

DEUTSCHER WETTERDIENST

Seewetteramt

Einzelveröffentlichungen

Nr. 26

Der Seegang bei den Feuerschiffen
„Flensburg“, „Kiel“ und „Fehmarnbelt“

In der Abteilung Maritime Meteorologie
bearbeitet von

Dr. H. Walden

Hamburg

1960

EINZELVERÖFFENTLICHUNGEN des Seewetteramtes

		<i>DM</i>			<i>DM</i>
Nr. 1	(1953): Höhe, Länge und Steilheit der Meereswellen im Nordatlantik (H. U. Roll)	3,50	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)	3,50
Nr. 2	(1952, Nachdruck 1953): Die Nebelverhältnisse der Unterelbe im Jahrzehnt 1939-1948 (G. Hartenstein und H. Markgraf)	2,00	Nr. 15	(1957): Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee (Bundesrepublik) 1954	10,00
Nr. 3	(1954): Die Nebelverhältnisse im Küstengebiet der Weser- und Emsmündung (P. Bintig und H. Markgraf)	2,00	Nr. 16	(1958): Zur Niederschlagsmessung auf See: Ergebnisse von Vergleichsmessungen auf Feuerschiffen und benachbarten Inseln (H. U. Roll)	1,30
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)	7,00	Nr. 17	(1958): Statistik der Meereswellen in der Nordsee (O. Petri)	2,50
Nr. 5	(1954): Atlas der Monatswerte von Wassertemperatur, Wind und Bewölkung auf dem Seeweg Europa—Südamerika (H. J. Bullig)	12,00	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	zusammen 12,50
Nr. 6	(1954): Die Größe der Meereswellen in Abhängigkeit von der Windstärke (H. U. Roll)	vergriffen	Nr. 19	(1958): Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee (Bundesrepublik) 1955	10,00
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)	3,50	Nr. 20	(1959): Statistisch-synoptische Untersuchung über das Verhalten von Tiefdruckgebieten im Bereich von Grönland (H. Walden)	3,60
Nr. 8	(1956): Die Meereswellen in der südlichen Nordsee (H. U. Roll)	5,00	Nr. 21	(1959): Zur Theorie der Verdunstung der natürlichen Erdoberfläche (W. Brogmus)	3,00
Nr. 9	(1956): Laderaum - Meteorologie. Vorträge auf der Arbeitstagung am 20. Juni 1956 in Hamburg	3,00	Nr. 22	(1959): Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee (Bundesrepublik) 1956	10,00
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)	12,50	Nr. 23	(1959): Hamburger Wetterdaten für das Bauwesen (R. Reidat)	2,00
Nr. 11	(1956): Beiträge zur Klimakunde Südwest-Arabiens. Das Klima von Sana. Das Klima von Jemen (C. Rathjens sen., C. Rathjens jun., E. Samlenski und G. Kerner)	2,50	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 Schreibstörungen bei meteorologischen Registrierungen auf Schiffen (A. Lang)	3,00
Nr. 12	(1957): Sturmwetterlagen bei Island 1950—1954 (H. O. Mertins)	3,50	Nr. 25	(1960): Die vorherrschenden Winde auf dem Atlantischen Ozean im April und Oktober (H. Markgraf)	7,00
Nr. 13	(1957): Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee (Bundesrepublik) 1953	10,00	Nr. 26	(1960): Der Seegang bei den Feuerschiffen „Flensburg“, „Kiel“ und „Fehmarnbelt“ (H. Walden)	4,00

DEUTSCHER WETTERDIENST

Seewetteramt

Einzelveröffentlichungen

Nr. 26

Der Seegang bei den Feuerschiffen „Flensburg“, „Kiel“ und „Fehmarnbelt“

In der Abteilung Maritime Meteorologie
bearbeitet von

Dr. H. Walden

Wetteramt München
Handbücher Nr. 3435

Hamburg

1960

DEUTSCHER WETTERDIENST

Erweiterung

von Beobachtungsstationen

Nr. 28

Der Seegang bei den Feuerschiffen
Erscheinung, Kiel und Fernwirkung

In der Abteilung für die Feuerschiffe

bestehend aus

Dr. H. W. ...

Wetteramt München
Handbuch Nr. ...

Leipzig

1900

Inhaltsverzeichnis

	Seite
I. Einleitende Bemerkungen	5
II. Das Beobachtungsmaterial	5
III. Bearbeitung der Beobachtungen und Darstellung der Ergebnisse	6
IV. Einige Bemerkungen zu den Ergebnissen	7
a) Vergleichende Betrachtung	7
b) Einfluß der Stationslage zur Küste	7
c) Die Beziehungen zwischen Wellenhöhe und Wellenperiode	8
V. Die Ergebnisse in statistischen Darstellungen	10
a) Zusammenfassende Darstellungen ohne Berücksichtigung der Richtung und der Stärke des Windes	10
b) Die Seegangseigenschaften als Abhängige von der Richtung und der Stärke des Windes	14
1. Mittelwerte der Wellengrößen bei verschiedenen Windstärken	14
2. Mittlere, häufigste und höchste Werte der Wellenhöhe und -periode bei verschiedenen Windrichtungen und den Windstärken 4—9	17
3. Häufigkeitsverteilungen der Wellenhöhen und Wellenperioden in den Windrichtungs-Sektoren ...	30
c) Kombinierte Häufigkeitsdiagramme für Wellenhöhe und Wellenperiode	35

I.

Einleitende Bemerkungen

Als Einzelveröffentlichung Nr. 8 des Seewetteramts hat der Deutsche Wetterdienst eine statistische Untersuchung von H. U. Roll über die Meereswellen in der südlichen Nordsee herausgebracht. In dieser Arbeit wurden die Seegangsbeobachtungen der deutschen Feuerschiffe „S 2“, „P 8“, „P 12“ und „Elbe 1“ in der Zeit von Anfang 1949 bis Ende März 1953 ausgewertet.

Beim Vergleich der statistischen Ergebnisse für die Seegangsverhältnisse an den vier Schiffspositionen ergab sich, daß die Wellengrößen teilweise sehr beträchtlich von der Lage zum Land und von der Wassertiefe abhängen. Da die Deutsche Bucht aber ein nach Westen und Norden offenes Seegebiet darstellt und die Wassertiefe im großen ganzen von Nordwesten nach Südosten abnimmt, kann man an Hand der Darstellungen eine Übersicht über die regionale Verteilung der Wellengrößen bei Winden aus den vier Haupt-Richtungsquadranten gewinnen.

Vor einer anderen Situation stehen wir in der westlichen Ostsee, deren Küsten stärker gegliedert sind und die nur bei Fehmarn nach Osten an eine größere freie Meeresfläche grenzt. Hinzu kommt, daß die drei

Feuerschiffe „Flensburg“, „Kiel“ und „Fehmarnbelt“ sehr viel dichter unter Land liegen als die vorgeschobenen Feuerschiffe in der Deutschen Bucht. Aus diesen Gründen repräsentieren die Seegangsbeobachtungen der Ostsee-Feuerschiffe nur ein verhältnismäßig kleines Gebiet in ihrem näheren Umkreis und können nicht — wie es in der Nordsee der Fall ist — eine Regionalverteilung der Beobachtungsgrößen im Gesamt-Seegebiet wiedergeben. Wenn trotzdem die vorliegende statistische Aufgliederung der Wellenbeobachtungen vorgenommen wurde und die Ergebnisse nunmehr veröffentlicht werden, so geschieht dies im Hinblick darauf, daß die drei Feuerschiffe in der Nähe wichtiger Seeverkehrslinien an markanten Punkten liegen, die von vielen Handelsschiffen passiert werden.

Der Deutsche Wetterdienst ist den Beobachtern auf den Feuerschiffen „Flensburg“, „Kiel“ und „Fehmarnbelt“ Dank schuldig. Nur mit ihrer Hilfe ist es möglich, das wertvolle Ausgangsmaterial für Ausarbeitungen wie die vorliegende zu erstellen.

Vorbereitung, Berechnung und Entwurf sämtlicher Diagramme sind die Arbeit von Herrn Reg.-Ob.Insp. O. Petri.

II.

Das Beobachtungsmaterial

Die Ausarbeitung fußt auf den Seegangs- und Windbeobachtungen, die in den Meteorologischen Tagebüchern der drei Feuerschiffe niedergelegt sind. Die verwendeten Unterlagen umfassen die Zeitspanne von Anfang Januar 1949 bis Ende Dezember 1954, also 6 volle Jahre. Frühere Aufzeichnungen konnten leider nicht berücksichtigt werden, weil bei der Beobachtung

der Meereswellen erst seit dem 1. Januar 1949 Maßzahlen verwendet werden. Die folgende kleine Tabelle gibt Auskunft über die Position der Schiffe, über die Wassertiefe am Ankerplatz und über die Anzahl der Beobachtungen, die für die statistischen Zusammenstellungen herangezogen wurden.

Name	Geographische		Wassertiefe	Anzahl der Beobachtungen	
	Breite	Länge		Wellenhöhe	Wellenperiode
Feuerschiff „Flensburg“	54° 50.3' Nord	9° 58.8' Ost	27 m	6 814	6 748
Feuerschiff „Kiel“	54° 29.3' Nord	10° 17.3' Ost	12 m	9 110	8 949
Feuerschiff „Fehmarnbelt“	54° 36.0' Nord	11° 9.0' Ost	27 m	10 823	10 768
Gesamtzahl der Beobachtungen:				26 747	26 465

Der Karte auf S. 9 ist die Lage der drei Stationen zu entnehmen.

Die Eigenschaften der Wellen wurden visuell ermittelt; solche Augenbeobachtungen können nur bei Helligkeit angestellt werden. Zu jeder Seegangsbeobachtung gehören Angaben über die Anlaufrichtung, die Höhe und die Periode bzw. die Länge der Wellen. Im Meteorologischen Tagebuch notiert werden neben der

Richtung in Zehnergraden die „charakteristische“ Wellenhöhe und die „charakteristische“ Wellenperiode. Man erhält beide Größen, indem man für die Ermittlung der Maßzahlen nur die markanten, also größeren Wellen heranzieht. Diese Werte entsprechen bei erfahrenen Beobachtern mit großer Annäherung der „kennzeichnenden“ Wellenhöhe bzw. -periode, die man aus einer Seegangsmessung berechnen kann und die folgender-

maßen definiert sind: Man ordnet alle im Seegang registrierten Wellen der Größe nach, teilt das die höchsten Wellen umfassende Drittel ab und berechnet für die zu dieser Auswahl gehörenden Wellen die Mittelwerte der Höhen (gemessen vom Kamm zum Tal) und der Perioden. Diese „kennzeichnenden“ Zustandsgrößen der Meereswellen liefern nicht nur eine exakte Aussage über den Seegang, sondern bieten zugleich eine geeignete Handhabe für die Wellenbeobachtung.

Während die „charakteristische“ Wellenhöhe geschätzt werden muß, kann die Periode mit der Stoppuhr bestimmt werden. Natürlich lassen sich insbesondere bei der Schätzung der Wellenhöhe gelegentlich Abweichungen von den tatsächlichen Verhältnissen nicht vermeiden. Es ist aber festgestellt worden, daß sich diese Fehler im Durchschnitt vieler Beobachtungen wieder nahezu aufheben. Mit solchen Durchschnittswerten wird hier größtenteils gearbeitet.

Die Feuerschiffs-Tagebücher enthalten Beobachtungen des „Seegangs“; es wurde also nicht nach Windsee und Dünung unterschieden. Eine solche Unterscheidung konnte daher auch bei der Bearbeitung des Materials nicht vorgenommen werden. Alle vorgelegten Ergebnisse beziehen sich also auf den Gesamtseegang. Es darf daher nicht außer acht gelassen werden, daß die Windsee zum Zeitpunkt der Beobachtung durch Dünung überlagert gewesen sein kann. Somit darf man

besonders bei schwächeren Winden nicht etwa eine Beziehung zwischen dem Wind und der von ihm durchschnittlich aufgeworfenen Windsee für eine bestimmte Windwirkstrecke ableiten. Was in den Darstellungen gebracht wird, sind statistische Angaben über den unter bestimmten Gegebenheiten im Mittel auftretenden Gesamt-Seegang unter Einschluß einer in einiger Entfernung möglicherweise entstandenen Dünung. Man unterschätze die Bedeutung der Dünung nicht: Selbst in einem kleinen, von Land engumschlossenen Meer, das frei von eigentlich langer Dünung ist, kann durch örtliche Unterschiede der Windrichtung und -stärke ein Überlagerungs-Seegang entstehen, dessen einer Teil als „Fremdsee“, also als Dünung, anzusehen ist. H. U. Roll hat sich in den Einzelveröffentlichungen Nr. 6 und Nr. 8 mit der gleichen Frage auseinandergesetzt und eindringlich darauf hingewiesen, daß ein solches Material die Ableitung physikalischer Zusammenhänge nicht zuläßt.

Die Angaben, die der statistischen Auswertung der Seegangsbeobachtungen zugrunde liegen, sind in einer Stufeneinteilung gegeben. Bei der Wellenhöhe umfaßt eine Stufe 50 cm, also z. B. Höhen zwischen $1\frac{1}{4}$ m und $1\frac{3}{4}$ m; der untersten Stufe gehören Wellenhöhen bis zu $\frac{1}{4}$ m an. Bei den Perioden wurden Angaben in ganzen Sekunden benutzt, d. h., daß beispielsweise die Stufe „2 sek“ alle Perioden zwischen $1\frac{1}{2}$ und $2\frac{1}{2}$ sek umfaßt.

III.

Die Bearbeitung der Beobachtungen und die Darstellung der Ergebnisse

Die Abb. 2 bis 5 enthalten die relativen (prozentualen) Häufigkeiten in Säulenform. Die Gesamtzahl der für das betreffende Schiff vorliegenden Beobachtungen wurde also gleich 100 % gesetzt und die sich für die einzelnen Stufen ergebenden Prozentanteile übereinander (Abb. 2 und 4) bzw. nebeneinander (Abb. 3 und 5) aufgezeichnet. Die in Abb. 2 und 4 neben den Säulen eingetragenen Summenzahlen ermöglichen eine leichte Ablesung hinsichtlich des Vorkommens von Wellen, deren Eigenschaften unterhalb bzw. oberhalb einer bestimmten Grenze liegen.

Die Zahl 88,5 in Abb. 4 bedeutet beispielsweise, daß am Feuerschiff „Kiel“ 88,5 % aller Wellen kürzer als 3,5 sek sind. Der Rest von 11,5 % war länger als 3,5 Sekunden.

Die Tabelle auf S. 13 bringt eine Aufstellung darüber, in welcher Weise Wellenhöhe und Wellenperiode miteinander kombiniert waren. Beispielsweise besaß am Feuerschiff „Flensburg“ ein Seegang der Höhenstufe 1,0 m in der deutlichen Mehrzahl der Fälle eine Periode der Stufe 3 sek. Die Promille-Zahlen beziehen sich auf die Gesamtzahl aller Beobachtungen eines Schiffes. Man beachte, daß die Angaben für die Wellenhöhe ein Intervall von 50 cm und für die Periode eine Spanne von 1 sek kennzeichnen. Das Zeichen 0 steht für einen Promille-Wert, der größer als Null und kleiner als 0,5 ist.

Die Abhängigkeit der Wellenhöhe und der Periode von der Windstärke wurde in Abb. 6 und 7 ohne Berücksichtigung der Seegangsrichtung zur Darstellung gebracht. Eingetragen wurden die zu einer bestimm-

ten Windstärke gehörenden Mittelwerte der Höhe bzw. der Periode. Die Zahl der Beobachtungen, die den einzelnen Mittelwerten zugrunde liegen, sind den eingetragenen Punkten beigefügt.

Wie die Karte Abb. 1 auf S. 9 zeigt, liegt jedes der drei Feuerschiffe verhältnismäßig dicht unter Land. Von besonderer Bedeutung für die Entwicklung des Seegangs am Schiff ist daher die Richtung, aus der der Wind weht. Um den Einfluß der Windrichtung (Länge der Windbahn, Fetch) zu berücksichtigen, wurden Richtungssektoren gebildet, innerhalb derer die Windwirkstrecken der gleichen Größenordnung angehören. Eine etwas gewaltsame Zusammenfassung ließ sich in einigen Fällen nicht vermeiden, wenn man die Aufgliederung der Unterlagen nicht noch wesentlich verstärken wollte.

