben einzutragen.

Obgleich es normalerweise einem Schiffsoffizier nicht möglich sein wird, alle Informationen, die er erhält, einzutragen und zu benutzen, so kann er doch andererseits gewiß sein, daß die Meteorologischen Dienste der meisten Länder, die seine Meldungen erhalten, von diesen vollen Gebrauch machen und sie vollständig auswerten. Von den Meteorologischen Diensten an Land werden geeignete Symbole benutzt, um Wolkenarten, Witterungsverlauf, Wolkenmenge und Charakteristik der Luftdrucktendenz einzutragen und so eine vollständige Wiedergabe jeder einzelnen Meldung in der Wetterkarte zu erhalten.

Auf weitere Einzelheiten dieser berufsmäßigen meteorologischen Arbeit sei hier nicht eingegangen. Es erscheint nützlicher, noch folgende Bemerkungen über die praktische Eintragungsarbeit auf See zu machen.

- Die Reihenfolge der Eintragung sollte soweit wie möglich derjenigen folgen, die die in der Meldung enthaltenen Elemente haben.
- Datum und Uhrzeit der Beobachtungen sind auf der Karte einzutragen.
- Zeichne den Stationskreis für die Schiffsmeldung in der richtigen Position.
- Trage das "N" entsprechende Symbol in den Stationskreis ein, um die Gesamtbedeckung darzustellen.
- Zeichne den Pfeil für die Windrichtung und Windgeschwindigkeit vom Stationskreis aus und berücksichtige dabei die Änderung, die in der wahren Richtung von einem Punkt zum anderen durch die von der Mercator-Projektion eventuell abweichende Kartenprojektion verursacht werden kann. Das Wimpel-Symbol für die Windgeschwindigkeit von 50 Knoten sollte groß genug gezeichnet werden, damit es nicht mit der einfachen Fieder, die 10 Knoten bedeutet, verwechselt werden kann.
- Darauf trage entweder die Wettergruppe VVwwW oder die Druckgruppe PPPTT zuerst ein, der dann die andere Gruppe mit den Eintragungen an den im Stationsmodell vorgesehenen Stellen folgt.

- Die Wellengruppen  $3P_w P_w H_w H_w$   $d_w d_w P_w H_w H_w$  (Windsee und Dünung) werden, falls gegeben, zuletzt eingetragen.

Dies schließt die Eintragung einer einzelnen Meldung ab. Wenn dies sauber ausgeführt ist, können die wichtigsten Punkte zur Unterrichtung über das Wetter leicht herausgelesen werden. Nach kurzer Übungszeit können 20 oder mehr Meldungen in relativ kurzer Zeit eingetragen werden.

#### 4. D I E I S O B A R E N

Die Isobaren in einer Wetterkarte können mit den Höhenlinien in einer topographischen Karte verglichen werden. In dieser machen die Linien Höhen, Täler sowie steile und flache Hänge zwischen ihnen kenntlich. Dabei ist jede Höhenlinie eine geschlossene Kurve. Ebenso würde jede Isobare - wenn die Wetterkarte die ganze Erde überdecken würde - eine geschlossene Kurve sein.

##### 4.1 Die Typen von Drucksystemen und die ihnen entsprechenden Windsysteme

Es gibt gewisse typische Isobarenmuster, die einige charakteristische Typen von Drucksystemen kennzeichnen. Ein Überblick über die verschiedenen Typen ist für die Nord- und Südhemisphäre in Abb.9 gegeben. Die Pfeile zeigen die mit diesen Drucksystemen verbundenen Windrichtungen an. Die Richtung der Winde ist über der freien See beinahe parallel zu den Isobaren und sie bildet mit diesen nur einen kleinen Einstromungswinkel zum tieferen Druck hin.

Auf der Nordhalbkugel weht der Wind im Uhrzeigersinne um die Zentren der Hochdruckgebiete und im Gegen-Zeigersinne um die Zentren der Tiefdruckgebiete. Auf der Südhalbkugel ist es umgekehrt.

Die Grundtypen der Drucksysteme sind:

- (a) das Hoch (Abkürzung: H), auch Antizyklone genannt,
- (b) das Tief (Abkürzung: T), auch Zyklone oder Depression genannt.

Sie sind gekennzeichnet durch geschlossene Isobaren rund um ein zentrales Gebiet von (a) höchstem, (b) tiefstem Druck im Vergleich mit dem Druck in der Umgebung ringsum.

Die wichtigsten Untertypen von (a) und (b) sind:

- (aa) der Keil (hohen Druckes),
- (bb) der Ausläufer (tiefen Druckes).

Dies sind Isobarenausbuchtungen von (a) bzw. (b), die sich aus der nicht-kreisförmigen Gestalt der meisten Hoch- und Tiefdrucksysteme er-

geben. Sie werden durch langgestreckte Isobaren um eine zentrale Achse (aa) relativ hohen Druckes und (bb) relativ niedrigen gebildet, haben aber keine geschlossenen Isobaren.

Die Bildung eines Hochs mit geschlossenen Isobaren - auch Antizyklogeneese genannt - kann in einem Keil stattfinden; die Bildung eines Tiefs mit geschlossenen Isobaren - auch Zyklogeneese genannt - kann auf ähnliche Weise in einem Ausläufer vorkommen. So ergeben sich zwei weitere Untertypen:

- (aaa) das Teilhoch,
- (bbb) das Teiltief.

Verglichen mit den hauptsächlichen Druckzentren (a) und (b) sind die Teilzentren (aaa) und (bbb) durch die geringere Ausdehnung der geschlossenen Isobaren gekennzeichnet. Häufiger und wichtiger sind hierbei die Teiltiefs.

Wenn ein Hoch- oder Tiefdrucksystem mit mehreren Zentren vorhanden ist, von denen aber keines als Hauptzentrum anzusprechen ist, sprechen wir von

- (aaaa) einem komplexen Hoch,
- (bbbb) einem komplexen Tief.

Neben diesen Hoch- und Tiefdruck-Typen können wir noch einige Typen unterscheiden, die weder zu den H- noch zu den T-Typen gehören:

- (c) Der Sattel ist ein Gebiet zwischen zwei Hochdruckgebieten und zwei Tiefdruckgebieten, die einander kreuzweise gegenüber liegen. Die wirkliche Mitte zwischen ihnen ist ein "neutraler Punkt", an dem die Winde aus entgegengesetzten Richtungen zum Stillstand gelangen.
- (d) Gebiete mit (fast) geradlinigen Isobaren - und deshalb von konstanter Windrichtung - sind oft etwa halbwegs zwischen einem Hoch und einem Tief zu finden und dabei (beinahe) parallel zur Hauptachse des Hochs. Geradlinige Isobaren sind charakteristisch für den Warmsektor einer Zyklone (s. Abb.21).
- (e) Gebiete mit gleichförmigem Druck können mit der Ebene oder fast ebenen Fläche in einer topographischen Karte verglichen werden. Hier gibt es keine Isobaren, oder sie sind nur in weitem Abstand vorhanden und unregelmäßig. Die Winde sind daher auch schwach und veränderlich.

#### 4.2 Die Schritte zwischen aufeinanderfolgenden Isobaren

Im Teil IV der Wetterberichte sind die Schritte zwischen aufeinanderfolgenden Isobaren entweder vier oder fünf Millibar oder Vielfache davon. Wetterberichte der Vereinigten Staaten und von Großbritannien enthalten Isobaren-Schritte von vier Millibar oder Vielfachen von vier

Millibar (1012, 1008, 1004, 1000, 996 usw.). In den Analysensendungen anderer Länder betragen die Isobarenschritte fünf Millibar oder Vielfache von fünf (1005, 1000, 995 usw.). Es ist unwesentlich, welcher Schritt benutzt wird. Jedoch sollte dabei von einer Karte zur nächsten grundsätzlich Übereinstimmung vorhanden sein.

Wie im Abschnitt 2.8 angedeutet wurde, gibt es eine bestimmte Beziehung zwischen Richtung und Geschwindigkeit des Windes und der Orientierung und dem Abstand der Isobaren: Je steiler das Luftdruckgefälle ist, (d.h. je enger die Isobaren), um so größer ist die Windgeschwindigkeit. Um Erfahrung in der Abschätzung der Windgeschwindigkeit aus dem Isobarenabstand zu gewinnen, ist es vorteilhaft, wenn von einer Karte zur nächsten der gleiche Isobaren-Schritt innegehalten wird. In Fällen, in denen eine Analysensendung (Teil IV) um der Kürze willen einige Isobaren wegläßt, wird empfohlen, die Zwischenisobaren auf der Karte zu skizzieren, um so die zu erwartenden Windgeschwindigkeiten besser abschätzen zu können.

#### 4.3 Interpolation und Extrapolation

Da die Land- und Schiffsstationen in Bezug auf die herrschende Druckverteilung räumlich zufällig verteilt sind, werden nur wenige von den gemeldeten Druckwerten zu denjenigen gehören, durch die die Isobaren verlaufen sollten. Deshalb ist eine Interpolation zwischen den gemeldeten Drucken notwendig, um die Werte zu erhalten, die für die Isobaren gebraucht werden. Das heißt, die Isobare wird zwischen Stationen mit höherem und niedrigerem Druck an der Stelle gezogen, wo der Druck schätzungsweise der gleiche ist wie der Isobarenwert. Außerdem ist es oft notwendig, um die Analyse in einer gegebenen Karte zu vervollständigen, außerhalb des Gebietes mit gemeldeten Druckwerten Drucke zu extrapolieren.

Abb. 10 zeigt eine Luftdruckverteilung, in der die gemeldeten Druckwerte mit den Werten der gezeichneten Isobaren übereinstimmen. Bei dieser Gelegenheit sei gleich darauf hingewiesen, daß auf der Nordhalbkugel der tiefe Druck immer links von der betreffenden Isobare liegt, wenn man in die Richtung blickt, nach der der Wind weht. Das Umgekehrte ist auf der Südhemisphäre der Fall. Diese Regel kann - ergänzt durch einzelne Meldungen - als Hilfe benutzt werden, um eine Analyse zu berichtigen oder zu ergänzen, wenn sie in dem unmittelbar interessierenden Gebiet zu wenig Isobaren enthält oder infolge von Übermittlungs- oder Empfangsschwierigkeiten unvollständig aufgenommen wurde.

Abb. 11 ist eine Darstellung von Druckmeldungen, die mehr dem entspricht, was in Wirklichkeit vorkommt. In diesem Falle ist es notwendig, zwischen den gemeldeten Druckwerten zu interpolieren, um die Lage

der gewünschten Isobaren zu erhalten. Abb.12 gibt ein anderes Beispiel, bei dem eine Interpolation erforderlich ist. Beachte, daß die Punkte "X" als Hilfe für die Festlegung der Isobaren in Abb.12a eingezeichnet wurden.

In Abb.12b werden für die nähere Umgebung von (N) zwei Lösungen gezeigt. Die richtige hängt von dem tatsächlichen oder geschätzten Wert für (N) ab. Für den Seemann macht es allerdings wenig aus, ob hier die korrekte Lösung gefunden wird, weil zu der Umgebung von (N) nur schwache und veränderliche Winde gehören. Die Abb.13 gibt abschließend eine Kombination von Interpolation und Extrapolation.

#### 4.4 Die Geschwindigkeit und Richtung des Windes im Zusammenhang mit den Isobaren

Wie im vorangegangenen Kapitel erwähnt wurde, ist der Wind um so stärker, je enger die Isobaren zusammenrücken, d.h. je größer der Druckgradient ist. Die in Schiffsmeldungen enthaltenen Angaben der Windgeschwindigkeit (ff) können bei der Festlegung des Abstandes der Isobaren daher von großem Nutzen sein (s. Abb.14). Wie ebenfalls schon erwähnt wurde, ist über der offenen See die Windrichtung fast isobarenparallel mit einem kleinen Einströmungswinkel zum tieferen Druck hin.

Ein Beispiel mag zeigen, welche Hilfe die Windrichtung und die Windgeschwindigkeit beim Zeichnen der Isobaren geben. In Abb.15 (oberer Teil, Nordhemisphäre) sind zwei Schiffsmeldungen aufgeführt, die beide einen Druckwert (PPP) gleich 900 (990,0 mb) haben. Unter Mißachtung der Windpfeile könnte die 900-Isobare so gezogen werden, wie es durch die gestrichelte Linie dargestellt ist. Die von den Schiffen gemeldeten Winde sind jedoch NNE 30 Knoten (dd = 02, ff = 30) und SSW 45 Knoten (dd = 20, ff = 45). Deshalb muß die Isobare so gezogen werden, daß die Windrichtung in jeder Position fast parallel zu der Isobare ist. Wenn die Windgeschwindigkeit in Betracht gezogen wird, so kann auch gefolgert werden, daß die Isobaren in der Nachbarschaft des 45-Knoten-Windes enger nebeneinander zu liegen haben als in der des 30-Knoten-Windes.

Im unteren Teil der Abb.15 ist die gleiche Situation für die Südhalbkugel dargestellt. Die gemeldeten Winde sind hier SSE 30 Knoten und NNW 45 Knoten.

#### 4.5 Zusätzliche Regeln zum Zeichnen der Isobaren

Eine Isobare darf niemals gegabelt oder verzweigt sein. Eine Isobare in der Form eines T, Y oder X wäre eine falsche Lösung. Der Druck

muß immer auf ein und derselben Seite der Isobare hoch und auf der anderen Seite tief sein.

Eine Isobare kann niemals ein freies Ende innerhalb anderer Isobaren haben; die einzigen Enden der Isobaren befinden sich am Kartenrand oder dort, wo das Kartenbild als Ganzes aufhört. Für den unerfahrenen Kartenzeichner bestehen die größten Schwierigkeiten beim Zeichnen der Isobaren nahe dem Kartenrand. Die Abb.16 und 17 sind Beispiele zur Darstellung dieser Bemerkungen.

Mit dem Wind - in Richtung des Windes - gezogene Isobaren können auf der Nordhalbkugel scharf nach links abbiegen (zyklonal), wenn sie eine Front queren, sie können sich aber niemals scharf nach rechts wenden (antizyklonal). Das Umgekehrte ist auf der Südhalbkugel der Fall (s. Abb.18).

#### 4.6 Verfeinerung des Isobarenbildes

Im nächsten Kapitel über Fronten wird gezeigt, daß die Festlegung von Fronten und Isobaren in der Wetterkarte in Wechselbeziehung zueinander steht. Anpassungen der Isobaren sind in der Nachbarschaft der Fronten notwendig, um Frontlage und Isobarenverlauf miteinander in Übereinstimmung zu bringen.

Durch Verwendung der in Teil V und VI der Berichte für die Schifffahrt empfangenen ausgewählten Meldungen ist eine weitere Verfeinerung der Isobaren möglich. Eine solche sollte auf jeden Fall in dem den Seemann unmittelbar interessierenden Gebiete vorgenommen werden.

Gelegentlich kann es vorkommen, daß die Analyse (Teil IV des Berichtes) nicht oder nur teilweise empfangen wurde. Die Isobaren können dann, wenn voller Gebrauch von den empfangenen Wettermeldungen gemacht wird, trotzdem gezeichnet werden. Eine Verfeinerung der Analyse kann in diesem Falle dadurch erzielt werden, daß sanft gekrümmte Hilfslinien durch jene Punkte gezogen werden, in denen augenscheinlich eine deutliche Änderung des Windes existiert. Abb.19 gibt ein Beispiel für dies Verfahren.

#### 4.7 Das Zeichnen von Isobaren in der äquatorialen Zone

Wenn Isobaren, besonders zur Zeit der Sonnenwende, den Äquator kreuzen, so weisen die Bodenwinde zwischen  $10^{\circ}\text{N}$  und  $10^{\circ}\text{S}$  oft beträchtliche quer zu den Isobaren gerichtete Komponenten auf. Abschnittsweise können sie sogar rechtwinklig zu den Isobaren wehen. Dies ist z.B. dort aktuell, wo der Südost-Passat des südlichen Indischen Ozeans in den Südwest-Monsun des nördlichen Indischen Ozeans umbiegt.

Beim Zeichnen der Isobaren muß man daran denken, daß der tiefe Druck immer auf der gleichen Seite einer fortlaufenden Isobare zu liegen hat, auch wenn sich die Richtung der Windzirkulation beim Überqueren des Äquators ändert.

#### 4.8 Das Zeichnen von Isobaren in Küstengebieten und über Land

Zu beachten ist die Tatsache, daß der Wind über Land in einem größeren Winkel quer zu den Isobaren weht als über der offenen See. Der Winkel hängt von verschiedenen Faktoren ab,  $45^\circ$  ist aber nicht ungewöhnlich. Die lokale Topographie in der Nähe von Land- oder Küstenstationen kann Windrichtung und -stärke wesentlich beeinflussen, so daß die Gesetze über die Beziehung zwischen Wind und Druckverteilung mit Vorsicht anzuwenden sind. In bestimmten Fällen kann der Wind sogar rechtwinklig zu den Isobaren vom hohen zum tiefen Druck wehen, besonders dort, wo seine Richtung von Bergen und Tälern beeinflußt wird. Die Isobaren über Küsten und Landgebieten sollten deshalb nach den gemeldeten Druckwerten (reduziert auf Meeresniveau) gezeichnet werden unter Berücksichtigung der Möglichkeit eines größeren Isobaren-Querwindes, als er über der offenen See anzutreffen wäre.

#### 4.9 Das Zeichnen der Isobaren um einen tropischen Wirbelsturm

Extrem niedrige Druckwerte sind in den Zentren von tropischen Wirbelstürmen von Hurrikanstärke zu finden. Kerndrucke zwischen 980 und 920 mb sind in schweren Hurrikanen und Taifunen nicht ungewöhnlich, und die absoluten Extreme liegen sogar unter 920 mb. In solchen Fällen wird es nicht möglich sein, alle zyklonischen Isobaren auf einem normalen Kartenvordruck zu ziehen, da die Drängung auf relativ geringe Entfernung extrem sein würde. Deshalb wird empfohlen, die innere (fast kreisförmige) Isobare, die 1000, 995, 992 oder einen anderen Wert haben und noch bequem gezeichnet werden kann, als dicke Linie aus-zuziehen und die gemeldete Lage des Zentrums, den Kerndruck und vielleicht noch den Namen des tropischen Wirbelsturmes darin einzusetzen. Der Kerndruck sollte in der Karte nicht weggelassen werden, wenn er im Funkbericht oder der Warnung gemeldet wurde. Verglichen mit früheren und/oder späteren Berichten gibt er einen Hinweis auf die Schwere und Entwicklungstendenz des Hurrikans. Das ungefähre Maximum der Windgeschwindigkeit ( $v_{\max}$ ) in Knoten eines tropischen Wirbelsturmes ergibt sich nach einer Formel von R.D. Fletcher:

$$v_{\max} = 16 \times \sqrt{1010 - P \text{ Zentrum (mb)}}$$

Diese Formel besagt, daß in einer tropischen Zyklone ein Kerndruck von 994 mb ausreicht, um Maximalwinde von Hurrikanstärke (64 kn) zu erreichen:

$$V_{\max} = 16 \times \sqrt{1010 - 994} = 16 \times \sqrt{16} = 64 \text{ kn.}$$

Diese Formel ist eine gute Annäherung für tropische Zyklonen auf offener See, weit genug entfernt vom Einfluß ausgedehnter Landmassen.

## 5. FRONTEN, LUFTMASSEN UND TROPISCHE WETTERSYSTEME

Dies Kapitel will zeigen, was die Fronten bedeuten, die im Teil IV der Wetterberichte für die Schifffahrt gegeben werden. Es enthält genügend Angaben, um den Kartenzeichner an Bord zu befähigen, die Lage der Fronten bei möglichen Übermittlungsfehlern in der über Funk aufgenommenen Analyse zu berichtigen. Das Kapitel gibt auch eine kurze Erläuterung der Luftmassen, ferner einige Bemerkungen über Fronten in polaren und subtropischen Regionen. Abschließend werden die tropischen Wettersysteme behandelt und das Übermittlungsverfahren für tropische Wettererscheinungen mittels des IAC FLEET-Schlüssels nach Form 46.D.

### 5.1 Der Zusammenhang zwischen Fronten und Isobaren

Zwischen den Fronten und den Isobaren auf einer Wetterkarte besteht eine Wechselbeziehung, da die Frontalzonen Gebiete sind, in denen sich die Windrichtung ändert und diese Richtungsänderungen mit der Orientierung der Isobaren eng verknüpft sind. Viele Meteorologen skizzieren die Frontlage zuerst. Sie stützen sich dabei auf deren vorhergehende Lage und Front-Anzeichen in den eingetragenen Wettermeldungen, wie z.B. eine ziemlich scharfe Änderung der Windrichtung und/oder Windgeschwindigkeit, oder eine Änderung der Lufttemperatur oder des Taupunktes. Nach dem Skizzieren der Lage der Fronten geht der Meteorologe zur Analyse des Druckfeldes über, wobei er sowohl die Lage der Fronten als auch die der Isobaren berichtigt, bis sie zueinander passen.

### 5.2 Die Fronttypen

Zwischen einer warmen und einer kalten Luftmasse gibt es drei Haupttypen von Fronten:

- (a) Zu einer Warmfront kommt es, wenn sich warme Luft in das von der kalten Luft eingenommene Gebiet bewegt.
- (b) Die Kaltfront tritt auf, wenn kalte Luft in das von der Warmluft eingenommene Gebiet vordringt.

- (c) Eine stationäre Front ist dann gegeben, wenn warme und kalte Luft aneinander grenzen, ohne daß eine die andere verdrängt.

Außer diesen 3 Grundtypen von Fronten gibt es einen vierten Typ, der die Kombination einer Kalt- und Warmfront ist - die Okklusionsfront. Eine Okklusionsfront bildet sich, wenn sich eine Kaltfront schneller bewegt als die voranlaufende Warmfront, diese überholt und die Warmluft in die Höhe abdrängt. In diesem Falle befindet sich die Kaltfront (Okklusionsfront) am Erdboden, die Warmfront liegt oberhalb des Erdbodens in der Höhe (kalter Typ der Okklusion; s. Abb. 22 A).

Die folgende Tabelle enthält Symbole für Fronten:

Tabelle 1 - Symbole für Fronten

<u>Charakter der Front</u>	<u>Symbol</u>	<u>farbiges Symbol</u>	<u>Luftmassenverteilung</u>
Kaltfront		<u>ausgezogene blaue Linie</u>	warm kalt
Warmfront		<u>ausgezogene rote Linie</u>	kalt warm
Stationäre Front		<u>abwechselnd rot und blau ausgezogene Linie</u>	kalt warm
Okklusionsfront		<u>violett ausgezogene Linie</u>	kalt -oben warm- kalt

Obgleich ein Trog tiefen Druckes nicht als Fronttyp klassifiziert werden kann, weil er keine verschiedenen Luftmassen trennt, so sei er hier wegen seiner Ähnlichkeiten mit Fronten doch erwähnt. Ebenso wie Fronten sind Tiefdrucktröge Gebiete, in denen eine bemerkenswerte zyklonale Winddrehung auftritt. Tröge werden in der Wetterkarte durch eine (dick) ausgezogene schwarze Linie gekennzeichnet, die die Achse des Troges angibt. Während sich Fronten im Verhältnis zur herrschenden Windgeschwindigkeit verlagern, zeigen Tröge nur manchmal eine solche Beziehung. Sie sind aber für den Seemann von Bedeutung, weil sie Gebiete trennen, die verschiedene Windrichtung haben.

Bezüglich der "Intertropischen Front" (intertropische Konvergenzzone) siehe Abschnitt 5.9 im Teil I.

### 5.3 Die Beziehung zwischen Fronten und Isobarenverlauf

Eine Front ist eine Grenze zwischen Luftmassen mit verschiedenen Merkmalen, gewöhnlich zwischen Warm- und Kaltluft. Damit sich eine Front verlagert, ist es notwendig, daß die kalte Luft die vor ihr lie-

gende Warmluft zurückdrängt oder die Warmluft anhebt (Kaltfront), oder die Kaltluft muß vor der Warmluft zurückweichen, damit die warme Luft die Kaltluft ersetzen kann (Warmfront).

Auf See wehen die Winde fast parallel oder längs der Isobaren. Deshalb ist in all den Fällen, in denen die Isobaren eine Front kreuzen, eine Bewegung der Front zu erwarten. In Fällen, in denen die Isobaren parallel zur Front liegen und die Kaltluft weder gegen die Front vordringt noch sich von ihr zurückzieht, ist auf eine stationäre oder fast-stationäre Front zu schließen. Die Verlagerungsgeschwindigkeit einer sich bewegenden Front entspricht angenähert der frontsenkrechten Komponente des Windes in der Kaltluft, und zwar entweder auf die Front hin gerichtet (Kaltfront) oder von ihr wegführend (Warmfront). Mit anderen Worten heißt das, daß bei gleichen Abständen der Isobaren die Verlagerung der Front dort schneller erfolgen wird, wo die Isobaren in der Kaltluft senkrecht zur Front verlaufen, als in solchen Gebieten, in denen die Isobaren einen spitzen Winkel mit der Front bilden.

Wo Isobaren eine Front schneiden, gibt es eine Änderung in ihrer Richtung oder Orientierung. In Abb.20 ist die Luftdruckverteilung durch neun eingetragene Meldungen gekennzeichnet. Die gemeldeten Wettererscheinungen und Lufttemperaturen zeigen, daß mehr als eine Luftmasse vorhanden ist und daß damit der Hinweis auf eine Front oder Fronten gegeben wäre. Abb.20 A zeigt die Isobaren, wie sie die Front ohne Richtungsänderung schneiden. Dies ist unrichtig. Die richtige Analyse ist in Abb.20 B dargestellt.

#### 5.4 Die Struktur der Fronten

Der obere Teil der Abb.21 zeigt ein okkludierendes System mit Kaltfront, Warmfront und Okklusion (für die Nordhalbkugel). Er enthält auch die Gebiete mit anhaltendem Niederschlag (schraffierte Gebiete), Schauern in der Kaltluft und Nieseln in der relativ stabilen Warmluft im nördlichen Teil des Warmsektors. Die Querschnitte (Vertikalschnitte) durch die Okklusion und den Warmsektor geben ein Bild von der Frontstruktur, der Wolkenverteilung und den Gebieten mit Niederschlag. Sie gelten auch für den unteren Teil der Abb.21, der das okkludierende System für die Südhalbkugel zeigt.

In Abb.22 werden Querschnitte für die zwei Typen der Okklusion gegeben. (A) zeigt einen kalten Typ der Okklusion und (B) einen warmen Typ. Der einzige Unterschied von Bedeutung für den Seefahrer ist dabei, daß beim warmen Typ der Okklusion das Gebiet mit anhaltendem Niederschlag und verminderten Sichten größer ist als beim kalten Typ.

### 5.5 Die Entwicklung der Frontalzyklone

Abb.23 (a - f) zeigt die Entwicklung einer Frontalzyklone aus ihrem Anfangszustand an einer stationären Front bis zu ihrer vollen Entfaltung, in der sie zum beherrschenden Tiefdruckgebiet wird. Im Anfangszustand (a) trennt eine stationäre Front die Warmluft, die auf der Nordseite eines subtropischen Hochs (H 1030 mb) fließt, von kälterer Luft, die auf der Südseite eines Tiefs (L 990 mb) herumgeführt wird. In (b) bildet sich eine flache Welle an der stationären Front aus. In (c) erscheint an der Spitze des Warmsektors eine geschlossene Isobare (das Zentrum des Tiefs, wo sich Kalt- und Warmfront treffen), da der Druck in dem an der stationären Front sich entwickelnden Tief laufend weiter fällt.

Abb.23 d zeigt das Stadium der maximalen Vertiefung des Tiefs. Zu diesem Zeitpunkt erscheint, wo die schneller laufende Kaltfront die Warmfront eingeholt hat, eine Okklusionsfront. Unter (e) ist das Tief im Zustande seiner maximalen Intensität als voll entwickelte Zyklone dargestellt. Der Trog, der der Okklusion folgt und der eine Winddrehung mit maximalen Windstärken bringt, ist eine charakteristische Erscheinung für dies Stadium. Der Endzustand (f) zeigt das Tief in Abschwächung. Die Ähnlichkeit zwischen (f) und (a) ist zu beachten.

### 5.6 Die Luftmassen

Luftmassen werden in den Wetterberichten für die Schifffahrt nicht angegeben. Da aber die Massengrenzen - die Fronten - in diesen Berichten enthalten sind, soll eine kurze Erläuterung des Gegenstandes folgen. Die nachstehende einfache Klassifikation nach vier Grundtypen gemäß dem Ursprung (Quellgebiet) und der Lebensgeschichte der Luftmassen mag genügen:

<u>Bezeichnung</u>	<u>Allgemeine Charakteristik</u>
(a) maritime Tropikluft (mT) -	warm und feucht;
(b) kontinentale Tropikluft (cT)-	heiß und trocken;
(c) maritime Polarluft (mP) -	kühl und mäßig feucht;
(d) kontinentale Polarluft (cP) -	kalt und trocken.

Jede Luftmasse verändert sich, wenn sie sich über Gebiete bewegt, in denen Bedingungen herrschen ( nach Bodentemperatur, Feuchtigkeitsangebot usw.), die von denjenigen abweichen, unter denen sie sich gebildet hat. Über Nordkanada in der kalten Jahreszeit gebildete kontinentale Polarluft, die sich von Nordamerika über den warmen Nordatlantik bewegt, wird von der Meeresoberfläche her Wärme und Feuchtigkeit aufnehmen und auf ihrem Wege nach Osten auf diese Weise in maritime Polar-

luft umgewandelt. Auf ähnliche Weise wird aus maritimer Polarluft, wenn sie sich in die Passatregion ausbreitet und mehrere Tage in niederen Breiten verbleibt, zunächst Übergangsluft und dann maritime Tropikluft.

Abb.24 zeigt die allgemeine Wettertendenz, die über See in relativ kalten und warmen Luftmassen beobachtet wird. Warme Luft, die sich über eine kühlere Meeresoberfläche bewegt, bekommt einen "kalten Fuß", Dies ist begleitet von der Tendenz zur Sichtverschlechterung, Ausbildung von Dunst oder Nebel, einer tiefliegenden Stratusdecke, Nieseln und einem gleichmäßigeren Wind, dessen Stärke etwas geringer ist, als dem Druckgradient entspricht. Diese Luft ist stabil geschichtet (warm über kalt).

Kalte Luft, die sich über eine wärmere Meeresoberfläche bewegt, bildet keinen "warmen Fuß" im Sinne einer geschlossenen Schicht wie bei dem "kalten Fuß" aus. Die von unten erwärmte Luft steigt vielmehr in vielen Paketen unregelmäßig auf. Deshalb bringt Kaltluft die Tendenz zu cumuliformer Bewölkung, Schauern und Böen, zu guter Sicht und einem böigeren Wind von etwas größerer Stärke mit sich, als es dem Luftdruckgefälle entspricht. Die Luft ist instabil geschichtet (kalt über warm).

Das "Luftmassen-Wetter" kann durch die Luftdruckverteilung, in der sich die Luft gerade bewegt, verändert werden. Wenn die Isobaren eine starke antizyklonale Krümmung haben, so weisen die Kaltluftmassen nicht mehr die oben erwähnten charakteristischen Wettererscheinungen auf; es kann sich statt dessen trockenes Wetter und Stratocumulus-Bewölkung zeigen. Andererseits kann der zur Warmluft gehörende Wettertyp in einem Gebiet mit zyklonaler Isobarenkrümmung ausgeprägter sein und mit anhaltendem Sprühregen oder Regen in Erscheinung treten.

#### 5.7 Die Fronten in polaren Gebieten

Kalte Polarluft wird auch als arktische Luft (oder antarktische Luft) bezeichnet, wenn sie noch nicht über der offenen See in maritime Polarluft umgewandelt wurde. Luftmassen, die sich gegen echte Arktikluft (Antarktikluft) bewegen, werden normalerweise wärmer als diese sein und daher oft eine Warmfront gegen die arktische (antarktische) Luft bilden können. Auf der Nordhalbkugel sind solche Arktikfronten meist im Nordteil der Tiefdruckgebiete zu finden, während die normalen Fronten im südlichen Halbkreis der Tiefs liegen. Für die Südhalbkugel gilt das Umgekehrte.

Abb.25 zeigt eine Arktikfront östlich Grönland, die die Grenze zwischen kalter Grönlandluft und wärmerer maritimer Polarluft bildet. Diese wärmere Luft war ursprünglich ein Teil der arktischen Luftmassen. Sie wurde aber auf ihrem Wege über Wasser nach dem Gebiet östlich Grönland vollständig umgewandelt. Diese Umwandlung ist an den südwestlich

von Island gemeldeten Schneeschauern zu erkennen, die die starke Erwärmung von der Meeresoberfläche her anzeigen, während leichter Nebel bei Jan Mayen und der Bäreninsel auf die erneute Abkühlung der Luftmasse hinweist, die sie auf ihrem Wege über fortschreitend kälteres Wasser erfährt. Die Okklusion östlich der Bäreninsel (als Warmfront wirkend) und das Frontensystem südlich von Island gehören zum normalen Typ innerhalb der Westwindzone.

Abb.26 zeigt eine Arktikfront westlich Grönland. Sie bildet die Grenze zwischen kalter kanadischer Luft und wärmerer Atlantikluft, die aus dem Südosten um ein kräftiges (ungewöhnliches) Island-Hoch heranströmt. Westgrönland hat wegen des mächtigen Vordringens der warmen Südostströmung Hochwinter-Tauwetter bis weit hinauf in den Norden, während ein sehr kalter Nordwest über Baffin-Land und Labrador herabbläst.

### 5.8 Die Fronten in subtropischen Breiten

Warme Tropikluft findet sich in subtropischen und tropischen Breiten. Deshalb werden Luftmassen, die aus polaren oder gemäßigten Breiten in diese Gebiete vordringen, normalerweise kälter sein als die Tropikluft. Kaltfronten sind deshalb, wie zu erwarten, in der subtropischen Zone häufigere, ausgeprägtere und wirksamere Erscheinungen als Warmfronten. Im Jahre 1935 passierten z.B. Bermuda 69 Kaltfronten und Okklusionen, aber nur 17 Warmfronten.

Abb.27 zeigt einen wandernden Kaltfrontausläufer östlich Australien. Der Front gehen auffrischende nördliche Winde voraus, kühlere südwestliche folgen ihr. Zwei Tage später (Abb.28) hat die Kaltfront das Seegebiet östlich Neuseeland erreicht, während ihr früherer Platz von dem subtropischen Hoch eingenommen wird, das dem breiten Strome maritimer Polarluft aus Südwesten folgt.

In den subtropischen Breiten beider Hemisphären herrscht mitunter eine vier- bis sechstägige Folge solcher wandernder Hochs, die von Kaltfront-Ausläufern getrennt sind. Die östlichen Passatwinde sind normalerweise schwach und drehen auf der Nordhemisphäre auf Südost oder Süd, auf der Südhemisphäre auf Nordost oder Nord, wenn sich ein polarer Ausläufer von Westen nähert. Bei seinem Durchgang frischt der Wind auf und springt auf der Nordhemisphäre auf NE oder N, auf der Südhemisphäre auf SE oder S; anschließend dreht er wieder auf den üblichen Ost-Passat. Diese Art Wechsel tritt vor allem in der kalten Jahreszeit der entsprechenden Hemisphäre auf.

### 5.9 Die tropischen Wetter-Systeme

Aus einer Weltkarte für die Freibord-Zonen oder aus Karten der Sturmhäufigkeit über See kann man entnehmen, daß die Tropen im ganzen eine ruhige Zone sind. Bord-Wetterkarten scheinen deshalb hier von geringerem Interesse zu sein als in den außertropischen Breiten. In der Tropenzone gibt es aber gewisse Wettererscheinungen, die die Schifffahrt sogar mehr beeinflussen können als in anderen Gebieten der Welt. Tropische Schauer können zu Wolkenbrüchen von extremer Stärke werden, die die Sicht bis auf Sichtstufen herabsetzen, die starkem Dunst oder Nebel entsprechen. Heftige Böen mit oder ohne Gewitter kommen jahreszeitlich vor, wie z.B. die Tornados vor Westafrika. Neben diesen mehr örtlichen Erscheinungen besteht aber auch die Möglichkeit, daß sich die Monsun- und Passatwinde in weiten Gebieten stürmisch und gelegentlich bis zu vollem Sturm verstärken, wie z. B. der Südwestmonsun in der Arabischen See. Gebiete mit schwerer Dünung können auf Grund entfernter Stürme selbst bei schwachen Windverhältnissen auftreten. Tropische Zyklonen von Hurrikanstärke sind die gefährlichsten großräumigen atmosphärischen Störungen der Welt.

