

DEUTSCHER WETTERDIENST

Seewetteramt

---

Einzelveröffentlichungen

Nr. 66

Die Sichtweite  
in den westdeutschen Küstengewässern  
und im Kattegat

von

Dr. Friedrich Nagel



Hamburg  
1969

# EINZELVERÖFFENTLICHUNGEN des Seewetteramtes

- Nr. 1 (1953): Höhe, Länge und Steilheit der Meereswellen im Nordatlantik (H. U. Roll) (vergriffen)
- Nr. 2 (1952, Nachdruck 1953): Die Nebelverhältnisse der Unterelbe im Jahrzehnt 1939-1948 (G. Hartenstein und H. Markgraf)
- Nr. 3 (1954): Die Nebelverhältnisse im Küstengebiet der Weser- und Emsmündung (P. Bintig und H. Markgraf)
- Nr. 4 (1954): Klimatologie der Nordwesteuropäischen Gewässer  
Teil 1: Temperatur des Oberflächenwassers und Temperatur-Differenz Luft—Wasser (H. J. Bullig und P. Bintig)  
Teil 2: Windverhältnisse (H. Markgraf und P. Bintig)
- Nr. 5 (1954): Atlas der Monatswerte von Wassertemperatur, Wind und Bewölkung auf dem Seeweg Europa—Südamerika (H. J. Bullig)
- Nr. 6 (1954): Die Größe der Meereswellen in Abhängigkeit von der Windstärke (H. U. Roll) (vergriffen)
- Nr. 7 (1955): Die vorherrschenden Winde auf dem Atlantischen Ozean im Januar und Juli nach Beobachtungen deutscher Schiffe aus dem Zeitraum 1925—1939 (H. Markgraf)
- Nr. 8 (1956): Die Meereswellen in der südlichen Nordsee (H. U. Roll)
- Nr. 9 (1956): Laderaum-Meteorologie. Vorträge auf der Arbeitstagung am 20. Juni 1956 in Hamburg (vergriffen)
- Nr. 10 (1956): Klimatologie der Nordwesteuropäischen Gewässer  
Teil 3: Lufttemperatur, Bewölkung, Niederschlag, Nebel.  
Tabellen-Anhang zu den Teilen 1 bis 3 (H. Markgraf u. P. Bintig)
- Nr. 11 (1956): Beiträge zur Klimakunde Südwest-Arabiens. Das Klima von Sana. Das Klima von Jemen (C. Rathjens sen., C. Rathjens jun., E. Sاملenski und G. Kerner)
- Nr. 12 (1957): Sturmweatherlagen bei Island 1950—1954 (H. O. Mertins)
- Nr. 13 (1957): Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee (Bundesrepublik) 1953
- Nr. 14 (1957): Nebel in der Deutschen Bucht  
A: Das Nebelvorkommen bei den Feuerschiffen (P. Bintig)  
B: Synoptisch-aerologische Untersuchungen verbreiteter Dauernebel der südlichen Nordsee (H. Markgraf)
- Nr. 15 (1957): Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee (Bundesrepublik) 1954
- Nr. 16 (1958): Zur Niederschlagsmessung auf See: Ergebnisse von Vergleichsmessungen auf Feuerschiffen und benachbarten Inseln (H. U. Roll)
- Nr. 17 (1958): Statistik der Meereswellen in der Nordsee (O. Petri)
- Nr. 18 (1958): Die winderzeugten Meereswellen. Teil I: Beobachtungen des Seeganges und Ermittlung der Windsee aus den Windverhältnissen (H. Walden).  
Heft 1: Text; Heft 2: Abbildungen
- Nr. 19 (1958): Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee (Bundesrepublik) 1955
- Nr. 20 (1959): Statistisch-synoptische Untersuchung über das Verhalten von Tiefdruckgebieten im Bereich von Grönland (H. Walden)
- Nr. 21 (1959): Zur Theorie der Verdunstung der natürlichen Erdoberfläche (W. Brogmus)
- Nr. 22 (1959): Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee (Bundesrepublik) 1956
- Nr. 23 (1959): Hamburger Wetterdaten für das Bauwesen (R. Reidat)
- Nr. 24 (1960): 1. Über die Entwicklung von Beschleunigungsschreibern für Seegangsmessungen. — 2. Ein einfaches Verfahren für den kraftschlüssigen Antrieb von Registriertrommeln, insbesondere zur Verhütung von Schriebstörungen bei meteorologischen Registrierungen auf Schiffen (A. Lang)
- Nr. 25 (1960): Die vorherrschenden Winde auf dem Atlantischen Ozean im April und Oktober (H. Markgraf)
- Nr. 26 (1960): Der Seegang bei den Feuerschiffen „Flensburg“, „Kiel“ und „Fehmarnbelt“ (H. Walden)
- Nr. 27 (1960): Ergebnisse der 3. laderaum-meteorologischen Forschungsfahrt auf TS „Düsseldorf“ an die Westküste Südamerikas, 1958 (E. Höller)
- Nr. 28 (1960): Beiträge zur Meteorologie Mittelamerikas (insbesondere El Salvadors) (W. H. Portig)
- Nr. 29 (1961): Klimatologie des Mittelmeeres. Teil 1: Windkarten (H. Markgraf)
- Nr. 30 (1961): Vergleichsmessungen des Seeganges mit verschiedenen Meßgeräten und ihre Auswertung (H. Walden u. J. Piest)
- Nr. 31 (1961): Die Luft- u. Wassertemperaturen auf den Fischfangplätzen bei Island (H. U. Roll)
- Nr. 32 (1961): Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee (Bundesrepublik) 1957
- Nr. 33 (1962): Einige Methoden und Probleme aus dem Bereich der Maritimen Klimatologie (H. Markgraf)
- Nr. 34 (1962) Über den Geländeeinfluß auf Windrichtung und Windgeschwindigkeit im Raum Hamburg (E. Franken)

DEUTSCHER WETTERDIENST

Seewetteramt

---

Einzelveröffentlichungen

Nr. 66

Die Sichtweite  
in den westdeutschen Küstengewässern  
und im Kattegat

von

Dr. Friedrich Nagel



Wetteramt München  
Handbücher Nr. 4919

Hamburg  
1969

Handwritten text, possibly a signature or date, located in the bottom left corner of the page.

V o r w o r t

Im Rahmen eines Forschungsauftrages des BMVtdg wurde die Klimatologie der Sicht auf See, speziell diejenige der deutschen Feuerschiffe, unter der Leitung von ORR Dr. H.-J. Bullig für die Jahre 1950 - 1959 bearbeitet. Die Ergebnisse wurden in 412 Tabellen vorgelegt, deren Inhalt aus dem Verzeichnis zu ersehen ist, das im Anhang beigelegt ist.

Aus der Fülle des Materials hat der Verfasser eine Ergebnisauswahl getroffen, die er in dieser Veröffentlichung vorlegt. Die darin enthaltenen 21 Abbildungen sollen dem Leser durch die Anschauung einen raschen Überblick über die Sichtverhältnisse bei den Feuerschiffen und über die Abhängigkeit der Sicht von verschiedenen meteorologischen Parametern ermöglichen. Die Abbildungen wurden auch für die meteorologische Deutung herangezogen.

Inhaltsverzeichnis

Stationsverzeichnis . . . . .	4
1. Einleitung . . . . .	5
2. Die Sichtweite im Tages- und Jahresgang . . . . .	7
3. Wolken und Sicht. . . . .	9
3.1 Die Hauptwolkenuntergrenze . . . . .	9
3.2 Die Bedeckung mit tiefen Wolken . . . . .	10
3.3 Die Korrelation der Sicht mit der Hauptwolkenuntergrenze . . . . .	11
3.4 Die Bedeckung mit allen Wolken . . . . .	12
3.5 Die Korrelation zwischen der Bedeckung mit tiefen und allen Wolken. . . . .	12
4. Der Einfluss des Windes auf die Sicht . . . . .	13
4.1 Der Einfluss der Windrichtung . . . . .	13
4.2 Der Einfluss der Windstärke . . . . .	13
5. Der Einfluss der Temperaturdifferenz zwischen Luft und Wasser auf die Sicht. . . . .	14
6. Die meteorologische Deutung . . . . .	15
6.1 Zusammenhang von Wolken und Wind sowie der Temperatur- differenz zwischen Luft und Wasser mit der Sicht. . . . .	15
6.2 Sonstige Einflüsse auf die Sicht bei den 7 deutschen Feuerschiffen . . . . .	17
Schrifttum . . . . .	18
Anhang: Tabellenverzeichnis . . . . .	20
Verzeichnis der Abbildungen . . . . .	21

Die verwendeten Feuerschiffe

Ihre Lage siehe Abbildung 1 (im Anhang)

Die genauen Positionen sind:

Stations- bezeichnung	gelegen	Position		Wassertiefe in m
		Breite	Länge	
P 8		54° 16' N	07° 12' E	37
P 12	in der Nordsee	54 00	07 51	35
Weser		53 51	07 53	23
Elbe 1		54 00	08 11	24
Flensburg	in der Ostsee	54 50	09 54	28
Kiel		54 30	10 17	18
Fehmarnbelt		54 36	11 09	28
Skagens Rev	im Kattegat	57 47	10 44	38
Laesö Nord		57 32	11 21	38
Kattegat SW		56 06	11 09	37
Anholt Nord		56 51	11 48	40

Abkürzungen und Symbole

FS	Feuerschiff
N	Bedeckungsgrad mit allen Wolken in Achteln
N <sub>h</sub>	Bedeckungsgrad mit unteren Wolken in Achteln
h	Höhe der Hauptwolkenuntergrenze
V	Sichtweite
$\Delta T_{(L-W)}$	Temperaturdifferenz zwischen Luft und Wasser
	Windrichtung in 30°-Sektoren (350, 360 und 10° = N)
kn	Windgeschwindigkeit in Knoten
Bft	Windstärke in Beaufort-Skala

## 1. Einleitung

Für die Untersuchung der Sichtweite in ihrer Abhängigkeit von anderen meteorologischen Elementen wurden die 194.512 dreistündlichen Termin-Beobachtungen benutzt, die in der zehnjährigen Periode von 1950 bis 1959 auf 7 deutschen Feuerschiffen in den westdeutschen Küstengewässern durchgeführt worden sind. Außerdem wurden die vierstündlichen Beobachtungen in derselben Periode auf 4 dänischen Feuerschiffen im Kattegat berücksichtigt. Abb. 1 zeigt die Lage der Feuerschiffe, die Tabelle auf der Seite 4 ihre Position mit der Angabe der Wassertiefe. Auf dem FS "Bremen" wird erst seit 1953 beobachtet, so daß es nicht berücksichtigt werden konnte. Im Februar und März der Jahre 1954 und 1956 wurden die Feuerschiffe "Flensburg" und "Fehmarnbelt" wegen starker Vereisung eingezogen und waren insgesamt 7 bzw. 5 Wochen nicht im Einsatz. Aus den für diese Perioden vorliegenden Beobachtungen von FS "Kiel" ergab sich hier eine etwas überdurchschnittliche Häufigkeit guter Sicht. Eine Korrektur der Sichtstufenverteilung bei dem FS "Flensburg" und "Fehmarnbelt" - wegen etwaiger besonderer Verhältnisse in den Ausfallzeiten - erschien daher nicht erforderlich. FS "Weser" war einige Male in verschiedenen Jahreszeiten nicht auf Station.

Fast alle hier behandelten meteorologischen Beobachtungen auf See beruhen auf Schätzung, nur die Luft- und Wassertemperatur wird gemessen. Seit 1953 wird zwar auch die Windgeschwindigkeit am Mast gemessen, die Windstärke aber außerdem weiterhin nach dem Aussehen der See geschätzt. Wird die letztere in Knoten umgerechnet, so ergeben sich hierfür kleinere Werte als bei der Messung am Mast. In diesem Zusammenhang wird auf die Arbeiten von Richter (1955, 1956, 1966) und Walden (1965) verwiesen. Um für die Untersuchung vergleichbare Werte zu erhalten, wurden der Homogenität wegen nur die in Beaufort geschätzten Windstärken herangezogen. Sie wurden in kn umgerechnet, und damit die Stufen möglichst gleichförmig zunehmen, wurde die folgende Einteilung gewählt:

00 - 01, 02 - 03, 04 - 06, 06 - 10, 11 - 15, 16 - 21, 22 - 28, 29 - 36, > 36 kn. Die Windrichtungen wurden in 12 30°-Sektoren angegeben.

Als einziger Anhalt für die Sichtweite auf See dient oft nur die Kimm. Werden Schiffe oder Sichtmarken wahrgenommen, so sollte deren Farbe berücksichtigt werden. In der Dämmerung, besonders aber im trüben, nebligen Wetter sind dunkle Farben, vor allem grau, schlechter als helle zu erkennen. Daher scheinen dunkle Flächen weiter entfernt und helle näher zu sein, als sie wirklich sind. Bemerkenswert ist, daß weiß mit am deutlichsten von allen Farben, selbst in einem weißgrauen Nebel, zu erkennen ist. Nur im Falle von Schnee sind z.B. hellrot und orange

deutlicher als weiß zu sehen. Wird in der Nacht Feuersicht beobachtet, muß durchweg mit einer Überschätzung der Sichtweite gerechnet werden.

Für die Sicht-Gruppen bzw. -Stufen werden die folgenden Benennungen eingeführt:

Gruppe bzw. Stufe	Sichtweite	Benennung
0 - 3	0 - 1000 m	Nebel
0	0 - 50 m	dichter Nebel
1	50 - 200 m	starker Nebel
2	200 - 500 m	mäßiger Nebel
3	500 - 1000 m	leichter Nebel
4 - 5	1000m - 4 km	Dunst *)
4	1000m - 2 km	starker Dunst
5	2 km - 4 km	leichter Dunst
6	4 km - 10 km	mittlere Sicht
7 - 9	>10 km	gute Sicht
7	10 km - 20 km	mittelgute Sicht
8	20 km - 50 km	sehr gute Sicht
9	>50 km	außergewöhnlich gute Sicht

Wolkenbeobachtungen sind besonders schwierig und deswegen schon am Tage nicht immer korrekt. Nach Sonnenuntergang ist die Schätzung des Bedeckungsgrades und der Wolkenhöhe beträchtlich erschwert, und in besonders dunklen Nächten können diese Beobachtungen ohne instrumentelle Hilfe nicht mehr durchgeführt werden, so daß sie zu vielen Terminen,

Höhenstufe	Höhe in m
0	0 - 50
1	50 - 100
2	100 - 200
3	200 - 300
4	300 - 600
5	600 - 1000
6	1000 - 1500
7	1500 - 2000
8	2000 - 2500
9	2500 oder mehr, oder wolkenlos

weitaus überwiegend im Winter ausfallen. Für die Höhenstufen der Untergrenze der tiefsten Wolken über dem Grund - hier also dem Meeresspiegel -, werden nebenstehende Bezeichnungen eingeführt:

\*) Dunst ist eine durch hohe relative Feuchtigkeit oder durch feinste Wassertröpfchen entstandene Lufttrübung, die aber auch durch Staub hervorgerufen sein kann.

Da die Höhenstufen 1, 2, 3 und 8 selten vorkommen, wurden die Stufen 1 bis 3, sowie 7 und 8 jeweils zusammengefaßt. Durch diese Einteilung werden nicht allein unangenehme Streuungen reduziert, sondern es wird auch eine mehr gleichförmige Zunahme der Höhenstufen erreicht.

Als Hauptwolkenuntergrenze ist die Höhe derjenigen Wolkenschicht über Grund definiert, die als unterste einen Bedeckungsgrad  $>4/8$  aufweist (Guß, 1959).

## 2. Die Sichtweite im Tages- und Jahresgang

Aus den Terminbeobachtungen wurde die prozentuale Häufigkeit der Sichtstufen berechnet. Abb. 2 (im Anhang) zeigt ihre graphische Darstellung getrennt für die Feuerschiffe in der Nord- und Ostsee. In Ergänzung hierzu sind die beiden folgenden Tabellen I und II aufgestellt.

Feuerschiff	Sicht-Gruppe, bzw. -Stufe				
	0 - 3	4 - 5	6	7 - 9	
P 8	3.0	3.1	22.5	71.4	%
P 12	4.0	4.3	19.2	72.5	%
Weser	4.2	6.2	18.6	71.0	%
Elbe 1	3.5	3.8	8.8	83.9	%
Flensburg	3.5	2.0	12.4	82.1	%
Kiel	2.6	3.2	15.7	78.5	%
Fehmarnbelt	3.0	3.8	14.9	78.3	%
Mittel	3.5	3.8	16.0	76.7	%

Tabelle I: Prozentuale Häufigkeit der Sicht-Gruppe, bzw. -Stufe bei den 7 deutschen Feuerschiffen

Mittelwert der prozentualen Häufigkeit bei	Sichtstufe	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	den 4 Nordsee-Feuerschiffen		0.2	1.0	1.2	1.3	1.3	3.1	17.3	38.1	36.1
				3.7		4.4		17.3		74.6	
den 3 Ostsee-Feuerschiffen		0.1	0.5	1.2	1.3	1.0	2.0	14.3	41.4	37.8	0.4
				3.1		3.0		14.3		79.6	
allen 7 Feuerschiffen		0.2	0.8	1.2	1.3	1.2	2.6	16.0	39.5	36.8	0.4
				3.5		3.8		16.0		76.7	

Tabelle II: Prozentuale Häufigkeit der 10 Sichtstufen als Mittelwerte der 4 Nordsee- und der 3 Ostsee-Feuerschiffe

Aus den Abbildungen 2a und b sind die beträchtlichen Unterschiede in der Häufigkeit jeder Sichtstufe bei den Feuerschiffen zu ersehen. Wie Tab. I zeigt, hat das FS "Weser" am häufigsten Nebel und Dunst und am wenigsten gute Sicht. Das am weitesten in der offenen See gelegenen FS "P 8" hat einen geringen Anteil Nebel und Dunst, aber den größten Anteil mittlerer Sicht. Zu der hier verhältnismäßig geringen Häufigkeit guter Sicht mag das Fehlen von Landmarken und von Schiffen des küstennahen Seeweges beitragen. Im krassen Gegensatz dazu steht FS "Elbe 1", mit ziemlich viel Fällen von Nebel oder Dunst, aber weit- aus am wenigsten Fällen mit mittlerer Sicht, so daß es hinsichtlich guter Sicht die erste Stelle einnimmt. "Weser", "Elbe 1", "Kiel" und "Fehmarnbelt" haben weniger Sicht 7, aber häufiger Sicht 8 als "P 8", "P 12" und "Flensburg". Wie aus Tab. II zu entnehmen ist, haben die Ostsee-Feuerschiffe im Mittel 2 % weniger Nebel und Dunst und 3 % weniger mittlere Sicht, so daß bei ihnen um 5 % häufiger gute Sicht herrscht als bei den Nordsee-Feuerschiffen.

Die Mittelwertkurven der Abb. 2a und b sind einander sehr ähnlich. Sie haben ein scharf ausgeprägtes Maximum in der Sichtstufe 8 nahe dem Übergang von Stufe 7. Bei dichtem Nebel und bei außergewöhnlich guter Sicht haben die Kurven jeweils ein Minimum  $< 0,5$  %. Die Sichtstufen 0 und 9 kommen also selten vor. In den Stufen 2 und 3 erscheint ein sekundäres Maximum und in der Stufe 4 ein sekundäres Minimum. Dieser Kurvenverlauf beruht wahrscheinlich auf einem psychologischen Effekt. An der Grenze zwischen Nebel und Dunst wird der Beobachter wohl geneigt sein, vorsichtshalber die Stufe 3 auch dann ins Bordtagebuch einzutragen, wenn die Sichtweite etwas größer als 1 km ist. Im Zweifelsfall wird ohnehin stets die niedrigere Sichtstufe angegeben. Hinzu kommt, daß früher bis zu einer Entfernung von 2 km Nebel notiert wurde. Im Falle von Nebel ist die Kimm nicht sichtbar und die Schätzung einer Entfernung zwischen etwa 400 und 700 m sehr erschwert. Der Beobachter wird dann wohl lieber Stufe 2 als 3 angeben. Aus diesen Gründen werden wahrscheinlich die Stufen 2 und 3 auf Kosten der Stufe 4 überbewertet. Darauf wird die Entstehung der sekundären Extremwerte zurückgeführt. Der steile Abfall von Stufe 8 nach 9 erfolgt einerseits, weil in den deutschen Küstengewässern eine Sicht  $> 50$  km selten vorkommt, andererseits ist es aber nicht auszuschließen, daß der Beobachter sich zuweilen davor scheut, die höchste Ziffer einzutragen, so daß die Sichtstufe 8 auf Kosten der Stufe 9 etwas überbewertet wird. Unter Anrechnung dieser Möglichkeit würde die maximale Häufigkeit der Sichtweite noch etwas näher an der Grenze der Stufen 7 und 8, also bei etwa 20 km liegen.

