

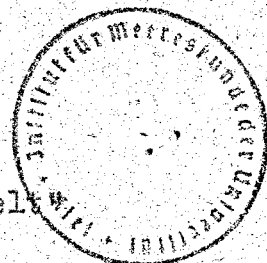
B. 41175.

~~57011~~

D3

Über unperiodische und periodische Vorgänge  
beim Wasseraustausch der Beltsee

(auf Grund eigener Messungen  
an Bord des Feuerschiffes "Fehmarnbelt"  
vom 9. August bis 5. September 1947  
und vom 20. Februar bis 18. März 1948)



=====  
I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n  
zur Erlangung der Doktorwürde  
der Hohen Philosophischen Fakultät  
der Christian-Albrechts-Universität  
zu K i e l

Vorgelegt von  
Hartwig Weidemann

K i e l 1 9 4 8

1. Berichterstatter : Prof. Dr. G. W ü s t

2. Berichterstatter : Prof. Dr. Curt H o f f m a n n

Tag der mündlichen Prüfung: 11. Dezember 1948

Zum Druck genehmigt:

Kleß, den 11. Dezember 1948

(gez.) Diller

Dekan

## Inhaltsübersicht

	Seite
<u>Vorwort</u>	1
<u>I. Einleitung</u>	
1.) Problemstellung; bisheriger Stand der Kenntnisse	2
2.) Meßmethoden und Instrumente	5
a) Wassertemperatur	5
b) Salzgehalt	6
c) Strom	7
d) Lufttemperatur	8
e) Wind	8
f) Strahlung	8
3.) Kritik der Meßgenauigkeit, Fehlerquellen	8
a) Wassertemperatur	8
b) Salzgehalt	9
c) Strom	10
d) Lufttemperatur	11
e) Wind	11
4.) Bemerkungen zu den Tabellen der Meßwerte	12
5.) Die geographische Lage des Feuerschiffes	13
<u>II. Die Ergebnisse</u>	
1.) Überblick über Wetterlage und Schichtungs- entwicklung im Sommer und Winter	14
a) Bemerkungen zu den Tafeln 1 bis 4	14
b) Wetterlage und Oberflächenströmung	15
c) Die thermohaline Schichtung	18
2.) Charakteristische Einzelvorgänge	22
a) Unperiodische Vorgänge	22
aa) Sprungschichtschwankungen als Folge von Strömungsschwankungen	22
bb) Herkunft und Entstehung der "Kälteballen"	24
cc) Stromkonvergenzen	28
b) Periodische Vorgänge	30
aa) Freie Eigenschwingungen	30
bb) Gezeitenströme	33
<u>III. Hydrographische und maritim-meteorologische Ergänzungen</u>	
1.) Das Eindringen der täglichen Temperaturschwankung in die Tiefe	37
2.) Die vertikale Verteilung der Lufttemperaturen am Feuerschiff	40
3.) Die Strahlungs-Aktinogramme	41
<u>Anhang</u>	
Literaturverzeichnis	42
Tafeln 1-6	
Tabellen der Meßwerte	
Lebenslauf	

V o r w o r t

Dank den Bemühungen von Herrn Prof. Dr. W i s t und den Entgegenkommen des Seewasserstraßenamtes Ostsee in Kiel wurde dem Kieler Institut für Meereskunde im Sommer 1947 die Möglichkeit geboten, einen wissenschaftlichen Beobachter für mehrere Wochen auf einem der deutschen Ostseefeuerschiffe unterzubringen. Als mich Herr Prof. Wüst auf diese Möglichkeit hinwies, entschloß ich mich, im Hinblick auf die vielseitigen hydrographischen Probleme der Beltsee und die zu erwartenden günstigen Arbeitsbedingungen für Reihennmessungen, mich zunächst im August/September 1947 für vier Wochen auf den Feuerschiff "Fehmarnbelt" einzuschiffen. Nach den günstigen Erfahrungen bei den Sommerbeobachtungen beschloß ich, auch im darauffolgenden Winter (Februar/März 1948) eine entsprechende Messreihe aufzustellen, um so aus den beiden extremen Jahreszeiten eine Reihe typischer Beispiele für die komplizierten hydrographischen Vorgänge der Beltsee zu gewinnen. Damit entsprach ich einer Forderung, die G. N e u m a n n [1] mit folgenden Sätzen gestellt hat: "Bei der außerordentlich starken Verwicklung der hydrographischen Verhältnisse der Beltsee und des Kattegats wird es kaum möglich sein, mit Hilfe von Mittelwerten einen tieferen Einblick in die Hydrographie dieser Gewässer zu gewinnen. Um den Kernproblem der Ostsee, der Frage des Wasseraustausches durch die Belte und den Sund, näher zu kommen, scheint es vornehmlich nur den einen Weg zu geben, möglichst viel Einzelphänomene, besonders typische Fälle, in den Kreis der Beobachtungen zu ziehen."

Die Entscheidung über den engeren Rahmen dieser Aufgabe stellte ich zunächst zurück; vorläufig galt es, möglichst vielseitige Messreihen mit geringen zeitlichen Abständen von allen wichtigen hydrographischen und meteorologischen Elementen zu sammeln, um für eine spätere Bearbeitung nach verschiedenen Gesichtspunkten in jedem Falle genügend Material zu erlangen.

Zwei Grenzen waren jedoch diesen Bestrebungen gesetzt: einmal war ich als Einzelbeobachter in meiner Bordtätigkeit der natürlichen physischen Leistungsgrenze unterworfen; zum anderen stellte sich heraus, daß die Beschaffung der notwendigen Instrumente mit zeitbedingten Schwierigkeiten verbunden war und daß deshalb leider nicht immer die modernsten und erfolgversprechendsten Methoden angewandt werden konnten.



Durch die Hilfsbereitschaft und das Verständnis, das mir überall entgegengebracht wurde, gelang es jedoch, in verhältnismäßig kurzer Zeit das Wichtigste zusammenzustellen. Es ist mir eine selbstverständliche Pflicht, an dieser Stelle allen denjenigen zu danken, die mir für diesen Zweck Instrumente leihweise zur Verfügung stellten; in erster Linie dem Kieler Institut für Meereskunde (Prof. Wüst, Dr. Machens), weiterhin dem Deutschen Hydrographischen Institut in Hamburg (vORR Dr. Hansen), dem Meteorologischen Amt für Nordwestdeutschland in Hamburg (Prof. Kuhlbrodt, Dr. Georgi) und der Bioklimatischen Forschungsstation in Westerland/Sylt (Prof. Pfeleiderer, Dr. Effenberger).

Für die freundliche Genehmigung und die Unterstützung bei den Vorarbeiten bin ich dem Seewasserstraßenamt Ostsee, insbesondere den Herren Reg. Bauwägen Deichsel und Dahme, zu Dank verpflichtet, ebenso wie auch der Besatzung des Feuerschiffes "Fehmarnbelt" mit ihren Kapitänen Herrn Lange und Herrn Jördt.

Schließlich danke ich allen denjenigen, die mit Anregungen, Ratschlägen und Kritik zu dieser Arbeit beigetragen haben, vor allen aber den Leiter des Instituts für Meereskunde der Universität Kiel, Herrn Professor Dr. Wüst, auf dessen Anregung sie entstand und dessen ständige Anteilnahme und Förderung zu ihrem Zustandekommen wesentlich beigetragen hat.

Die Arbeit wurde abgeschlossen im Oktober 1948 am Institut für Meereskunde in Kiel.

## I. Einleitung

### 1.) Problemstellung; bisheriger Stand der Forschung.

Aus der Fülle des Materials, das ich während der insgesamt achtwöchigen Tätigkeit auf dem Feuerschiff sammeln konnte, ergibt sich die engere Problemstellung fast zwangsläufig: Da das Feuerschiff "Fehmarnbelt" auf einer zur Beobachtung des Wasseraustausches zwischen Nord- und Ostsee besonders günstigen Position liegt, (s. S. 73) erscheint es reizvoll, die Einzelvorgänge dieses Austausches in ihrer zeitlichen Folge und in ihrer Koppelung mit den Witterungsvorgängen zu untersuchen. Es liegt im Charakter der meisten früheren

Beobachtungen, daß sie nur mehr oder weniger **s u f f ä l l i g e** Stichproben aus der unendlich vielseitigen Reihe der Möglichkeiten darstellen; hier soll dagegen versucht werden, durch die Gegenüberstellung zweier möglichst **l ü c k e n l o s e r** Reihen aus Hochsommer und Tiefwinter die Probleme etwas systematischer und vollständiger zu erfassen. Wenn auch der stichprobenartige Charakter dieser Reihen in gewissen Maße noch erhalten geblieben ist, insofern als mit den achtwöchigen Beobachtungen nicht entfernt alle Möglichkeiten erschöpft sein können, so sind sie doch als in vieler Hinsicht **t y p i s c h e** Beispiele für den komplizierten Mechanismus dieses Wasseraustausches anzusehen und zu werten, nicht zuletzt wegen der gelungenen Erfassung des sommerlichen und winterlichen Extreme eines Jahres.

Im folgenden soll nun zunächst eine kurze Zusammenfassung des bisherigen Standes der Kenntnisse über die behandelten Probleme gegeben werden.

Es ist eine in der Naturwissenschaft in ihren meisten Zweigen historisch begründete Tatsache, daß man zuerst bestrebt war, die Verhältnisse im Großen zu sondieren und zu klären, ehe man sich mit enger begrenzten Aufgaben befaßte. So begann die eigentliche wissenschaftliche Meeresforschung im vorigen Jahrhundert mit mehreren großräumigen Expeditionen durch alle Weltmeere, die erst in diesem Jahrhundert allmählich zu systematischer Forschungsarbeit ausgebaut wurden. Erst verhältnismäßig spät beginnt dann auch das Interesse für die nicht minder wichtigen Probleme der Neben- und Randmeere. Nord- und Ostsee sind zum Objekt der internationalen Meeresforschung geworden, seit sich die Anliegerstaaten der nordeuropäischen Neben- und Randmeere im Jahre 1901 zu einer Organisation mit dem Sitz in Kopenhagen zusammengefunden haben, deren Ziel die systematische Erforschung dieser Meeresgebiete (besonders im Hinblick auf eine rationelle Befischung) ist. Durch regelmäßige Fernfahrten aller beteiligten Länder ist viel wertvolles Material zusammengetragen worden.

Während aber in den offenen Weltmeeren der Umstand, daß man unterhalb einer verhältnismäßig seichten Deckschicht mit quasistationären Verhältnissen rechnen kann, die Forschungsarbeiten außerordentlich erleichtert, zeigt sich in den flachen Neben- und Randmeeren eine starke jahreszeitliche Abhängigkeit der hydrographischen Elemente, die noch sehr weitgehend von periodischen (Gezeiten-) und unperiodischen Schwankungen überlagert ist.

So war man früher der Auffassung, daß der Übergang vom salzreichen Norðseewasser durch Kattegat, Beltsee, Ostsee bis zur nahe-

zu völlig ausgesüßten Bottenwiek annähernd kontinuierlich erfolge, und die Mittelwerte langjähriger Beobachtungen von Feuerschiffen und Küstenstationen scheinen das zu bestätigen. [1] Wenn man jedoch dazu übergeht, Einzelfälle nach Art der in der Meteorologie üblichen synoptischen Methode zu untersuchen, stellt sich heraus, daß in Analogie zu dem Auftreten sprunghaft-artiger Fronten zwischen zwei verschiedenen Luftmassen auch zwischen Nord- und Ostseewasser derartige "Fronten" existieren, und zwar werden nach H. W a t t e n-  
~~ber~~ b e r g [2] drei verschiedene Wasserarten (Kattegat-, Baltsee- und Ostseewasser) durch zwei Fronten gegeneinander abgegrenzt. Das bedeutet, daß die Abnahme des Salzgehaltes nicht kontinuierlich, sondern in Stufen erfolgt. Die Lage dieser Stufen verschiebt sich nun je nach den herrschenden Strömungsverhältnissen zwischen der Darßer Schwelle und dem Kattegat, in enger Koppelung mit der jeweiligen Wetterlage, wie W. M a n e g o l d [3] und H. W a t t e n-  
 b e r g [2] feststellten. Ferner findet man, daß häufig in der Tiefe ein dem Oberflächenstrom entgegengesetzter Kompensationsstrom fließt, sodaß sich auch in horizontaler Richtung eine mehr oder weniger scharfe Grenzfläche zwischen salzarmem Oberstrom und salzreichen Unterstrom ausbilden kann. [4] Über die in einzelnen dabei auftretenden, z.T. recht verwickelten Vorgänge soll u.a. in der vorliegenden Arbeit berichtet werden.

Die thermohaline Schichtung der Ostsee ist in Rahmen teilweise mehrwöchiger Stichfahrten verschiedentlich untersucht worden, wobei allerdings die winterlichen Verhältnisse wegen der ungünstigeren Beobachtungsbedingungen nur ungenügend berücksichtigt sind. Außerdem liegen Beobachtungsreihen der verschiedenen Feuerschiffe vor, die zwar im Hinblick auf ihren viele Jahre umfassenden Zeitraum ein wertvolles Material darstellen, sich jedoch im allgemeinen auf eine einzige Salzgehaltsprobe pro Tag beschränken und Temperaturmessungen nur von der Oberfläche bringen. Wie aber im folgenden erkennbar sein wird, genügt eine einzige tägliche Messung nicht, um wesentliche Einzelheiten des Wasseraustausches zu erfassen und zu erkennen.

In letzten Jahrzehnt sind einige Arbeiten entstanden, die mit Hilfe verfeinerter (meist elektrischer) Meßmethoden die thermohaline "Feinstruktur" in verschiedenen Teilen der Ostsee untersuchen und zu wichtigen neuen Ergebnissen führen. K. K a l l e [5] benutzt einen "Schlierenmesser", mit dem er eine starke thermische Unruhe feststellt; die Schwankungen betragen dabei oft mehrere Grade. F. W e u m a n n [6] erklärt solche und ähnliche Schwankungen periodischer Art als Anzeichen stehender zellulärer Wellen, während

K a l l e selbst interne Wellen an einer Grenzfläche als Ursache angibt. F. M o d e l [7] gibt anhand genauer, sehr engabständiger Serienmessungen ein Beispiel für Turbulenzerscheinungen größeren Stils ("Wasserballen"), die allerdings nur in einem Wasserkörper mit geringen vertikalen Dichteunterschieden möglich sind.

Wollte man jedoch einen längeren Zeitraum mittels derart feiner Meßmethoden überwachen, so würde das entstehende Bild unübersichtlich, wenn nicht völlig unbrauchbar werden. Auch hier gibt es wie überall in der physikalischen Meßtechnik eine optimale Genauigkeit, die zu überschreiten unnützen Arbeitsaufwand bedeuten würde, deren Grenzen sich allerdings mit fortschreitender Entwicklung der Wissenschaft verschieben können. (So erscheint ~~z.B.~~ z.B. ein in Ruhe befindliches Gas nur solange ruhig, wie man nicht in die Dimensionen der Molekularbewegung heruntersinkt; oder: eine bei ruhiger Wetterlage scheinbar ruhig und glatt verlaufende Registrierkurve eines normalen Barographen löst sich bei Verwendung eines hochempfindlichen Quecksilber-Waage-Barographen in eine völlig unregelmäßige Zackenkurve auf; usw.), die Beispiele ließen sich beliebig vermehren.) Gewiß ist die Kenntnis dieser Feinstruktur für bestimmte Fragen von großer Bedeutung; man muß sich aber bei jeder Messung von vornherein darüber klar sein, eine wie große Genauigkeit für den beabsichtigten Zweck noch sinnvoll ist.

Unter Berücksichtigung dieser Überlegungen ergibt sich als ~~zweckmäßigste~~ zweckmäßigste Beobachtungsdichte ein vierstündiger Abstand der einzelnen hydrographischen Serien, der auch dem instrumentellen Aufw - wand und der Leistungsfähigkeit eines Einzelbeobachters am besten entspricht. Demzufolge sind während beider Beobachtungsperioden die Serienmessungen mit durchgehend vierstündigem Rhythmus durchgeführt worden, wobei lediglich die mittleren Serien im allgemeinen ausgefallen sind. Als Standard-Beobachtungstermine gelten daher für beide Perioden 05, 09, 13, 17, 21 Uhr gesetzlicher Zeit. Eine Reihe ähnlicher Beobachtungen mit ebenfalls vierstündigen Abständen ist in den Jahren 1936/38 bereits durch die Deutsche Seewarte durchgeführt worden; die Ergebnisse sind jedoch in Zusammenhang bisher noch nicht veröffentlicht; ein Teil davon wird im folgenden zu Vergleichszwecken benutzt werden.

## 2.) Meßmethoden und Instrumente.

Im folgenden Abschnitt werden die verwendeten Instrumente und Meßmethoden besprochen, und zwar getrennt nach den einzelnen hydrographischen und meteorologischen Elementen.

### a) Wassertemperatur.

Für die hydrographischen Serienmessungen wurde ein Pettersson-Isolierwasserschöpfer benutzt (Hersteller: Friedrichs & Co., Ham-

burg-Schnelsen), dessen Thermometer in Zehntelgrade geteilt ist, jedoch eine Expenablesung der Hundertstel gestattet. Nachdem durch Versuche die Mindesteinstellzeit bei einer Temperaturdifferenz von etwa 10 Grad zu etwa 1.5 Minuten festgestellt war, wurde im allgemeinen mit einer Anpassungsdauer von 2.5 bis 3 Minuten gearbeitet, sodaß der Abstand der Einzelmessungen voneinander innerhalb der Serie einschließlich Ablesung, Abfüllen der Probe und Ausbringen auf die nächste Tiefe etwa 5 bis 6 Minuten beträgt. Bei einer Gesamtwassertiefe von 28 m wurden ständig die Haupttiefen 0, 5, 10, 15, 20, 24 und 27.5 m gemessen; erforderlichenfalls wurden diese Intervalle nochmals halbiert oder geviertelt, um die genaue Lage intermediärer Maxima oder Minima festzustellen. Die Gesamtdauer der einzelnen Serien beträgt demnach etwa je 30 bis 50 Minuten.

Die Oberflächentemperaturen wurden im Sommer durchweg mit einem normalen Oberflächenthermometer mit Zehntelgradteilung (Fa. Richter & Wiese, Berlin) in einem Schöpfelimer gemessen (unter Beachtung der notwendigen Vorsichtsmaßregeln wie Wind- und Strahlungsschutz usw.) In Winter wurde dagegen ausschließlich mit dem Isolierwasserschöpfer gearbeitet, da sonst die Gefahr von unkontrollierbaren Fehlern infolge der oft erheblichen Temperaturdifferenzen Luft-Wasser bei höheren Windstärken zu groß geworden wäre. Bei beiden Methoden stammt die Probe aus einer oberflächennahen Schicht von einigen Dezimetern Dicke, in Ausnahmefällen (bei starkem Seegang) bis zu 1 m Tiefe; sie stellt also streng genommen einen Mittelwert für die oberste Schicht dar, nicht aber für die Oberfläche selbst, an der durch Strahlung und Verdunstung bei ruhigen Wetter erhebliche Gradienten verursacht werden können. In den meisten Fällen herrscht aber durch Wind und Seegang genügend Turbulenz, um die obersten Dezimeter der Wassersäule völlig zu durchmischen. (Kritische Betrachtungen über diese Probleme sind in einer Arbeit von A. M e r z [8] veröffentlicht.)

#### b) Salzgehalt.

Die große Zahl der entnommenen Proben einerseits sowie die verhältnismäßig geringen Ansprüche auf Absolutgenauigkeit der Salzgehaltsbestimmung andererseits führten zum Verzicht auf die Chloritration aller Proben, die an sich die bis heute genaueste Methode der Salzgehaltsbestimmung darstellt. Vielmehr wurde im Sommer (bei fast immer ruhig liegenden Schiff) mit Hilfe eines Aräometersatzes (Fa. Richter & Wiese, Berlin) die Dichte ermittelt und unter Berücksichtigung der Temperaturkorrektur aus den K a u d s e n 'schen Tabellen [9] der zugehörige Salzgehalt bestimmt. Im Winter wurde dagegen im Hinblick auf die zu erwartenden höheren Windstärken und das entsprechend unruhiger liegende Schiff das Z e i ß 'sche Eintauch-Refraktometer verwendet, das aus dem von der Temperatur und dem

Salzgehalt abhängigen Brechungsindex bei bekannter Temperatur den Salzgehalt zu ermitteln gestattet. Um einen Vergleich der Absolutgenauigkeit zu ermöglichen, wurde sowohl im Sommer als auch im Winter eine Reihe von Proben mittels der Chlor titration untersucht. Im Sommer wurden stündliche Proben des 12./13.8., an dem im Rahmen eines Sonderbeobachtungsprogrammes des Instituts für Meereskunde mit zweistündigem Serienabstand gearbeitet wurde, durch das Institut titriert. Aus dem Vergleich mit den vorher und nachher anschließenden Aräometermessungen ist zu schließen, daß bei den niedrigen Salzgehalten nur unerhebliche Differenzen entstehen, während bei den Bodenwasserproben (im Mittel etwa 28 ‰) die durch die Chlor titration bestimmten Werte etwa um 0,6 ‰ unter den durch die Richtmessung gewonnenen Werten liegen. Bei 5 Proben aus den Winterserien, die sowohl mit dem Refraktometer wie mit Hilfe der Titration bestimmt wurden, ergibt sich (bei verschiedenen Absolutsalzgehalt) eine maximale Differenz von 0,04 ‰, im Rahmen der Beobachtungsgenauigkeit (s.u.) also völlige Übereinstimmung.

### c) Strom.

Für die sommerliche Beobachtungsreihe stand nur ein technisch nicht einwandfreier Flügelrad-Strommesser älterer Bauart zur Verfügung, der nicht zuverlässig arbeitete. So mußte leider auf eine regelmäßige Messung des Tiefenstromes verzichtet werden; lediglich die Drahtwinkel des ausgebrachten Wasserschöpfers geben einen leidlich brauchbaren Anhalt für die Schätzung der Stromverhältnisse in den unteren Schichten. Da es sich bei der Rinnenform des Rahmarmbeldes im wesentlichen nur um die Alternative Hin- oder Ausstrom handelte, war die Richtungsangabe nicht schwer zu entscheiden.

An der Oberfläche werden termännlich alle 4 Stunden durch die Besatzung Strommessungen entsprechend den Richtlinien der Deutschen Seewarte [10] mit Hilfe eines Dreikörpers (Stromkreis) an einer genarkten Leine durchgeführt, und zwar werden die in einer Minute (Sanduhr) auslaufende Meter bestimmt. Bei sorgfältiger Ausführung genügt die Genauigkeit dieses Verfahrens durchaus.

Im Winter wurde für die Tiefenstrommessungen ein Strommesser nach H. K. M. a. R. - H. e. r. z. verwendet. Nach Ende der ersten Frostperiode konnte das Instrument, das anfangs wegen völliger Vereisung nicht benutzbar war, für regelmäßige Strommessungsarbeiten eingesetzt werden, die zunächst in 12-stündigen Abständen, später dann gleichzeitig mit den hydrographischen Serien in 4-stündigen Abständen erfolgten. Als Tiefenstufen wurden hierbei in der Regel 20, 16, 8 und zeitweise auch 1 oder 2 m gewählt, letztere zur Kontrolle der Stromkreismessungen.

#### d) Lufttemperatur.

Für die Bestimmung der Lufttemperatur standen 2 Asmann'sche Aspirations-Psychrometer zur Verfügung; sie wurden jedoch nur in Ausnahmefällen benutzt, da die terminmäßige Lufttemperaturmessung mittels Schleuderthermo- bzw. psychrometer durch Besatzungsangehörige den geforderten Genauigkeitsansprüchen im allgemeinen genügt, wie durch verschiedentlich angestellte Vergleichsmessungen bestätigt wurde. Die Abstände dieser Terminmessungen betragen 2 Stunden (für Feuchtemessungen 3 Stunden).

Zur Klärung des Verlaufs des Temperaturfeldes um das Schiff herum wurde an einem ruhigen Sommertage 24 Stunden hindurch alle 2 Stunden in 5 verschiedenen Höhen nahezu gleichzeitig Temperatur und Feuchte mit den Asmann-Psychrometer gemessen, die Ergebnisse sind gesondert im Anhang behandelt. (s. Seite )

#### e) Wind.

An Bord fest angebracht ist in etwa 8 m Meereshöhe ein Kontakt-Anemometer, dessen Registriervorrichtung (im Funkraum) nach je 500 m Windweg betätigt wird. Zur Berechnung der mittleren Windstärke zu den Beobachtungsterminen wurde der gesamte Windweg in dem Zeitraum von etwa 10 min vor dem Termin gewählt, sodaß kleinere Unregelmäßigkeiten (Böigkeit) durch die Mittelung herausfallen. Zur Kontrolle des ortsfesten Anemometers und zum Vergleich mit den Windverhältnissen an anderen Punkten des Schiffes wurden zwei an Stangen befestigte Handanemometer (Schalenkreuz) mit Uhrwerk benutzt, die automatisch den Windweg für 100 sec messen und eine unmittelbare Ablesung in m/sec gestatten. Es ergab sich im allgemeinen eine Übereinstimmung innerhalb der Fehlergrenzen. Bei Versagen der Registriereinrichtung bzw. zum Vergleich werden auch die zweistündigen Terminbeobachtungen der Besatzung (Schätzung nach der Beaufort-Skala) herangezogen.