An den Sektoren-Grenzen wurde die Zuordnung der Windrichtungen so durchgeführt wie in den folgenden Beispielen: 260—329°, 330—009°, 010—049°. Denkt man sich also die Richtungen im Sinne des Uhrzeigers angeordnet, so zählt die „Zehner-Richtung“ am „Sektorbeginn“ mit zum Bereich, während die Grenze am „Ende“ des Sektors schon zum „nächsten“ Richtungssektor gerechnet wird.

Für jede der Windstärken 4 bis 9 sind in den Abb. 8 bis 19 die arithmetischen Mittel, die häufigsten Werte und Maximalwerte sowohl der Wellenhöhe als auch der Periode unter Berücksichtigung der gewählten Richtungssektoren dargestellt worden. Die in kleinerer

Schrift eingetragene Zahl bezeichnet die Anzahl der Fälle, die der Angabe zugrunde liegen. Die Zahlen im kleinen Kreis (in der Mitte) beziehen sich auf die Gesamtheit der Beobachtungen bei der betreffenden Windstärke; sie fassen also sämtliche Richtungen zusammen.

Die Säulen in Abb. 20 und 21 beziehen sich auf den Richtungssektor, in dessen Mitte sie eingesetzt sind. Ihre Länge kennzeichnet die prozentuale Häufigkeit, mit der zur Zeit der Seegangsbeobachtung ein Wind aus Richtungen des betreffenden Sektors an dem bezeichneten Schiff auftrat. In Zahlenform ist sie außerdem am Ende der Säulen zu finden.

Man muß sich darüber im klaren sein, daß diese Größen nicht nur von der Häufigkeit des Windes aus den betreffenden Himmelsrichtungen abhängig sind, sondern auch von der Breite des Sektors. Die Länge der Säulen gibt also kein absolutes Maß für das Vorkommen des Seegangs bei Wind aus der aufgezeichneten Richtung. Das Schwergewicht der Aussage liegt vielmehr darauf, daß innerhalb eines Sektors die Windbahnen etwa gleich lang sind und entsprechend von Winden ein und derselben Stärke ein etwa gleichartiger Seegang erzeugt wird.

Will man die Häufigkeit der am Seegang beteiligten Windrichtungen deutlicher herausstellen, so kann man die Breite des Sektors eliminieren. Dies ist dadurch geschehen, daß die Ergebnisse der Abb. 20 und 21 für jeden Richtungssektor auf einen „Einheitssektor“ von 10° bezogen wurden. Man erhält dann Abb. 22 und 23. Die Länge der Säulen und die Zahl am Ende jeder Säule bezeichnen die prozentuale Häufigkeit, mit welcher der Wind aus einem 10° -Abschnitt der einzelnen Richtungssektoren geweht hat. Bei dieser Häufigkeit handelt es sich also um einen Durchschnittswert für alle 10° -Abschnitte des betreffenden Richtungssektors.

In den Abb. 20 bis 23 ist das Feld jeder Säule nach Stufen der Wellenhöhe bzw. -periode aufgeteilt. Die Längen der Unterabschnitte auf den Säulen und die nebenstehenden Zahlen geben den prozentualen Anteil der einzelnen Stufen an der Gesamtzahl der Beobachtungen des betreffenden Schiffes wieder.

Um die Übersicht über die Darstellungen im Teil V zu erleichtern, wurden den Diagrammen für Wellenhöhe und Wellenperiode in Anlehnung an die Einzelveröffentlichung Nr. 8 verschiedene Farben beigegeben, nämlich

Wellenperiode: gelb
Wellenhöhe: blau

In Anlehnung an die Einzelveröffentlichung Nr. 8 werden im Teil Vc Diagramme gebracht, aus denen abgelesen werden kann, in welchem Zusammenhang Wellenhöhe und Periode an den drei Feuerschiffen bei verschiedenen Windstärken und in den gewählten Richtungssektoren miteinander stehen. Die Zahlen in den Feldern geben Häufigkeiten in Promille wieder, die auf die Gesamtzahl der Beobachtungen bei der betreffenden Windstärke an dem genannten Feuerschiff bezogen sind.

Da die sogenannte „Klassische Beziehung“ zwischen Wellenperiode und Wellenlänge bei den in der westlichen Ostsee größtenteils geringen Wassertiefen nicht ohne weiteres verwendbar ist, wurde auf die Beifügung von Angaben über die Wellenlänge und die davon abhängige Steilheit verzichtet.

In den Diagrammen für die kombinierte Darstellung der Häufigkeit von Wellenhöhe und Wellenperiode (Abschn. Vc) sind Häufigkeitszahlen von 50 bis 99 % durch eine rote Umrandung, solche von mehr als 100 % durch einen roten Überdruck hervorgehoben.

IV.

Einige Bemerkungen zu den Ergebnissen

a) Vergleichende Betrachtung

In den Abb. 2 bis 7 ist die statistische Verteilung der Seegangseigenschaften ohne Berücksichtigung der Windrichtung dargestellt worden. Es zeigt sich, daß Wellenhöhen zwischen $\frac{1}{4}$ und $\frac{3}{4}$ m (mit 0,5 bezeichnet) bei allen drei Feuerschiffen bei weitem am häufigsten auftreten. Daß beim Feuerschiff „Fehmarnbelt“ der Anteil der sehr niedrigen Wellen ($< \frac{1}{4}$ m) kleiner und der Anteil verhältnismäßig hohen Seegangs (1 m und mehr) größer als bei den beiden anderen Schiffen ist, hängt mit der im ganzen wesentlich freieren Lage der Ankerstation im Fehmarnbelt zusammen.

Ebenso kommen dort die etwas längeren Perioden von 4 und 5 sek öfter vor als an den Stationen „Kiel“ und „Flensburg“. Auffällig ist die äußerst geringe Häufigkeit von Wellen mit der Periode 1 sek am Feuerschiff „Fehmarnbelt“.

Daß der Seegang bei ein und derselben Windstärke im Fehmarnbelt durchschnittlich höher und länger ist als bei den anderen Feuerschiffspositionen, entnimmt man auch den Abb. 6 und 7. Zu diesen Darstellungen ist zu bemerken, daß die rechts von dem senkrechten Doppelstrich eingezeichneten Kurven nicht als endgültig betrachtet werden können. Wegen der sehr geringen Zahl der vorliegenden Beobachtungen sind die

Durchschnittswerte nicht frei vom Einfluß der Streuung, die durch die unterschiedliche Länge der Windbahnen bei verschiedener Windrichtung bedingt ist. Daß die Kurven bei Windstille nicht den Wert Null der Höhe bzw. der Periode annehmen, geht auf den Einfluß der Dünnung zurück. Er macht sich besonders bei der Periode stark bemerkbar.

Vergleicht man die in Abb. 2 bis 7 dargestellten Ergebnisse mit denen der Feuerschiffe in der Deutschen Bucht, so findet man, daß die höheren Wellen in der westlichen Ostsee überall seltener sind als in der südlichen Nordsee. Selbst „Elbe 1“, das nur etwa 15 sm von der Küste entfernt ist, beobachtete in rund 41 % der Fälle Wellenhöhen von $\frac{3}{4}$ m und mehr, während F. S. „Fehmarnbelt“ nur auf etwa 29 % kommt. Dieser Unterschied ist nicht nur auf die in vielen Richtungen geringere Länge der Windbahnen, sondern zum Teil auch darauf zurückzuführen, daß die Winde in der Ostsee durchschnittlich etwas schwächer sind.

b) Einfluß der Stationslage zur Küste

Bei der Aufgliederung des Materials nach Richtungssektoren in Abb. 8 bis 19 zeigt sich insbesondere bei den größeren Windstärken der Einfluß der Windwindlängen (Windbahnen). Betrachten wir als Beispiel die

Abb. 14, in der die statistischen Größen für die Wellenhöhe bei Windstärke 7 dargestellt sind: Am Feuerschiff „Flensburg“ haben die Meereswellen nur von Osten und Südosten freie Anlaufwege. Mittelwert, häufigster Wert und Höchstwert sprechen sämtlich auf diese Gegebenheit an. Im Norden und Nordosten ist die Küste nur wenige Seemeilen entfernt. Dementsprechend ist die mittlere Wellenhöhe bei Winden aus diesen Richtungen verhältnismäßig niedrig. Die Zahlen für das Feuerschiff „Kiel“ sprechen deutlich auf den Umstand an, daß dort die nördlichen und östlichen Sektoren offen gegen die freie See sind. Am Feuerschiff „Fehmarnbelt“ zeigt sich der Einfluß der Windwirklänge bei Windstärke 7 auffälligerweise weniger deutlich; bei den Windstärken 6 und 8 (Abb. 12 und 16) tritt er deutlicher hervor. — Eine ähnliche Abhängigkeit des Seegangs von der Richtung bzw. der Länge der Windbahn findet man bei den Wellenperioden.

Für hohe Windstärken liegen leider nur wenige Beobachtungen vor. Man muß damit rechnen, daß die hier angegebenen Größen keineswegs endgültige Werte sind, sondern sich bei Vorliegen einer größeren Anzahl von Beobachtungen noch wesentlich ändern können.

Auf eine Darstellung der Seegangseigenschaften bei schwächeren Winden wurde verzichtet, weil die Windwirklängen dann keine große Bedeutung besitzen. Außerdem tritt in solchen Fällen die Dünung stärker überlagernd in Erscheinung.

Auch die Häufigkeitsverteilung der Seegangseigenschaften innerhalb der Richtungssektoren (Abb. 20 u. 21) spiegelt den Einfluß der freien Seestrecke wider. Die Länge der einzelnen Säulen ist nicht nur — wie bereits erwähnt — davon abhängig, wie oft Seegang mit Wind aus den angegebenen Richtungen auftrat, sondern auch von der Breite des Sektors.

Schaltet man den Einfluß der Sektorenbreite aus, so erhält man Abb. 22 und 23. Sie geben aus allen Seegangs-Beobachtungen jedes Schiffes die prozentualen, zeitlichen Anteile, in denen gleichzeitig der Wind aus den Richtungen des betreffenden Sektors geweht hat. Entsprechend dem Überwiegen südwestlicher Winde kommt Seegang aus südwestlichen Richtungen bei allen drei Feuerschiffen am häufigsten vor. Die Größe der Unterabschnitte auf den einzelnen Säulen ist von der Länge der Windbahn und von der Häufigkeitsverteilung der Windstärken im betreffenden Richtungssektor abhängig.

c) Die Beziehungen zwischen der Wellenhöhe und der Wellenperiode

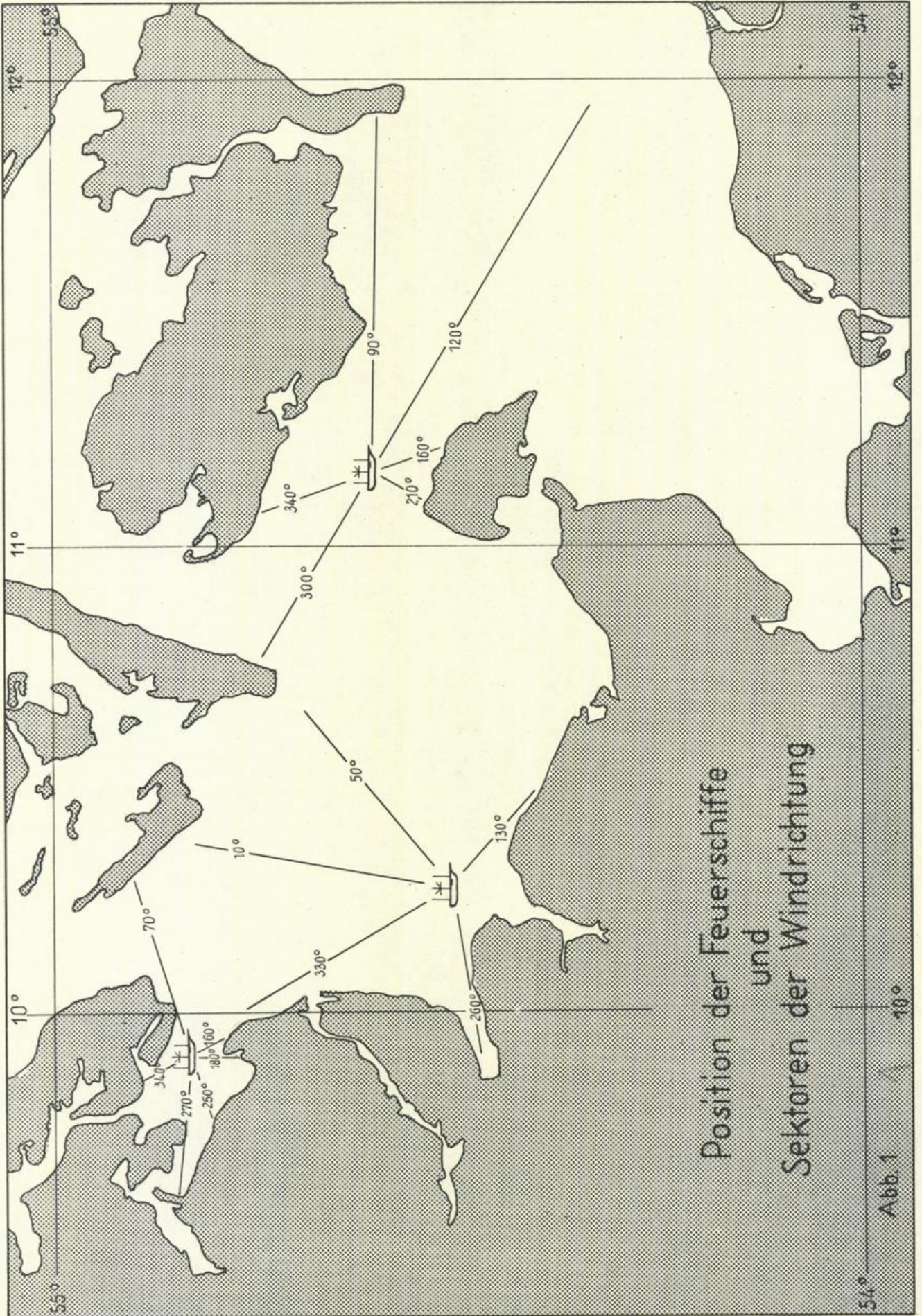
In tiefem Wasser geht das mit „Steilheit“ bezeichnete Verhältnis zwischen Wellenhöhe und Wellenlänge selbst bei einer jungen Windsee über den Wert 1:7 nicht hinaus. Bei Ansatz der „klassischen“ Umrechnungsformel $L = 1,56 \times P^2$ (Länge L in Meter, Periode P in Sekunden) erhält man als entsprechende Beziehung zwischen Wellenhöhe und Wellenperiode 1:2,1. Je mehr sich die Windsee dem „ausgereiften“ Zustand nähert und je größer die Windstärken dabei sind, um so kleiner wird die Steilheit bzw. das Verhältnis Wellenhöhe/Wellenperiode. Eine ältere Dünung pflegt auf tiefem Wasser aus besonders flachen Wellen zu bestehen.

Der Aufstellung auf S. 13 entnimmt man, daß ein Seegang der Wellenhöhenstufe 0,5 m in der bedeutenden Mehrzahl der Fälle eine Periode der Stufe 2 oder 3 sek besaß. Daraus ergibt sich für das Verhältnis Wellenhöhe/Wellenperiode eine Größe von annähernd 1:5. Die meisten Wellen der kennzeichnenden Höhe $\frac{3}{4}$ bis $1\frac{1}{4}$ m (Stufe 1,0) hatten eine Periode um 3 sek, während für Seegang der Höhenstufe 1,5 m größtenteils Perioden um 4 sek beobachtet wurden. Bildet man das Verhältnis Wellenhöhe/Wellenperiode, so ergibt sich folgende Gegenüberstellung:

Wellenhöhe	Häufigste Periode	Wellenhöhe/Wellenperiode
0,5 m	2,5 sek	1:5
1,0 m	3 sek	1:3
1,5 m	4 sek	1:2,7

An den Ostseefeuerschiffen war das Verhältnis Wellenhöhe/Wellenperiode und somit also auch die Steilheit um so größer, je höher der Seegang war. Dieses Ergebnis ist sehr auffällig. Es ist größtenteils darauf zurückzuführen, daß die Dünung bei schwachen Winden einen größeren Einfluß auf den Gesamtseegang ausübt als bei stärkerem Wind. Hinzu kommt, daß die Windsee bei geringer Windstärke schneller und also auch häufiger den Zustand der „Reife“ erreicht als bei größerer Windgeschwindigkeit.

Vergleicht man mit den Seegangsverhältnissen in der südlichen Nordsee (Einzelveröffentlichung Nr. 8), so findet man bei allen bearbeiteten Feuerschiffen eine wesentlich geringere Steilheit. Das bedeutet u. a., daß dort der Anteil der Dünung am Gesamtseegang größer ist als in der verhältnismäßig engräumigen westlichen Ostsee.