In den Abb. 3a und b ist die mittlere Zahl der Terminbeobachtungen mit Sichtweiten unter 1000, 2000, 4000 und 10.000 m für 6 der genannten deutschen Feuerschiffe, ohne "Weser", und für die vier dänischen Feuerschiffe der zehnjährigen Periode 1950 - 1959 dargestellt. Wegen der beträchtlichen Streuungen in der Häufigkeit der Sichtgruppen sind leicht geglättete Mittelwerte einerseits aus den 6 deutschen, andererseits aus den 4 dänischen Feuerschiffen für jeden Monat im Tagesgang gebildet worden. In beiden Fällen stellt sich das Maximum der Nebelhäufigkeit im Februar, das Minimum im August ein, also in den Monaten, in denen die Extremtemperaturen des Oberflächenwassers eintreten. Im Tagesgang erscheint das Maximum der Nebelhäufigkeit erst nach Sonnenaufgang, das Minimum ungefähr 12 Stunden danach. Im Mittel treten die Extreme der Häufigkeit einer Sichtgruppe später ein als bei der niederen. In den Wintermonaten hat die Sichtgruppe 0 - 10.000 m ihr Maximum gegen Mittag, im Sommer am Vormittag. Wie aus den Abbildungen zu ersehen ist, tritt das Maximum guter Sicht im Juli, das Minimum im Mittel im Februar ein. Im Tagesgang erscheint das Maximum guter Sicht im Sommer am späten Nachmittag und verschiebt sich zum Winter hin immer mehr gegen Mitternacht.

In Abb. 4a - d ist der Jahresgang der Häufigkeit der Sichtgruppe 0 - 3 und der Sichtstufen 4, 5 und 6 für die 7 deutschen Feuerschiffe in Prozent dargestellt. Für die Häufigkeit von Nebel ergibt sich bei "P 8" und "P 12" ein scharf ausgeprägtes Maximum im März, bei "Elbe 1" ein schwächeres Anfang März. Bei "Weser", "Flensburg", "Kiel" und "Fehmarnbelt" tritt es im Februar ein. Das Minimum liegt bei den Nordsee-Feuerschiffen im August; bei den Ostsee-Feuerschiffen ist es sehr flach ausgebildet, im Mittel liegt es im Juli, doch unterscheidet sich die Häufigkeit nur wenig von derjenigen in den anderen Monaten zwischen Mai und September. Eine Zusammenfassung der beiden Sichtstufen 4 und 5 ergibt ein ähnliches Bild der Häufigkeitsverteilung wie beim Nebel. Mittlere Sicht hat das Maximum der Häufigkeit zur Jahreswende, das Minimum im Juli. Aus der jahreszeitlichen Verteilung der Sichtstufen 0 - 6 ergibt sich diejenige guter Sicht, die ihr Maximum der Häufigkeit Ende Juli, ihr Minimum Ende Januar hat, also etwa einen Monat vor dem Eintreten der Extremtemperaturen des Seewassers.

### 3. Wolken und Sicht

#### 3. 1 Die Hauptwolkenuntergrenze

Die prozentuale Häufigkeit der Höhenstufen der Hauptwolkenuntergrenze für einen Bedeckungsgrad  $> 4/8$  läßt bei einigen Stationen selbst noch im Jahresmittel beträchtliche Abweichungen in den Höhenstufen 4 bis 7 gegenüber den anderen erkennen, die sicherlich auf Fehlschätzun-

gen beruhen. Vermutlich wurde auf dem FS "P 12" die Häufigkeit in der Höhenstufe 6 überschätzt, dagegen in den Stufen 4, 5 und 7 unterschätzt. Auf dem FS "Flensburg" wurde wahrscheinlich die Häufigkeit der Stufen 6 und 7 auf Kosten der Stufe 5 zu hoch angegeben, und auf dem FS "Fehmarnbelt" muß mit einer Überschätzung der Stufe 4 auf Kosten der Stufe 6 gerechnet werden. Da die Lage der Feuerschiffe in den westdeutschen Küstengewässern für die Wolkenhöhe eine untergeordnete Rolle spielt, wurden die Mittelwerte aus den 7 Stationen gebildet und im Jahresgang in Abb. 5 dargestellt, wodurch die genannten Fehlschätzungen teilweise kompensiert und dadurch reduziert wurden. In allen Monaten liegt die maximale Häufigkeit der Hauptwolkenuntergrenze in der Stufe 5, also in einer Höhe von 800 m.

In der folgenden Tabelle III ist für die Höhenstufen 0 - 3, 4, 5 und 6 - 8 der jahreszeitliche Eintritt der Häufigkeits-Extreme angegeben, wie auch deren prozentualer Anteil.

		H ö h e n s t u f e n			
		0 - 3	4	5	6 - 8
Ein- tritts- monat von	Maximum	Febr. 23%	Sept. 23%	Aug. 45%	Juni 36%
	Minimum	Aug. 2%	März 13%	Febr. 33%	Dez. 18%

Tabelle III: Eintrittsmonat der Extreme der Häufigkeit in den Höhenstufen der Hauptwolkenuntergrenze

In jeder Höhenstufe sind die beiden Extreme um ein halbes Jahr gegeneinander versetzt. Im August, wenn das Seewasser am wärmsten ist, tritt in der Höhenstufe 5 das Maximum, in den Stufen 0 - 3 das Minimum ein; im Februar, wenn das Wasser am kältesten ist, sind die Extreme dieser beiden Höhenstufen entsprechend vertauscht. Auf die Höhenstufe 5 bezogen, erscheinen die Extreme in der Stufe 4 einen Monat später, in den Stufen 6 - 8 zwei Monate früher.

### 3. 2 Die Bedeckung mit tiefen Wolken

Die Häufigkeit des Bedeckungsgrades  $>4/8$  mit tiefen Wolken beträgt im Mittel der Beobachtungen auf den 7 Feuerschiffen im Winterhalbjahr (Oktober - März) nahezu 50 %, im Sommerhalbjahr (April - Sept.) etwa 30 %.

Für alle Bedeckungsgrade ist die Häufigkeit in Abb. 6 angegeben. Diese graphische Darstellung, in der die Sonnenauf- und -untergangszeiten eingetragen wurden, läßt deutlich die Zunahme der Häufigkeit des Bedeckungsgrades 8 und die Abnahme der Häufigkeit der Bedeckung 0 vom Sommer zum Winter erkennen. Unwahrscheinlich sind jedoch die starke

Zunahme der Bewölkung mit Tagesanbruch und die dem entsprechende unmittelbar nach Sonnenuntergang erfolgende Abnahme und besonders die Beobachtungen auf dem FS "Flensburg", auf dem vor allem gegen Mitternacht fast nur die Bedeckungsgrade 0 und 8 angegeben worden sind, obwohl doch am Tage die Bedeckungsgrade 1 bis 7 einen beträchtlichen Anteil haben. Wenn auch die Bewölkung am Tage, vor allem bei den landnahen Stationen, durchweg stärker als in der Nacht ist, so doch sicherlich nicht in dem angegebenen Maß. Wie schon in der Einleitung erwähnt wurde, hängen solche Fehlschätzungen mit der Schwierigkeit der Wolkenbeobachtung in der Nacht zusammen. Doch ist gegen die Beobachtungen am Tage nichts einzuwenden.

Die mittlere Bedeckung mit tiefen Wolken wird in Abb. 7 in Isoplethendarstellung gegeben. Sonnenauf- und -untergangszeiten sind durch Kreise markiert. Die höchste mittlere Bedeckung von  $\frac{5}{8}$  kommt nur in den Wintermonaten vor. Sie findet sich bei "P 8", "P 12" und "Weser" von Oktober bis Februar, bei "P 12" auch noch im März, bei "Flensburg" von Oktober bis Januar und bei "Fehmarnbelt" im November und Dezember. "Elbe 1" und "Kiel" haben als größte Bedeckung von Oktober bis März, bzw. von November bis Februar  $\frac{4}{8}$ . Bei allen Stationen nimmt die Wolkenbedeckung von der Jahreswende bis zum Mai ab. Die große Häufigkeit des Bedeckungsgrades 0 wird zum Teil durch eine Überbewertung des Bedeckungsgrades 8 kompensiert.

In Abb. 8 ist für jedes Feuerschiff die mittlere Bedeckung im Tagesgang durch die vollen Kurven dargestellt, während die gestrichelten den Mittelwert aus allen Feuerschiffen angeben. Bei "Elbe 1" und den 3 Ostsee-Feuerschiffen liegt die Bedeckung im wesentlichen unterhalb des Mittelwertes, dagegen bei "P 8" etwas, bei "Weser" merklich und bei "P 12" beträchtlich darüber. Wegen der Schwierigkeit, mit der Wolkenbeobachtungen nachts auf Feuerschiffen durchzuführen sind (siehe S. 6 u. 11), sind die Ergebnisse der Nachtstunden jedoch mit Vorsicht zu bewerten.

In Abb. 9 wird die mittlere Bedeckung im Jahresgang durch die vollen Kurven angezeigt, die gestrichelten bedeuten den Mittelwert. Die Kurven der 7 Feuerschiffe sind einander sehr ähnlich; denn, von geringen Abweichungen abgesehen, fallen die primären und sekundären Extremwerte jeweils in dieselben Monate.

### 3. 3 Die Korrelation der Sicht mit der Hauptwolkenuntergrenze

Die Häufigkeit der Sichtgruppe 0 - 3, 0 - 4, 0 - 5 und 0 - 6 wurde als Funktion der Höhenstufen der Hauptwolkenuntergrenze für jeden Monat aufgezeichnet. Da die Sichtweite der Wolkenhöhe zugeordnet und deswegen die Lage der Feuerschiffe von untergeordneter Bedeutung ist, wurde das Mittel aus den Werten der 7 Feuerschiffe gebildet. Dabei zeigte sich,

daß die Diagramme der 6 Sommermonate einerseits, wie auch diejenigen der 6 Wintermonate andererseits untereinander sehr ähnlich sind. Darum werden hier nur die Mittelwerte für den Sommer und Winter in Abb. 10 gebracht.

### 3. 4 Die Bedeckung mit allen Wolken

Abb. 11 enthält den Bedeckungsgrad mit allen Wolken im Tages- und Jahresgang in Isoplethendarstellung, in der die durch Kreise angedeuteten Kurven den Sonnenauf- und -untergang bezeichnen. Ähnlich wie bei den tiefen Wolken ist hier ebenfalls eine beträchtliche Bewölkungszunahme mit Tagesanbruch und eine ebenso starke Abnahme nach Sonnenuntergang zu erkennen. Wie aus den beiden Abbildungen 7 und 11 zu ersehen ist, verlaufen die Grenzen zwischen den Bedeckungsgraden teilweise parallel zu den Sonnenaufgangs- bzw. -untergangskurven oder zeigen doch eine Andeutung in diesem Sinne. Nach Abb. 11 tritt die größte mittlere Wolkenbedeckung von  $\frac{6}{8}$  im Winterhalbjahr auf. Dieser hohe mittlere Bedeckungsgrad herrscht bei "P 12" von Ende Oktober bis Januar auch während der Nacht, im März am Vormittag und Abend, im Juli und August von Tagesanbruch bis zum Mittag. Ganztägig ist er bei "Flensburg" und "Fehmarnbelt" im November und Dezember, bei "Kiel" von November bis Anfang Januar vorhanden. Eine mittlere Wolkenbedeckung  $\geq \frac{5}{8}$  ist in den Morgenstunden das ganze Jahr hindurch bei allen Feuerschiffen aus der Abbildung zu ersehen. Bei "P 8" und "P 12" erstreckt sich dieser Bedeckungsgrad noch bis zum Abend. Ebenso wie bei den tiefen Wolken kommt die geringste mittlere Bedeckung im Mai, die stärkste im Dezember vor.

Abb. 12 und 13 lassen erkennen, daß der mittlere Bedeckungsgrad im Tages- und Jahresgang sich ähnlich verhält wie bei den tiefen Wolken. Bei "P 8" ist er etwas, bei "P 12" merklich höher als der Mittelwert; aber im Gegensatz zu demjenigen der tiefen Wolken ist er bei "Weser" merklich, bei den drei Ostsee-Feuerschiffen nur wenig niedriger.

### 3. 5 Die Beziehung zwischen der Bedeckung mit tiefen und allen Wolken

Im vorhergehenden Abschnitt wurde auf die Ähnlichkeit in der täglichen und jährlichen Verteilung der Bedeckung mit tiefen ( $N_h$ ) und allen Wolken ( $N$ ) hingewiesen. Die enge Beziehung zwischen beiden geht aus der Abb. 14 hervor. In ihr sind für jedes Feuerschiff die Termin-Mittelwerte von  $N$  und die gleichzeitigen Mittelwerte von  $N_h$  aus den 12 Monaten zugeordnet und die 96 Wertepaare durch Punkte dargestellt.

Die Beziehungsgeraden liegen unter Winkeln zwischen  $55^\circ$  und  $63^\circ$ . Die verhältnismäßig eng zusammengedrängten Punktwolken lassen bereits optisch auf eine enge Korrelation zwischen  $N$  und  $N_h$  schließen, die zahlenmäßig durch folgende Werte des Korrelationskoeffizienten gegeben sind:

"P 8"	"P 12"	"Weser"	"Elbe 1"	"Flens- burg"	"Kiel"	"Fehmarn- belt"
+0,89	+0,93	+0,90	+0,84	+0,85	+0,86	+0,94

Tabelle IV: Der Korrelationskoeffizient für den Grad der Abhängigkeit der Bedeckung mit tiefen von derjenigen mit allen Wolken

#### 4. Der Einfluß des Windes auf die Sicht

##### 4. 1 Der Einfluß der Windrichtung

In Abb.15 ist die prozentuale Häufigkeit der Sichtweite in den 30°-Windsektoren für die 7 Feuerschiffe und die einzelnen Monate in Polarkoordinaten dargestellt. Für Windstille ist die Häufigkeit der Sicht von den Eckpunkten desjenigen Quadrates aus abgetragen, das dem 80 % Häufigkeit bezeichnenden Kreis umschrieben ist. Von der oberen linken Ecke ist nach rechts die prozentuale Häufigkeit der Sichtgruppe 0 - 3 abgetragen, und im Uhrzeigersinn fortfahrend folgt von den anderen Ecken die Häufigkeit der Sichtgruppen 0 - 4, 0 - 5 und 0 - 6. Obwohl in dieser Darstellung die Sichtgruppen 0 - 3, 0 - 4 und 0 - 5 im Sommer undeutlich erscheinen, weil sie in dieser Jahreszeit nur einen geringen Anteil haben, kommt die Zunahme der Häufigkeit zum Winter durch die flächenhafte Vergrößerung gut zum Ausdruck.

Durchweg ist die maximale Häufigkeit von Nebel, Dunst und mittlerer Sicht mit Winden aus den Richtungen zwischen SE und W verbunden, während das Minimum durch nördliche Winde entsteht. Im Mittel liegt das Maximum der Häufigkeit der Sichtgruppe 0 - 6 bei etwa 200°, das Minimum bei 340°, so daß - anders ausgedrückt - das Maximum der Häufigkeit guter Sicht mit Winden aus NNW, das Minimum bei SSW-Winden eintritt.

##### 4. 2 Der Einfluß der Windstärke

Die auf den Feuerschiffen nach dem Aussehen der See geschätzten Windstärken wurden, wie bereits in der Einleitung erwähnt, in Knoten umgerechnet. Sie sind für die 7 deutschen Feuerschiffe im Jahresgang in Abb.16 dargestellt, worin die viel stärkeren Winde bei dem FS "P 8" gegenüber den anderen Stationen auffallen. Aus der Abbildung ist zu ersehen, daß das Maximum der Windstärke in der zweiten Dezemberhälfte, das Minimum in der zweiten Maihälfte eintritt. Bei den in dem engen Seegebiet der westlichen Ostsee gelegenen Feuerschiffen "Flensburg" und "Kiel" ist das größte Monatsmittel der Windstärke nur wenig höher als das niedrigste bei "P 8". Im allgemeinen nimmt die Windstärke von Westen nach Osten ab. Doch herrscht bei dem FS "Fehmarnbelt" eine Wind-

stärke, die im Winter derjenigen von "Elbe 1" gleichkommt und im Sommer etwa so hoch ist wie bei "P 12" und "Weser". Der verhältnismäßig starke Wind bei dem FS "Fehmarnbelt" erklärt sich durch den im allgemeinen freien Anlauf der Winde über weite Seestrecken, im Gegensatz zu den Verhältnissen bei FS "Kiel" und "Flensburg".

Das ganze Jahr hindurch kommen die stärksten Winde aus westlicher Richtung mit Ausnahme im März; dann sind östliche Winde stärker, die übrigens in den anderen Monaten auch verhältnismäßig stark sind. Im Jahresmittel ergibt sich die in Abb.17 gezeichnete Verteilung der in Knoten umgerechneten Windstärke nach den Windrichtungen. Das Maximum liegt bei Wind aus  $280^{\circ}$  und ein sekundäres Maximum bei Wind aus  $110^{\circ}$ , während die beiden Minima auf die Richtungen  $25^{\circ}$  und  $170^{\circ}$  fallen, von denen das letztere am kleinsten ist.

In Abb.18 ist die Häufigkeit der Sichtgruppen 0 - 3, 0 - 4, 0 - 5 und 0 - 6 als Funktion der Windstärke im Jahresgang nach den genannten Geschwindigkeiten eingezeichnet. Die Darstellung zeigt die größte Häufigkeit der niedrigeren Sichtstufen von 0 - 6 im Winter bei geringer Windstärke. Die Abnahme der Häufigkeit mit zunehmender Windstärke erfolgt jedoch nur bis zu einem Grenzwert, der bei einer um so höheren Windstärke liegt, je niedriger die Sichtstufe ist. Von diesem Grenzwert an nimmt die Häufigkeit der Sichtstufen 0 bis 6 wieder zu, wie die Kurven der Abb.19 zeigen. Der Grenzwert liegt für die Sichtgruppe 0 - 3 bei 33 kn, für die Stufen 4, 5 und 6 bei 25, 20 bzw. 16 kn. Die Zunahme der Häufigkeit mit stärkerem Wind hängt mit der Bildung von Gischt zusammen. Bei einer Windstärke  $>16$  kn entsteht schon etwas Gischt, der die Sicht verschlechtert, und mit weiterer Zunahme der Windstärke vermehrt sich auch der Gischt bis schließlich die Sicht wie bei Nebel verringert wird.

##### 5. Der Einfluß der Temperaturdifferenzen zwischen Luft und Wasser auf die Sicht

Das Maximum der Wassertemperatur von etwa  $18^{\circ}\text{C}$  tritt bei den Feuerschiffen in der Nordsee Ende August, in der westlichen Ostsee Anfang August ein. In beiden Seegebieten erreicht die Wassertemperatur Ende Februar ihr Minimum, das in der Nordsee bei  $3^{\circ}\text{C}$ , in der Ostsee bei  $2^{\circ}\text{C}$  liegt. Abb.20 zeigt die mittlere Temperaturdifferenz zwischen Luft und Wasser  $\Delta T_{(L-W)}$  getrennt für die Nord- und Ostseefeuerschiffe, sowie den jeweiligen Mittelwert im Jahresgang. Die Nordsee-Werte der Abb.20c liegen wegen des zur Luft wärmeren Wassers im allgemeinen unterhalb der Ostsee-Werte; nur von Ende Mai bis zum August sind beide  $\Delta T_{(L-W)}$ -Werte etwa gleich. Während in beiden Fällen der tiefste Wert

im November eintritt, erscheint der höchste in der Nordsee im Mai, in der Ostsee schon im April. Nur in der Zeit zwischen März und Juli ist die Luft im Mittel wärmer, in den übrigen Monaten kälter als das Wasser.

Die prozentuale Häufigkeit der Sichtgruppen 0 - 3, 0 - 4, 0 - 5 und 0 - 6, die den  $\Delta T_{(L-W)}$ -Werten zugeordnet ist, läßt sich für die 7 deutschen Feuerschiffe aus Abb.21 ersehen: Die  $\Delta T_{(L-W)}$ -Werte weichen im Hochsommer im Mittel nur um etwa  $\pm 2^{\circ}$  von  $0^{\circ}$  ab. Dagegen ist diese Abweichung im Winter beträchtlich größer; sie beträgt dann bis zu  $+4^{\circ}$  und  $-9^{\circ}$ .

## 6. Die meteorologische Deutung

### 6. 1 Zusammenhang von Wolken und Wind, sowie der Temperaturdifferenz zwischen Luft und Wasser mit der Sicht

In den Abschnitten 3 bis 5 wurde die Sicht in ihrem Zusammenhang mit der Hauptwolkenuntergrenze, der Windrichtung, der Windstärke und der Temperaturdifferenz zwischen Luft und Wasser untersucht. Das Ergebnis der Beziehung jedes dieser 4 Elemente zur Sicht ist jedoch durch die anderen 3 beeinflußt. Die Untersuchung unter konstanten Bedingungen von 3 Elementen durchzuführen und die vierte variieren zu lassen, würde zu keinem Erfolg führen, weil infolge der damit verbundenen Auflösung die Anzahl der übrigbleibenden Beobachtungen zu klein wird. Dafür reicht eine zehnjährige Periode nicht aus. Durch eine solche Methode würde sich auch die Übersichtlichkeit verlieren. Hinzu kommt noch, daß Wettervorgänge über Land die Sicht besonders bei den küstennahen Stationen stark beeinflussen.