#### f) Strahlung.

Um auch den Einfluß der Strahlung auf die Temperaturverhältnisse berücksichtigen zu können, wurde während der Sommerbeobachtungsperiode ein Aktinograph nach H. R o b i t z s c h (Fa. Fuess, Berlin-Steglitz) aufgestellt, der die Gesamteinstrahlung (Sonnen- plus Himmelstrahlung) registriert. Die Werte sind, der Bauart des Instrumentes entsprechend (es wird die Temperaturdifferenz zwischen einem geschwärzten und zwei weißen Bimetallstreifen angezeigt), nur als Relativwerte zu benutzen.

### 3.) Kritik der Messgenauigkeit; Fehlerquellen.

#### a) Wassertemperatur

Ganz allgemein gilt für die hydrographischen Serien die Einschränkung, daß die einzelnen Serien in sich nicht streng synoptisch



sind, da zwischen der ersten und letzten Messung jeweils eine halbe oder dreiviertel Stunde liegt; für Stabilitätsbetrachtungen oder dynamische Berechnungen sind sie daher nur mit Vorbehalt zu verwenden.

Die Temperaturablesung ist bei einer Teilung in Zehntelgrade mit einer Genauigkeit von  $\pm 0.01^\circ$  möglich. Fehler durch mangelnde Anpassungsdauer wurden vermieden (s.o.); Fehler durch nachträgliche Änderung nach dem Aufholen können nicht aufgetreten sein, da die Ablesung stets sofort nach dem Aufholen erfolgte. Außerdem wurde durch einen Versuch die Güte der Wärmeisolation des Schöpfers festgestellt: Bei etwa  $12^\circ$  Temperaturdifferenz zwischen Luft und Wasserprobe würde der Schöpfer etwa 5 min der direkten Sonnenstrahlung ausgesetzt, dabei stieg die Temperatur der Wasserprobe nur unmerklich (etwa um 2 Hundertstelgrad). Unter Berücksichtigung eines auf dem Eichschein vermerkten möglichen Eichfehlers von derselben Größenordnung wie der des Ablesefehlers kann im ungünstigen Fall mit einem Gesamtfehler von  $\pm 1$  bis 2 Hundertstel Grad gerechnet werden.

Für die Genauigkeit der Oberflächentemperaturmessung gelten die bereits oben (s.S.6) erwähnten Überlegungen im Zusammenhang mit der Herz'schen Abhandlung [8], auch hier kam die Fehlergrenze zu max.  $\pm 0.02^\circ$  angenommen werden. Da für das Oberflächenthermometer kein Eichschein vorlag, wurde durch sorgfältige Vergleichsmessungen mit dem Thermometer des Wasserschöpfers (im gemeinsamen Temperaturbad) eine systematische/Differenz von  $-0.04^\circ$  festgestellt; eine entsprechende Korrektur ist in den Tabellen bereits angebracht.

b) Salzgehalt.

Die Ablesegenauigkeit bei der aräometrischen Dichtebestimmung beträgt, je nach der Eigenbewegung des Schiffes, etwa  $\pm 0.02$  bis  $0 \pm 0.05$  Einheiten (Einheit  $\sigma_t = (\rho - 1) \cdot 10^3$ ), die der zugehörigen Temperaturablesung  $\pm 0.05^\circ$ ; die sich demnach aus den Knudsen-Tabellen ergebenden Fehlergrenzen sind also etwa  $\pm 0.07$  ‰ im Salzgehalt. Da an den Überlappungsbereichen der einzelnen Aräometer des Satzes gewisse Differenzen bestehen, kann die Gesamtgenauigkeit nur bis zu den Zehntelpromille als gesichert angesehen werden. Da aber in den behandelten Gewässern Salzgehaltsunterschiede von über 20 ‰ keine Seltenheit sind, ist diese Genauigkeit durchaus als ausreichend anzusehen.

Die Absolutgenauigkeit (im Sinne der internationalen Definition des Salzgehaltes) der aräometrischen Bestimmung ist offenbar nicht genügend gesichert (s.S.7); sie bedürfte noch einer gesonderten systematischen Untersuchung, denn in der Ostsee wie in anderen Nebenmeeren ist ja die procentuale Zusammensetzung der Meersalze und damit auch die Beziehung zwischen Dichte und Salzgehalt eine andere



als in den offenen Ozeanen. Diese Einschränkung fällt jedoch für die vorliegende Untersuchung nicht so sehr ins Gewicht, da es in erster Linie auf die Differenzen ankommt, wenn man die Schichtung behandeln will.

Etwas günstiger liegen die Verhältnisse bei der refraktometrischen Salzgehaltsbestimmung. Die Ablesegenauigkeit am Instrument beträgt (bei mehrfacher Einstellung an der gleichen Probe)  $\pm 0.02$  Skalenteile. Die Bestimmung der Temperatur zur Zeit der Ablesung ist bis auf  $\pm 0.05^\circ$  genau unter der Voraussetzung, daß Proben, Refraktometer und Thermometer längere Zeit in einem gleichmäßig temperierten Raum von etwa 15 bis  $20^\circ\text{C}$  sich angleichen können, bevor mit den Messungen begonnen wird. Anderenfalls ändert sich die Temperatur der kleinen Wassermenge zu rasch (dabei entspricht einer Temperaturänderung von  $0.1^\circ$  bereits eine Salzgehaltsänderung von 0.04 ‰). Eine weitere wichtige Voraussetzung für die Erreichung dieser Ablesegenauigkeit ist peinliche Sorgfalt in der Behandlung der optischen Teile,, vor allem also die gründliche Reinigung des Prismenkeils vor Beginn und wiederholt zwischen den Messungen; ferner ein mehrmaliges Vorspülen von Becherglas und Prisma mit einem Teil der zu bestimmenden Probe, da sonst eine verhältnismäßig dicke Schicht des Wassers der vorangegangenen Probe an der Prismenfläche haften bleibt.

Die Salzgehaltswerte der Winterperiode können also mit einer Abolutgenauigkeit von  $\pm 0.04$  ‰ (entsprechend den Vergleichstitrierungen, s. Seite 7) als gesichert angesehen werden.

Trotz dieser Genauigkeitsdifferenzen sind die S-Werte in den Tabellen in jedem Falle bis zu den Hundertstel angegeben, die als Abrundungsdecimalen oder zum Vergleich mit benachbarten Messwerten zu verwenden sind.

Die D i c h t e werte  $\sigma_t = (\rho_t - 1) \cdot 10^3$ , wobei  $\rho_t$  die Dichte einer Wasserprobe bei den in situ gemessenen Temperatur- und Salzgehalts werten, jedoch unter Atmosphärendruck bedeutet, sind mit Hilfe der Diagramme von A. S c h u m a c h e r [11] graphisch ermittelt. Entsprechend der Genauigkeit der Diagrammwerte ist hier nur die erste Dezimale angegeben, in Winter auch noch die zweite.

### e) Strom.

Bei den relativ starken kurzzeitigen Schwankungen der Stromgeschwindigkeit hat eine Diskussion der Genauigkeit wenig Sinn; die Messungen stellen ohnehin Mittelungen über den gesamten Zeitraum der Einzelmessung dar, also je nach Geschwindigkeit zwischen 3-5 und etwa 30 Minuten. Die aus den Umdrehungszahlen errechneten Geschwindigkeiten sind daher auf ganze cm/sec abgerundet; eine Genauigkeit, die auch derjenigen der in ganzen Metern pro Minute abgelesenen Stromkreuzmessungen des Oberflächenstromes entspricht. Fehler, die

durch Änderungen des Strommessers nach der/letzten Eichung entstanden sein könnten, waren mangels Nachbelegungsgelegenheit nicht festzustellen, jedoch schien die Übereinstimmung zwischen dem Mann-Mers-Strommesser und dem Stromkreuz bei verschiedenen Vergleichsmessungen recht gut.

Die magnetische Richtungsabweichung des Strommessers unterliegt infolge der Einwirkung des eisernen Schiffkörpers einer größenmäßig nicht genau bekannten oder zu bestimmenden Deviation. [12] Bei Vergleich der Anzeige des ortsfesten Schiffskompasses, dessen Deviation bis auf  $\pm 2^\circ$  kompensiert war, und des in 2 m Tiefe vom ausladenden Heck des Schiffes ausgebrachten Strommessers, dessen Achse über das Schiffes parallel stand, schien die Deviation jedoch  $10-15^\circ$  nicht zu übersteigen; in den größeren Tiefen wird sie entsprechend geringer gewesen sein. Unter Einbeziehung des Fehlers, der durch die Nichtberücksichtigung der Deklination (ca.  $3.5^\circ$  West) entsteht, ist die Gesamtgenauigkeit der Stromrichtungsmessung bei einer Ablesegenauigkeit von  $\pm 5^\circ$  auf etwa  $\pm 15^\circ$  zu veranschlagen; ein Fehler, der für die Alternative Ein- oder Ausstrom im allgemeinen ohne Bedeutung ist.

d) Lufttemperatur.

Die Ablesegenauigkeit beim Mann-Psychrometer beträgt  $\pm 0.05^\circ$ , bei dem Schleuderthermometer  $\pm 0.1^\circ$ . Fehlerquellen liegen vor allem in der Beeinflussung des Temperaturfeldes durch den Schiffskörper; auf die entsprechende Untersuchung im Anhang wurde oben bereits hingewiesen. Fehler durch direkte Bestrahlung der Instrumente sind infolge des gut durchkonstruierten Strahlungsschutzes beim Aspirationspsychrometer nicht zu erwarten, beim Schleuderthermometer wegen der sehr guten Gesamtventilation des Instrumentes ebenfalls zu vernachlässigen.

e) Wind.

Die Anzeige des Kontaktanemometers (1 Kontakt für je 500 m Windweg) gestattet eine Umrechnung auf m/sec mit Berücksichtigung der ersten Dezimale. Lediglich an einigen Tagen im Winter ergab wegen des starken Reifereifansatzes bei Nebel mit Frost die Anzeige zu niedrige Werte. An diesen Tagen mußte die Schätzung nach der Beaufort-Skala benutzt werden.

Die Schätzung nach Beaufort aus dem Seegang unterliegt im übrigen wegen der oft erheblichen Oberflächenströmung und der damit verbundenen Erniedrigung des Seegangs (s. Seite ...) Fehlern, die 1-2 Stärkegrade erreichen können.

Da erfahrungsgemäß [13] bei der Richtungsangabe nach Kompassstrichen die Hauptstrichen N, NE, E, SE, S, SW, W, NW usw. bevorzugt werden vor den Zwischenstrichen NNW, NNE usw., ist die Richtungsangabe im allgemeinen auf etwa  $\pm 10^\circ$  genau, unter der Voraussetzung, daß

das Erkennen der Windrichtung mit etwa derselben Genauigkeit möglich ist.

4.) Bemerkungen zu den Tabelle-n der Meßwerte.

Das Wichtigste über die Aufbereitung des Materials ist für Wind, Luft- und Wassertemperatur, Salzgehalt und Dichte bereits in den vorangegangenen Abschnitten gesagt worden.

Für die Strommessungen gilt folgendes: Der beobachtete Strom ist entsprechend der in der deutschen Literatur üblichen Bezeichnungswiese als Richtung angegeben, in die der Stromvektor deutet. (Ausnahme: Der Oberflächenstrom (aus Messungen der Besatzung) ist dagegen als Richtung angegeben, aus der der Strom kommt). In den Zusatzspalten ist der Strom vektoriell zerlegt in seine Komponenten längs und quer zur Hauptachse des Fehmarnbeltes. Dabei ist die Haupt-Einstromrichtung von 115° als 0° bzw. 360° des neuen Systems gewählt. Dadurch erhält ein Stromvektor der Länge 1 in der rechtweisenden Richtung 115° die Komponenten (+1,0), in 205° (0,+1), in 295° (-1,0) und in 25° (0,-1). Dabei gibt also jeweils die erste Komponente den Anteil des effektiven Einstromes, die zweite den ~~den~~ quer dazu in Richtung auf die Küste Fehmarns gerichteten Anteil des Gesamtstromes an. Die Werte sind auf cm/sec abgerundet.

Die Tabellen sind in folgender Weise angeordnet:

In der ersten Gruppe folgen untereinander

- Termine (in zweistündigen Abständen)
- Windrichtung ("Et" = Windstille)
- Windgeschwindigkeit (in m/sec, bzw. Beaufort)

Oberflächenstrom {
 

- Richtung in ° (aus der der Strom kommt)
- Geschwindigkeit (in cm/sec)
- " " , Längskomponente (in cm/sec)
- " " , Querkomponente ( " " )

In der zweiten Gruppe folgen die hydrographischen Serien, und zwar in der ersten Zeile:

Nr. der Serie und Uhrzeit des Beginns (abgerundet) darunter:

an linken Rand die Beobachtungstiefen

daneben in jeder Serie:

- links die Temperatur in °C (2 Dezimalen, ohne Komma!)
- Mitte Salzgehalt in Promille ( " " " " )
- rechts Dichte (Sommer 1, Winter 2 Dez., " " )

z.B.: 

18	20	(0200)
0	1899	0900 053
1	..	.. ..

bedeutet: Bei Serie 20 der Sommerperiode, Beginn etwa 2 Uhr, war in 0 m Tiefe die Temperatur 18.99 °C der Salzgehalt 9.00 ‰ die Dichte 5.3

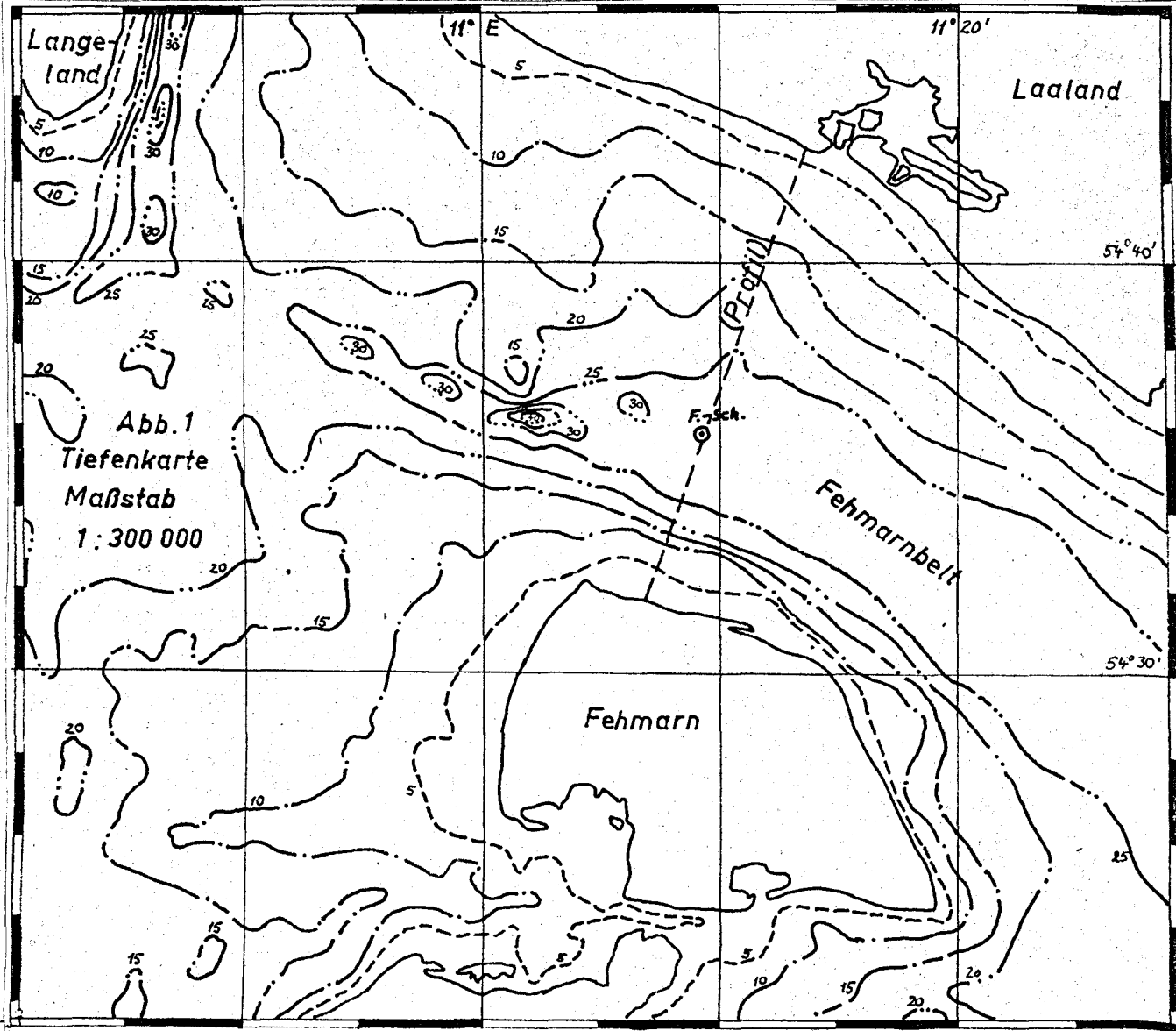
In der dritten Gruppe (nur bei den Wintermessungen) folgen die

Das Verhalten der Windrichtung mit einer gewissen Genauigkeit ist...

(.) Gewässer in den Abfällen der Vorwerke.

Das Verhalten der Windrichtung mit einer gewissen Genauigkeit ist...

Die die Stromlinien, die folgendes für bestimmte Strömung...



Tiefenstrommessungen in der Anordnung

1. Zeile: Nr. und Uhrzeit der Stromserie

darunter : am linken Rand die Beobachtungstiefen,

daneben: oben links Stromrichtung in ° (Richtung - n a ch ..

oben rechts Stromgeschwindigkeit (in cm/sec)

unten links " " " , Längskomponente

unten rechts " " " , Querkomponente

n.B.: 

	WStr 79(0530)	
8	120	58.4
	58	5
10	..	..

 bedeutet: Bei Serie 79 der Winterperiode, Beginn etwa 0530 Uhr, setzte der Strom in 8 m Tiefe mit 58.4 cm/sec nach 120°; daraus errechnet sich die Längskomponente in der Haupt-Einstromrichtung 115° zu +58 cm/sec, die Querkomponente in Richtung 205° zu +5 cm/sec.

Die positiven Vorzeichen der Komponenten sind weggelassen.

Die in der Sommerperiode aus den Brantwinkeln geschätzten Stromverhältnisse in der Tiefe sind tabellarisch nicht gesondert angegeben; die Ergebnisse sind jedoch in der Isoplethendarstellung auf Tafel 2 enthalten. (Näheres s.d.)

Alle Uhrzeiten sind, falls im Text nicht anders erwähnt, in gesetzlicher Zeit angegeben, d.h.

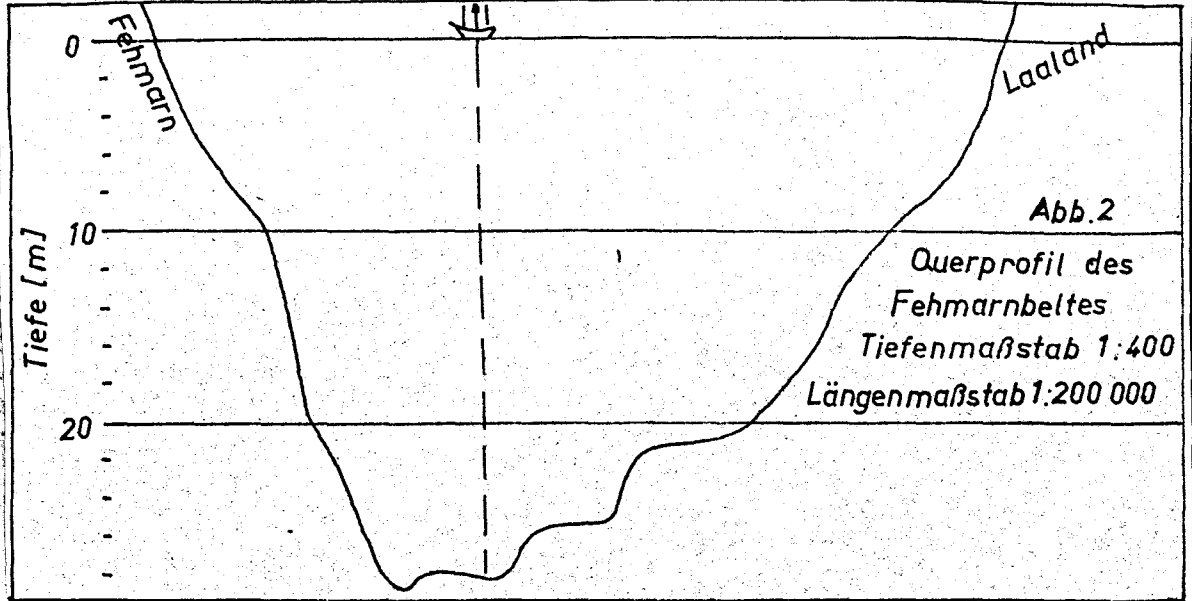
im Sommer in Deutscher Sommerzeit = M.G.Z. + 2 h

im Winter in Mitteleuropäischer Zeit = M.G.Z. + 1 h

5.) Die geographische Lage des Feuerschiffes.

Das Feuerschiff "Fehmarnbelt" liegt in der gleichnamigen Verbindung zwischen Kieler und Mecklenburger Bucht auf 54°35' N und 11°9' E in etwa 28 m Wassertiefe verankert. Die Entfernung von der deutschen Küste (Fehmarn) beträgt 4,3 sm, von der dänischen Küste (Læsland) 7,2 sm. Die engste Stelle des Fehmarnbeltes mit 9,4 sm Breite liegt etwa 5 sm östlich von Feuerschiff. Die Tiefe von 28 m entspricht der Satteltiefe, d.h. der tiefsten Einbuchtung in der Schwelle, durch die noch ein Wasseraustausch stattfinden kann.

Wie schon aus diesen Angaben hervorgeht (s.a. die Skizzen), ist die Lage des Feuerschiffes "Fehmarnbelt" für hydrographische Untersuchungen besonders gut geeignet; einmal wegen der Lage mitten über der Satteltiefe dieser Rinne (im Gegensatz zu den meisten übrigen Feuerschiffen, die gewöhnlich auf Untiefen verankert sind), zum anderen wegen der hervorragenden Rolle, die gerade der Fehmarnbelt in den Austauschvorgängen zwischen Nord- und Ostseewasser spielt. Nach Untersuchungen von J. F. J a c o b s e n [14], R. W i t t i n g [15] u.a. vollzieht sich der weitaus größte Teil des Austausches durch den Großen Belt (und damit auch durch den Fehmarnbelt), und zwar im Jahresmittel 41 km<sup>3</sup> Ausstrom pro Monat, während der Öresund mit im Mittel 11 km<sup>3</sup> dagegen zurücktritt. Vor allem dürfte wegen der geringen Satteltiefe des Öresundes der Einstrom salzreichen Tiefenwassers



Die im vorliegenden Diagramm gezeigte Querschnittsform des Fehmarnbeldes ist eine vereinfachte Darstellung der tatsächlichen Verhältnisse. Die wirkliche Tiefe des Beldes ist durch die unregelmäßige Form der Kurve angedeutet. Die mittlere Tiefe des Beldes beträgt ca. 15 m. Die maximale Tiefe des Beldes beträgt ca. 25 m. Die mittlere Breite des Beldes beträgt ca. 10 km. Die maximale Breite des Beldes beträgt ca. 15 km. Die mittlere Länge des Beldes beträgt ca. 100 km. Die maximale Länge des Beldes beträgt ca. 150 km. Die mittlere Tiefe des Beldes beträgt ca. 15 m. Die maximale Tiefe des Beldes beträgt ca. 25 m. Die mittlere Breite des Beldes beträgt ca. 10 km. Die maximale Breite des Beldes beträgt ca. 15 km. Die mittlere Länge des Beldes beträgt ca. 100 km. Die maximale Länge des Beldes beträgt ca. 150 km.

aus dem Kettegat in dieser Länge fast völlig fehlen; von gewisser Wichtigkeit ist er jedoch deshalb, weil er für den Oberflächenstrom eine sehr viel kürzere Verbindung zwischen Kettegat und Arkonabecken darstellt als der lange Weg durch die Belte. [15]

Der Anteil des Kleinen Beltes tritt wegen seines wesentlich kleineren Querschnittes (Großer : Kleiner Belt wie 13 : 1) und des weiteren Weges gegen die Anteile der beiden anderen Verbindungsstraßen zurück, trägt aber auch zur Verstärkung des Austausches durch den Fehmarbalt bei.