"Bedeutsames Wetter" kann im Internationalen Analysen-Schlüssel (IAC FLEET, Schlüsselform FM 46.D) durch eine Folge von Gruppen übermittelt werden, die durch die Kenngruppe 99944 eingeleitet wird, der die Kennung 987.. folgt.

Die Form lautet  $987w_s w_s Q L_a L_a L_o L_o Q L_a L_a L_o L_o$  usw. . Darin bezeichnet  $w_s w_s$  das "bedeutsame (signifikante) Wetter". Die entsprechenden Schlüsselzahlen sind alle in der Form von doppelten Ziffern: 00, 11, 22 usw. bis 99 festgelegt. Zum Beispiel gibt 00 ein Gebiet mit schwerer Dünung, 88 ein Gebiet mit heftigen Schauern an (bezüglich weiterer Einzelheiten s. IAC FLEET, Schlüsselform 46.D - Abschnitt Wettergebiete). Die Positionsgruppen, die den erwähnten Kenngruppen folgen, geben das Gebiet des "bedeutsamen Wetters" an.

Der IAC FLEET-Schlüssel hat aber noch eine speziellere Möglichkeit zur Verschlüsselung tropischer Wettersysteme. Die diesbezügliche Folge der Gruppen wird durch die Kenngruppe 99955 eingeleitet, der die Kennung 55... folgt.

Die Form ist  $55T_t T_i T_c$  (555PP), woran sich die Positionsgruppen  $Q L_a L_a L_o L_o$  ... und die Verlagerungsgruppe  $m d_s d_s f_s f_s$  anschließen. Das Symbol  $T_t$  bezeichnet den "tropischen Zirkulationstyp", z.B.:

- 0 = Intertropische Konvergenzzone
- 5 = Tiefausläufer in der Ostströmung
- 9 = Zyklonale tropische Zirkulation.

Die intertropische Konvergenzzone (abgekürzt ITC: auch bekannt als

intertropische Front, tropische Front oder äquatoriale Front) ist keine Front im Sinne der Warm- und Kaltfronten der gemäßigten Breiten, sondern ist, grob gesagt und besonders über den Ozeanen, eine Konvergenzlinie oder Konvergenzzone zwischen Winden, deren Ursprung auf der Nord- und Südhalbkugel liegt, also hauptsächlich zwischen dem Nordost- und Südostpassat; oder zwischen einer von diesen beiden Strömungen und den äquatorialen Westwinden (umgebogenem Passat). Oft ist die ITC verbunden mit einer Zone von Schauern oder zeitweiligem Regen, vorzugsweise auf der Äquatorseite der ITC.

Ein Tiefausläufer in der tropischen Ostströmung, manchmal auch als "easterly wave" bezeichnet, ist eine wellenähnliche Störung, die sich mit einer Geschwindigkeit von etwa 15 kn von Ost nach West bewegt. Westlich der Troglinie herrscht schönes Wetter, östlich davon ist es gestört (Schauer).

Die tropische zyklonale Zirkulation ist gekennzeichnet durch geschlossene kreisförmige oder angenähert kreisförmige Isobaren um ein Zentrum tiefen Druckes. Die stärksten Winde dieser Zirkulation sind 5 Bft oder mehr (andernfalls, bei schwächeren Winden, wird ein "Gebiet tiefen Druckes" - Schlüsselziffer 6 - gegeben). Bezüglich anderer tropischer Systeme und ihrer Definition siehe IAC FLEET Schlüsselform FM 46.D.

Die nächste Ziffer - Symbol  $T_i$  in  $55T_t T_i T_c$  - gibt die Intensität des Systems an. Die Bedeutung der Ziffern ist - mit einer Ausnahme - die gleiche wie bei  $F_i$  in dem Abschnitt über die Frontsysteme ( $66F_t F_i F_c$ ). Die Ausnahme ist folgende: Wird unter  $T_t$  die Schlüsselziffer 9 (tropische zyklonale Zirkulation) gegeben, so bedeuten die Schlüsselziffern für  $T_i$  die stärksten Winde in der gemeldeten tropischen Zirkulation - oder im Falle der Prognose den stärksten im Prognosezeitraum erwarteten Wind. Die Schlüsselziffer 5 bedeutet dann Bft 5; Schlüsselziffer 9 Bft 9, Schlüsselziffer 0 Bft 10;

Schlüsselziffer 2 = 12 Bft = 64 - 71 kn

Schlüsselziffer 3 = 12 Bft = 72 - 80 kn

Schlüsselziffer 4 = 12 Bft = 81 kn und mehr

(s. auch WMO-Code 3940).

Das letzte Symbol  $T_c$  beschreibt die charakteristischen Eigenschaften des tropischen Systems. Die Gruppe (555PP) - nach  $55T_t T_i T_c$  - wird nur gebraucht, wenn  $T_t = 6$  oder 9. Sie gibt dann den Zentraldruck der tropischen Zyklone an. Zum Beispiel:

99955	<u>55924</u>	<u>55590</u>
bedeutet eine tropische Zyklone		(9)
von Hurrikanstärke		(2)
und von gesicherter Existenz		(4)
mit einem Zentraldruck von 990 mb		(90).

Gruppen für die Position und Verlagerung folgen den obigen Gruppen. Die Wetterkarte vom 9. November 1932 (Abb.29) für das Seegebiet um Mittelamerika und Westindien gibt ein Beispiel für verschiedene, gleichzeitig vorhandene tropische Systeme.

Das gefährlichste ist eine tropische Zyklone von Hurrikanstärke südlich Kuba. Ihre Zugbahn (30. Oktober bis 11. November) ist durch eine punktierte Linie dargestellt.

Die intertropische Konvergenzzone (ITC) ist durch zwei parallele Linien mit Querstrichen gekennzeichnet, Sie gibt hier die Achse der äquatorialen Zone tiefen Druckes an, die sich vom östlichen tropischen Nordpazifik nach dem südlichen Venezuela erstreckt. Im Süden und Westen des Golfs von Panama wehen westliche bis südwestliche Winde bei bewölktem oder regnerischem Wetter, während die Winde nördlich der ITC hauptsächlich aus nördlichen bis östlichen Richtungen kommen.

Zwei flache "easterly waves" sind über der Karibischen See angedeutet. Sie sind vielleicht von einigen Schauern östlich der Troglinie begleitet. Gestörtes Wetter kann ebenso zwischen den südlichen und westlichen Winden längs der Konvergenzlinie auftreten, die sich von dem tropischen Wirbelsturm nach Süden erstreckt.

Manchmal reichen Kaltfront-Ausläufer von den gemäßigten Breiten bis in tropische Gewässer. Solch eine Kaltfront, der ein Norder folgt, hat in diesem Falle gerade den Golf von Mexiko passiert und gibt Anlaß für einen mäßigen "Tehuantepecer" über dem Golf gleichen Namens. Eine andere Kaltfront erscheint über dem tropischen Nordatlantik bei  $25^{\circ}\text{N}$   $55^{\circ}\text{W}$ , biegt aber weiter westlich als diffuse Warmfront zurück.

Den Nordern entsprechen in den subtropischen und den tropischen Zonen der Südhemisphäre die "Süder" (southers). Manchmal gibt es durch diese Polarluftausbrüche nur eine Verstärkung der normalen Passate (SE auf der Südhemisphäre, NE auf der Nordhemisphäre) ohne bedeutende Änderung der Windrichtung.

Wenn ein Wetterbericht für die Schifffahrt über einen tropischen Wirbelsturm eine Prognose enthält (anstatt einer Analyse oder zusätzlich zu dieser), so wird die verschlüsselte Prognose durch die Gruppe 65556 (anstatt 10001 für die Analyse) eingeleitet, was bedeutet: "Vorhersage-Analyse in IAC-Form folgt". Die vollständigen Einleitungsgruppen für die Vorhersage-Analyse sind:

65556 33388 OYYG<sub>c</sub>G<sub>c</sub> 000G<sub>p</sub>G<sub>p</sub>

## Teil II: DIE NUTZUNG VON WETTERKARTEN DURCH SEELEUTE

### 6. DIE NUTZUNG VON WETTERKARTEN IM HAFEN

Beim Lesen des Teiles I (Seite 1 - 34) über das Zeichnen von Wetterkarten konnte der Eindruck entstehen, als sei die Nutzung von Wetterkarten auf jene Zeiten beschränkt, in denen das Schiff auf See ist. Das ist aber nicht der Fall. So kann aus der Wetterkarte bei der Reiseplanung vor dem Auslaufen viel Nutzen gezogen werden: zum Beispiel bezüglich Auswahl der günstigsten Route bei der zu erwartenden Wetterentwicklung oder vielleicht in der Wahl der günstigsten Abfahrtszeit, falls ein Sturm den ersten Teil der Fahrtroute bedrohen sollte.

In vielen Häfen gibt es zentrale oder örtliche meteorologische Amtsstellen, deren Dienste dem Seemann zur Verfügung stehen, so daß es in den meisten Fällen nicht notwendig ist, Wetterkarten an Bord der Schiffe zu zeichnen. In einigen Häfen sind gedruckte Analysen zur Verteilung an die Schiffe verfügbar, in manchen werden tägliche Wetterkarten im Hafengebiet ausgehängt, während es in anderen wieder notwendig sein mag, die Wetterdienststelle zu besuchen, um die letzte Analyse einzusehen. In einigen Häfen kann auch der meteorologische Hafendienstbeauftragte das Schiff besuchen und über das Wetter berichten, das längs der beabsichtigten Route zu erwarten ist, oder er kann eine andere Route empfehlen.

Beim Planen einer Reise kann aus Wetterkarten und Vorhersagekarten viel mehr entnommen werden als aus Rundfunk-Wetterberichten, die die synoptische Situation in Textform schildern und Gebietsvorhersagen enthalten. So gibt es zum Beispiel viele Fälle, in denen das Wetter ausschlaggebend dafür ist, welche Route von Schiffen eingeschlagen werden sollte, die von Hamburg nach nordamerikanischen Häfen bestimmt sind. Unabhängig von der Jahreszeit lassen bestimmte Wetterverhältnisse einen Kurs durch den Kanal angeraten erscheinen, während bei anderen der beste Weg nördlich um Schottland herum verlaufen würde. Solche Entscheidungen können kaum auf Grund eines Rundfunk-Wetterberichtes getroffen werden. Eine Durchsicht der Wetterkarten oder noch besser Besprechungen mit dem meteorologischen Fachpersonal im Hafen können zu einer gesünderen Reiseplanung führen.

### 7. DIE NUTZUNG VON WETTERKARTEN IN KÜSTENGEWÄSSERN

Wenn ein Schiff durch Küstengewässer fährt, trifft es oft Verhältnisse von Wetter, Wind und Seegang an, die von denen der benachbarten offenen See abweichen. Überdies können von einer Örtlichkeit zur anderen starke Wechsel auftreten. Dies gilt besonders für stark gegliederte

Küstenlinien mit bergigen Kaps und tiefen Meereseinschnitten. Die sichere Navigation in einem solchen Küstengebiet wird weitgehend von der Erfahrung des Kapitäns und dem sorgfältigen Studium der Seehandbücher abhängen; trotzdem kann eine Bordwetterkarte noch von Nutzen sein. Dabei muß jedoch bedacht werden, daß die Verhältnisse an der Küste eine Abwandlung dessen sind, was über der freien See herrschen würde. Um die Entwicklung dieser abgewandelten Verhältnisse zu verstehen und möglicherweise vorherzusehen, muß man die Verhältnisse über der offenen See und ihre Entwicklung kennen. Aus einer Wetterkarte kann man sie herauslesen.

Längs vieler Küsten liegen ausgedehnte Gürtel kalten Auftriebwassers. Diese begünstigen die Bildung von Nebel, der nach See hinaus oder aber zur Küste hin getrieben werden kann, was von der jeweiligen Druckverteilung und den zugehörigen Winden abhängt. Bei schönem Wetter mit hellem Sonnenschein über Land können sich an Küsten, die von kalten Meeresströmungen gespült werden, während der Sommermonate starke Seewinde ausbilden. Ein klassisches Beispiel hierfür bilden die Seewinde an der Südküste von Argentinien, vor der der kalte Falkland-Strom läuft. Wenn sich Nebel über kaltem Wasser bildet, gleich, ob Auftriebwasser oder Polarwasser, kann er durch solche Seewinde gegen die Küste getrieben werden.

Vor gewissen Küsten können bei besonderer Wetterlage starke Meeresströmungen erzeugt werden, und die angetroffenen Versetzungen werden unerwartet sein, wenn man der großräumigen Windverteilung nicht genügend Beachtung geschenkt hat. Eine andere Wirkung des Windes besteht in der Änderung des Wasserstandes längs gewisser Küstenabschnitte. Die Wassertiefe kann bei ablandigen Winden beträchtlich vermindert werden, so daß der Zugang zu einigen Häfen selbst für mittelgroße Schiffe unter diesen Umständen schwierig werden kann. Das Studium der Wetterkarte kann beim Abschätzen der aktuellen Schwankung des Meeresspiegels eine Hilfe bieten.

Wo Flachland an das Meer grenzt, können Nebel, die über Land entstanden sind - wie es oft in der kalten Jahreszeit vorkommt - , bei ablandigen Winden nach See hinausgetrieben werden.

Eine Wetterkarte auf der Brücke kann zu einer genaueren Vorausschau drohender Wetteränderungen beitragen. Einige Beispiele mögen veranschaulichen, wie die allgemeinen atmosphärischen Verhältnisse in Küstengewässern verändert werden.

### 7.1 Der Gegensatz zwischen einem Schneesturm von Orkanstärke und einer schwachen bis mäßigen Brise bei Kap Farewell

In Abb.30 sind die Wetterverhältnisse um Südgrönland vom 9. Januar 1953, 0000 MGZ dargestellt. In der Nähe von Kap Hoppe und Kap Farewell weht ein NNE-Wind von voller Orkanstärke mit schlechter Sicht infolge Schnee und Gischt, aber nur etwa 60 sm weiter westlich haben zwei Fischdampfer gutes Fangwetter mit guter Sicht und Winden von nicht mehr als 3 bis 4 Bft.

Solche lokalen Gegensätze bilden sich aus, wenn eine genügend starke östliche Luftströmung gegen das Eismassiv Grönlands weht. Dies verursacht entlang der Ostküste einen "Blockierungseffekt", der die Ausbildung eines Hochdruckkeiles über Ostgrönland zur Folge hat, mit einem sehr steilen Druckgradienten über der offenen See nach Südosten. Im Gegensatz dazu entsteht auf der Leeseite Grönlands eine Rinne tiefen Druckes, so daß längs der Südwestküste ein sehr schwaches Druckgefälle herrscht.

Solch ein Wetterkontrast zwischen den Küstengewässern östlich und westlich von Kap Farewell kann durch Überwachung der Sturmtief-Wanderung mit Hilfe der Wetterkarten vorausgesehen werden. Wenn sich ein nordatlantisches Tief zwischen etwa  $30^{\circ}\text{W}$  und  $44^{\circ}\text{W}$  nach Norden bewegt, ist es wahrscheinlich, daß sich diese Lage entwickelt. Hoher Druck über Mittelgrönland und der Dänemark-Straße begünstigt eine derartige Entwicklung. Unter solchen Umständen sollten die Fischdampfer zum Fischen nach Westen gehen, während Schiffe, die von Westgrönland kommen und nach Europa bestimmt sind, das Kap Farewell in einem größeren Abstand runden sollten (etwa zwischen  $58^{\circ}$  und  $59^{\circ}\text{N}$ ), wenn sie es nicht vorziehen, Wetterbesserung abzuwarten.

### 7.2 Unerwartete Stromversetzung in der Medalland-Bucht, Südostisland

Abb.31 zeigt die mittlere Luftdruckverteilung für 10 Fälle, in denen Fischereifahrzeuge während des Zeitraums 1903 - 1949 an der Südostküste Islands strandeten. Die meisten Fälle ereigneten sich im Winter (erstes Datum 3. November, letztes 1. Mai).

Hierbei wehten längs der Südküste Islands westlich von Portland (etwa  $19^{\circ}\text{W}$ ) sehr starke östliche bis südöstliche Winde, die zeitweise Stärke 11 erreichten. Für die Luftströmung, die gegen die Südostküste Islands (östlich von  $19^{\circ}\text{W}$ ) weht, wirkt Island jedoch als Barriere, so daß die küstennahen Winde zwischen  $14^{\circ}$  und  $19^{\circ}\text{W}$ , einschließlich der Medalland-Bucht mit ihren gefährlichen Untiefen, stark abgeschwächt werden. Die örtlichen Winde geben daher hier keinen Hin-

weis darauf, daß bei dieser speziellen Anordnung der Luftströme im Süden und Südwesten von Island eine starke Strömung des Oberflächenwassers in westlicher bis nordwestlicher Richtung entstehen kann. Augenscheinlich wird der Irminger-Strom einschließlich einer nach Westen gerichteten Strömung an der Südküste Islands verstärkt.

Die Versetzung der Schiffe erfolgte für mehrere Stunden mit 3 - 4 kn nach Nordwesten und führte während der Nachtstunden zur Strandung, weil die Kapitäne auf Grund des an ihrer Position wesentlich herabgesetzten Windes annahmen, daß keine bedeutende Versetzung zu erwarten sei. Mit einem geeigneten Hinweis im Seehandbuch und an Hand einer aktuellen Wetterkarte könnte die Gefahr ungewöhnlicher Verdriftung vorausgesehen werden.

### 7.3 Küsteneffekt im Bereich des Mistral (Mittelmeer)

Der stürmische Wind aus NW bis N im Golf du Lion, Mistral genannt, ist wohlbekannt. In manchen Fällen weht der Mistral nur vor der Südküste Frankreichs, in anderen Fällen kann er sich aber über ein größeres Seegebiet bis hinab nach Tunesien ausdehnen (s. Abb.32).

Abb.33 zeigt eine für den "ausgedehnten Mistral" typische Wetterlage (2.April 1943). Wenn diese auftritt, muß dem Eckeneffekt besondere Beachtung geschenkt werden, der an bestimmten Punkten als Windverstärker wirkt. Solch ein Punkt ist Kap Sperone an der Südwestecke Sardinien. Abb.34 zeigt die Windverteilung im Küstengebiet von Sardinien am 2.April 1943. Auf der Nordostseite der Insel herrscht ruhiges Wetter, bei Kap Sperone dagegen weht schwerer Sturm von 10 Bft. Wenn der allgemeine Druckgradient zwischen den Balearen und Sardinien NW Bft 6-7 anzeigt, so ist bei Kap Sperone NW 9-11 zu erwarten. Ähnliche Verhältnisse gibt es auch in anderen Erdgegenden dort, wo die Blockierungswirkung einer Landmasse einen Eckeneffekt über dem Wasser hervorruft. Es sei hinzugefügt, daß einige Kaps der spanischen Küste Schutz gegen den Mistral bieten. Abb.35 zeigt die Windbeobachtungen eines Tankers, der vom 16.-17.Juli 1951 im Westteil des Golfs du Lion nordwärts und vom 22.-23.Juli 1951 südwärts fuhr. Im ersten Falle kommt ein Nordwind von 4-5 Bft beim Passieren des Kaps von S. Sebastian auf und erreicht beim Runden des Kaps von Creus Bft 7-8. Im zweiten Falle nimmt der Wind von NNW 7 nach Passieren des Kaps von Creus plötzlich bis zur Stille ab.

Da der Mistral im Winter gelegentlich Orkanstärke erreichen kann, ist es immer nützlich, von der neuesten Wetterkarte Gebrauch zu machen - und dabei die Küsteneffekte auf den Wind nicht zu vergessen.

#### 7.4 Die Starkwindzone auf See vor Steilküsten

Abb.36 zeigt ein Modell der Windverteilung vor einer gebirgigen Küste für den Fall, daß die Isobaren die Küstenlinie unter einem spitzen Winkel schneiden. Die Luftströmung wird an der Küste gestaut, so daß eine Zone steileren Druckgefälles zwischen dem Küstengebiet und dem ungestörten Druckfeld weiter draußen auf See entsteht. Das Ergebnis ist eine Starkwindzone parallel zur Küste, die die Schiffe vermeiden können entweder durch Aufsuchen geschützterer Verhältnisse in Küstennähe, oder - und vorzugsweise - durch ein Ausweichen weiter nach See.

Solche Zonen verstärkter Winde können längs der Küsten von Algerien, Nordspanien, Grönland und anderen hohen Landgebieten vorkommen. Als Beispiel zeigt die Abb.37 die Lage längs der Nordküste Algeriens und Tunesiens am 15.Dezember 1950, 0600 MGZ. Der Druckgradient nördlich der afrikanischen Küste zwischen  $7^{\circ}$  und  $11^{\circ}$ E würde einen Wind von 7 bis 8 Bft verursachen. Ein Tanker, der vor der Küste ostwärts fuhr, beobachtete aber einen höheren Wind von Bft 9, nachdem er während der Nacht schon 10 Bft hatte. Die konvergierenden Isobaren dieser Zonen sind auf den Wetterkarten, die eine etwas verallgemeinerte Darstellung geben, normalerweise nicht angedeutet. Es ist Aufgabe des Benutzers, daraus auf die Details zu schließen.

Es sei hinzugefügt, daß bei der Beurteilung der Windmeldungen von Küstenstationen große Vorsicht geboten ist. Bei ablandigem Wind ist die Windstärke an Küstenstationen oft weit geringer als auf See. Der Unterschied kann unter Umständen 5 - 6 Beaufortgrade ausmachen. Auf jeden Fall ist die Abschätzung der Windstärke auf See nach dem Druckgradienten einer gut ausgezeichneten Wetterkarte besser als die bloße Beurteilung nach den Meldungen von Küstenstationen. Das gilt auch für die Windrichtung, die durch die Orographie in der Umgebung der Küsten- (oder Landstationen) stark beeinflußt werden kann.

So ist zum Beispiel in der Abb.37 zu sehen, daß 3 Stationen (an der Ostküste Spaniens, auf Menorca und im südlichen Sardinien) bei ablandigem Wind nur Windstärke 2-3 meldeten und daß von einigen Stationen an der afrikanischen Küste Windstärke 4 gemeldet wurde. Aber keine von diesen Windmeldungen ist für das dazwischenliegende Seegebiet repräsentativ. Entsprechend dem Druckgradienten war der Wind auf der offenen See viel stärker, ganz abgesehen von zusätzlichen lokalen Windverstärkungseffekten an Kaps und vor Steilküsten.

## 8. DIE NUTZUNG VON WETTERKARTEN AUF FREIER SEE

Verläßt ein Schiff die Küstengewässer, so erhebt sich immer die Frage nach dem einzuschlagenden Kurs. Die normalen jahreszeitlichen Seewege sind wohlbekannt, und es mag auch besondere Routen geben, die kleineren und leichtbeladenen Schiffen empfohlen werden. Trotzdem bleibt die Frage, ob der gewöhnliche Kurs auch der beste ist, wenn die anstehenden Wetter-, Wind- und Seeverhältnisse in Betracht gezogen werden, oder ob ein Umweg vorzuziehen wäre. Ebenso kann sich die Änderung von Kurs und/oder Fahrtgeschwindigkeit für ein Schiff auf hoher See als notwendig erweisen, wenn es schlecht in See und Dünung liegt. Es mag sein, daß durch eine Kursänderung günstigere Verhältnisse erreicht werden können. Der Kapitän kann der Wetterkarte entnehmen, ob es besser ist, den Kurs nach Backbord oder Steuerbord zu ändern.

Die Wetterkarte kann auch zu Rate gezogen werden, um zu entscheiden, ob eine Änderung der Ankunftszeit mitzuteilen ist, ob Vorsichtsmaßnahmen gegen unvermeidbares Schlechtwetter zu treffen sind oder ob Malarbeit an Deck und Aufbauten geplant werden sollten, ob eine empfindliche Ladung ganz besonders das Meiden harter Wetterbedingungen erfordert und in vielen anderen Fällen mehr.

Wetterkarten sollten zu Rate gezogen werden, um vor gefährlichen Wettererscheinungen wie Vereisungsgefahr, dichtem Nebel, schweren Stürmen, Hurrikanen und extrem hoher Windsee und Dünung zu warnen.

### 8.1 Grundsätzliche Erfordernisse für die Nutzung von Wetterkarten

Um den rechten Nutzen aus der aktuellen Wetterkarte zu ziehen, muß der Seemann Kenntnisse besitzen von:

- dem klimatischen Hintergrund der Wetterlage
- der Verlagerung und Entwicklung des Wetters
- den Typen der "Großwetterlage"
- den Typen der Stürme
- gewissen Regeln über die Wetterentwicklung.

### 8.2 Der klimatische Hintergrund jeder Wetterlage

Für den Benutzer einer aktuellen Wetterkarte ist es sehr nützlich, wenn er Bescheid weiß über solche Dinge wie die durchschnittliche Druck- und Windverteilung auf der Erde in den verschiedenen Monaten oder Jahreszeiten, die durchschnittliche Verteilung der Luftmassen und Frontalzonen sowie die durchschnittliche Verteilung des täglichen Druckganges. Diese Unterlagen findet er in Handbüchern wie z.B. "Meteorologie für Seefahrer", in Monatskarten und Meeres-Atlanten oder in nautischen Zeitschriften.

Klimatologisches Wissen trägt zum Verständnis der herrschenden Wetterlage bei. Die Besonderheit einer Einzel-Wetterkarte wird besser erfaßt werden können durch Vergleich mit dem Normalbilde.

Jede mittlere Wetterkarte für einen gewissen Monat gibt zum Beispiel ein geglättetes oder vereinfachtes Modell der synoptischen Wetterkarte. Die Grundzüge der Luftzirkulation, der Frontogenese (Bildung von Fronten), Zyklogenese (Bildung von Zyklonen) usw. sind in solch einer ausgeglichenen Darstellung viel klarer zu erkennen. Abb.38 stellt z.B. die mittlere Druckverteilung für den Westteil des Nordpazifischen Ozeans für den November 1956 dar. Es ist zu sehen, wie die im Südosten auftretenden warmen Passatwinde um das subtropische Pazifik-Hoch gehen, das etwas nördlicher liegt, als seiner normalen jahreszeitlichen Lage entspricht. Andererseits wehen kältere nördliche Monsunwinde um das kontinentale Hoch, das in diesem Falle kräftiger als normal ist. Die Trennung der wärmeren Luftmassen maritimen Ursprungs von den kälteren Luftmassen kontinentaler Herkunft ergibt die mittlere Lage der Frontalzone für diesen Monat, die in etwa die Tiefdruckgebiete im Norden und Süden miteinander verbindet.

### 8.3 Die Verlagerung und Entwicklung des Wetters

Die Wetterlage ist in ständiger Wandlung begriffen. Da die einzelne Wetterkarte sich auf die Beobachtungen eines bestimmten Zeitpunktes stützt, stellt die an Bord gezeichnete Analyse zur Zeit des Eintragens jene Verhältnisse dar, die etwa fünf bis sechs Stunden vorher geherrscht haben. Dies Nachhinken kann besonders beachtenswert sein, wenn nach der Beobachtungszeit ein Frontdurchgang erfolgte. In diesem Falle könnte man nach einem flüchtigen Blick auf die Karte eine Windrichtung erwarten, die in Wirklichkeit passé ist, da mit dem Durchgang der Front der Wind gedreht hat.

Zusätzlich zu ihrer Fortbewegung oder Wanderung unterliegen die Wettersysteme auch der Entwicklung oder Veränderungen ihrer Form und Intensität. Drucksysteme verändern ihre Größe und Gestalt, und Fronten verstärken sich oder schwächen sich im Laufe der Zeit ab (s. Abb.23).

Für die Verlagerung der Drucksysteme und Wettervorgänge gibt es auch einen klimatischen Hintergrund. In den Tropen erfolgt die Bewegung von Osten nach Westen, in den gemäßigten Breiten im allgemeinen von Westen nach Osten. Die durchschnittliche Zuggeschwindigkeit beträgt bei tropischen Zyklonen auf dem tropischen Ast ihrer Zugbahn etwa 10 Knoten; sie kann sich bis auf etwa 5 Knoten beim Umbiegen nach Norden verlangsamen und auf 20 Knoten oder mehr auf dem polaren Ast der Zugbahn nach dem Einschwenken nach Osten zunehmen.

Die Zuggeschwindigkeit der Systeme in mittleren und höheren Breiten wechselt beträchtlich mit der Jahreszeit und dem Gebiet, aber auch von einer synoptischen Lage zur anderen. 20 bis 30 Knoten können im Durchschnitt als Zuggeschwindigkeit für außertropische Frontalzyklonen angenommen werden, aber nur der halbe Wert (10-15 kn) für okkludierte Zyklonen. In Ausnahmefällen, besonders in den Wintermonaten, kann die Zuggeschwindigkeit 50 kn und mehr erreichen.

Normale Zugbahnen von Tief- und Hochdruckgebieten sind in maritimen Atlanten, Handbüchern oder Monatskarten zu finden. Ihre Kenntnis gibt eine weitere allgemeine Grundlage für das Abschätzen der Verlagerungstendenz im Einzelfall. Es sei erwähnt, daß viele außertropische Zyklonen nach Nordosten (auf der Südhalbkugel nach Südosten) ziehen, während sich Hochdruckgebiete, wenn sie gut entwickelt und mit Polarluft-Ausbrüchen gekoppelt sind, in östlicher oder südöstlicher Richtung (S.H. nordöstlicher) verlagern.

Wichtiger jedoch als die Kenntnis der normalen Verlagerung der Wettersysteme ist die fortgesetzte Kontrolle der aktuellen Verlagerung und Entwicklung des Wetters. Man muß die vorhergehende Karte oder die vorhergehenden Karten studieren, will man den größten Nutzen aus der laufenden Karte ziehen. Das hilft sehr beim Abschätzen der zukünftigen Verlagerung und Entwicklung der Tief- und Hochdruckgebiete sowie der Fronten. Einige Hilfsregeln hierzu sind im Abschnitt 8.6 zusammengestellt.

Zur Feststellung der Verlagerungstendenzen ist es vorteilhaft, die Fortbewegungen entweder in die Wetterkarte selbst oder in eine besondere Zugbahnkarte einzutragen. Abb.39 zeigt ein Beispiel von Zyklonen-Zugbahnen während des ersten Teiles des Januar 1961 über dem Nordatlantik. Die Positionen der Tiefdruckgebiete sind durch  $\ominus$  bezeichnet. Die Kerndrucke sind unter den Positionen, Datum und Uhrzeit über ihnen eingetragen. 0112 bedeutet dabei die Lage eines Tiefdruckzentrums am 1. Januar um 1200 MGZ. Die Verlagerung des Azorenhochs ist während dieser Periode so gering, daß seine Positionen nur alle 24 Stunden eingezeichnet sind. Das Hoch ist gut entwickelt (1035 - 1030 mb) und fast stationär. Die umhüllende Isobare von 1020 mb wurde für den 1. und 5. Januar (0000 MGZ) gezeichnet. Sie zeigt fast die gleiche Form und Ausdehnung des subtropischen Hochs an.

Wenn der Kapitän eine amtliche Zugbahn-Vorhersage erhalten hat, so sollte er sich auf diese verlassen, falls nicht spätere Schiffsmeldungen, seine eigenen Beobachtungen oder ein späterer Wetterbericht für die Schifffahrt darauf hinweisen, daß die Vorhersage unrichtig war. Auf jeden Fall ist es nützlich, immer die Druckzentren einzutragen, um so einen ersten Anhaltspunkt für die erwartete Verlagerung und Entwicklung zu bekommen.

#### 8.4 Die Typen der Großwetterlage

Außer der Wanderung und Entwicklung des Wetters gibt es auch eine Veränderlichkeit in der Form der allgemeinen Zirkulation, von der verschiedene Typen unterschieden werden können. Sie werden Großwetterlagen genannt, weil sie durch deutliche Unterschiede in der allgemeinen Druckverteilung, in der Verteilung von Warm- und Kaltluftmassen und nicht zuletzt in den vorherrschenden Zugbahnen der zyklonalen Störungen, ihrer Verlagerungsrichtung und Geschwindigkeit gekennzeichnet sind.

In einem Falle kann zum Beispiel die Hauptachse des subtropischen Hochs (N.H.) 5 bis 10° südlich ihrer Normalposition liegen, und der Druck mag geringer als normal sein. Gleichzeitig liegt der Westwindgürtel weiter südlich als gewöhnlich, und die Zugbahnen der Sturmzyklonen liegen zwischen 30° und 45°N. In einem anderen Falle kann das subtropische Hoch (N.H.) 10 bis 20 mb stärker als normal sein und 1000 sm nordöstlich seiner Normalposition liegen. Der Westwindgürtel ist dann polwärts verschoben, und die Zugbahnen der Stürme mögen 60°N überschreiten.

Die Abbildungen 40 und 41 zeigen für den Ostteil des Nordatlantik einige Typen von Großwetterlagen. Sie sind durch 5-tägige Mittel der Druckverteilung dargestellt.

Abb.40 A gibt drei Beispiele einer nördlichen Westlage vom Mai 1956:

- 15. = 5-Tage-Mittel (13. - 17.Mai 1956)
- 21. = 5-Tage-Mittel (19. - 23.Mai 1956)
- 27. = 5-Tage-Mittel (25. - 29.Mai 1956)

Hier ist das Azorenhoch nach Norden verlagert, gleichzeitig ist es stärker als normal. Das Islandtief befindet sich in einer mehr nördlichen bis nordöstlichen Position als normal und weist eine für die Jahreszeit übernormale Intensität auf. Die Westwindzone ist ziemlich stark entwickelt, aber nur nördlich von 50°N. So sind die Bedingungen für Reisen nach Westen von Nordschottland aus ungünstig, dagegen günstig für Fahrten nach Westen und Südwesten vom Englischen Kanal aus.

Abb.40 B zeigt drei Beispiele einer südlichen Westlage vom Januar 1955:

- 5. = 5-Tages-Mittel (3. - 7. Jan. 1955)
- 11. = 5-Tages-Mittel (9.- 13. Jan. 1955)
- 17. = 5-Tages-Mittel (15.- 19. Jan. 1955)

Das Islandtief ist in zwei Teile aufgespalten. Der eine Teil liegt über der Barentssee und Nordeuropa, der andere östlich bis südöstlich Neufundland. Das Azorenhoch ist aus seiner normalen Lage nach Südosten

verschoben. Im größten Teil dieser Periode wehen in den subtropischen Breiten starke südwestliche Winde, so daß die Bedingungen für Reisen vom Englischen Kanal über die Azoren nach Westindien sehr ungünstig sind. Östliche Winde sind nördlich von  $50^{\circ}\text{N}$  anzutreffen und würden hier Reisen nach Westen stark begünstigen.

Abb.41 A gibt drei Beispiele einer Blockierungslage vom Februar 1956:

- 1. = 5-Tage-Mittel (30.Jan. - 3.Febr. 1956)
- 7. = 5-Tage-Mittel ( 5. - 9.Febr. 1956)
- 13. = 5-Tage-Mittel (11. - 15.Febr. 1956)

Über Skandinavien, den Britischen Inseln und den angrenzenden Seegebieten liegt ein blockierendes Hoch. Die Westwindzone ist sehr stark verkleinert oder fehlt praktisch im Kartenausschnitt. Ein deutliches Azorenhoch ist nicht vorhanden. Die Haupttätigkeit der Tiefdruckgebiete spielt sich nahe der Ostküste Grönlands ab, wobei eine Zone starker südlicher Winde an das blockierende europäische Hoch grenzt. Wegen des Fehlens oder der Einschränkung der Westwindzone sind die Bedingungen auf den hauptsächlichlichen Wegen nach Westen im Nordatlantik relativ günstig.

Abb.41 B gibt drei Beispiele für eine "nicht jahreszeitgemäße Zirkulations-Aktivität" im Juli 1954:

- 17. = 5-Tage-Mittel (15. - 19.Juli 1954)
- 23. = 5-Tage-Mittel (21. - 25.Juli 1954)
- 29. = 5-Tage-Mittel (27. - 31.Juli 1954)

Die Druckverteilung ist für diese Sommerperioden nicht weit vom Normalen, aber sowohl das Azorenhoch als auch die Tiefdruckzone im Norden und Nordosten davon weisen übernormale Intensität auf. Die Westwinde sind in der Nordsee und auch westlich der Britischen Inseln für die Jahreszeit stark entwickelt; das mittlere Druckgefälle ähnelt winterlichen Verhältnissen. Die Bedingungen zwischen  $50^{\circ}$  und  $60^{\circ}\text{N}$  sind für die Atlantik-Wege nach Westen ungünstig, während sie auf den Routen nach Südwesten in einiger Entfernung vom Englischen Kanal recht günstig sind. Die Einzel-Wetterlage ist nicht immer einem bestimmten und sauberen Typus zuzuordnen; es kommen viele Zwischenlagen vor. Trotzdem wird es ganz nützlich sein, zu prüfen, welchem Typ der Großwetterlage die an Bord gezeichnete Wetterkarte am nächsten kommt.