Zwischen der Deutschen Bucht und der westlichen Ostsee bestehen folgende Unterschiede: In der Nordsee ist der Wind stärker (Abb.16), und die Wellen sind höher, so daß es dort häufiger und zu stärkerer Gischtbildung kommt als in der Ostsee. Nach Abb.17 kommen die höchsten Windgeschwindigkeiten aus den Richtungen zwischen SW und NNW. Darum ist die Brandung an den Westküsten am stärksten. Da das Wasser in der Nordsee viel salzhaltiger als in der Ostsee ist, gelangen in der Deutschen Bucht viele Salzkerne in die Atmosphäre, welche die Kondensation erleichtern. Weil das Wasser der Ostsee verhältnismäßig salzarm ist, und in diesem Seegebiet im Winter allgemein niedrigere Lufttemperaturen als über der Nordsee herrschen, kommt es im Ostseeraum in kalten Wintern zur Vereisung, so daß sich die Feuerschiffe dann wie Küstenstationen verhalten. In der Ostsee sind die Gezeiten klein, dagegen in der Nordsee beachtlich. Im Winter kann Treibeis aus den Flüs-

sen mit dem Ebbstrom bis zu den Feuerschiffen "Elbe 1", "Weser" und "P 12" gelangen. Mit dem Gezeitenstrom wird dann ein periodischer Wechsel zwischen dem kälteren und wärmeren Wasser in diesem Seegebiet eintreten. Im Hinblick auf die Sicht wirken sich die genannten Unterschiede durchweg günstiger für die Ostsee als für die Nordsee aus, wie aus Abb.2 und den Tabellen I und II hervorgeht.

Bei der Behandlung der Sicht in Abhängigkeit von der Bewölkung wurde nicht zwischen Schönwetter- und Schlechtwetterwolken unterschieden. Am wenigsten gute Sicht ist mit Winden aus SSW verbunden (Abschnitt 4.1). Mit diesen Winden gelangt feuchtwarme, reich mit Aerosolen beladene Luft in die westdeutschen Küstengebiete, wo sie durch das kältere Wasser abgekühlt wird, so daß Eintrübung erfolgt. Im Gegensatz dazu herrscht am häufigsten gute Sicht bei Winden aus NNW. Die dann herangeführte kalte Luft ist zwar mit Salzkernen angereichert, wird aber durch das Nord- und Ostseewasser erwärmt, so daß keine Verschlechterung, sondern eher eine Verbesserung der Sicht entsteht. NNW-Wind kommt bei Rückseitenwetter verbunden mit Schauerbewölkung vor, ein Zeichen, daß die Luft labil geschichtet ist, wie von aufm Kampe (1951) beschrieben wurde. Dann herrscht durchweg sehr gute, seltener außergewöhnlich gute Sicht. In Hochdruckwetterlagen ist die Luftbewegung oft schwach. Entsteht an küstennahen Landstationen Nebel, kann er mit der Luftströmung auf See geführt werden und zu den Feuerschiffen gelangen. Falls er sich auf dem Wege dorthin teilweise oder ganz auflöst, bleibt doch noch eine Zeitlang Dunst oder mittlere Sicht erhalten. Die Nebelverhältnisse der Unterelbe und das Nebelvorkommen bei den Feuerschiffen wurde von Hartenstein und Markgraf (1953), wie auch von Bintig und Markgraf (1957) beschrieben.

In Abschnitt 4. 2 und Abb.19 wurde gezeigt, daß die größte Häufigkeit von Nebel, Dunst und mittlerer Sicht mit schwachen Winden verbunden ist, gute Sicht dann also am wenigsten vorkommt. Mit zunehmender Windgeschwindigkeit wird die Häufigkeit guter Sicht immer größer, aber nur bis zu einem Grenzwert, der  $<30$  kn ist, weil der dann entstehende Gisch die Sicht herabsetzt. Von besonderem Interesse ist die Zunahme der Häufigkeit in der Sichtgruppe 0 - 3 von der Windstärkenstufe 0 - 1 auf 2 - 3 kn (s.Abb.19). Dieses Ergebnis ist in guter Übereinstimmung mit der von Frankenberger (1964) gefundenen Erkenntnis, daß ähnlich wie beim Temperatur- und Wasserdampfaustausch eine Windgeschwindigkeit von etwa 2 m/sec ein Austauschminimum bewirkt, das hohe Aerosolkonzentration zur Folge hat. Oberhalb von diesem Minimum wirken Windstärke und relative Feuchtigkeit auf die Sichtweite ein.

Eine wesentliche Herabsetzung der Sicht erfolgt bei hoher Luftfeuchtigkeit durch die Temperaturdifferenz zwischen Luft und Wasser. Ist  $\Delta T_{(L-W)}$  negativ und die Differenz genügend groß, so reicht das verdunstete Wasser zur Übersättigung der kälteren Luft aus, und es kann daher Seerauch entstehen. Noch wirkungsvoller erfolgt jedoch eine Sichtverschlechterung durch einen positiven Wert von  $\Delta T_{(L-W)}$ . Im Mittel beträgt die relative Feuchtigkeit bei den Feuerschiffen etwa 85 % im Sommer und 90 % im Winter. Unter diesen Voraussetzungen würde eine Abkühlung der Luft durch das kältere Wasser um  $2,1^{\circ}$  im Sommer und  $1,5^{\circ}$  im Winter Sättigung der Luft bewirken.

#### 6.2 Sonstige Einflüsse auf die Sicht bei den 7 deutschen Feuerschiffen

Da das FS "P 8" am meisten der offenen See ausgesetzt ist, herrscht dort die höchste mittlere Windgeschwindigkeit. Der Ferneinfluß des Golfstromes bewirkt, daß hier die Wassertemperatur am höchsten ist. Wegen seiner großen Entfernung von der Küste kommt dort wenig Nebel und Dunst vor, aber infolge der großen Windstärke und der damit verbundenen Gischtbildung hat es am häufigsten mittlere Sicht und deswegen wenig gute Sicht.

Das FS "P 12" ist etwa in der Mitte zwischen den Inseln Wangerooge und Helgoland verankert. Es hat ziemlich viel Nebel und Dunst und nach "P 8" am häufigsten mittlere Sicht; denn wegen der geringeren Windstärke bildet sich dort nicht so häufig Gischt wie bei "P 8". Landbürtiger Nebel und schwache Sicht kommt wegen der Küstennähe öfter vor als bei "P 8".

Kaum 3 sm nördlich der Insel Wangerooge liegt das FS "Weser". Die Windstärke ist dort etwas geringer als bei "P 12", doch trägt auch dort die Bildung von Gischt zur Herabsetzung der Sicht bei. "Weser" hat am häufigsten Nebel und Dunst. Da es auch noch oft mittlere Sicht hat, kommt gute Sicht am wenigsten vor. Im Winter ist hier die mittlere Wassertemperatur niedriger, so daß relativ warme Luftmassen stärker abgekühlt werden als bei "P 8". Da es von allen Nordsee-Feuerschiffen der Küste am nächsten liegt, wird es am meisten von landbürtigem Nebel beeinflusst.

Etwa 8 sm WNW-lich der Halliginsel Scharhörnliegt das FS "Elbe 1". Die Windstärke ist dort beträchtlich kleiner als bei den anderen Nordsee-Feuerschiffen. Darum kommt hier weniger Gischt vor. Landbürtiger Nebel ist nicht so häufig wie bei "Weser". Wegen seines besonders geringen Anteils mittlerer Sicht hat "Elbe 1" am häufigsten gute Sicht. Es ist jedoch möglich, daß die Häufigkeit guter Sicht auf Kosten der mittleren aus folgendem Grunde überschätzt worden ist: Das sehr starke Feuer auf Helgoland ist von "Elbe 1" etwa 15 sm entfernt. Erscheint es

deutlich, wird der Beobachter Sichtstufe 8 eintragen; sieht er es schwach, wird er wohl Stufe 7 angeben. Helgoland liegt nordwestlich von "Elbe 1", also in einer Richtung, in der durchweg die bessere Sicht vorkommt.

Das FS "Flensburg" liegt in der gleichnamigen Förde und ist an 3 Seiten von Land umgeben, das nach Westen etwa 5 sm, nach Norden und Süden nur ungefähr 2 sm entfernt ist. Nach Osten ist die Förde durch eine 5 sm breite Öffnung mit der offenen See verbunden. Diese Lage ist daher nicht sehr verschieden von einer Küstenstation. Der Wind ist dort viel schwächer als in der Nordsee. Luftmassen aus den Richtungen zwischen SW und NW werden an der Nordseeküste in ihrer Strömungsgeschwindigkeit behindert und erhalten eine schwach aufwärts gerichtete Komponente. Nach Überquerung des Schleswig-Holsteinischen Mittelrückens ist die Komponente abwärts gerichtet, wodurch eine zwar nur geringe doch günstige Beeinflussung der Sicht erfolgt.

Obwohl das FS "Kiel" etwa 4 sm nördlich der Probsteiküste vor der Kieler Bucht verankert ist, wird es doch durch das Land beeinflusst. Das FS "Kiel" hat am wenigsten Nebel und wenig Dunst. Dort herrscht auch die kleinste Windstärke. Offenbar macht sich hier, ähnlich wie bei "Flensburg", die abwärts gerichtete Komponente der Luftströmung geltend.

Etwa 3 1/2 sm nördlich der Insel Fehmarn und 16 sm südlich der dänischen Insel Laaland liegt das FS "Fehmarnbelt". Abgesehen von dem stärkeren Wind sind hier die klimatischen Verhältnisse nicht wesentlich anders als bei dem FS "Kiel". Alle 3 Ostseestationen haben daher ziemlich oft gute Sicht, im Mittel fast 80 %.

#### Schrifttum:

- aufm Kampe, H.-J.: Das Wetter und seine Ursachen,  
Dietrich Steinkopff-Verlag, Darmstadt, 1951
- Bintig, P. und Markgraf, H.: Das Nebelvorkommen bei den Feuerschiffen und synoptisch-aerologische Untersuchungen verbreiteter Dauernebel der südlichen Nordsee,  
DWD - Seewetteramt, Einzelveröffentl. Nr.14, 1957
- Frankenberger, E.: Beziehungen zwischen der Normsichtweite und der relativen Feuchte nach Messungen in Quickborn.  
Beitr. Phys. Atm. Bd.37, S.183-196, 1964
- Guß, H.: Sichtweite und Bewölkung an deutschen Verkehrsflughäfen.  
Ber. Deutscher Wetterd. Nr.52, 1959

- Hartenstein,G. und Markgraf,H.: Die Nebelverhältnisse der Unterelbe im Jahrzehnt 1939 - 1948.  
DWD, Seewetteramt. Einzelveröffentl. Nr.2, 1952 (Nachdruck 1953)
- Richter,J.: Geschwindigkeitsäquivalente der Windstärke-schätzungen nach Beobachtungen auf deutschen Feuerschiffen.  
Ann. Met., Bd.7, S.267-287, 1955/56
- Richter,J.: Beitrag zur Frage der Umrechnung von Windstärke-schätzungen in Windgeschwindigkeiten nach Beobach-tungen in Wyk a. Föhr.  
Met. Rundschau, 18, S.89-91, 1965
- Walden,H.: Die Windgeschwindigkeits-Äquivalente der Beau-fortgrade nach Beobachtungen deutscher Bord-wetterwarten.  
DWD, Seewetteramt, Einzelveröffentl. Nr.47, 1965
-

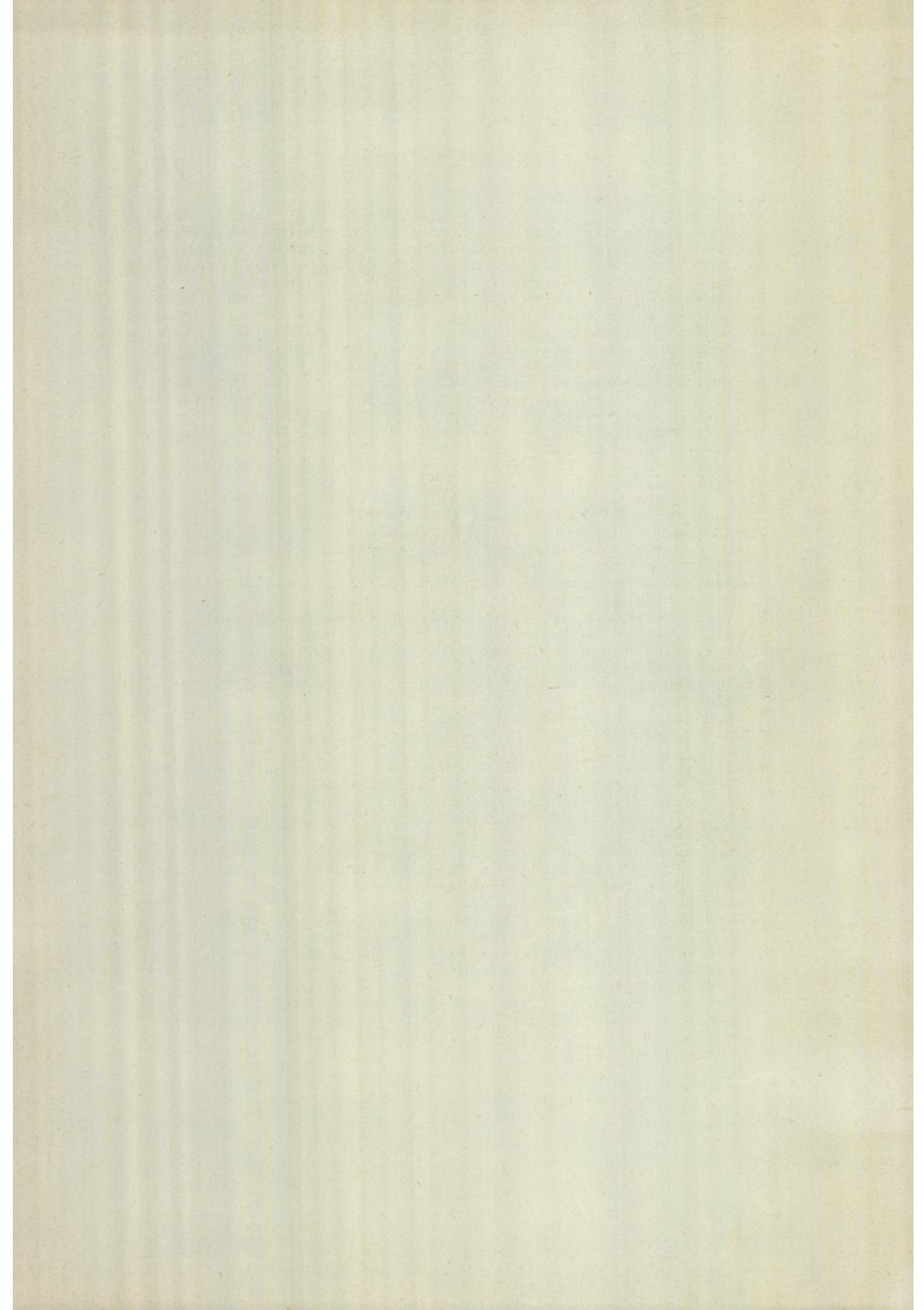
A n h a n g

Verzeichnis der Tabellen zur Klimatologie der Sicht auf See, die beim  
Deutschen Wetterdienst und beim BMVtdg vorliegen

1. Sichtweite (V) mit Tagesgang für 7 deutsche Feuerschiffe
2. Sichtweite (V) mit Tagesgang für 4 dänische Feuerschiffe
3. Untere Wolken ( $N_h$ ) mit Tagesgang
4. Mittlerer Bedeckungsgrad mit unteren Wolken
5. Gesamtbedeckung (N)
6. Korrelation zwischen Bedeckungsgrad mit unteren Wolken ( $N_h$ )  
und Bedeckungsgrad mit allen Wolken (N)
7. Korrelation zwischen Sichtweite (V) und Höhe (h) der Haupt-  
wolkenuntergrenze für die Fälle  $N_h = 5/8$  bis  $8/8$
8. Sichtweite in Abhängigkeit von der Windstärke
9. Sichtweite früherer Jahre (1929-1938) mit Tagesgang für  
4 deutsche Feuerschiffe
10. Korrelation zwischen Sichtweite und der Temperaturdifferenz  
Luft - Wasser
11. Sichtweite in Abhängigkeit von der Windrichtung
12. Mittlere Windgeschwindigkeit bei den einzelnen Windrichtungen

Verzeichnis der Abbildungen

- 1 Lage der Feuerschiffe
- 2 Prozentuale Häufigkeit der auf den 7 deutschen Feuerschiffen beobachteten Sichtstufen getrennt für die Nord- und Ostsee
- 3 Mittlere Zahl der Terminbeobachtungen mit Sichtweiten von 0-1000, 0-2000, 0-4000 u. 0-10000 m im Mittel von 6 deutschen und 4 dänischen Feuerschiffen
- 4 Prozentuale Häufigkeit der Sichtgruppe 0-3 und der Sichtstufen 4, 5 und 6 bei den 7 deutschen Feuerschiffen im Jahresgang
- 5 Prozentuale Häufigkeit der Höhenstufen der Hauptwolkenuntergrenze für einen Bedeckungsgrad  $> 4/8$  als Mittelwert aus den Beobachtungen auf den 7 deutschen Feuerschiffen
- 6 Prozentuale Häufigkeit der Bedeckungsgrade 0, 1-2, 3-5, 6-7 und 8 Achtel mit unteren Wolken bei den 7 deutschen Feuerschiffen im Tagesgang
- 7 Isoplethendarstellung der Bedeckung mit tiefen Wolken bei den 7 deutschen Feuerschiffen
- 8 Mittlere Bedeckung mit tiefen Wolken bei den 7 deutschen Feuerschiffen im Tagesgang
- 9 Mittlere Bedeckung mit tiefen Wolken bei den 7 deutschen Feuerschiffen im Jahresgang
- 10 Prozentuale Häufigkeit der Sichtgruppen 0-3, 0-4, 0-5 und 0-6 als Funktion der Höhenstufen der Hauptwolkenuntergrenze im Sommer und Winter
- 11 Isoplethendarstellung der Bedeckung mit allen Wolken bei den 7 deutschen Feuerschiffen
- 12 Mittlere Bedeckung mit allen Wolken bei den 7 deutschen Feuerschiffen im Tagesgang
- 13 Mittlere Bedeckung mit allen Wolken bei den 7 deutschen Feuerschiffen im Jahresgang
- 14 Die Beziehung zwischen der Bedeckung mit tiefen und mit allen Wolken
- 15 Prozentuale Häufigkeit der Sichtgruppen 0-3, 0-4, 0-5 und 0-6 in Abhängigkeit von der Windrichtung für die 7 deutschen Feuerschiffe in jedem Monat
- 16 Mittlere in Bft geschätzte Windstärke (in kn umgerechnet) bei den 7 deutschen Feuerschiffen im Jahresgang
- 17 Mittlere in Bft geschätzte Windstärke (in kn umgerechnet) in Abhängigkeit von der Windrichtung bei den 7 deutschen Feuerschiffen
- 18 Prozentuale Häufigkeit der Sichtgruppen 0-3, 0-4, 0-5 und 0-6 in Abhängigkeit von der in kn umgerechneten Windstärke im Jahresgang bei den 7 deutschen Feuerschiffen
- 19 Prozentuale Häufigkeit der Sichtgruppen 0-3 und 0-6, sowie der Sichtstufen 4, 5 und 6 in Abhängigkeit von der Windstärke (in kn umgerechnet). Mittel aus den 7 deutschen Feuerschiffen
- 20 Mittlere Temperaturdifferenz zwischen Luft und Wasser  $\Delta T(L-W)$  bei den Feuerschiffen im Jahresgang  
a in der Nordsee, b in der Ostsee, c Mittelwerte
- 21 Prozentuale Häufigkeit der Sichtgruppen 0-3, 0-4, 0-5 und 0-6 in Abhängigkeit von der Temperaturdifferenz zwischen Luft und Wasser  $\Delta T(L-W)$  für die 7 deutschen Feuerschiffe in jedem Monat