Besondere Beachtung verdient die außerordentliche Seichtheit dieser Gewässer im Vergleich zu den horizontalen Dimensionen; das dargestellte Profil (Abb. 2) ist 500-fach übertieft, d.h. im natürlichen Maßstab würde die tiefste Stelle nur 0,14 mm unter der Oberlinie liegen, also etwa um Bleistiftstrichstärke! Um so überraschender ist die zu beobachtende Mannigfaltigkeit der Variationsmöglichkeiten der hydrographischen Schichtung.

## II. Die Ergebnisse

### 1.) Überblick über Wetterlage und Schichtungsentwicklung im Sommer und Winter.

#### e) Bemerkungen zu den Tafeln 1 bis 4.

Im folgenden Abschnitt soll zunächst die zeitliche Entwicklung der hydrographischen Elemente unter dem Einfluss der beteiligten meteorologischen Faktoren verfolgt werden. Um eine möglichst übersichtliche Gegenüberstellung aller Elemente zu erreichen, ist deren Ablauf in Isoplethen oder gewöhnlichen Kurven als Funktionen der Zeit übereinander dargestellt; und zwar auf Tafel 1 bzw. 3 Lufttemperatur, Isoplethen der Wassertemperatur, des Salzgehaltes und der Dichte  $\sigma_t$ , dazu auf Tafel 2 und 4 Windrichtung und -geschwindigkeit, Stromkomponenten in Längsrichtung und Stromisoplethen.

Bei den einzelnen Darstellungen sind folgende Punkte zu beachten: 1.) Die zeitliche Lage der t-u-Serien ist durch kurze Striche über der Thermo-Isoplethendarstellung markiert; die Ziffern bedeuten die Nummern der Serien in den Tabellen.

2.) Die Thermo-Isoplethen auf Tafel 1 sind mit  $1^\circ$ -Abstand, auf Tafel 3 dagegen mit  $0,5^\circ$ -Abstand gezeichnet. Auf Tafel 1 stellt der tiefste blaue Farbton Temperaturen von  $9^\circ$ - $10^\circ$  dar, die  $20^\circ$ -Grenze verläuft zwischen der braunen und karminroten Färbung. Auf Tafel 3 verläuft die  $1^\circ$ -Linie zwischen blau und grün, die  $3^\circ$ -Linie zwischen orange und rot.

3.) Die Isoplethen des Salzgehaltes  $S$  und der Dichte  $\sigma_t$  sind im Abstand von je einer Einheit gezeichnet, die Linien 10, 15, 20 usw.

sind hervorgehoben und im Mittelteil bezeichnet.

4.) Die Werte für Lufttemperatur, Windrichtung und -stärke sind aus den 2-stündigen Beobachtungen (s. Tabellen, Anhang) entnommen. Die gestrichelten Teile der Windstärkekurve beruhen auf Schätzungen nach der Beaufortskala.

5.) Die Längskomponenten des Oberflächenstromes auf Tafel 2 und der Stromgeschwindigkeiten in den verschiedenen Tiefen auf Tafel 4 sind positiv (Einstrom) nach oben, negativ (Ausstrom) nach unten aufgetragen; die Bedeutung der verschiedenen Signaturen ist auf der Tafel angegeben.

6.) Die Strom-Isoplethen auf Tafel 2 (Sommer) beruhen auf vereinzelt Strommessungen, die in den Tabellen nicht aufgeführt sind, sowie den Drehwinkelbeobachtungen am Wasserschöpfer. Jede Beobachtung oder Messung ist durch einen Buchstaben gekennzeichnet, dessen Bedeutung aus der Tafel zu ersehen ist. Wegen der geringen Zahl der Werte in der ersten Hälfte des Beobachtungszeitraums ist die Lage der Isoplethen dort z.T. hypothetisch.

Auf Tafel 4 sind die Isoplethen der Längs- und Querkomponenten gesondert aufgetragen. Die positiven (Längs-K.=Einstrom) Werte sind durch blaue, die negativen (Längs-K.=Ausstrom) durch rote Fönung gekennzeichnet; Gebiete mit Stromstille sind grau schraffiert. Der Abstand der Isoplethen beträgt 50 cm/sec, z.T. sind auch die Zwischenwerte 25, 75 usw. gestrichelt eingetragen. Die tiefrote Fönung bedeutet negative Komponenten von 50-75 cm/sec, die tiefblaue stellt positive Komponenten von 100-150, die grüne von 150-200 cm/sec dar.

7.) Die seitliche Lage der Stromserien (nur auf Tafel 4) ist ebenfalls durch kurze Striche zwischen den beiden Isoplethendarstellungen bezeichnet. Die Bezifferung stimmt mit der der Serien in den Tabellen überein.

#### b) Wetterlage und Oberflächenströmung.

Die Witterung des sommerlichen Beobachtungszeitraumes zeichnete sich als trockene Hitzeperiode ungewöhnlicher Dauer aus (das Jahr 1947 brachte für Mitteleuropa den niederschlagsärmsten August und den wärmsten September seit langen Jahren). Die Ursache war ein mit außerordentlicher Beharrlichkeit haltendes oder immer wieder aufbauendes Hochdruckgebiet im skandinavischen Raum. Schon im vorangegangenen Winter 1946/47 hatte diese Erhaltungstendenz zu langandauernden extremen Kälteperioden geführt; im Sommer wurden entsprechend mit anhaltenden Winden aus östlichen Richtungen trockene erhitete Kontinentalluftmassen nach Mitteleuropa verfrachtet.

Diese besonderen Witterungsbedingungen machen sich naturgemäß deutlich auch in den hydrographischen Verhältnissen der Ostsee bemerkbar. Als erstes fällt die lange Dauer des ununterbrochenen Aus-



... in der ...

... die ...

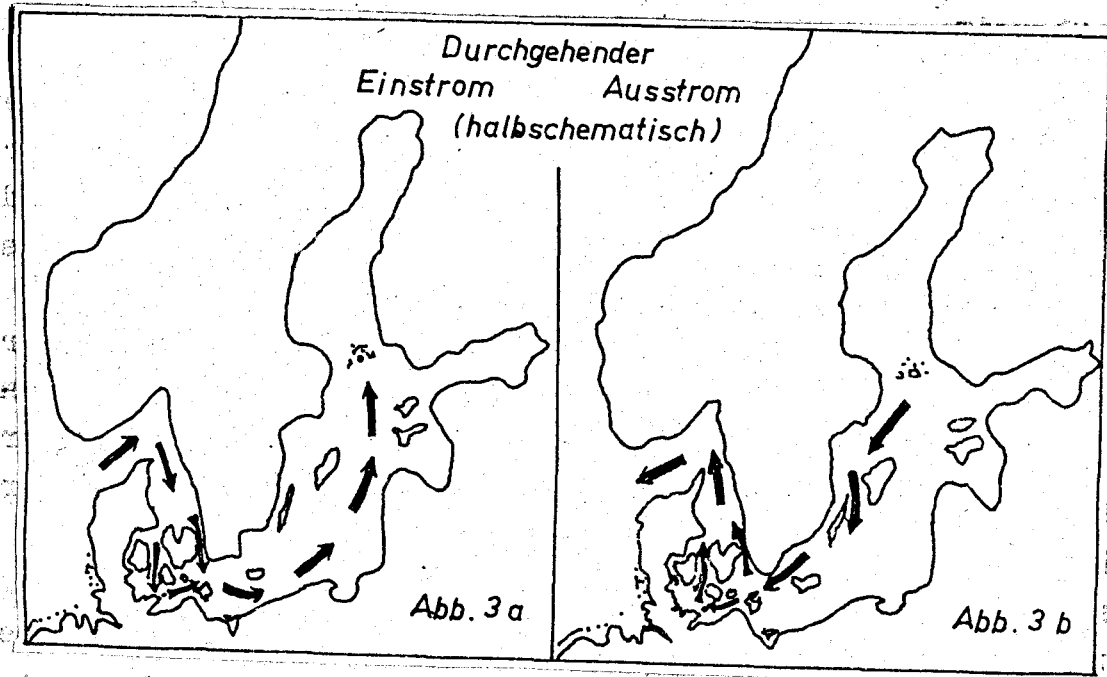
... die ...

... die ...

... die ...

... die ...

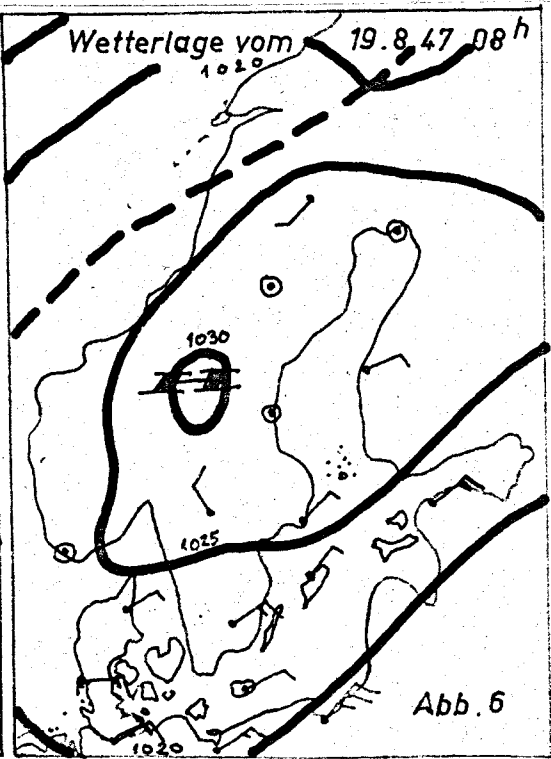
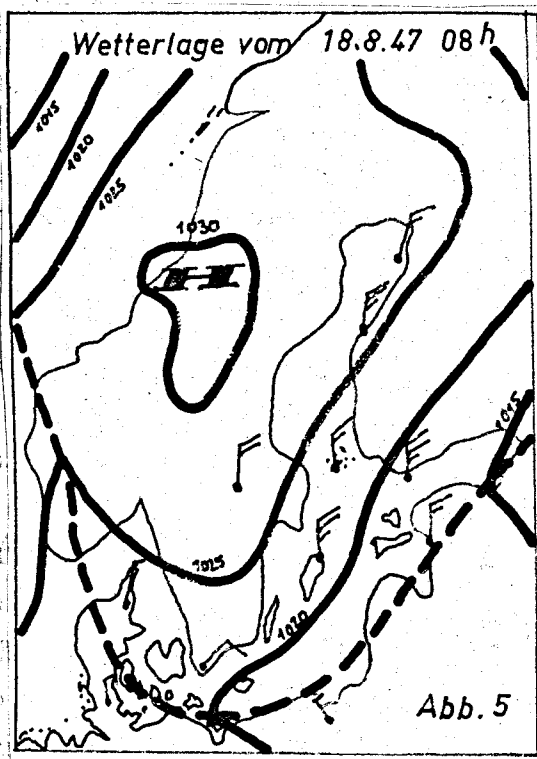
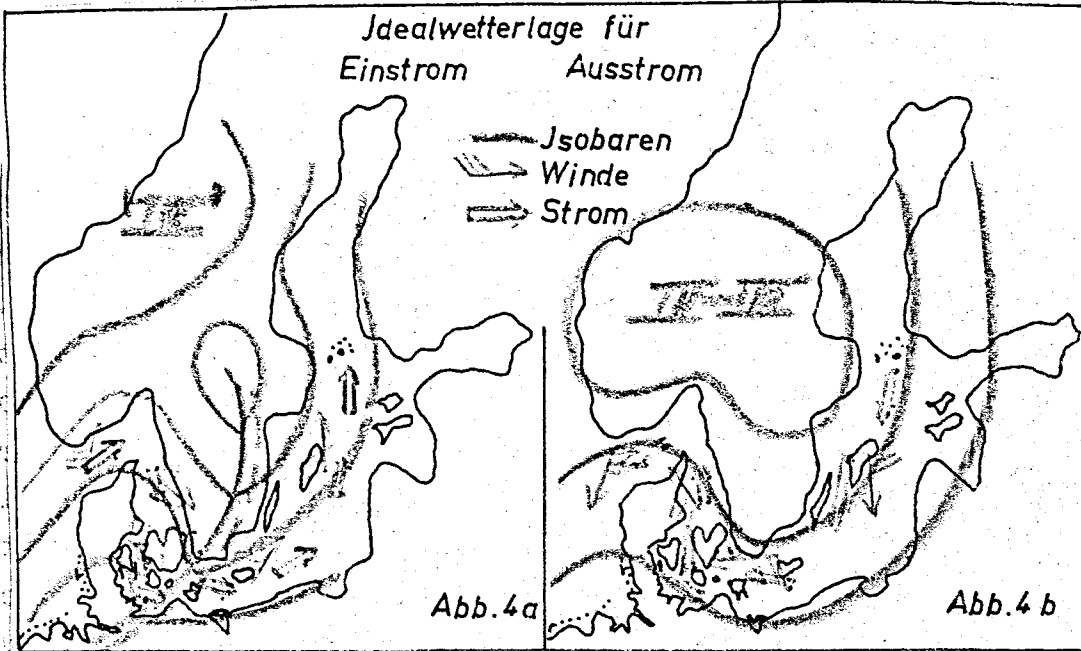
... die ...



... die ...

stromes an der Oberfläche auf; während des gesamten Zeitraumes vom 10.-31.8., also volle 22 Tage, herrschen im Fehmarnbelt Ströme mit nordwestlich, d.h. auswärts gerichteter Komponente. Diese Dauer entspricht nach W a t t e n b e r g [2] etwa dem Extremwert der bisher beobachteten Ausstromperioden. Untersucht man die Ursachen, so ist zunächst festzustellen, daß die Windrichtung am Fehmarnbelt durchaus nicht immer in dem für einen Trift-Ausstrom günstigen Sektor zwischen Ost und Südost liegt; vielmehr herrschen besonders in der 2.Hälfte dieses Zeitraumes Winde mit nördlicher Komponente vor. Es handelt sich also offenbar ganz überwiegend um einen Gradientenstrom, der durch den Abfluß des in der südlichen Ostsee angestauten Wassers entsteht und der durch den im Mittel stets herrschenden Ausstrom noch verstärkt wird. Diese Beobachtung wird bestätigt durch eine bisher unveröffentlichte Untersuchung der mittleren Oberflächenstromverhältnisse in der westlichen Ostsee und im Kattegat durch G. D i e t r i c h, über die dieser in einem Referat im Rahmen des meereskundlichen Kolloquiums des Kieler Institutes berichtete. [16] D i e t r i c h stellt auf Grund aller verfügbarer Strombeobachtungen aus dem Jahre 1937 Stromkarten für die 4 verschiedenen Hauptwindrichtungen bei 2 verschiedenen Windstärken (3 und 6) auf, die deutlich die Abhängigkeit von Stromrichtung und -stärke in den Verbindungsstraßen der Beltsee von der Größe und Richtung des Luftdruckgefälles veranschaulichen. Für den Fehmarnbelt stimmen dabei die als Mittelwerte gefundenen Ergebnisse gut mit den Einzelbeobachtungen der vorliegenden Reihen überein; naturgemäß sind dabei die Mittelwerte der Stromgeschwindigkeiten etwas niedriger als die im Einzelfall möglichen Extreme. Aus der Darstellung der Stromverhältnisse bei nördlichen Winden ist zu entnehmen, daß selbst bei Windstärke 6 im Öresund noch kräftiger nach Norden gerichteter Ausstrom zu herrschen pflegt, d.h. der durch den Anstau in der südlichen Ostsee hervorgerufene Gradientenstrom überwiegt (wenigstens in Öresund) den entgegengesetzten Triftstrom.

Hier soll nun auf einem etwas anderen Wege durch eine einfache Überlegung gezeigt werden, welche Wind- (und damit auch Luftdruck-) Verteilung über der Ostsee die günstigsten Voraussetzungen für einen durchgehenden Ein- oder Ausstrom bildet. (Vgl. W. M a n e g o l d, [3] Zeichnet man sich in eine Karte der Ostsee Strompfeile schematisch so ein, daß sie sich zu einem durchgehenden Strom zusammensetzen, so erhält man (unter Berücksichtigung der Corioliskraft, die den Strom an die rechte Flanke drängt) das Bild der Abb. 3 a/b. Unter der Annahme, daß diese Strömungen Triftströme des an den ver-



schiedenen Orten gerade herrschenden Windes sind, kann man zu jedem Strompfeil den zugehörigen Windpfeil konstruieren und damit auch die Richtung der Isobaren des entsprechenden Luftdruckfeldes. Aus dem entstehenden Bild (Abb. 4 a/b) ergibt sich die einfache Bedingung, daß sich die Isobarenrichtung ~~///~~ möglichst gut der Hauptstromrichtung anpassen muß, um einen maximalen, durchgehenden Strom zu erzeugen (unter der berechtigten Annahme, daß der Ablenkungswinkel des Triftstromes gegenüber der Windrichtung, s.u.a. bei G. Neumann [13], größenordnungsmäßig demjenigen des Bodenwindes über See vom geostrophischen Wind entspricht). Selbstverständlich spielt auch die Größe des Luftdruckgradienten dabei eine wesentliche Rolle; jedoch ist die erste Bedingung deshalb so wichtig, weil ohne Abflußmöglichkeit sich die durch Windkraft in Bewegung gesetzten Wassermassen sehr bald aufstauen würden und damit der Triftstrom aufhören oder wenigstens stark gehemmt würde. (Vgl. das Beispiel auf S. 16, Ausstrom bei Norðwind).

Aus den beiden Skizzen 4 a/b geht deutlich hervor, daß eine optimale Einstromlage beim langsamen Durchzug oder besser noch Stationärwerden eines Tiefdruckausläufers über Südkandinavien entsteht (möglichst unter Mitwirkung einer Konvergenz etwa von Stockholm über Schonen nach Hamburg), und daß entsprechend für Ausstrom ein Hoch über Skandinavien mit einem Keil über Südschweden die günstigsten Bedingungen schafft.

Damit ist bereits die außergewöhnliche Dauer dieser sommerlichen Ausstromperiode erklärt, denn wir finden, wie oben bereits erwähnt, während dieser Zeit fast immer hohen Druck über Skandinavien, zumindest aber antizyklonal gekrümmte Isobaren über der Ostsee. Dadurch, daß die Bedingung genügender Abflußmöglichkeit aus dem Kattegat nicht immer ideal erfüllt ist, entstehen Schwankungen der Stromstärke, die sich in einzelnen anhand der täglichen Isobarenverteilung erklären lassen. Als Beispiel sei hier die Lage vom 18.-20.8. gezeigt, die ein ~~er~~ erstes Strommaximum von rd. ~~5~~ 90 cm/sec erzeugt; (Nach dem von Meteorologischen Amt für Nordwestdeutschland herausgegebenen "Täglichen Wetterbericht" [17]) (Abb. 5-7)

Entsprechend den oben abgeleiteten Forderungen finden wir auch am Fehmarnbelt an diesen Tagen optimale ~~///~~ Bedingungen für Ausstrom, nämlich Winde um Ost-von im Mittel etwa 8 m/sec.

Ein ~~z~~ zweites Strommaximum am 22.8. mit über 100 cm/sec wird dagegen hervorgerufen durch die Verstärkung des Luftdruckgradienten infolge eines über Polen entstehenden Tiefs; Bornholm meldet während dieser Zeit Nordostwind, Stärke 6.

In dem folgenden Rest der Ausstromperiode (von 23.-31.8.) herrschen am Fehmarnbelt, wie schon oben erwähnt, nördliche Windkompo-



nenten vor; damit sind die Abflußbedingungen in Beltsee und Kattegat ungünstig, die Strömungsgeschwindigkeit also entsprechend geringer trotz offenbar gleichbleibenden Anstaus in der südlichen Ostsee. Ihr vorübergehendes Ende findet die Ausstromperiode mit einigen kurzen Schwingungen um den Nullwert am 31.8.-3.9.; durch ein kräftiges Tief über Polen gerät die südöstliche Ostsee unter den Einfluß zyklonal gekrümmter Isobaren, sodaß die Stauwirkung aufhört.

Im Winter läßt sich der Beobachtungszeitraum nach Wetterlage und Strom in 2 große Abschnitte zerlegen: der erste dauert bei östlichen Winden vom 21.2.-6.3., der zweite bei westlichen Winden vom 7.-17.3. Die Wetterlage zeigt im ersten Abschnitt antizyklonalen Einfluß ähnlich der im Sommer vorherrschenden Lage; wir finden hohen Druck anfangs in einer ost-westlichen Zone von Island über Südschweden nach Mitteleuropa, sodaß unser Gebiet, südlich der Kernzone liegend, eine winterliche Kälteperiode (und zwar die einzige während des ganzen Winters) erlebt. Der Oberflächenstrom ist dementsprechend bis zum 4.3. nach auswärts gerichtet und schwankt dann bis zum 6.3. mit sehr geringen Werten um Null, der fast völligen Windstille entsprechend, die im Kern des sich jetzt langsam südwärts verlagernden Hochdrucksystems herrscht. (Abb.9, Wetterlage vom 5.3.) Am 7.3. gerät unser Gebiet dann auf die Nordseite des Hochdruckkerns; damit setzt sich in zunehmendem Maße eine westliche Luftströmung durch. Ein kräftiges Tief vor Mittelnorwegen läßt am 10.3. einen Ausläufer über Mittelschweden schwenken (Abb.10), wobei mit Windstärke 6-7 aus NNW das absolute Strommaximum an der Oberfläche ( $190 \text{ cm/sec} = 3.7 \text{ sm/h!}$ ) erreicht wird. Mit einer kurzen Unterbrechung am 15./16.3. hält dann der Einstrom bis zum Schluß der Beobachtungen an. Ein Vergleich der Abb.10 mit der "idealen" Einstromlage (Abb.4 a) zeigt weitgehende Übereinstimmung, wenigstens in Kattegat, Beltsee und südlicher Ostsee. Allerdings entsteht infolge des Fehlens der nach Norden gekrümmten Isobaren über der zentralen Ostsee ein starker Anstau an der baltischen Küste, der zu einem Zurückschwingen der Wassermassen bei Nachlassen der Windeinwirkung führt (s. Seite 31)

### c) Die thermohaline Schichtung.

Mit der Erklärung der reinen Oberflächenstromverhältnisse ist für die übrigen hydrographischen Elemente, insbesondere also  $t$  und  $S$ , nur wenig gesagt. Betrachtet man die Isoplethendarstellungen dieser Größen (Tafel 1 und 3), so kann man ohne Schwierigkeit gewisse Abschnitte abgrenzen, die sich in ihrem Charakter mehr oder weniger stark unterscheiden.

Im Sommer dauert der erste Abschnitt von Beginn (9.8.) bis zum

18.8. Die Lufttemperatur nimmt während dieser Zeit langsam zu; besonders deutlich ist der Sprung nach oben am 15.8., als der Wind von NW auf SE dreht, jetzt also stark erwärmte Festlandsluftmassen die kühleren Nordseeluft ablösen. Auch in der Wassertemperatur wirkt sich diese Erwärmung sofort aus: es treten an der Oberfläche nachmittägliche Maxima von über  $21^{\circ}$  auf, während die Lufttemperatur am 17.8. nachmittags ihr absolutes Maximum von  $24^{\circ}$  erreicht. Im nordwestdeutschen Binnenland liegen gleichzeitig die Höchsttemperaturen bei  $23-30^{\circ}$ , der maritime Einfluß der Ostsee ist also deutlich spürbar.

In den tieferen Schichten zeigt sich während dieses ersten Abschnittes eine sprungschichtartige Drängung der Isothermen und Isohalinen in einer mittleren Tiefe von etwa 15 m; unterhalb 20 m herrscht nahezu Homothermie bei konstantem Salzgehalt, die Strombeobachtungen zeigen hier nur sehr geringe Geschwindigkeiten oder völlige Ruhe.

Am 18.8. nun erfolgt der Durchzug einer Windkonvergenz aus Norden (s. Abb. 5.), hinter welcher der inzwischen wieder auf nordwestliche Richtung rückgedrehte Wind erneut auf Ost umspringt und dabei auf Stärke 5-6 auffrischt. Während aber am 15.8. Festlandsluft herangeführt wird, handelt es sich diesmal um Luftmassen aus dem Raum des Bottenbusens, die also relativ kühl sind. Die Lufttemperatur geht im Tagesmittel um etwa  $3^{\circ}$  zurück, die Oberflächen-Wassertemperatur demgleichen. Gleichzeitig vollzieht sich aber auch ein grundlegender Wandel im vertikalen Aufbau der Wassermassen. Die erste Wirkung des Auffrischens des Windes besteht in verstärkter Durchmischung der oberen Wasserschichten, verbunden mit einem Transport von Wärme in größere Tiefen. In den Isoplethen ist diese Erwärmung erkennbar an der warmen Zunge, die sich vom 18.-20.8. aus etwa 7 m Tiefe bis fast zum Boden verschiebt. Gleichzeitig zeigen die S-Isoplethen ein scharfes Abbiegen nach unten; d.h. die bisherige Schichtung wird durch eine salzärmere ersetzt, bei der als Folge der Durchmischung die obere Schicht von etwa 0-5 m nahezu homohalin ist. Die Hauptsprungschicht sinkt ab auf etwa 15-20 m. Die Strombeobachtungen zeigen hier einen tief (bis zum Boden) reichenden kräftigen Ausstrom.