## 8.5 Die Typen von Stürmen

Die Stürme können im Prinzip aufgeteilt werden in zyklonale und antizyklonale, wandernde und stationäre, Drehstürme und richtungskonstante Stürme.

Die große Mehrzahl der Stürme gehört zum zyklonalen Typ, aber einige sind auch antizyklonal. Verschiedene Kombinationen der oben genannten Charakteristiken sind möglich, und der Seemann sollte sich der Tatsache bewußt sein, daß zyklonale Stürme mit ausgesprochenem Druckfall und nachfolgendem Druckanstieg nicht den einzigen Typ darstellen. Einige Kombinationen seien hier erwähnt.

### (a) Zyklonal - wandernd - drehend

Dies ist der allgemeinste Typus. Stürme, die von tropischen Zyklonen (Hurrikan, Taifun) und von außertropischen Zyklonen genügender Intensität hervorgerufen werden, gehören hierher. In besonderen Fällen können sie eine Zeit lang stationär werden, aber die Verlagerung des Sturmfeldes, begleitet von einer zyklonalen Winddrehung an einem festen Platz, ist die Regel. Der Gürtel der "roaring forties" auf der Südhalbkugel sei hier erwähnt wegen seiner fast endlosen Kette von starken und stürmischen zyklonalen westlichen Winden, die einander mit kurzen Unterbrechungen folgen.

### (b) Antizyklonal - wandernd - richtungskonstant

Dieser Typ ist mit Polarluft-Ausbrüchen der kalten Jahreszeit verbunden, die mit einem kräftigen, wandernden Hoch gekoppelt sind. In diese Kategorie gehören die Norder im Golf von Mexiko, die hauptsächlich vom November bis März auftreten. Ein Hoch, oft mit Kerndrucken von 1030 bis 1050 mb, das sich über Texas oder die westlichen großen Ebenen ostwärts verlagert, ist hierbei mehr der Sturmproduzent als ein vorangehender Tiefausläufer. Unterstrichen wird dies durch die Tatsache, daß vor dem Ausbruch des Norder oft kein oder zumindest kein ausgeprägter Druckfall im Golf auftritt. Druckanstieg ist dagegen ein deutliches Kennzeichen des Norder. Dabei gibt es keine wesentliche Drehung der stürmischen Winde. Sie mögen mit NNW einsetzen und mit NNE enden, aber die Änderung erfolgt allmählich.

Ähnliche Stürme sind auch in anderen subtropischen Gebieten der Erde anzutreffen. Der Pampero und der black south-easter der Südhemisphäre gehören ebenfalls in diese Kategorie.

### (c) Zyklonal - stationär - richtungskonstant

Dieser Typ kommt in Küstengewässern vor. Die dalmatinische Bora und der Mistral des westlichen Mittelmeeres können dazu gerechnet werden. Meist werden diese Stürme durch ein Tief mit entsprechendem Druckfall ausgelöst, wenn sie auch nur in einem Sektor des Tiefs auftreten

und hier durch den starken Druckgradienten zu einem angrenzenden Hochdruckgebiet in Gang gehalten werden.

Dieser Sturmtyp tritt auch auf, wenn sich ein okkludiertes Tief oder ein Tiefausläufer mit einer Front gegen ein stationäres kontinentales Hoch bewegt. Die Zyklone und der Tiefausläufer brauchen keinen Sturm zu besitzen; wenn sie aber gegen das stabile Hochdruckgebiet andrängen, so verstärkt sich der Druckgradient, was zu einem Sturm führen kann. Wenn in der kalten Jahreszeit ein mächtiges Hoch über Nordeuropa liegt, entstehen auf diese Weise Perioden stürmischer südlicher oder südöstlicher Winde über der Nordsee und dem Nordmeer.

(d) Antizyklonal - stationär - richtungskonstant

Ein sich verstärkendes Hoch kann an seinem Rande stürmische Winde hervorrufen, die aber meist auf eine Seite beschränkt sind. Ein Beispiel ist der portugiesische Norder, der infolge eines sich verstärkenden Azorenhochs bis zu Sturmesstärke anwachsen kann. Geringer Druckfall über Spanien wird eine solche Windverstärkung unterstützen. Im Gegensatz zum Norder des Golfs von Mexiko ist der Norder westlich Portugal hauptsächlich eine Erscheinung der warmen Jahreszeit.

Ähnliche Stürme kommen manchmal am Rande anderer quasistationärer Hochdruckgebiete vor. Dies können subtropische, kontinentale oder polare Hochdruckgebiete sein. Die Santa Ana von Südkalifornien ist ein antizyklonaler Wind, der von den Hochländern von Nevada und Nord-Arizona herunterkommt und der Küste warme, trockene, manchmal mit Staub angefüllte Luft bringt. In Abhängigkeit von der Stärke des Hochs über dem Great Basin und seines südwestlichen Abfalles kann die Santa Ana so stark werden, daß sie für die Schifffahrt gefährlich wird, besonders im Hafengebiet von Los Angeles.

Es wäre möglich, noch andere Typen oder Kombinationen herauszustellen. Jedoch sollte dies genügen um zu zeigen, daß die Stürme in erster Linie vom Druckgefälle abhängen, und daß - obwohl der erforderliche Druckgradient meist mit einer wandernden Zyklone verbunden ist - der Drehsturm nicht der einzige Typ ist, der existiert. Beim Studium der Wetterkarte sollte der Seemann nicht nur auf die Zugbahnen von Stürmen achten, sondern auch auf die Möglichkeit der Entwicklung starker Druckgradienten in anderen Gebieten.

In diesem Zusammenhang sei, als zusätzliches Mittel zum Verständnis des in einer Wetterkarte dargestellten Bildes, noch ein Beispiel zur Wirkung der Isobarenkrümmung auf die Windgeschwindigkeit gegeben (s. Abb.42). Die Windgeschwindigkeitswerte an der linken Seite der Linien zeigen, daß die Geschwindigkeiten für einen gegebenen Isobarenabstand viel höher sind, wenn die Isobaren antizyklonal gekrümmt oder gerade Linien sind, als wenn sie zyklonal gekrümmt sind. Die auf der rechten Seite der Abbildung an die Linien angeschriebenen Zahlen

geben den Radius der Kurven an. Für die in der Abbildung eingetragenen Geschwindigkeitswerte wurde ein Isobarenabstand von 105 sm für den Schritt von 5 mb und die geographische Breite von  $40^{\circ}$  zu Grunde gelegt. Weiter sind die dargestellten Geschwindigkeitswerte solche, die im Verhältnis zu den - für die freie Atmosphäre - berechneten Werten wegen der Wirkung der Bodenreibung um 30% vermindert sind. Die angegebenen Windgeschwindigkeitswerte wären zu erniedrigen, wenn der benutzte Isobarenabstand größer als 105 sm oder wenn die gewählte Breite höher als  $40^{\circ}$  wäre. Ebenso gilt natürlich umgekehrt: Eine stärkere Drängung der Isobaren oder ein Wechsel zu geringerer geogr. Breite würde für die in der Abb.42 gewählten Kurven höhere Geschwindigkeiten ergeben.

## 8.6 Allgemeine Vorhersage-Regeln

Alle Vorhersage-Regeln sind mit Vorsicht zu gebrauchen. Die Gültigkeit jeder Regel ist begrenzt; und es mag manchmal zweifelhaft sein, welche von den verschiedenen Regeln bei einer besonderen Wetterlage angewandt werden sollte. Falls der Kapitän eine amtliche Vorhersagekarte oder Vorhersagen über Lage und Intensität der wesentlichen Druckgebilde oder eine direkte Wettervorhersage für das Seegebiet in der Umgebung seiner Fahrtroute erhalten hat, sollte er keine eigenen Vorhersagen zu machen brauchen. Der zentrale Wetterdienst an Land besitzt weit mehr aktuelles Material, als er zur Verfügung hat. Zudem werden diese Daten von Berufsmeteorologen in vollem Umfange ausgewertet.

Jedoch kann es Zeiten geben, in denen das Gebiet unmittelbaren Interesses von Vorhersagen der Meteorologischen Dienste nur unvollkommen erfaßt ist. Die nachfolgenden Regeln können dann helfen bei der Abschätzung der Verlagerung von Tief- und Hochdruckgebieten sowie Fronten, der Änderungen der Intensität der Drucksysteme und dergleichen mehr.

### 8.6.1 Die Regeln von der Erhaltungsneigung

Die allgemeinste Regel ist die von der Erhaltungsneigung. Sie bedeutet das Extrapolieren in die Zukunft mit den gleichen Beträgen von Verlagerung und Intensitätsänderung des Systems, wie sie bisher aufgetreten sind. Abb.43 möge das Verfahren veranschaulichen. Die aktuelle Wetterkarte zeigt das Zentrum eines Tiefs mit einem Druck von 1000 mb in B. 24 Stunden vorher möge sein Zentrum in der Wetterkarte bei A, 480 sm westlich von B gelegen haben, mit einem Druck von 995 mb. Eine Vorhersage mittels der einfachen Erhaltungsneigung würde bedeuten, daß das Tief in den nächsten 24 Stunden nach  $C_1$  ziehen und sich weiter auf 1005 mb auffüllen würde.

Diese Extrapolationsmethode kann auch angewandt werden, wenn die bisherige Fortbewegung nach Richtung und/oder Geschwindigkeit nicht einheitlich war, vorausgesetzt allerdings, daß sie in bezug auf die "Bahntendenz" (Krümmung, Beschleunigung, Verzögerung) einheitlich war. Tendenzen in bezug auf die Intensität können in ähnlicher Weise berücksichtigt werden.

Um auf Abb.43 zurückzukommen, so mögen Zwischenkarten zeigen, daß die Verlagerung des Tiefs von A nach B nicht in einer geraden Linie, sondern auf gekrümmter Bahn erfolgte, wie hier dargestellt. Auch die Änderung des Kerndruckes (995-1000) möge nicht einheitlich gewesen sein, sondern wie folgt vor sich gegangen sein: 995 - 1000 - 1005 - 1005 - 1000. Die Extrapolation der letzten Tendenzen würde zu der Vorhersage führen, daß sich das Tief in den nächsten 24 Stunden nach C<sub>2</sub> bewegen und auf 980 mb vertiefen sollte.

Die C<sub>2</sub>-Vorhersage weicht stark von der C<sub>1</sub>-Vorhersage ab, kann aber der wirklichen Entwicklung näher kommen, da sie sich auf eine genauere Lebensgeschichte im Zeitraume A - B gründet. Damit soll unterstrichen werden, daß eine dichtere Folge von Wetterkarten die Güte der Vorhersagen verbessert. Mit zwei oder vier täglich an Bord gezeichneten Wetterkarten ist die Überwachung der Wetterentwicklung weit besser als mit nur einer Karte pro Tag. Im Falle der Abb.43 würde eine an Bord gezeichnete Wetterkarte von (B + 6 Stunden) = 18<sup>h</sup> Aufschluß darüber geben, ob die C<sub>2</sub>-Vorhersage (SE-Kurs und Vertiefung) sich zu realisieren beginnt oder nicht.

Dies einfache Verfahren der Extrapolation beruht auf der Erhaltungseigung der Bahn- und Drucktendenzen. Für kurze Zeitabschnitte ist die Erhaltung relativ hoch, für längere nimmt sie jedoch ab. Nach dieser Methode aufgestellte Vorhersagen haben die besten Ergebnisse für einen 6-stündigen Zeitraum. Vorhersagen für 12 bis 24 Stunden werden ein viel weniger befriedigendes Resultat erzielen. Das Verfahren der Extrapolation kann jedoch durch Berücksichtigung des klimatischen Hintergrundes und der Grundzüge der Einzel-Wetterkarte verbessert werden.

Was den klimatischen Hintergrund betrifft, so gibt es Seegebiete, in denen die Tiefs die Tendenz haben, ihre Bahn beizubehalten, und andere, in denen sie die Tendenz haben, ihre Bahn zu ändern. Die Tendenz tropischer Zyklonen, in gewissen Seegebieten eine gekrümmte Bahn einzuschlagen, ist wohl bekannt. Diese Umbiegungs-Gebiete unterliegen außerdem jahreszeitlichen Verlagerungen. Abb.44 zeigt zum Beispiel die prozentuale Häufigkeit tropischer Wirbelstürme, die im August im südwestlichen Nordatlantik, einschließlich des Golfs von Mexiko, ihre Zugbahn beibehielten. Die Abbildung stellt die Häufigkeit der Stürme dar, deren 24-stündige Wanderung nicht mehr als 10 Grad von dem 24

Stunden vorher zurückgelegten Kurs abwich (die Erhaltungsneigung der Geschwindigkeit wurde dabei nicht untersucht). Die Wahrscheinlichkeit dafür, daß sich ein Wirbelsturm in der vorherigen Richtung weiter bewegt, ist im August offensichtlich östlich und westlich der Kleinen Antillen groß, aber vor der Küste von Carolina sehr gering. Dies zeigt, daß eine 24-stündige, auf der vorherigen Zugbahn basierende Prognose in der tropischen Zone mit mehr als 80% Bahn-Beständigkeit erheblich mehr Erfolg verspricht als weiter im Norden.

Ebenso gibt es Gebiete, in denen außertropische Zyklonen häufiger gekrümmte Bahnen verfolgen. Eines von diesen ist die Irminger-See zwischen Island und Grönland. Die Tiefdruckgebiete drehen hier gern in zyklonalem Sinne ein und verlangsamen dabei gleichzeitig ihr Fortschreiten, woraus letzten Endes das mittlere Islandtief der Klimakarten resultiert.

Auch bezüglich der Verlagerungsgeschwindigkeit der Systeme gibt es gewisse Meeresgebiete, in denen die Tendenz einer Beschleunigung oder Verzögerung der Bewegung der Drucksysteme besteht. Tropische Zyklonen verlangsamen sich während eines scharfen Umbiegens und nehmen wieder zunehmend Fahrt auf, nachdem sie nach Osten eingedreht haben. Außertropische Zyklonen haben in Gebieten, in denen ausgeprägte Gegensätze zwischen warmen und kalten Wassermassen bestehen, und stromabwärts solcher Gebiete die Tendenz, schneller zu wandern. Im Nordatlantik ist es etwa das Gebiet südlich und östlich von Neufundland, das den Zyklonen eine Beschleunigungstendenz verleiht.

#### 8.6.2 Die Regel von Guilbert - Grossmann

Beim Abschätzen der Verlagerungsgeschwindigkeit von Druckgebilden kann auch die Regel von Guilbert - Grossmann eine Hilfe sein. Sie lautet:

"Ein Tiefausläufer - oder selbst ein abgeschlossenes Tief - neigt dazu, sich in 24 Stunden an den Ort des vorausgehenden Hochdruckkeiles oder Hochs zu verlagern, während ein Hochdruckkeil sich in 24 Stunden gern an die Stelle des vorausgehenden Tiefausläufers bewegt."

Wenn die Westwinde erheblich stärker als normal sind, kann die Verlagerungsgeschwindigkeit eines Tiefausläufers doppelt so groß sein, so daß er nach 24 Stunden an der Stelle des vorausgegangenen Ausläufers liegt (s. Abschnitt 9.1(g) zum Vergleich). Der häufigere Zeitabstand von einem Tiefausläufer zum nächsten (oder von einem Hochdruckkeil zum nächsten) ist jedoch etwa 48 Stunden. Daher rührt auch die Redensart: "Freitagswetter - Sonntagswetter.". Diese Regel gilt für gemäßigte Breiten. In subtropischen und tropischen Breiten beträgt das Intervall

zwischen wandernden Störungen häufiger etwa 5 Tage. Dies gilt sowohl für die Ostverlagerung subtropischer Hochdruckzellen als auch für die Bewegung der zyklonalen "easterly waves" der Tropen nach Westen.

### 8.6.3 Die Regel der verbindenden Isobaren

Wenn kein deutlicher Hochdruckkeil vor einem wandernden Tief vorhanden ist, kann die folgende Regel von Nutzen sein:

"Wenn ein Haupttief und ein Randtief verbindende, gemeinsame Isobaren haben, so bewegt sich das Randtief so um das Haupttief, daß sein Zentrum nach 24 Stunden nahe der niedrigsten verbindenden Isobare liegt".

Die Abb.45 (nordostatlantische Wetterkarte vom 26. April 1955 1200 MGZ) veranschaulicht diese Regel. Die niedrigste gemeinsame Isobare, die das Haupttief im Norden mit dem Randtief im Süden verbindet, ist die von 1000 mb. Nach 24 Stunden hat sich das südliche Tief zum Punkt A auf der 1000-mb-Isobare verlagert (unter gleichzeitiger Vertiefung auf 985 mb).

## 9. SPEZIELLE VORHERSAGE-REGELN

Es gibt eine Anzahl praktischer Vorhersageregeln, die für den Seemann von Nutzen sein können. Es sei jedoch betont, daß es sich bei diesen Regeln um vereinfachte Folgerungen aus komplizierten physikalischen Gesetzen handelt und daß sie deshalb ihre Grenzen und Unzulänglichkeiten bei der Anwendung haben.

### 9.1 Die Wanderung und Entwicklung von Tiefdruckgebieten

- (a) Ein Tief mit einem Warmsektor zieht "stromabwärts" parallel zur Richtung der Isobaren im Warmsektor mit einer Geschwindigkeit, die etwa 80% des aus dem Isobarenabstand abgeleiteten Gradientwindes beträgt.
- (b) Hat ein Tief einen großen offenen Warmsektor, so ist eine Vertiefung zu erwarten.
- (c) Die Vertiefung einer Zyklone nimmt im allgemeinen mit der Einengung des Warmsektors (die Kaltfront nähert sich der Warmfront) zu; sie nimmt ab, wenn der Okklusionsprozeß vor sich geht.
- (d) Ist ein Tief fast okkludiert, so zieht es weniger schnell (obgleich es sich noch eine Weile vertiefen kann).
- (e) Okkludierte Zyklonen haben die Tendenz, nach links (S.H. nach rechts) von ihrer bisherigen Zugbahn abzuweichen. Gleichzeitig neigen sie dazu, langsamer oder (nahezu) stationär zu werden.

- (f) Wenn große Zyklonen vollständig okkludiert sind, so bewegen sie sich sehr langsam und in unregelmäßigen Bahnen. Solch ein Tief wird auch Haupt- oder Zentraltief genannt.
- (g) Kleinere Tiefdruckgebiete, die in die Zirkulation eines größeren Systems einbezogen wurden, folgen bei ihrer Fortbewegung der Hauptzirkulation. Randtiefs haben z.B. die Tendenz, sich in zyklonalem Sinne um das Haupttief zu bewegen. Wenn das Randtief an Umfang und Intensität mit dem Haupttief vergleichbar ist, so neigen beide dazu, sich hantelartig in zyklonalem Sinne umeinander zu bewegen. Die Zuggeschwindigkeit des Randtiefs variiert mit der Windstärke in der Zirkulation um das Haupttief.
- (h) Eine frontlose Zyklone neigt dazu, sich in der Richtung der stärksten Winde des Wirbels fortzubewegen, d.h. in Richtung jener Isobaren, die die stärkste Drängung aufweisen.
- (i) Frontalzyklonen treten gern in Familien auf. Jedes Tief folgt dabei angenähert der Bahn des vorangegangenen, jedoch etwas nach niedrigeren Breiten verschoben.
- (j) Je mehr sich ein Randtief vertieft, desto mehr nähert es sich dem Zentrum des Haupttiefs. Es kann dabei das Haupttief eventuell in sich aufnehmen und selbst zum Haupttief werden.
- (k) Tiefdruckgebiete neigen dazu, große, warme Hochdruckgebiete zu umfahren und zwar in der Richtung der Luftströmung an ihrem Rande. Es ist zu beachten, daß auf der Nordhalbkugel sich die Warmluft auf der rechten Seite, auf der Südhalbkugel auf der linken Seite der Zyklonenbahn befindet.
- (l) Okkludierte Zyklonen neigen dazu, sich abzuschwächen oder aufzufüllen. Diese Tendenz ist über einer relativ kalten Meeres- oder Landfläche besonders ausgeprägt.
- (m) Eine okkludierte oder frontlose Zyklone verstärkt sich über warmen subtropischen Gewässern manchmal für ein bis zwei Tage, bevor sie beginnt sich aufzufüllen.
- (n) Wenn sich ein Teiltief am Okklusionspunkt bildet (das ist der Punkt, in dem sich Warm- und Kaltfront zur Okklusionsfront vereinigen), so bewegt es sich in Richtung der Warmsektor-Isobaren weiter oder sogar etwas nach rechts davon.
- (o) Wenn einer frontalen Wellenstörung (sehr breiter Warmsektor) in relativ kurzem Abstände eine weitere folgt, so ist es unwahrscheinlich, daß sich erstere vertieft und zu einem kräftigen Tief entwickelt. Die Vertiefung einer Wellenstörung zu einer kräftigen Zyklone tritt normalerweise dann ein, wenn genügend Kaltluft dahinter faßt. Angezeigt wird dies durch mehrere die Kaltfront schneidende Isobaren.

## 9.2 Die Wanderung tropischer Zyklonen

Abb. 46 zeigt die typischen Zugbahnen tropischer Zyklonen für die verschiedenen Gebiete ihres Vorkommens. Die Zugbahnen im einzelnen können mehr oder weniger stark von den generalisierten der Abbildung abweichen. Die folgenden Regeln lassen sich auf die Wanderung tropischer Zyklonen anwenden:

- (a) Tropische Zyklonen neigen dazu, um das angrenzende subtropische Hoch zu kurven.

Anmerkung: Die jahreszeitliche Änderung der Lage des "steuernden Hochs" verursacht eine jahreszeitliche Änderung der mittleren Zugbahnen der tropischen Zyklonen, z.B. für nordpazifische Taifune:

Juli - August	25°N	geogr. Breite des Umbiegens
November - April	18°N	

Zyklonen des südlichen Indischen Ozeans:

Januar - Februar	22°S	geogr. Breite des Umbiegens
April	15°S	

- (b) Das Umbiegen tropischer Zyklonen kann in sehr niedrigen Breiten ausbleiben, z.B. in der Karibischen See, bei den südlichen Philippinen oder nördlich Madagaskar.
- (c) Die polwärts gerichtete Komponente der Zyklonenzugbahn ist größer, als es der allgemeine Verlauf der Bodenisobaren außerhalb der Zirkulation der Zyklone anzeigt.
- (d) Wenn ein ostwärts wanderndes Hoch die Zyklone blockiert, so kann, wenn das Hoch relativ kräftig ist, eine Änderung der Zugbahn des Sturmes eintreten. Die Blockierungswirkung, die in einer Änderung der bisherigen Zugbahn der Zyklone nach links (auf der Südhalbkugel nach rechts) besteht, nimmt normalerweise mit zunehmender Breite und fortschreitender Jahreszeit ab.
- (e) Wenn ein außertropischer, eine Kaltfront enthaltender Tiefausläufer südwärts bis in die Nachbarschaft einer tropischen Zyklone vordringt (nordwärts auf der Südhemisphäre), so wird sich die Zyklone wahrscheinlich in der allgemeinen Richtung des Tiefausläufers und seiner Kaltfront fortbewegen.

Anmerkung: Diese Regel ist auf Zyklonen anzuwenden, die schon mittlere Breiten erreicht haben (mehr als 30°- 35°N oder mehr als 25°- 30°S). In vorgerückter Jahreszeit können Zyklonen diese Regel selbst in niedrigeren Breiten befolgen.

### 9.3 Die Verlagerung und Entwicklung von Hochdruckgebieten

- (a) Hochdruckkeile zwischen Tiefdruckgebieten verlagern sich in der gleichen Richtung und mit der gleichen Geschwindigkeit wie die Tiefdruckgebiete selbst.
- (b) Ein postfrontales kaltes Hoch verstärkt sich gewöhnlich, während es nach Süden vorrückt (auf der Südhalbkugel nach Norden), gleichzeitig neigt das vor der Front liegende warme subtropische Hoch dazu sich abzuschwächen.
- (c) Die Zugbahn eines wandernden kalten oder halbwarmen Hochs mit geschlossenen Isobaren weicht gewöhnlich nach rechts (auf der Südhalbkugel nach links) von der Zugbahn der vorangehenden Zyklone ab.
- (d) Ein kaltes Hochdruckgebiet, das sich in mittleren oder subtropischen Breiten verlangsamt oder quasistationär wird, wandelt sich bald in ein relativ warmes Hoch um. Es wirkt dann für die Zyklogen auf seiner polwärts gelegenen Seite als Steuerungszentrum (s. Regel in Abschnitt 9.1 (k) ).
- (e) Kleine abgeschlossene Hochdruckgebiete wandern gewöhnlich schneller als große. Große, warme Hochdruckgebiete haben die Tendenz, sich nur langsam und manchmal in unregelmäßiger Weise zu verlagern.

### 9.4 Das Fortschreiten der Fronten

- (a) Die Geschwindigkeit einer Front wird weitgehend von der Größe der rechtwinklig zum Frontverlauf bestehenden Komponente des Windes bestimmt. So sind dichtgedrängte Isobaren, die eine Front kreuzen, ein Anzeichen für schnelle Bewegung der Front.
- (b) Eine Warmfront bewegt sich um so schneller voran, je mehr der Druck vor ihr fällt, eine Kaltfront um so schneller, je mehr Druck hinter ihr steigt.
- (c) Eine isobarenparallele Front ist stationär oder verlagert sich nur langsam, während der Frontcharakter sich abschwächt oder verschwindet.
- (d) Eine Front, die in der Achse einer Tiefrinne liegt und von keiner Isobare geschnitten wird, ist stationär, wenn die Druckänderungen nicht so sind, daß sich die Tiefdruckrinne insgesamt verlagert. In diesem Falle wandert die Front mit der Tiefdruckrinne.
- (e) Wenn eine Okklusionsfront sich einem stationären (kontinentalen oder blockierenden) Hoch nähert, so nimmt ihre Verlagerungsgeschwindigkeit ab.
- (f) Warmfronten bewegen sich gewöhnlich 70 bis 50 Prozent langsamer, als der rechtwinklig zum Frontverlauf herrschende Gradientwind anzeigt.

### 9.5 Der Niederschlag an Fronten

- (a) Frontgebundene Niederschläge sind im allgemeinen um so intensiver, je schärfer die Windkonvergenz an der Front ist (angezeigt durch den Winkel der Isobaren und die daraus resultierende Winddrehung).
- (b) Die präfrontale Niederschlagszone an einer Warmfront ist schmal, wenn die Achse des präfrontalen Hochdruckkeiles relativ nahe der Warmfront liegt.
- (c) An einer Warmfront tritt ein ausgedehntes präfrontales Niederschlagsgebiet auf, wenn im Warmsektor ein starker Druckgradient herrscht und kein ausgeprägter Hochdruckkeil davor liegt.
- (d) In subtropischen Breiten ist die Wetterwirksamkeit von Kaltfronten ausgeprägter als die von Warmfronten. In polaren Breiten haben Warmfronten und Okklusionen vom Warmfronttyp die größere Wetterwirksamkeit.
- (e) Eine langsam wandernde Kaltfront hat normalerweise eine breitere Niederschlagszone als eine schnell wandernde Kaltfront.

Bemerkung: Längs einer schnell wandernden Kaltfront ist oft keine geschlossene Niederschlagszone vorhanden; eher treten einzelne präfrontale Regenböen und Schauer auf. Dagegen kann ein geschlossenes Niederschlagsgebiet längs und hinter einer langsam ziehenden Kaltfront erwartet werden, dafür aber keine Regenböen und Schauer.

### 9.6 Die Steuerung von Drucksystemen

Sehr wichtig ist die Wirkung, die die Temperatur einer Luftmasse - gemittelt über ihre vertikale Erstreckung - auf den Luftdruck in der Höhe ausübt. Kalte Luft hat eine größere Dichte als warme Luft. Deshalb nimmt der Luftdruck in kalten Luftmassen mit der Höhe stärker ab als in warmen Luftmassen. Die Wirkung auf den Luftdruck in der Höhe ist in Abb.47 dargestellt. Wenn zwei Luftsäulen mit einer Differenz von 20°C ihrer Mitteltemperatur und dem gleichen Druck von 1000 mb im Meeresniveau miteinander verglichen werden, so ist der Druck von 500 mb in der warmen Luftsäule 400 m höher zu finden als in der kalten (oder mit anderen Worten, wenn der Luftdruck in der warmen und kalten Luftsäule in der gleichen Höhe bestimmt wird, so ist er in der warmen Luft höher als in der kalten).

Ein Beispiel möge wenigstens die Wirkung der Luftmassentemperaturen auf die Höhenwinde zeigen. Abb.48 zeigt ein kaltes Hoch im Hochwinter, das sich in subtropischen Breiten mit etwa 30 kn nach Osten bewegt. H bezeichnet die aktuelle Lage des Kernes (1028 mb), während H-1 dessen Lage einen Tag vorher und H+1 die Lage einen Tag später angibt.

Die Isobaren 1025 und 1020 mb (dicke Linien) umfassen den Kern im Meeresniveau. Die starken Pfeile bei den Bermudas und östlich von Kap Hatteras zeigen Bodenwinde von 10 kn an, die das Bodenhoch im Uhrzeigersinne umkreisen. Dies Bodenhoch folgt dem ausgedehnten Kaltfront-Ausläufer einer atlantischen Zyklone. Seine Luftmasse, kontinentale Polarluft, in Umwandlung in maritime Polarluft begriffen, ist im Norden viel kälter und von größerer vertikaler Ausdehnung als in subtropischen Breiten. Die Luftsäule von 1000 mb (etwa Meeresniveau) bis 500 mb hat südlich von Bermuda eine Mitteltemperatur von  $0^{\circ}$  und in der Nähe von Neuschottland eine solche von  $-20^{\circ}$ .

Die Differenz von  $20^{\circ}$  Mitteltemperatur ist gleichbedeutend mit einer Differenz von 400 m Schichtdicke der Luftsäulen zwischen 1000 und 500 mb. Die Schichtdicke beträgt für eine Mitteltemperatur von  $0^{\circ}$  5.540 m und für eine von  $-20^{\circ}$  5.140 m.

Auf diese Weise ergeben sich die Höhenlinien (Isohypsen) der 500-mb-Fläche, die durch die dünnen Linien in der Abb.48 dargestellt sind. Dabei liefert die Bodendruckverteilung nur einen geringen Beitrag zum 500-mb-Felde in folgender Weise: In den tieferen Schichten nimmt der Luftdruck mit der Höhe bei 40 m Höhenänderung um 5 mb ab, deshalb:

(a)	bei 1020 mb Druck im Meeresniveau Höhe der 1000-mb-Fläche	160 m
(b)	bei $-20^{\circ}$ Mitteltemperatur Mächtigkeit (Schichtdicke) 1000 - 500 mb	5.140 m
(a) + (b)	resultierende Höhe der 500-mb-Fläche	5.300 m

Die gedrängten Höhenlinien der 500-mb-Fläche zeigen an, daß über der schwachen bis mäßigen antizyklonalen Zirkulation im Meeresniveau in der Höhe Westwinde von Orkanstärke wehen (Bermuda 80 kn; bei Kap Hatteras 50 kn). Das Bodenhoch bewegt sich von West nach Ost gemäß der oberen Luftströmung, die als Steuerungsströmung wirkt, aber nur mit etwa 50 Prozent ihrer Geschwindigkeit (30 kn).

Nach der Beziehung zwischen Luftmassen-Temperaturen und den Verhältnissen in der Höhe können folgende allgemeine Charakteristiken für die Druckgebilde gegeben werden:

- (a) Einem warmen Hoch ist ein Hoch in der Höhe überlagert. Es wird deshalb stationär sein oder sich nur langsam verlagern. Antizyklogen der subtropischen und gemäßigten Breiten, die auf ihrer polaren Seite einen breiten Strom subtropischer Warmluft haben, gehören meist zu diesem Typ.
- (b) Ein kaltes Hoch hat nur eine geringe vertikale Mächtigkeit. Ihm ist eine ausgeprägte Höhenströmung überlagert, weshalb es normalerweise ein wanderndes System ist. Hochdruckkeile zwischen wandernden Tiefdruckgebieten sowie abgeschlossenen Hochs hinter Kaltfronten gehören gewöhnlich zu diesem Typ.

- (c) Einem teilweise warmen Tief ist eine ausgesprochene Höhenströmung überlagert. Es wird sich demgemäß mehr oder weniger schnell fortbewegen. Dies ist der Fall der Warmsektor-Zyklone. Auch tropische Zyklonen, die nach ihrem Umbiegen kalte Polarluft einbeziehen, sowie okkludierte Zyklonen, die mit kälterer arktischer Luft Kontakt bekommen, sind von diesem Typ.
- (d) Über einem kalten Tief liegt auch in der Höhe ein Tief. Es wird sich daher nur langsam bewegen oder stationär werden. Alte okkludierte Zyklonen gehören meist diesem Typ an. Sie werden auch Zentraltiefs genannt.

Wenn der Seemann Höhenkarten wie die 500-mb-Karte über Faksimile zur Verfügung hat, können ihm die folgenden Regeln bei der Bestimmung der Wanderung der Boden-Drucksysteme eine Hilfe sein:

- (a) Die Höhenlinien der 500-mb-Fläche zeigen in etwa die Verlagerungsrichtung solcher Drucksysteme an wie Frontalzyklonen und kalte Hochdruckkeile zwischen ihnen.
- (b) Diese Drucksysteme bewegen sich mit etwa der Hälfte der Geschwindigkeit der Winde im 500-mb-Niveau.
- (c) Die Vorhersage der Wanderung außertropischer Zyklonen mittels der Höhenkarten ist auf flache kleine Tiefdruckgebiete vom Typ der Frontalzyklonen (Warmsektor) beschränkt, deren geschlossene Zirkulation sich noch nicht in der 500-mb-Karte ausprägt.
- (d) Da sich auch die Druckverteilung in der Höhe mit der Zeit ändert, so zeigt die aktuelle 500-mb-Karte die Zyklonenwanderung für die nächsten 6 - 12 Stunden besser an als für 12 - 24 Stunden oder mehr.

Die folgenden Regeln lassen sich auf Änderungen der Höhenkarten anwenden:

- (e) Je stärker und umfangreicher ein Höhenhoch oder ein Höhentief ist, um so langsamer ist seine Verlagerung.
- (f) Flache Höhenträge oder Höhenkeile (mit nur leicht gekrümmten Höhenlinien) wandern relativ schnell, während ausgedehnte und ausgeprägte Höhenträge und Höhenkeile (mit stark gekrümmten Höhenlinien) sich nur langsam verlagern.
- (g) Zyklonen dehnen im Zuge der Entwicklung ihre geschlossene Zirkulation mehr und mehr in die Höhe aus.

#### 9.7 Die Entwicklung von Stürmen

Die normale Entwicklung eines außertropischen Sturmtiefs erfolgt aus einer Warmsektor-Zyklone. Die folgenden Regeln gelten für plötzlichere und extreme Entwicklungen.


### 9.7.1 Die Dreimasseneck-Lage

Wenn eine Dreimasseneck-Konstellation entsteht, wie sie in Abb.49 dargestellt ist, so entwickelt sich binnen 24 Stunden wahrscheinlich ein kräftiges Sturmtief. Ein Dreimasseneck ist der Treffpunkt von drei verschiedenen Luftmassen:

- (a) Maritime Tropikluft als die wärmste Masse südlich von diesem Punkt;
- (b) Kontinentale Polarluft als die kälteste Masse im Westen und Nordwesten des Punktes;
- (c) Rückkehrende maritime Polarluft als eine Zwischenluftmasse im Osten und Nordosten des Punktes.

Drei verschiedene Hochdruckgebiete, deren Achsen in Abb.49 durch - - - eingetragen sind, kennzeichnen die drei verschiedenen Luftmassen. Der Sturm bewegt sich in das Gebiet der Zwischenluftmasse, wo der 24-stündige Druckfall 40 bis 50 mb betragen kann. Im Seegebiet südlich Kap Hatteras sind die Bedingungen für eine Dreimasseneckbildung günstig.