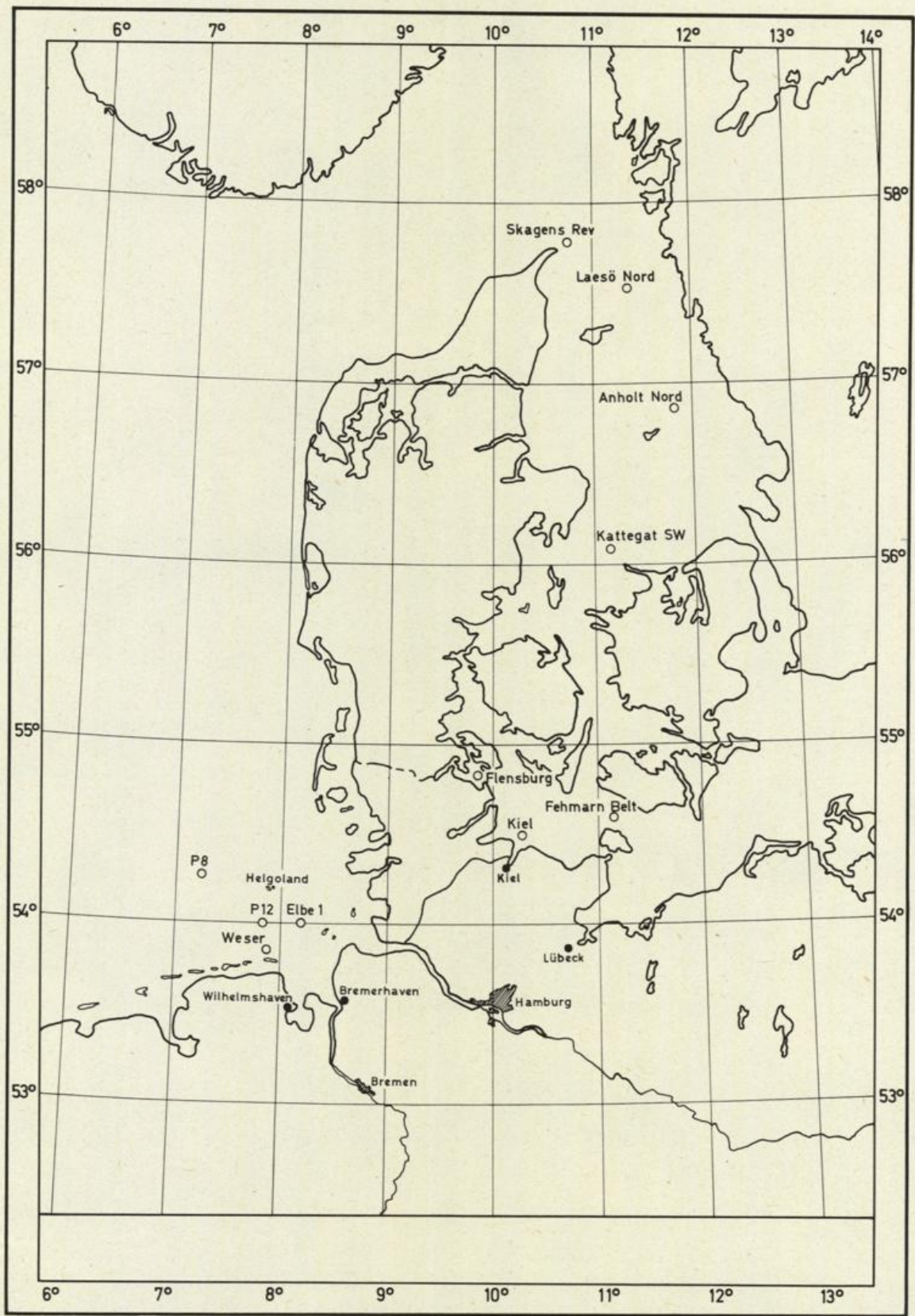


Abb. 1 Lage der Feuerschiffe

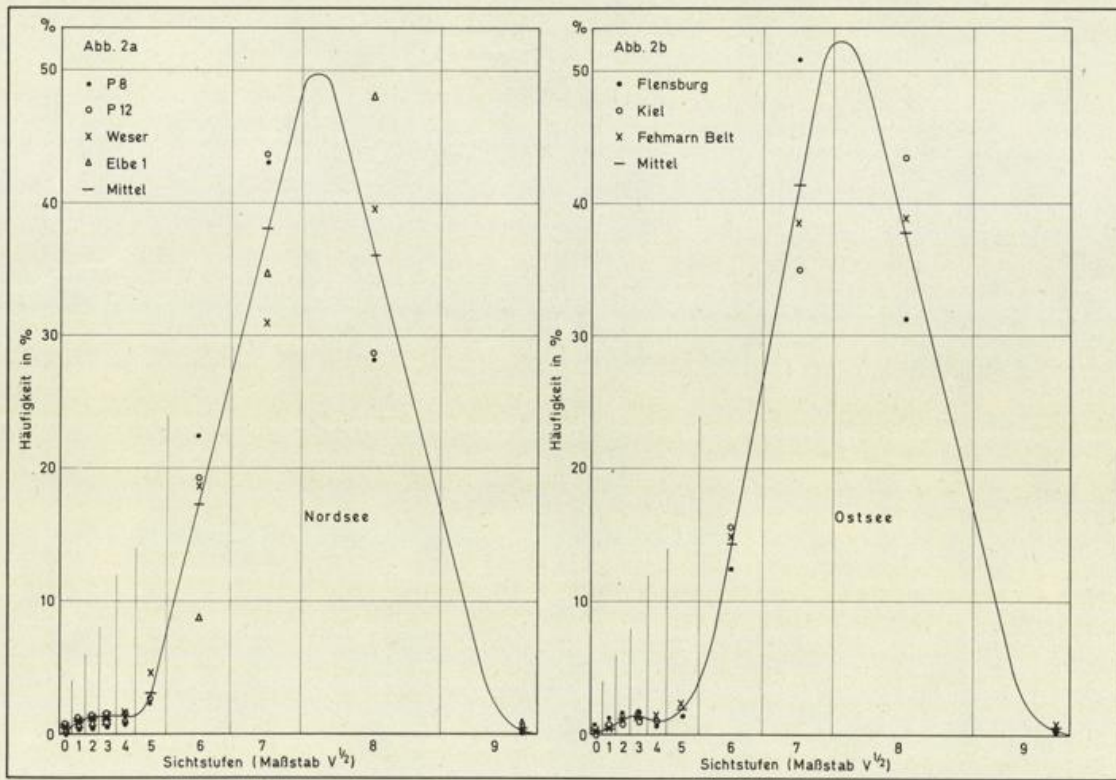


Abb. 2 Prozentuale Häufigkeit der auf den 7 deutschen Feuerschiffen beobachteten Sichtstufen getrennt für die Nord- und Ostsee

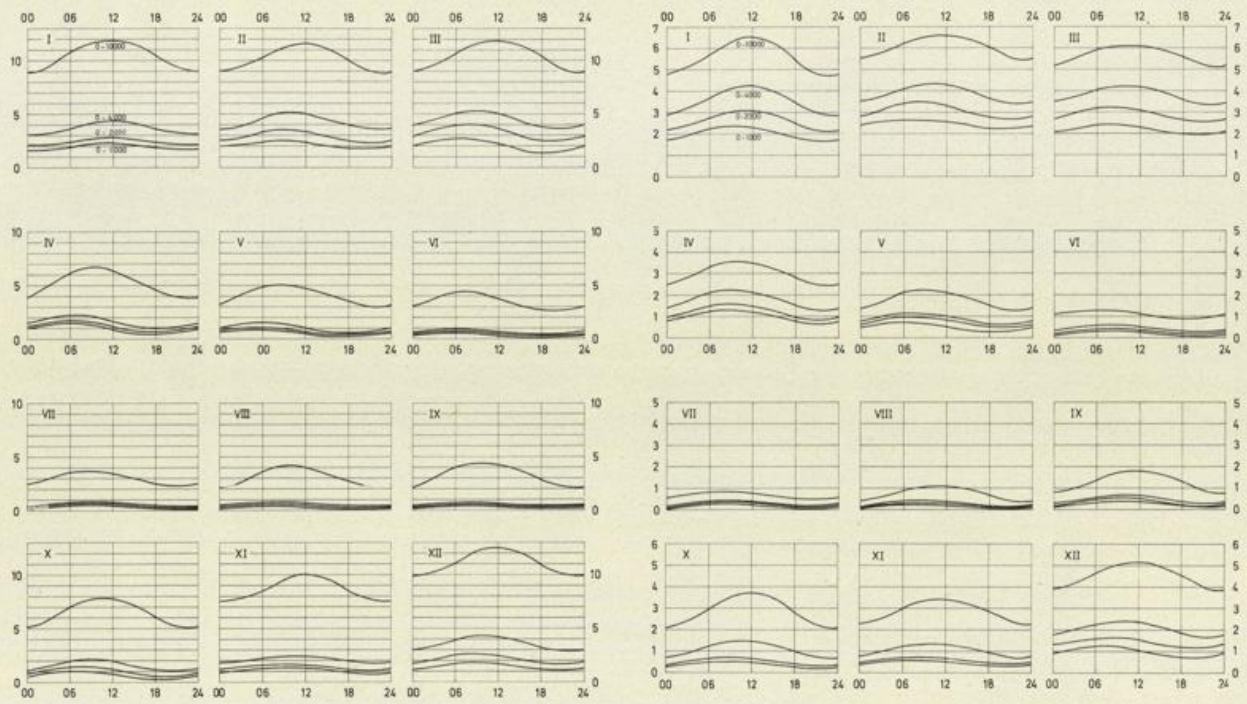


Abb. 3 Mittlere Zahl der Terminbeobachtungen mit Sichtweiten von 0-1000, 0-2000, 0-4000 u. 0-10000 m im Mittel von 6 deutschen und 4 dänischen Feuerschiffen

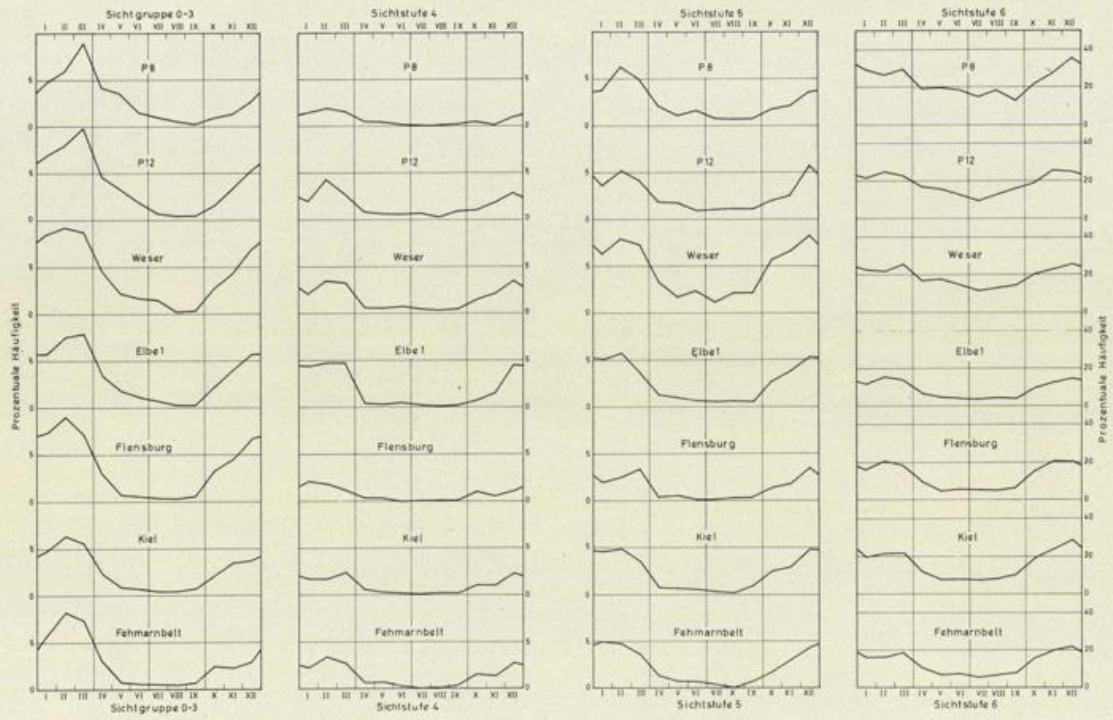


Abb. 4 Prozentuale Häufigkeit der Sichtgruppe 0-3 und der Sichtstufen 4, 5 und 6 bei den 7 deutschen Feuerschiffen im Jahresgang

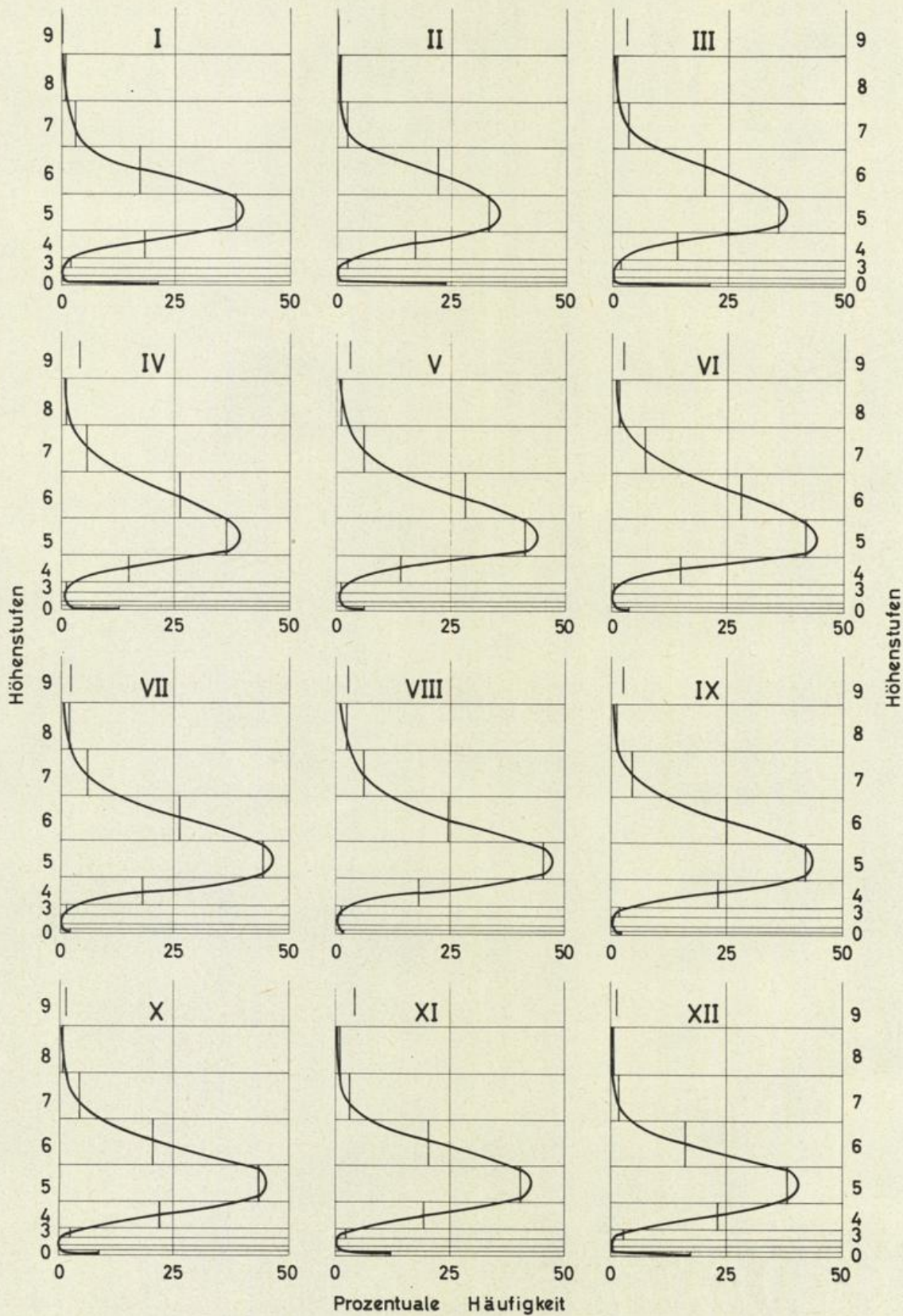


Abb. 5 Prozentuale Häufigkeit der Höhenstufen der Hauptwolkenuntergrenze für einen Bedeckungsgrad  $>4/8$  als Mittelwert aus den Beobachtungen auf den 7 deutschen Feuerschiffen

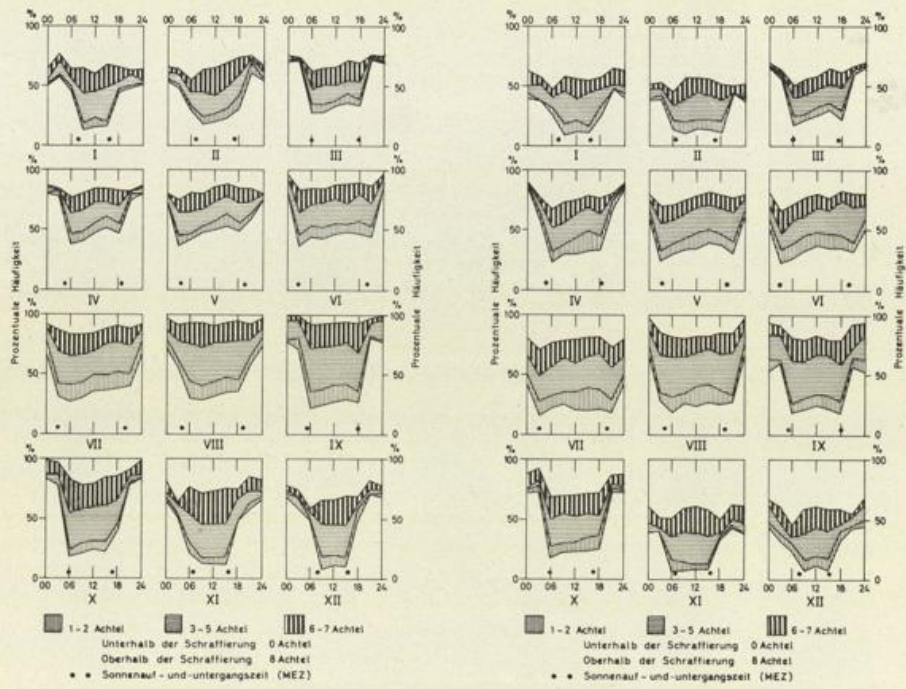


Abb. 6(a) Prozentuale Häufigkeit der Bedeckungsgrade 0, 1-2, 3-5, 6-7 und 8 Achtel mit unteren Wolken bei den 7 deutschen Feuerschiffen im Tagesgang

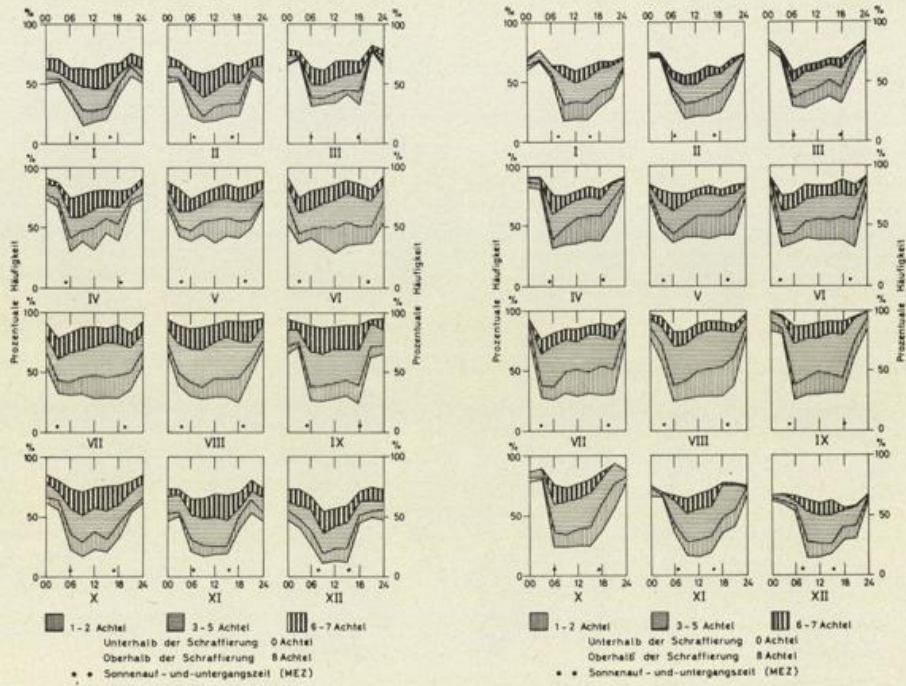


Abb. 6(b) Prozentuale Nüfigkeit der Bedeckungsgrade 0, 1-2, 3-5, 6-7 und 8 Achtel mit unteren Wolken bei den 7 deutschen Feuerschiffen im Tagesgang