Position der Feuerschiffe
und
Sektoren der Windrichtung

Abb. 1

V.

Die Ergebnisse in statistischen Darstellungen

- a) **Zusammenfassende Darstellungen ohne Berücksichtigung der Richtung
und der Stärke des Windes**

Wellenhöhe

a) Relative Häufigkeit und Häufigkeitssumme

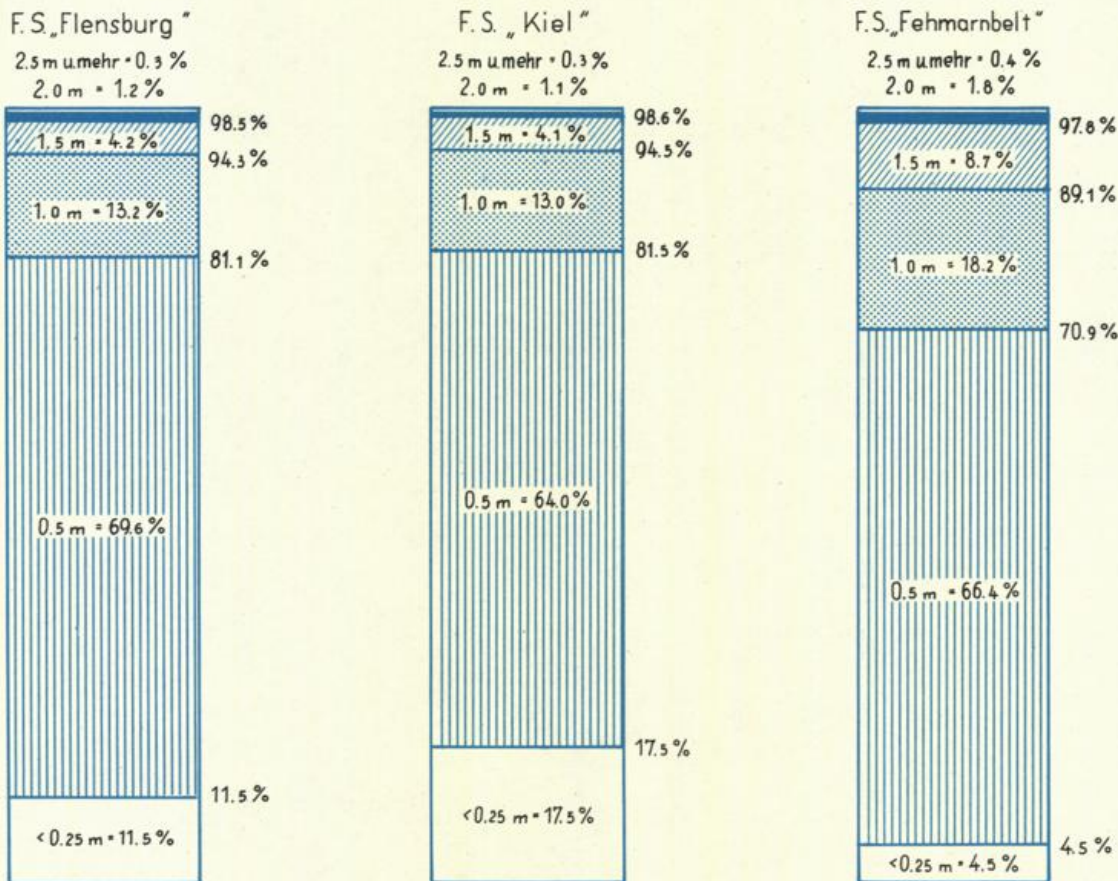


Abb. 2

b) Vergleich der relativen Häufigkeit der drei Feuerschiffe untereinander

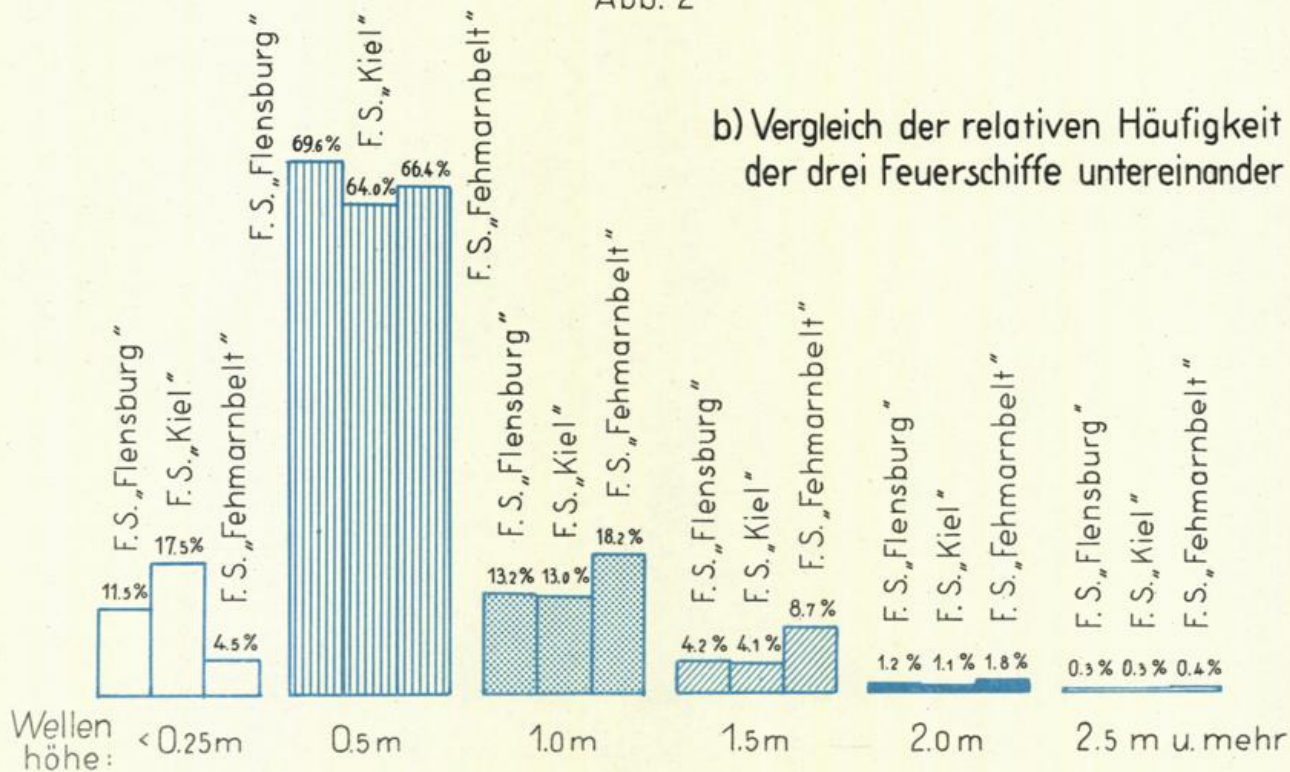


Abb. 3

Wellenperiode

a) Relative Häufigkeit und Häufigkeitssumme

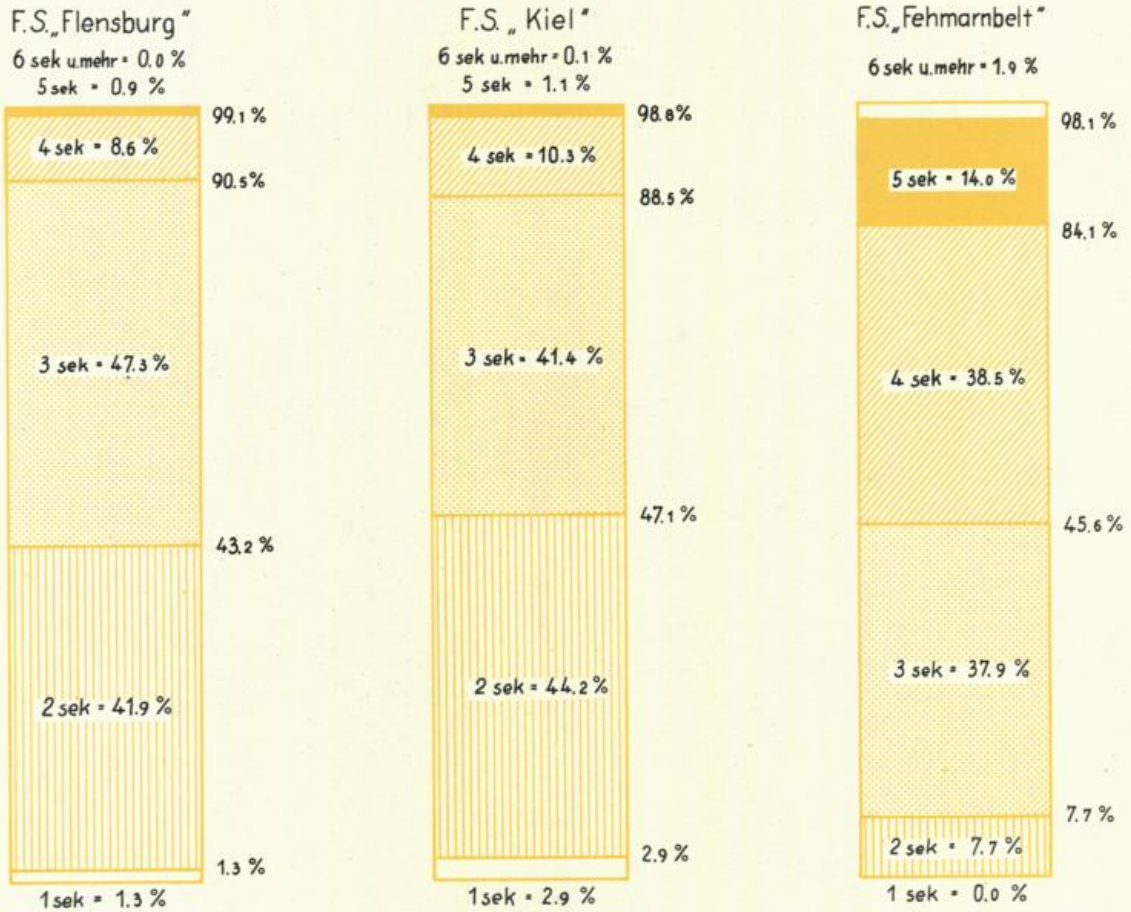


Abb. 4

b) Vergleich der relativen Häufigkeit der drei Feuerschiffe untereinander

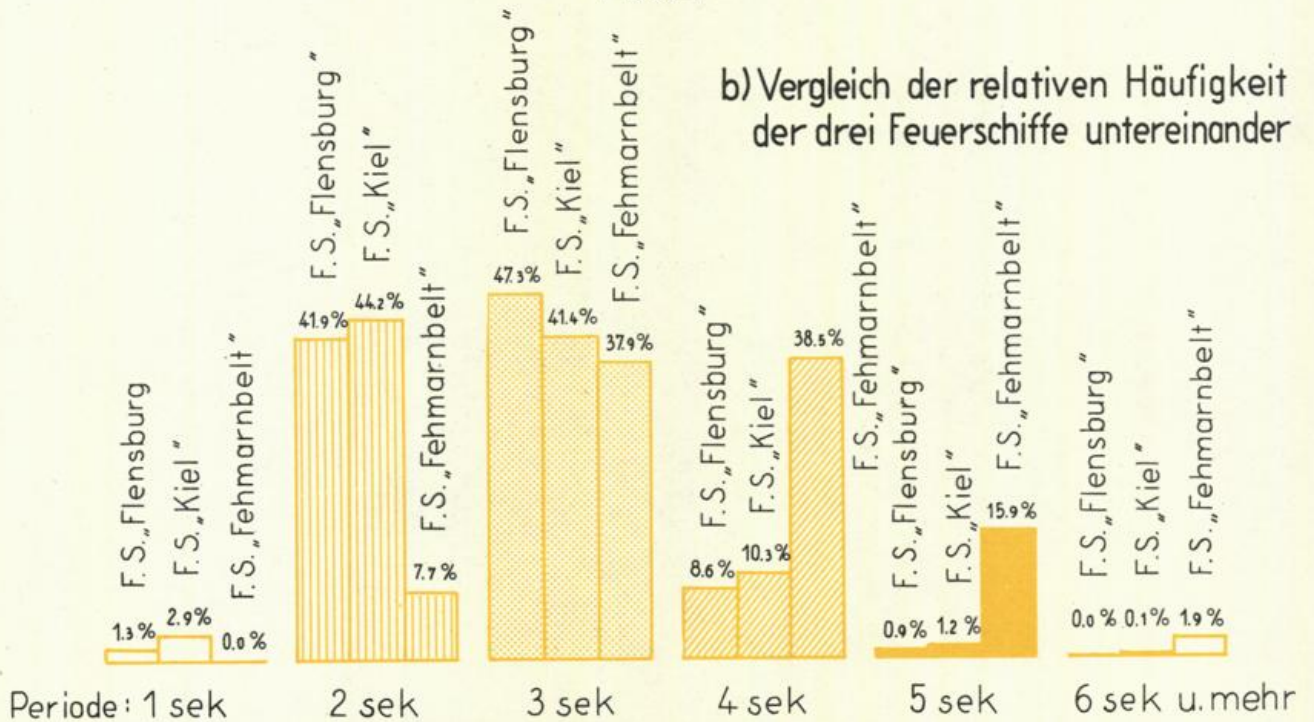


Abb. 5

Wellenhöhe und Wellenperiode

Relative Häufigkeit ihrer Kombinationen in ‰ aller Beobachtungen eines Schiffes unabhängig von Windrichtung und Windstärke

0: < 0.5 ‰, aber > 0

Wellenperiode sek	ohne Angabe	1	2	3	4	5	6	7	>7	Summe
Feuerschiff „Flensburg“										
Wellenhöhe m										
< 0.25	10	7	71	26	1					115
0.5	0	6	333	341	15	1		0	0	696
1.0			9	85	36	2	0			132
1.5			1	14	26	1				42
2.0				2	6	4	0			12
2.5			0	0	1	1			0	2
3.0					0	1				1
4.0					0					0
Summe	10	13	414	468	85	10	0	0	0	Anzahl der Beobachtungen 6814
Feuerschiff „Kiel“										
< 0.25	6	25	119	23	2					175
0.5	9	4	314	296	18	0	0			641
1.0	2		2	79	44	3	0			130
1.5	1		0	7	29	3	0			40
2.0			0	1	7	3	1			12
2.5					1	1	0			2
3.0				0		0	0			0
3.5						0	0			0
Summe	18	29	435	406	101	10	1			Anzahl der Beobachtungen 9110
Feuerschiff „Fehmarnbelt“										
< 0.25	5	0	11	17	10	2				45
0.5		0	66	338	230	30	1	0		665
1.0			0	18	115	43	4	1	1	182
1.5			0	3	25	52	6	0	0	86
2.0				0	3	11	4	0	0	18
2.5					0	1	1	1	0	3
3.0				1		0	0		0	1
Summe	5	0	77	377	383	139	16	2	1	Anzahl der Beobachtungen 10823