Das Bemerkenswerteste an der neuen Schichtung sind jedoch die zum ersten Male am 19.8., dann am 21., 23./24. und später am 26./27., am 29. und 30.8. im Bereich der obersten 10 m auftretenden "Waltballen", die durch wärmere Gebiete voneinander getrennt sind. In den Zustandskurven der einzelnen Serien erscheinen sie als kräftige intermediäre Minima, die sämtlich oberhalb der S-Sprungschicht

liegen (die S-Sprungschicht hebt sich während der Zeit von 20.-24.8. langsam von etwa 15 auf 0-5 m). Über die besonderen Eigenschaften und die Entstehung dieser Kältewellen soll unten in einem speziellen Abschnitt berichtet werden (s. Seite 24); hier sei lediglich ihre Existenz vermerkt.

Der nächste Abschnitt wäre zweckmäßig, den S-Isoplethen entsprechend; vom 24.8.-1.9. zu wählen. Hier zeigt sich deutlich die Ausbildung **zwei**er Sprungschichten, und zwar einer oberen, deren mittlere Tiefe zwischen 0 und etwa 7 m schwankt, sowie einer unteren, weniger scharf ausgeprägten mit einer mittleren Tiefenlage von etwa 15-20 m. Zwischen beiden Sprungschichten sind die Isohalinen deutlich aufgelockert; in der t-Darstellung liegt in diesen Bereich ein kräftiges Zwischenmaximum mit Temperaturen von  $19^{\circ}$  bis über  $20^{\circ}$ . Zur Erklärung dieser Verhältnisse tragen die Strombeobachtungen bei: Während der Oberflächenstrom im Mittel geringere Werte des Ausstroms zeigt, finden wir darunter erstmalig Einstrom vor, der als Kompensation für den erheblichen Massenverlust infolge des vorangegangenen starken Ausstromes anzusehen ist. Offenbar stellt die obere Sprungschicht die Grenze zwischen dem Ausstrom an der Oberfläche und dem daruntergeschobenen Einstrom dar. Die Salzgehaltszunahme durch den Einstrom von Kattegatwasser ist vor allem in der Schicht 5-10 m deutlich erkennbar.

Auffällig ist weiterhin während dieses Abschnittes die starke, fast wellenartige Schwankung der Höhenlage der oberen Sprungschicht; die Ursachen dieser Erscheinung werden ebenfalls weiter unten noch gesondert behandelt (s. Seite 22)

Der letzte Abschnitt der sommerlichen Entwicklung ist gekennzeichnet durch die Vereinigung der beiden Sprungschichten zu einer mittleren durch das Absinken der oberen und leichtes Ansteigen der unteren Sprungschicht. Die maximale Krümmung der Isohalinen bzw. Isosteren befindet sich jetzt zwischen etwa 8 und 18 m. Der Oberflächenstrom ist Null oder sehr schwach, in der Sprungschicht (hier besser: Übergangschicht) herrscht ~~starker~~ Einstrom vor. Das thermische Maximum hält sich nach wie vor im Bereich um etwa 10 m, geht jedoch in seiner Mächtigkeit etwas zurück. Die Oberflächenschicht unterscheidet sich von den vorangegangenen Abschnitten durch ihr ausgesprochen ruhiges Bild, ihre Schichtung ist fast homotherm und homohalin. Die Lufttemperatur ist inzwischen merklich zurückgegangen (im Tagesmittel etwa noch  $17.5^{\circ}$ ); es bildet sich daher schon eine frühherbstliche Konvektion zwischen dem 10 m -Maximum und der Oberfläche aus.

Ebenso wie es im Sommer glückte, das Jahresmaximum zu erfassen, gelang es auch, das winterliche Extrem in die Reihe einzubeziehen,



dadurch daß, wie bereits erwähnt, die einzige Kälteperiode des im übrigen sehr milden Winters 1947/48 in den ersten Teil der Beobachtungen fiel. Die thermohaline Schichtung zeigt naturgemäß in vielen Punkten ein von der Sommerreihe abweichendes Bild. Charakteristisch ist besonders die wesentlich schwächere Temperaturschichtung; die Differenz zwischen absolutem Maximum und Minimum beträgt nur etwa  $3^{\circ}$  (gegenüber mehr als  $11^{\circ}$  im Sommer). Diese Tatsache erklärt sich ohne weiteres als Folge der Konvektion. Lediglich die meist vorhandene haline Schichtung (bei Erreichen des Dichtemaximums an der Oberfläche auch dieser Punkt) verhindert einen völligen Ausgleich der Boden- und Oberflächentemperaturen. Als im letzten Abschnitt (13.-18.3.) die haline Schichtung nahezu verschwindet, finden wir daher auch einen fast völligen Ausgleich der vertikalen Temperaturunterschiede.

Auch hier lassen sich einige markante Abschnitte der thermohalinen Schichtung festlegen. In der antizyklonalen ersten Hälfte wird die Oberfläche durch die Kaltluftzufuhr aus Osten dauernd abgekühlt; die gegenseitige Beeinflussung von Luft- und Wassertemperatur zeigt dabei deutlich den mildernden maritimen Einfluß der wärmespeichernden Ostsee. Am 21.2.48 beträgt um 07 Uhr MEZ die Lufttemperatur in:

Riga	$-21^{\circ}$	Hamburg	$-13^{\circ}$
Danzig	$-14^{\circ}$	Travemünde	$-11^{\circ}$
Swinemünde	$-13^{\circ}$	Fehmarnbelt	$-5^{\circ} 0$ [17]

Eine weitere deutliche Folge dieser Temperaturdifferenzen ist die dauernde Bildung dichten Nebels über der Ostsee und ihrem Küstengebiet während dieser Tage.

Die haline Schichtung ist gekennzeichnet durch eine Sprungschicht die anfangs dicht über dem Boden liegt, dann in mittlere Lagen aufsteigt und schließlich, verschärft infolge Wind- und Stromruhe, am 7.3. bis fast an die Oberfläche gelangt.

Der zweite Abschnitt beginnt mit dem Wetterumschlag am 7.3. Die kräftigen Westwinde verursachen eine turbulente Durchmischung der oberen Schichten und damit die Zerfasung der Sprungschicht. Die Turbulenz zur Zeit des absoluten Strommaximums am 10./11.3. ist so stark, daß erstmalig die vertikalen Unterschiede der thermohalinen Schichtung fast völlig verschwinden.

Im folgenden Abschnitt, vom 12.3. bis zum Schluß, bleibt, von vorübergehenden Einschüben salzärmeren Oberflächenwassers abgesehen, die Wassermasse nahezu homogen. Insbesondere treten als Folge zweier Wind- und Strommaxima am 13. und 17.3. nochmals starke vertikale Turbulenzwirkungen durch völliges Verschwinden der Schichtung hervor. An 15. und 16.3. steigen bei Lufttemperaturen von im Mittel  $5^{\circ}$  erstmalig die Oberflächentemperaturen wieder auf über  $3^{\circ}$  an, d.h.

der Übergang zum Frühjahrszustand (Erwärmung von der Oberfläche her) macht sich bereits bemerkbar.

Die Frage, ob die thermohaline Schichtung immer stabil ist, oder ob auch Fälle von Dichteabnahme mit der Tiefe vorkommen, läßt sich nicht mit voller Sicherheit beantworten, da (wie schon oben betont wurde) die Serien in sich nicht streng synoptisch sind. Die meisten in den Zustandskurven vorkommenden Fälle lassen sich durch Fehler im Rahmen der Meßgenauigkeit erklären. Dafür spricht auch, daß im Winter (bei erhöhter Meßgenauigkeit durch die Verwendung des Refraktometers) insgesamt nur 4 Fälle vorkommen, während im Sommer etwa 12 mal die Dichte mit der Tiefe abzunehmen scheint. Lediglich 2 Fälle im Sommer beruhen offenbar auf realen Instabilitäten, und zwar in Serie S 109 (30.8.) und S 125 (2.9.). In diesen beiden Fällen nimmt  $\sigma_t$  und  $\sigma_\tau$  von der Oberfläche bis 5 m Tiefe ab (bei fast konstantem  $t$ ), und zwar um rd. 2 Zehntel Promille bzw. ‰ Einheiten  $\sigma_t$ . In den darauffolgenden Serien S 110 und S 126 ist dann der Ausgleich wiederhergestellt, d.h. die zu leichten Schichten aus 5 m sind aufgestiegen. Offenbar handelt es sich um kleinere "Wasserballen" (vgl. F. H o d e l , [1] ), die durch Turbulenz in diese Tiefe gedrückt wurden und nicht sofort wieder in die stabile Schichtung zurückkehrten. (Im Gegensatz hierzu scheinen die oben erwähnten "Kälteballen" in allen Fällen stabil gelagert zu sein; vgl. auch S. 24 ff.)

## 2.) Charakteristische Einzelvorgänge.

In den folgenden Abschnitten sollen aus der Fülle der Erscheinungen, die sich beim Wasseraustausch durch den Fehmarnbelt abspielen, einige besonders auffällige und bemerkenswerte herausgegriffen und behandelt werden. Hierbei muß unterschieden werden zwischen solchen Vorgängen, die, hervorgerufen durch Wetter- und ähnliche Einflüsse, einzelnig oder jedenfalls ohne periodische Elemente auftreten, und andererseits solchen mit periodischem Charakter. Beispiele für beide Arten von Vorgängen lassen sich ohne Schwierigkeiten in den vorliegenden Meßreihen auffinden.

### a) Unperiodische Vorgänge.

#### aa) Sprungschichtschwankungen als Folge von Strömungsschwankungen.

Bei der Besprechung der sommerlichen Schichtung ist bereits kurz auf die eigenartige wellenförmige Schwankung der oberen Sprungschicht vom 28.-31.8. hingewiesen. Die Wellenstruktur ist jedoch nur eine scheinbare; beim Vergleich mit dem Gang der übrigen Beobachtungselemente zeigt sich nämlich eine zunächst überraschende Parallelität dieser "Wellen" mit den Schwankungen der Windstärke im gleichen Zeitraum und entsprechend auch mit denen der Oberflächen-Strömungs-

schwindigkeit. In diesem letzten Punkt nun, d.h. in der wechselnden Stärke des Oberflächenstromes, haben wir die/eigentliche Ursache der Sprungschichtschwankungen zu suchen, wie im Folgenden gezeigt werden soll.

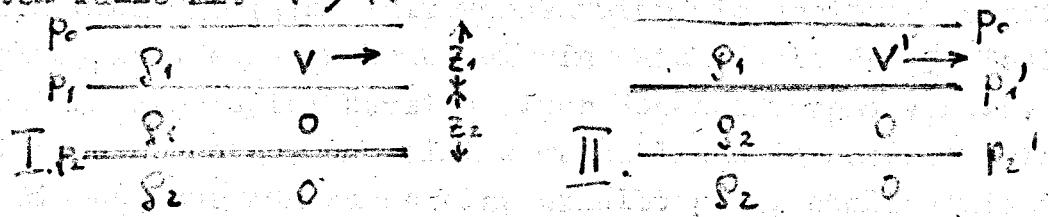
Die Hydrodynamik lehrt, daß der hydrostatische Druck in einer strömenden Flüssigkeit längs einer Stromlinie um so geringer ist, je höher ihre Geschwindigkeit ist. Dieser Satz, auf dem viele bekannte Erscheinungen beruhen (z.B. der Zerstäuber), ist auch als Bernoulli'sche Gleichung bekannt:

$$p + \rho \frac{v^2}{2} + g \cdot h \cdot \rho = \text{const.} \quad (\text{längs einer Stroml.})$$

Darin bedeuten:  $p$  = Druck,  $\rho$  = Dichte,  $v$  = Geschwindigkeit  
 $g$  = Schwerebeschleunigung,  $h$  = Höhe über einem vorgegebenen festen Niveau.

Mit Hilfe dieser Beziehung soll nun an einem schematisierten Beispiel der Betrag der Schwankung der Grenzfläche zwischen zwei verschieden dichten Flüssigkeiten abgeleitet werden.

Gegeben seien zwei Flüssigkeiten der Dichte  $\rho_1$  und  $\rho_2$ , die übereinandergeschichtet lagern. Die oberste Flüssigkeitsschicht der Dicke  $z_1$  bewege sich im ersten Fall mit der Geschwindigkeit  $v$ , im zweiten Falle mit  $v' > v$ :



Zum Ausgleich des gestörten Gleichgewichts hebt sich im Fall II die Grenzschicht um den Betrag  $z_2$ . Unterhalb der bewegten Oberschicht herrsche Stromruhe.

Wenn es sich (wie im Meere) um eine praktisch horizontal verlaufende Strömung handelt, kann das letzte Glied der Bernoulli'schen Gleichung in die Konstante einbezogen werden, und es wird

$$p + \frac{v^2}{2} \rho = \text{const.}$$

Für  $v = 0$  wird dann  $p = \text{const.}$ , d.h. die Konstante stellt den hydrostatischen Druck der ruhenden Flüssigkeit dar. Dann ist also

$$p = p(v=0) - \frac{v^2}{2} \rho$$

worin deutlich das 2. Glied die Druckerniedrigung bei zunehmender Geschwindigkeit darstellt.

In unserem Beispiel ist im Fall I also

$$p_1 = p_0 + g z_1 \rho_1 - \frac{v^2}{2} \rho_1 \quad \text{und}$$

$$p_2 = p_1 + g z_2 \rho_1 = p_0 + g \rho_1 (z_1 + z_2) - \frac{v^2}{2} \rho_1$$

Entsprechend wird im Fall II, d.h. bei erhöhter Strömungsgeschwindigkeit  $v'$ :

$$p_1' = p_0 + g z_1 \rho_1 - \frac{v'^2}{2} \rho_1$$

$$p_2' = p_1' + g z_2 \rho_2 = p_0 + g (z_1 \rho_1 + z_2 \rho_2) - \frac{v'^2}{2} \rho_1$$

Da nun nach Voraussetzung unterhalb des Niveaus  $p_1 / p_1'$  Stromruhe herrschen soll, muß aus Kontinuitätsgründen

Nach Division durch  $\rho_1$   $\searrow$   $p_2' = p_2$  sein, d.h.

$$p_0 + g(z_1 \rho_1 + z_2 \rho_2) - \frac{v^2}{2} \rho_1 = p_0 + g \rho_1 (z_1 + z_2) - \frac{v'^2}{2} \rho_1$$

$$g(z_1 + z_2 \frac{\rho_2}{\rho_1}) - \frac{v^2}{2} = g(z_1 + z_2) - \frac{v'^2}{2}$$

$$g z_2 (\frac{\rho_2}{\rho_1} - 1) = \frac{v^2 - v'^2}{2}, \text{ aufgelöst nach } z_2:$$

$$z_2 = \frac{1}{g} \rho_1 \left( \frac{v^2 - v'^2}{2(\frac{\rho_2}{\rho_1} - 1)} \right)$$

Um diesen Betrag  $z_2$  muß also die Grenzfläche gehoben werden, damit im Niveau  $p_2$  wieder Gleichgewicht herrscht, wenn die Oberflächen-Stromgeschwindigkeit von  $v$  auf  $v'$  zunimmt.

Übertragen wir die tatsächlich gemessenen Werte aus den Sprungschichtschwankungen vom 28.8.-30.8. in dieses Schema, so erhalten wir:

wir:	$v$	$v'$	$\rho_1$	$\rho_2$	$z_2$ (err.)	$z_2$ (beob.)
Absinken 28./29.:	57	23	1.006	1.010	-348 cm	-350 cm
Absinken 29./30.:	73	23	1.006	1.011	-491 cm	-500 cm

Die Übereinstimmung der errechneten und der beobachteten Werte in diesem Falle ist um so überraschender, als die Bestimmung des Dichteunterschiedes  $\rho_1 - \rho_2$  nur mit verhältnismäßig geringer Genauigkeit möglich ist; eine Änderung um eine Einheit in der 3. Dezimale entspricht im 2. Beispiel bereits einer Höhendifferenz von rd. 1 m. Ferner ist zu beachten, daß einige wesentliche Voraussetzungen der Schematisierung nur näherungsweise erfüllt sind, nämlich die Grenzfläche (in Wahrheit eine Übergangsschicht), ferner die Stromruhe unterhalb der Deckschicht und schließlich die Gültigkeit der Bernoulli'schen Gleichung, die in strengem Sinne nur längs einer Stromlinie erfüllt ist (also nicht am gleichen Ort für eine vorbeiströmende Flüssigkeit). Aus diesen Gründen ist es auch zu erklären, daß diese Sogwirkungen an anderen Tagen unter anderen Bedingungen nicht oder nur abgeschwächt zu erkennen sind. Störend müssen sich auch Änderungen des Druckes  $p_0$ , d.h. also rasche Luftdruckschwankungen bemerkbar machen. (Während der oben behandelten Tage blieb der Luftdruck nahezu konstant).

bb) Herkunft und Entstehung der "Kälteballen".

Eine zweite auffällige unperiodische Erscheinung stellen die (ebenfalls oben mehrfach kurz erwähnten "Kälteballen" dar, d.h. also die im Sommer zwischen dem 19. und 30.8. wiederholt auftretenden negativen Temperaturanomalien in der oberen Schicht.

Zunächst ist die Frage nach der Herkunft der an der Bildung dieser Anomalien beteiligten Wasserkörper zu klären. (Unter einem Wasserkörper soll hier eine in sich homogene, nicht zu ausgedehnte Wassermasse von bestimmter Temperatur und bestimmten Salzgehalt

verstanden werden). Die Eigenschaften eines solchen Wasserkörpers, insbesondere also  $t$  und  $S$ , bleiben bei advektiver Verlagerung weitgehend erhalten, wenigstens in der von der Verwischung mit angrenzenden Wasserkörpern und von der Beeinflussung durch Strahlung freien "Kernschicht" einer Strömung. Daher ist es möglich, auch ohne Kenntnis der Richtung und Größe dieser Strömung auf die Herkunft eines ortsfremden Wasserkörpers zu schließen, falls die ursprüngliche oder normale Lage der verschiedenen Wasserkörper bekannt ist. Lagern sich nun zwei Wasserkörper verschiedener Herkunft übereinander, so entsteht in der Grenzzone ein Mischungs- oder Übergangswasserkörper, dessen Eigenschaften sich nach den Mischungsregeln in der Mitte derjenigen der beiden ursprünglichen Wasserarten bewegen. Besonders anschaulich werden diese Verhältnisse in dem sogen.  $S = f(t)$ -Diagramm nach H e l l a n d - H a n s e n (eine ausführliche Darstellung dieser Methode gab G. W ü s t [18]). Hierin stellen die beiden Ausgangsarten 2 Punkte dar, während die Mischungsschicht durch Punkte auf der Verbindungsgeraden dieser beiden Punkte gekennzeichnet ist, und zwar entfernen sich die Punkte des Mischwassers auf dieser Geraden umso mehr von dem einen oder anderen Ausgangspunkt, je geringer der prozentuale Anteil der betreffenden Wasserart wird. Sind mehr als 2 Wasserkörper am Aufbau der Schichtung beteiligt, so erhält man entsprechend eine ein- oder mehrfach gebrochene Gerade, bei der dann die End- und Enickpunkte den Kernschichten entsprechen.

Diese Methode ist streng natürlich nur dort anzuwenden, wo der Tages- bzw. Jahresgang keinen wesentlichen Einfluß mehr ausübt, führt dann aber auch in begrenzten Meeresgebieten wie den unsrigen zu brauchbaren Resultaten.

In den Diagrammen auf Tafel 5 (s. Anhang) sind in dieser  $S=f(t)$ -Darstellung die Messwerte von 13 Serien der Sommerperiode aufgetragen, und zwar neben 2 Serien mit normaler, d.h. geradliniger Beziehung (S 34 und S 52) 8 Serien, die einen Kälteballen anschnitten, sowie 3 weitere mit Zwischenstadien. Die Darstellung zeigt deutlich folgende Ergebnisse:

1.) Die ungestörten Serien und der unterhalb der gestörten Oberschicht liegende Wasserkörper bilden bis zum 23.8. eine enggebündelte Schar von Geraden; sie stellen also einen einheitlichen Mischkörper dar.

2.) Am 24.8. zeigt sich in der ungestörten Tiefenschicht eine merkliche Salzgehaltzunahme, die bis zum Schluß erhalten bleibt. Auch hier deutet die enge Bündelung darauf hin, daß es sich um einen einheitlichen Mischkörper handelt. Die  $S$ -Zunahme erklärt sich durch den vom 24.8. ab in den tiefen Schichten beobachteten Einstrom.

3.) Der erste, nur schwach ausgeprägte Kälteballen (S40) am 16.6. zeigt sich als Knick in der S-t-Beziehung; der Kern des neuen, ortsfremden Wasserkörpers liegt in etwa 5 m Tiefe und ist gekennzeichnet durch geringeren Salzgehalt, was also aus einem weiter östlich gelegenen Gebiet stammen.

4.) Alle folgenden Kälteballen sind charakterisiert durch eine in Mittel berechnete Oberschicht von S = 8.5...10 ‰, in der die Temperatur mit der Tiefe bis zur Kernschicht rasch abnimmt. Von dort erfolgt schnell der Übergang zu dem darunter lagernden Normalwasserkörper unter starker t- und S-Zunahme.

5.) Die Zwischenstadien zeigen ebenfalls in der obersten Schicht t- und S-Werte, die zu dem unter 4.) erwähnten Wasserkörper von 8.5...10 ‰ gehören, hier erfolgt jedoch der Übergang zum normalen Tiefenwasser direkt, d.h. ohne Einschaltung einer kalten Kernschicht.

Zusammenfassend ist also festzustellen, daß offenbar 4 Hauptwasserkörper an der Bildung der thermohalinen Schichtung mitwirken, und zwar, der Beschriftung im Diagramm (Tafel 5. b) entsprechend:

Nr.	mittl. Temp.	mittl. S-Geh.	mittl. Tiefe an Fehmarnbelt	vermutl. Herkunft
1	21°	10 ‰	0 m	Oberfläche westl. Ostsee
2	10°	28 ‰	27 m	Tiefenwasser Beltsee
3	19-20°	15-17 ‰	5-10 m	Oberfläche Beltsee
4	11-13°	9-10 ‰	3-6 m	mittl. Tiefe mittl. Ostsee

Der Mischkörper 1/2 würde oben als Normalwasserkörper bis zum 23.6. beobachtet, der Mischkörper 3/2 stellt den Normalwasserkörper nach dem 24.6. dar. Der Wasserkörper 4 bildet die Kernschicht der Kälteballen.

Aus dieser Klassifikation ist über die Herkunft der Kälteballen folgendes zu entnehmen: Der Ursprungsort ist eindeutig weiter östlich zu suchen, nämlich dort, wo das kühle Wasser mittlerer Tiefen bereits erheblich stärker ausgemittelt ist als im Fehmarnbelt. Leider fehlen zur genaueren Festlegung des Ortes hydrographische Serienmessungen innerhalb des gleichen Zeitraumes aus dem in Frage kommenden Teil der mittleren Ostsee, jedoch kann in erster Näherung das im Sommer 1939 durch "Briton" aufgenommene Ostsee-Profil (nach H. Wa t t e n b e r g [19]) als auch für diesen Sommer gültig angesehen werden. Danach wäre der Ursprungsort der Wasserart 4 etwa im Arkonabecken zu suchen, wo ein Wasserkörper mit dieser Kombination der S- und t-Werte lagert. Wie im folgenden gezeigt werden wird, spricht auch die Erklärung der Entstehung dieser Kälteballen für

diesen Herkunftsort.

Wie aus dem vorangegangenen Abschnitt hervorgeht, ist ein durch Winddrift erzeugter kräftiger Oberflächenstrom in der Lage, eine darunterliegende Sprungschicht auszusaugen. In dem oben als wahrscheinlichsten Herkunftsort genannten Raum Arkona-Höen-Gjedser-Darß lagert die Sprungschicht gewöhnlich in etwa 20-30 m Tiefe. Da die Satteltiefe der Darßer Schwelle in 18 m liegt, kann normalerweise kein Tiefenwasser aus dem Bereich unterhalb der Sprungschicht nach Westen gelangen; unter besonders günstigen Umständen jedoch, wenn nämlich ein verstärkter nach Westen gerichteter Oberflächenstrom (auch die Verstärkung durch die Lage Gjedser-Riff - Darß spielt

dabei eine Rolle) die Sprungschicht auf eine Höhe anhebt, die merklich über der Satteltiefe liegt, gelangt Tiefenwasser über die Schwelle hinweg in die allgemeine Westströmung und wird mit ihr nach Westen verfrachtet. Dabei lagert es sich seiner Dichte entsprechend über das wärmere Oberflächenwasser der westlichen Ostsee. Da aber Wind und Strom meist nur vorübergehend die nötige Stärke erreichen, um die Sprungschicht über die Satteltiefe emporzuheben, wird jeweils nur ein kurzer Schwall von Tiefenwasser über die Schwelle gelangen, der dann in der allgemeinen Drift später als kurzer Einschub, eben als "Kälteballen" feststellbar ist.