F.S. Flensburg

F.S. Kiel

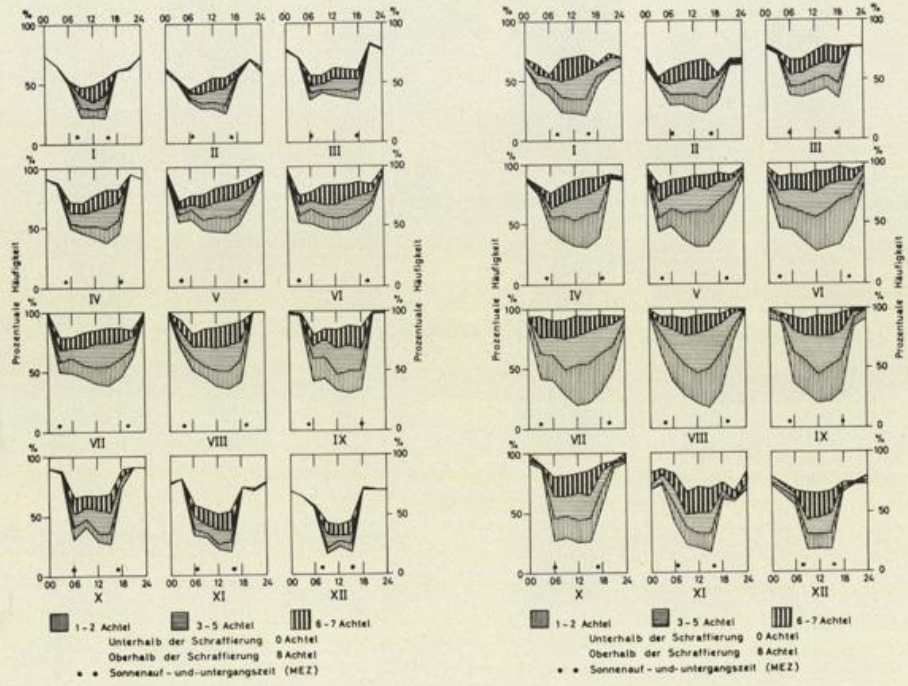


Abb. 6(c) Prozentuale Häufigkeit der Bedeckungsgrade 0, 1-2, 3-5, 6-7 und 8 Achtel mit unteren Wolken bei den 7 deutschen Feuerschiffen im Tagesgang

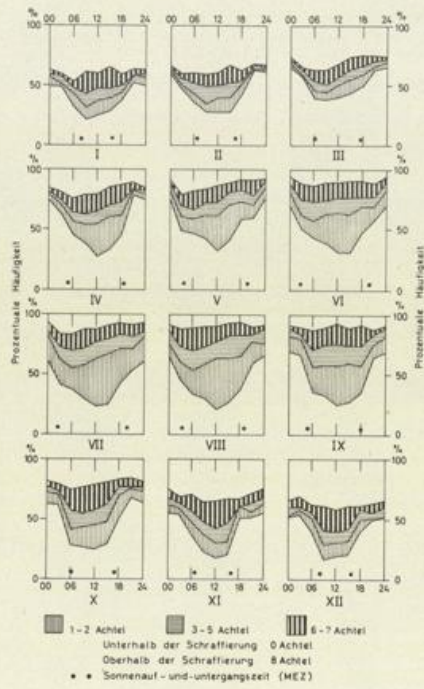


Abb. 6(d) Prozentuale Häufigkeit der Bedeckungsgrade 0, 1-2, 3-5, 6-7 und 8 Achtel mit unteren Wolken bei den 7 deutschen Feuerschiffen im Tagesgang

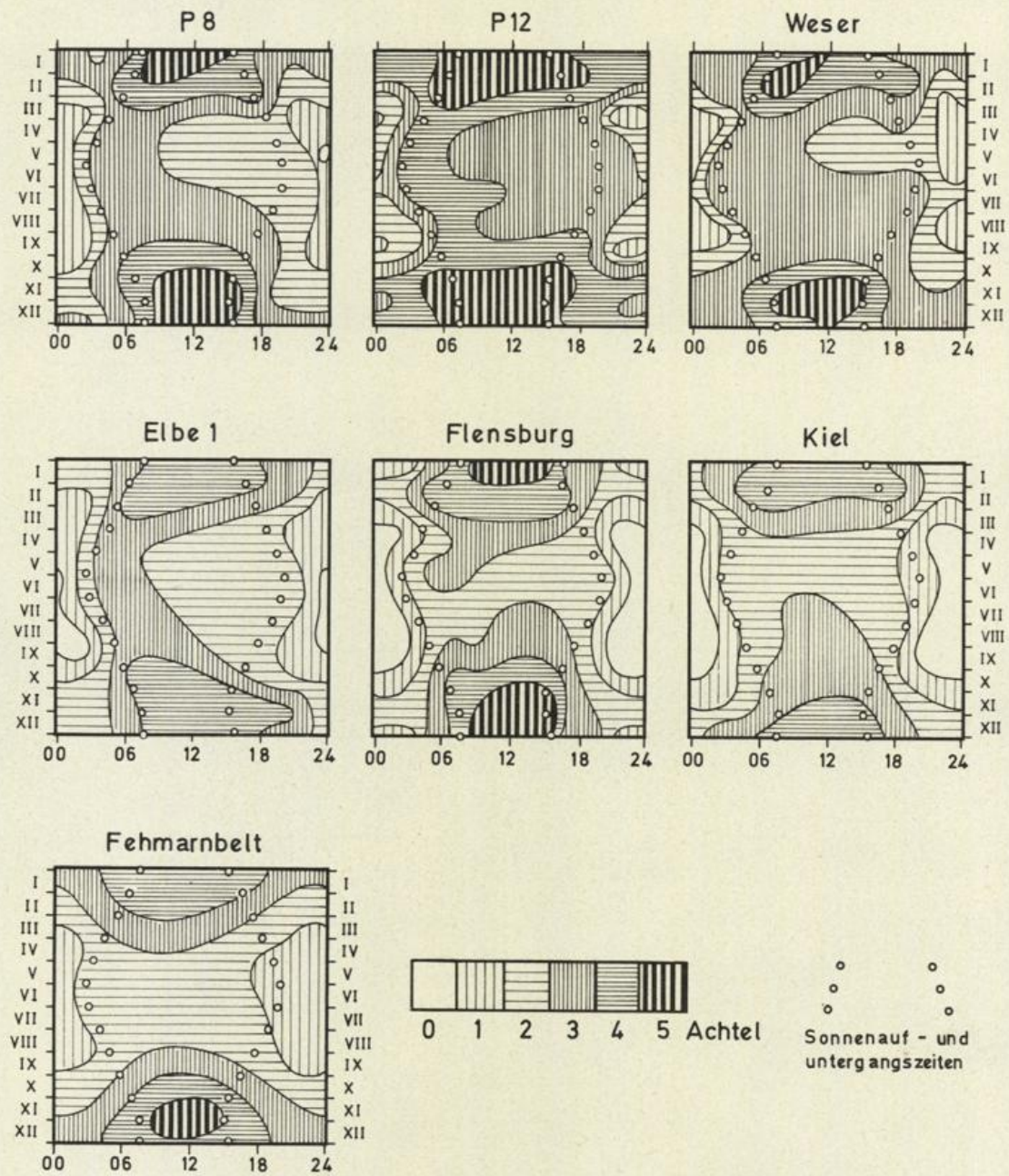


Abb. 7 Isoplethendarstellung der Bedeckung mit tiefen Wolken bei den 7 deutschen Feuerschiffen

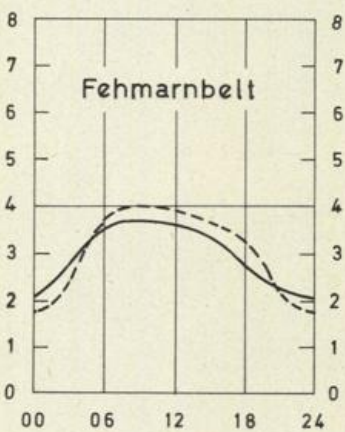
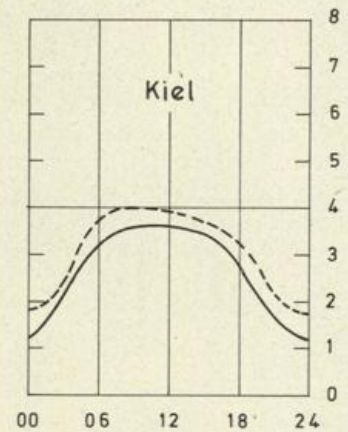
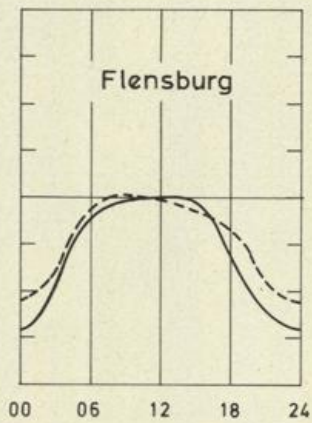
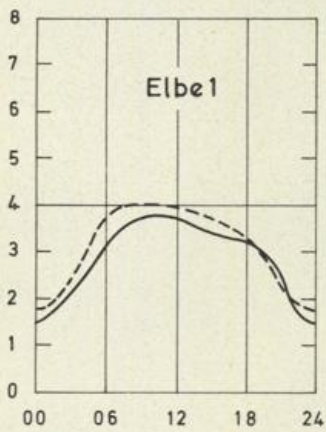
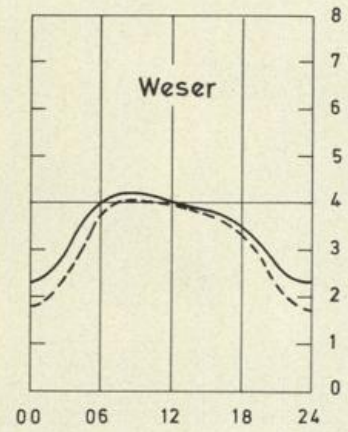
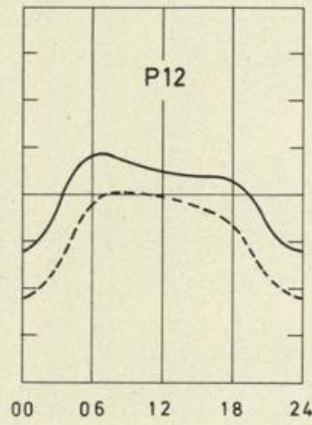
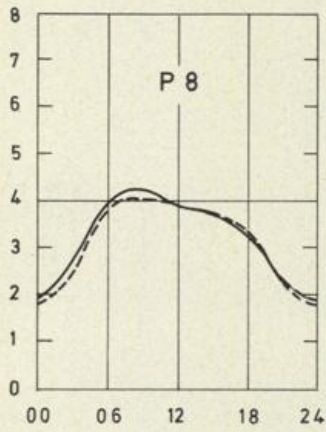


Abb. 8 Mittlere Bedeckung mit tiefen Wolken bei den 7 deutschen Feuerschiffen im Tagesgang

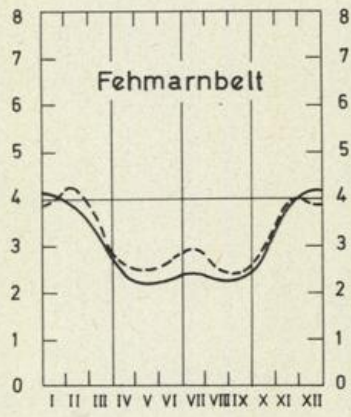
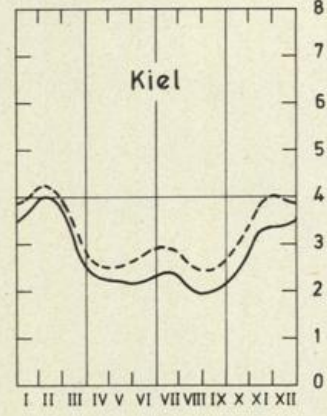
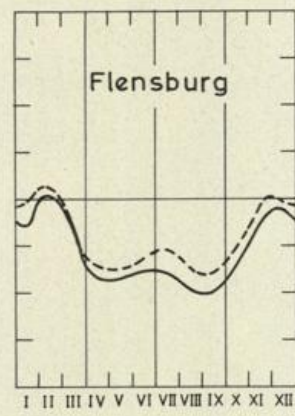
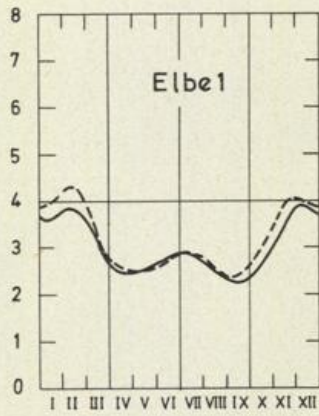
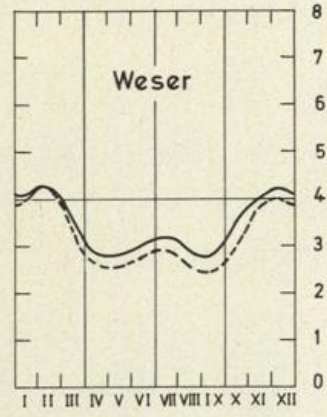
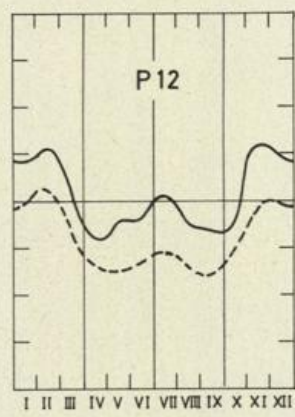
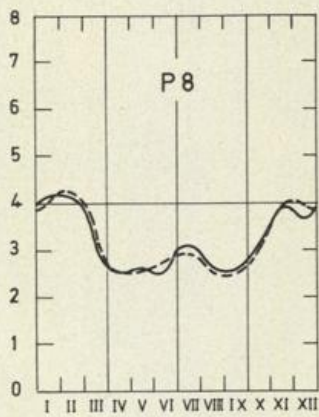


Abb. 9 Mittlere Bedeckung mit tiefen Wolken bei den 7 deutschen Feuerschiffen im Jahresgang

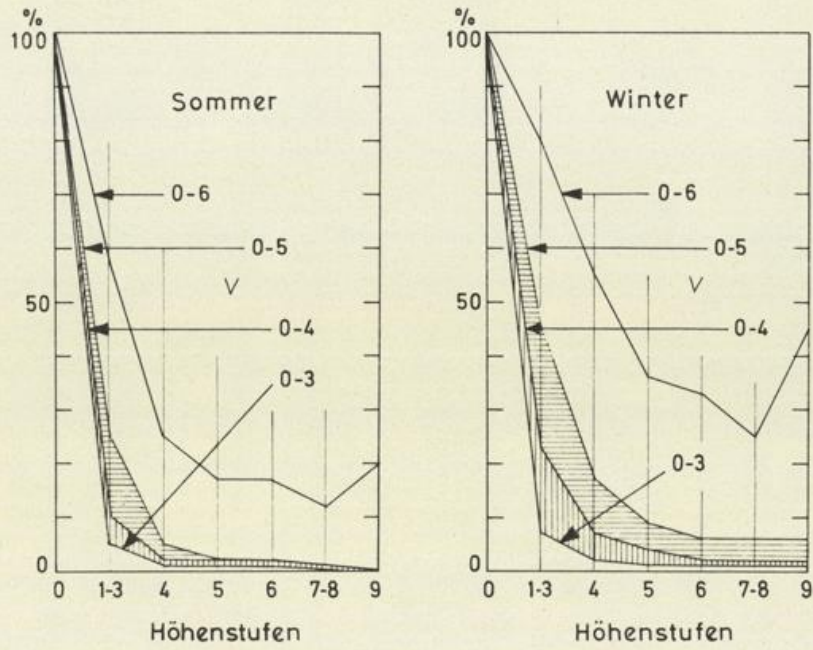


Abb. 10 Prozentuale Häufigkeit der Sichtgruppen 0-3, 0-4, 0-5 und 0-6 als Funktion der Höhenstufen der Hauptwolkenuntergrenze im Sommer und Winter

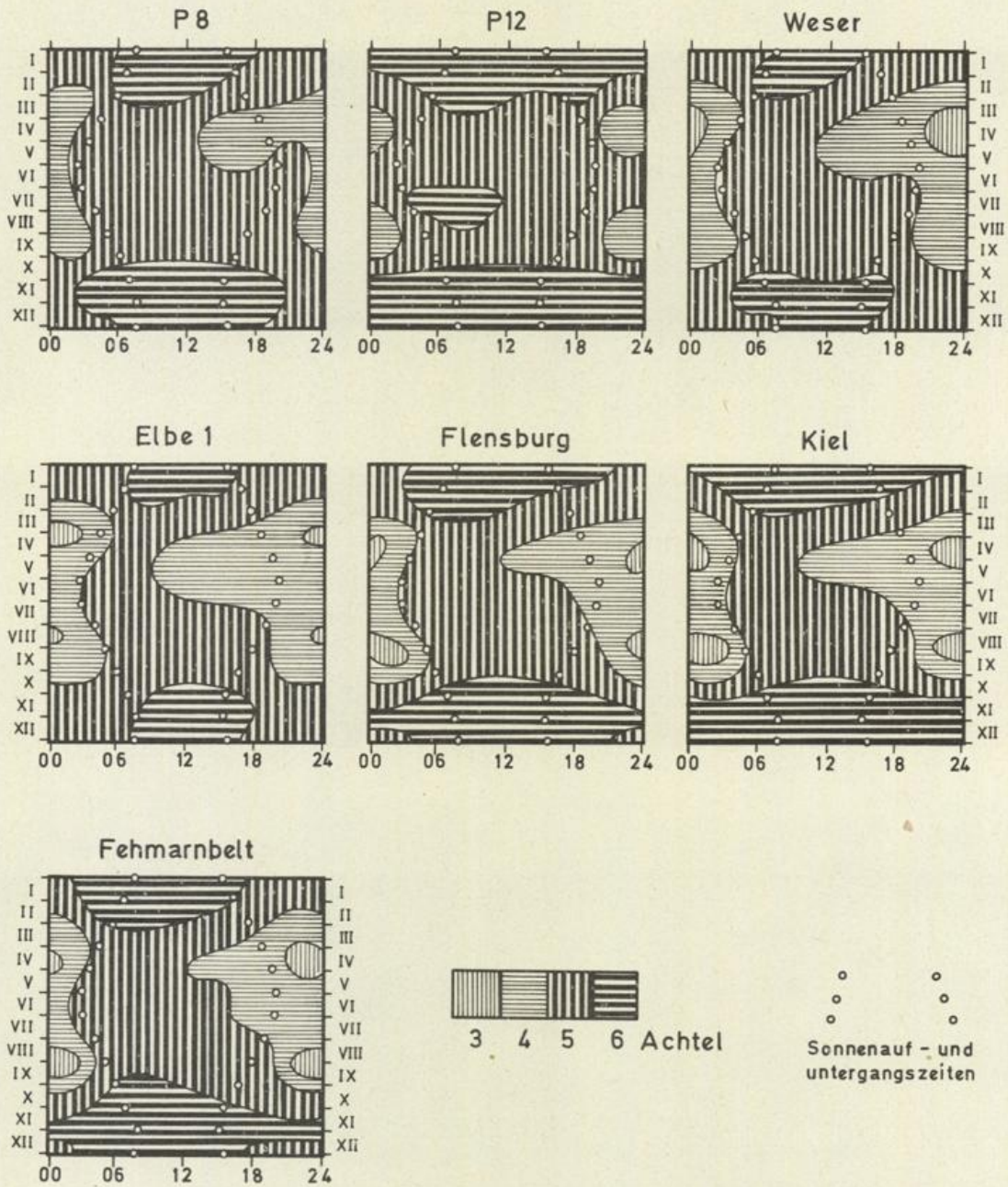


Abb. 11 Isoplethendarstellung der Bedeckung mit allen Wolken bei den 7 deutschen Feuerschiffen.