**b) Die Seegangseigenschaften als Abhängige von der Richtung
und der Stärke des Windes**

1. Mittelwerte der Wellengrößen bei verschiedenen Windstärken

Wellenhöhe

Mittelwerte (in m) bei den verschiedenen Windstärken

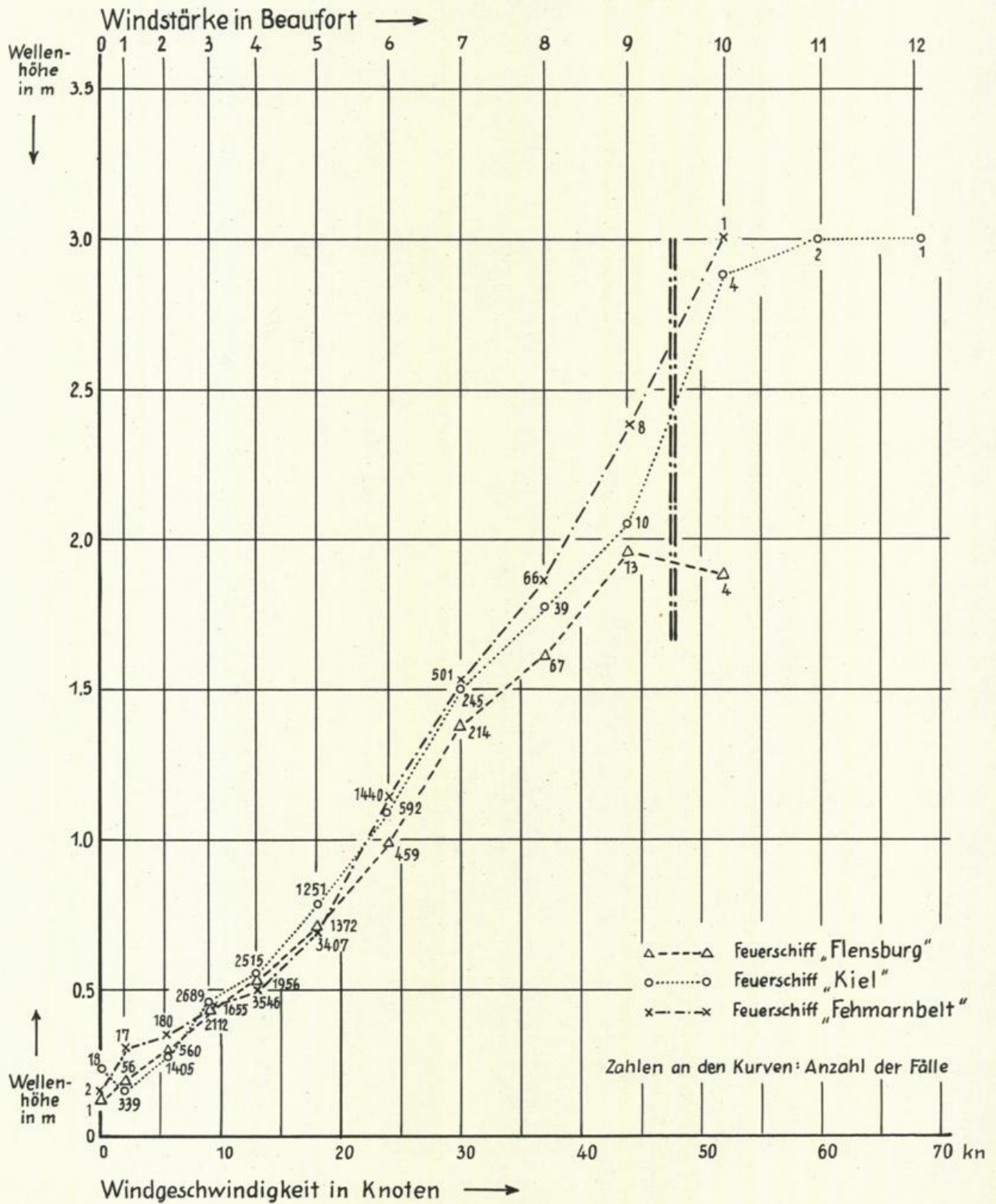


Abb. 6

Wellenperiode

Mittelwerte (in sek) bei den verschiedenen Windstärken

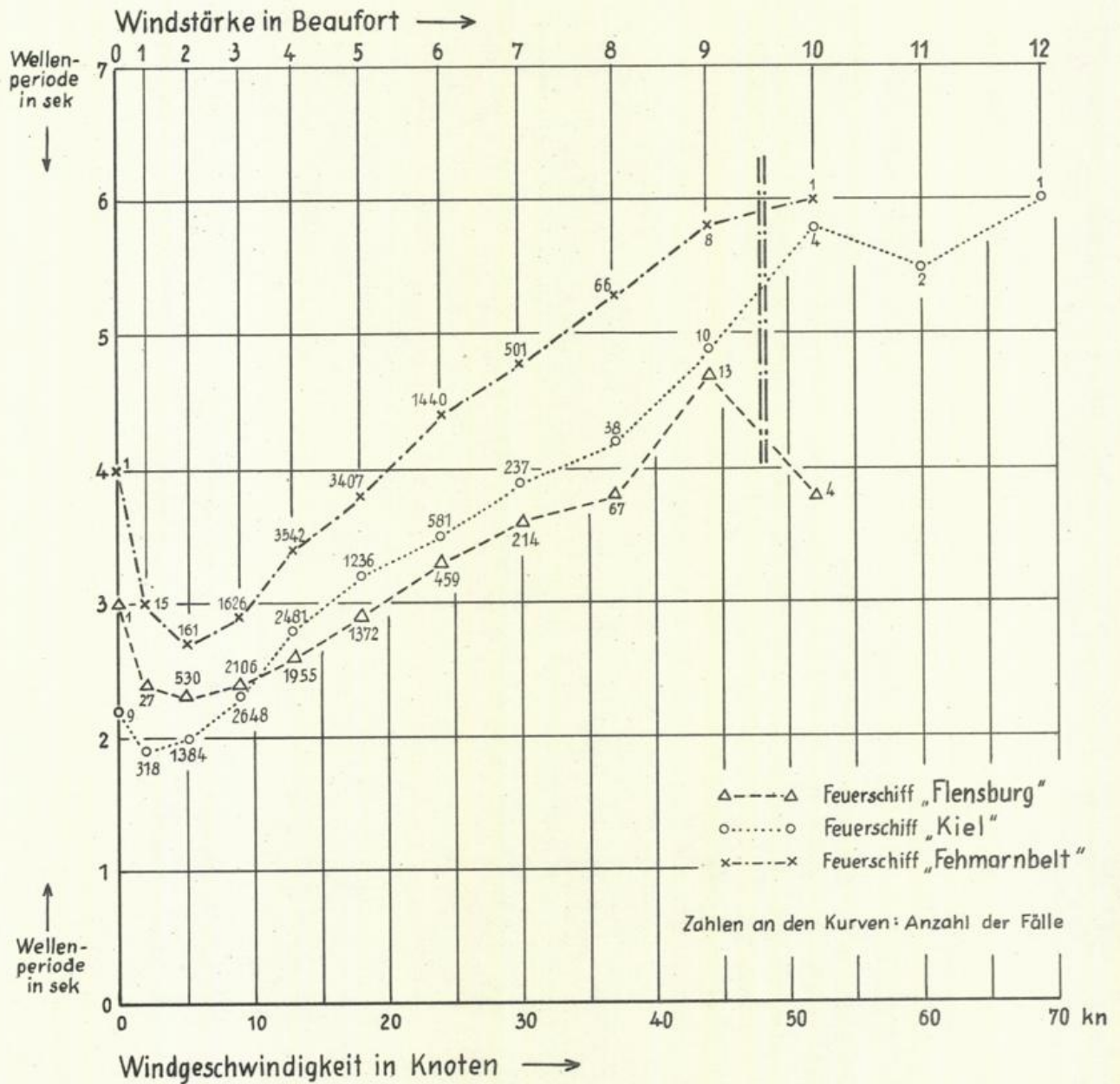


Abb. 7

**2. Mittlere, häufigste und höchste Werte der Wellenhöhe und Wellenperiode
bei verschiedenen Windrichtungen und den Windstärken 4-9**

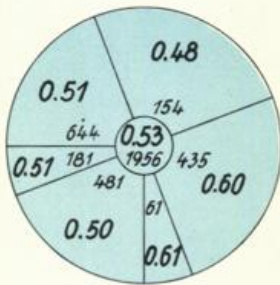
Wellenhöhe

Windstärke 4

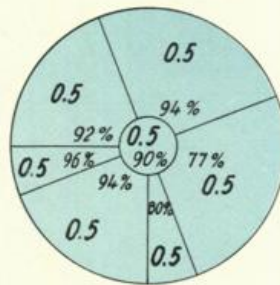
Bedeutung der kleinen Zahlen a) bei den „Mittelwerten“ und den „höchsten Werten“: Anzahl der Fälle
 b) bei den „häufigsten Werten“: Relative Häufigkeit in % der Anzahl der Fälle des Sektors bei dieser Windstärke.

Bedeutung der Zahlen im Zentrum der Kreise: Ergebnis aus den Werten aller Richtungen zusammen.

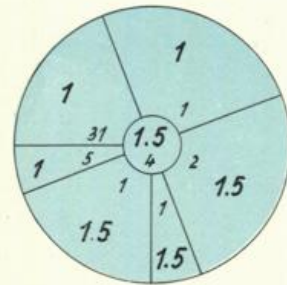
Feuerschiff „Flensburg“



Mittelwert
(m)

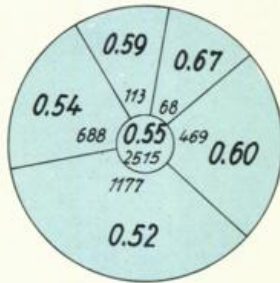


häufigster Wert
(m)

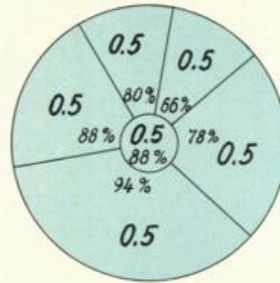


höchster Wert
(m)

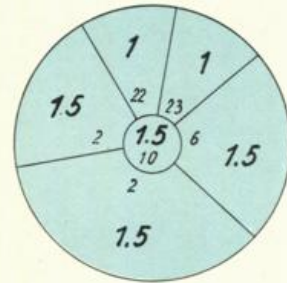
Feuerschiff „Kiel“



Mittelwert
(m)

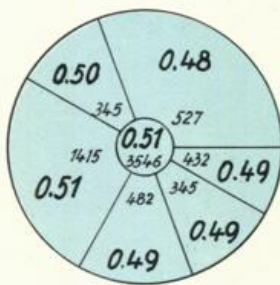


häufigster Wert
(m)

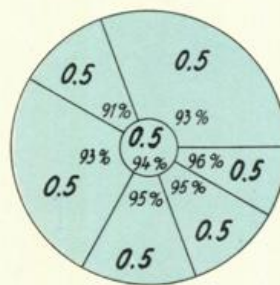


höchster Wert
(m)

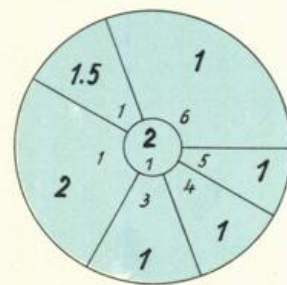
Feuerschiff „Fehmarnbelt“



Mittelwert
(m)



häufigster Wert
(m)



höchster Wert
(m)

Abb. 8

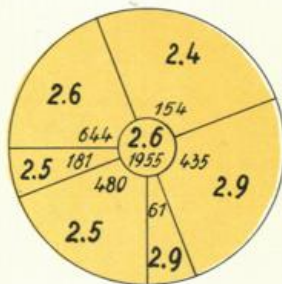
Wellenperiode

Windstärke 4

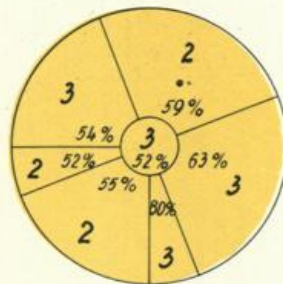
Bedeutung der kleinen Zahlen a) bei den „Mittelwerten“ und den „höchsten Werten“: Anzahl der Fälle
 b) bei den „häufigsten Werten“: Relative Häufigkeit in % der Anzahl der Fälle des Sektors bei dieser Windstärke.

Bedeutung der Zahlen im Zentrum der Kreise: Ergebnis aus den Werten aller Richtungen zusammen.

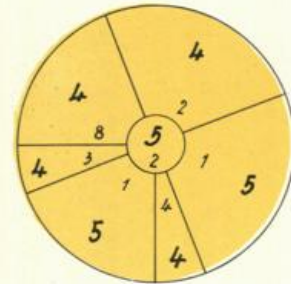
Feuerschiff „Flensburg“



Mittelwert (m)

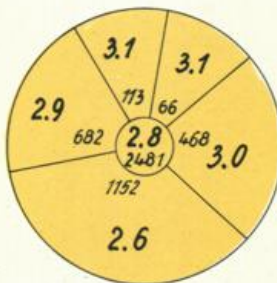


häufigster Wert (m)

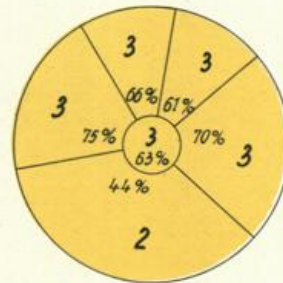


höchster Wert (m)

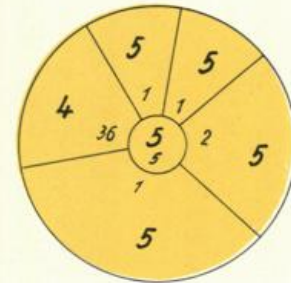
Feuerschiff „Kiel“



Mittelwert (m)

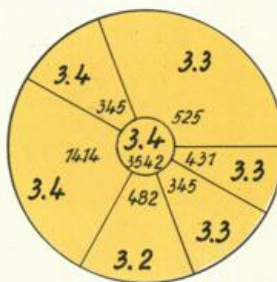


häufigster Wert (m)

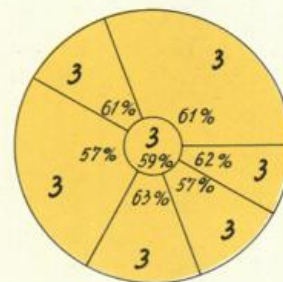


höchster Wert (m)

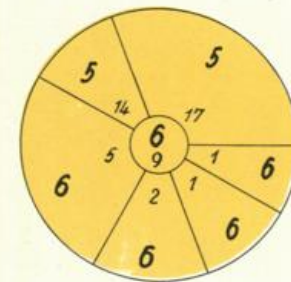
Feuerschiff „Fehmarnbelt“



Mittelwert (m)



häufigster Wert (m)



höchster Wert (m)

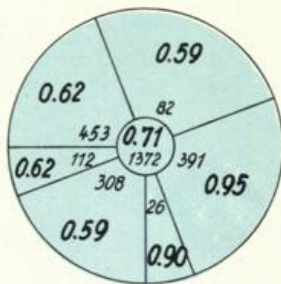
Wellenhöhe

Windstärke 5

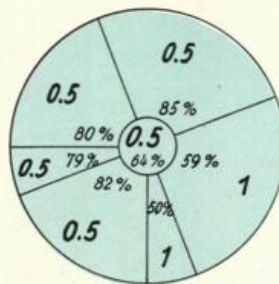
Bedeutung der kleinen Zahlen a) bei den „Mittelwerten“ und den „höchsten Werten“: Anzahl der Fälle
 b) bei den „häufigsten Werten“: Relative Häufigkeit in % der Anzahl der Fälle des Sektors bei dieser Windstärke.

Bedeutung der Zahlen im Zentrum der Kreise: Ergebnis aus den Werten aller Richtungen zusammen.

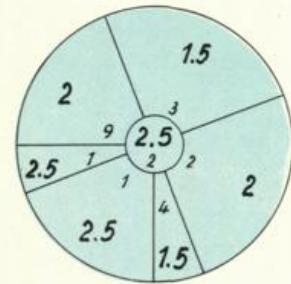
Feuerschiff „Flensburg“



Mittelwert
(m)

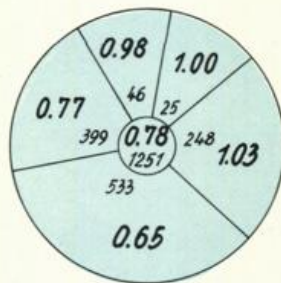


häufigster Wert
(m)

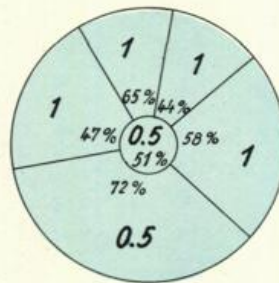


höchster Wert
(m)

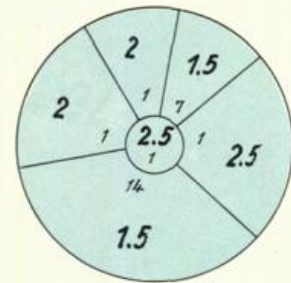
Feuerschiff „Kiel“



Mittelwert
(m)

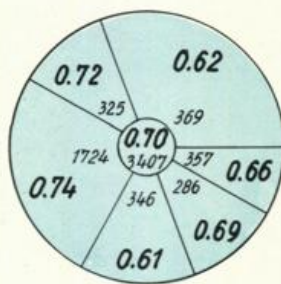


häufigster Wert
(m)

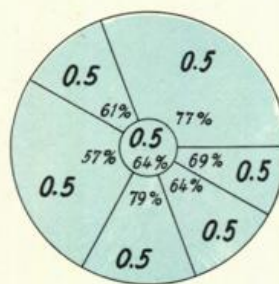


höchster Wert
(m)

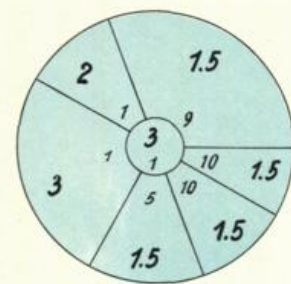
Feuerschiff „Fehmarnbelt“



Mittelwert
(m)



häufigster Wert
(m)



höchster Wert
(m)

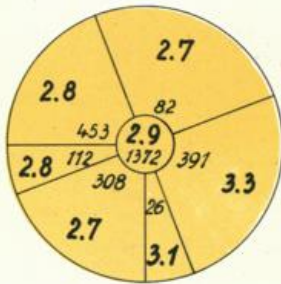
Wellenperiode

Windstärke 5

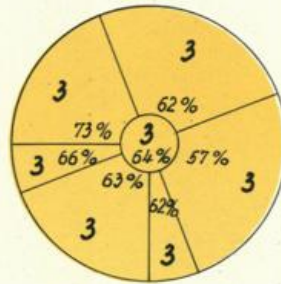
Bedeutung der kleinen Zahlen a) bei den „Mittelwerten“ und den „höchsten Werten“: Anzahl der Fälle
 b) bei den „häufigsten Werten“: Relative Häufigkeit in % der Anzahl der Fälle des Sektors bei dieser Windstärke.