### 9.7.2 Die Ostküsten-Zyklone

Wenn sich einer vertiefenden Warmsektor-Zyklone, die längs der Ostküste eines Kontinents wandert, die Kaltfront eines anderen, kontinentalen Tiefs nähert, so entwickelt sich wahrscheinlich binnen 24 Stunden ein kräftiges Sturmtief. Abb.50 zeigt die Wetterlage vom 12.November 1952, 0000 MGZ. Die Doppellinie  zeigt die Annäherungszone zwischen dem Warmsektortief und der kontinentalen Kaltfront. Die Verteilung ähnelt einer Dreimasseneck-Lage, jedoch liegt nur eine Annäherung statt des Zusammentreffens von zwei Frontsystemen mit drei beteiligten Luftmassen vor. Die Zugbahn und Intensität des daraus hervorgehenden schweren Sturmtiefs ist in Abb.50 für drei Tage eingezeichnet (1300 = 13.November, 0000 MGZ, 965 = Kerndruck 965 mb).

### 9.7.3 Stromabwärts von einem neutralen Punkt

Wenn eine Sattel-Lage mit einem neutralen Punkt zwischen zwei über Kreuz liegenden Hoch- und Tiefdruckgebieten vorhanden ist und dem neutralen Punkte sich eine Warmfront nähert, so entwickelt sich stromabwärts von diesem binnen 24 Stunden wahrscheinlich ein Sturmtief. Die Wetterlage im Nordwesten der Azoren vom 12.September 1951, 0000 MGZ gibt hierfür ein Beispiel (Abb.51). In der Nähe des neutralen Punktes bildet sich an der Warmfront gerade eine kleine Wellenstörung. Die beiden Hochdruckgebiete, im Nordwesten und Südosten, und die beiden Tiefdruckgebiete, im Nordosten und Südwesten, sind zu beachten. Die Frontalstörung zieht stromabwärts nach ENE mit etwa 40 Knoten und vertieft sich rasch, als die Kaltluft aus Nordwesten auf ihrer Rückseite vorstößt. Nach 20 Stunden hat sie sich zu einem Sturmtief von 985 mb entwickelt.

Bei einer ähnlichen Druckverteilung und Sattel-Lage, aber mit einer Front durch den neutralen Punkt N.P. (s. Abb. 52) ist starker Druckfall über einem ausgedehnten Gebiet stromabwärts vom neutralen Punkt zu erwarten. Aber normalerweise führt dieser nur zur Vertiefung der bestehenden Zyklone und begünstigt ihre Ausdehnung oder Verlagerung nach Süden, ohne daß sich ein neues Tief bildet.

#### 9.7.4 Der postfrontale Trog

Wenn eine kräftige Frontalzyklone okkludiert und sich verlangsamt, bildet sich hinter der Okklusionsfront (oder Kaltfront) gern ein Trog aus. Solch ein nichtfrontaler Trog kann drehenden Wind von Orkanstärke und gefährliche Seegangsverhältnisse bringen. Der Abstand zwischen Okklusionsfront und Trogachse kann 200 bis 600 Seemeilen betragen. Wenn nach dem Durchgang einer Okklusion (Kaltfront) der Druck nicht ansteigt, sondern von neuem zu fallen beginnt, wobei der Wind wieder langsam zurückdreht (nachdem er mit dem Frontdurchgang rechtgedreht hat), so sollte ein Trog erwartet werden.

Abb. 53 zeigt eine Troglage bei  $50^{\circ}\text{N}$ ,  $25^{\circ}\text{W}$  am 28. März 1959, 1800 MGZ. Schiffe in der Nähe von  $50^{\circ}\text{N}$  trafen Winde von Orkanstärke bis zu 70 kn an, und die Höhe einiger Wellen nahe der Trogachse wurde auf 18 m und mehr geschätzt.

Ähnliche Entwicklungen können auch auf der Südhalbkugel in den "roaring forties" angetroffen werden. Abb. 54 zeigt das Bild der Abb. 53 auf die Südhemisphäre übertragen, um einen Eindruck davon zu geben, wie auf der Südhalbkugel die entsprechende Wetterkarte aussehen würde.

### 10. BESONDERE WETTERGEFAHREN FÜR DIE SCHIFFFAHRT

#### 10.1 Die Vereisungsgefahr

Starker Eisansatz an den Aufbauten der Schiffe tritt auf, wenn die Lufttemperatur erheblich unter dem Gefrierpunkt liegt und stürmischer Wind oder Sturm weht. Der Eisansatz durch Spritzwasser (Gischt) wird begünstigt durch Oberflächentemperaturen des Wassers um  $0^{\circ}\text{C}$ . Kleinere Schiffe, wie z.B. Trawler, unterliegen der Gefahr des Kenterns bei schwerer Vereisung, aber auch für größere Schiffe kann Vereisung vom Übel sein. Abb. 55 zeigt typische Wetterlagen für schwere Schiffsvereisung für die Seegebiete:

- (a) im Nordwesten von Island;
- (b) in der Nähe von Südgrönland;
- (c) östlich von Neufundland und Südlabrador.

In jedem der drei Fälle wehen, verursacht durch den steilen Druckgradienten einer tiefen Zyklone, Winde zwischen Bft-Stärke 10 und 12. In dem Gebiet schwerer Vereisung betrug die Lufttemperatur  $-5^{\circ}$  bis  $-9^{\circ}\text{C}$ , und die Oberflächentemperatur des Wassers lag bei  $0^{\circ}\text{C}$ .

Der Seemann sollte nicht nur die Zugbahn und Intensität solcher Zykklonen beachten, sondern auch die Wahrscheinlichkeit prüfen, ob extrem kalte kontinentale Luft sein Schiff erreicht. Die Temperatur der Frostluft wird erheblich gemäßigt, wenn sie lange Strecken über offenes Wasser weht. Ein rechtzeitiger Rückzug des Schiffes in wärmeres Wasser oder unter Landschutz sollte nach Möglichkeit angetreten werden.

Wenn bei Schiffen Vereisung der Aufbauten eintritt, sollten sie das entweder in Textform den Wettermeldungen anhängen oder die Schlüsselgruppe  $2I_sE_sE_sR_s$  benutzen (s. Schlüsselform FM 21.D, FM 22.D, FM 23.D). Wird die Textform gewählt, sollte das Wort "ICING" vorangestellt werden. Eine TTT-Meldung (Navigations-Warnung) in Textform ist von jedem Schiff abzusetzen, das schwere Vereisung erfährt.

## 10.2 Die Gefahr dichten Nebels

Seenebel wird vor allem durch Warmluft verursacht, die über relativ kaltes Wasser fließt. Gebiete oder breite Zungen kalten Wassers, die von wärmeren See- oder Landgebieten umgeben sind, begünstigen die Nebelbildung in besonderem Maße. Solche Gebiete mit kaltem Wasser können sich ergeben aus der Advektion durch polare Meeresströmungen (wie den Labradorstrom), aus dem Aufquellen kalten Wassers in der Nähe gewisser Küsten (z.B. an der Westküste Nord- und Südafrikas, den Küsten von Chile und Kalifornien), aus dem vertikalen Mischungseffekt von Gezeitenströmen (z.B. im Englischen Kanal) oder aus der größeren jahreszeitlichen Erwärmung der umgebenden Landmassen (z.B. bei der Ostsee).

Die Nebelgefahr schwankt mit der Jahreszeit, der Richtung und Stärke des Windes sowie mit anderen Faktoren. Abb.56 zeigt zum Beispiel die Abhängigkeit des Nebels von der Windrichtung (Nebel-Windrose) für das Feld  $41^{\circ}$  -  $43^{\circ}\text{N}$  und  $47^{\circ}$  -  $50^{\circ}\text{W}$  (am südlichen Ende der Grand Banks) für die Zeiten Juni - August und Dezember - Februar. In der Abbildung ist die prozentuale Häufigkeit des Nebels für 8 Windrichtungen dargestellt (NE 10% bedeutet: 10% aller beobachteten NE-Winde sind mit Nebel verbunden). Der Unterschied zwischen den Winter- und Sommerverhältnissen ist augenfällig. Bei östlichen bis südlichen Winden ist die Nebelhäufigkeit und Nebelwahrscheinlichkeit im Winter und Sommer etwa gleich groß. Bei Winden aus irgendeiner anderen Richtung dagegen ist die Nebelhäufigkeit im Sommer viel größer als im Winter. So bringen z.B. die westlichen Winde im Winter nur in einem Prozent der Fälle Nebel, im Sommer aber in 13 Prozent der Fälle.

Klimatologische Kenntnisse dieser Art können von Nutzen sein beim Abschätzen der Nebeltendenz einer aktuellen Wetterlage oder Großwetterlage.

### 10.3 Die Gefahr schweren Sturmes (Orkans)

Windgeschwindigkeiten bis zu 90 Knoten können - wenn auch selten - in außertropischen Zyklonen erreicht werden. Spitzengeschwindigkeiten von 100 bis 150 Knoten sind nicht allzu selten in der Nähe des Zentrums starker tropischer Zyklonen.

Die folgende Tabelle mag dazu dienen abzuschätzen, ob der Schwellenwert für einen "gefährlichen Sturm" (60 kn = 11 Bft) wahrscheinlich erreicht oder überschritten wird. Der Abstand der Isobaren kann einer Bord-Wetterkarte entnommen werden. Wenn der Isobaren-Schritt in der Wetterkarte 4 mb beträgt, so ist ein Viertel des Abstandes in sm für die Tabelle zu nehmen; ist der Schritt 5 mb, so wird ein Fünftel genommen usw.. Die Tabelle gilt für eine aktuelle Windgeschwindigkeit von 60 kn, d.h. 70% eines Gradientwindes von 86 kn.

Tabelle 2: Entfernung (in Seemeilen) zwischen 1-mb-Isobaren für eine Windgeschwindigkeit von 60 kn (Bft 11)

geogr. Breite	Radius der zyklonalen Isobarenkrümmung (Seemeilen)				
	60	180	300	600	$\infty$
80°	2	4	5	5	7 Seemeilen
60°	2	4	5	6	8 Seemeilen
40°	2	5	6	8	11 Seemeilen
30°	2	5	7	9	14 Seemeilen
20°	2	6	8	11	20 Seemeilen
10°	2	6	10	15	40 Seemeilen

Beispiel: Ein gefährlicher Druckgradient möge bei 45°N sein. Für den Druckunterschied von 8 mb (992 - 984 mb) wird eine Entfernung von 60 sm gemessen; das sind für 1 mb 7,5 sm. Wenn der Krümmungsradius der Isobaren etwa 600 Seemeilen beträgt, würde ein Wind von 60 Knoten zu erwarten sein. Beim gleichen Druckgradient würde aber in der Nähe eines Tiefdruckzentrums mit stark gekrümmten Isobaren der Wind geringer sein.

Das Vermeiden tropischer Zyklonen mit Sturm- oder Orkanstärken ist eine Hauptsorge jedes Seemanns. Die Nutzbarmachung der in den Funkwarnungen für die Schifffahrt gegebenen Informationen bietet die beste Möglichkeit, frühzeitig Ausweichmanöver einzuleiten. Auf der Nordhalbkugel werden routinemäßig Taifun- und Hurrikan-Erkundungsflüge mit Flugzeugen um die Wirbelstürme und in sie hinein ausgeführt. Sie liefern

Angaben über ihre genaue Lage und Intensität. Auf der Südhalbkugel bleibt die Mehrzahl der tropischen Zyklonen jedoch unentdeckt bis sie in die gefährliche Nähe von Schiffen oder Inseln gekommen sind. Wetter-satelliten, wie sie neuerdings in den Vereinigten Staaten entwickelt wurden, haben ihren Wert als neues Mittel zur Auffindung von Hurrikanen schon erwiesen. Trotzdem sind Wettermeldungen von Schiffen weiterhin notwendig.

Abb.57 zeigt die Beziehung zwischen Wind- und Dünungsrichtungen um eine tropische Zyklone auf der Nord- und Südhemisphäre. Die äußeren gefiederten Pfeile stellen die Windrichtungen dar, während die langen inneren Pfeile die Dünungsrichtungen bezeichnen. Das obere Modell ist für die Nordhemisphäre, das untere für die Südhemisphäre.

Die Orkan-Dünung geht von der Zone des Windmaximums rund um das Auge nach außen, während die Winde im äußeren Bereich der Zyklone einwärts gerichtet sind. Auf diese Weise wird ein Winkel von etwa  $100^{\circ}$  zwischen Wind- und Dünungsrichtungen gebildet. Der Austausch von Wind- und Dünungsbeobachtungen zwischen zwei Schiffen, die durch verschiedene Sektoren einer tropischen Zyklone fahren, kann sich als brauchbar erweisen, die Lage des Zentrums angenähert festzulegen und die Zugbahn abzuschätzen, wenn der Austausch der Beobachtungen nach einigen Stunden wiederholt wird.

Die idealisierten Modelle der Abb.57 sind gültig für stationäre oder langsam ziehende tropische Zyklonen. Bei einer Verlagerungsgeschwindigkeit von mehr als 10 kn werden die Verhältnisse komplizierter, weil der Wind mit der augenblicklichen Lage des Zentrums verknüpft ist, während die Dünung von einer früheren Position des Hurrikans kommt. Außerdem muß darauf hingewiesen werden, daß der Winkel zwischen Wind und Isobaren variabel ist. Er ist größer in den äußeren Bereichen der Zyklone (etwa  $40^{\circ}$ ) und wird beinahe tangential zu den Isobaren in der Nähe des Hurrikanenzentrums. Deshalb kann die Bestimmung des Zentrums durch Beobachtungen auf einem einzelnen Schiff oder auch durch den Austausch von Meldungen zwischen Schiffen nur eine Annäherung ergeben, aber selbst eine solche kann manchmal sehr wertvoll sein.

Wenn ein Schiff sich im allgemeinen Bereich einer tropischen Störung befindet, sollte eine einfache Bord-Wetterkarte für das interessierende Gebiet gezeichnet werden. Sie kann helfen, die bestmöglichen Schlüsse aus den Beobachtungen zu ziehen, die zur Verfügung stehen. Abb.58 zeigt, wie das Zentrum eines Hurrikans durch Beobachtungen von zwei Schiffen festgelegt ist. Die gestrichelten Pfeile geben die Richtung der Dünung an. Aus der nordöstlichen Dünung, die von A.C."Bedford" gemeldet wurde, könnte geschlossen werden, daß das Hurrikanzentrum (jetzt bei  $16^{\circ}\text{N}$ ,  $80^{\circ}\text{W}$ ) sich vorher weiter im Südosten, vielleicht bei  $15^{\circ}\text{N}$  und zwischen  $79^{\circ}$  und  $80^{\circ}\text{W}$  befand. Dies ist ein grober Hinweis darauf, daß der Hurrikan einen Kurs nach Norden oder Nordwesten verfolgt.

#### 10.4 Die Gefahr außergewöhnlich hoher Windsee und Dünung

Die Wellenhöhen wachsen mit zunehmender Windgeschwindigkeit, aber auch die Dauer des Sturmes und die Ausdehnung des Sturmfeldes sind für die Entwicklung der Wellen von Wichtigkeit. Ebenso trägt die Böigkeit des Windes zur Entwicklung der Wellen bei. Kaltluft, die über relativ warmes Wasser weht, ist weit böiger als Warmluft, die über relativ kaltes Wasser strömt. Deshalb ist die Temperaturdifferenz zwischen Luft und Wasser ein nützlicher Hinweis auf den Charakter der Luftmasse. Haufenwolken und Schauer können ebenfalls Kaltluft mit Böenwetter anzeigen.

Abb. 59 gibt ein Beispiel für die Entstehung besonders hoher Windsee und Dünung im Azorengbiet. Es zeigt die Lage vom 4. November 1951 um 1800 MGZ.. Eine Sturmzone mit recht einheitlicher Windrichtung reicht vom Seegebiet südwestlich Island bis zum Azorenraum herab. Nördliche Winde (NNE bis NNW) von Stärke 8-10 Bft wehen über eine Strecke von mehr als 1200 Seemeilen und schaffen so ein langgestrecktes Gebiet der Wellenanfachung. In der Polarluft, die über wärmeres Wasser strömt, treten zahlreiche Schauer auf. Die Sturmzone ist daher sicherlich mit Böen und Spitzen bis Orkanstärke durchsetzt. Da die heftigen Winde mit nur geringer Abnahme bis zum 6. November in dem Entstehungsgebiet der Wellen anhielten, war die Zeitdauer groß genug, um eine voll ausgereifte See entstehen zu lassen.

Während dieses Sturmes mußte ein Schiff von 3690 BRT bei  $42^{\circ}\text{N}$ ,  $32^{\circ}\text{W}$  in heftigen Regen- und Hagelböen und in sehr hohem bis außergewöhnlich hohem Seegang für 57 Stunden beidrehen. Während dieses Sturmes ging ein altes, 19.000 t großes Schlachtschiff am 4. November 1951 im Seegebiet der Azoren verloren. Es befand sich im Schlepp nach England, wobei die Schleppverbindung in der hohen See brach. Die Suche nach ihm, die einen Monat lang durchgeführt wurde, blieb erfolglos.

Neben diesem Typ gefährlicher See und Dünung gibt es noch einen anderen Typ, bei dem sich zwei oder mehr Wellensysteme aus verschiedenen Richtungen unter einem beträchtlichen Winkel kreuzen. Da die höheren, vom Wind erzeugten Wellen aus ihrem Entstehungsgebiet herauslaufen und zur Dünung werden, kommt ein Richtungsunterschied zwischen den örtlichen Windwellen und den Dünungswellen häufig vor.

Ein gefährlicher Typ solcher Kreuzseen tritt in Verbindung mit zyklonalen Stürmen wie Hurrikanen und postfrontalen Trögen auf (siehe Abschnitt 5.3 und 4.7.4 in Teil II). Die Interferenz verschiedener Wellenzüge erzeugt eine unregelmäßige Meeresoberfläche mit steilen Wellengipfeln und tiefen Tälern. Wo die Wellenkämme der Systeme in Phase zusammentreffen, entstehen mächtig aufgetürmte Wellen. Andererseits findet dort, wo die Wellenkämme eines Systems in den Tälern des anderen aufgehen, eine Auslöschung der Wellen statt.

Zwecke kann Dr. Rudloff's Wind-Nomogramm (dargestellt in Abb.61 (A,B)) gebraucht werden.

Die Entfernungseinheit ist in diesem Nomogramm ein Breitengrad = 60 Seemeilen. So kann diese Darstellung auf Karten jeder Projektion und jeden Maßstabes angewandt werden, in denen die wahren Entfernungen nach Breitenkreiseinheiten zu messen sind.

Jeder Teil des Nomogramms gilt für einen gegebenen Krümmungsradius der Isobaren, der mit  $r$  bezeichnet ist. Alle ausgewählten Werte von  $r$  sind für zyklonale Isobaren; nur  $r = \infty$  ist für gerade Isobaren.

$$r = 20 = 20^\circ \text{ Breite} = 20 \times 60 = 1200 \text{ Seemeilen}$$

$$r = 1 = 1^\circ \text{ Breite} = 1 \times 60 = 60 \text{ Seemeilen}$$

Bei den meisten stärkeren Gradienten im äußeren Bereich eines Hochdruckgebietes sind die Isobaren fast geradlinig, so daß  $r = \infty$  benutzt werden kann. Bei einer stärkeren antizyklonalen Krümmung der Isobaren und einem starken Druckgradienten sollte ein Zuschlag von der Größenordnung 2 Bft oder 10 kn zu dem für  $r = \infty$  gefundenen Wert gemacht werden.

Die horizontalen Linien des Nomogramms geben die geogr. Breite, für die die Windgeschwindigkeit abzuschätzen ist. Sie gehen von  $8^\circ$  bis  $90^\circ$  Breite.

Die senkrechten Linien geben unter  $d_1$  den Abstand zwischen 1-mb-Isobaren ab, der in Breitengraden ausgedrückt ist ( $0,1 = 0,1^\circ = 6 \text{ sm}$ ;  $6 = 6^\circ = 360 \text{ sm}$ ). Hilfsskalen sind hinzugefügt für die Isobarenabstände:  $2,5 \text{ mb} = d_{2,5}$ ,  $4 \text{ mb} = d_4$ ,  $5 \text{ mb} = d_5$  und  $10 \text{ mb} = d_{10}$ . So gilt die gleiche vertikale Linie für

$$d_1 = 1,2 = 72 \text{ Seemeilen für } 1 \text{ mb}$$

$$d_5 = 6 = 360 \text{ Seemeilen für } 5 \text{ mb}$$

$$d_{10} = 12 = 720 \text{ Seemeilen für } 10 \text{ mb}$$

Wenn als Abstand zwischen 8-mb-Isobaren (z.B. 1008 - 1000)  $2,4$  Breitengrade ( $144$  Seemeilen) gemessen sein sollten, wird durch  $8$  dividiert, um  $d_1$  zu erhalten; in diesem Falle  $d_1 = 0,3$ .

Die geneigten Linien geben die Windgeschwindigkeit in Knoten nach  $5$  Knotenstufen an,  $5 \text{ kn}$ ,  $10 \text{ kn}$ ,  $15 \text{ kn}$ ,  $20 \text{ kn}$  usw. Ein einfaches Beispiel mag das Verfahren erläutern. Angenommen, in der Wetterkarte bei  $50^\circ\text{N}$  sind geradlinige Isobaren. Dafür ist der Teil des Nomogramms mit  $r = \infty$  zu benutzen. Die Entfernung der 1008- zu der 1000-mb-Isobare wird mit  $2,4^\circ$  gemessen, also  $d_1 = 0,3$ . Dann ist längs der horizontalen Linie  $50$  bis zum Schnittpunkt mit der vertikalen, durch  $d_1 = 0,3$  laufenden Linie zu gehen. Dieser Schnittpunkt liegt nahe der geneigten Linie, an der "30" (kn) abgelesen werden kann. Das wäre die aktuelle Windgeschwindigkeit für diesen Teil der Wetterkarte.

In der Praxis werden sich häufig für  $r$  und  $d$  (Isobarenabstand) andere Werte ergeben, als im Nomogramm angegeben sind. Dann ist eine Interpolation erforderlich.

In einer ausgesprochen kalten und instabilen Luftmasse, die über warmes Wasser strömt, kann die aktuelle Windgeschwindigkeit etwa 10 bis 20 Prozent höher sein, als die aus dem Nomogramm ermittelten Werte angeben. Umgekehrt kann in einer ausgesprochen warmen, über kaltes Wasser strömenden Luftmasse die Windgeschwindigkeit um 5 bis 15 Prozent geringer sein, als es sich aus dem Nomogramm ergibt.

Die Abschätzung der Windrichtung auf offener See aus der Wetterkarte ist viel leichter als die Schätzung der Windgeschwindigkeit. In den meisten Fällen genügt es anzunehmen, daß der Wind unter einem Winkel von 10 bis 20° über die Isobaren hinweg zum tieferen Druck weht. Bei schwachen bis mäßigen Winden und in niederen Breiten werden jedoch größere Abweichungen gefunden (bis zu 4 Strich oder 45°).

In Küstennähe, besonders in der Nähe hoher Küsten, ist es schwieriger, die Windrichtung nach der Wetterkarte abzuschätzen. In manchen Küstengewässern besteht eine deutliche Tendenz des Windes, etwa parallel zur Küste - entweder in der einen oder der anderen Richtung - zu wehen. Unmittelbar an der Küste können Fallwinde nach Art des Föhns oder der Bora auftreten und beinahe rechtwinklig zu den Isobaren und zur allgemeinen Richtung der Küstenlinie wehen.

### 11.3 Die Abschätzung von Windsee und Dünung nach der Bordwetterkarte

Wenn erst die Windgeschwindigkeit für das interessierende Gebiet aus der Wetterkarte abgeschätzt wurde, so kann die folgende Tabelle benutzt werden, um die Wellenhöhe festzulegen.

Bft-Stärke	Wind	Wahrscheinliche Wellenhöhe	
	Geschwindigkeit kn	in Meter	
0	< 1	-	-
1	1-3	0,1	(0,1)
2	4-6	0,2	(0,3)
3	7-10	0,6	(1)
4	11-15	1	(1,5)
5	16-21	2	(2,5)
6	22-27	3	(4)
7	28-33	4	(5,5)
8	34-40	5,5	(7,5)
9	41-47	7	(10)
10	48-55	9	(12,5)
11	56-63	11,5	(16)
12	64-71	14	(-)

Tabelle 3: Ungefähre Wellenhöhen, die zu den Bft-Windstärken 0 - 12 gehören

Die Tabelle soll nur einen groben Anhaltspunkt dafür geben, was in der offenen See, weit entfernt von Land, erwartet werden kann. In abgeschlossenen Gewässern oder in Landnähe bei ablandigem Wind sind die Wellenhöhen kleiner und die Wellen kürzer und steiler. Die Zahlen in Klammern geben das wahrscheinliche Maximum der Wellenhöhe an. Die Tabelle sollte aber niemals im umgekehrten Sinne benutzt werden, d.h. zur Festlegung und Meldung des Seezustandes.

Im Einzelfalle können die Wellenverhältnisse von den in der Tabelle 3 gegebenen Werten abweichen. Neben anderen Faktoren spielt die Andauer des Windes eine wichtige Rolle bei der Wellenbildung. Jede Änderung der Windrichtung und/oder Windgeschwindigkeit verändert das Wellenbild. Deshalb ist dies bei beständigem Wind anders als bei drehendem Winde.

Wie früher angedeutet, zerfallen Wellen allmählich, wenn sie aus ihrem Entstehungsgebiet herauslaufen. Diese Wellen sind als Dünung bekannt. Es ist ziemlich schwierig, die Dünung für mehrere Tage voraus vorherzusagen, ohne beträchtliche Zeit auf dies Problem zu verwenden, weil Dünungswellen unterwegs durch andere Wind- und Wellensysteme beeinflusst werden können. Schnell ziehende Sturmsysteme senden normalerweise eine geringere Dünung aus als langsam ziehende, weil der Wind nicht lange genug andauert, um eine voll entwickelte Windsee zu erzeugen.

Offenkundig genügt eine einzelne Bordwetterkarte nicht, um Windsee und Dünung in vernünftiger Weise abzuschätzen. Der Zeitfaktor ist ein wesentliches Erfordernis für die Entwicklung der Wellen und die Wanderung der Dünung. Ein Vergleich der Windverhältnisse in zwei oder mehr Karten ist daher für eine bessere Abschätzung notwendig. Die folgende Tabelle 4 kann als grober Leitfaden zur Abschätzung der Ausbreitung von Dünungswellen aus Sturmgebieten dienen. Falls die empfangenen Schiffsmeldungen Wellengruppen enthalten, kann danach eine Wellenkarte gezeichnet werden (siehe Anhang I).

#### 11.4 Die Schätzung der Sicht nach der Bordwetterkarte

Ohne Schiffsmeldungen in einer Wetterkarte ist es oft schwierig, die Sichtverhältnisse abzuschätzen. Klimatologische Kenntnisse können dabei helfen (siehe Abschnitt 5.2, Teil II). Schlechte Sicht infolge der Bildung von Dunst oder Nebel wird durch (feuchte) Warmluft über kälterem Wasser, schwache Luftbewegung und antizyklonale Verhältnisse begünstigt. Ein Musterbeispiel ist das Gebiet der Grand Banks mit seinen niedrigen Wassertemperaturen. Nach Süden ist der Ozean wegen des Golfstromes viel wärmer. Jede Wetterlage, die eine schwache südliche

Luftbewegung hervorruft, wie etwa hoher Druck über den Azoren und tiefer Druck bei Neuschottland, läßt - wegen der niedrigeren Wassertemperaturen in jener Gegend - Nebel über den Grand Banks erwarten.

Polarluft auf der Rückseite einer Kaltfront bringt im allgemeinen gute Sicht - abgesehen von dem Sichtrückgang in Schauern, besonders in Schneeschauern. Im Sommer kann allerdings sogar einer Kaltfront, die die Grand Banks passiert, Nebel folgen, wenn sich die polaren West- bis Nordwestwinde über Kanada so weit erwärmt haben, daß sie über dem kälteren Wasser ostwärts davon Nebel erzeugen können.

Charakter des Sturmes	Dauer des Sturmes	Periode*) (Sekunden)	Geschwindigkeit d. Wellenenergie (Knoten) **)	In 24 Stunden zurückgelegte Entfernung (sm)
Orkanartiger Sturm (10-12 Bft)	1/2 Tag	12-14	ca. 18 - 21	ca. 430-510
	1 Tag	14-16	ca. 21 - 24	ca. 510-580
	1 1/2 Tag	16-19	ca. 24 - 29	ca. 580-690
Schwererer Sturm (etwa 10 Bft)	1/2 Tag	11-13	ca. 16 1/2 - 20	ca. 400-470
	1 Tag	13-15	ca. 20 - 23	ca. 470-550
	1 1/2 Tag	15-17	ca. 23 - 26	ca. 550-620
Sturm (9 Bft)	1/2 Tag	10-12	ca. 15 - 18	ca. 360-430
	1 Tag	12-14	ca. 18 - 21	ca. 430-510
	1 1/2 Tag	13-15	ca. 20 - 23	ca. 470-550
Stürmischer Wind (8 Bft)	1/2 Tag	9-10	ca. 13 1/2 - 15	ca. 330-360
	1 Tag	11-13	ca. 16 1/2 - 20	ca. 400-470
	1 1/2 Tag	12-14	ca. 18 - 21	ca. 430-510
Steifer Wind (7 Bft)	1/2 Tag	8-10	ca. 12 - 15	ca. 290-360
	1 Tag	9-11	ca. 13 1/2 - 16 1/2	ca. 330-400
	1 1/2 Tag	10-12	ca. 15 - 18	ca. 360-430

Tabelle 4: Ungefähre Richtwerte der Periode und Geschwindigkeit von Dünungswellen, die durch hohe Windstärken von einiger Dauer erzeugt wurden.

- \*) Ungefähres Periodenband, in dem die relativ höchste Dünungswelle am Schiffsort zu erwarten ist, wenn dieser nicht weiter als 600 sm vom Ursprungsgebiet der Dünung entfernt ist. Wenn die Entfernung größer ist, so liegt die relativ höchste Dünungswelle bei höheren Perioden
- \*\*\*) Die Geschwindigkeit einzelner Wellen innerhalb des Wellengebietes ist etwa zweimal so groß wie die in der vierten Spalte gegebenen Werte.

Maritime Tropikluft, die sich über kälteres Wasser nach Norden bewegt, begünstigt die Entwicklung von Nieseln, Dunst und/oder Nebel. Schlechte Sicht tritt gewöhnlich auch an und vor Warmfronten auf.

Wenn die Luftbewegung nicht zu stark ist, kann schlechte Sicht auch im Warmsektor vorkommen. Stürmische Winde mit Nebel sind selten.

Unter bestimmten Bedingungen - klare Nacht, einigermaßen ruhige Luft mit genügender Feuchte - bildet sich über Land Nebel, der mit ablandigen Winden auf das angrenzende Seegebiet hinaustreibt. Die Beendigung einer derartigen Nebel-Lage über dem Wasser wird manchmal dadurch angezeigt, daß nach der Wetterkarte eine Änderung der Windrichtung oder eine beträchtliche Windzunahme bevorsteht.

Ein Anheben des Nebels erfolgt oft mit dem Auffrischen des Windes. Unter der tiefen, von dem angehobenen Nebel (Hochnebel) gebildeten Stratusdecke kann die Sicht für eine sichere Navigation ausreichend werden.

#### 11.5 Das Abschätzen des Niederschlages und der Wettertypen aus der Bordwetterkarte

Hat der Seemann einige gut verteilte Wettermeldungen in die Bordwetterkarte eingetragen, so wird er, unter Berücksichtigung des Wirkens der Zyklonen, Tiefausläufer und Fronten, oft in der Lage sein, die Wetterverhältnisse längs seines Kurses abzuschätzen. Es hat sich in der Praxis bewährt, Niederschlagszonen zu schraffieren. Selbst ohne eingezeichnete Wettermeldungen hat die Analysenkarte einigen Wert für die Abschätzung der Wetterverhältnisse, wobei Erfahrung in der Nutzung der Analysen gewonnen wird.

Besondere Aufmerksamkeit sollte V-förmigen Tiefs gelten, weil sie häufig Böenlinien enthalten. Die Linien werden von mächtig aufgetürmten Wolken, heftigen Niederschlägen und schweren Böen mit umspringendem Wind begleitet. Dies gilt für einen V-förmigen Ausläufer auf der Südseite eines Tiefs der Nordhemisphäre oder auf der Nordseite eines Tiefs auf der Südhemisphäre. Gelegentlich kann auch ein V-förmiger Ausläufer auf der Nordseite eines Tiefs der Nordhemisphäre oder der Südseite eines Tiefs der Südhemisphäre beobachtet werden. In diesem Falle treten keine Regenböen auf, sondern nur Regen des Warmfront-Typs.

#### 11.6 Die Vorhersage der Wetterverhältnisse auf See

Wenn eine Vorhersagekarte mit Isobaren und Fronten an Bord aufgenommen wurde, so wird man recht gut in der Lage sein, Wind- und Wetterverhältnisse im Zusammenhang mit der Druckverteilung abzuschätzen. Dies geschieht in der gleichen Weise wie bei der aktuellen Wetterkarte.

Wenn nur Vorhersagen der Lage der hauptsächlich Druckzentren oder ihrer erwarteten Verlagerung empfangen wurden, so empfiehlt es sich,

unter Benutzung der vorhergesagten Position der Druckzentren und möglichst ihrer wahrscheinlichen Intensität eine grobe Vorhersagekarte zu skizzieren. Die zukünftige Lage der Fronten sollte hinzugefügt werden, wobei Entwicklungstendenzen wie die Okklusion von Warmsektoren beachtet werden sollten. Nach Anfertigung der Vorhersageskizze wird es leichter sein, den Wind und die Wetterverhältnisse längs des beabsichtigten Kurses abzuschätzen.

Wenn keine Vorhersage-Informationen zur Verfügung stehen, wird der Seemann zum Prognostiker. Durch sorgfältiges Auswerten der Bordwetterkarte, die Anwendung einiger passender Vorhersageregeln (siehe Abschnitte 8.6 - 9.7) und durch volle Nutzung der eigenen Beobachtungen und ihrer Tendenz kann er zu einer vernünftigen Vorstellungen über das in nächster Zeit zu erwartende Wetter gelangen.

---

## 11. EINZELHEITEN ZUR NUTZUNG DER WETTERKARTEN

### 11.1 Allgemeines zur Entnahme des Wetters aus der aktuellen Wetterkarte

Wenn die Bord-Wetterkarte nur Isobaren und Fronten enthält, so muß der Seemann abschätzen, was für Wind und Wetter er nach der Isobaren- und Frontenanordnung wahrscheinlich antreffen wird. Solche Abschätzungen können sich bei einiger Erfahrung als sehr nützlich erweisen bei der Frage, ob eine Änderung von Kurs oder Geschwindigkeit angebracht ist. Ein regelmäßiger Vergleich der an Bord ausgeführten eigenen Beobachtungen mit der in der Wetterkarte gegebenen Druckverteilung ist ein gutes Mittel, um Tag für Tag die Beziehung zwischen dem, was die Wetterkarte zeigt, und dem, was sich draußen tut, kennenzulernen.

Weil die Wettersysteme sich in Bewegung und Entwicklung befinden, wie in Abschnitt 3.3 des Teiles II ausgeführt, so ist das Studium der vorhergehenden Bordwetterkarte bei der Abschätzung der Veränderungen der Tief- und Hochdruckgebiete und Fronten ein notwendiges Hilfsmittel.

Mit Hilfe der bisherigen Zugbahnen und der selbst-extrapolierten oder vorhergesagten und in eine Karte eingetragenen Zugbahnen kann man eine Vorstellung von der Druckverteilung gewinnen, die wahrscheinlich in naher Zukunft herrschen wird.

Es wird empfohlen, eine Skizze über die zu erwartende Druckverteilung, mit Einzeichnung der Winde längs der Fahrtroute, zu entwerfen. Dies kann dazu beitragen, das nur in der Vorstellung vorhandene Bild zu verbessern, und vermag zu einer genaueren Abschätzung der zu erwartenden Verhältnisse zu führen.

### 11.2 Die Abschätzung von Windrichtung und -geschwindigkeit aus der Bordwetterkarte

Beim überschlägigen Abschätzen der Windgeschwindigkeit nach einer an Bord gezeichneten Wetterkarte sollte folgendes beachtet werden:

- antizyklonal gekrümmte und geradlinige Isobaren ergeben bei gleichem Isobarenabstand höhere Windstärken als zyklonal gekrümmte Isobaren
- in niederen Breiten treten bei gleichem Isobarenabstand höhere Windstärken auf als in höheren Breiten
- kalte, instabile Luftmassen rufen über warmem Wasser bei gleichem Isobarenabstand höhere Windgeschwindigkeiten hervor als warme, stabil geschichtete Luftmassen über kaltem Wasser.