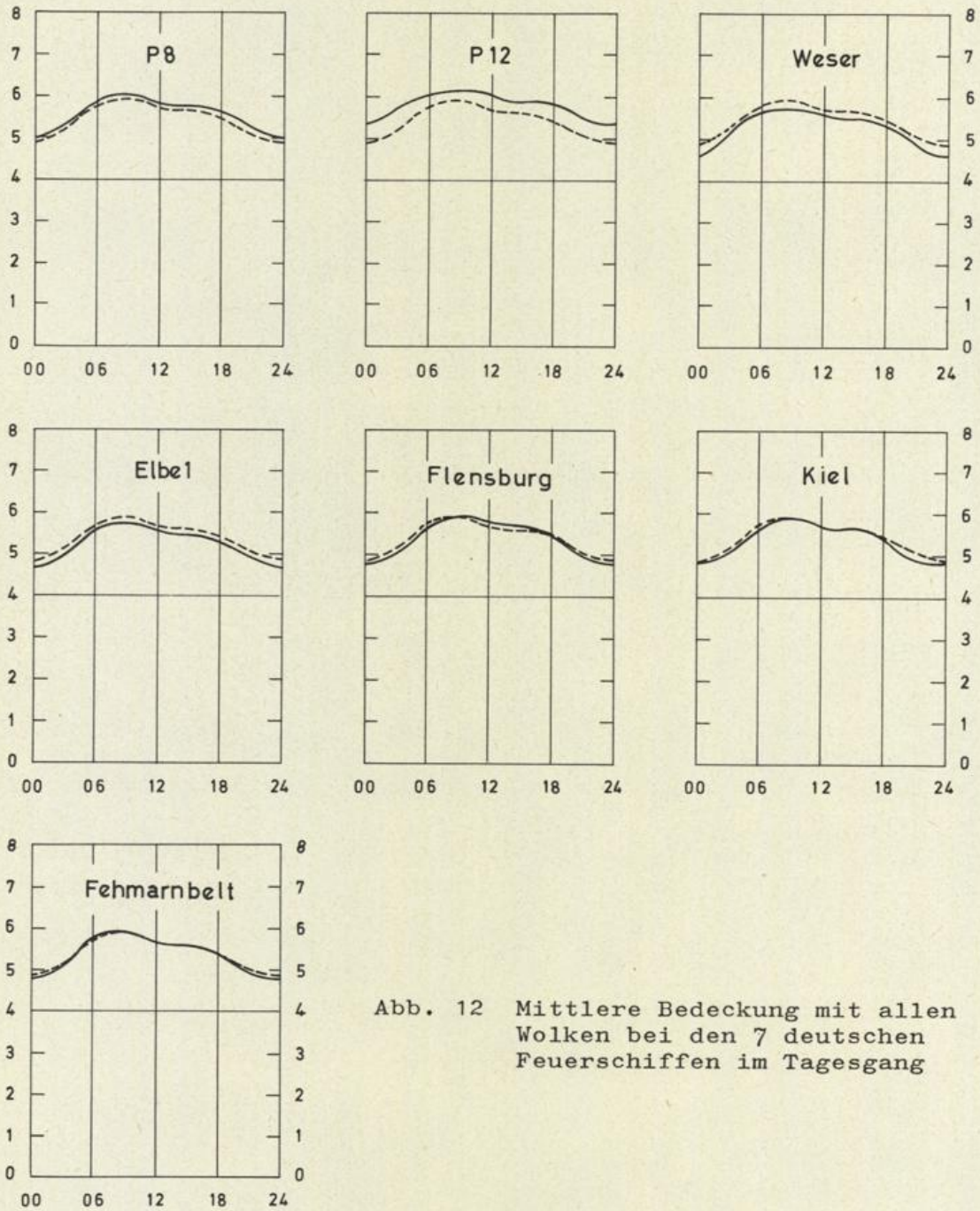


Abb. 12 Mittlere Bedeckung mit allen Wolken bei den 7 deutschen Feuerschiffen im Tagesgang

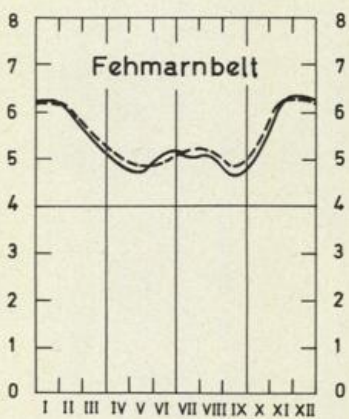
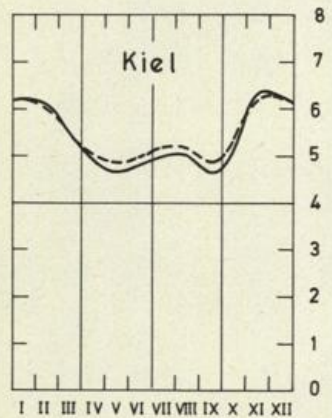
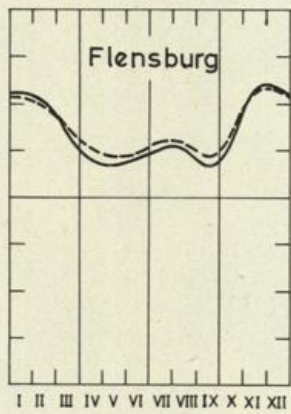
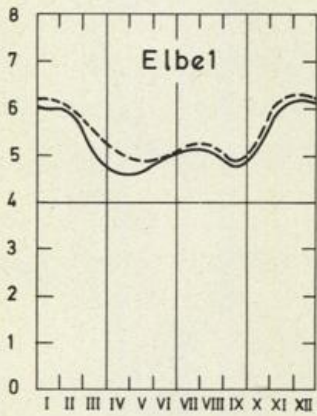
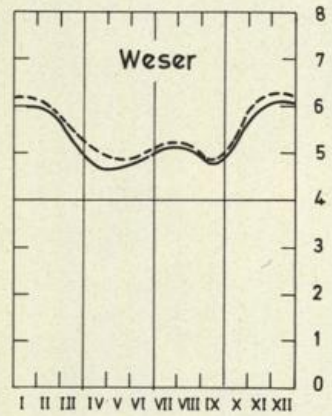
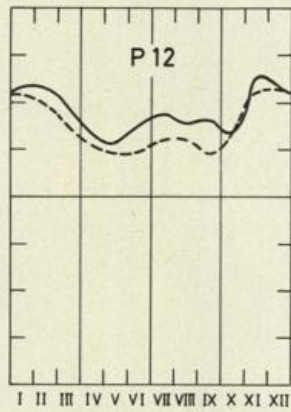
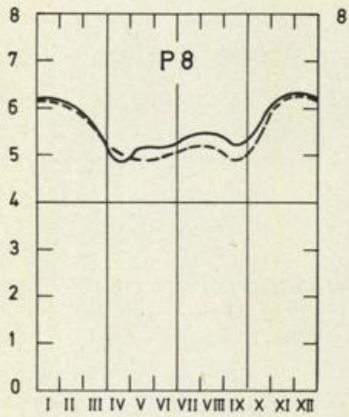


Abb. 13 Mittlere Bedeckung mit allen Wolken bei den 7 deutschen Feuerschiffen im Jahresgang

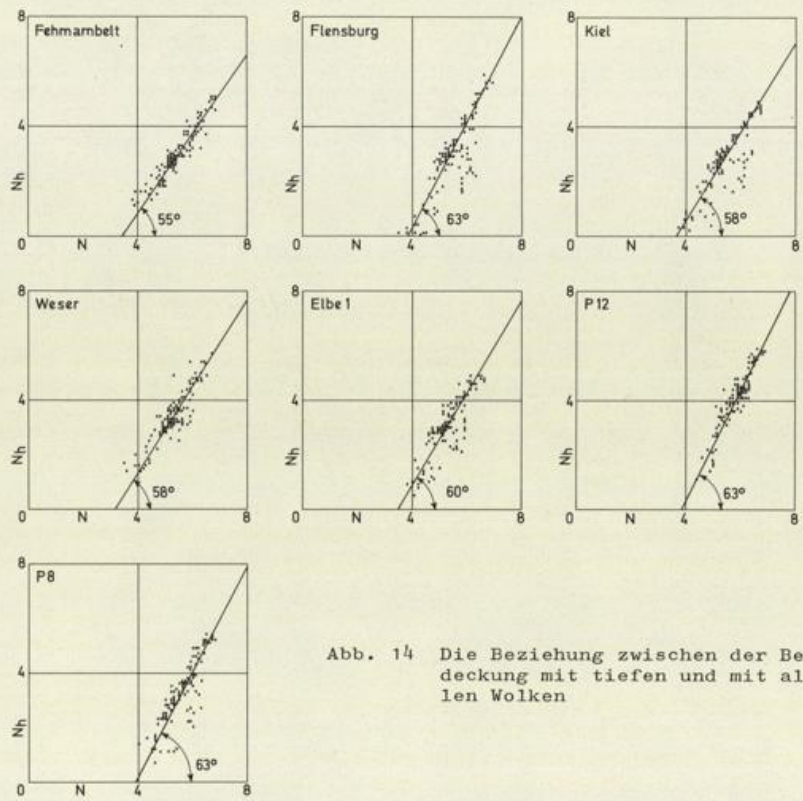
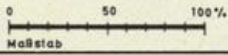


Abb. 14 Die Beziehung zwischen der Bedeckung mit tiefen und mit allen Wolken



### Feuerschiff P8

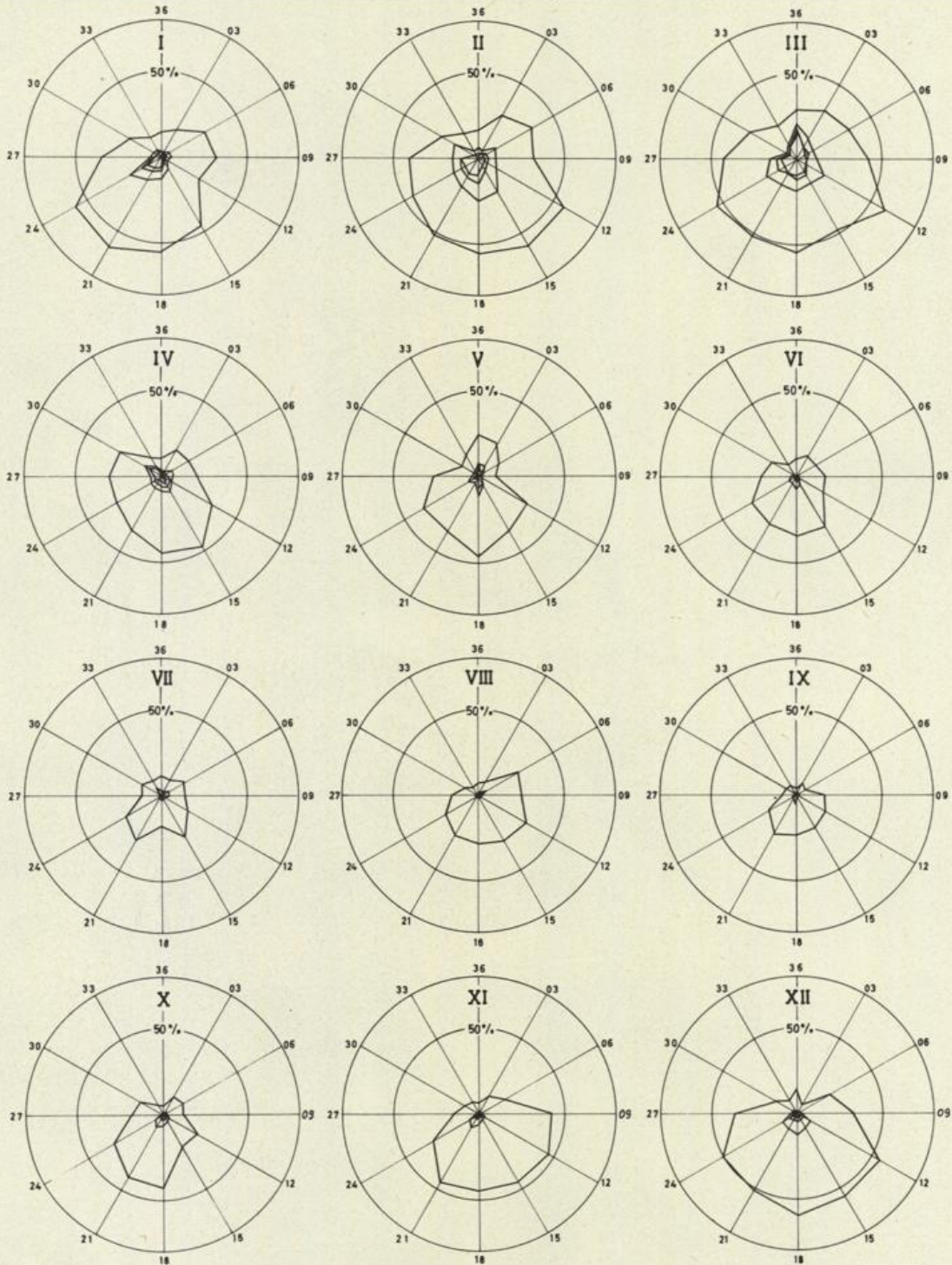


Abb. 15(a) Prozentuale Häufigkeit der Sichtgruppen 0-3, 0-4, 0-5 und 0-6 in Abhängigkeit von der Windrichtung für die 7 deutschen Feuerschiffe in jedem Monat

0 50 100%  
Maßstab

### Feuerschiff P12

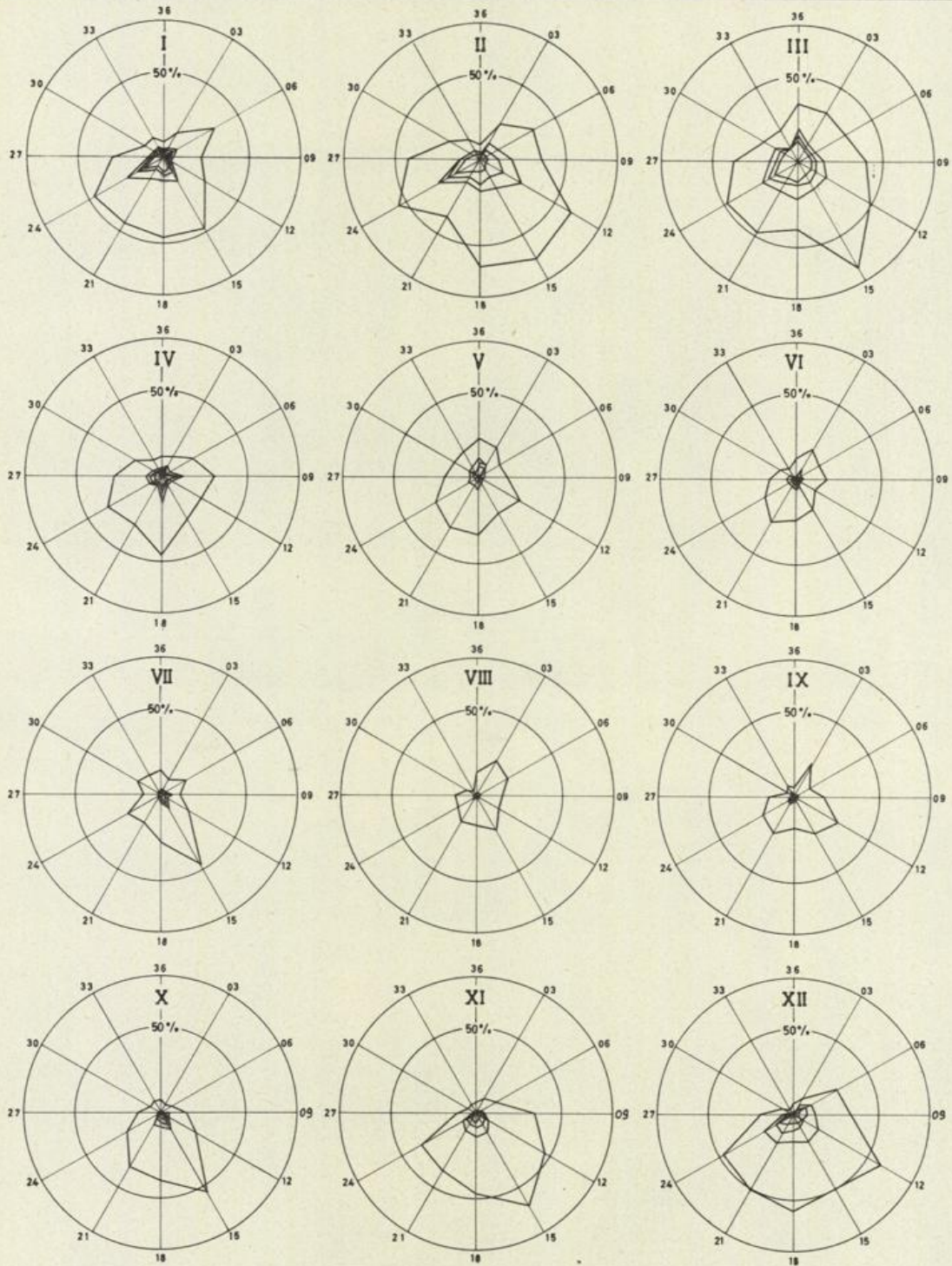
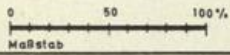


Abb. 15(b) Prozentuale Häufigkeit der Sichtgruppen 0-3, 0-4, 0-5 und 0-6 in Abhängigkeit von der Windrichtung für die 7 deutschen Feuerschiffe in jedem Monat



### Feuerschiff Weser

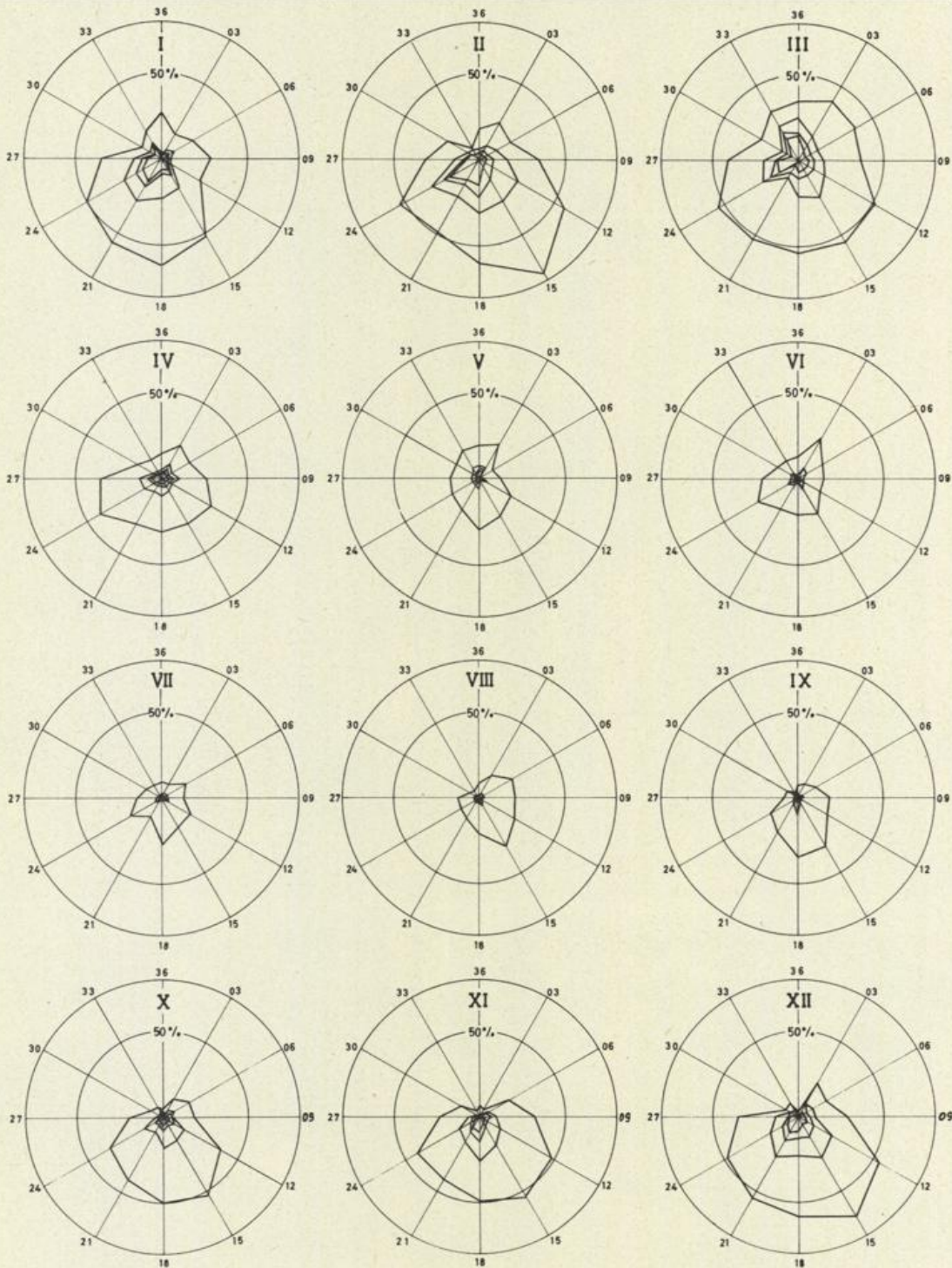
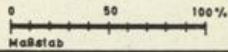


Abb. 15(c) Prozentuale Häufigkeit der Sichtgruppen 0-3, 0-4, 0-5 und 0-6 in Abhängigkeit von der Windrichtung für die 7 deutschen Feuerschiffe in jedem Monat