Bedeutung der Zahlen im Zentrum der Kreise: Ergebnis aus den Werten aller Richtungen zusammen.

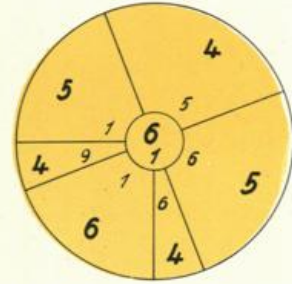
Feuerschiff „Flensburg“



Mittelwert (m)

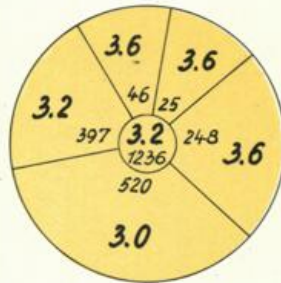


häufigster Wert (m)

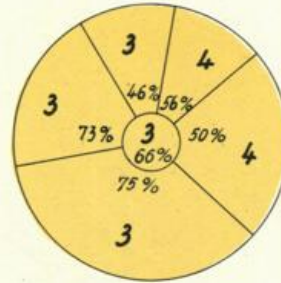


höchster Wert (m)

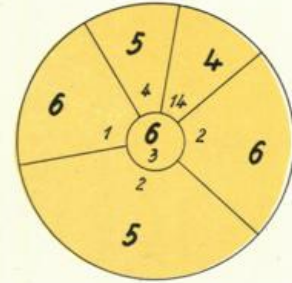
Feuerschiff „Kiel“



Mittelwert (m)

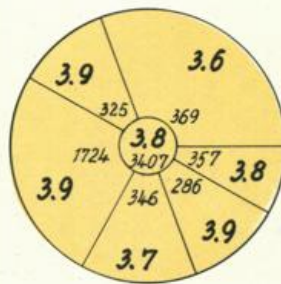


häufigster Wert (m)

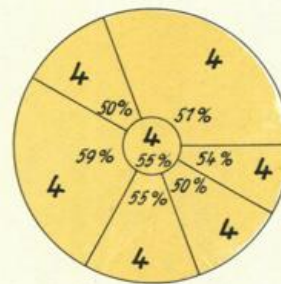


höchster Wert (m)

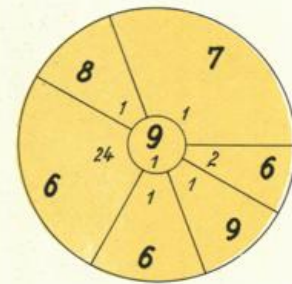
Feuerschiff „Fehmarnbelt“



Mittelwert (m)



häufigster Wert (m)



höchster Wert (m)

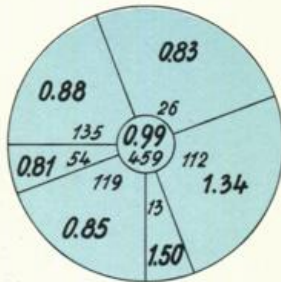
Wellenhöhe

Windstärke 6

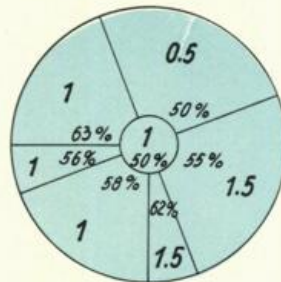
Bedeutung der kleinen Zahlen a) bei den „Mittelwerten“ und den „höchsten Werten“: Anzahl der Fälle
 b) bei den „häufigsten Werten“: Relative Häufigkeit in % der Anzahl der Fälle des Sektors bei dieser Windstärke.

Bedeutung der Zahlen im Zentrum der Kreise: Ergebnis aus den Werten aller Richtungen zusammen.

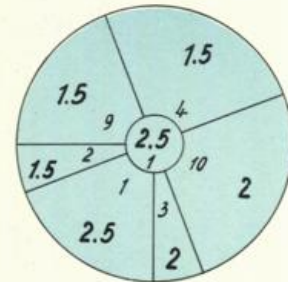
Feuerschiff „Flensburg“



Mittelwert
(m)

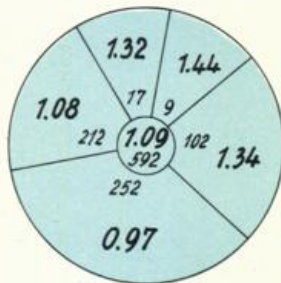


häufigster Wert
(m)

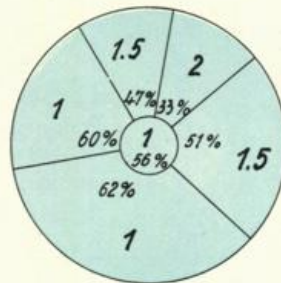


höchster Wert
(m)

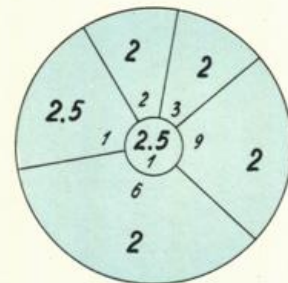
Feuerschiff „Kiel“



Mittelwert
(m)

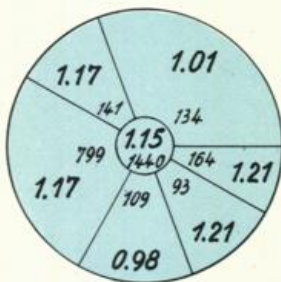


häufigster Wert
(m)

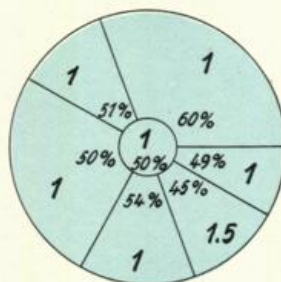


höchster Wert
(m)

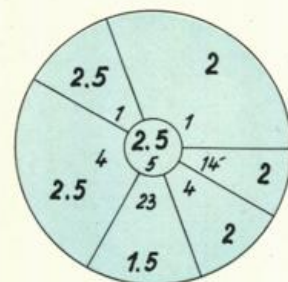
Feuerschiff „Fehmarnbelt“



Mittelwert
(m)



häufigster Wert
(m)



höchster Wert
(m)

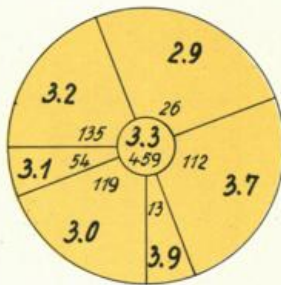
Wellenperiode

Windstärke 6

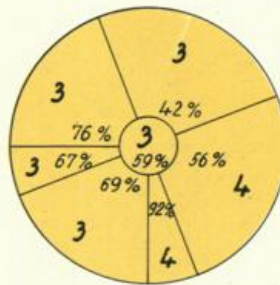
Bedeutung der kleinen Zahlen a) bei den „Mittelwerten“ und den „höchsten Werten“: Anzahl der Fälle
 b) bei den „häufigsten Werten“: Relative Häufigkeit in % der Anzahl der Fälle des Sektors bei dieser Windstärke.

Bedeutung der Zahlen im Zentrum der Kreise: Ergebnis aus den Werten aller Richtungen zusammen.

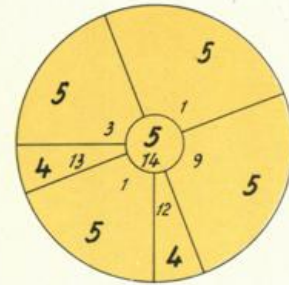
Feuerschiff „Flensburg“



Mittelwert (m)

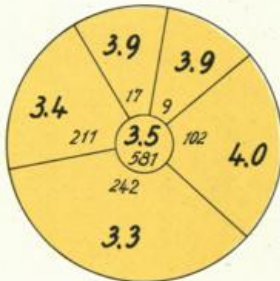


häufigster Wert (m)

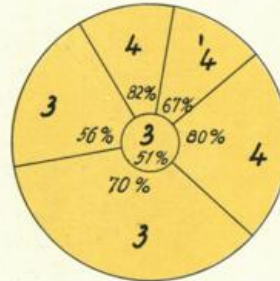


höchster Wert (m)

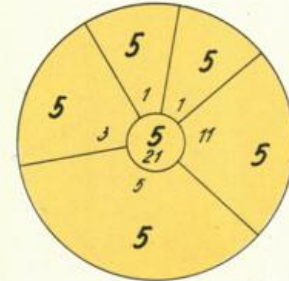
Feuerschiff „Kiel“



Mittelwert (m)

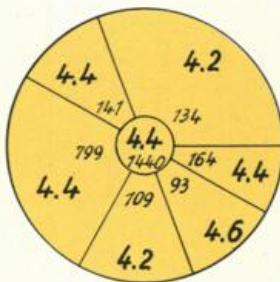


häufigster Wert (m)

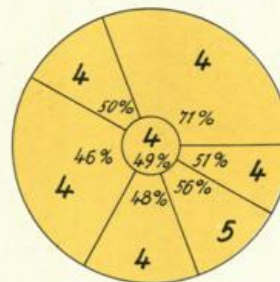


höchster Wert (m)

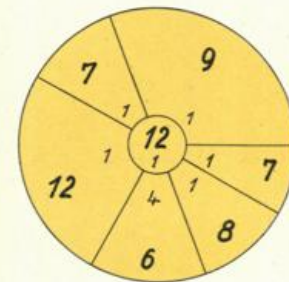
Feuerschiff „Fehmarnbelt“



Mittelwert (m)



häufigster Wert (m)



höchster Wert (m)

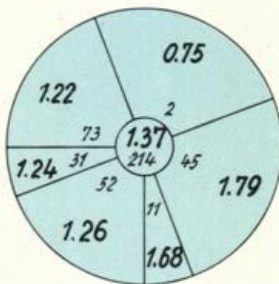
Wellenhöhe

Windstärke 7

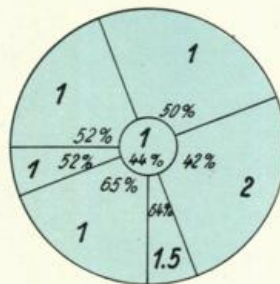
Bedeutung der kleinen Zahlen a) bei den „Mittelwerten“ und den „höchsten Werten“: Anzahl der Fälle
 b) bei den „häufigsten Werten“: Relative Häufigkeit in % der Anzahl der Fälle des Sektors bei dieser Windstärke.

Bedeutung der Zahlen im Zentrum der Kreise: Ergebnis aus den Werten aller Richtungen zusammen.

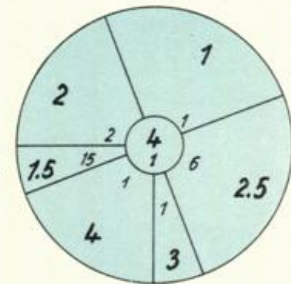
Feuerschiff „Flensburg“



Mittelwert
(m)

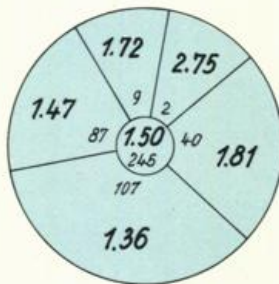


häufigster Wert
(m)

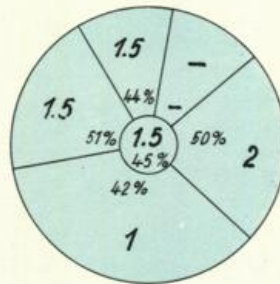


höchster Wert
(m)

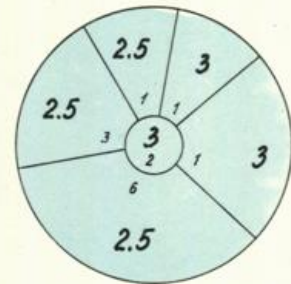
Feuerschiff „Kiel“



Mittelwert
(m)

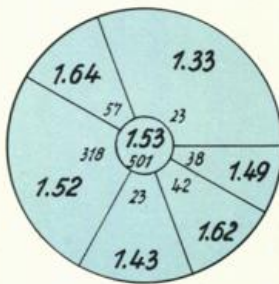


häufigster Wert
(m)

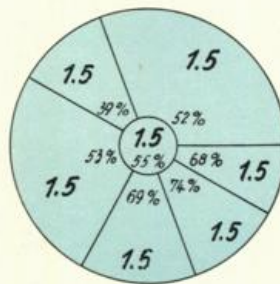


höchster Wert
(m)

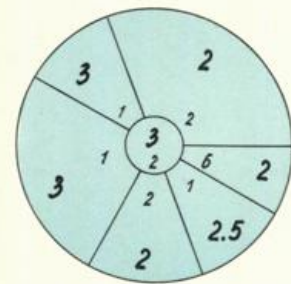
Feuerschiff „Fehmarnbelt“



Mittelwert
(m)



häufigster Wert
(m)



höchster Wert
(m)

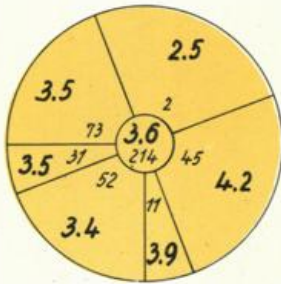
Wellenperiode

Windstärke 7

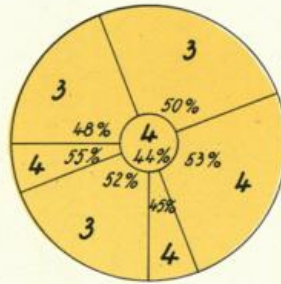
Bedeutung der kleinen Zahlen a) bei den „Mittelwerten“ und den „höchsten Werten“: Anzahl der Fälle
 b) bei den „häufigsten Werten“: Relative Häufigkeit in % der Anzahl der Fälle des Sektors bei dieser Windstärke.

Bedeutung der Zahlen im Zentrum der Kreise: Ergebnis aus den Werten aller Richtungen zusammen.