Diese zunächst hypothetische Erklärung wird durch die Beobachtungen weitgehend gestützt. Als Beispiel sei die Entstehung der beiden markanten Kälteballen verfolgt, die am 21.8. am Fehmarnbelt erscheinen. In der Nacht vom 18. zum 19.8. frischt der Wind aus E auf bis fast 10 m/sec, flaut dann in den Morgenstunden des 19.8. auf 7 m/sec ab, um nachmittags nochmals nahezu 10 m/sec zu erreichen. Bis zum Mittag des 20.8. flaut er dann ganz ab. Diese beiden Windspitzen, die in ähnlicher Form und nahezu gleichzeitig auch im Raume Gjedser-Darß aufgetreten sein werden, zeigen die eben besprochene Wirkung, indem sie je einen Einschub kalten Tiefenwassers hervorrufen. Nach jeweils 50-55 Stunden werden dann diese Einschübe am Fehmarnbelt als Kälteballen beobachtet; bei einer Entfernung von rd. 50 sm entspricht das einer mittleren Geschwindigkeit von etwa 1 sm/h oder 50 cm/sec. Die mittlere Geschwindigkeit des Oberflächenstromes am Fehmarnbelt während des gleichen Zeitraumes beträgt etwa 75 cm/sec; der höhere Wert erklärt sich ohne weiteres durch die Düsenwirkung des Fehmarnbeltes. In ähnlicher Weise lassen sich den Kälteballen vom 26.8. die Windspitzen vom 23./24.8. und denen vom 29./30. die Windspitzen vom 27./28.8. zuordnen.

Im Winter sind Erscheinungen dieser Art nicht festzustellen. Die Gründe sind folgende: einerseits fehlt im Winter die Ausstromlage extremer Prägung, zum anderen aber (und das ist der Haupt-





grund) sind die vertikalen Temperaturunterschiede so gering, daß ortsfremde Wasserkörper nicht als Temperaturanomalien in Erscheinung treten können. Wenn überhaupt, so müssen sie natürlich jetzt als warmes Auftriebswasser auftreten, da ja das Tiefenwasser im Winter die höheren Temperaturen aufweist. Anomalien derartiger Warmeanomalien in der salzarmen Oberflächenschicht (denn nur dort können sie ihrer Dichtepach vorkommen) finden wir im Gefolge des kräftigen Ostwindes zu Beginn der Periode (am 21./22.3.), und zwar kann man die Erwärmung an der Oberfläche am 24.2. in Serie W 17 gegenüber Serie W 16 (trotz des erhaltenden Frostes) als derartiges Auftriebswasser aus östlichen Gebieten ansehen. Etwas deutlicher ist die Erwärmung vom 25. auf 26.2. (Serie W 23 auf 24), kumul diese Erwärmung mit S-Abnahme verknüpft ist. In der folgenden Serie W 25 ist diese Erwärmung zwischen 5 und 10 m sehr deutlich, während an der Oberfläche schon wieder kälteres Wasser herangestriftet ist. (Im übrigen sind die unregelmäßigen Schwankungen der Oberflächentemperatur im ganzen Winterbeobachtungszeitraum der Ausdruck für die Konvektionsbewegungen, die offenbar in kleineren Turbulenzquanten erfolgen, ähnlich den Wasserhallen M o d e l s [7]). Als Folge der Windspitzen des 26.2. könnte man allenfalls noch die Erwärmung der oberen Schicht 0-5 m am 2.3. (Serien W 49-52) ansehen, jedoch ist hier Vorsicht geboten, da seit dem 28.2. die Lufttemperaturen vielfach über den Gefrierpunkt und über die Oberflächen-Wassertemperatur ansteigen, die Erwärmung also auch von der Luft her erfolgt.

In allen diesen Fällen sind die Effekte so gering, daß sie in der Isoplethendarstellung nicht in Erscheinung treten, obwohl der Abstand der Isothermen für die Winterperiode halbiert wurde. Trotzdem sollen sie ihrer Kuriosität halber erwähnt werden, da Fälle warmen Auftriebswassers immerhin zu den Seltenheiten zählen dürften.

#### cc) Stromkonvergenzen.

Zu den unperiodisch auftretenden Vorgängen sind auch die scharf ausgeprägten Stromkonvergenzen mit ihren in der Schifffahrt als "Wabbelung" bekannten Erscheinungen zu rechnen. Da dieses (in der westlichen Ostsee übrigens gar nicht so seltene) Phänomen auch zweimal während der Winterperiode am Fehmarnbelt-Feuerschiff zu beobachten war, soll hier kurz auf die begleitenden hydrographischen Verhältnisse eingegangen werden.

Am 13.3. um 1550 Uhr passiert eine solche scharf ausgeprägte Stromkonvergenz das Feuerschiff, und zwar unter folgenden Begleiterscheinungen: Es herrscht WNW-Wind, der von vormittags 10-12 m/sec auf nachmittags 5-4 m/sec abgeflaut ist. Kurz vor dem Durchzug der Stromfront liegt das Feuerschiff in sehr schwachem nach E-S setzendem Strom von etwa 18 cm/sec. Seit etwa 1530 h sieht man deutlich



die von Westen langsam herankommende Konvergenz, erkennbar besonders an der als "Wabbelung" bekannten unruhigen Turbulenzzone, an der sich Treibgut aller Art angesammelt hat. Etwa 2 Stunden nach Durchzug der Konvergenz wird der Oberflächenstrom mit 52 cm/sec nach E gemessen. Am auffallendsten an der Erscheinung ist das verschiedene Aussehen der Wasseroberfläche zu beiden Seiten der Grenzzone. Während in der nur schwach strömenden ersten Wassermasse die Oberfläche von zahlreichen Schaumkröpfen bedeckt ist, der herrschenden Windstärke (Beaufort 4) entsprechend, sind auf der nachfolgenden, rasch strömenden Wasseroberfläche nur ganz vereinzelt schwache Schaumkröten zu erkennen. Offenbar reicht die Differenz der relativen Bewegung der Luft zur Wasseroberfläche (also des "effektiven" Windes), die ja nur  $52 - 18 = 33$  cm/sec beträgt, bei einer mittleren Windgeschwindigkeit von 5 m/sec nicht aus, um diesen deutlichen Unterschied in der Brecherbildung zu erklären. Vielmehr ist anscheinend die in der rascheren Strömung erhöhte horizontale und vertikale Turbulenz der ausschlaggebende Faktor, der die Bildung von Brechern verhindert. Ähnliche Beobachtungen von starker Beruhigung des Seegangs bei hohen Stromgeschwindigkeiten wurden gerade am Fehmarnbelt häufig gemacht (u.a. durch die Verbindungsschiffe des Seewasserstraßenamtes); eine Tatsache, die übrigens auch oft zur Unterschätzung der Windstärke bei Augenbeobachtungen führt.

Die hydrographischen Serienmessungen vor und nach Durchzug zeigen klar folgendes Bild: Vorher finden wir einen fast völlig homogenen Wasserkörper, nachher lediglich an der Oberfläche einen Eins Schub von etwas salzärmerem Wasser (die Salzgehaltsabweichung beträgt rd. 2 ‰), die Temperatur ändert sich nicht merklich. (Abb. 12) Da dieses Oberflächenwasser mit dem E i n s t r o m von Westen kommt, andererseits aber s a l z ä r m e r ist, kann es nicht aus dem Großen Belt stammen, von wo in jedem Falle s a l z r e i c h e r e s Wasser kommen müßte; vielmehr handelt es sich offenbar um einen seichten, kurzen Einschub von Oberflächenwasser aus der Kieler Bucht, das sich dort infolge der Windspitzen in der Nacht vom 12./13.3. in Bewegung gesetzt hat. Dafür spricht auch, daß, wie aus den S-Isoplethien zu erkennen ist, bereits in der folgenden Nacht dieser Einschub wieder verschwunden ist.

Am 17.3. um etwa 0600 Uhr wiederholt sich unter etwas anderen Verhältnissen dieser Vorgang. Wiederum herrscht NW-Wind, der von 10-14 m/sec am Abend vorher auf morgens 8-9 m/sec abgeflaut ist. In diesem Falle liegt jedoch die Konvergenz von vornherein nördlich vom Feuerschiff; offenbar hat sie kurz vor Hellwerden unbemerkt das Schiff passiert, denn um 04 Uhr beträgt der Oberflächenstrom nur 57 cm/sec, während um 06 Uhr 97 cm/sec gemessen werden. Allerdings



zeigen die Serienmessungen einen grundsätzlichen Unterschied gegenüber der ersten Konvergenz von 13.3.: Während es sich damals um das Ü b e r schießen eines salzärmeren über eine homogene Wassermasse handelte, wird am 17.3. ein geschichteter Wasserkörper mit relativ niedriger Salzgehalt durch einen homogenen höheren Salzgehalts u n t e r schoben. (Abb. 14 a/b).

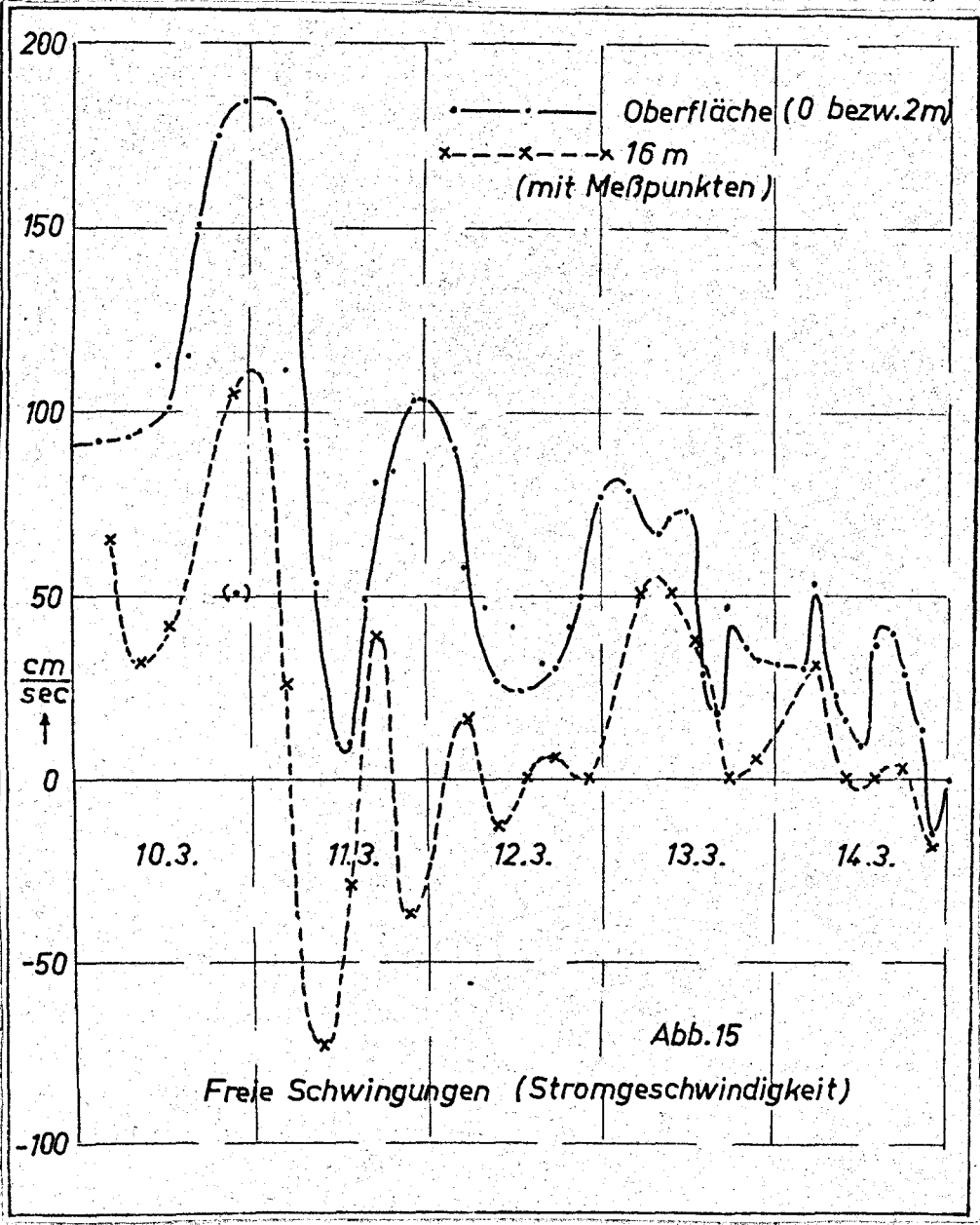
Begünstigend für die Entstehung einer scharfen Stromkonvergenz scheint demnach also die Beteiligung mindestens eines homogenen Wasserkörpers zu sein; daneben sind für den Föhnwind auch die für beide Fälle typischen Windverhältnisse (NW-liche Richtung, Abflauen nach kurzzeitigen Auffrischen) als günstige Vorbedingung anzusehen,

#### b) Periodische Vorgänge.

##### aa) Freie Eigenschwingungen.

Ohne die Einwirkung äußerer oder innerer störender Kräfte würde die Meeresoberfläche unter dem Einfluß der Erdgravitation im Gleichgewicht verharren, die Wassermassen sich also in Ruhe befinden. Wird dieses Gleichgewicht gestört, so ist die Schwerkraft bestrebt, den alten Zustand wiederherzustellen. Dabei kommt es zu Schwingungen um die Gleichgewichtslage, die mit entsprechenden Strömungen verknüpft sind. Ihre Periode ist abhängig von der räumlichen Begrenzung der Wassermassen, mathematisch also den Randbedingungen, und von der Periode der schwingungserzeugenden Kraft, falls diese periodisch einwirkt. Die Amplituden der entstehenden Schwingungen hängen nicht nur von der Größe der erregenden Kraft, sondern auch sehr wesentlich von dem Grad der Übereinstimmung ihrer Periode mit der durch die Randbedingungen vorgegebenen Eigenfrequenz der betreffenden Wassermasse ab, d.h. von der Erfüllung der Resonanzbedingung. Die Gezeiten der Weltmeere bieten genügend Beispiele dafür, wie durch bestimmte Randbedingungen die eine oder die andere der zahlreichen gezeitenerzeugenden Kräfte fast ausschließlich wirksam wird, während die übrigen nicht zur Auswirkung gelangen können, da ihre Frequenz zu sehr von der Eigenfrequenz der betreffenden Wassermasse abweicht. Neben diesen (im Weltmeere überwiegenden) durch periodische Kräfte erzeugten Gezeitenschwingungen kommt man in kleineren Nebenmeeren und größeren Seen seit geraumer Zeit auch freie Schwingungen, die durch einmaligen Anstoß hervorgerufen werden und je nach dem Grade der Dämpfung mehr oder weniger rasch abklingen. Im Genfer See, in dem u.a. solche Schwingungen zu beobachten sind, sind diese periodischen Seespiegelschwankungen unter dem Namen "seiches" bekannt und wurden schon 1895 durch F. A. F o r e l [20] untersucht. Heute bezeichnet man gern alle derartigen freien Eigenschwingungen als "seiches"

zeigen die Kurven eine deutliche Abnahme der Amplitude mit zunehmender Tiefe an. Die Kurve für die Oberfläche (0 bzw. 2 m) zeigt die größten Ausschläge, während die Kurve für die Tiefe von 16 m die kleinsten Ausschläge zeigt. Die Amplitude nimmt also mit der Tiefe ab.



Die Amplitude der freien Schwingungen nimmt mit der Tiefe ab. Die Kurve für die Oberfläche (0 bzw. 2 m) zeigt die größten Ausschläge, während die Kurve für die Tiefe von 16 m die kleinsten Ausschläge zeigt. Die Amplitude nimmt also mit der Tiefe ab.

Die Amplitude der freien Schwingungen nimmt mit der Tiefe ab. Die Kurve für die Oberfläche (0 bzw. 2 m) zeigt die größten Ausschläge, während die Kurve für die Tiefe von 16 m die kleinsten Ausschläge zeigt. Die Amplitude nimmt also mit der Tiefe ab.

Die Amplitude der freien Schwingungen nimmt mit der Tiefe ab. Die Kurve für die Oberfläche (0 bzw. 2 m) zeigt die größten Ausschläge, während die Kurve für die Tiefe von 16 m die kleinsten Ausschläge zeigt. Die Amplitude nimmt also mit der Tiefe ab.

Auch in der Ostsee als einem allseitig geschlossenen Becken existieren solche Seiches; eine eingehenden Untersuchung stellte u.a. G. H e u m a n n [21] an. Er berechnete unter Zugrundelegung der morphologischen Form des Ostseebeckens und der Annahme verschiedener Knotenzahlen mehrere Periodenlängen solcher Eigenschwingungen, die durch Untersuchung von Pegelaufzeichnungen in guter Übereinstimmung mit der Theorie nachgewiesen wurden. Ausgelöst wurden die Schwingungen in den von H e u m a n n bearbeiteten Fällen durch Windeinwirkung und Luftdruckschwankungen. Die Frage, wo die Grenzen der schwingenden Massen der Ostsee zu suchen sind, insbesondere ob die westliche Ostsee (Mecklenburger und Kieler Bucht) dem schwingenden System hinzuzurechnen sind, oder ob dieser Teil nur sekundär von den Schwingungen der mittleren und östlichen Ostsee beeinflusst wird, entscheidet H e u m a n n nicht mit Bestimmtheit. Zur Klärung fordert er u.a. Strommessungen in verschiedenen Tiefen auf der Darßer Schwelle und im Fehmarnbelt.

Solche Strommessungen wurden während der Winterperiode durchgeführt (wenn auch vielleicht noch nicht in der zur genauen Klärung wünschenswerten Dichte), und durch glücklichen Zufall wurde auch vom 10.-13.3. ein eindrucksvolles Beispiel einer solchen Eigenschwingung erfasst. Am 7.3. hatte der Wind begonnen, stetig aus West aufzufrischen und am 8.3. abends sein erstes Maximum mit etwa 11 m/sec erreicht. Am nächsten Tag flaut er vormittags bis auf 3 m/sec ab, um abends erneut bis 10 m/sec aufzufrischen. Das Auf und Ab der Windgeschwindigkeit stellt also an diesem Tage grob gesehen eine Schwingung von etwa 24-stündiger Periodendauer dar (vgl. Tafel 4). Nun liegen mehrere der Eigenfrequenzperioden der Ostsee gerade in dieser Größenordnung (z.B. die 2-knotige Schwingung Kleiner Belt - Leningrad mit 24.3 Stunden); der Erfolg ist eine deutliche Resonanz: die Amplitude der Stromschwankung schaukelt sich auf; während die Geschwindigkeit an der Oberfläche beim ersten Windmaximum etwa 80 cm/sec erreicht, steigt sie beim zweiten Maximum auf rd. 110 cm/sec. Am folgenden Tage (10.3.) hält der Wind mit 10-13 m/sec an, der Erfolg ist ein Strommaximum in der Nacht vom 10./11.3. von fast 190 cm/sec. Diese außerordentlich hohe Stromgeschwindigkeit (=3.7 sm/h) stellt für den Fehmarnbelt einen Ausnahmefall dar; G. D i e t r i c h [16] findet im gesamten Jahre 1937 als Maximum nur 3.1 sm/h. Als nun im Laufe des 11. und 12.3. der Wind auf 3 m/sec abflaut, die trifterzeugende Wirkung also stark nachläßt, schwingen die infolge des kräftigen Finstromes in der östlichen Ostsee angestauten Massen (vgl. Seite 18) zurück, allerdings kommt es dabei durch die Überlagerung des noch anhaltenden Trift-Finstromes nicht zum Kentern des Stromes. (Abb. 15) Nach einer weiteren Hin- und Herschwingung des





Stromes frischt am Abend des 12.3. nochmals der Wind phasengünstig auf, durch eine weitere Windspitze von 12 m/sec am 13.3. wird jedoch das abermalige freie Zurückschwingen gestört und die Eigenschwingung kommt "aus dem Takt". Die Periode der freien Schwingung beträgt rd. 24-26 Stunden, eine genauere Bestimmung lassen leider die mit 4-stündigen Abstände ausgeführten Messungen nicht zu.

Gleichzeitig spielt sich auch in 16 m Tiefe ein Schwingungsvorgang ab. Durch den starken Oberflächenstrom von über 180 cm/sec wird am 10./11.3. auch in 16 m Tiefe ein maximaler Einstrom von über 100 cm/sec hervorgerufen. Während jedoch an der Oberfläche das Ausschwingen mit 24-stündiger Periode erfolgt, beträgt die Periode der Schwingung in 16 m Tiefe nur 12 Stunden; um Mitternacht des 11./12.3. steht daher dem Maximum des Einstroms an der Oberfläche ein Maximum des Ausstroms in 16 m Tiefe gegenüber. (s. Abb. 15). Nach dreimaligem Hin- und Herschwingen um den Nullwert ist am 12.3. um 22 Uhr die Schwingung auf Null abgeklungen, wird jedoch infolge des erneuten Anstoßes der Oberflächenströmung durch den auffrischenden Wind am 13.3. wieder belebt. Das Abklingen erfolgt jetzt zwar auch noch schwingungsähnlich, wird jedoch von allerlei Störungen verwischt, die von der Oberflächenströmung auszugehen scheinen.

Die verschiedene Frequenz der Eigenschwingungen in den verschiedenen Tiefen muß so erklärt werden, daß das salzreichere Tiefenwasser unabhängige Schwingungen ausführt, die offenbar auf einen kleineren Raum beschränkt sind (im Osten durch die Darßer Schwelle begrenzt), während die Oberflächenschicht verhältnismäßig ungehindert von der zentralen Ostsee bis zum Kleinen Belt durchschwingen kann.

Das rasche Abklingen der Amplituden der Eigenschwingungen beweist eine hohe Dämpfung, deren Ursache in der Enge und geringen Tiefe der Verbindungsstraßen zwischen den einzelnen Becken der westlichen Ostsee zu suchen ist. Als Maß für die Größe der Dämpfung benutzt man das "logarithmische Dekrement", das definiert ist als der natürliche Logarithmus des Verhältnisses zweier aufeinanderfolgender gleichgerichteter Amplituden, also (vgl. Abb. 16)

$$\lambda = \ln \frac{x_n}{x_{n+m}} \quad \text{oder allgemeiner} \quad \lambda = \frac{1}{m} \ln \frac{x_n}{x_{n+m}}$$

worin  $x_n$  eine beliebige Anfangsamplitude,  $x_{n+m}$  eine beliebige spätere Amplitude ist, deren Abstand von der n-ten "m" Perioden ist.

In unserem Falle ist zunächst der mittlere Strom zu eliminieren, den die Schwingung überlagert ist, um die reine freie Schwingung zu erhalten. Zu diesem Zweck werden die Maxima und Minima durch je einen Kurvenzug verbunden und dann die Mittelwertkurve zu beiden konstruiert. Diese Mittelkurve stellt dann den mittlern Strom während der

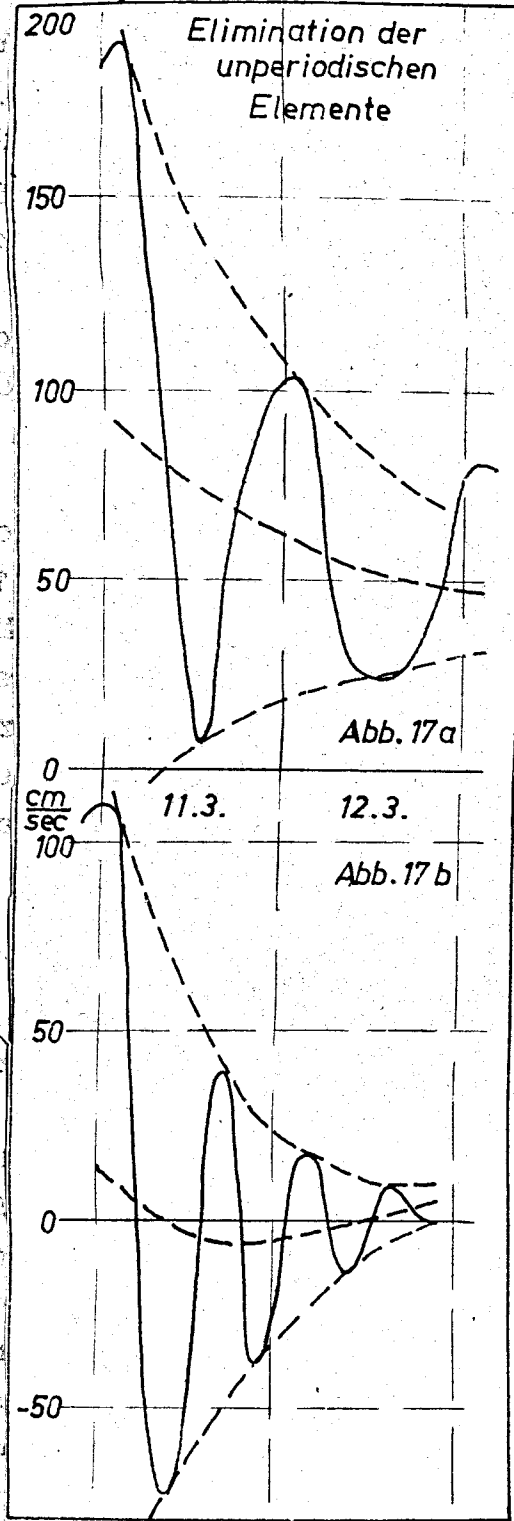


Abb. 17a

11.3. 12.3.