### Feuerschiff Elbe 1

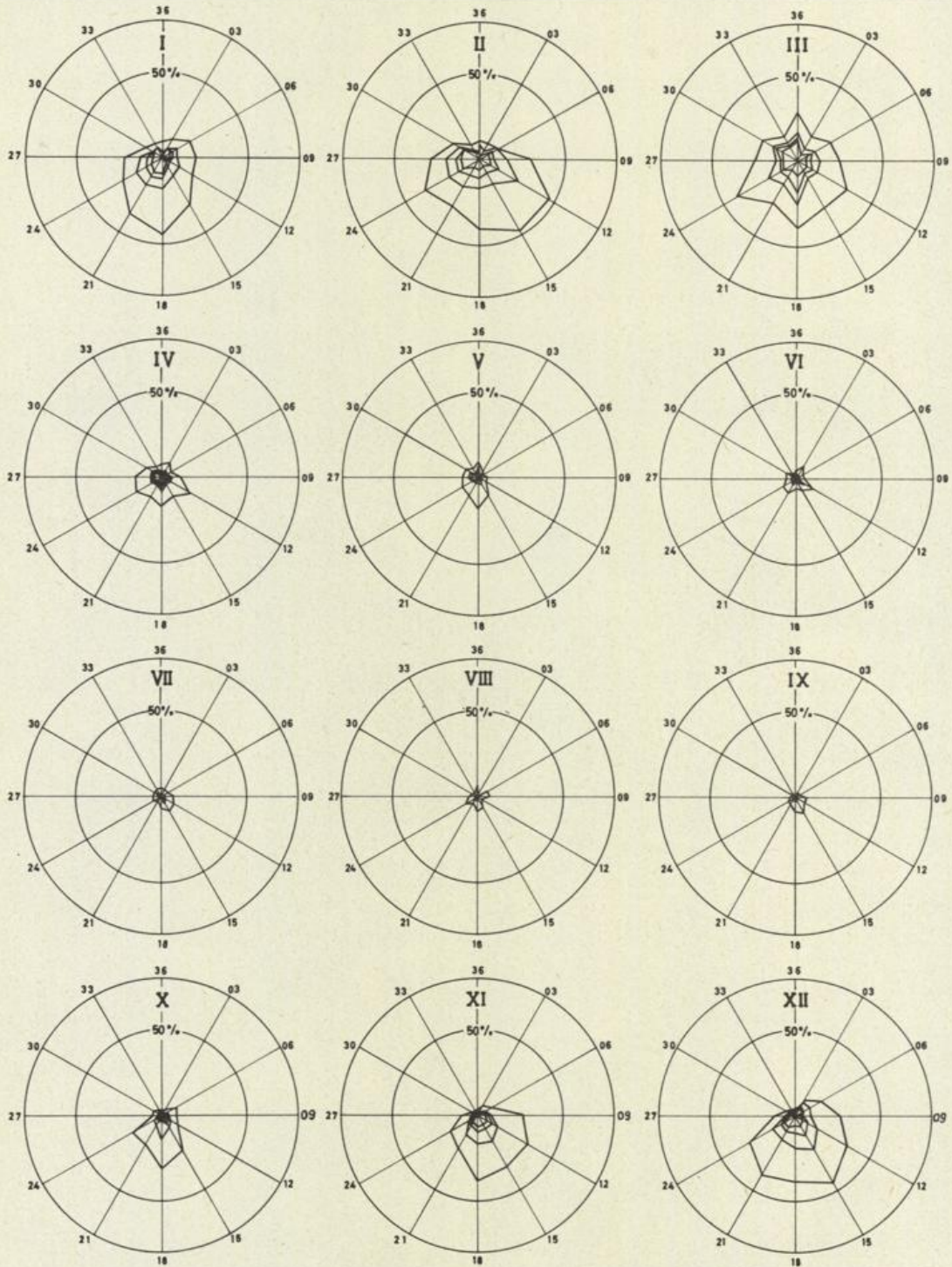
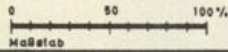


Abb. 15(d) Prozentuale Häufigkeit der Sichtgruppen 0-3, 0-4, 0-5 und 0-6 in Abhängigkeit von der Windrichtung für die 7 deutschen Feuerschiffe in jedem Monat



### Feuerschiff Flensburg

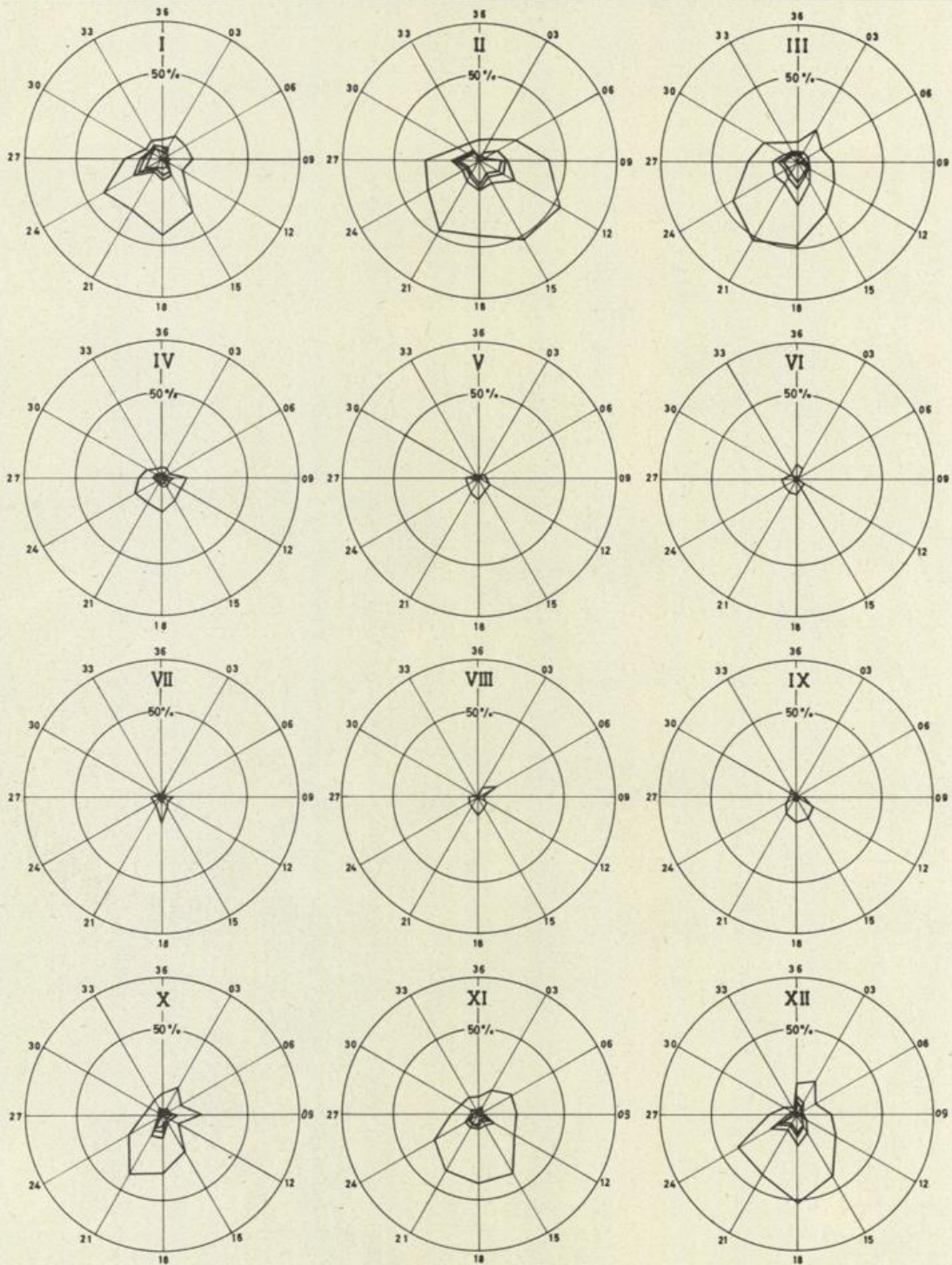
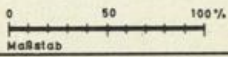


Abb. 15(e) Prozentuale Häufigkeit der Sichtgruppen 0-3, 0-4, 0-5 und 0-6 in Abhängigkeit von der Windrichtung für die 7 deutschen Feuerschiffe in jedem Monat



### Feuerschiff Kiel

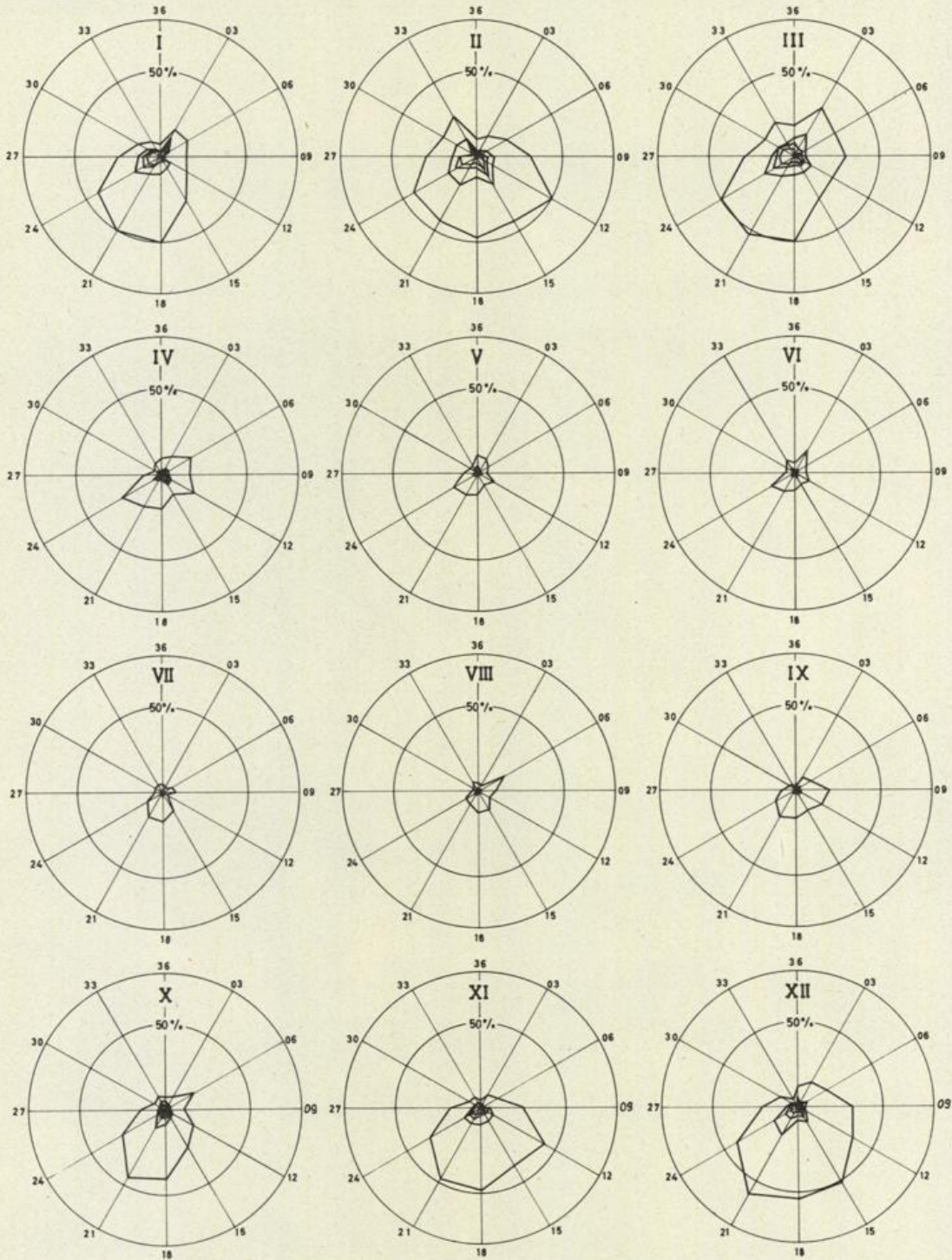
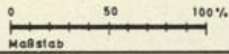


Abb. 15(f) Prozentuale Häufigkeit der Sichtgruppen 0-3, 0-4, 0-5 und 0-6 in Abhängigkeit von der Windrichtung für die 7 deutschen Feuerschiffe in jedem Monat



### Feuerschiff Fehmarnbelt

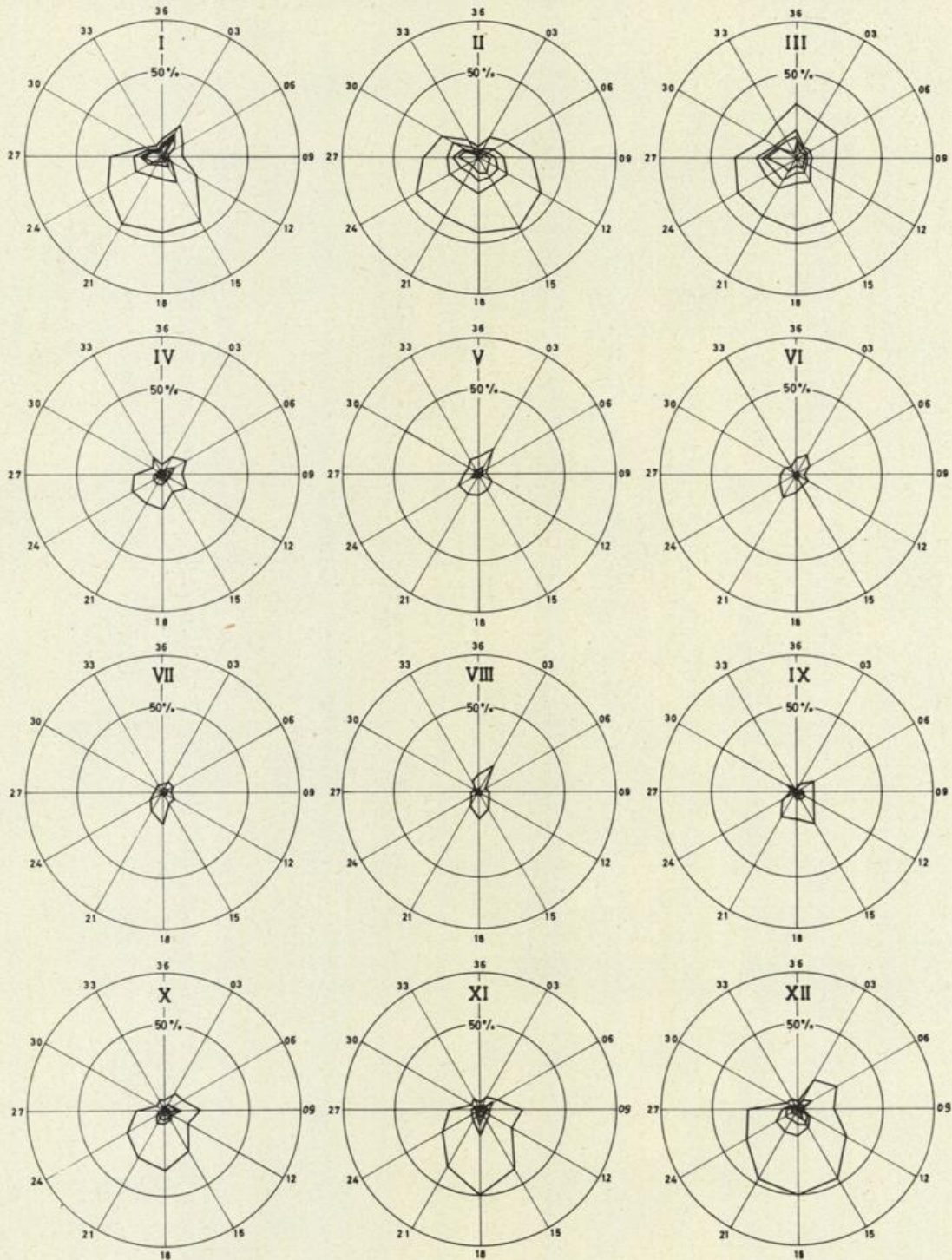


Abb. 15(g) Prozentuale Häufigkeit der Sichtgruppen 0-3, 0-4, 0-5 und 0-6 in Abhängigkeit von der Windrichtung für die 7 deutschen Feuerschiffe in jedem Monat



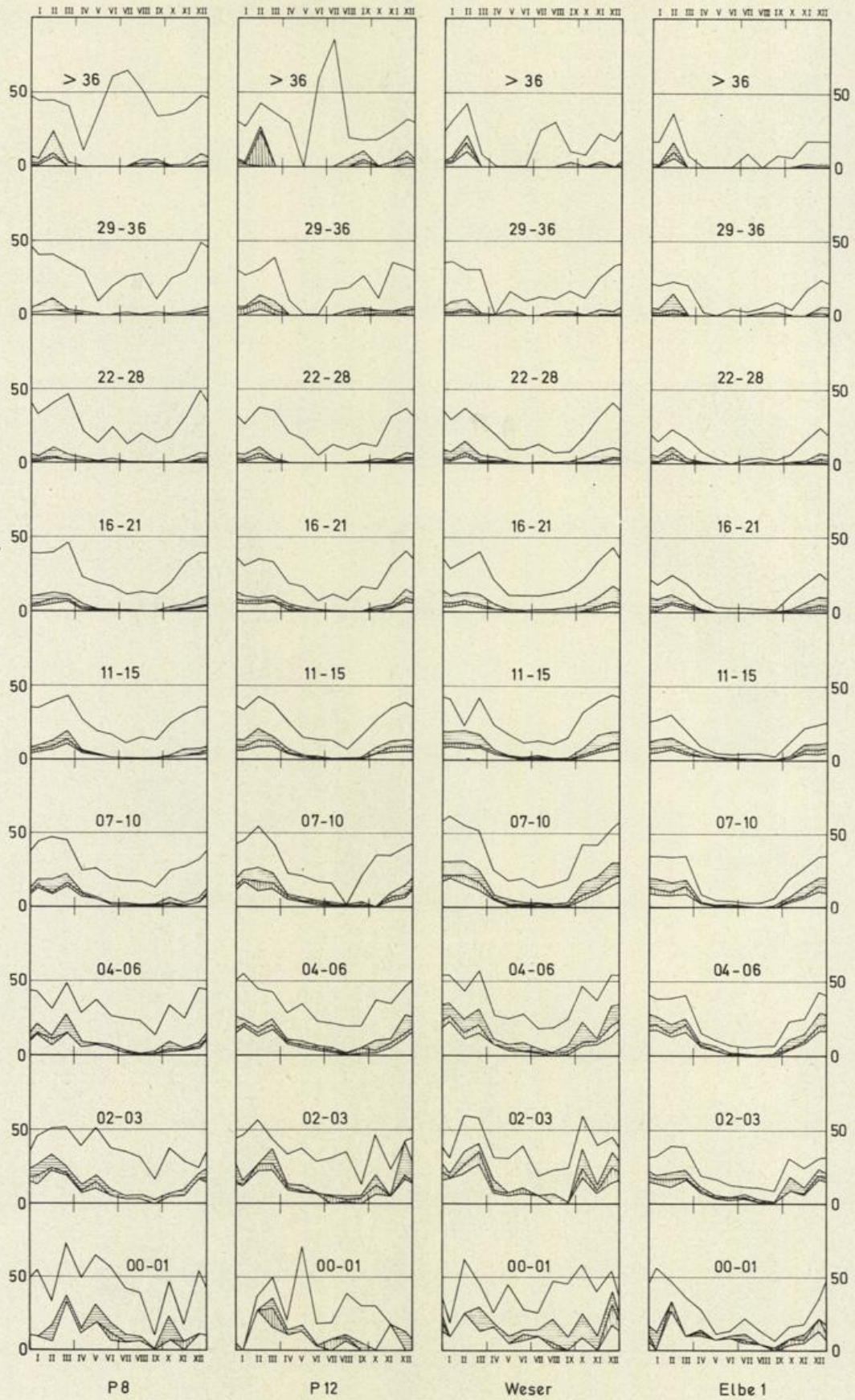


Abb. 18(a) Prozentuale Häufigkeit der Sichtgruppen 0-3, 0-4, 0-5 und 0-6 in Abhängigkeit von der in kn umgerechneten Windstärke im Jahresgang bei den 7 deutschen Feuerschiffen