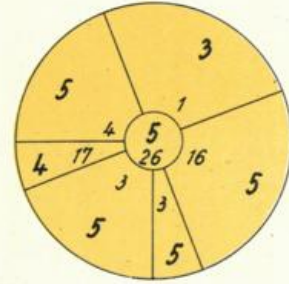
Feuerschiff „Flensburg“



Mittelwert (m)

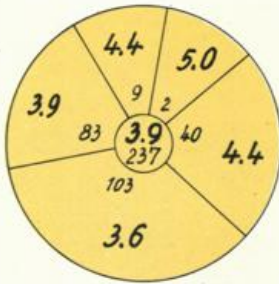


häufigster Wert (m)

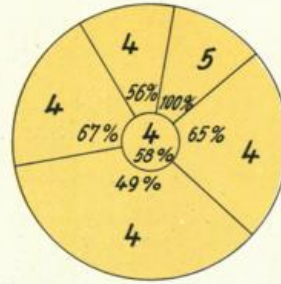


höchster Wert (m)

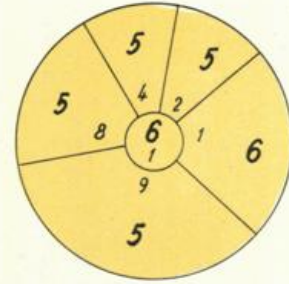
Feuerschiff „Kiel“



Mittelwert (m)

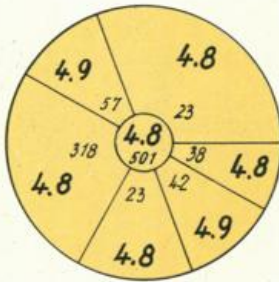


häufigster Wert (m)

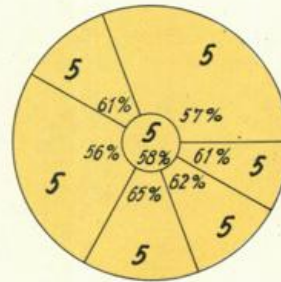


höchster Wert (m)

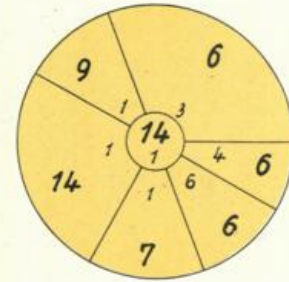
Feuerschiff „Fehmarnbelt“



Mittelwert (m)



häufigster Wert (m)



höchster Wert (m)

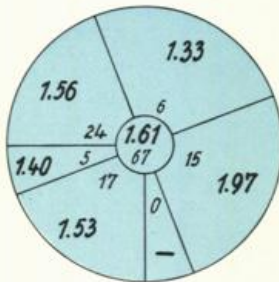
Wellenhöhe

Windstärke 8

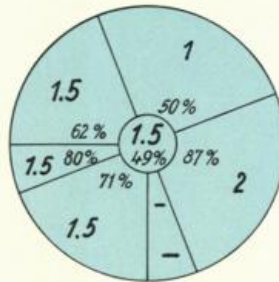
Bedeutung der kleinen Zahlen a) bei den „Mittelwerten“ und den „höchsten Werten“: Anzahl der Fälle
 b) bei den „häufigsten Werten“: Relative Häufigkeit in % der Anzahl der Fälle des Sektors bei dieser Windstärke.

Bedeutung der Zahlen im Zentrum der Kreise: Ergebnis aus den Werten aller Richtungen zusammen.

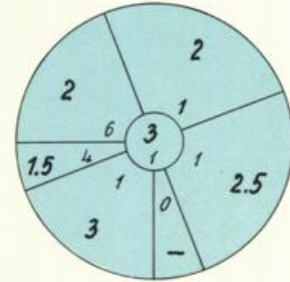
Feuerschiff „Flensburg“



Mittelwert
(m)

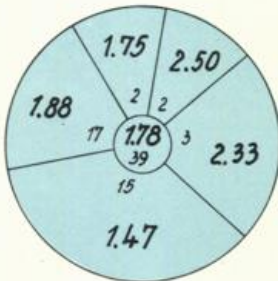


häufigster Wert
(m)

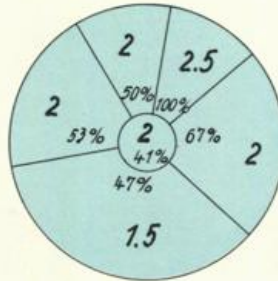


höchster Wert
(m)

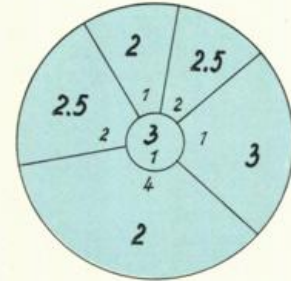
Feuerschiff „Kiel“



Mittelwert
(m)

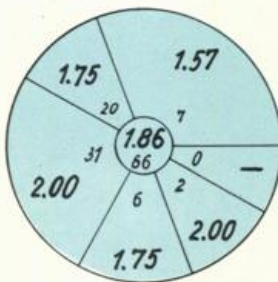


häufigster Wert
(m)

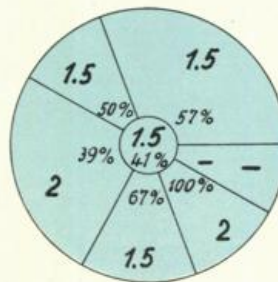


höchster Wert
(m)

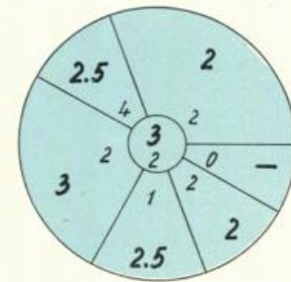
Feuerschiff „Fehmarnbelt“



Mittelwert
(m)



häufigster Wert
(m)



höchster Wert
(m)

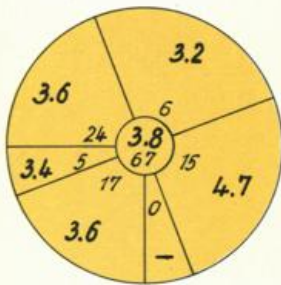
Wellenperiode

Windstärke 8

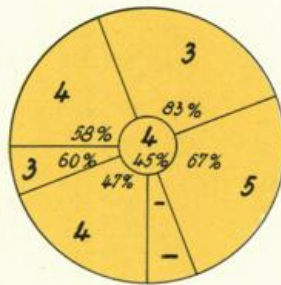
Bedeutung der kleinen Zahlen a) bei den „Mittelwerten“ und den „höchsten Werten“: Anzahl der Fälle
b) bei den „häufigsten Werten“: Relative Häufigkeit in % der Anzahl der Fälle des Sektors bei dieser Windstärke.

Bedeutung der Zahlen im Zentrum der Kreise: Ergebnis aus den Werten aller Richtungen zusammen.

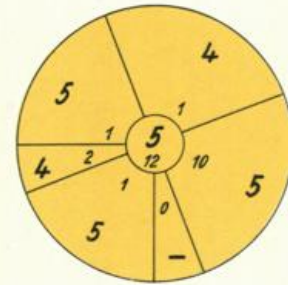
Feuerschiff „Flensburg“



Mittelwert (m)

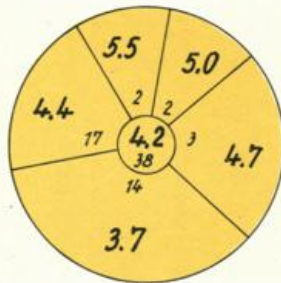


häufigster Wert (m)

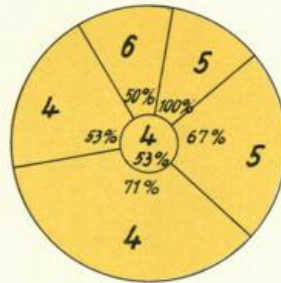


höchster Wert (m)

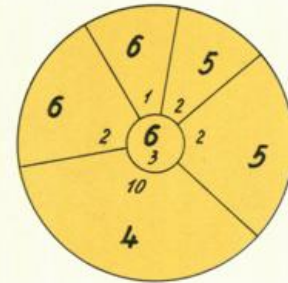
Feuerschiff „Kiel“



Mittelwert (m)

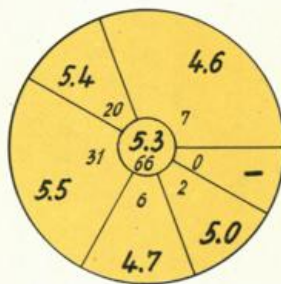


häufigster Wert (m)

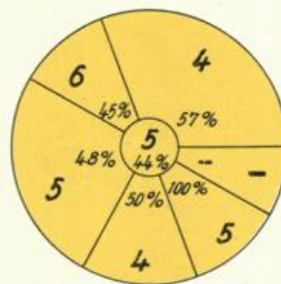


höchster Wert (m)

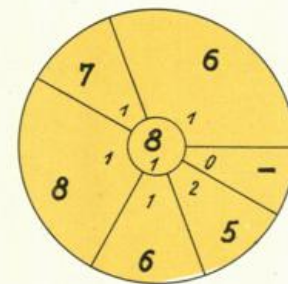
Feuerschiff „Fehmarnbelt“



Mittelwert (m)



häufigster Wert (m)



höchster Wert (m)

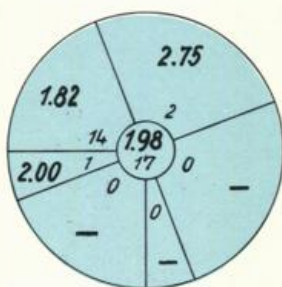
Wellenhöhe

Windstärke 9 und mehr

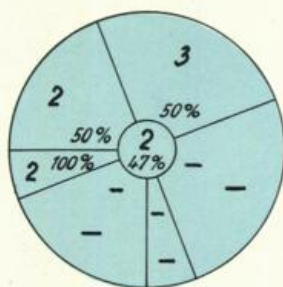
Bedeutung der kleinen Zahlen a) bei den „Mittelwerten“ und den „höchsten Werten“: Anzahl der Fälle
b) bei den „häufigsten Werten“: Relative Häufigkeit in % der Anzahl der Fälle des Sektors bei dieser Windstärke.

Bedeutung der Zahlen im Zentrum der Kreise: Ergebnis aus den Werten aller Richtungen zusammen.

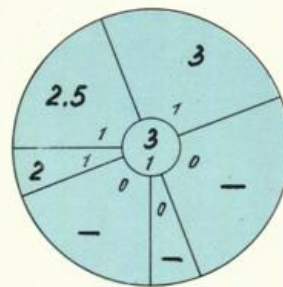
Feuerschiff „Flensburg“



Mittelwert
(m)

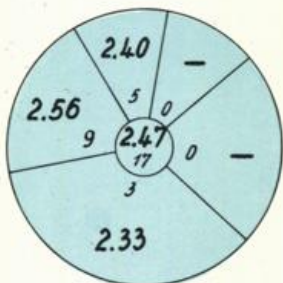


häufigster Wert
(m)

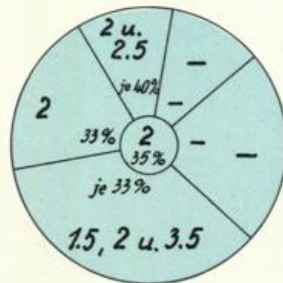


höchster Wert
(m)

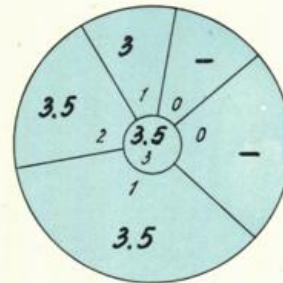
Feuerschiff „Kiel“



Mittelwert
(m)

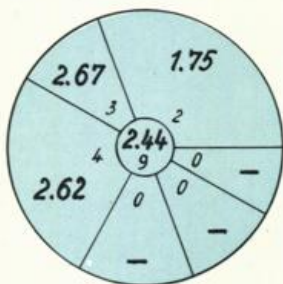


häufigster Wert
(m)

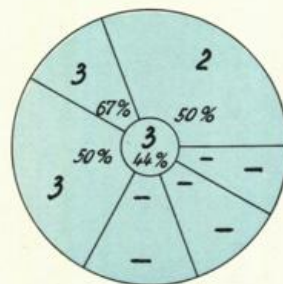


höchster Wert
(m)

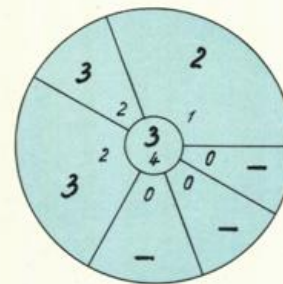
Feuerschiff „Fehmarnbelt“



Mittelwert
(m)



häufigster Wert
(m)



höchster Wert
(m)

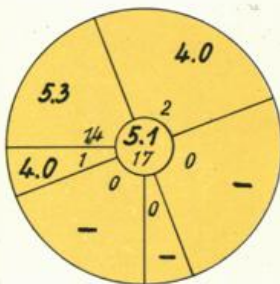
Wellenperiode

Windstärke 9 und mehr

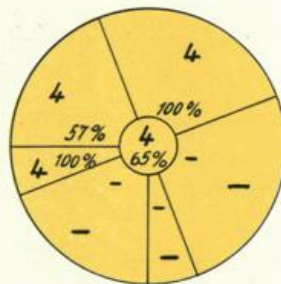
Bedeutung der kleinen Zahlen: a) bei den „Mittelwerten“ und den „höchsten Werten“: Anzahl der Fälle
b) bei den „häufigsten Werten“: Relative Häufigkeit in % der Anzahl der Fälle des Sektors bei dieser Windstärke.

Bedeutung der Zahlen im Zentrum der Kreise: Ergebnis aus den Werten aller Richtungen zusammen.

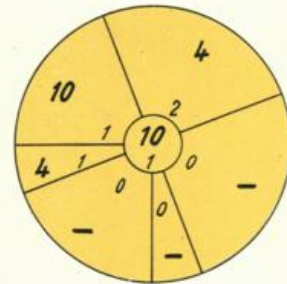
Feuerschiff „Flensburg“



Mittelwert
(m)

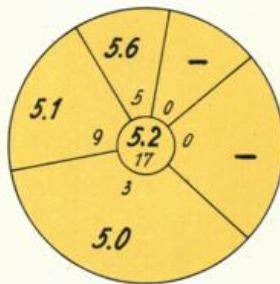


häufigster Wert
(m)

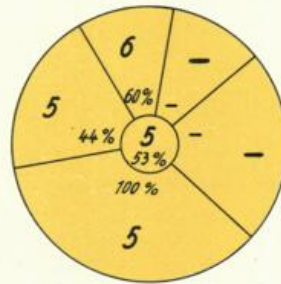


höchster Wert
(m)

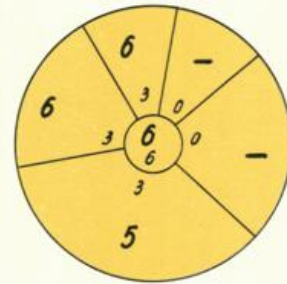
Feuerschiff „Kiel“



Mittelwert
(m)

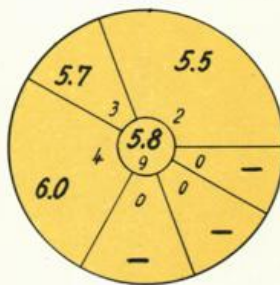


häufigster Wert
(m)

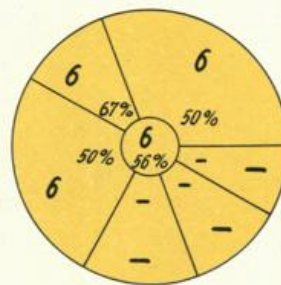


höchster Wert
(m)

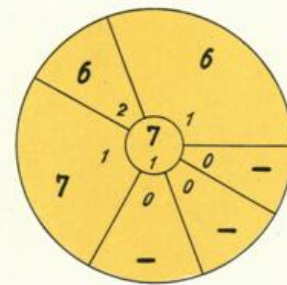
Feuerschiff „Fehmarnbelt“



Mittelwert
(m)