Abb. 17b

Die verschwindende Frequenz  
 genau liegen und es ergibt  
 wenn unregelmäßige Schwärze  
 klarer kann beobachtet ist  
 (genau), während die Scher  
 dort von der weiteren Seite  
 kann.  
 Die rasche Abklingen der  
 weist eine hohe Frequenz, die  
 Teile der Verbindungswellen  
 lichen Gänge zu sehen ist.  
 nicht sein das "logarithmische  
 nachfolgende logarithme der Vorzeichen  
 gleichzeitiger abklingen, das  
 oder allgemein  $\lambda = \frac{v}{f}$   
 wobei  $\lambda$  eine beliebige unregelmäßige  
 eine beliebige vor der ersten  
 In unserer Tabelle hat erachtet der  
 das die Schwingung überlagert hat,  
 erhalten. In einem Versuch werden die  
 Kurven zu verbinden und dann die  
 fest. Diese Methode stellt sich dem

Die verschwindende Frequenz  
 genau liegen und es ergibt  
 wenn unregelmäßige Schwärze  
 klarer kann beobachtet ist  
 (genau), während die Scher  
 dort von der weiteren Seite  
 kann.  
 Die rasche Abklingen der  
 weist eine hohe Frequenz, die  
 Teile der Verbindungswellen  
 lichen Gänge zu sehen ist.  
 nicht sein das "logarithmische  
 nachfolgende logarithme der Vorzeichen  
 gleichzeitiger abklingen, das  
 oder allgemein  $\lambda = \frac{v}{f}$   
 wobei  $\lambda$  eine beliebige unregelmäßige  
 eine beliebige vor der ersten  
 In unserer Tabelle hat erachtet der  
 das die Schwingung überlagert hat,  
 erhalten. In einem Versuch werden die  
 Kurven zu verbinden und dann die  
 fest. Diese Methode stellt sich dem

Schwingung dar, die wahren Amplituden der freien Schwingung sind als Abweichung von der Mittelkurve zu entnehmen. (Abb. 17 a/b) Für den ersten Fall (Oberflächenstrom) erhält man dann als Amplituden:

positiv:	102	42	(3. Schwingung gestört)
negativ:	68	28	

Das Verhältnis ist also  $\frac{102}{42} = \frac{68}{28} = 2.43$ , d.h.  $\lambda = \ln 2.43 = \underline{0.89}$

In zweiten Fall (16 m-Strom, Abb. 17 b) sind die Amplituden

positiv:	98	43	19	8
negativ:	73	32	14	(6)

die Verhältnisse daher  $\frac{98}{43} = \frac{43}{19} = \frac{19}{8} = \frac{73}{32} = \frac{32}{14} = \frac{14}{6} = 2.28$ , also  $\lambda = \ln 2.28 = \underline{0.82}$

(Die Zahlenwerte der Amplituden sind geringfügig korrigiert; dies schien im Rahmen der Meßgenauigkeit zulässig, da der 4-stündige Abstand der Strommessungen keine Gewähr dafür bot, die Maxima und Minima tatsächlich exakt zu erfassen).

Diese Dämpfungswerte von  $> 0.8$  liegen erstaunlich hoch, verglichen mit den von Neumann angegebenen%. Er findet für die Ostsee einen mittleren Wert von  $\lambda = 0.5$ , der schon als relativ hoch anzusehen ist. Der höchste von ihm erwähnte Wert trat im Finnischen Meerbusen bei Koivisto mit  $\lambda = 0.75$  auf, liegt also immer noch niedriger als der hier gefundene Wert. Als Ursache dieser besonders hohen Dämpfung ist, wie oben erwähnt, die Enge und Seichtheit der westlichen Ostsee im Vergleich zur Zentralostsee anzusehen.

bb) Gezeitenströme.

Bekanntlich wird die Ostsee im allgemeinen zu den gezeitenlosen Meeren gerechnet, eine Annahme, die aber nur in erster Näherung Gültigkeit hat. Zwar können durch Einflüsse von freien Weltmeere her wegen der Enge der Verbindungsstraßen keine "Mitschwingungsgezeiten" hervorgerufen werden, jedoch werden durch die gezeitenenerzeugenden Kräfte der Sonne und des Mondes unmittelbar in der Ostsee Schwingungen ausgelöst, deren Amplitude allerdings im allgemeinen so gering ist, daß sie fast stets von unperiodischen Schwankungen völlig überdeckt werden. (Eine Untersuchung der Gezeiten der Ostsee liegt u.a. durch R. Wittig [22] vor). Nur in solchen Fällen, wo außergewöhnliche Windruhe und damit Triftstromfreiheit herrscht, treten die Gezeitenströme meßbar in Erscheinung. Diese Bedingung ist nur sehr selten erfüllt, doch sind auch in den vorliegenden Meeresreihen Beispiele für solche Schwingungen vorhanden.

(Bem.: Im folgenden ist unter "Strom" grundsätzlich immer die Längskomponente des Stromes nach der Definition auf Seite 12 zu verstehen; das gleiche gilt auch für den vorangehenden Abschnitt über die freien Schwingungen).

In der Sommerreihe geht der Oberflächenstrom gegen Ende der

Periode (31.8.-5.9.) bei mäßigen bis schwachen nördlichen Winden auf geringe Absolutwerte zurück. Während der Zeit vom 31.8.-3.9. sind deutlich halbtägige Schwingungen überlagert, deren Amplitude annähernd gleichbleibt, d.h. es handelt sich sicher nicht um freie Eigenschwingungen der im vorigen Abschnitt behandelten Art. Um die noch vorhandenen Störungen zu eliminieren, sind die Mittelwerte für jeden Fernin während dieser 4 Tage gebildet; diese Methode scheint hier zulässig, da es sich offenbar um genau halbtägige, d.h. sonnen-erzeugte Gezeiten handelt. Es ergibt sich:

BSZ	00	04	08	12	16	20	Uhr
mittl. Strom	-23.7	-4.5	-3.3	-21.0	-4.3	-5.3	cm/sec

Zur harmonischen Analyse dieser Werte soll der Fourier-Ansatz

$$y(x) = a + b \sin 2x + c \cos 2x$$

verwendet werden, d.h. es soll diejenige reine Sinuswelle mit halbtägiger Periode berechnet werden, die die oben gefundenen Meßwerte am besten annähert. In etwas anderer Form lautet der Ansatz

$$y(x) = a + r \sin(2x + \varphi), \quad \text{wobei}$$

$$b = r \cos \varphi \quad \text{und} \quad c = r \sin \varphi \quad \text{ist.}$$

Dabei bedeutet anschaulicher:  $a$  die additive Konstante, d.h. den Mittelwert über die ganze Schwingung,  $r$  die Amplitude der Schwingung und  $\varphi$  den Phasenwinkel, d.h. die seitliche Verschiebung des Maximums.

Die Errechnung der Koeffizienten  $a$ ,  $b$  und  $c$  erfolgt nach der Methode der kleinsten Quadrate:

Es muß die Summe  $\sum_i (a + b \sin 2x_i + c \cos 2x_i - y_i)^2 = \sum_i \varepsilon_i^2$  ein Minimum werden.

Die Bedingung dafür ist das Verschwinden der partiellen Ableitungen:

$$\frac{\partial}{\partial a} \sum \varepsilon_i^2 = a \cdot n + b \sum \sin 2x_i + c \sum \cos 2x_i - \sum y_i = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial b} \sum \varepsilon_i^2 = a \sum \sin 2x_i + b \sum \sin^2 2x_i + c \sum \sin 2x_i \cos 2x_i - \sum y_i \sin 2x_i = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial c} \sum \varepsilon_i^2 = a \sum \cos 2x_i + b \sum \sin 2x_i \cos 2x_i + c \sum \cos^2 2x_i - \sum y_i \cos 2x_i = 0$$

Die in diesem Gleichungssystem als Koeffizienten auftretenden Summen werden aus den beobachteten Werten berechnet; man erhält:

$\sum y_i$	$\sum \sin 2x_i$	$\sum \cos 2x_i$	$\sum \sin^2 2x_i$	$\sum \cos^2 2x_i$	$\sum \sin 2x_i \cos 2x_i$	$\sum y_i \sin 2x_i$	$\sum y_i \cos 2x_i$
-62.1	0	0	3.0	3.0	0	-0.18	-36.0

Damit lautet das Koeffizientenschema für das Gleichungssystem

$$\begin{matrix} 6 & 0 & 0 & 62.1 \\ 0 & 3 & 0 & 0.18 \\ 0 & 0 & 3 & 36.0 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} 0 & 3 & 0 & 0.18 \\ 0 & 0 & 3 & 36.0 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} 6 & 0 & 0 & 62.1 \\ 0 & 3 & 0 & 0.18 \\ 0 & 0 & 3 & 36.0 \end{matrix}, \quad \text{daraus errechnen sich}$$

die gesuchten Koeffizienten des Fourier-Ansatzes zu:

$$\underline{a = -10.4}, \quad \underline{b = -0.06}, \quad \underline{c = -12.0}$$

d.h.: dem mittleren Strom von  $-10.4$  cm/sec ist eine Sinusschwingung der Amplitude  $r = \sqrt{b^2 + c^2} = 12.0$  cm/sec überlagert, deren Phasen-



winkel  $\varphi = \arctg c/b = \arctg 200 = 269.7^\circ$  beträgt, das Maximum tritt also ein bei  $2x - \varphi = 90^\circ$ ,  $x = (90 - \varphi) : 2 = - 89.8^\circ$ , umgerechnet ins Stundenmaß also um 1801 bzw. um 0501  $\frac{1}{4}$  DSZ. (s. Abb. 18).

Die Übereinstimmung der (gemittelten) Meßwerte mit der errechneten Sinuskurve ist befriedigend, die Abweichungen zeigen einen scheinbaren Gang mit mittäglichem Maximum. Dies ist jedoch ein Effekt, der durch die entsprechende Krümmung der Mittelwertkurve nach oben während dieser 4 Tage entsteht, hat also seinen Ursprung nicht etwa in einer Überlagerung von ganztägigen Gezeiten.

Ein anderes Beispiel (aus der Winterperiode) zeigt dagegen gemischt ganz-halbtägige bzw. vorwiegend ganztägige Gezeitenströme. In der Zeit vom 1.-9.3. weicht der Strom wiederum im Mittel nur wenig vom Nullwert ab, besonders in der bodennahen Schicht (26 m). Auffällig ist bei der 26-m-Kurve ein täglich um etwa 8-10 Uhr sich wiederholendes Stromminimum ("Minimum" auch im Sinne eines Maximums des A u sstroms); dadurch wird die Vermutung nahegelegt, daß es sich auch hier um den Einfluß von Gezeitenströmen handelt, die offenbar überwiegend ganztägigen Charakter haben. Es werden daher wiederum nach derselben Methode wie oben zunächst die Mittelwerte für die einzelnen Termine über die 9 Tage berechnet (wegen der etwas variierenden Terminzeiten müssen auch diese gemittelt werden), und es ergibt sich:

mittl. Terminzeit	0530	0932	1339	1729	2128	MEZ
mittl. Strom (26 m)	1.0	-0.7	7.3	11.0	11.4	cm/sec

Da sich diese Punkte nur unter größeren Abweichungen durch eine einfache Sinuswelle annähern lassen, ist hier die Fourier-Analyse für die ganz- und halbtägigen Wellen durchgeführt nach dem Ansatz

$$y = a + b \sin x + c \cos x + d \sin 2x + e \cos 2x$$

oder in anderer Schreibweise  $y = a + r_1 \sin(x + \varphi_1) + r_2 \sin(2x + \varphi_2)$  worin  $\frac{r_1}{b} = \arctg \frac{c}{b}$ ;  $r_1 = \sqrt{b^2 + c^2}$  und  $\frac{r_2}{e} = \arctg \frac{d}{e}$ ;  $r_2 = \sqrt{d^2 + e^2}$

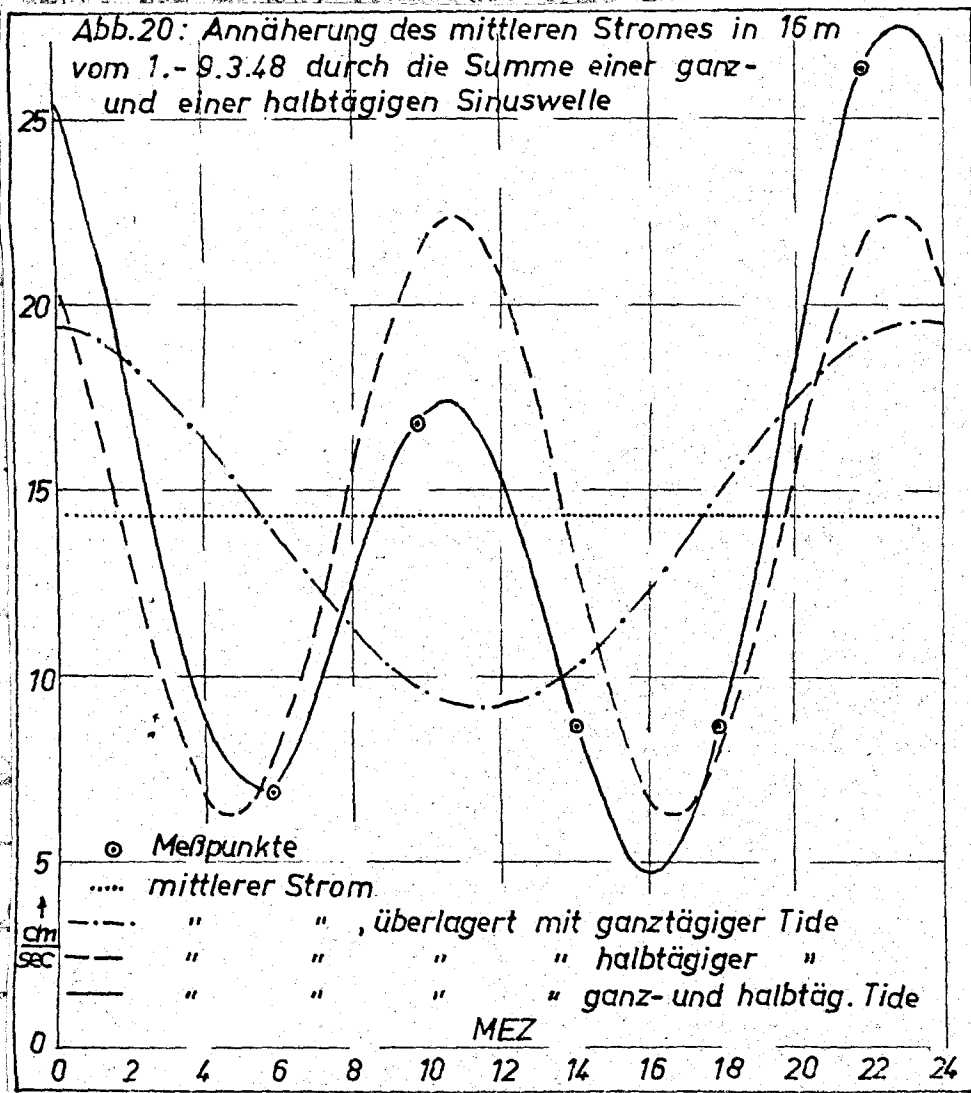
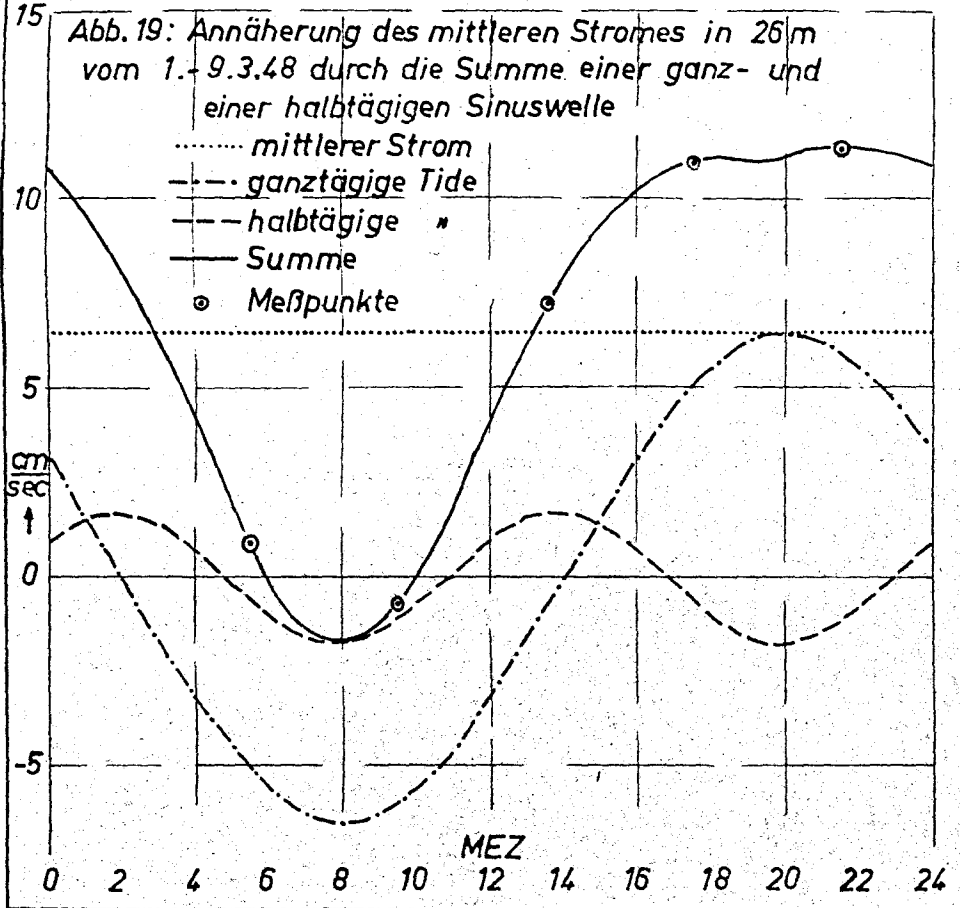
Nach der Methode der kleinsten Quadrate muß

$$\sum \varepsilon_i^2 = \sum (a + b \sin x_i + c \cos x_i + d \sin 2x_i + e \cos 2x_i - y_i)^2$$

ein Minimum werden, d.h.  $\frac{\partial}{\partial a} \sum \varepsilon_i^2 = \frac{\partial}{\partial b} \sum \varepsilon_i^2 = \frac{\partial}{\partial c} \sum \varepsilon_i^2 = \frac{\partial}{\partial d} \sum \varepsilon_i^2 = \frac{\partial}{\partial e} \sum \varepsilon_i^2 = 0$

Das führt zu dem Gleichungssystem

$$\begin{aligned}
 a \cdot n + b \sum \sin x_i + c \sum \cos x_i + d \sum \sin 2x_i + e \sum \cos 2x_i - \sum y_i &= 0 \\
 a \sum \sin x_i + b \sum \sin^2 x_i + c \sum \sin x_i \cos x_i + d \sum \sin x_i \sin 2x_i + e \sum \sin x_i \cos 2x_i - \sum y_i \sin x_i &= 0 \\
 a \sum \cos x_i + b \sum \sin x_i \cos x_i + c \sum \cos^2 x_i + d \sum \cos x_i \sin 2x_i + e \sum \cos x_i \cos 2x_i - \sum y_i \cos x_i &= 0 \\
 a \sum \sin 2x_i + b \sum \sin x_i \sin 2x_i + c \sum \cos x_i \sin 2x_i + d \sum \sin^2 2x_i + e \sum \sin 2x_i \cos 2x_i - \sum y_i \sin 2x_i &= 0 \\
 a \sum \cos 2x_i + b \sum \sin x_i \cos 2x_i + c \sum \cos x_i \cos 2x_i + d \sum \sin 2x_i \cos 2x_i + e \sum \cos^2 2x_i - \sum y_i \cos 2x_i &= 0
 \end{aligned}$$



Die in diesem Gleichungssystem als Koeffizienten auftretenden Summen errechnen sich aus den Meßwerten zu:

$$\begin{array}{r}
 \sum \sin x; \sum \cos x; \sum \sin 2x; \sum \cos 2x; \sum y; \sum \sin^2 x; \sum \sin x \cdot \cos x; \sum \sin x; \sum \sin 2x; \\
 -1.432 \quad -0.923 \quad -0.645 \quad -0.763 \quad 34.0 \quad 2.880 \quad -0.323 \quad -0.367 \\
 \hline
 \sum \sin x \cdot \cos 2x; \sum y \cdot \sin x; \sum \cos^2 x; \sum \cos x; \sum \sin 2x; \sum \cos x \cdot \cos 2x; \sum y \cdot \cos x; \sum \sin^2 2x; \\
 -0.227 \quad -28.406 \quad 2.116 \quad -0.691 \quad -0.615 \quad 7.560 \quad 2.580 \\
 \hline
 \sum \sin x \cdot \cos x; \sum y \cdot \sin 2x; \sum \cos^2 2x; \sum y \cdot \cos 2x; \\
 -0.310 \quad -16.39 \quad -1.609 \quad 2.416 \quad -4.260
 \end{array}$$

Damit lautet das Gleichungssystem (Koeffizientenschema, die eine Hälfte ist wegen der Symmetrie der Matrix fortgelassen):

$$\begin{array}{r}
 5.0 \quad -0.432 \quad -0.923 \quad -0.645 \quad -0.763 \quad -30.0 \\
 \quad \quad 2.880 \quad -0.323 \quad -0.307 \quad -0.258 \quad 20.406 \\
 \quad \quad \quad 2.116 \quad -0.691 \quad -0.615 \quad -1.560 \\
 \quad \quad \quad \quad 2.580 \quad -0.513 \quad 1.639 \\
 \quad \quad \quad \quad \quad 2.416 \quad 4.260
 \end{array}$$

Nach schrittweiser Elimination erhält man hieraus

$$e = 0.875, \quad d = 1.427, \quad c = 3.444, \quad b = 5.498, \quad a = 6.477$$

sodas die Gleichung der Näherungskurve lautet

$$y = 6.48 + 3.44 \cos x - 5.50 \sin x + 0.88 \cos 2x = 1.43 \sin 2x$$

Das bedeutet also, daß einem mittleren Strom von rd. 6.5 cm/sec eine Sinuswelle mit ganztägiger Periode, Amplitude  $r_1 = \sqrt{c^2 + b^2} = 6.5 \text{ cm/sec}$  und Phasenwinkel  $\varphi_1 = \arctg c/b = 147.9^\circ$ , entsprechend einer Eintrittszeit des Maximums von  $x = \frac{T}{2} - \varphi_1 = -57.9^\circ$  oder 2008 Uhr MEZ und eine Sinuswelle halbtägiger Periode mit der Amplitude  $r_2 = \sqrt{e^2 + d^2} = 1.68 \text{ cm/sec}$  und dem Phasenwinkel  $\varphi_2 = \arctg e/d = 31.5^\circ$ , entsprechend einer Eintrittszeit des Maximums von  $x = (\frac{T}{2} - \varphi_2) : 2 = 29.25^\circ$  oder 0157 bzw. 1357 Uhr MEZ überlagert sind. (Vgl. Abb. 19).

Die Mittelung des Stromes in 16 m Tiefe während des gleichen Zeitraumes (1.-9.3.) ergibt die Werte

mittl. Fernzeit	0546	0944	1403	1753	2147	MEZ
mittl. Strom (16 m)	6.9	16.8	8.7	8.7	26.3	cm/sec.