Abb.60 veranschaulicht diese Grundtatsachen.

Eine zuverlässigere Abschätzung der Windgeschwindigkeit ist durch Benutzung geeigneter Tabellen oder Diagramme möglich. Für praktische

ANHANG I

Beispiel eines Wetterberichtes für die Schifffahrt  
nebst Wetterkarte

Der Anhang enthält eine für den Nordatlantik nördlich  $25^{\circ}\text{N}$  verfertigte Analysensendung, eine Auswahl von 30 Schiffswettermeldungen und eine Auswahl von 20 Landstationsmeldungen (Küsten- und Inselstationen). Die gezeigte Wetterkarte basiert auf diesen drei Teilen. Analyse, Schiffswettermeldungen und Wettermeldungen von Landstationen machen die Teile IV, V, VI eines Wetterberichtes für die Schifffahrt aus.

Jeder Seemann, der nach den folgenden Teilen IV, V und VI des Berichtes eine Bordwetterkarte zeichnet, sollte zu einer ähnlichen Lösung kommen, wie sie in dem beigegeführten Wetterkartenbeispiel gezeigt wird. Wenn er es vorziehen sollte, die Isobaren im Abstände von 4 mb zu zeichnen statt im Abstände von 5 mb, so kann er das ohne Schwierigkeit tun, indem er zum Beispiel die 1024-mb-Isobare von den Positionen der 25 (= 1025 mb) aus ein wenig zum Tiefen Druck hin verschoben zeichnet und gleichzeitig die gemeldeten Druckwerte zur Interpolation benutzt.

Alle in den Meldungen enthaltenen Temperaturen sind in Grad Celsius angegeben, obwohl einige in den Originalmeldungen in Fahrenheit enthalten waren. Die Analyse und die entsprechende Wetterkarte sind vom 12. Februar 1962, 0600 MGZ. Die Teile IV, V und VI des Berichtes in diesem Anhang wurden nach aktuellen Meldungen zusammengestellt.

Die Wetterlage vom 12. Februar 1962 sei wie folgt beschrieben: Der hervorstechendste Zug ist das sehr mächtige Hoch westlich der Biskaya. Es stellt das Azorenhoch dar, das von seiner normalen Lage bei  $30^{\circ}\text{N}$  um etwa  $15^{\circ}$  nach NNE verschoben ist. Die normale Stärke des Azorenhochs beträgt im Februar 1023 mb. Bei  $45^{\circ}\text{N}$  ist der Druck 31 mb über dem Normalwert. Eine Schiffsmeldung aus dem Kern des Hochs gibt am 12. Februar 1962 um 0000 MGZ einen Druck von 1048,3 mb, der einen Rekordwert für dieses Seegebiet darstellt. Das Hoch ist eine stationäre, warme Antizyklone. Auf seiner Westseite geht ein breiter, starker Strom warmer Tropikluft nordwärts, der an der Nordseite des Hochs nach Osten umbiegt und Westeuropa erreicht. Der nördlichen Lage des subtropischen Hochs und seiner Verstärkung entspricht eine Ausdehnung der maritimen Tropikluft weit nach Norden. Das von ihr erfaßte Gebiet ist erheblich größer als im Normalfalle. Wo diese warmen, feuchten Luftmassen über kalte Wasserflächen wehen, wie in der Nähe von Neufundland und über den Grand Banks, sind Nebel und/oder Nieselnebel der vorherrschende Wettertyp (siehe Stationsmeldung 72 800 und Schiffsmeldung von  $52,8^{\circ}\text{N}$ ,  $35,5^{\circ}\text{W}$ .)

Während die Zirkulation um den Hochdruckkern nur etwa 10 Knoten beträgt, wächst sie in der äußeren Zone der Tropikluft auf 40 - 45 Knoten an, dem steilen Druckgradienten zu den in der Wetterkarte gezeigten Tiefdruckgebieten entsprechend.

Die nördliche und westliche Begrenzung der maritimen Tropikluft ist durch eine extrem lange Front gekennzeichnet, die das Kartengebiet von Südnorwegen bis gegen Westindien hin durchzieht. Sie trennt die warme Tropikluft von der kalten Polarluft, die aus dem Gebiet von Kanada, Grönland und Island ausfließt. Der Charakter der Frontalzone ist zum Teil der einer Kaltfront, zum Teil der einer Warmfront, je nachdem wie die Isobaren die Front schneiden.

Für die Eintragung des herrschenden Wetters (ww) wurden in der Wetterkarte nur einfache Symbole benutzt. Mehr Einzelheiten können aus den Meldungen selbst (Teil V und VI) entnommen werden. Zum Beispiel enthält die Schiffsmeldung von 54,7°N, 19,2°W, ganz in der Nähe der Kaltfront, ww = 65 = pausenlos starker Regen. Die Aktivität der Front wird durch solch eine Meldung unterstrichen.

Ein anderes Beispiel für die Verfeinerung, die aus den Meldungen entnommen werden kann, ist das ww der Stationen 72806 und 72600 in der Nähe der westlichen Warmfront. In der Wetterkarte ist nur das allgemeine Symbol der 70-er Dekade, nämlich das Schnee-Symbol \*, eingetragen. Aber das gemeldete ww ist 79 = Eiskörner, kleine gefrorene Regentropfen, die anzeigen, daß sehr warme Höhenluft über einer bodennahen Schicht mit Temperaturen unter dem Gefrierpunkt liegt.

Das Gegenstück des warmen Hochdruckgebietes bei 45°N, 22°W ist eine kalte Antizyklone (1031 mb) über Labrador, von der sich ein Hochdruckkeil nach 54°N, 40°W erstreckt. Zwischen den beiden Hochdruckgebieten und den zwei Tiefdruckgebieten von 965 mb und 994 mb besteht eine Sattel-Lage. Die Front ist in dem Sattelgebiet fast stationär und ändert ihren Charakter von einer Kaltfront in eine Warmfront.

Die Ozeanwetterstation C (52,8°N 35,5°W) wird in diesem Falle nicht von der Kaltfront überquert. Bei ähnlicher Sattel-Lage einige Tage später passierte die Kaltfront aber zunächst C und kehrte dann als Warmfront wieder zurück. Gekürzte Meldungen von C mögen diese Schwankung demonstrieren:

		N	ddff	VV	ww	W	PPP	TT	
15. Februar,	12 MGZ	8	2030	63	02	2	249	09	Warmluft
	15	8	2728	56	<u>60</u>	2	268	09	Kaltfront
	18	8	<u>0214</u>	37	<u>60</u>	4	288	<u>04</u>	kalte, regnerische Periode mit Winden aus NNE bis SE
	21	8	<u>0212</u>	37	<u>60</u>	4	301	<u>03</u>	
16. Februar,	00 MGZ	8	<u>0912</u>	37	<u>60</u>	4	291	<u>04</u>	Warmfront
	03	8	<u>1409</u>	56	<u>60</u>	6	278	<u>04</u>	
	06	8	2012	56	<u>60</u>	6	264	<u>06</u>	
	09	8	1816	69	02	6	261	08	Warmluft

Man beachte die scharfe Drehung und Abnahme des Windes, die mit dem Durchgang der Kaltfront verbunden ist.

Während das warme Hoch festliegt, ist das kalte Labrador-Hoch ein wanderndes Gebilde. Es folgt dem sich auffüllenden westlichen Ausläufer des kräftigen Tiefdruckgebietes von 965 mb.

Dies Sturmtief von 965 mb und das Tief 994 mb sind von besonderem Interesse. Das erste zieht nach Osten bis Ost-südosten, das zweite nordwärts. Beide folgen damit der allgemeinen Richtung der Isobaren in dem Warmluftstrome um das Hoch von 1046 mb, das als Steuerungszentrum wirkt.

Es verdient Erwähnung, daß diese Wetterkarte vom 12. Februar 1962, 0600 MGZ eine aus der denkwürdigen Wetterperiode ist, die zu der säkularen Hamburger Sturmflut in der Nacht vom 16. zum 17. Februar 1962 führte. Die Karte zeigt an der norwegischen Küste das vorhergehende Tief von 965 mb, das Stockholm einen der tiefsten Barometerstände in den letzten hundert Jahren brachte: 12. Februar 1962 um 19 Uhr: 948,6 mb; 20. Januar 1863 - Rekord: 948,1 mb (nach einer Information des Schwedischen Meteorologischen und Hydrologischen Instituts).

Das südlich von Neufundland liegende Tief von 994 mb erzeugte, nachdem es nordwärts gezogen war, östlich von Kap Farewell (Südgrönland) ein Randtief. Bei seiner weiteren Ostverlagerung wurde dies Randtief zum Haupttief und vertiefte sich so stark, daß es in der Nähe Stockholms ähnlich niedrige Druckwerte hervorrief wie das vorhergehende (Öregrund 948,6 mb am 16. Februar 1962, 1750 MGZ). Dabei verursachte es die erwähnte Nordsee-Sturmflut.

Alle diese Entwicklungen sind mit der kräftigen Frontalzone verbunden, die die Wetterkarte vom 12. Februar 1962 zeigt.

Es wird empfohlen, den Inhalt von Teil II dieses Handbuches zur Übung auf diese Musterwetterkarte anzuwenden, z.B. die Vorhersageregeln, die Abschätzung der Windgeschwindigkeit und die örtliche Beeinflussung des Windes. So ist, um eine Besonderheit herauszugreifen, der Wind (N 15 Knoten) bei der Station 06011 (Färöer) für den Druckgradienten in diesem Gebiet nicht repräsentativ; 30 Knoten sind das wenigste, was auf See zu erwarten wäre, Auf der anderen Seite ist für den St. Lorenz-Golf die Inselstation 72709 als repräsentativ gewählt worden; sie meldet NNE 39 Knoten. Die Station 72815 an der Westküste von Neufundland, also nicht weit entfernt von der Station 72709, meldete dagegen einen Nordostwind von nur 10 Knoten (ablandiger Wind, der nicht repräsentativ für die Verhältnisse auf See ist).

Ferner wird empfohlen, die Angaben der Verlagerungsgruppen der Analyse entweder in die Bordwetterkarte oder in eine besondere Zugbahnkarte einzutragen (in der Musterkarte wurden die Zugbahn-Vorhersagen ausgelassen, um das Bild übersichtlich zu halten).

Wetterbericht Teil IV: Analyse (IAC Fleet)

10001	33388	01206							
99900	85631	05463	00640						
	81394	04159	03630						
	88022	05338	00410						
	85046	04522	10000						
	81365	36105	01035						
99911	66460	02466	03060	03458	03857	04159	00715		
	66180	04159	04359	04855	05048	05338	00220		
	66483	05338	05432	05506	35706	35808	36105	01035	
99922	44000	03859	04057	04657	04261				
	44010	02762	03455	04951	04861	04067	02864		
	44995	06510	06218	06118	05809	05500			
	44010	06530	06140	05927	05616	05301			
	44025	06541	06246	06653	06354	05747	05540	05440	05353
		05065	04569	04375					
	44045	04721	04518	04525					
	44025	03310	02726	03040	03747	04347	04943	05330	05316
		05000							
19191									

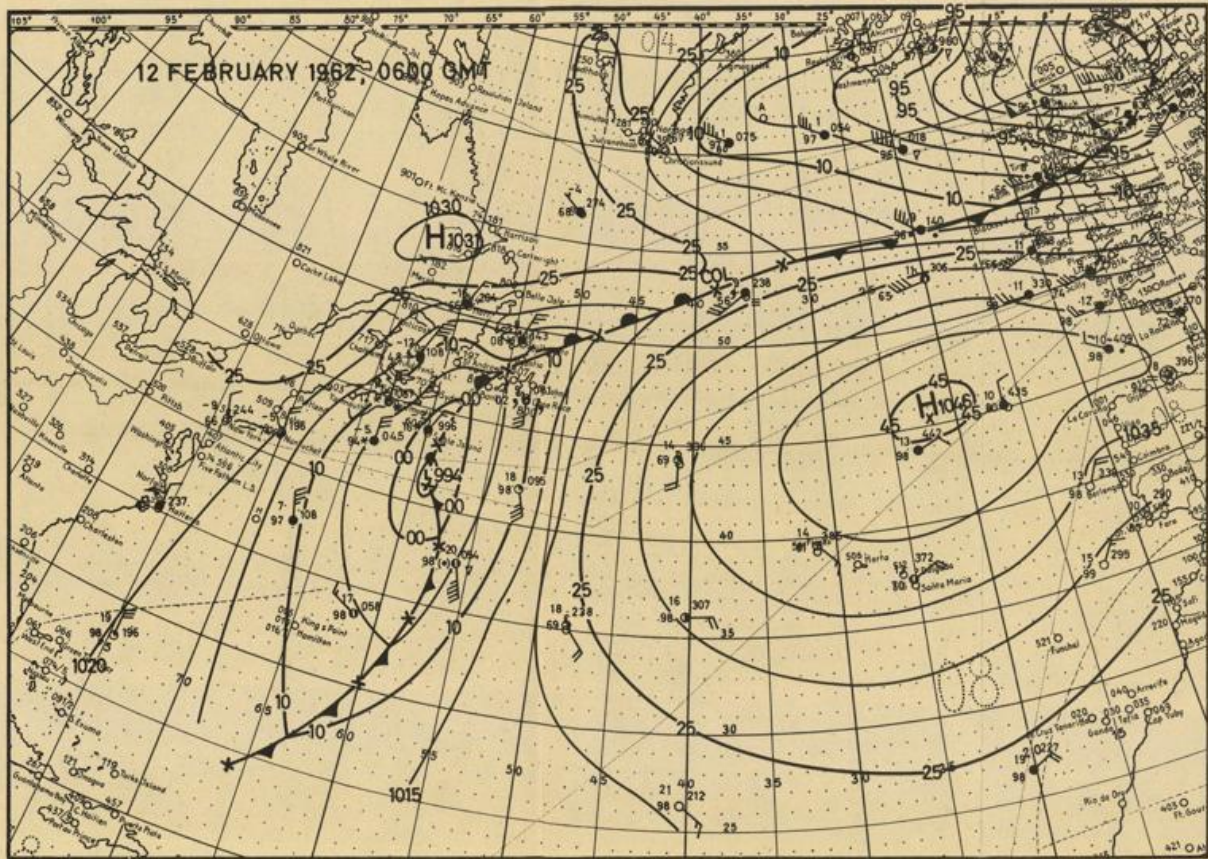
Wetterbericht Teil V: Schiffsmeldungen

99LaLaLa	QcLoLoLoLo	YYGGi <sub>w</sub>	Nddff	VVwwW	PPPTT	3P <sub>w</sub> P <sub>w</sub> H <sub>w</sub> H <sub>w</sub>	D <sub>w</sub> D <sub>w</sub> P <sub>w</sub> H <sub>w</sub> H <sub>w</sub>
99636	70132	12063	30330	97858	96001		
99605	70368	12063	82936	97022	07501		
99604	70267	12063	82935	97022	05401	31116	
99591	70038	12063	72752	96626	75306	31616	
99590	70189	12064	82946	96028	01804	31319	
99583	10044	12063	72945	97012	71306		
99565	70510	12064	83205	68022	27454	30503	
99565	10030	12063	82848	96816	83607	31009	
99554	10069	12063	82545	97616	86008	30911	
99547	70192	12063	83037	96656	14009		
99528	70355	12064	82328	56514	23809	30909	
99523	70199	12064	72640	65012	30611	30812	28110
99498	70119	12063	82723	98022	33011	30501	27805
99481	70067	12063	82722	98022	34512	30704	
99459	70073	12063	83112	98006	40910	30501	31004

99L <sub>a</sub> L <sub>a</sub> L <sub>a</sub>	Q <sub>c</sub> L <sub>o</sub> L <sub>o</sub> L <sub>o</sub> L <sub>o</sub>	YYGGi <sub>w</sub>	Nddff	VVwwW	PPPTT	3P <sub>w</sub> P <sub>w</sub> H <sub>w</sub> H <sub>w</sub>	d <sub>w</sub> d <sub>w</sub> P <sub>w</sub> H <sub>w</sub> H <sub>w</sub>
99449	70162	12064	83612	80021	43510	30501	33802
99440	70410	12064	21819	69021	33614	30704	
99435	70232	12063	80710	98021	44213	30602	99XXX
99424	70635	12063	83630	94702	04555	3XX08	
99417	70526	12063	21635	98011	09518	30808	
99395	70119	12063	00318	98020	33913		
99373	70558	12063	71645	98168	05420	31616	
99372	70670	12063	83437	97022	10807	31009	
99359	70403	12063	40918	98021	30716	30705	
99353	70129	12063	00317	99020	29515	31004	03105
99350	70480	12064	41420	69020	23818	30806	
99335	70615	12063	72914	98022	05817		
99280	70748	12063	23630	98021	19619	30605	
99261	70403	12063	01416	98000	21221	30603	
99261	70203	12063	80618	98022	22719	30501	05603

Wetterbericht Teil VI: Stationsmeldungen

IIiii	Nddff	VVwwW	PPPTT
03804	82629	74022	29109
03953	82529	66022	24811
03980	82734	66616	04608
04030	70320	82012	02752
04390	03026	80010	16758
06011	93615	93736	82150
07314	83012	7200X	37008
08023	60000	94101	39608
08503	31417	81012	38514
08515	70519	70028	37213
08538	00806	80000	29010
72304	83610	69022	23751
72503	33411	66030	24459
72506	63618	74021	19655
72600	80215	16792	99652
72601	93630	12717	08764
72709	80239	48382	10862
72800	91828	02515	08105
72806	80223	08797	14358
72814	80216	66022	20466





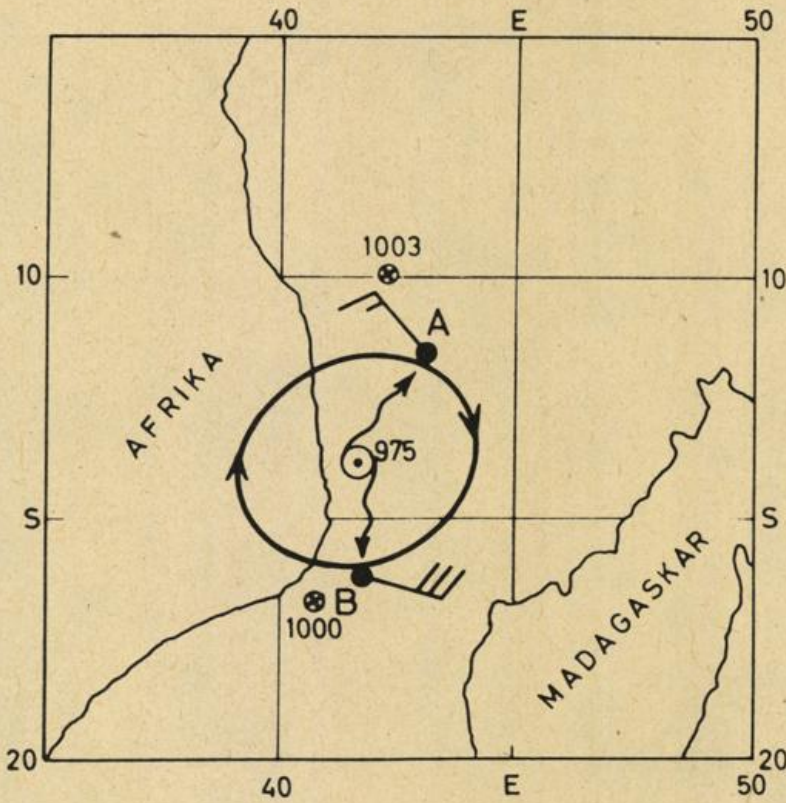


Abb. 1:

Ein Beispiel für Schlüsse, die aus der Eintragung von nur zwei Schiffsmeldungen gezogen werden können. (Südhalbkugel!)

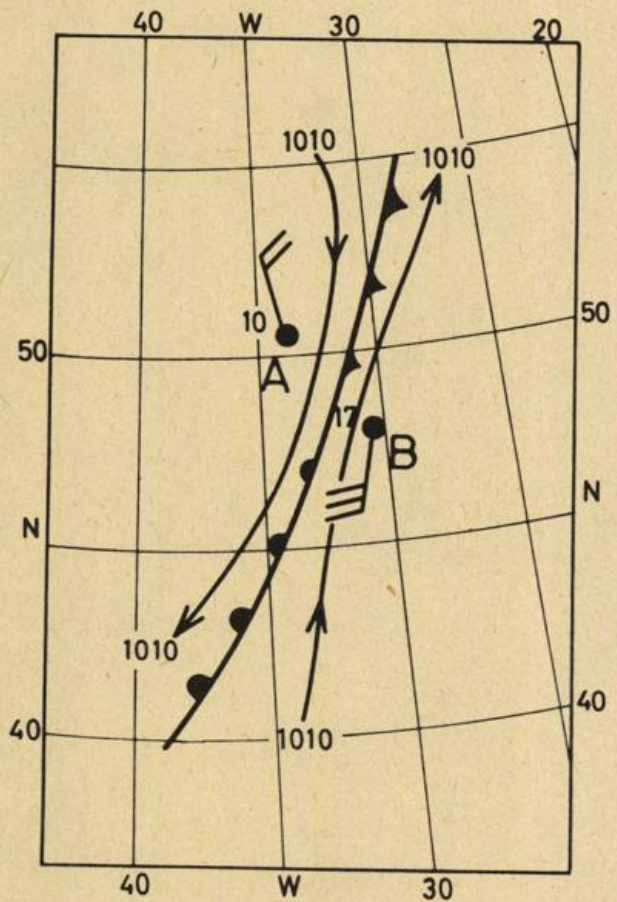


Abb. 2:

Ein anderes Beispiel für Schlüsse, die aus der Eintragung von nur zwei Schiffsmeldungen gezogen werden können. (Nordhalbkugel!)

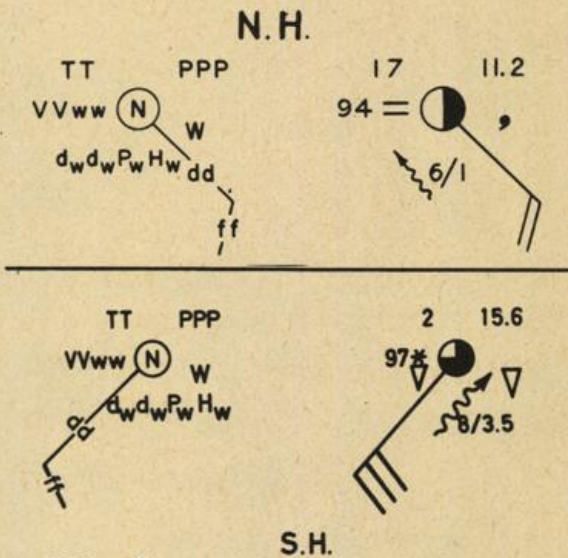


Abb. 3:

Anordnung der Daten um den Stationskreis. Die Symbole sind auf der linken Seite dargestellt, ein Beispiel für die Dateneintragung befindet sich rechts

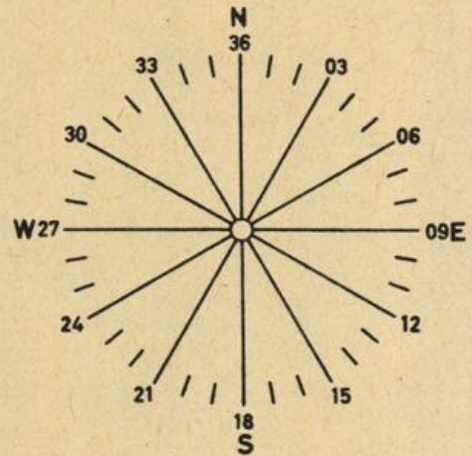


Abb. 4:

Windrose, die Windrichtung (dd) in Zehner-Grad (36=360°, 03 = 30°) zeigend, wie sie in der Wettermeldung gegeben wird

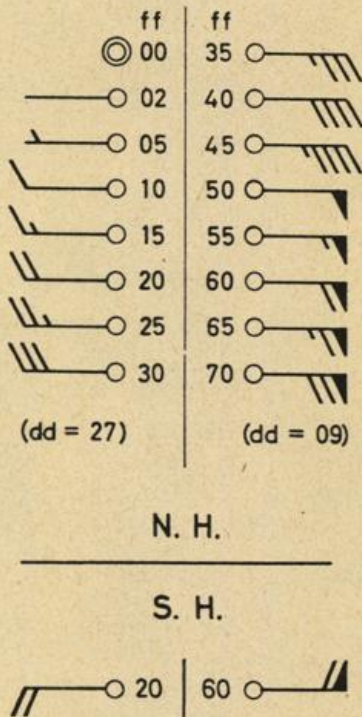


Abb. 5:

Symboltafel für das Eintragen der Windgeschwindigkeit (ff) in Knoten

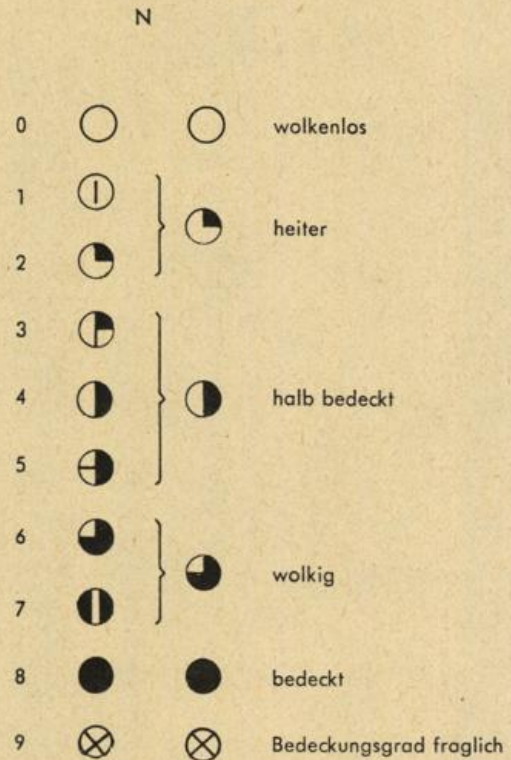


Abb. 6:

Eintragung der Gesamtbedeckung (N) mit Wolken nach Achtern des sichtbaren Himmels. Vollständige Symboltafel links, abgekürzte rechts

ww

40 ≡	Nebel
50 9	Nieseln
60 •	Regen
70 *	Schnee
80 ∇	Schauer
90 ⌚	Gewitter

Abb. 7: Kurztafel der wichtigsten Symbole für die Eintragung des herrschenden Wetters (ww); 40 = Dekade 40-49 usw.

00	10	} =	20 3]	} +	30	} ≡	40 (≡)	} ,	50	} •	60	} *	70	} ∇	80	} ⌚	90
01	11		21 •]		31		41		51		61		71		81 ∇		91 ⌚
02	12		22 *]		32		42		52		62		72		82		92
03	13		23 3]		33		43		53		63		73		83 ∇		93 ⌚
04	14	24 •]	34	44	54	64	74	84 ∇	94 ⌚								
05 ∞	15	} (•)	25 ∇]	} +	35	} ≡	45	} ,	55	} •	65	} *	75	} ∇	85	} ⌚	95
06	16		26 ∇]		36		46		56		66		76		86 ∇		96
07	17 ⌚		27 ∇]		37		47		57		67		77		87 ∇		97 ⌚
08	18 ∇		28 ≡]		38		48		58		68		78		88 ∇		98
09	19	29 ⌚]	39	49	59	69 *	79	89 ∇	99								
																	90

Abb. 8:

Abgekürzte Liste der Wettersymbole zum Gebrauch mit dem internationalen Wetterschlüssel. Die Zahlen geben das herrschende Wetter (ww) an

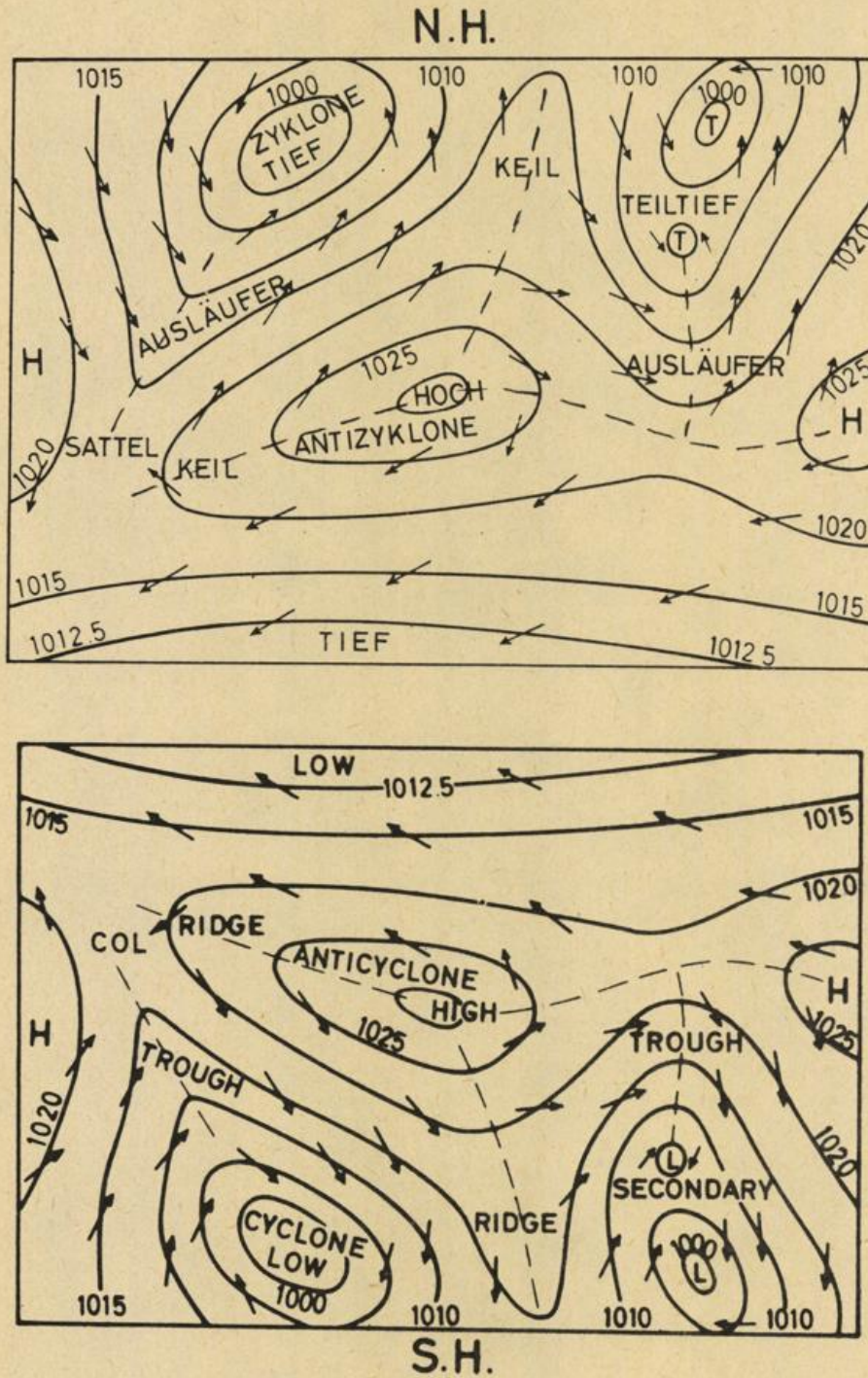


Abb. 9:

Modell der Drucksysteme und Winde. Die Achsen der Hochkeile und Tiefausläufer sind in diesem Beispiel durch dünne gestrichelte Linien bezeichnet. Fronten sind nicht dargestellt

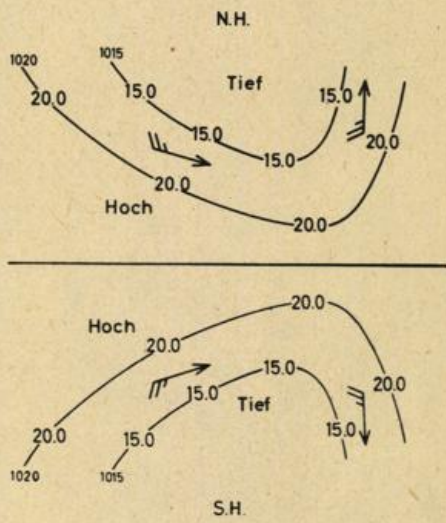


Abb.10: Zeichnen von Isobaren (1015, 1020) durch Orte mit gleichen Druckablesungen

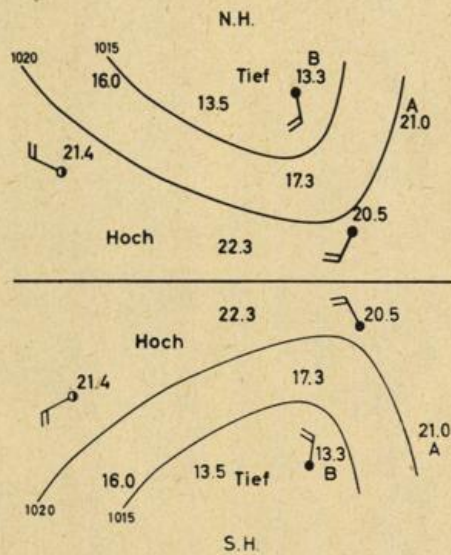


Abb.11: Zeichnen der gleichen Isobaren wie in Abb.10 nach gemeldeten Druckwerten, die eine Interpolation zwischen ihnen erforderlich machen. Windmeldungen sind dabei eine Hilfe

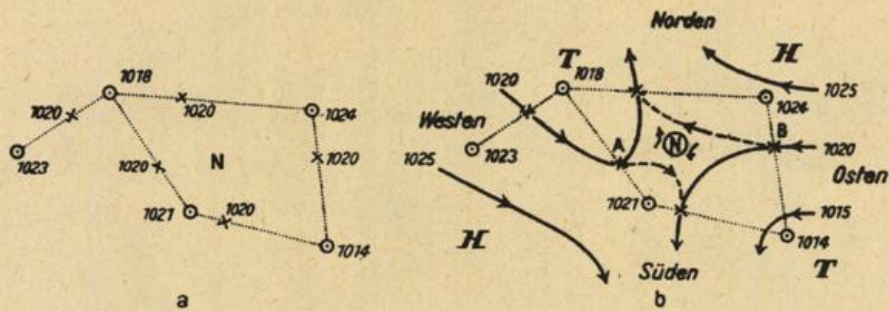


Abb.12: Beispiel für die Interpolation der Isobaren (1020,1015) nach gemeldeten Druckwerten (1023,1018,1021,1014,1024).

a = Interpolation von 5 Punkten "1020" x.  
 b = Zeichnen der Isobaren durch diese Punkte x.  
 Die Isobaren 1025 mb sind extrapoliert. (N) bezeichnet einen neutralen Punkt zwischen zwei Hochdruckgebieten und zwei Tiefdruckgebieten

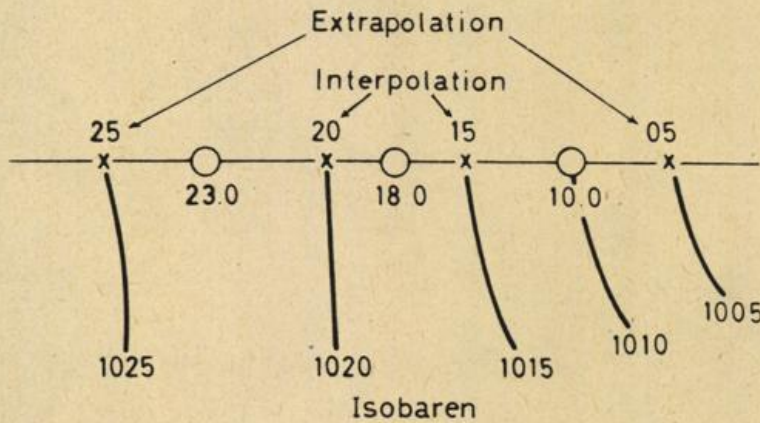


Abb.13: Schema für Interpolation und Extrapolation. (Gemeldete Werte: 23,0 - 18,0 - 10,0)

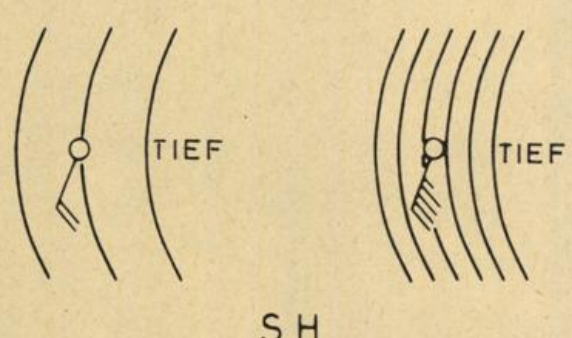
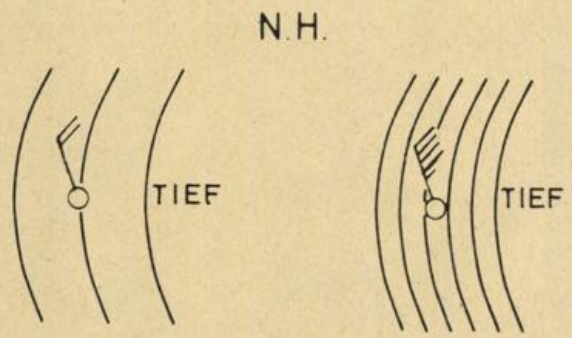


Abb.14: Die Beziehung zwischen Wind und Isobaren. Links haben die Isobaren weiten Abstand, schwachen Wind anzeigend. Rechts liegen die Isobaren dicht zusammen, und hier ist stürmischer Wind zu erwarten

S.H.