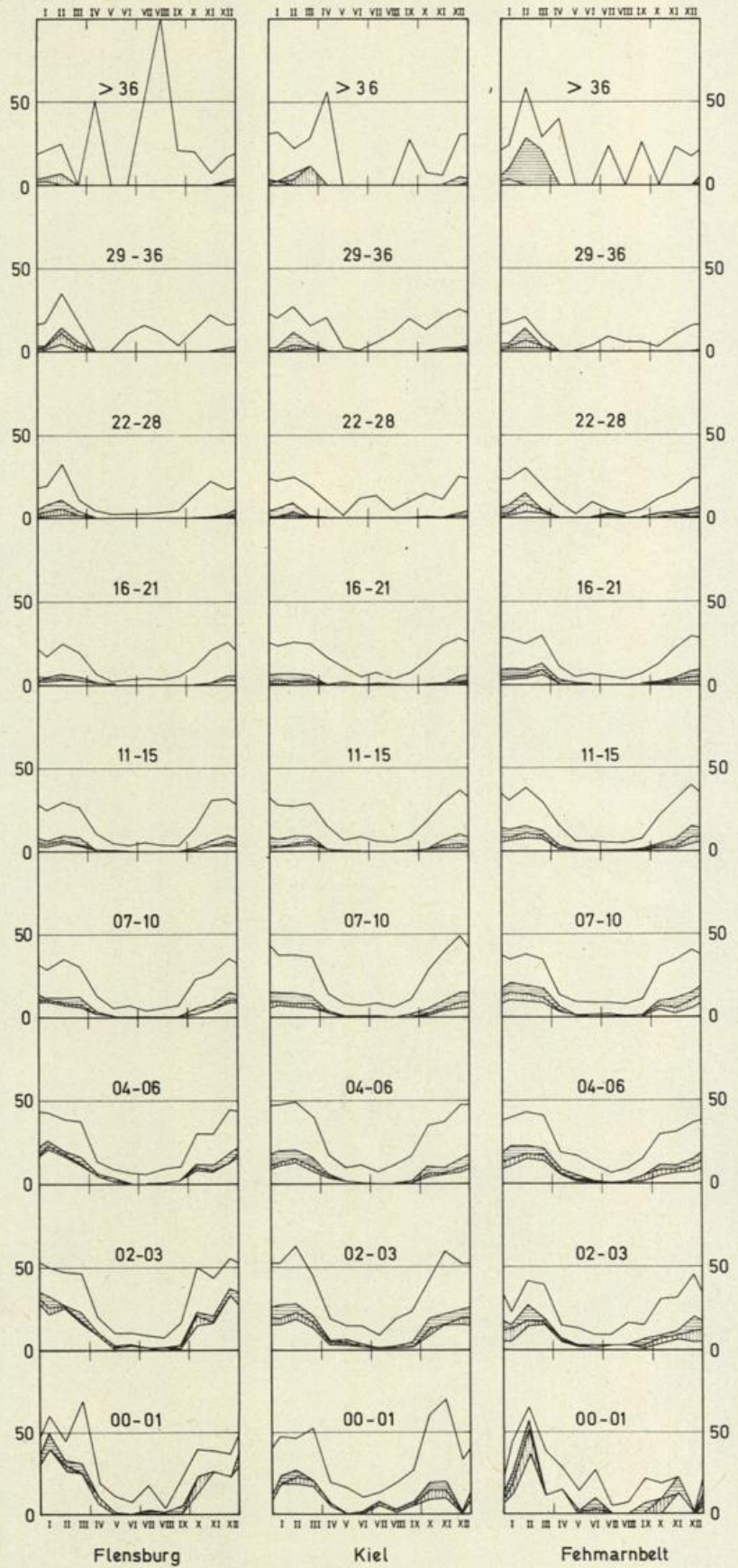


Abb. 18(b) Prozentuale Häufigkeit der Sichtgruppen 0-3, 0-4, 0-5 und 0-6 in Abhängigkeit von der in kn umgerechneten Windstärke im Jahresgang bei den 7 deutschen Feuerschiffen

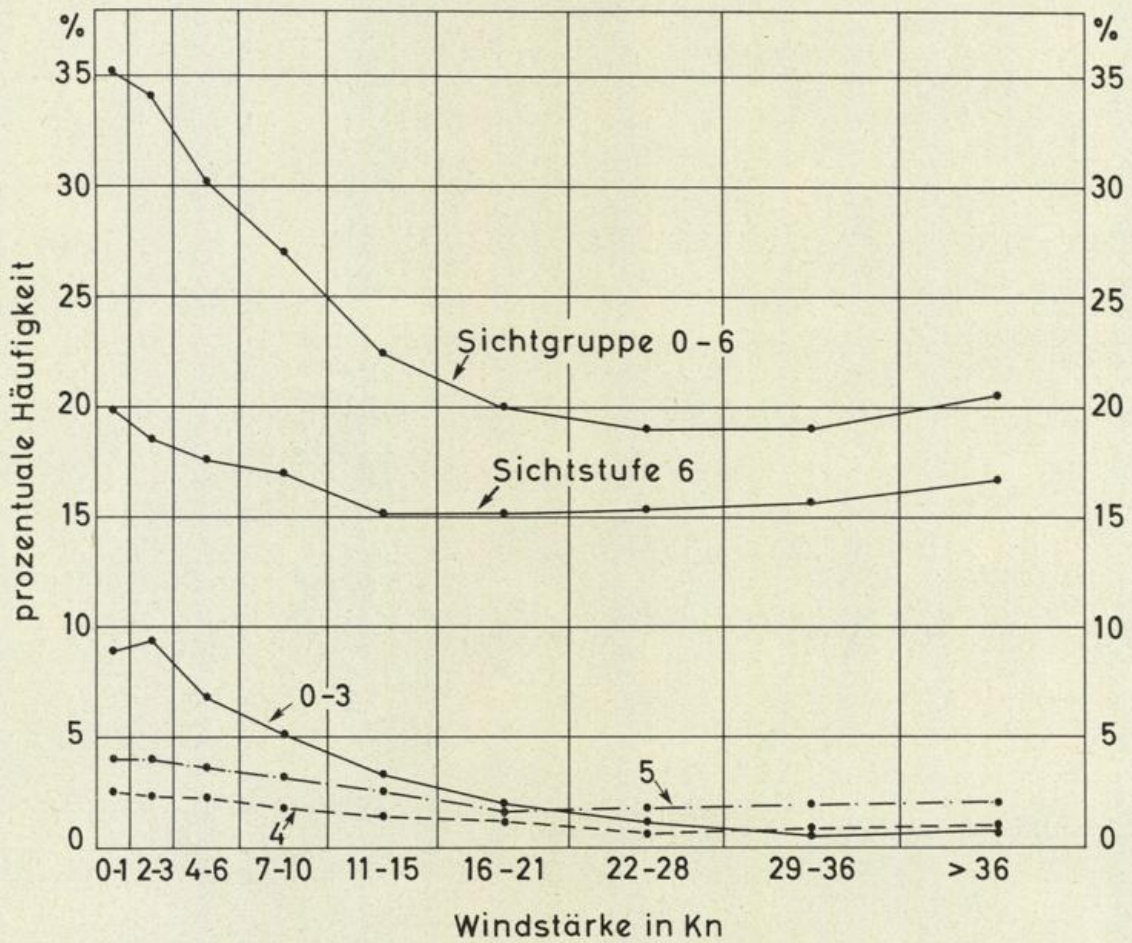


Abb. 19 Prozentuale Häufigkeit der Sichtgruppen 0-3 und 0-6, sowie der Sichtstufen 4, 5 und 6 in Abhängigkeit von der Windstärke (in kn umgerechnet). Mittel aus den 7 deutschen Feuerschiffen

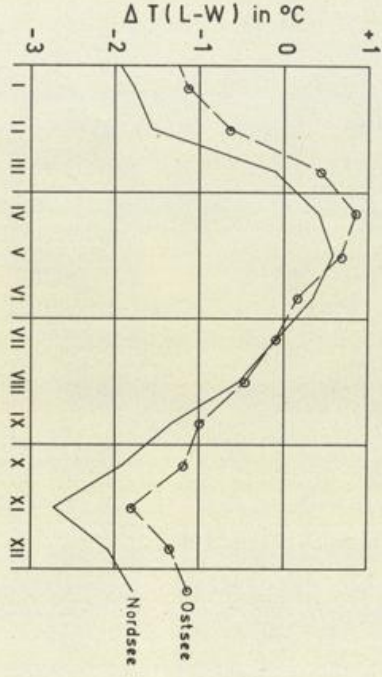
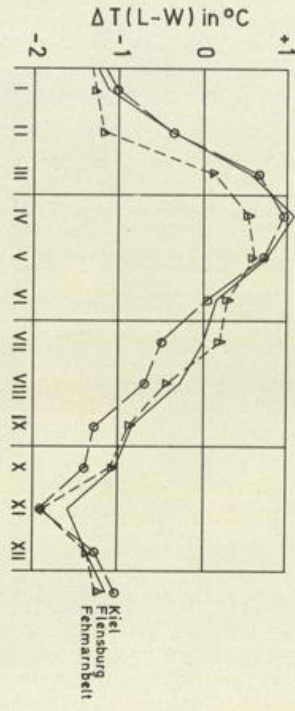
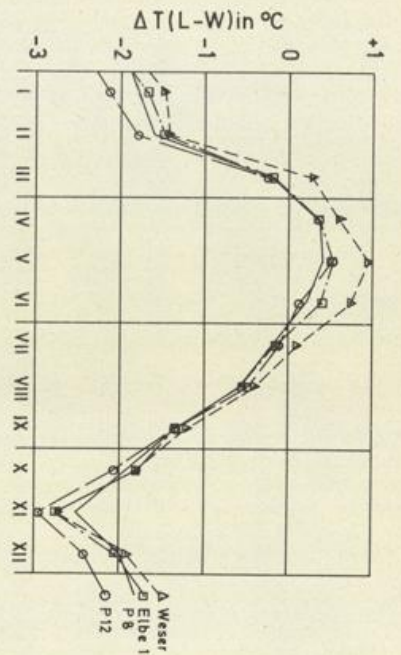


Abb. 20 Mittlere Temperaturdifferenz zwischen Luft und Wasser  $\Delta T(L-W)$  bei den Feuerschiffen im Jahresgang  
 a in der Nordsee, b in der Ostsee,  
 c Mittelwerte

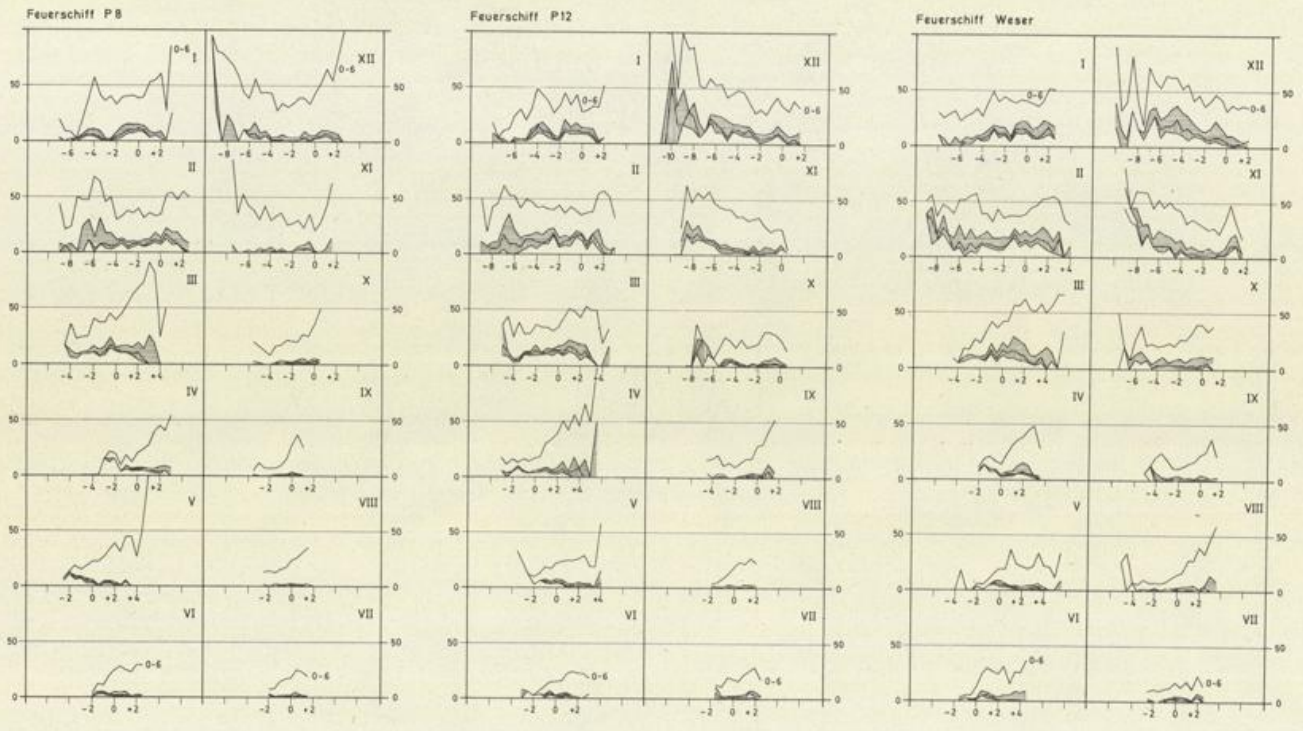


Abb. 21(a) Prozentuale Häufigkeit der Sichtgruppen 0-3, 0-4, 0-5 und 0-6 in Abhängigkeit von der Temperaturdifferenz zwischen Luft und Wasser  $\Delta T(L-W)$  für die 7 deutschen Feuerschiffe in jedem Monat

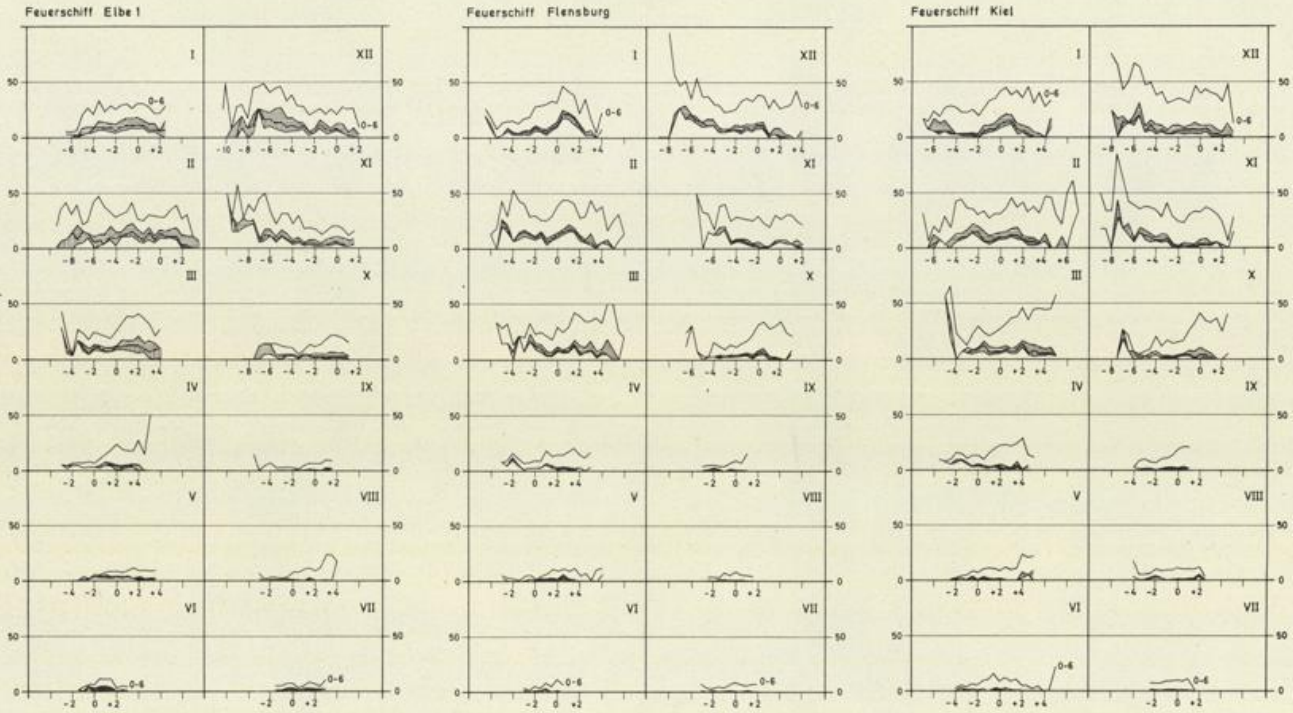


Abb. 21(b) Prozentuale Häufigkeit der Sichtgruppen 0-3, 0-4, 0-5 und 0-6 in Abhängigkeit von der Temperaturdifferenz zwischen Luft und Wasser  $\Delta T(L-W)$  für die 7 deutschen Feuerschiffe in jedem Monat

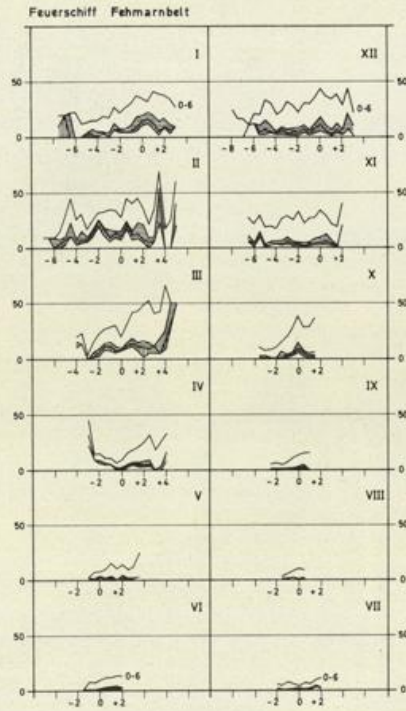


Abb. 21(c) Prozentuale Häufigkeit der Sichtgruppen 0-3, 0-4, 0-5 und 0-6 in Abhängigkeit von der Temperaturdifferenz zwischen Luft und Wasser  $\Delta T_{(L-W)}$  für die 7 deutschen Feuerschiffe in jedem Monat



- Nr. 35 (1962) Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee (Bundesrepublik) 1958
- Nr. 36 (1962) Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee (Bundesrepublik) 1959
- Nr. 37 (1963) Klimatologie des Mittelmeeres. Teil 2: Temperatur, Bewölkung, Niederschlag, Nebel (H. Markgraf)
- Nr. 38 (1963) Zur Klimatologie des Nordatlantischen Ozeans. Teil 1: Text (C. Pflugbeil)
- Nr. 39 (1963) Zur Klimatologie des Nordatlantischen Ozeans. Teil 2: Tabellen (C. Pflugbeil und E. Steinborn)
- Nr. 40 (1963) Zur Klimatologie des Nordatlantischen Ozeans. Teil 3: Abbildungen (C. Pflugbeil und E. Steinborn)
- Nr. 41 (1964) Die Eigenschaften der Meereswellen im Nordatlantischen Ozean (H. Walden)
- Nr. 42 (1964) Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee (Bundesrepublik) 1960
- Nr. 43 (1964) Die Bestimmung des Tiefwasserseegangs aus seinen skalar-spektralen Komponenten bei bekannten Windverhältnissen (J. Piest)
- Nr. 44 (1964) Die Kälte der Winter im norddeutschen Raum; Teil 1: Herstellung homogener Reihen der Kältesummen (H. Müller-Annen)
- Nr. 45 (1965) Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee (Bundesrepublik) 1961
- Nr. 46 (1965) Gleichzeitige Seegangsmessungen in der Deutschen Bucht mit dem „Seegangsbeschleunigungsmesser mit photographischer Registrierung“ und ihre Auswertung zum Studium des Seegangs beim Einlaufen in das Wattenmeer (H. Walden, A. Lang u. J. Piest)
- Nr. 47 (1965) Die Windgeschwindigkeits-Äquivalente der Beaufortgrade nach Beobachtungen deutscher Bordwetterwarten (H. Walden)
- Nr. 48 (1965) Die Kälte der Winter im norddeutschen Raum. Teil 2: Herstellung langjähriger Reihen der Zahl der Wintertage. Ableitung einer Winter- und Kältezah (H. Müller-Annen)
- Nr. 49 (1965) Darstellung ausgewählter täglicher Höhenwinde in den Tropen zwischen 10° und 80° Westlänge (W. Rudloff)
- Nr. 50 (1965) Aerologische Monatskarten der Tropen für das Internationale Geophysikalische Jahr 1957—1958. Teil 1: 300 mb und 300/500 mb (W. Rudloff, O. Höflich u. G. Heise)
- Nr. 51 (1965) Aerologische Monatskarten der Tropen für das Internationale Geophysikalische Jahr 1957—1958. Teil 2: 200 mb und 200/300 mb (W. Rudloff, O. Höflich u. G. Heise)
- Nr. 52 (1966) Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee (Bundesrepublik) 1962
- Nr. 53 (1966) Die Entwicklung von Seegang-Meßbojen mit kreiselstabilisierten Meßwertaufnehmern für Beschleunigung und Bojenlage (A. Lang)
- Nr. 54 (1966) Die Windverhältnisse bei Feuerschiffs-Station ELBE 1. Teil 1: Die Häufigkeiten (J. Richter)
- Nr. 55 (1966) Zum Tagesgang tropischer Höhenwinde (W. Rudloff)
- Nr. 56 (1966) Der Seegang in ausgewählten Gebieten des tropischen und subtropischen Atlantischen Ozeans (H. Walden)
- Nr. 57 (1967) Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee (Bundesrepublik) 1963
- Nr. 58 (1967) Meteorologische Beobachtungen mit Düsenflugzeugen über dem tropischen Atlantik (W. Rudloff u. O. Höflich)
- Nr. 59 (1967) Zum Küstenklima von Peru (Rolf Doberitz)
- Nr. 60 (1967) Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee (Bundesrepublik) 1964
- Nr. 61 (1968) Grundlage einer numerischen Seegangsvorhersage für Schelfmeere (J. Piest)
- Nr. 62 (1968) Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee (Bundesrepublik) 1965
- Nr. 63 (1969) Orographische Einflüsse auf Wind und Wetter im Raum Island (M. Kurz)
- Nr. 64 (1969) Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee (Bundesrepublik) 1966
- Nr. 65 (1969) Probleme bei der Festlegung von Äquivalentwerten zwischen gemessenen Windgeschwindigkeiten und geschätzten Beaufortstufen (H. Walden)
- Nr. 66 (1969) Die Sichtweite in den westdeutschen Küstengewässern und im Kattegat (F. Nagel)