Nach dem gleichen Verfahren wie oben für den Strom in 26 m ergibt die Fourier-Analyse für die ganz- und halbtägigen Komponenten nach der Methode der kleinsten Quadrate

$$a = 14.345, \quad b = -0.717, \quad c = 5.126, \quad d = -5.211, \quad e = 6.150$$

$$\text{d.h. } y = 14.35 - 0.72 \sin x + 5.13 \cos x - 5.21 \sin 2x + 6.15 \cos 2x$$

Der ganztägige Anteil beträgt hier also  $r \sin(x - \varphi_1) = 5.17 \sin(x - 97.9^\circ)$  entsprechend einer Eintrittszeit des Maximums von  $x = \frac{T}{2} - 97.9^\circ = -7.9^\circ$  oder 2328 Uhr MEZ. Für den halbtägigen Anteil ergibt sich  $r_2 \sin(2x - \varphi_2)$

$$= 5.16 \sin(2x - 130.3^\circ), \quad \text{die Eintrittszeit des Maximums demnach } x = (\frac{T}{2} - 130.3^\circ) : 2 = -20.1^\circ \text{ oder } \underline{2239 \text{ bzw. } 1039 \text{ MEZ}} \text{ (Abb. 20)}$$



Infolge der geringen Zahl der zugrundegelegten Meßwerte ist der Schluß auf physikalische Realität der errechneten Teilwellen nur bedingt zulässig; insbesondere zeigen die Unterschiede zwischen den 26 m- und den 16 m-Werten des gleichen Zeitraumes, daß die durch das Rechenverfahren festgelegten Wellen offenbar nicht genau den natürlichen Wellen entsprechen, da sonst eine bessere Übereinstimmung zwischen den gleichartigen Partialtiden herrschen müßte. So scheint z.B. das Maximum der ganztägigen Tide sowohl in 16 wie auch in 26 m Tiefe in Wahrheit bei etwa 22 Uhr zu liegen, entsprechend würden sich dann auch die Werte der halbtägigen Tiden verschieben. Die dann zwangsläufig auftretenden größeren Abweichungen der Meßpunkte von den errechneten Summenkurven ließen sich durch Reste unperiodischer Störungen oder monderzeugte Tiden erklären, die ja durch die angewendete Methode nicht erfaßt werden konnten.

Als eindeutiges Ergebnis dieser Messungen kann jedenfalls herausgestellt werden, daß in dem betrachteten 9-tägigen Zeitraum in 26 m Tiefe ein Gezeitenstrom von nahezu rein ganztägiger Periode und einer Amplitude von rd.  $\pm 6$  cm/sec zu beobachten ist, während in 16 m Tiefe dieser Strom von einer Komponente mit halbtägiger Periode und etwa  $\pm 8$  cm/sec Amplitude überlagert ist. Erklärbar ist das Fehlen des halbtägigen Anteils in der bodennahen Schicht durch die stärkere Dämpfung der höheren Frequenz infolge der Bodenreibungseinflüsse. (Vgl. A, D e f a n t [23] )

Zusammenfassend läßt sich aus den Untersuchungen der verschiedenartigen periodischen Vorgänge entnehmen, daß die Wassermassen der Ostsee in verschiedenen Tiefen offenbar voneinander weitgehend unabhängige Schwingungen ausführen können; begünstigend wirkt dabei die infolge des Wasser-austausches Nordsee-Ostsee entstehende thermohaline Schichtung durch die Behinderung der vertikalen Turbulenz, ohne die ein vertikaler Austausch von Bewegungsenergie nicht möglich ist.

### III. Hydrographische und maritim-meteorologische Ergänzungen.

1.) Das Eindringen der täglichen Temperaturschwankung in die Tiefe

Sofern nur eine verhältnismäßig geringe Anzahl von Beobachtungen zur Verfügung steht, ist zur Untersuchung des täglichen Temperaturganges nur eine Reihe von Tagen geeignet, die keine oder nur geringe unperiodischen Schwankungen aufweisen. Nur dann ergibt die Mittelung brauchbare Werte. Eine solche verhältnismäßig ruhige Periode finden wir sowohl für die Luft- als auch für die Wassertemperaturen zu Beginn der Sommerreihe vom 11.8.-18.8. (unter Ausschluß des durch einen Käl-



teballen gestörten 16.8.). Die Mittelung der zu täglich annähernd denselben Terminen ausgeführten Messungen ergibt für die Wassertemperaturen die folgenden Werte:

Tiefe (m)	05	09	13	17	21	Uhr DSZ
0	19.63	19.45	20.03	<u>20.47</u>	20.19	
5	18.67	18.79	<u>19.10</u>	18.97	18.87	
10	17.54	17.45	17.57	<u>17.72</u>	17.59	
15	14.52	<u>14.68</u>	14.37	<u>14.57</u>	14.45	
20	11.13	11.24	<u>11.26</u>	<u>11.26</u>	11.07	
27.5	10.27	<u>10.31</u>	10.30	<u>10.32</u>	10.29	(12.-18.8.)

Aus der graphischen Darstellung (Abb.21) dieser Mittelwerte ist folgendes zu entnehmen:

- 1.) die Maxima der Luft- und Wassertemperatur liegen um etwa 17 Uhr DSZ, d.h. etwa 4 Stunden nach dem Strahlungsmaximum.
- 2.) Das Maximum in 5-m Tiefe scheint gegenüber 0 m etwas verfrüht einzutreten (etwa 14-15 Uhr DSZ); offenbar spielt in dieser obersten Schicht die direkte Erwärmung durch Strahlungsabsorption noch eine meßbare Rolle. Die Gesamtamplitude beträgt noch rd.  $0.4^{\circ}$  gegen rd.  $1^{\circ}$  an der Oberfläche.
- 3.) In 10 m Tiefe hat sich das Maximum auf 17 h DSZ verschoben, die Amplitude beträgt noch rd.  $0.25^{\circ}$ .
- 4.) In 15 m Tiefe ist überraschenderweise die Amplitude nicht, wie eigentlich zu erwarten, auf etwa  $0.1^{\circ}$  zurückgegangen, sondern hat auf  $0.31^{\circ}$  zugenommen. Außerdem ist deutlich eine doppelte Welle zu erkennen. Zur Prüfung der Realität dieses Ganges sind auch die Salzgehaltsmittel dieses gleichen Zeitraumes berechnet:

	05	09	13	17	21	Uhr DSZ
	20.71	21.04	21.08	20.99	21.03	Salzgehalt ‰
						(Mittel vom 11-18.8.)

Beim Vergleich mit den zugehörigen Temperaturmittelwerten zeigt sich, daß der Gang im allgemeinen gegenläufig ist, d.h. t-Zunahme ist mit S-Abnahme gekoppelt und umgekehrt. Damit ist die Erklärung dieses täglichen Ganges nahegelegt: es handelt sich nicht mehr um eine von der Oberfläche nach unten dringende Temperaturwelle, sondern offenbar um eine periodische Hebung und Senkung der im Mittel bei etwa 15 m liegenden Sprungschicht infolge der Einwirkung eines halbtägigen Gezeitenstromes. Dieser Gezeitenstrom, der im vorigen Abschnitt an der Oberfläche nachgewiesen ist (mit Maxima des Einstromes um 06 und 18 Uhr DSZ), überlagert sich dem während dieser Zeit kontinuierlich andauernden Ausstrom. Die Folge ist, daß der Ausstrom zu diesen Terminen, 06 und 18 Uhr, im Mittel ein Minimum aufweisen muß. Dieses Minimum wirkt sich im Sinne der weiter oben besprochenen dynamischen Sogwirkungen dahin aus, daß die Sprungschicht absinkt.

Damit steigt in 15 m Tiefe die Temperatur an und der Salzgehalt sinkt. Meßbare Werte kann dieser Effekt nur dort ergeben, wo geringe Höhenunterschiede mit großen Differenzen der t- und S-Werte verknüpft sind, d.h. in der Sprung- oder Übergangsschicht selbst.

5.) In 20 m Tiefe ist der Gang wieder einwellig geworden, die Amplitude beträgt aber immer noch  $0.19^\circ$ , während sie in 27,5 m, einen halben Meter über Grund, auf  $0.05^\circ$  zurückgegangen ist.

Ganz ähnlich wie in diesen eigenen Messungen verlaufen die täglichen Schwankungen der Mittelwerte aus Messungen der Deutschen Seewarte im Fehmarnbelt von Juli 1936 (Abb.22). Auch hier liegt das Maximum in 5 m Tiefe um 12-13 Uhr MEZ vor dem Maximum an der Oberfläche um 15-16 Uhr MEZ. Die auffällig großen, an die Sprungschicht gekoppelten Amplituden finden wir hier schon in 10 m Tiefe, ebenfalls mit einer doppelten Welle, und abgeschwächt auch in 15 m wieder. Die einfache Welle in 20 m ist wiederum zu erkennen, sogar mit wesentlich größerer Amplitude. Offenbar ist sie an eine ganztägige Gezeitenerscheinung gebunden, die mit der in den Wintermessungen in den tieferen Schichten nachgewiesenen ganztägigen Tide zu identifizieren ist, zumal die Phasen übereinstimmen.

Aus der Größe der Abnahme der Temperaturamplituden mit der Tiefe läßt sich der Koeffizient  $A$  der "Scheinleitung" bestimmen, der in der Wärme- (bezw. Temperatur-)leitungsgleichung mit der Lösung  $a_h = a_0 \cdot e^{-4\sqrt{\frac{A}{\tau}} \cdot h}$  auftritt. Darin bedeutet  $T$  die Temperatur,  $h$  die Tiefe,  $a$  die Temperaturamplitude und  $\tau$  die Dauer der gesamten Periode. Der physikalische (molekulare) Temperaturleitungskoeffizient des Wassers beträgt nur etwa  $0.0015 \text{ cm}^2/\text{sec}$  [24]; der durch dynamische Turbulenz und Konvektion hervorgerufene Scheinleitungskoeffizient ist je nach Stabilität der Schichtung im allgemeinen um 3-5 Zehnerpotenzen größer. Er errechnet sich aus dem logarithmischen Dekrement der abnehmenden Amplituden

$$\ln \frac{a_0}{a_h} = h \sqrt{\frac{A}{\tau}} \quad \text{zu} \quad A = \frac{h^2 \cdot \pi}{(\ln \frac{a_0}{a_h})^2 \cdot \tau}$$

In unserem Fall ist für die Schicht 0-5 m der  $\ln a_0/a_h = 0.865$  und für die Schicht 5-10 m :  $\ln a_0/a_h = 0.467$ . Mit der Tiefendifferenz  $h = 500 \text{ cm}$  und  $\tau = 86400 \text{ sec}$  ist

$$A_{0-5} = \frac{25 \cdot 10^4}{0.75 \cdot 864 \cdot 10^4} = 12.3 \quad ; \quad A_{5-10} = \frac{25 \cdot 10^4}{0.22 \cdot 864 \cdot 10^4} = 41.7 \frac{\text{cm}^2}{\text{sec}}$$

Damit liegt die Größenordnung der  $A$  in demselben Bereich wie Werte, die z.B. J. G e h r k e an der Oberfläche des Bornholmtiefs ( $A=13$ ) oder W. S c h m i d t (nach K n o t t) im Mittelmeer ( $A=42$ ) gefunden haben. [25] Die Zunahme mit der Tiefe läßt auf eine im Mittel etwas größere Stabilität der Schicht 0-5 m gegenüber der Schicht 5-10 m schließen, jedoch ist bei der letzteren bereits eine Beeinflussung durch die darunterlagernden gestörten Schichten möglich,



die mit einer größeren Temperaturamplitude auch ein größeres A vor-täuschen.

2.) Die vertikale Verteilung der Lufttemperatur an Feuerschiff.

Um einen Anhalt für die Vergleichbarkeit der Lufttemperaturen in Deckshöhe mit denen der der Wasseroberfläche unmittelbar aufliegenden Schichten und der höheren Luftschichten zu erlangen, wurde an einen ruhigen, heiteren Tage gegen Ende der Sommerperiode (am 3.-4.9.47) als zusätzliches Beobachtungsprogramm alle zwei Stunden innerhalb eines Zeitraumes von 24 Stunden die Lufttemperatur in 5 verschiedenen Höhen nahezu gleichzeitig gemessen. Die Messungen erfolgten mittels zweier Asmann'scher Aspirations-Psychrometer, die gleichzeitig in zwei Höhen aspiriert wurden, und zwar zuerst in 0.2 und 3 m, darauf in 1 und 6 m und anschließend in 15 m Höhe. Die Standorte wurden so ausgewählt (s. Skizze Abb.23), daß der Einfluß des Schiffskörpers möglichst weitgehend ausgeschaltet wurde, d.h. die Psychrometer wurden in Luvrichtung und mit der Öffnung nach Luv ausgebracht und vor unmittelbarer Bestrahlung geschützt. Der schwache Wind (in Mittel 2-3 m/sec) sorgte ohne merklich störende Turbulenz für genügende Zufuhr von schiffsfremder Luft, ohne jedoch unter den gegebenen Bedingungen eine Gewähr dafür zu bieten, daß der störende Einfluß des Schiffskörpers hinreichend ausgeschaltet werden konnte (s.u.). Die Ergebnisse (einschließlich der Feuchtemessungen) folgen tabuliert, die Temperaturverteilung außerdem in einem Isoplethendiagramm (Abb.24).

In der Tabelle sind nebeneinander links die Temperatur des trockenen, in der Mitte die des feuchten Thermometers und rechts die sich daraus ergebende relative Feuchtigkeit in % angegeben.

Höhe (m)	DSZ: 0830		1030		1230		1430		1630						
0.1	15.8	14.2	84	16.2	14.0	79	17.2	14.7	77	17.0	13.9	71	17.5	14.5	73
1	15.9	13.5	77	16.2	13.8	77	17.0	14.5	77	17.1	14.0	71	17.6	14.4	71
3	16.0	13.5	76	16.2	13.6	75	17.3	14.5	74	17.1	14.3	74	17.1	14.0	71
6	16.2	13.2	72	16.2	13.4	73	16.5	13.8	74	16.9	13.9	72	17.0	13.5	68
15	15.6	13.7	81	16.0	13.3	74	16.2	13.9	78	16.7	13.6	71	16.6	13.6	72
	1830		2030		2230		0030		0230						
0.1	17.5	14.2	70	17.1	14.2	73	17.1	14.8	79	16.8	15.7	89	16.7	14.8	82
1	17.2	14.3	73	17.0	14.4	76	17.1	14.8	79	16.7	15.3	87	16.7	15.0	84
3	17.2	14.0	71	17.0	14.2	74	17.1	14.6	77	16.9	15.4	86	16.7	14.6	80
6	17.2	14.2	72	17.1	14.2	73	17.1	14.5	76	16.6	14.7	82	16.6	14.3	78
15	17.0	13.8	70	17.0	14.0	72	17.0	13.9	71	16.7	14.5	79	16.5	14.3	79



Höhe (m)	DSZ: 0430		- 0630		0830				
0.1	16.2	14.3	82	16.3	14.5	83	16.1	14.2	82
1	16.2	14.6	84	16.2	14.3	82	16.1	14.2	82
3	16.4	14.0	77	16.3	13.8	76	16.2	14.1	81
6	16.4	13.9	76	16.2	13.8	77	16.1	13.7	77
15	16.2	13.8	77	16.0	13.8	79	15.8	13.1	74

Zur Vervollständigung ist über der Darstellung der Gang der Windstärke zu den einzelnen Forminen angegeben, der ein dreimaliges Abflauen auf völlige Windstille erkennen läßt. Die Oberflächen-Wassertemperaturen betragen während des gleichen Zeitraumes anfangs rd.  $17.5^{\circ}$ , ab 20 Uhr dann etwa  $17 \dots 16.5^{\circ}$  (s. Tabellen).

Das nachmittägliche Temperaturmaximum liegt um 1630 Uhr DSZ (entsprechend etwa 1500 Uhr mittl. Ortszeit) in 1 m Höhe mit  $17.6^{\circ}$ ; in 15 m Höhe hat es sich unter Erniedrigung auf  $17.0^{\circ}$  auf rd. 1900 Uhr Ortszeit verschoben. Die Minima scheinen dagegen nahezu gleichzeitig in allen Höhen um morgens 07 Uhr Ortszeit einzutreten. Bemerkenswert ist die Verfälschung der Temperaturen in Deckshöhe (3 m), die trotz aller Vorsichtsmaßnahmen bei Windstille durch die Abstrahlung des Schiffskörpers in dessen Umgebung auftritt, die Störungen des Temperaturfeldes um 11 und 21 Uhr Ortszeit sind ein deutlicher Beweis dafür. Um 11 Uhr, d.h. zu einer Zeit mit starker Einstrahlung, erreicht die Verfälschung etwa  $\pm 0.4^{\circ}$ , während sie um 21 Uhr NOZ nur noch rd.  $+ 0.1^{\circ}$  beträgt. Bei der Windstille nachts um 03 Uhr ist keine Störung zu erkennen, offenbar ist die überschüssige Wärme des Schiffskörpers zu dieser Zeit bereits abgestrahlt.

### 3.) Die Strahlungs-Aktinogramme (Tafel 6).

Zur weiteren Ergänzung des Beobachtungsmaterials sind im Anhang Kopien der Aufzeichnungen des Aktinographen aus der Sommerperiode angefügt; das während des gesamten Zeitraumes herrschende heitere Strahlungswetter ist deutlich zu erkennen. Verfolgt man die (relative) Höhe des mittäglichen Strahlungsmaximums in der Zeit vom 12.-19.8., so zeichnen sich die Tage vom 15.-17.8. gegenüber den vorher und nachher liegenden Tagen durch eine merkliche Verminderung der Maxima aus. Die Ursache wird klar, wenn man den durch den Luftmassenwechsel am 14.8. hervorgerufenen Anstieg der Luft- und Wassertemperaturen und die damit verknüpfte Erhöhung des Dampfdruckes berücksichtigt: Der erhöhte Wasserdampfgehalt der Luft bewirkt eine stärkere Strahlungsabsorption und damit den Rückgang des täglichen Maximums (Vgl. Abb. 25).

An einigen Tagen mit reiner Konvektionsbewölkung ist deutlich das Bewölkungsmaximum etwa 1-2 Stunden nach Erreichen des Strahlungsmaximums zu erkennen; hierbei handelt es sich um die über dem nahen Festland entstandene Cumulusbewölkung, über dem kühlere Wasser war



Q u e l l e n n a c h w e i s

(Die Ziffern in eckigen Klammern beziehen sich auf die entsprechenden Hinweise im Text)

- [1] G. K e n n e d y : Mittelwerte längerer und kürzerer Beobachtungsergebnisse des Salzgehaltes bei den Feuerschiffen im Kattegat und in der Beltsee. Ann.d.Hydrogr. 1940, S. 373 ff.
- [2] H. W a t t e n b e r g : Über die Grenzen zwischen Nord- und Ostseewasser. Ann.d.Hydrogr. 1941, S. 265 ff.
- [3] W. M a n e g o l d : Die Wetterabhängigkeit der Oberflächenströmungen in den Pforten der Ostsee. A.d.Arch.d.Dtsch. Seewarte, Bd. 54, Nr. 4, 1936
- [4] L. H ö l l e r : Wasserschichtung und -Bewegung in Meerengen. Ann.d.Hydrogr. 1931, S. 7 ff.
- [5] K. K a l l i e : Über die innere thermische Unruhe des Meeres. Ann.d.Hydrogr. 1942, S. 383 ff.
- [6] G. N e u m a n n : Stehende zelluläre Wellen im Meere. Die Naturwissenschaften 1946, S. 202 ff.
- [7] F. M o d e l : Turbulenz - ein Beispiel aus der Meereskunde. Ann.d.Hydrogr. 1944, S. 97 ff.
- [8] A. K e r z : Die Oberflächentemperatur der Gewässer, Methoden und Ergebnisse. Veröff.d.Inst.f.Meeresk.d.Univ.Berlin, Neue Folge, geogr.-naturw.Reihe, Heft 5, 1920
- [9] H. K n u d s e n : Hydrographische Tabellen, Kopenh./Hambg. 1901
- [10] D e u t s c h e S e e w a r t e : Meereskundliche Beobachtungen auf deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee, seit Jahrgang 1924, Hamburg.
- [11] A. S c h u m a c h e r : Graphische Ermittlung von  $\sigma_t$  aus  $t$  ( $^{\circ}$ C) und  $S$  ( $^{\circ}$ /oo). Ann.d.Hydrogr. 1922, S. 305 ff.
- [12] a): A. S c h u m a c h e r : Beobachtungen über die Deviation der Kompaßnadel im Ekman-Strommesser. Ann.d.Hydr. 1923, 143 ff.  
b): H. T h o r a d e : Schiffsmagnetismus und Ekman-Kerz-Strommesser. Ann.d.Hydrogr. 1923, S. 146 ff.  
c): H. T h o r a d e : Zur Kenntnis der Deviation bei Strommessungen. Ann.d.Hydrogr. 1927, S. 135 ff.  
d): K. L ü d e r s : Die Ablenkung (Deviation) der Kompaßnadel in Strömungsmessern mit magnetischer Richtungsanzeige. Ann.d.Hydrogr. 1940, S. 163 ff.
- [13] G. N e u m a n n : Triftströmungen an der Oberfläche bei Adlergrund-Feuerschiff. Ann.d.Hydr. 1939, S. 82 ff.
- [14] J.P. J a c o b s e n : Die Wasserumsetzung durch den Øresund, den Großen Belt und den Kleinen Belt. Medd.f.Komiss.f. Havunders., Ser. Hydrogr., Bd. II, Nr. 9, Kopenhagen 1925
- [15] R. W i t t i n g : Hafsytan, geoidytan och landhöjningen utmed baltiska hafvet och vid nordsjön. Fennia Bd. 39, Nr. 5, 1918
- [16] G. D i e t r i c h : Referat über eine unveröffentlichte Arbeit, gehalten im Rahmen des meereskundlichen Kolloquiums des Kieler Instituts für Meereskunde am 12.5.48.
- [17] M e t e o r o l o g i s c h e s A m t für Nordwestdeutschland, Täglicher Wetterbericht, Jahrgang 72/73, Hamburg.

- [18] A. D e f a n t / G. W ü s t : Die Mischung von Wasserkörpern im System  $S=f(t)$ . Repp.et proc.-verb.d.réunions d.cons.perm.int.p.l'expl.de la mer, Vol. LXVII, S.40ff, Kopenh. 1930
- [19] H. W a t t e n b e r g : Der hydrographisch-chemische Zustand der Ostsee im Sommer 1939. Ann.d.Hydr.1940, S.185 ff.
- [20] F.A. F o r e l : Le Léman, Monographie limnol., Lausanne 1895
- [21] G. R e u m a n n : Eigenschwingungen der Ostsee. A.d.Arch.d.Dtsch.Seewarte u.d.Mar.Obs., Bd.61 Nr.4, Hamburg 1941
- [22] R. W i t t i n g : Färdvattnen i Östersjön och Finska Viken. Fennia Bd.29, Helsingfors 1911.
- [23] A. D e f a n t : Dynamische Ozeanographie. (Einführung in die Geophysik Bd.III), Berlin 1929. S.206.
- [24] W a n n - S ü r i n g : Lehrbuch der Meteorologie, 5.Aufl., Bd.I, S.108. Leipzig 1943.
- [25] H. T h o r a d e : Ungeordnete Bewegung und Mischung im Meere. Die Naturwissenschaften 1923, S.1001 ff.