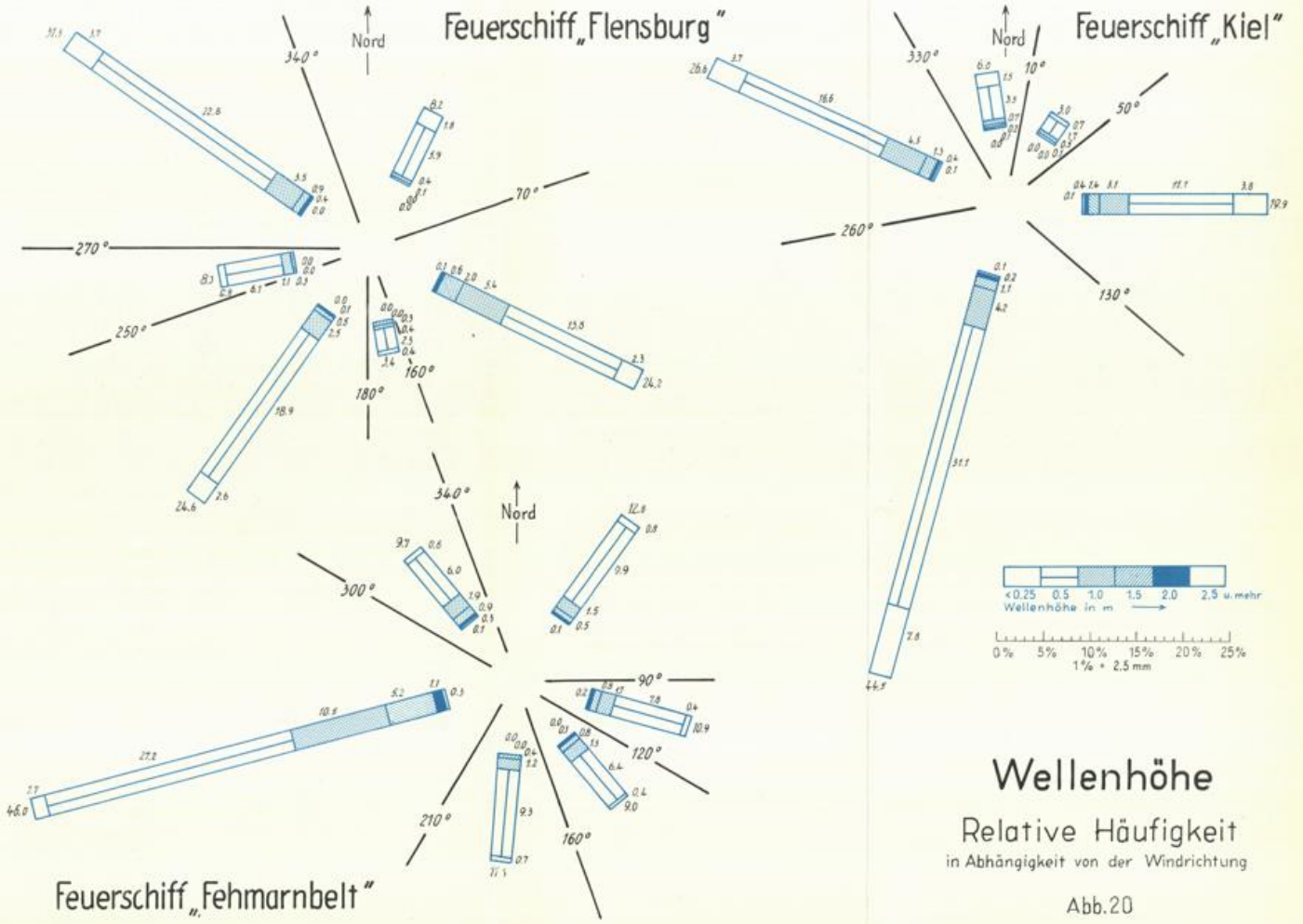


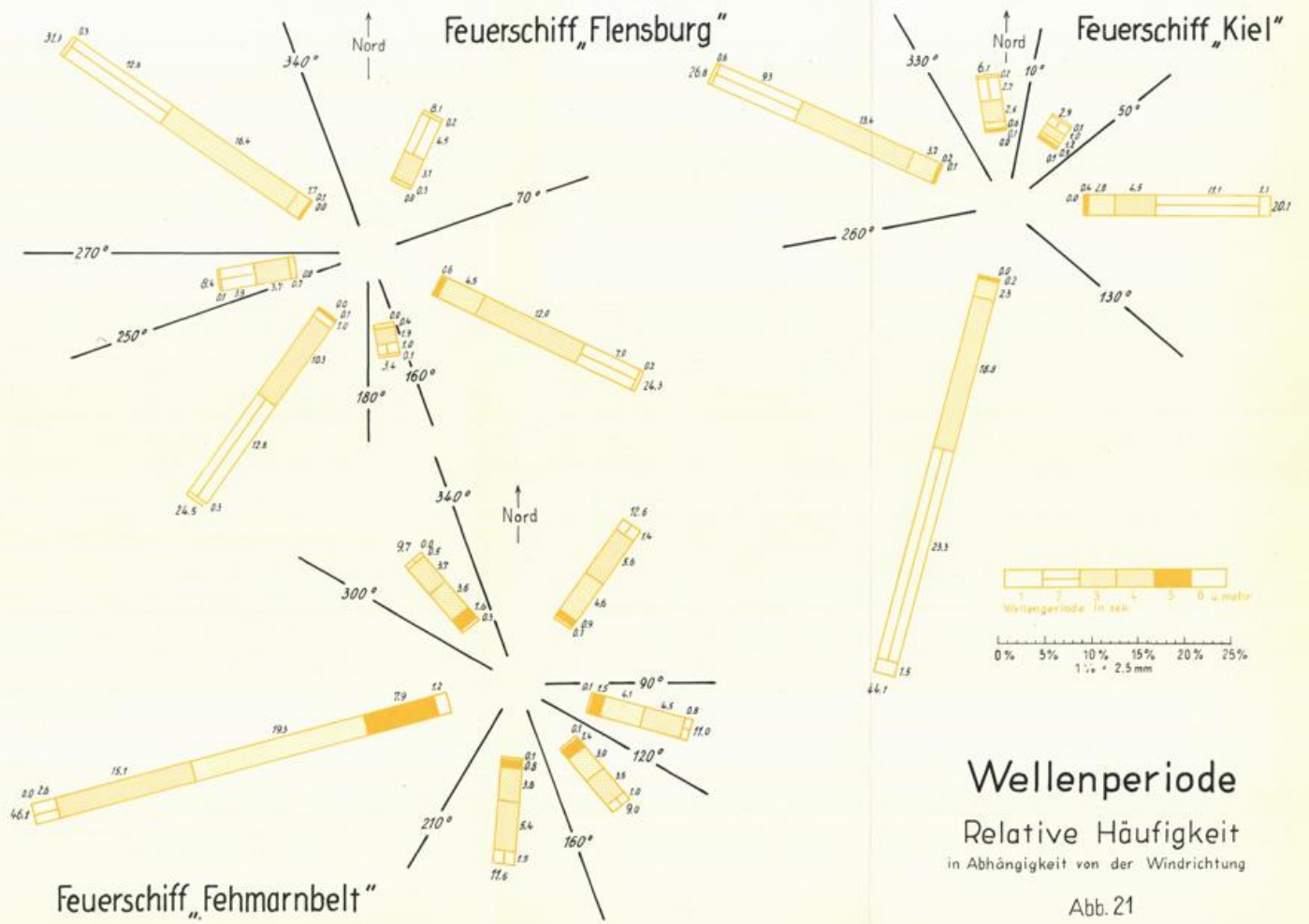
häufigster Wert
(m)

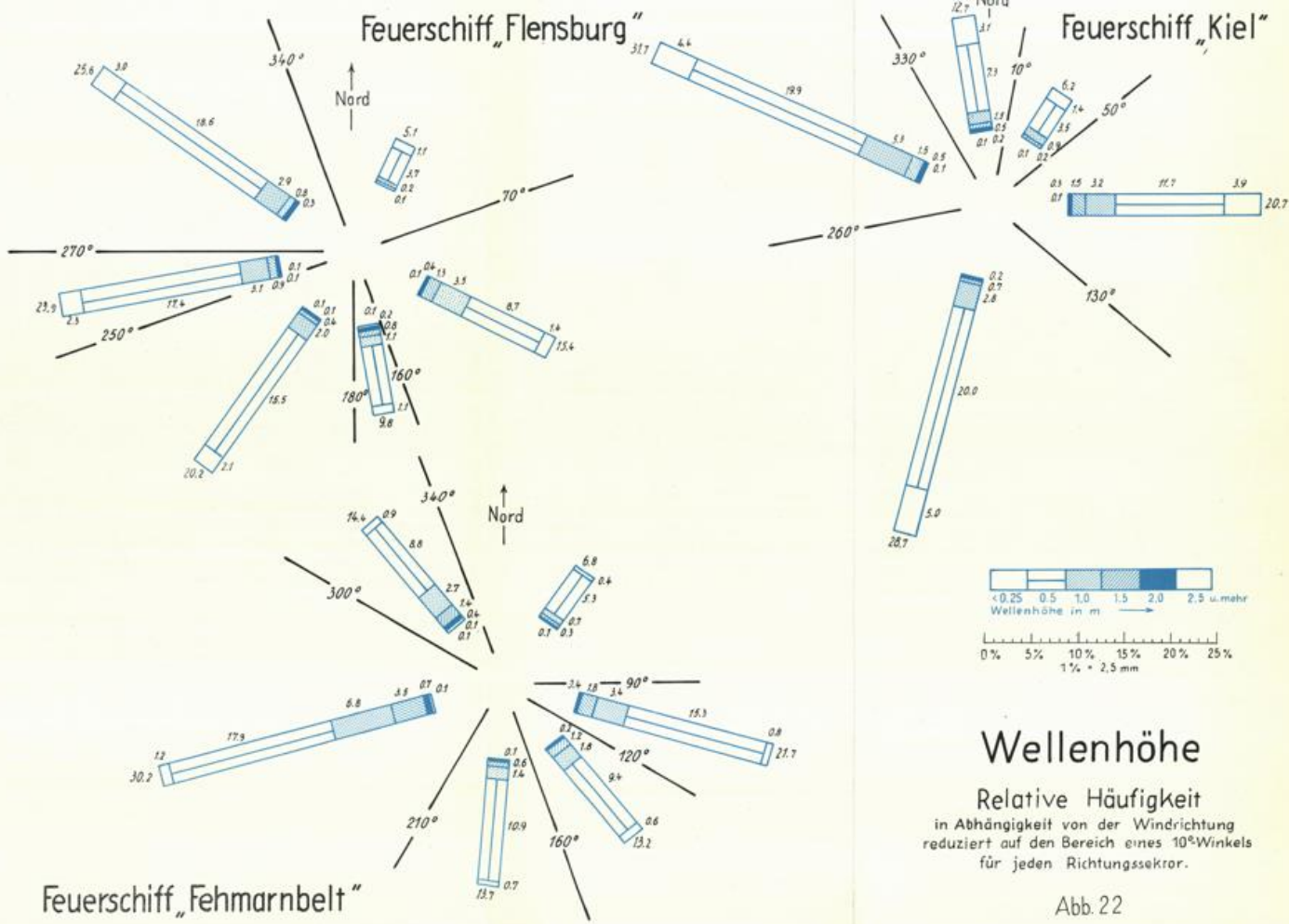


höchster Wert
(m)

**3. Häufigkeitsverteilungen der Wellenhöhen und Wellenperioden
in den Windrichtungs-Sektoren**



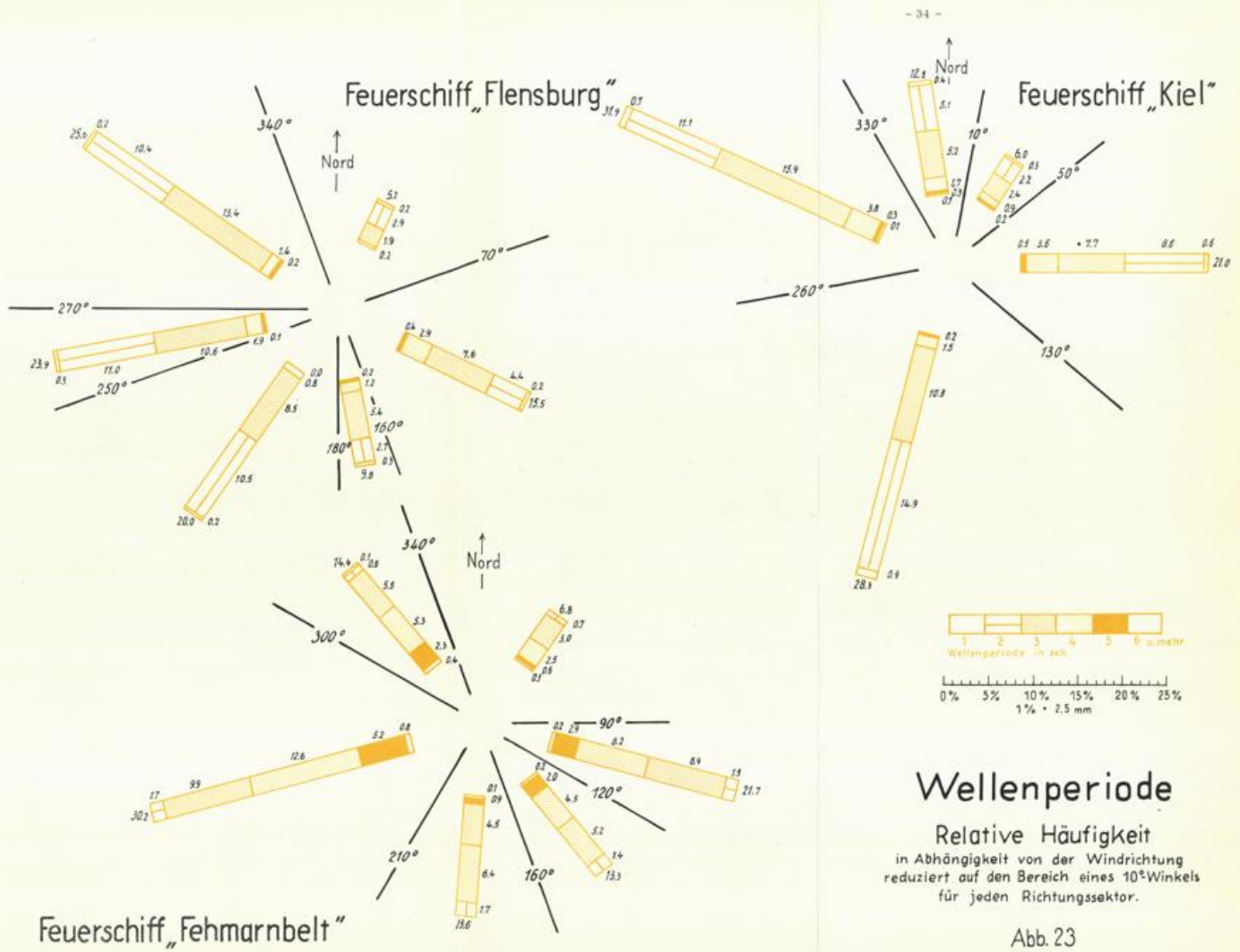




Wellenhöhe

Relative Häufigkeit
in Abhängigkeit von der Windrichtung
reduziert auf den Bereich eines 10°-Winkels
für jeden Richtungssektor.

Abb. 22



c) **Kombinierte Häufigkeitsdiagramme für Wellenhöhe und -periode**

Feuerschiff „Flensburg“

Wellenhöhe und Wellenperiode

Häufigkeit (in ‰)

Windstärke 4

Gesamtzahl der Beobachtungen 1956

Wellenperiode (in sek) →

Wellen- höhe (in m)	Windrichtungssektor 70° - 159°							Summe überalle Wellen- perioden	ohne Angabe	Windrichtungssektor 250° - 269°							Summe überalle Wellen- perioden	Wellen- höhe (in m)
	1	2	3	4	5	6	7			1	2	3	4	5	6	7		
<0.25	2	1						3		1	1					2	<0.25	
0.5	47	111	14					172		1	46	40	1			88	0.5	
1.0	3	28	15	0				46		1	2	0				3	1.0	
1.5			1					1									1.5	
2.0																	2.0	
2.5																	2.5	
3.0																	3.0	
3.5																	3.5	
Summe	52	140	30	0			222		1	48	43	1			93	Summe		
Windrichtungssektor 160° - 179°																		
<0.25									1	4	5				10	<0.25		
0.5	4	21						25	2	139	160	2			303	0.5		
1.0		4	2	2				6			14	2			16	1.0		
1.5			0					0								1.5		
2.0																2.0		
2.5																2.5		
3.0																3.0		
3.5																3.5		
Summe	4	25	2				31		3	143	179	4			329	Summe		
Windrichtungssektor 180° - 249°																		
<0.25	1	5	1					7		4	0				4	<0.25		
0.5	128	101	3					232	2	43	29	1			75	0.5		
1.0	2	2	3					7			0				0	1.0		
1.5				0				0								1.5		
2.0																2.0		
2.5																2.5		
3.0																3.0		
3.5																3.5		
Summe	1	135	104	6	0		246		2	47	29	1			79	Summe		

Wellenhöhe in m) →

Feuerschiff „Flensburg“

Wellenhöhe und Wellenperiode Häufigkeit (in ‰)

Windstärke 5

Gesamtzahl der Beobachtungen 1372

Wellenperiode (in sek) →

Wellen- höhe (in m)	Windrichtungssektor 70°-159°							Summe überalle Wellen- perioden	Windrichtungssektor 250°-269°							Summe überalle Wellen- perioden									
	1	2	3	4	5	6	7		1	2	3	4	5	6	7										
<0.25								73								1							82		
0.5	12	45	15	1				73	18	45	1					64							64		
1.0	5	100	61	2				168	1	9	5					15							15		
1.5	1	18	24	1				44			1					1							1		
2.0			0	0				0			0					0							0		
2.5									1							1							1		
3.0																									
3.5																									
Summe	18	163	100	4				285	21	54	7				82							82			
Wellenhöhe in m) ↓																									
Windrichtungssektor 160°-179°																									
<0.25																									
0.5	2	4	1					6	68	189	9				266							266			
1.0		8	2					10	4	44	9	0			57							57			
1.5	1		1					2		0					0							0			
2.0										7					7							7			
2.5																									
3.0																									
3.5																									
Summe	3	12	4					19	72	240	18	0			330							330			
Windrichtungssektor 180°-249°																									
<0.25	3							3																	
0.5	68	118	1					187	18	31	2				51							51			
1.0	4	21	7	0				32	1	4	2				7							7			
1.5			1					1		2					2							2			
2.0			1					1																	
2.5	0							0																	
3.0																									
3.5																									
Summe	75	141	8	0				224	19	37	4			60							60				
Windrichtungssektor 340°-69°																									