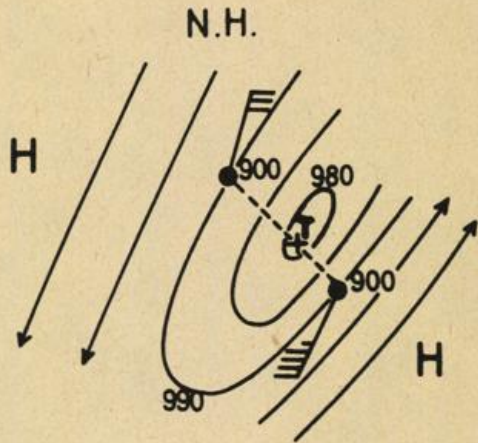


Abb.15:

Zeichnen der Isobaren nach zwei Schiffsmeldungen unter Verwendung der gemeldeten Winde (Richtung und Geschwindigkeit)

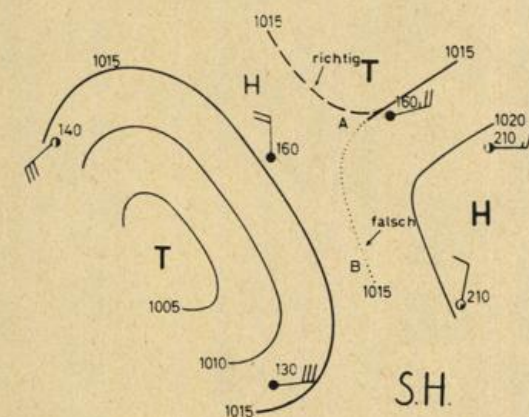
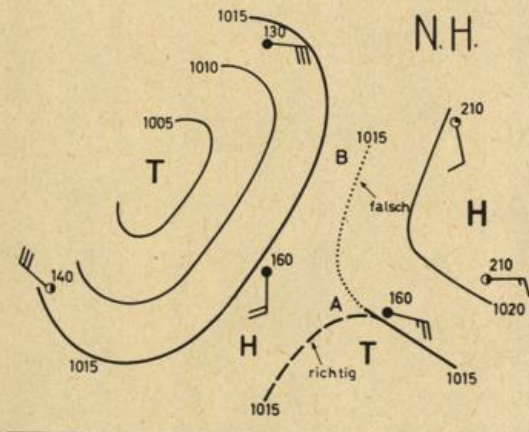
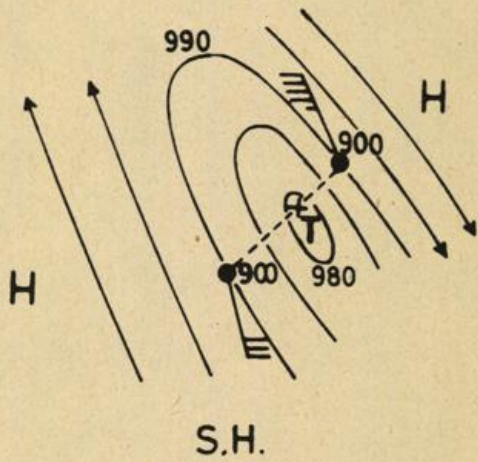
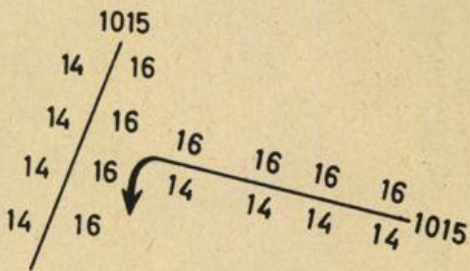


Abb.16: Beispiel einer "verwirrenden" Isobarenanordnung. Die Richtung der 1020-mb-Isobare legt nahe, die 1015-mb-Isobare parallel dazu zum Punkt B (punktierete Linie) zu ziehen. Das ist aber wegen der um das linke Tief schon gezogenen 1015-mb-Isobare nicht richtig

N.H.



S.H.

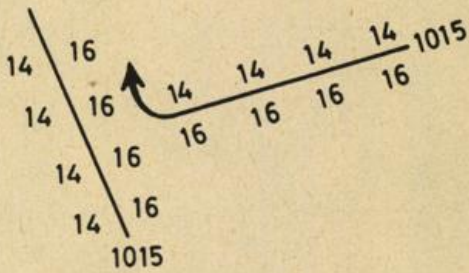


Abb. 17:  
Hinweis zur Führung der 1015 mb-Isobare  
der Abb. 16. Er zeigt die Notwendigkeit,  
diese auf der Nordhalbkugel nach links,  
auf der Südhalbkugel nach rechts umbie-  
gen zu lassen

N.H.

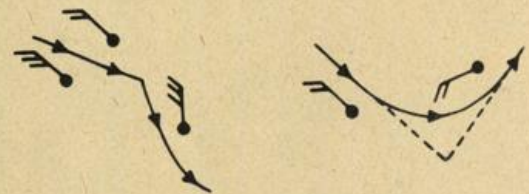
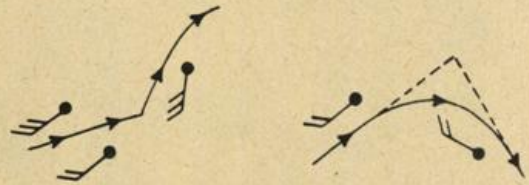


Abb. 18:

S.H.

"Mit dem Wind" gezeichnete Isobaren können sich auf der Nordhalbkugel scharf nach links wenden, aber nicht nach rechts; auf der Südhalbkugel können sie sich scharf nach rechts wenden, aber nicht nach links. Einen scharfen Knick, wie gestrichelt angegeben, sollte die Isobare nicht haben

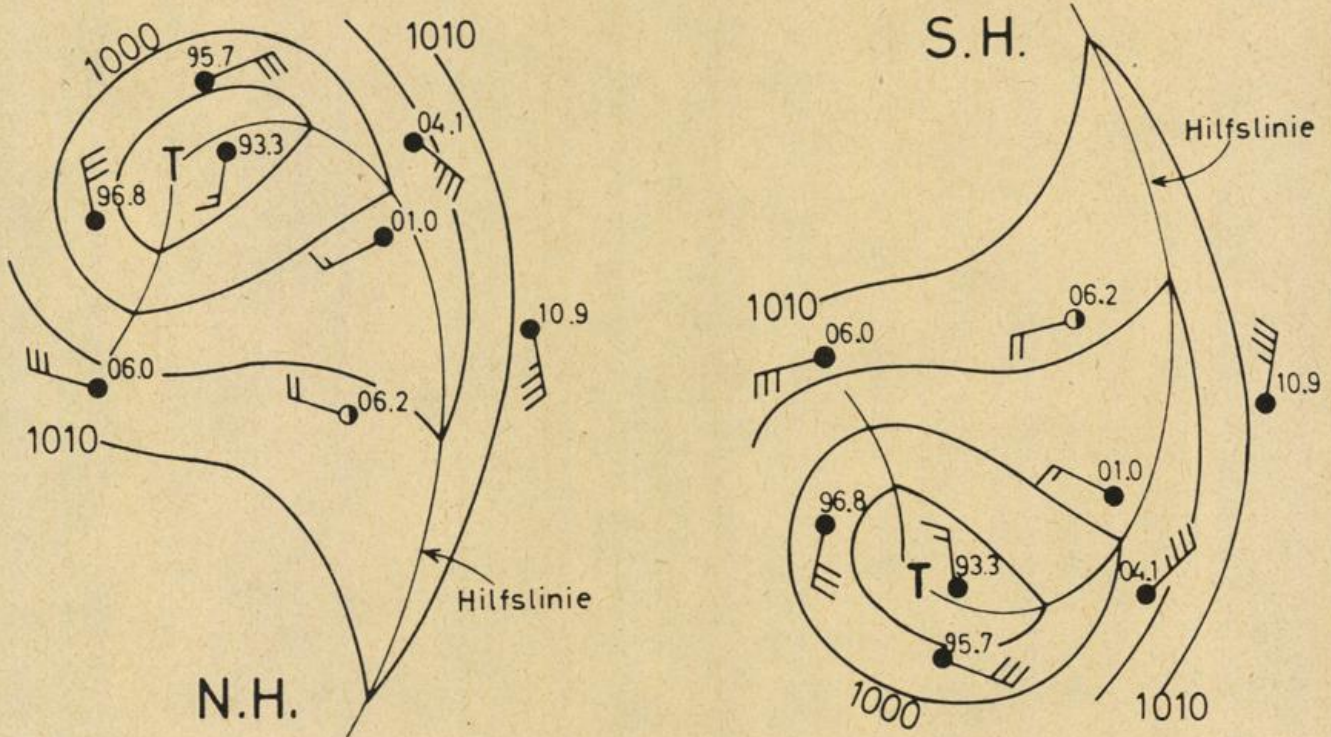


Abb.19: Isobaren, die einer Hilfslinie angepaßt sind, die die erste Annäherung eines Windsprunges oder einer Front darstellt. Das Beispiel erläutert auch die Regel der Abb.18

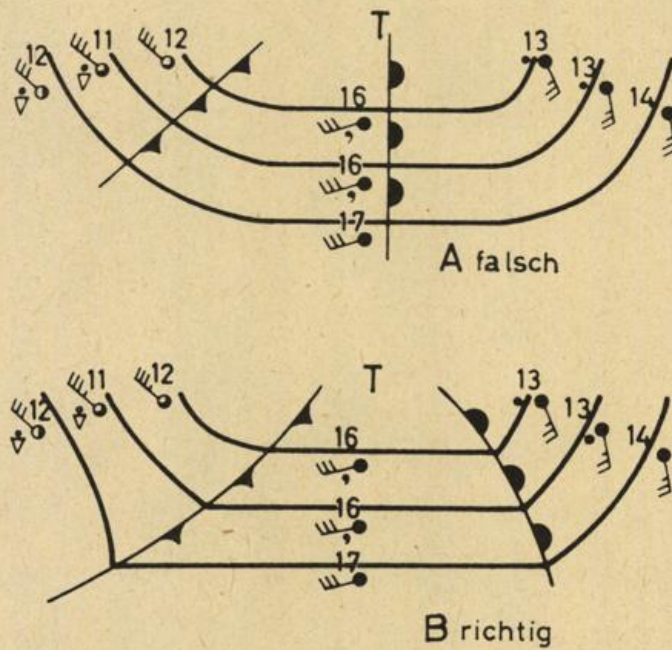


Abb.20: Beispiel für die Beziehung zwischen Fronten und Isobaren.  
 A = Fronten festgestellt, aber nicht richtig analysiert.  
 B = Richtige Analyse durch gegenseitige Anpassung der Fronten an den Isobarenzug und der Isobaren an den Frontenzug

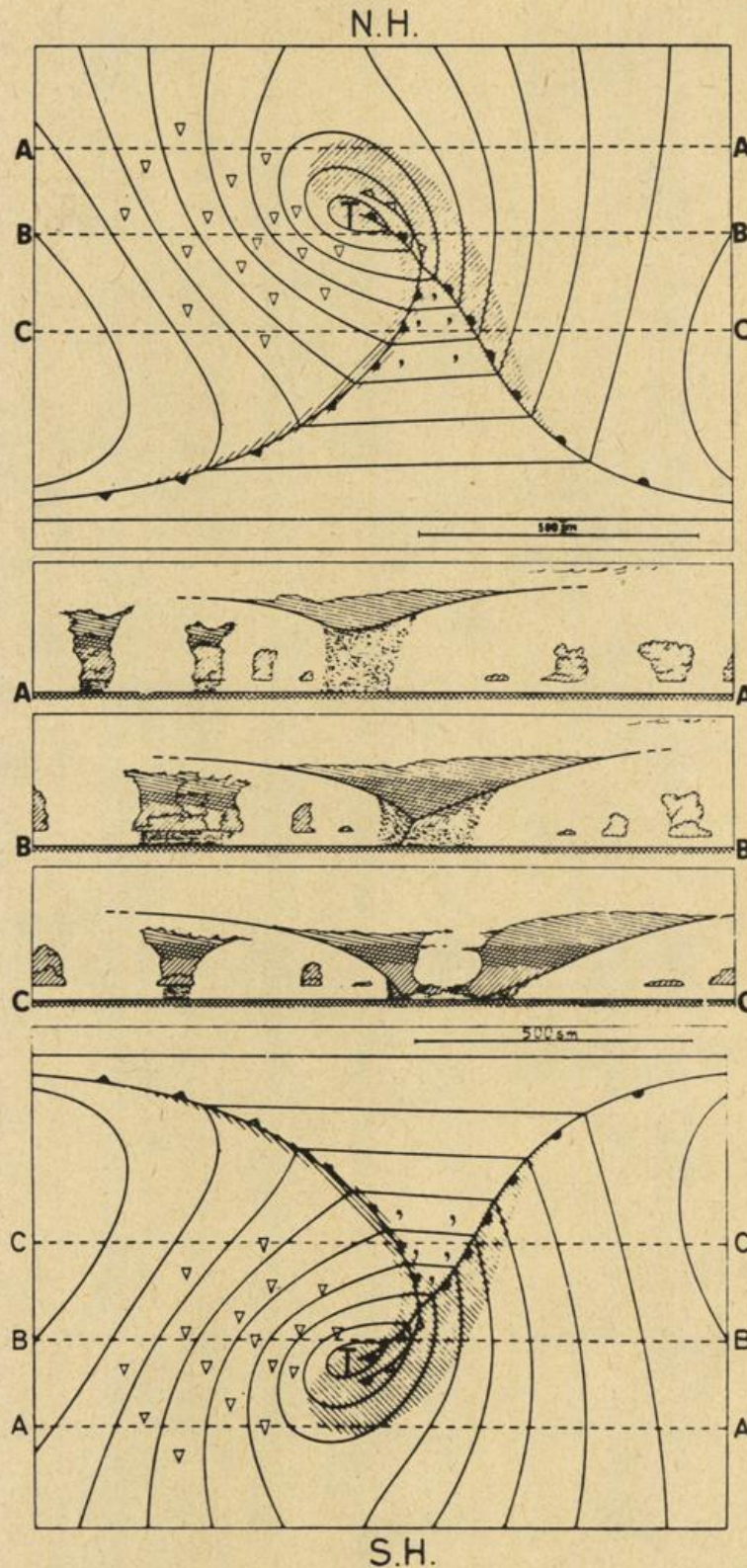


Abb.21: Drei vertikale Querschnitte (A-A; B-B; C-C) durch eine okkludierende Zyklone. Der obere Teil stellt eine Zyklone auf der Nordhalbkugel, der untere auf der Südhalbkugel dar, die gestrichelten Linien geben die Lage der Querschnitte an. Der mittlere Teil zeigt in den drei Vertikalschnitten die Frontstruktur und die Wolkenysteme mit oder ohne Niederschlag

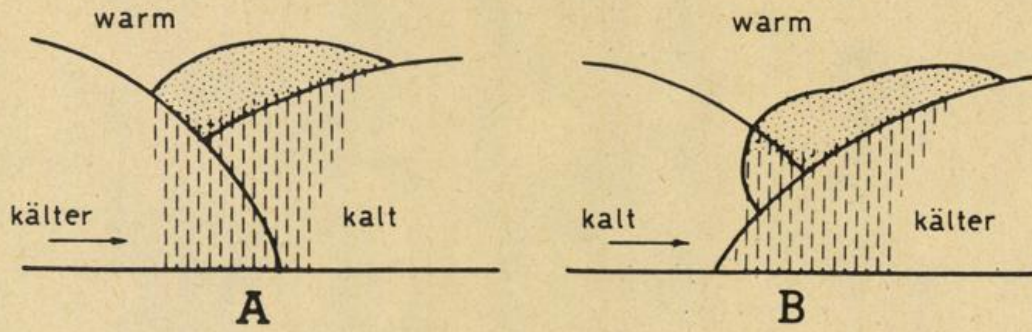


Abb.22: Vertikalschnitt durch eine Okklusion:  
 A = Kaltfront-Typ der Okklusion  
 B = Warmfront-Typ der Okklusion

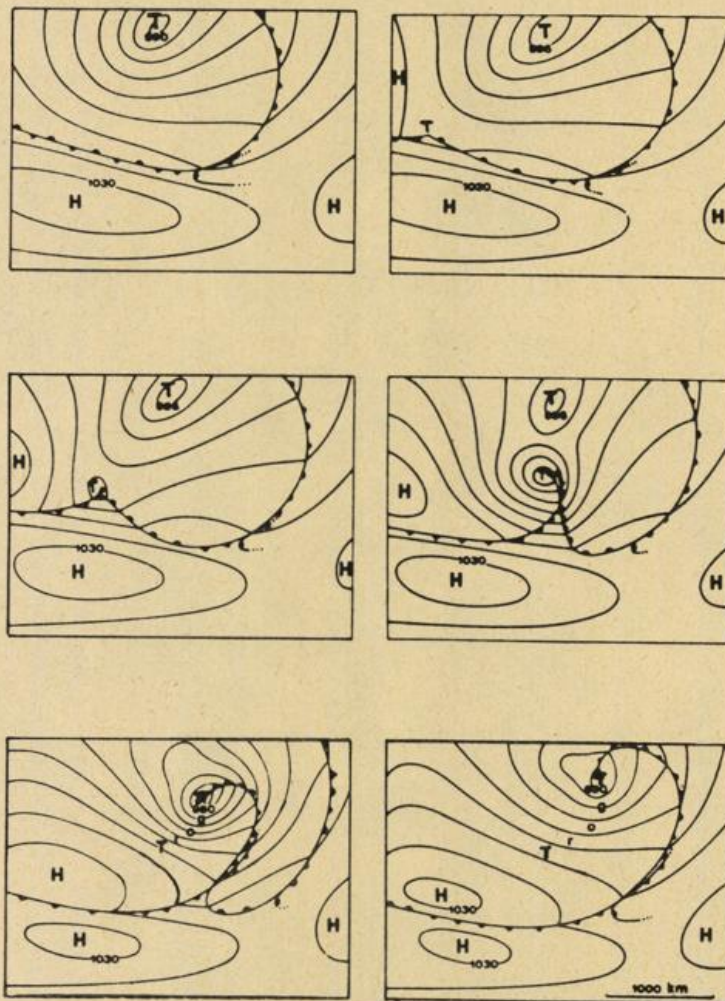


Abb.23: Die Entwicklung der Frontalzyklone  
 Stadien a - f (siehe Text S.29)

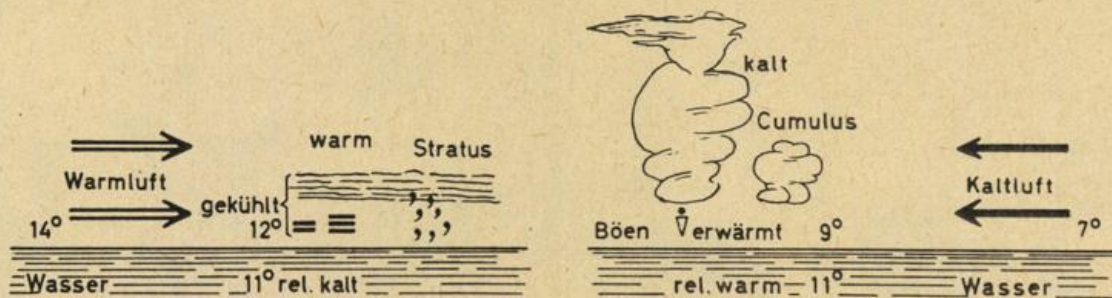


Abb.24: Modell der allgemeinen Wetterwirkung relativ kalter und warmer Luftmassen über See

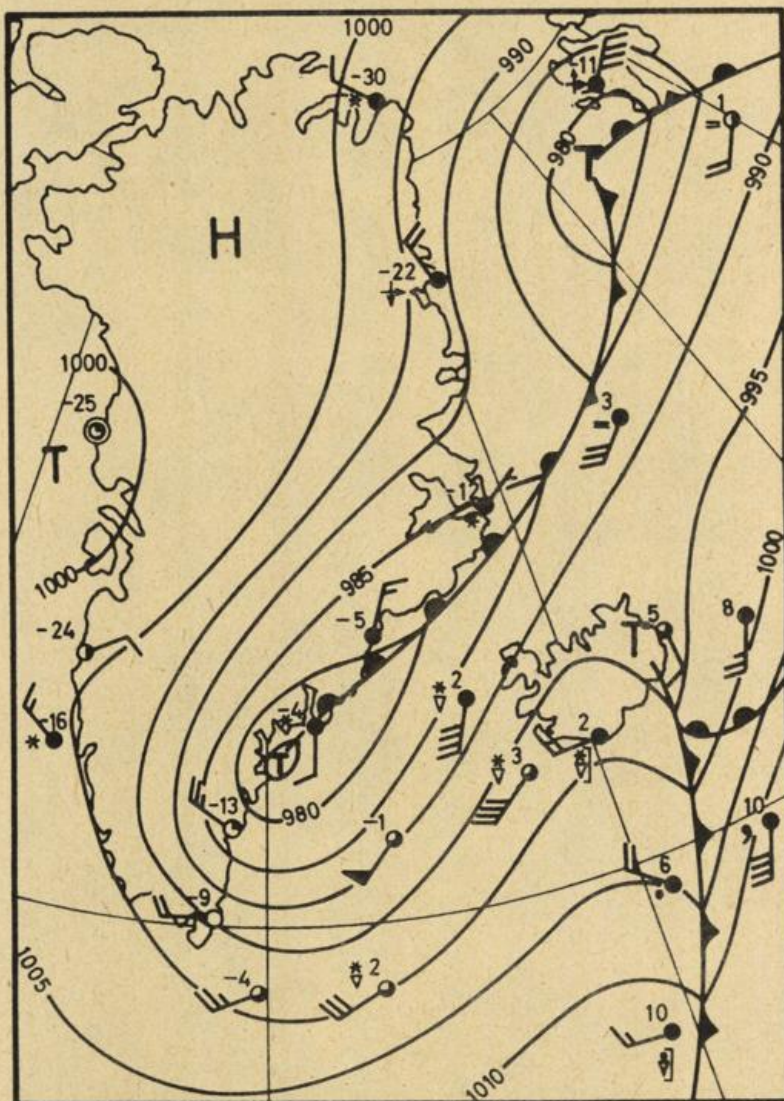


Abb.25: Arktische Front, die sich östlich Grönland zwischen kalter Grönlandluft und wärmerer zyklonal aus Südwesten strömender maritimer Polarluft gebildet hat

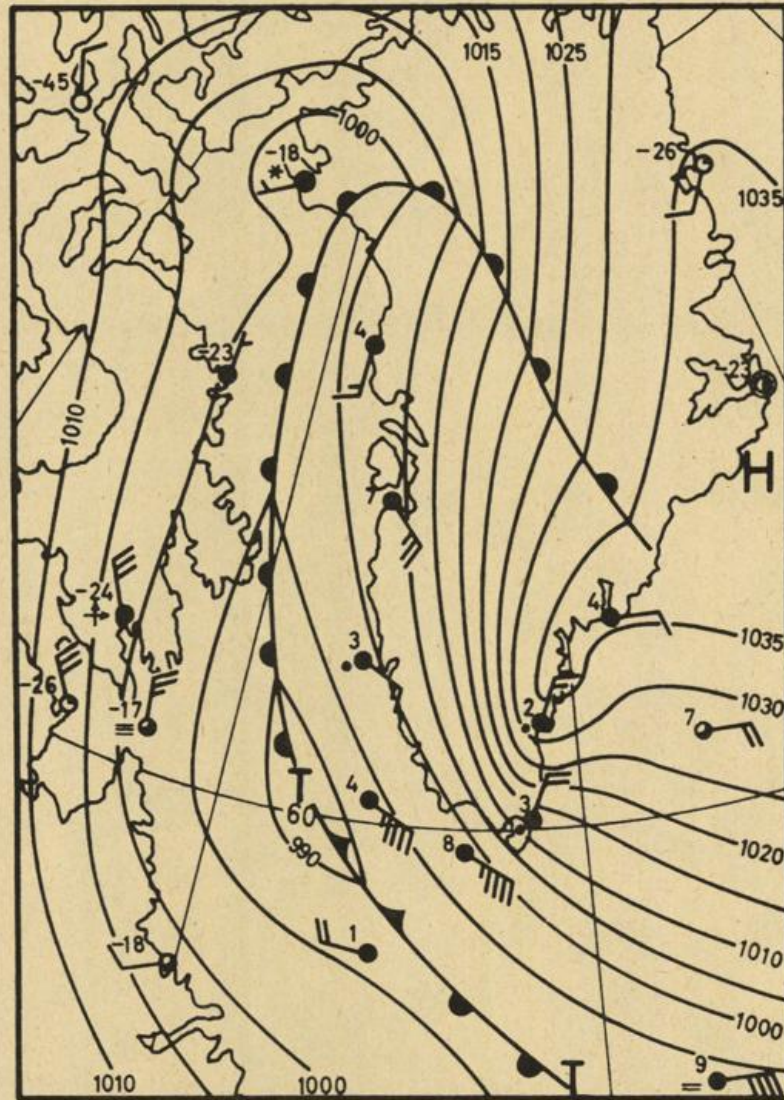


Abb.26: Arktische Front, die sich westlich Grönland zwischen kalter kanadischer Luft und wärmerer, antizyklonal aus Südosten strömender maritimer Polarluft gebildet hat

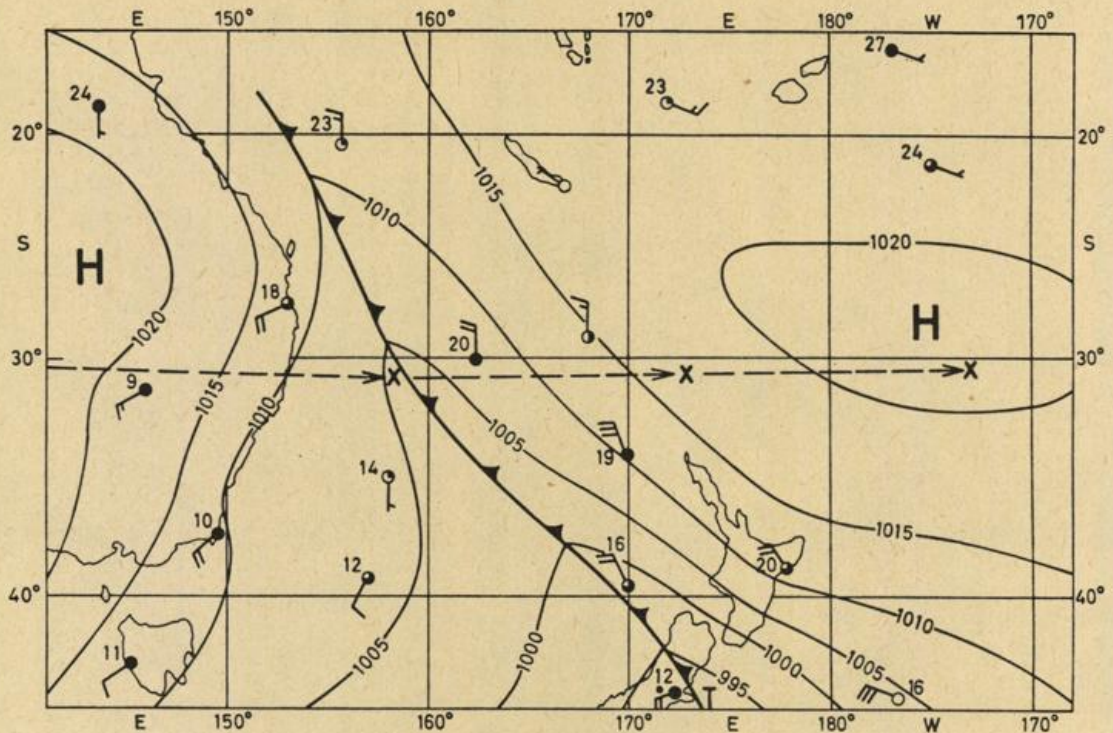


Abb.27: Wandernder Kaltfront-Ausläufer östlich Australien

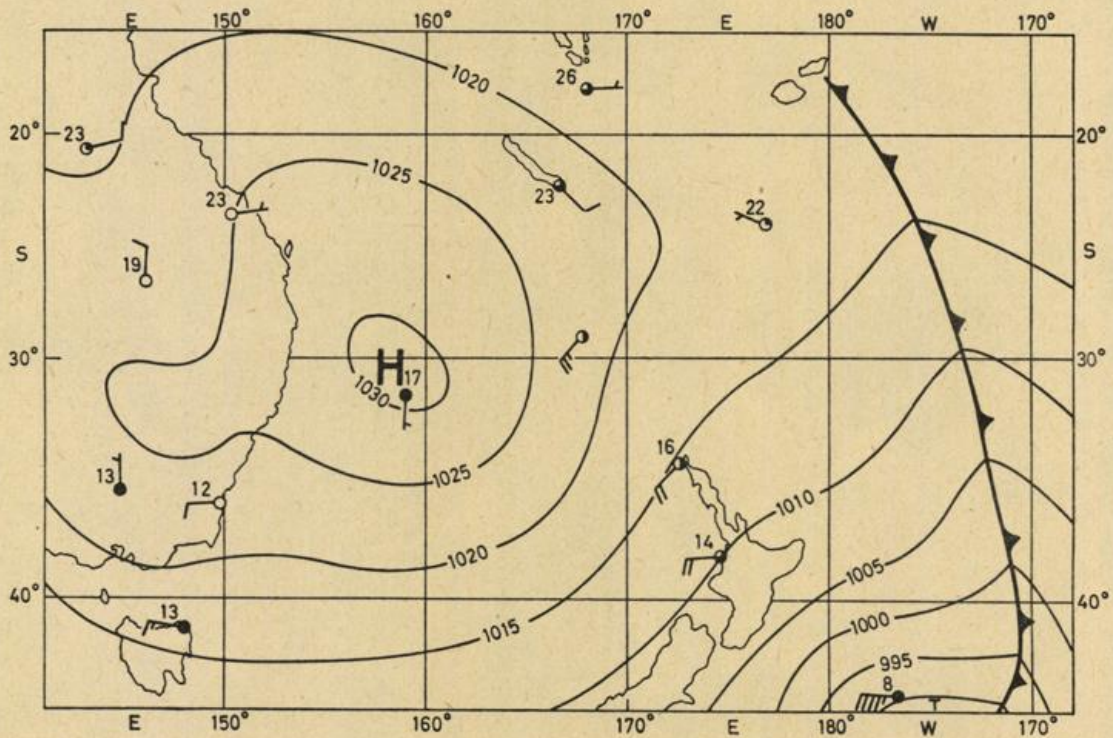


Abb.28: Der Kaltfront-Ausläufer (von Abb.27) zwei Tage später. Ein wanderndes subtropisches Hoch nimmt den früheren Platz des Ausläufers ein

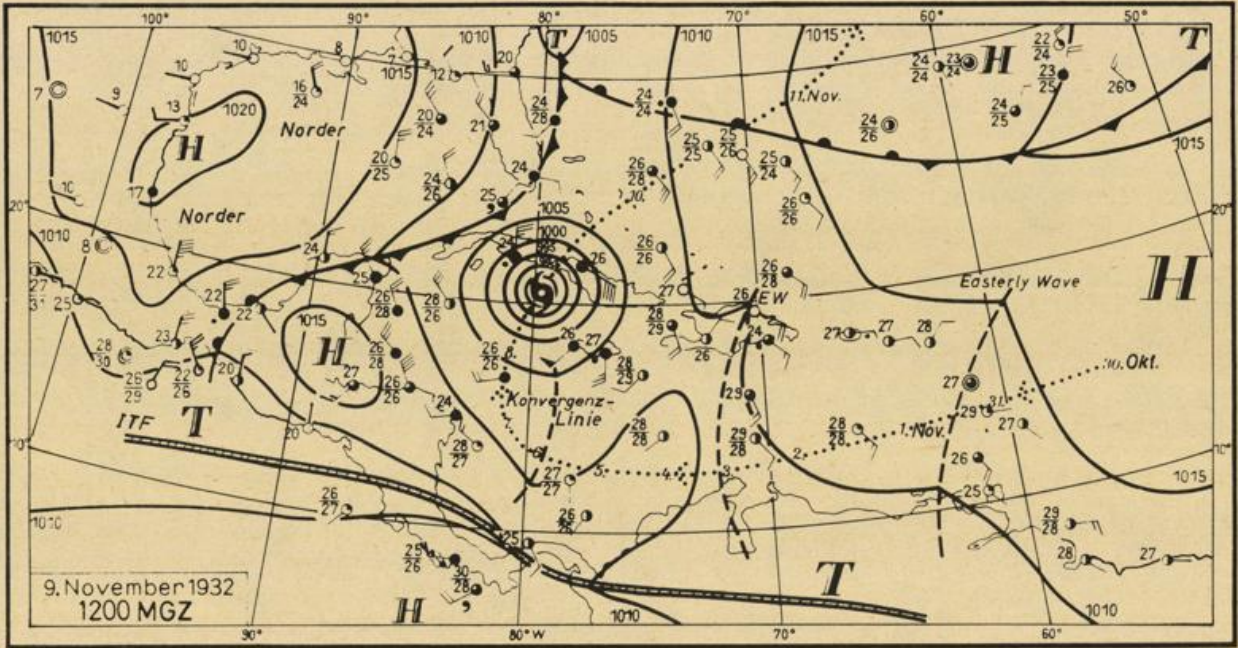


Abb.29: Einige Typen tropischer Wettersysteme (siehe Text S.34).

Bei den Schiffsmeldungen ist das Eintragungsmo~~del~~l  $\frac{\text{Luft}}{\text{Wasser}}$ -Temperatur benutzt worden.

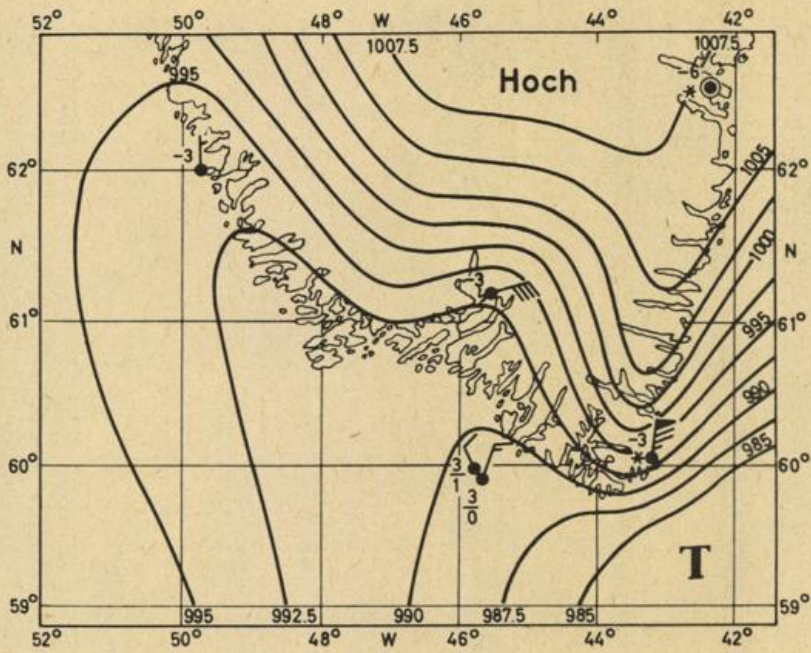


Abb.30: Die Wetterlage im Gebiet von Südgrönland am 9. Januar 1953, 0000 MGZ. (Untere Ziffer bei Schiffsmeldungen = Meerestemperatur)

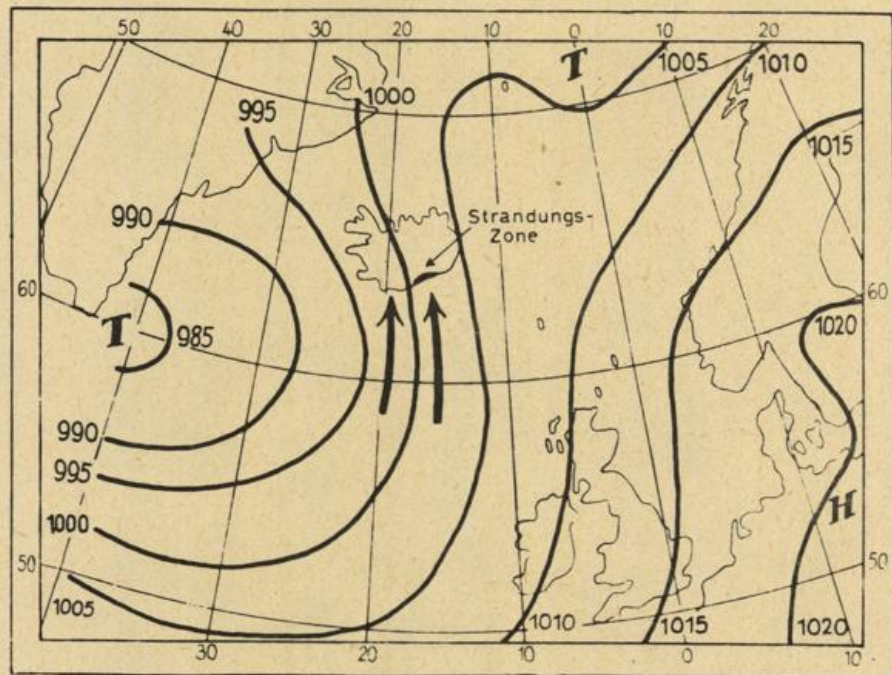


Abb.31: Mittlere Wetterlage bei Strandungen an der Südostküste Islands

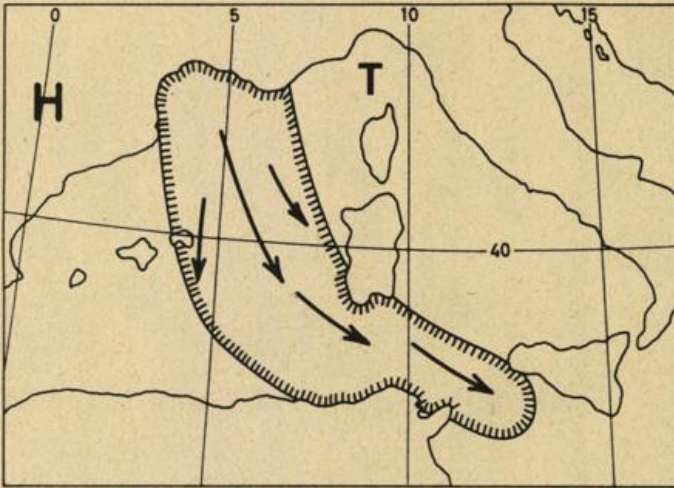


Abb. 32:  
 Ungefähres Gebiet eines ausgedehnten  
 Mistral im westlichen Mittelmeer

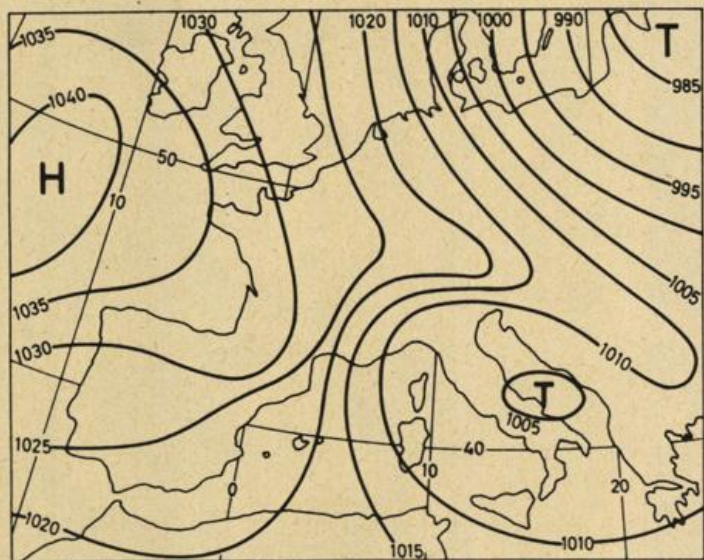


Abb. 33:  
 Typische Wetterkarte für einen aus-  
 gedehnten Mistral, 2. April 1943

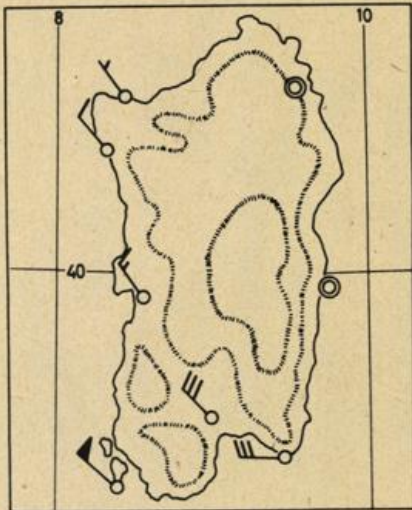


Abb. 34:  
Windverteilung im Küsten-  
gebiet von Sardinien am  
2. April 1943

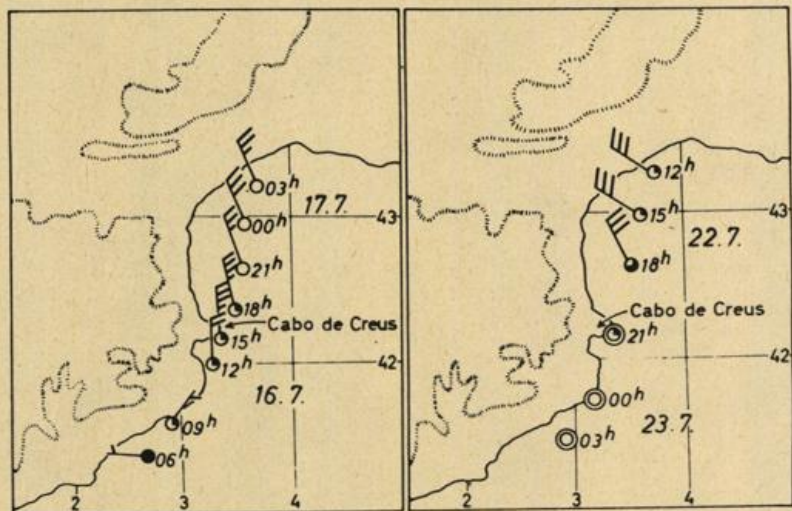


Abb. 35:  
Von einem Schiff nördlich und südlich Kap Creus  
am 16.-17. und 22.-23. Juli 1951 angetroffene  
Winde

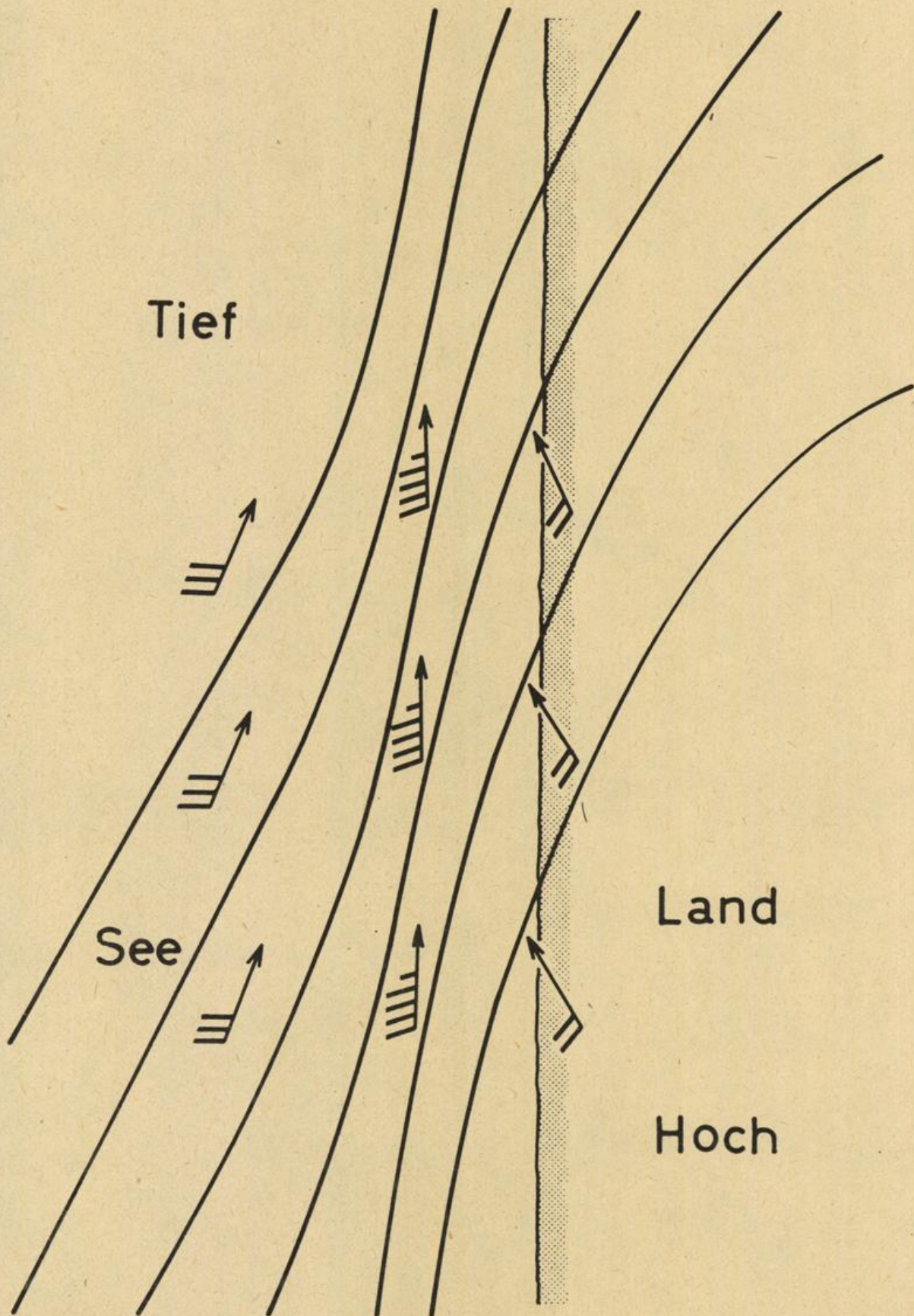


Abb.36: Modell der Windverteilung längs einer gebirgigen Küste

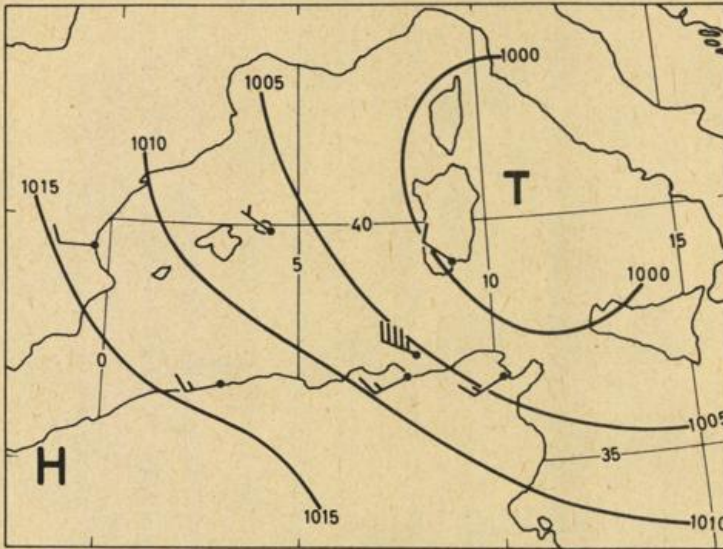


Abb.37: Sturm auf See vor der ostalgerischen Küste, 15.Dezember 1950, 0600 MGZ

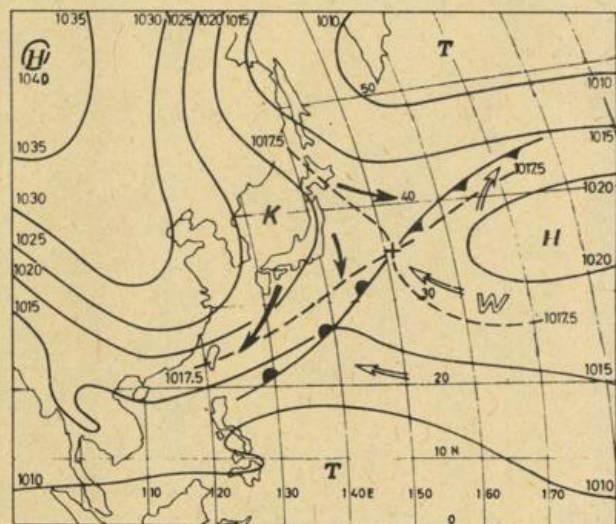


Abb.38:

Mittlere Druckverteilung über dem nordwestlichen Pazifischen Ozean im November 1956

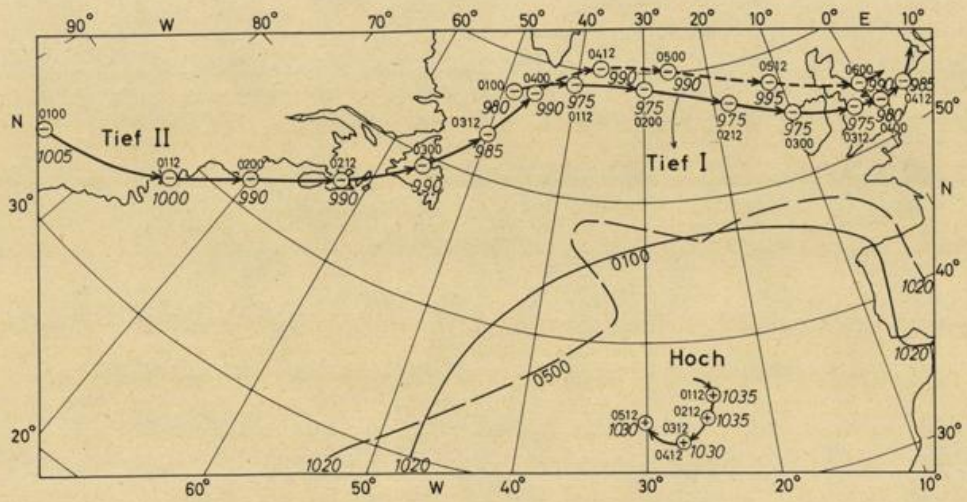


Abb.39: Zugbahnen zweier nordatlantischer Tiefdruckgebiete und des Azorenhochs vom 1. bis 5. Januar 1961 (0100 = 1. Januar, 0000 MGZ usw.; 990, 1035 usw. = Druck der innersten Iso-bare)

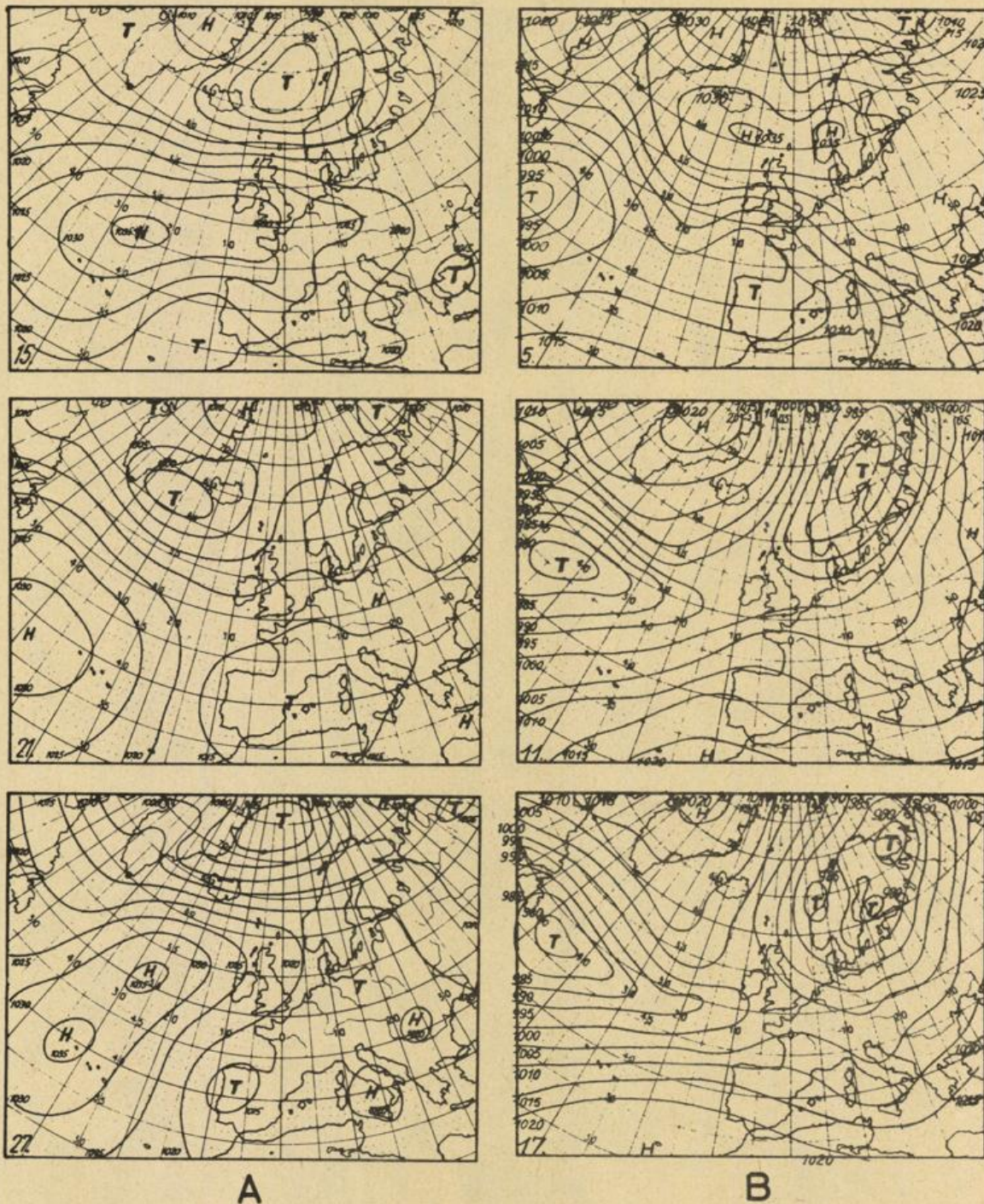


Abb.40: Druckverteilung im Nordostatlantik

A) für nördliche Westlage  
 5-tägige Mittelkarten  
 für 13.-17., 19.-23.,  
 25.-29. Mai 1956

B) für südliche Westlage  
 5-tägige Mittelkarten  
 für 3.-7., 9.-13., 15.-  
 19. Januar 1955

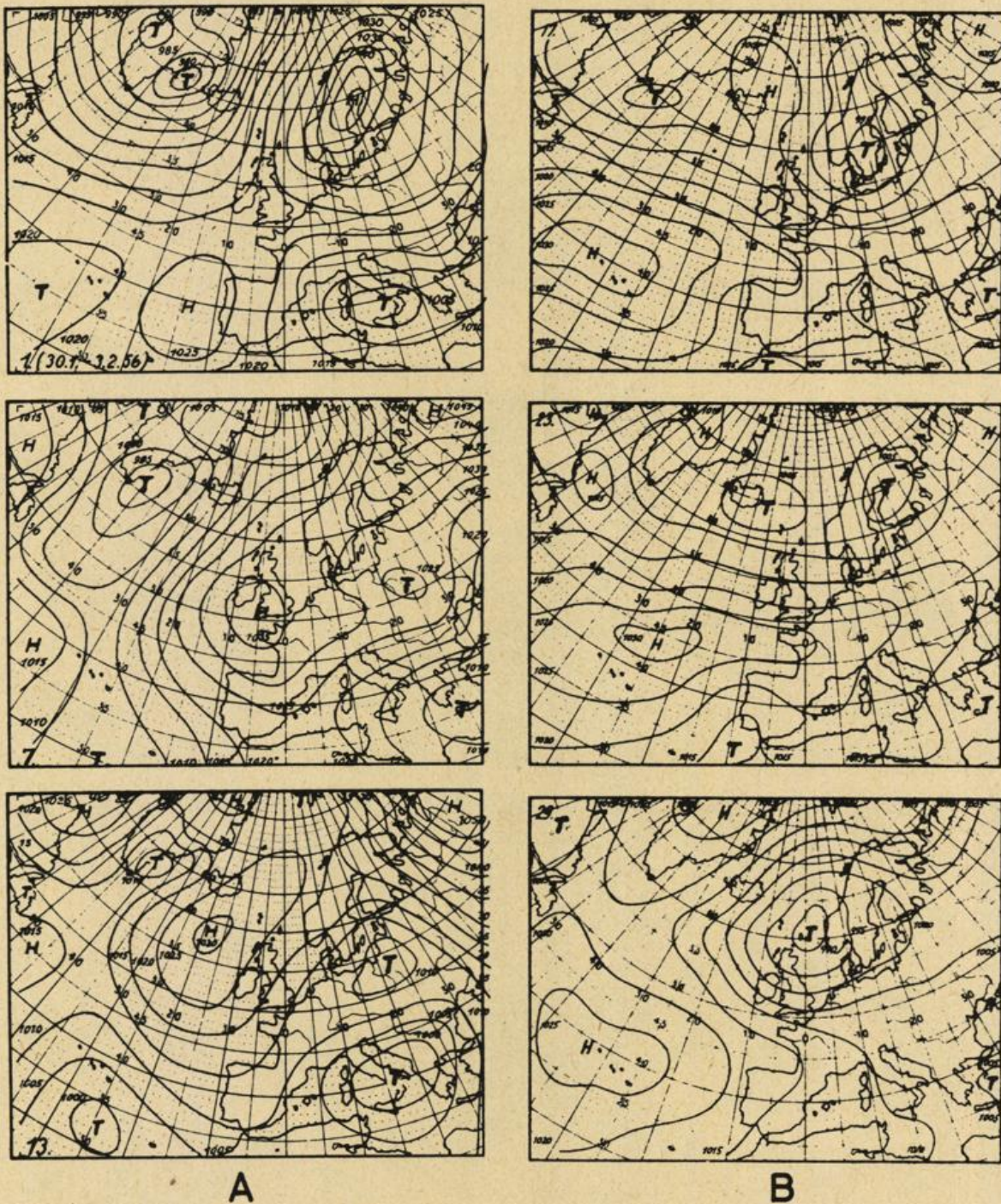


Abb.41: Druckverteilung im Nordostatlantik

A) für Blockierungslage  
5-tägige Mittelkarten  
für 30. Januar bis 3.  
Februar, 5.-9., 11.-  
15. Februar 1956

B) für eine mehr als saison-  
gemäße Zirkulationstätig-  
keit. 5-tägige Mittelkar-  
ten für 15.-19., 21.-25.,  
27.-31. Juli 1954

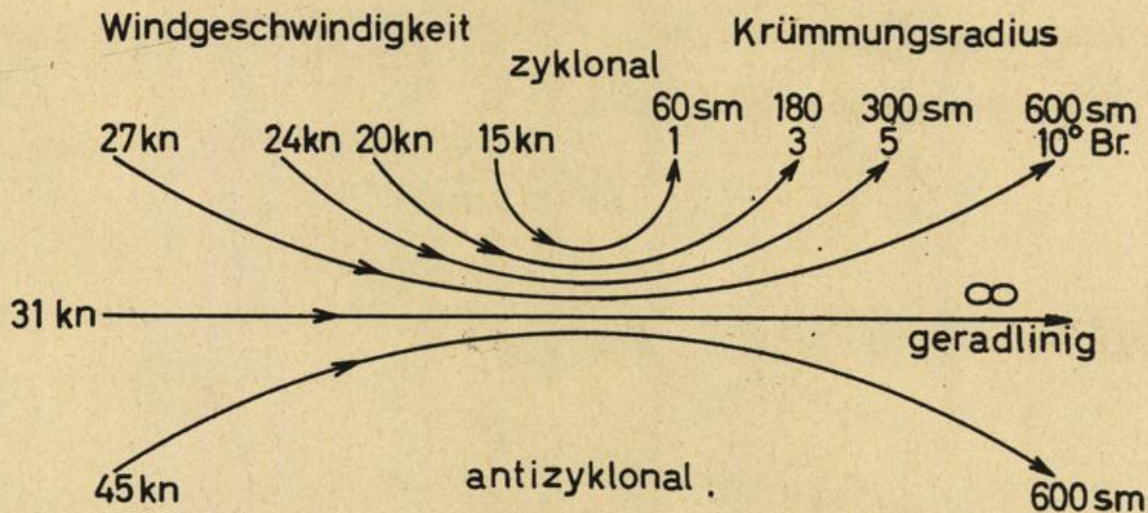


Abb.42: Unterschiede der Windgeschwindigkeit bei verschiedener Isobarenkrümmung (in der Abbildung ist ein Isobarenabstand von 105 sm für 5 mb bei 40° Breite zugrundegelegt)

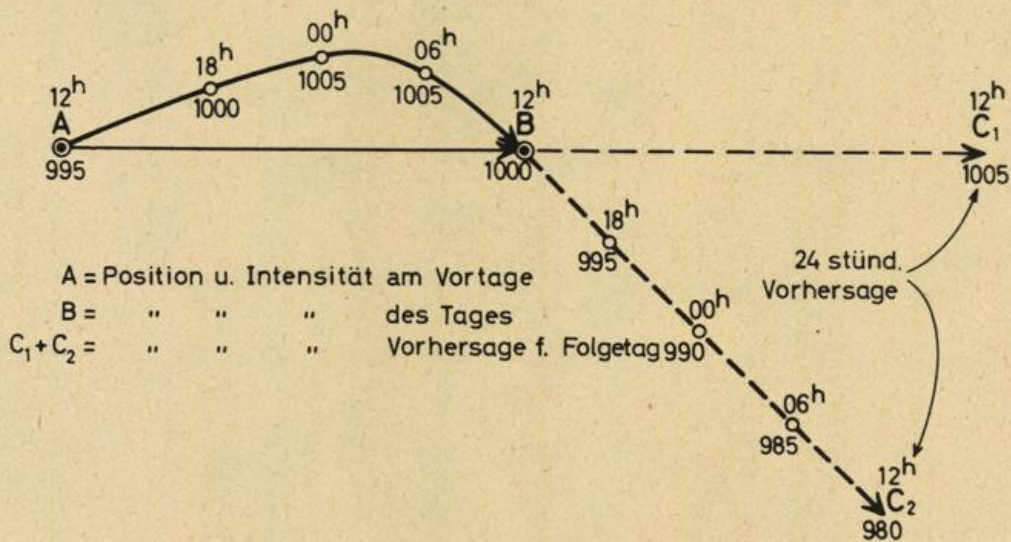


Abb.43: Schema der Extrapolation der Zugbahn und Intensität eines Tiefs

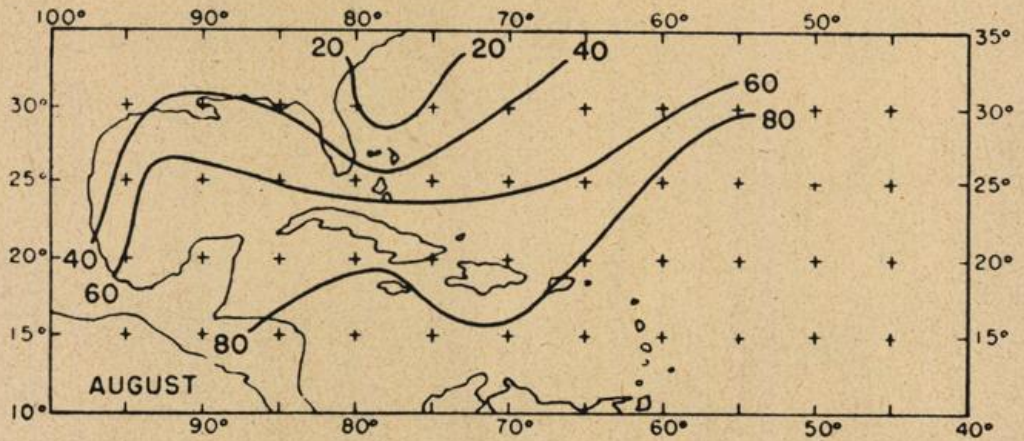


Abb.44: Prozentuale Häufigkeit tropischer Wirbelstürme, die ihre Zugbahn beibehalten; Nordatlantischer Ozean, August (Nach U.S.W.B. Forecasting Guide No.3, Abb.51)

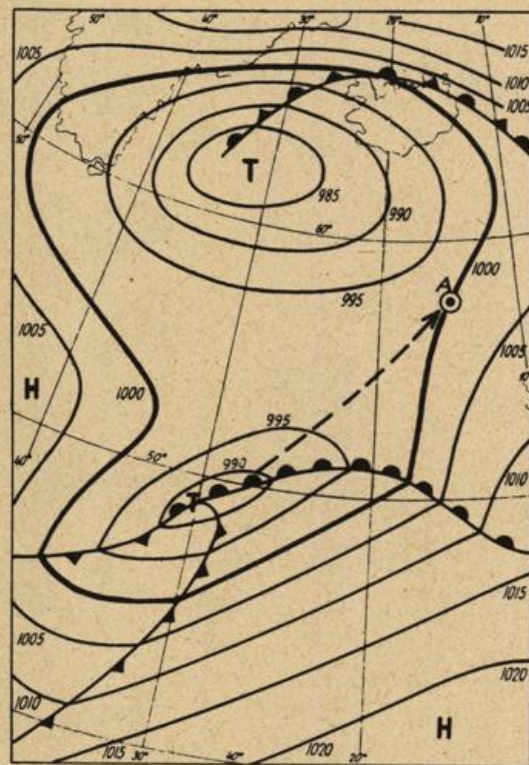


Abb.45:  
Bewegung eines Randtiefs in der Zirkulation des Haupttiefs. Nordost-Atlantik, 26.April 1955, 1200 MGZ

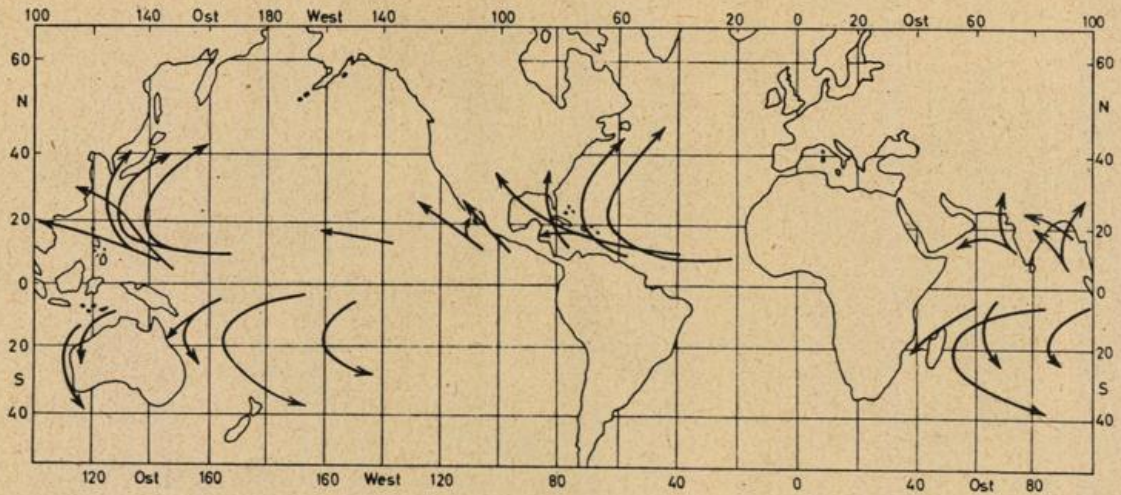


Abb.46: Typische Zugbahnen tropischer Zyklone

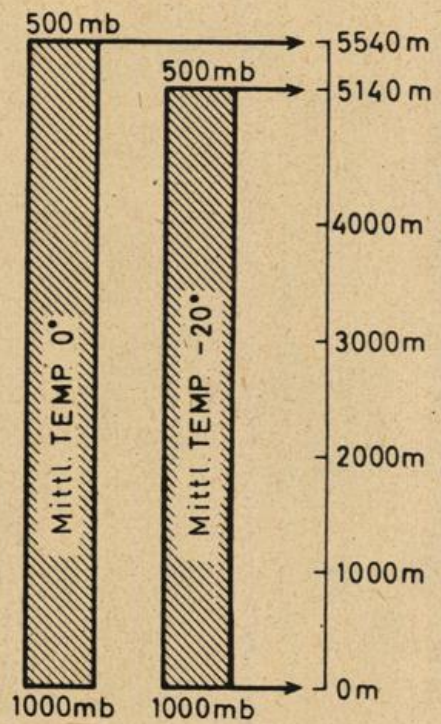


Abb.47: Höhe des 500-mb-Niveaus in Abhängigkeit von der Mitteltemperatur einer Luftsäule

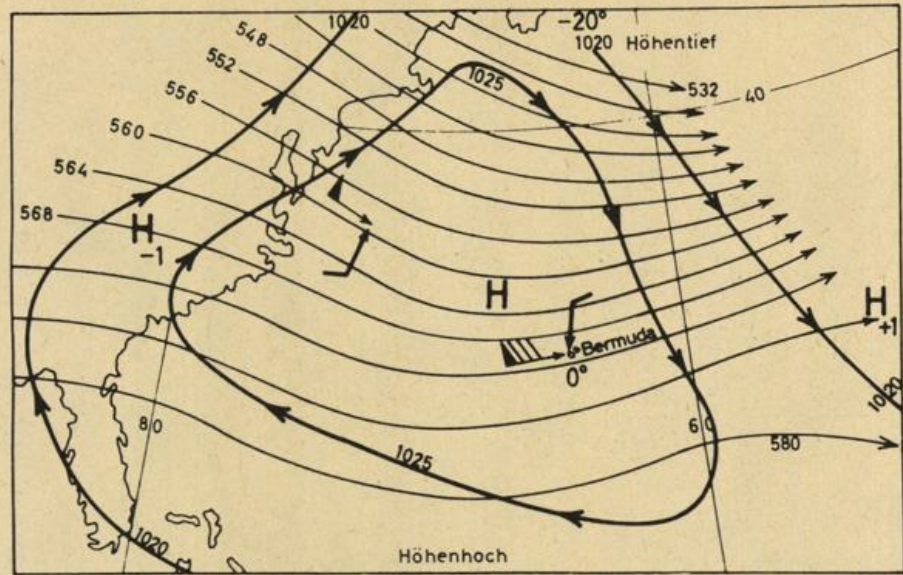


Abb. 48:

Höhenströmung über einem wandernden Kaltluft-Hoch. Die dicken Linien sind die Bodenisobaren, die dünnen Linien die Höhenlinien (in Dekameter) der 500-mb-Fläche. Weitere Erklärungen siehe im Text (S.55)

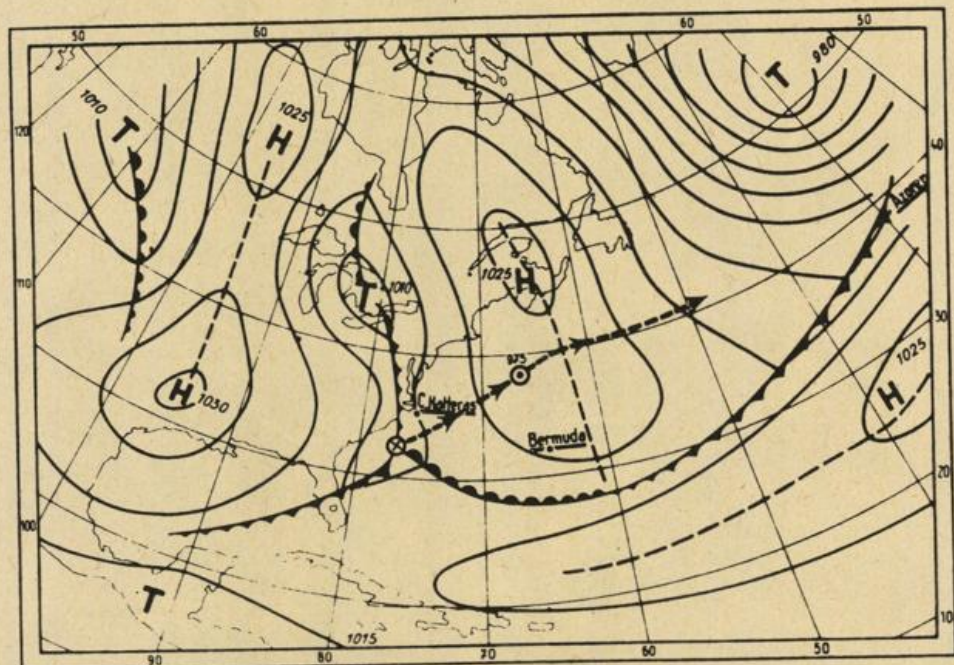


Abb. 49: Musterwetterkarte für eine Dreimasseneck-Lage südlich Kap Hatteras. Die Pfeile zeigen den voraussichtlichen Weg der sich verstärkenden Zyklone, die sich wahrscheinlich in 24 Stunden auf 975 mb vertieft.