Feuerschiff „Flensburg“

Wellenhöhe und Wellenperiode

Häufigkeit (in ‰)

Windstärke 6

Gesamtzahl der Beobachtungen 459

Wellenperiode (in sek) →

Wellen- höhe (in m)	Windrichtungssektor 70° - 159°							Summe überalle Wellen- perioden	Windrichtungssektor 250° - 269°							Summe überalle Wellen- perioden	Wellen- höhe (in m)
	1	2	3	4	5	6	7		1	2	3	4	5	6	7		
<0.25								13								49	<0.25
0.5			9	4				74	11	36	2					66	0.5
1.0	2	33	30	9				134	44	44	22					4	1.0
1.5		44	86	4				23	4								1.5
2.0			16	7													2.0
2.5																	2.5
3.0																	3.0
3.5																	3.5
Summe	2	86	136	20			244	11	80	28					119	Summe	
Windrichtungssektor 160° - 179°																	
<0.25								4							4	<0.25	
0.5			2					74	9	74	2				85	0.5	
1.0		2						144	7	144	30	4			185	1.0	
1.5			17					2	2	17					19	1.5	
2.0			7													2.0	
2.5																2.5	
3.0																3.0	
3.5																3.5	
Summe	2	26					28	16	224	47	6				293	Summe	
Windrichtungssektor 180° - 249°																	
<0.25																<0.25	
0.5	22	72	2					16	10		2				28	0.5	
1.0	22	105	22	2				4	9	7					20	1.0	
1.5			9					4	4	4					8	1.5	
2.0			2													2.0	
2.5																2.5	
3.0																3.0	
3.5																3.5	
Summe	44	179	35	2			260	20	23	11	2				56	Summe	

Wellenhöhe in m) ↓

Feuerschiff „Flensburg“

Wellenhöhe und Wellenperiode

Häufigkeit (in ‰)

Windstärke 7

Gesamtzahl der Beobachtungen 214

Wellenperiode (in sek) →

Wellen- höhe (in m)	Windrichtungssektor 70° - 159°							Summe überalle Wellen- perioden	Windrichtungssektor 250° - 269°							Summe überalle Wellen- perioden							
	1	2	3	4	5	6	7		ohne Angabe	>7	1	2	3	4	5		6	7	ohne Angabe				
<0.25																							
0.5																							
1.0				5	19			24															75
1.5				18	33	18		69															70
2.0				56	33			89															
2.5				5	23			28															
3.0																							
3.5																							
Summe			23	113	74			210															145
Windrichtungssektor 160° - 179°																							
<0.25																							
0.5				5				5															10
1.0																							176
1.5				5	5	22		32															144
2.0							5	5															10
2.5							5	5															
3.0							5	5															
3.5																							
Summe			5	10	22	15		52															340
Windrichtungssektor 180° - 249°																							
<0.25																							
0.5																							5
1.0				18	103	33	5	159															4
1.5				22	43	5		70															
2.0						5		5															
2.5																							
3.0							5	5															
3.5																							
Summe			18	125	86	15		244															9

Wellenhöhe in m) ↓

Feuerschiff „Flensburg“

Wellenhöhe und Wellenperiode

Häufigkeit (in ‰)

Windstärke 8 und mehr

Gesamtzahl der Beobachtungen 84

Wellenperiode (in sek) →

Wellen- höhe (in m)	Windrichtungssektor 70° - 159°							Summe überalle Wellen- perioden	ohne Angabe	Windrichtungssektor 250° - 269°							Summe überalle Wellen- perioden						
	1	2	3	4	5	6	7			1	2	3	4	5	6	7							
<0.25																							
0.5								12								12							12
1.0			12							12								24					48
1.5										24								24					48
2.0				36	119			155				12				12							12
2.5				12				12															
3.0																							
3.5																							
Summe				60	119			179				36	36			72							72
Windrichtungssektor 160° - 179°																							
<0.25																							
0.5																							
1.0										36													36
1.5									12	71	166												249
2.0										24	95	24								12			155
2.5																				12			12
3.0																							
3.5																							
Summe									12	131	261	24				432							432
Windrichtungssektor 180° - 249°																							
<0.25																							
0.5																							
1.0			36					36															36
1.5				59	83			142															142
2.0				12				12															12
2.5																							
3.0							12	12															12
3.5																							
Summe				95	95	12		202															202
Windrichtungssektor 340° - 69°																							
<0.25																							
0.5																							
1.0																							
1.5																							
2.0																							
2.5																							
3.0																							
3.5																							
Summe																							95

Wellenhöhe in m) ↓

Feuerschiff „Kiel“

Wellenhöhe und Wellenperiode Häufigkeit (in ‰)

Windstärke 4

Gesamtzahl der Beobachtungen 2515

Wellenperiode (in sek) →

Wellen- höhe (in m.)	Windrichtungssektor 10° - 49°							Summe überalle Wellen- perioden	Windrichtungssektor 260° - 329°							Summe überalle Wellen- perioden			
	1	2	3	4	5	6	7		ohne Angabe	>7	1	2	3	4	5		6	7	ohne Angabe
<0.25										2	4	0							6
0.5	4	11	3	0			1	19	0	52	181	6				2	2	241	
1.0		5	4					9	0	0	20	7						27	
1.5												1						1	
2.0																			
2.5																			
3.0																			
3.5																			
Summe	4	16	7	0			1	28	0	54	205	14			2	2	275		
	Windrichtungssektor 50° - 129°								Windrichtungssektor 330° - 09°										
<0.25	1	2						3				0						0	
0.5	27	107	10	0			0	144	7	26	3	0						36	
1.0		23	14	0				37		4	5							9	
1.5		1	2					3											
2.0																			
2.5																			
3.0																			
3.5																			
Summe	28	133	26	0			0	187	7	30	8	0						45	
	Windrichtungssektor 130° - 259°								Windrichtungssektor										
<0.25	2	6	0					8											
0.5	1	196	226	7			10	440											
1.0		2	13	2	0			17											
1.5		0	0					0											
2.0																			
2.5																			
3.0																			
3.5																			
Summe	1	200	245	9	0		10	465											

Wellenhöhe in m) ↓

Feuerschiff „Kiel“

Windstärke 5

Wellenhöhe und Wellenperiode

Häufigkeit (in ‰)

Gesamtzahl der Beobachtungen 1251

Wellenperiode (in sek) →

Wellen- höhe (in m)	Windrichtungssektor 10° - 49°							Summe überalle Wellen- perioden	Windrichtungssektor 260° - 329°							Summe überalle Wellen- perioden		
	1	2	3	4	5	6	7		ohne Angabe	1	2	3	4	5	6		7	ohne Angabe
<0.25								5	0	12	129	19					0	0
0.5			5	0				9	2	2	104	43	1	0			1	160
1.0			4	5				6				8						151
1.5				6								0						8
2.0																		0
2.5																		
3.0																		
3.5																		
Summe			9	11			20		14	233	70	1	0			1		319
Windrichtungssektor 50° - 129°																		
<0.25									0	0	5	1						0
0.5		1	29	8				38	0	0	12	12	1					6
1.0		1	52	60	3			116			12	12	1					25
1.5			7	31	4	1		43			5	5	1					6
2.0			0	1				1					0					0
2.5						0		0										
3.0																		
3.5																		
Summe		2	88	100	7	1	198		0	17	18	2						37
Windrichtungssektor 130° - 259°																		
<0.25		0	2					2										
0.5		0	59	228	13			7										
1.0		1	78	24	0			3										
1.5			5	6	0			11										
2.0																		
2.5																		
3.0																		
3.5																		
Summe		0	60	313	43	0	426	10										

Wellenhöhe in m) ↓

Feuerschiff „Kiel“

Wellenhöhe und Wellenperiode

Windstärke 7

Gesamtzahl der Beobachtungen 245

		Wellenperiode (in sek) →																				
Wellen- höhe (in m)	Wellen- höhe (in m)	Windrichtungssektor 10° - 49°								ohne Angabe	Summe über alle Wellen- perioden	Windrichtungssektor 260° - 329°								ohne Angabe	Summe über alle Wellen- perioden	Wellen- höhe (in m)
		1	2	3	4	5	6	7	>7			1	2	3	4	5	6	7	>7			<0.25
<0.25																						<0.25
0.5												4	4	4							12	0.5
1.0													41	38	8						87	1.0
1.5													24	131	8				16		179	1.5
2.0													4	49	12						65	2.0
2.5					4					4				8	4						12	2.5
3.0					4					4												3.0
3.5																						3.5
Summe					8					8		4	73	230	32				16	355	Summe	
		Windrichtungssektor 50° - 129°								Windrichtungssektor 330° - 09°												
<0.25																					<0.25	
0.5																					4	0.5
1.0														4							16	1.0
1.5					61	12								12	4						12	1.5
2.0					45	34	4							4	8						4	2.0
2.5						4									4							2.5
3.0						4																3.0
3.5																						3.5
Summe					106	54	4							20	16						36	Summe
		Windrichtungssektor 130° - 259°								Windrichtungssektor												
<0.25																					<0.25	
0.5			4		4	4															12	0.5
1.0					106	57	16			4											183	1.0
1.5			4		61	96	4			12											177	1.5
2.0					4	33	4														41	2.0
2.5						16	8														24	2.5
3.0																						3.0
3.5																						3.5
Summe			8		171	206	36			16											437	Summe

Feuerschiff "Kiel"

Windstärke 8 und mehr

Wellenhöhe und Wellenperiode

Häufigkeit (in %) Gesamtzahl der Beobachtungen 56

		Wellenperiode (in sek) →																					
Wellen- höhe (in m)	Wellen- höhe (in m)	Windrichtungssektor 10° - 49°								ohne Angabe	Summe über alle Wellen- perioden	Windrichtungssektor 260° - 329°								ohne Angabe	Summe über alle Wellen- perioden	Wellen- höhe (in m)	
		1	2	3	4	5	6	7	>7			1	2	3	4	5	6	7	>7				
<0.25	<0.25																						<0.25
0.5	0.5																						0.5
1.0	1.0												18		18							36	1.0
1.5	1.5											18	53	18								89	1.5
2.0	2.0												88	72	54							214	2.0
2.5	2.5					36							53		18							71	2.5
3.0	3.0													18								18	3.0
3.5	3.5													18	18							36	3.5
Summe	Summe					36						36	194	144	90							464	Summe
		Windrichtungssektor 50° - 129°								Windrichtungssektor 330° - 09°													
<0.25	<0.25																						<0.25
0.5	0.5																						0.5
1.0	1.0																						1.0
1.5	1.5														18							18	1.5
2.0	2.0				18	18									18	35						53	2.0
2.5	2.5					18									18	18						36	2.5
3.0	3.0															18						18	3.0
3.5	3.5																						3.5
Summe	Summe				18	36									54	71						125	Summe
		Windrichtungssektor 130° - 259°								Windrichtungssektor													
<0.25	<0.25																						<0.25
0.5	0.5				18																	18	0.5
1.0	1.0				18	18											18					54	1.0
1.5	1.5				53	71	18															142	1.5
2.0	2.0					71	18															89	2.0
2.5	2.5																						2.5
3.0	3.0																						3.0
3.5	3.5						18															18	3.5
Summe	Summe				71	178	54															321	Summe

Wellenhöhe (in m)

Feuerschiff „Fehmarnbelt“

Wellenhöhe und Wellenperiode

Häufigkeit (in %)

Windstärke 5

Gesamtzahl der Beobachtungen 3407

Wellenperiode (in sek) →

Wellen- höhe (in m)	Windrichtungssektor 90° - 119°							Summe über alle Wellen- perioden	Windrichtungssektor 210° - 299°							Summe über alle Wellen- perioden
	1	2	3	4	5	6	7		1	2	3	4	5	6	7	
<0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	4	
0.5	0	29	37	7	7	7	73	2	106	157	21	21	2	2	288	
1.0	5	19	5	0	0	0	29	0	19	124	38	4	4	4	185	
1.5	0	1	2	0	0	0	3	1	2	13	12	1	1	1	28	
2.0															2	
2.5															0	
3.0									0						0	
3.5																
Summe	0	34	57	14	0	0	105	3	129	296	72	7	7	7	507	
Windrichtungssektor 120° - 159°																
<0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.5	1	23	24	5	1	0	54	0	25	27	6	6	6	6	58	
1.0	3	16	8	0	0	0	27	4	20	8	1	1	0	0	33	
1.5	2	2	1	0	0	0	3	1	1	2	2	0	0	0	4	
2.0															0	
2.5																
3.0																
3.5																
Summe	1	26	42	14	1	0	84	0	30	48	16	1	0	0	95	
Windrichtungssektor 300° - 339°																
<0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.5	1	36	40	3	0	0	80	1	40	40	3	3	0	0	84	
1.0	3	15	2	0	0	0	20	3	14	4	4	0	0	0	21	
1.5	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	2	
2.0																
2.5																
3.0																
3.5																
Summe	1	39	56	5	0	0	101	2	43	55	8	0	0	0	108	
Windrichtungssektor 340° - 89°																
<0.25	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
0.5	1	36	40	3	0	0	80	1	40	40	3	3	0	0	84	
1.0	3	15	2	0	0	0	20	3	14	4	4	0	0	0	21	
1.5	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	2	
2.0																
2.5																
3.0																
3.5																
Summe	1	39	56	5	0	0	101	2	43	55	8	0	0	0	108	

Wellenhöhe in m) ↓

Feuerschiff „Fehmarnbelt“ Wellenhöhe und Wellenperiode

Häufigkeit (in ‰)

Windstärke 7

Gesamtzahl der Beobachtungen 501

Wellenperiode (in sek) →

Wellen- höhe (in m)	Windrichtungssektor 90° - 119°							Summe überalle Wellen- perioden	ohne Angabe	Windrichtungssektor 210° - 299°							Summe überalle Wellen- perioden								
	1	2	3	4	5	6	7			1	2	3	4	5	6	7									
<0.25																									
0.5				2				2		4	14	6													24
1.0				6	2	2		10		16	54	38	4												112
1.5				14	32	6		52		2	14	68	218	30	2										336
2.0					12			12		2	22	84	28	4	2										142
2.5											2	8	8												18
3.0												2													2
3.5																									
Summe				22	46	8		76		2	36	160	356	70	6										634
Windrichtungssektor 120° - 159°																									
<0.25																									
0.5																									
1.0				2				2		2	10	12													24
1.5				2	12	46	2	62		2	8	32	2												44
2.0				4	6	8		18		8	24	6													38
2.5						2		2			2	4													6
3.0															2										2
3.5																									
Summe				2	18	52	12	84		4	26	70	12		2										114
Windrichtungssektor 160° - 209°																									
<0.25																									
0.5																									
1.0				4	4	2		10																	2
1.5				6	24			32		8	12	4													16
2.0					2		2	4			4														24
2.5																									4
3.0																									
3.5																									
Summe				2	10	30	2	46		14	26	6			2										46

Wellenhöhe in m) ↓

Feuerschiff „Fehmarnbelt“ Wellenhöhe und Wellenperiode

Windstärke 8 und mehr

Häufigkeit (in %) Gesamtzahl der Beobachtungen 75

Wellenperiode (in sek) →

Wellen- höhe (in m)	Windrichtungssektor 90° - 119°							Summe über alle Wellen- perioden	ohne Angabe	Windrichtungssektor 210° - 299°							Summe über alle Wellen- perioden	Wellen- höhe (in m)																																			
	1	2	3	4	5	6	7			1	2	3	4	5	6	7																																					
<0.25																																																					
0.5																																																					
1.0																																																					
1.5																																																					
2.0																																																					
2.5																																																					
3.0																																																					
3.5																																																					
Summe																																																					
	Windrichtungssektor 120° - 159°									Windrichtungssektor 300° - 339°																																											
<0.25																																																					
0.5																																																					
1.0																																																					
1.5																																																					
2.0																																																					
2.5																																																					
3.0																																																					
3.5																																																					
Summe																																																					
	Windrichtungssektor 160° - 209°									Windrichtungssektor 340° - 89°																																											
<0.25																																																					
0.5																																																					
1.0																																																					
1.5																																																					
2.0																																																					
2.5																																																					
3.0																																																					
3.5																																																					
Summe																																																					

Wellenhöhe in m) ↓