Abb. 50:

Wetterlage für eine sich schnell vertiefende Ostküsten-Zyklone vor Nordamerika, 12. November 1952, 0000 MGZ. Zugbahn und Intensität sind vom 11. bis 15. November für 0000 MGZ eingetragen

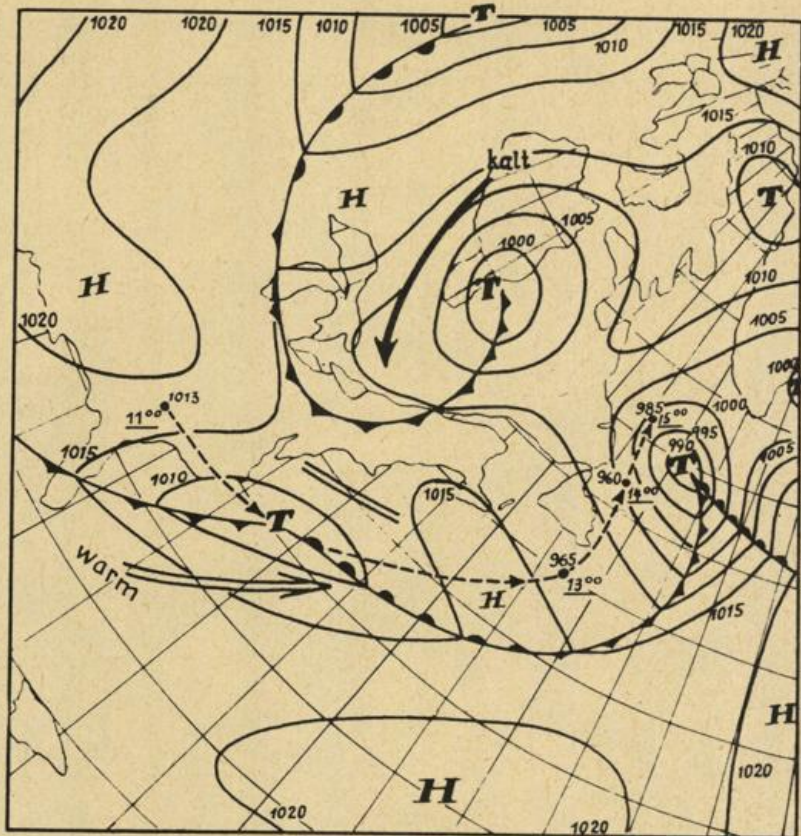
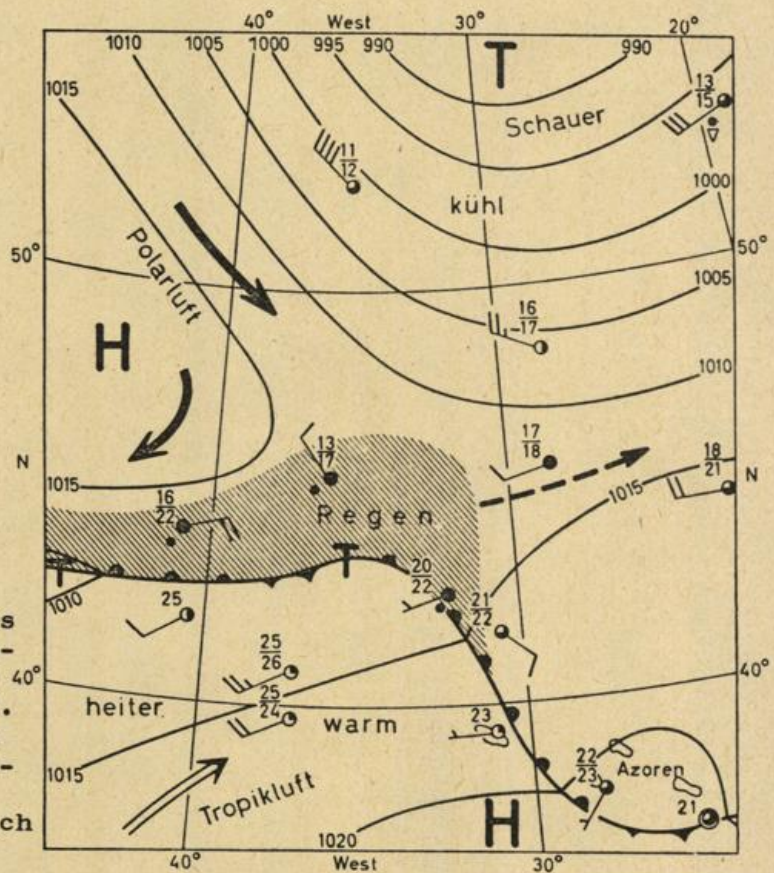


Abb. 51:

Vorstadium einer stromanwärts vom neutralen Punkt erfolgenden schnellen Sturmtief-Entwicklung. Wetterkarte vom 12. September 1951, 0000 MGZ. Die dicken Pfeile geben die Luftströmung, der gestrichelte Pfeil die Zugrichtung der sich vertiefenden Störung an





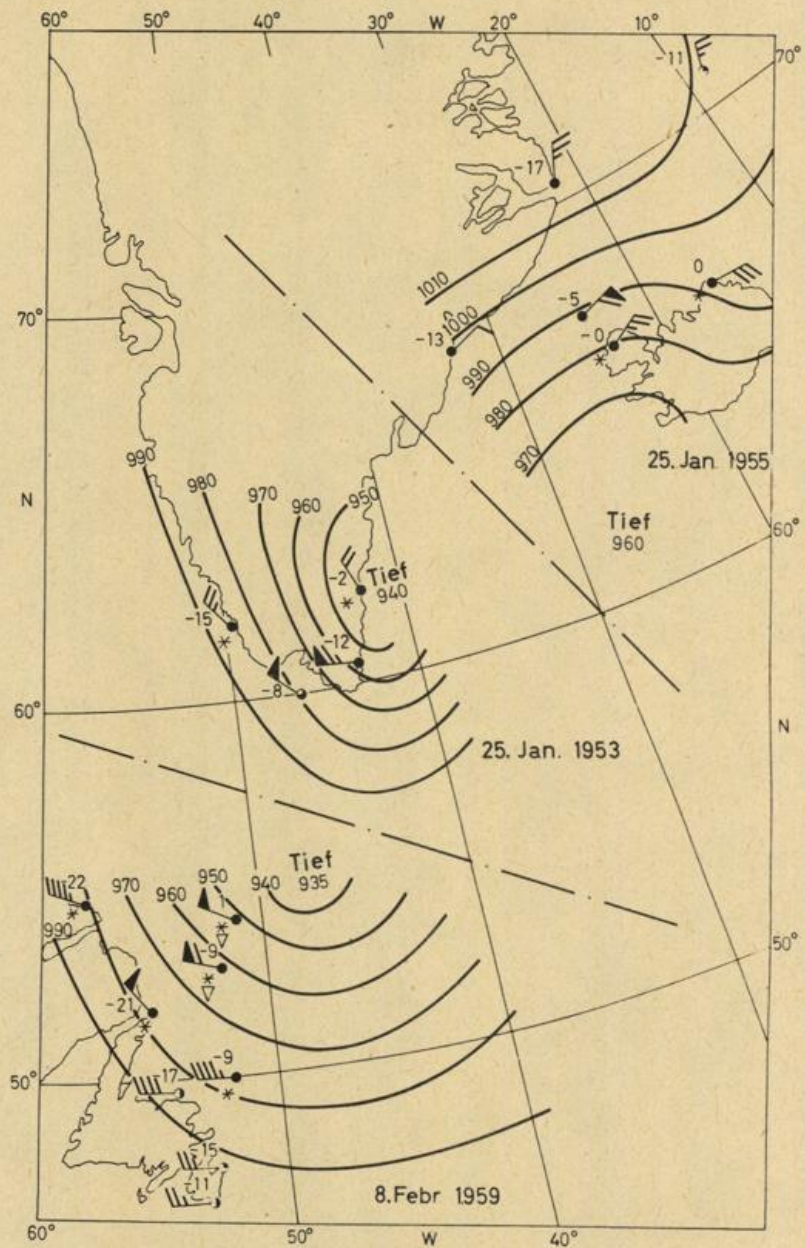


Abb.55: Drei Beispiele von Wetterlagen, bei denen schwere Vereisung von Schiffen auftrat

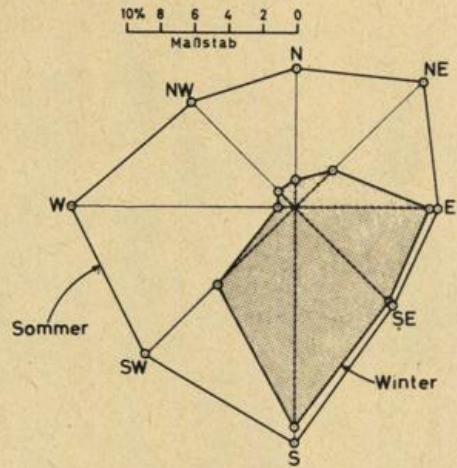


Abb.56: Nebel-Windrose für das Feld  $41-43^{\circ}\text{N}$ ,  $47-50^{\circ}\text{W}$  für den Winter (schattiert) und für den Sommer

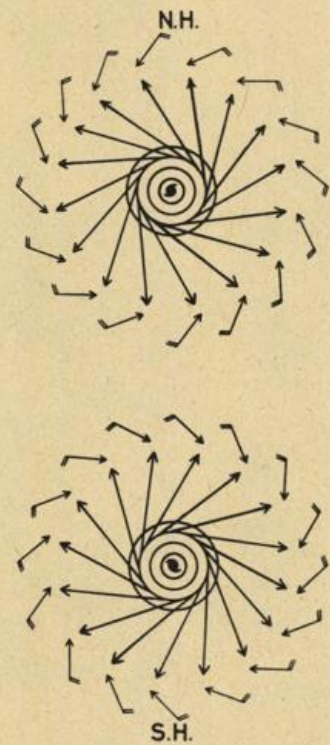


Abb.57: Windrichtungen (gefiederte Pfeile) und Dünungsrichtungen (lange Pfeile) um eine stationäre oder langsam wandernde tropische Zyklone

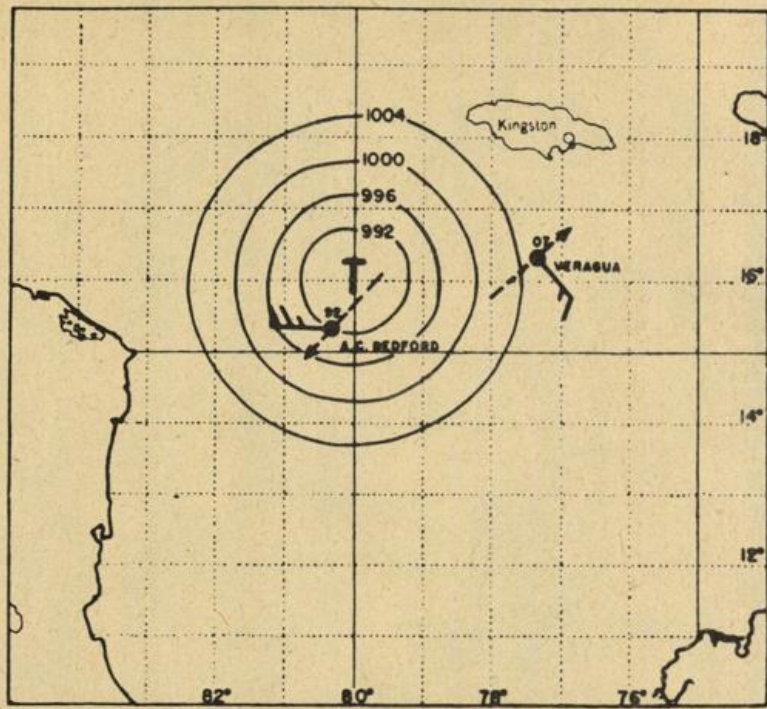


Abb.58: Durch zwei Schiffsbeobachtungen lokalisiertes Hurrikan-Zentrum. Die gestrichelten Pfeile geben die Richtung der Dünungswellen an (nach U.S.W.B. Circular R, Abb.67).

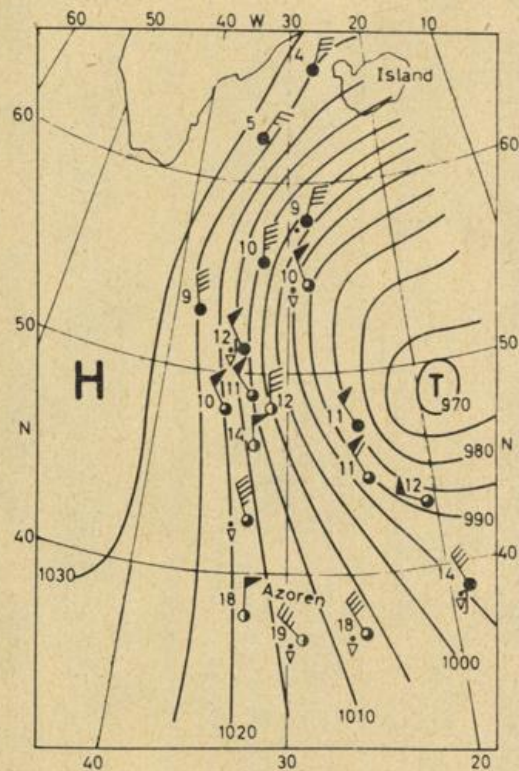


Abb.59: Wetterlage, die eine sehr hohe Windsee und Dünung im Gebiet der Azoren hervorruft (4.November 1951, 1800 MGZ)

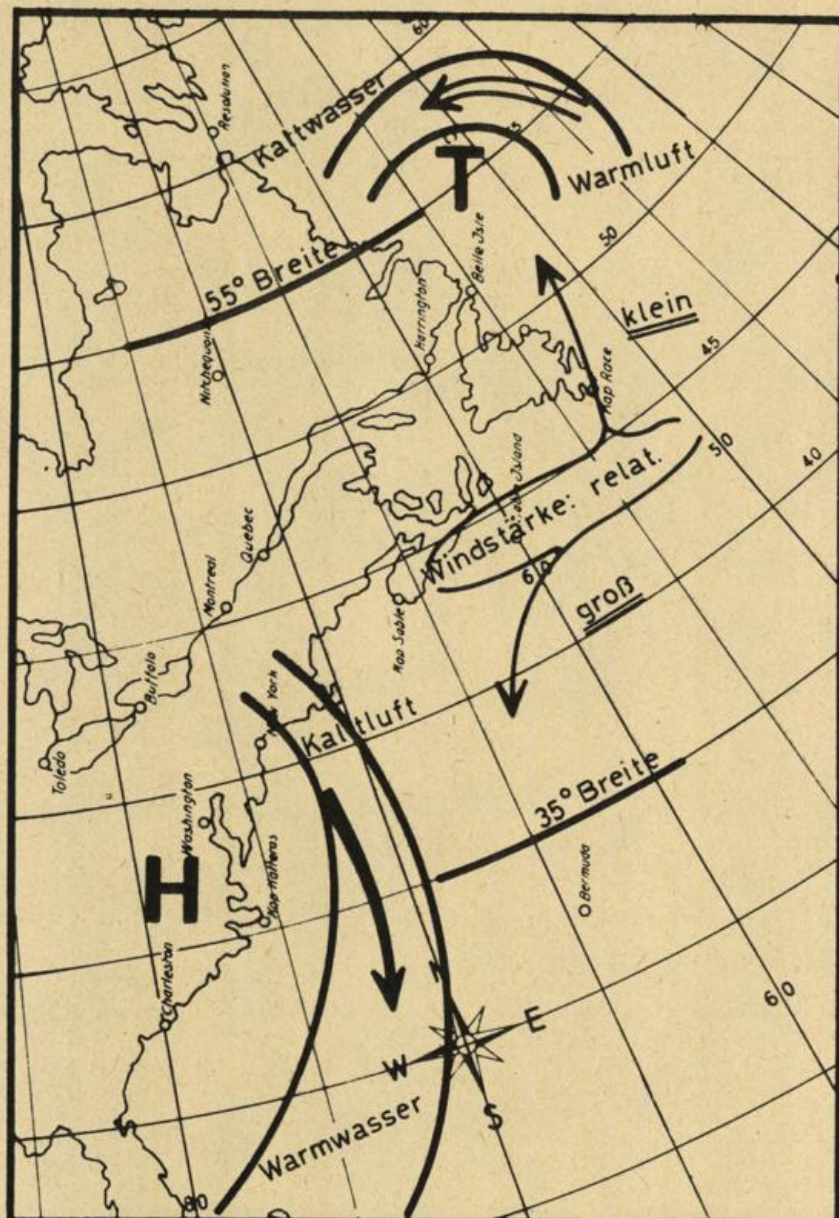


Abb.60: Modelldarstellung der sekundären Wirkungen auf die Windstärke - geogr. Breite, Krümmung der Isobaren, Luftmassencharakter - im Unterschied von der primären Wirkung des Druckgradienten

Abbildung 61 A

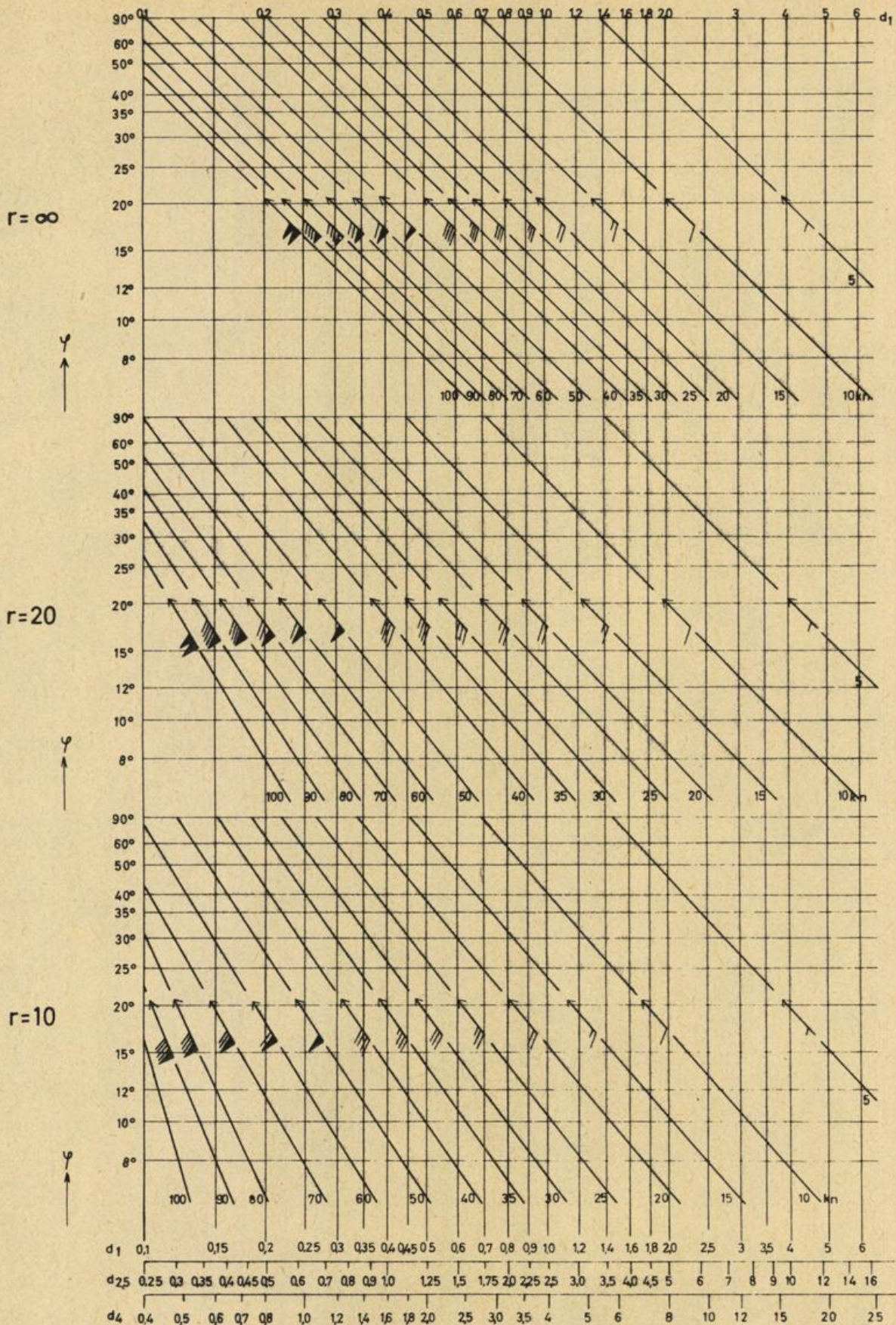


Abb.61 A: Dr. Rudloff's Nomogramm zur Abschätzung der Windgeschwindigkeit auf See nach einer Bordwetterkarte. A für  $r = \infty, 20, 10$ ; B für  $r = 5, 3, 1$ . Fortsetzung in Abb.61 B.  
 Weitere Erklärungen siehe im Text (S.64).

Abbildung 61 B

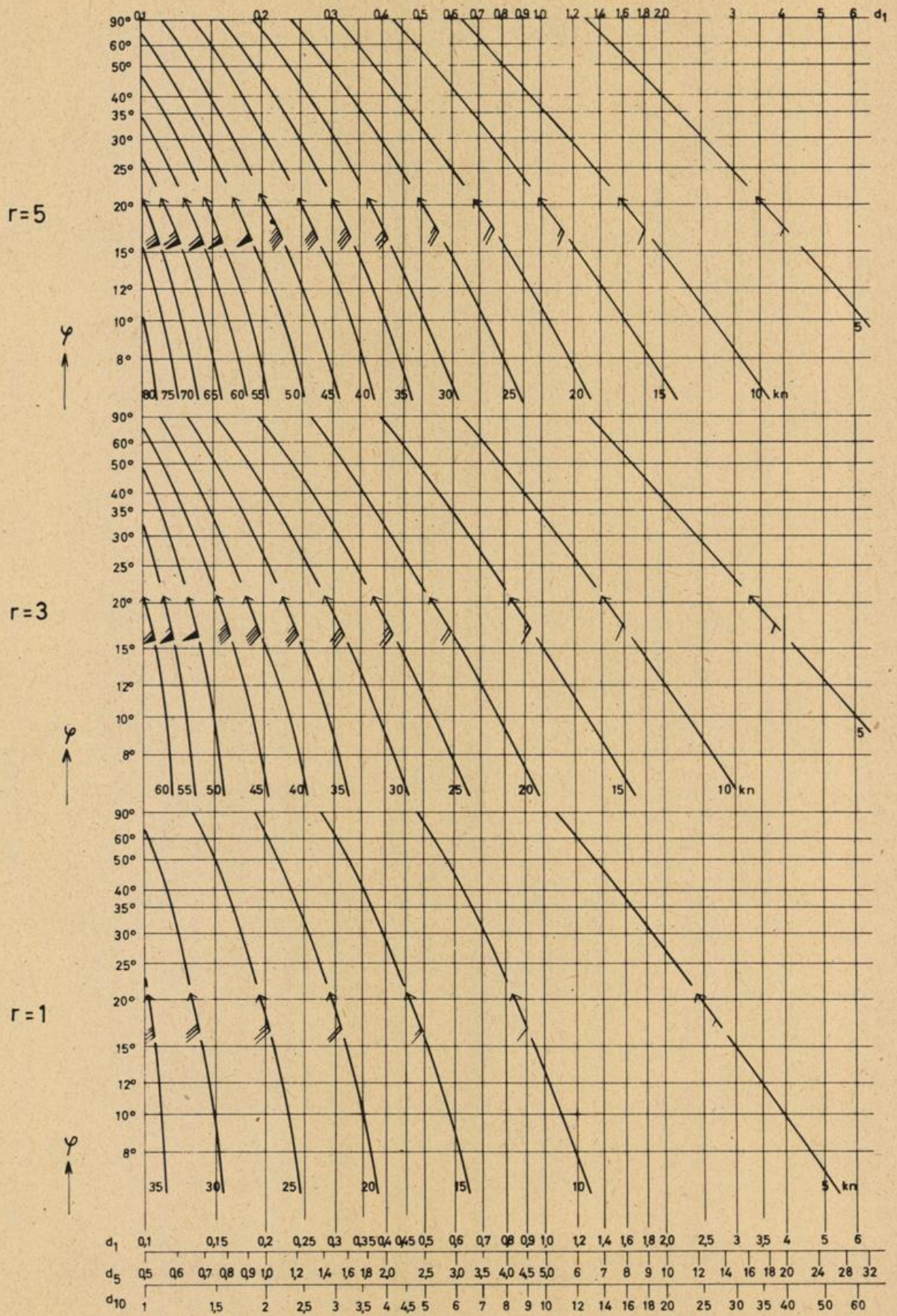
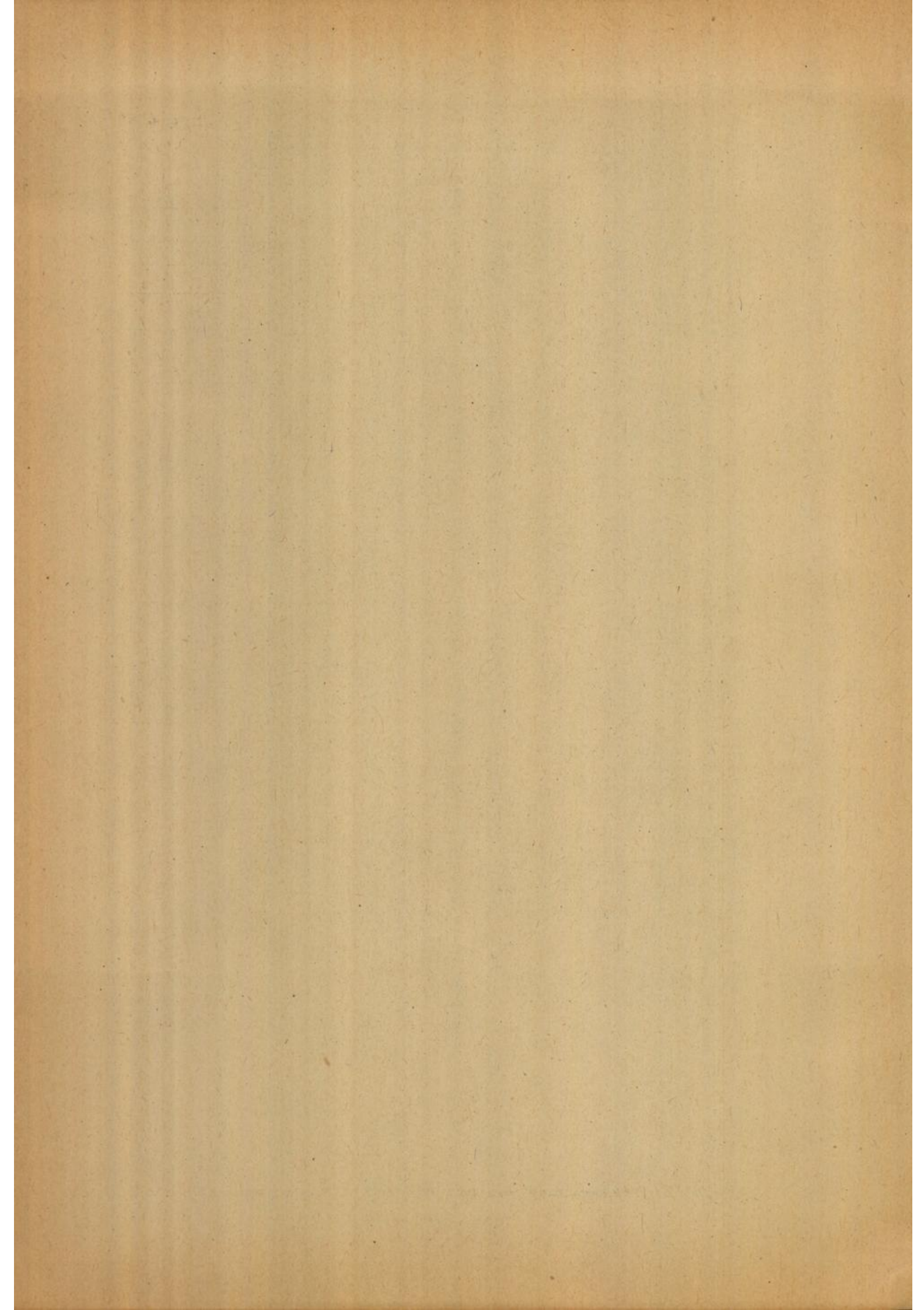
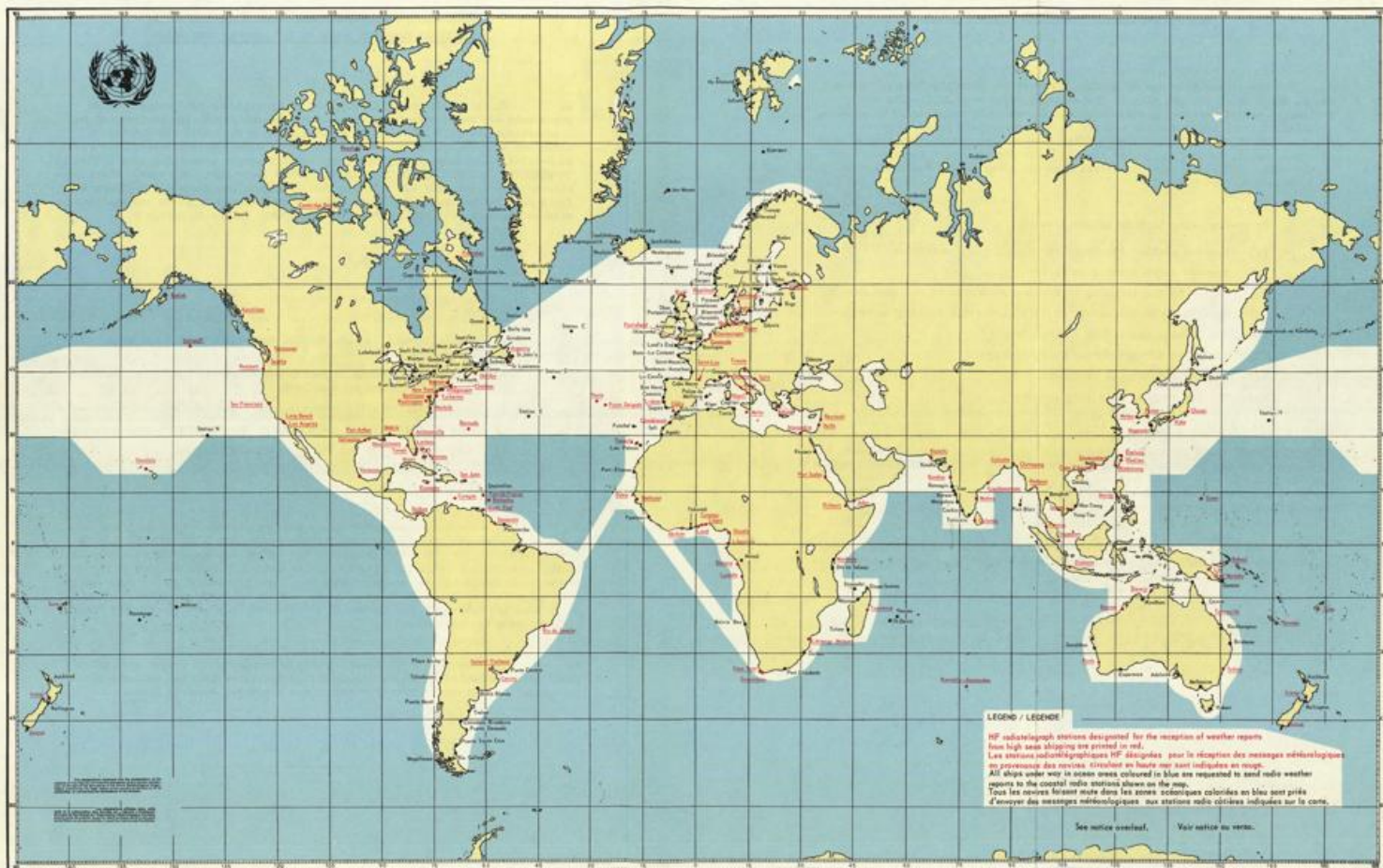


Abb.61 B: Fortsetzung von Dr. Rudloff's Nomogramm (Abb.61 A).





WEATHER REPORTS FROM SHIPS IN "SPARSE" AREAS

1. Due to the shortage of weather observations from the "sparse" ocean areas, ships which are not already transmitting radio weather reports are invited to assist meteorologists throughout the world by voluntarily undertaking to transmit short radio weather reports to the appropriate Meteorological Service WHEN CROSSING THESE "SPARSE" AREAS (see map overleaf). The transmission of these reports to the designated coastal radio stations will be free of cost to the ship. Full details of these stations are given in WMO Publication No. 9, TP.4, Volume D, Part B.

2. By co-operating in this scheme, you will :

- (a) Improve weather forecasts for shipping and aviation;
- (b) Improve storm warning services;
- (c) Assist in the locating of cyclones, hurricanes and typhoons;
- (d) Contribute to the safety of life at sea and protection of cargo;
- (e) Aid fishing operations in many areas;
- (f) Assist in air-sea rescue operations;
- (g) Help climatological research;
- (h) Aid the weather satellite project.

3. Weather observations sent by radio from ships in "sparse" areas are of EXTREMELY GREAT VALUE throughout the world. A simple code which corresponds to the normal weather observations made by every officer in the ship's deck logbook enables ships to report this information. Details of this code will readily be provided by any port meteorological officer and are also given in publications normally available on board ships.

4. You are therefore cordially invited to co-operate and thereby become an auxiliary reporting ship, so that your weather reports can contribute directly to the benefits mentioned.

MESSAGES METEOROLOGIQUES EN PROVENANCE DES NAVIRES  
CIRCULANT DANS LES ZONES OU LES DONNEES SONT RARES

1. En raison du nombre insuffisant d'observations météorologiques en provenance des zones océaniques où les données sont rares, les navires qui ne transmettent pas déjà des messages météorologiques par radio sont invités à aider les météorologistes du monde entier en acceptant de transmettre par radio au Service météorologique approprié de courts messages météorologiques LORSQU'ILS TRAVERSENT LES ZONES OU LES DONNEES SONT RARES (voir carte au verso). La transmission de ces messages aux stations radio côtières désignées n'entraînera aucun frais pour les navires. Des renseignements complets au sujet de ces stations figurent dans la Publication N° 9, TP.4 de l'OMM, Volume D, partie B.

2. Par votre collaboration :

- a) vous améliorerez les prévisions météorologiques destinées à la navigation maritime et aérienne;
- b) vous améliorerez les services d'avis de tempêtes;
- c) vous aiderez à la localisation des cyclones, des ouragans et des typhons;
- d) vous contribuerez à la sauvegarde de la vie humaine en mer et à la protection des marchandises;
- e) vous faciliterez les opérations de pêche dans de nombreuses zones;
- f) vous faciliterez les opérations de sauvetage aéro-maritimes;
- g) vous contribuerez aux recherches climatologiques;
- h) vous faciliterez l'exécution du programme de satellites météorologiques.

3. Les observations météorologiques que les navires, circulant dans les zones où les données sont rares, envoient par radio, SONT D'UNE EXTREME UTILITE dans le monde entier. Un code simple qui correspond aux observations météorologiques normales inscrites par chaque officier dans le Journal de bord du navire permet la transmission de ces renseignements. Des précisions sur ce code seront très volontiers fournies par tout agent de liaison météorologique dans les ports; on en trouvera également dans certaines publications qui sont normalement disponibles à bord des navires.

4. Vous êtes donc cordialement invité à coopérer à ce projet et à faire ainsi de votre navire un navire d'observation auxiliaire dont les messages météorologiques peuvent contribuer directement aux avantages énumérés ci-dessus.