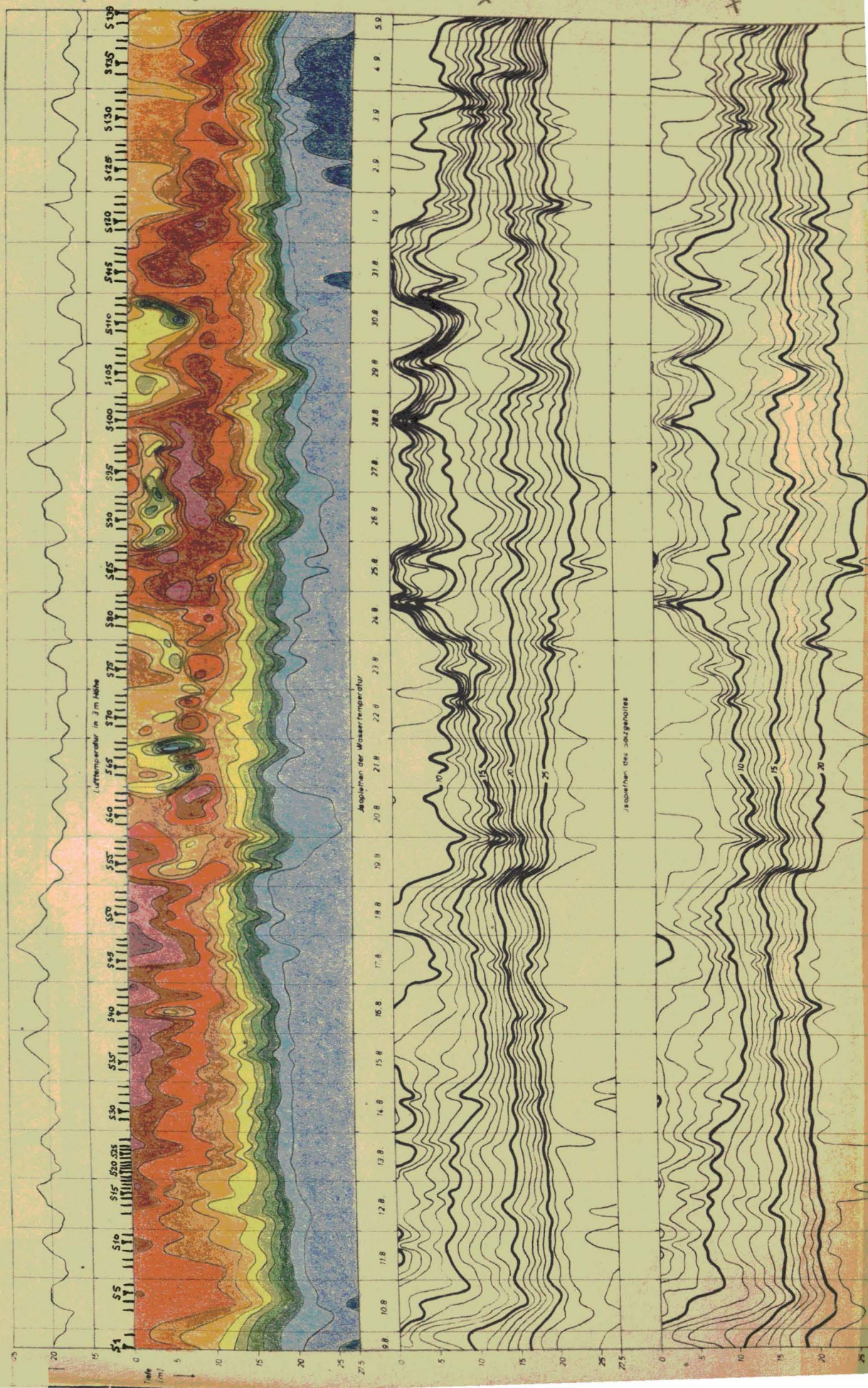
W e i t e r e s S c h r i f t t u m :

- O. C a r p : Der Fehmarnbelt im Aug.u.Sept.1909, Diss.Berlin 1912
- J.P. J a c o b s e n : Die Wasserbewegung in den Verbindungsströmen zwischen der Ostsee und dem Kattegat. V.Hydrol.Konf.d.balt. Staaten, Mitt.98, Helsingfors 1936.
- Bj. H e l l a n d - H a n s e n : Nogen hydrografiske Metoder. Kristiania 1916.
- K. K n u d s e n : Der Baltische Strom und der Salzgehalt im Kattegat und im westlichen Teil der Ostsee. Ann.d.Hydr.1901, S.226 ff.
- R. K e h l m a n n : Beiträge zur Kenntnis der Strömungen der westlichen Ostsee. Wiss.Meeresunt.Bd.8, S.189 ff., Kiel 1905
- O. K r ü m m e l : Handbuch der Ozeanographie, Bd.II, Stuttgart 1911.
- E. R u p p i n : Beitrag zur Hydrographie der Belt- und Ostsee. Wiss.Meeresunters.Bd.14, S.205 ff., Kiel 1912.
- O. V. S c h u b e r t : Die Frage des Wasseraustausches zwischen Nord- und Ostsee. VI.Hydrol.Konf.d.balt.Staaten, Berlin 1938.
- B. S c h u l z : Der Wasseraustausch zwischen Nord- und Ostsee. Petersmanns Mitt., Gotha 1930
- H. S p e t h m a n n : Studien zur Ozeanographie des südwestlichen Ostsee. Int.Revue d.ges.Hydrobiol.u.Hydrogr., Bd.V., Hydrogr., S., 3.Scric. Leipzig 1913.
- G. T h i e l : Strombeobachtungen in der westlichen Ostsee. A.d.Arch.d.Dtsch.Seewarte u.d.Mar.Obs., Bd.58, Nr.7.
- G. T h i e l : Einiges über die Ergebnisse von Strombeobachtungen in der westlichen Ostsee. Ann.d.Hydrogr.1943, S.226 ff.
- H. T h o r a d e : Über den Gezeitenstrom im Fehmarnbelt. Ann.d.Hydrogr.1943, S.231 ff.

=====



Tafel 1

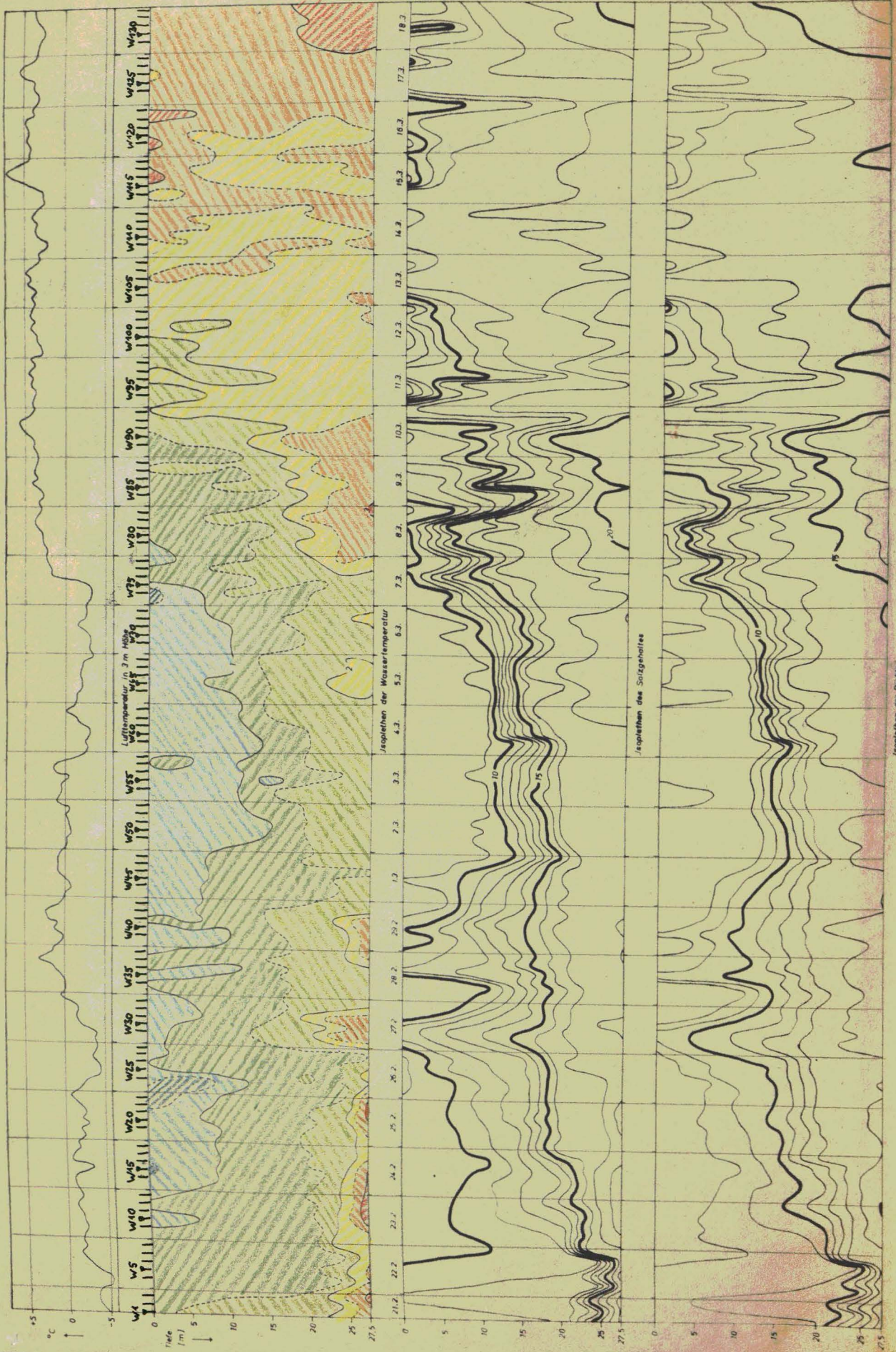




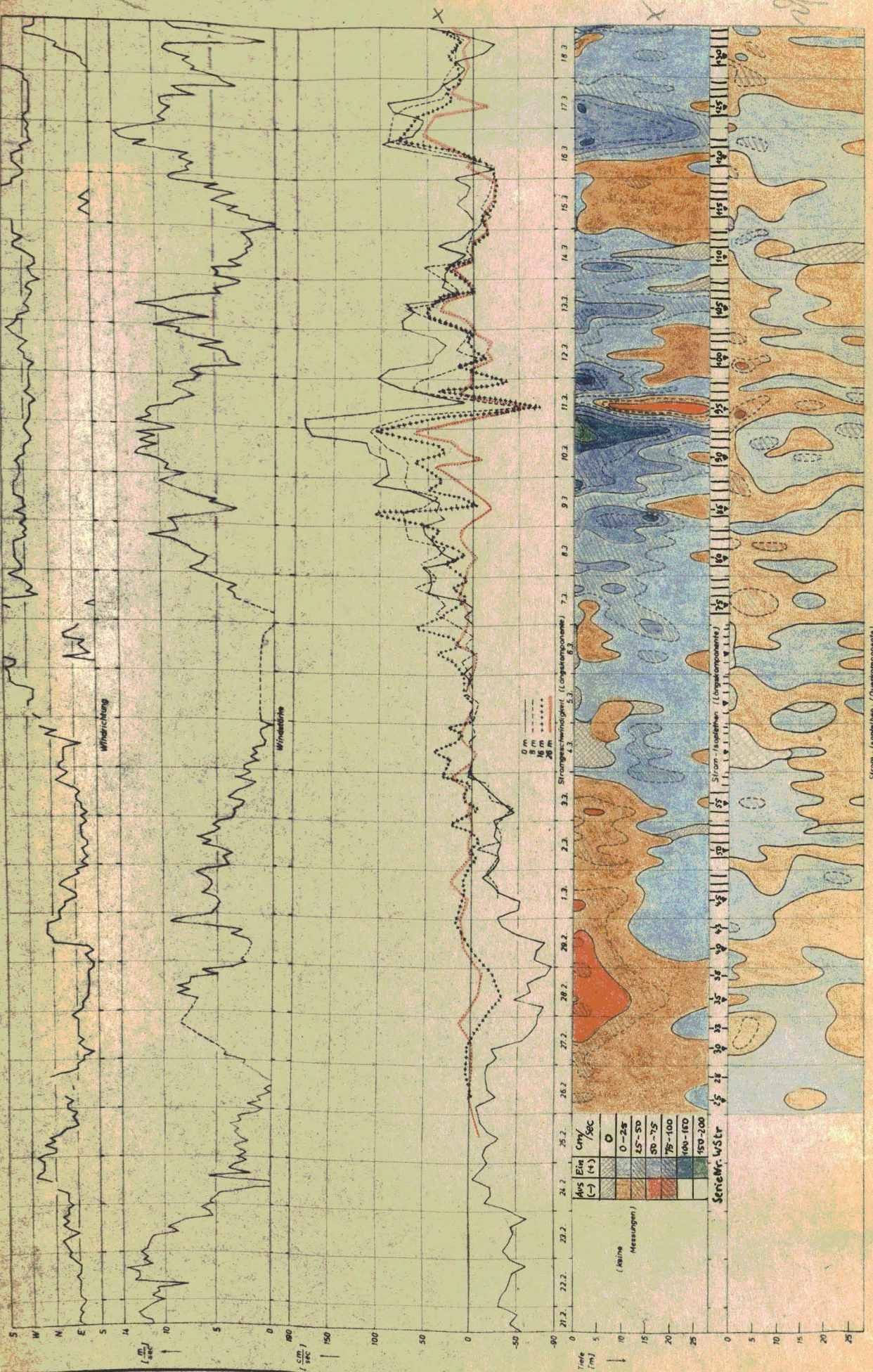




Tafel 3







Strömungswinkelgerät (Querkomponente)

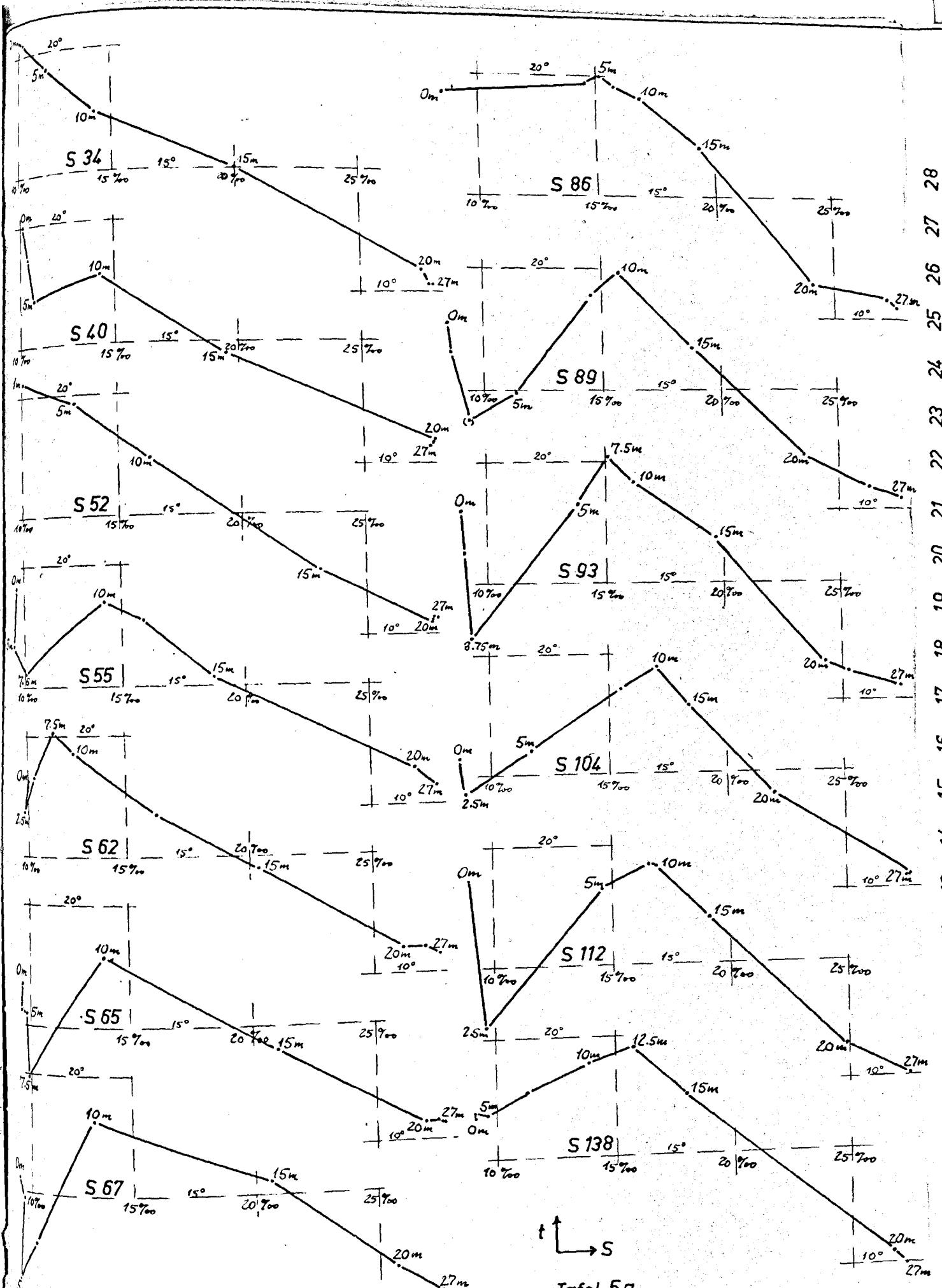
0 m  
5 m  
10 m  
15 m  
20 m

Ausg. Ein	0-25	25-50	50-75	75-100	100-150	150-200
(+)	0	10	20	30	40	50
(-)	0	10	20	30	40	50

(Kleine Messungen)

Senkrech. wstr



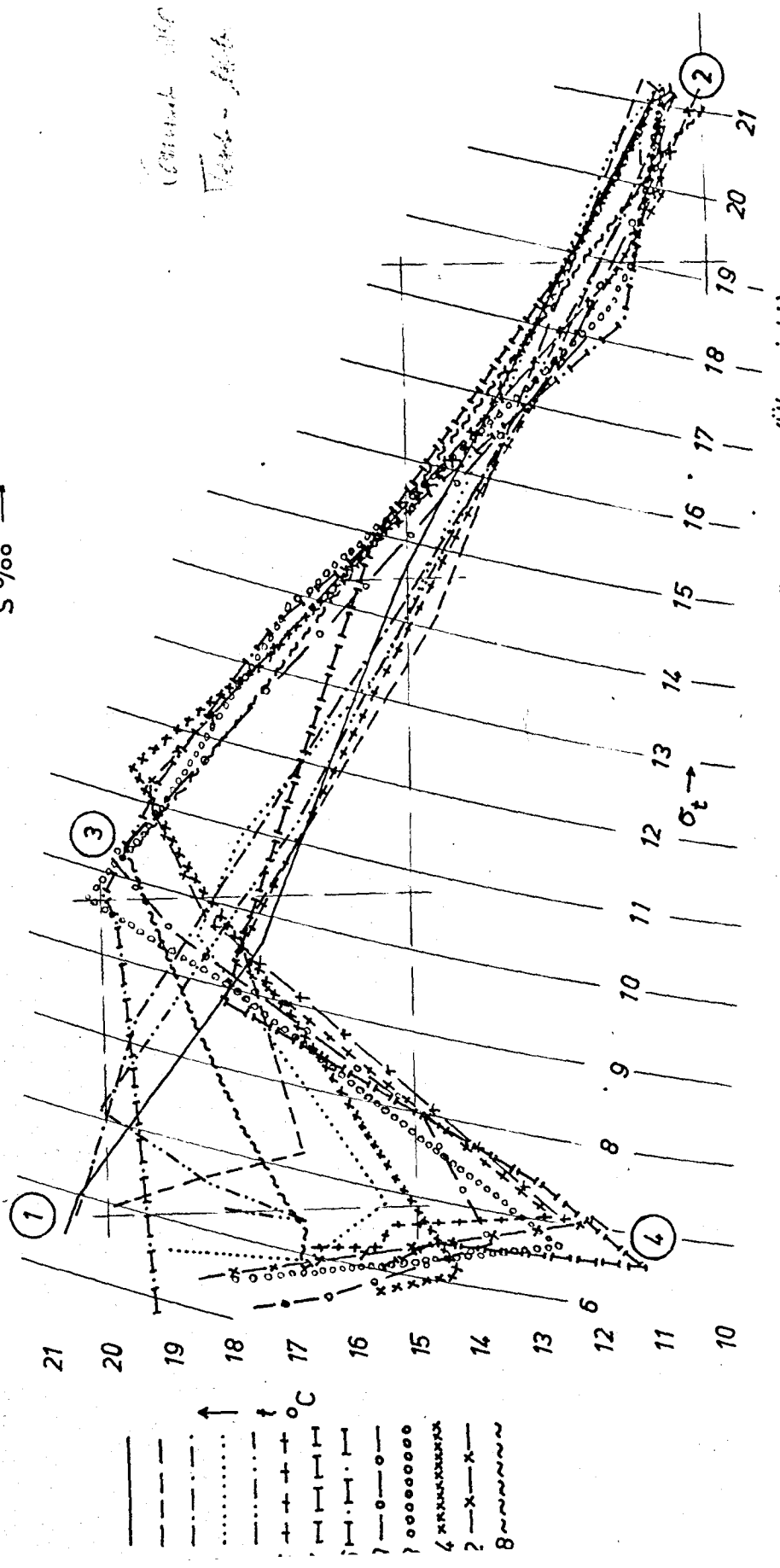


t ↑  
S →

Tafel 5a

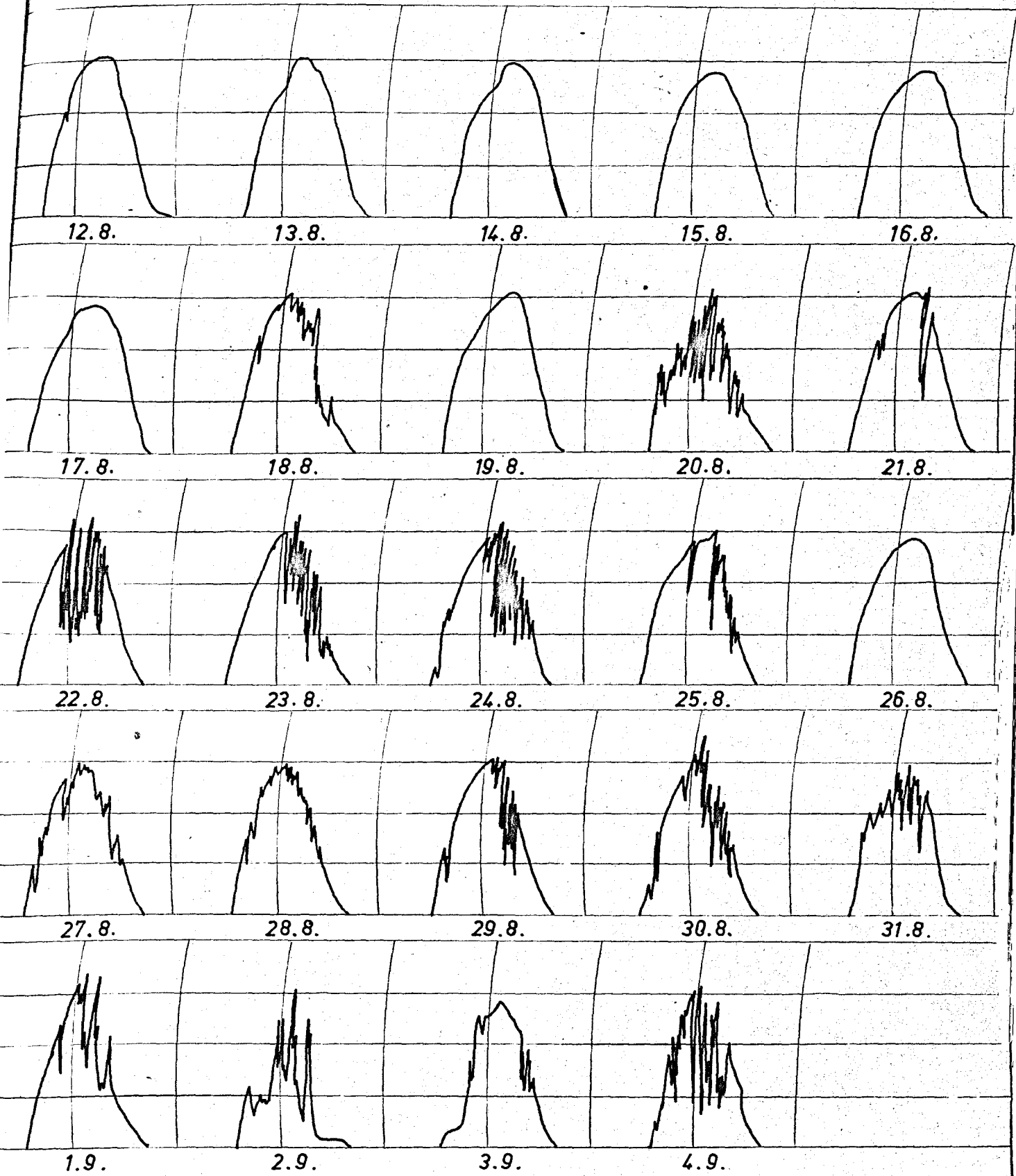
28  
27  
26  
25  
24  
23  
22  
21  
20  
19  
18  
17  
16  
15  
14  
13  
12  
11  
10  
9  
8

S ‰ →



Tafel 5b S=f(t) - Diagramme (Übersicht)

Tafel 6



Strahlungs - Aktinogramme

Feuerschiff „Fehmarnbelt“ , 12.8.-4.9.1947





12.8.47

02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24
NNE	N	N	N	NNW	NW	W	W	W	WSW	W	NW
4.1	3.9	Bf3	4.4	3.0	3.3	4.2	4.8	2.3	2.7	2.1	3.5
	135		102		110		135		132		135
	33		45		47		58		52		43
	-31		-44		-47		-55		-50		-40
	-11		10		4		-20		-15		-15
18.7	18.5	18.5	19.2	18.9	20.3	20.8	20.9	21.6	21.7	20.5	20.0

	S 12 (0515)		S 13 (0915)		S 14 (1245)		S 15 (1600)		S 16 (1800)						
0	1875	1167	74	1896	1146	72	1927	1148	71	1972	1146	70	1984	1239	77
1	-			-			-			1974	1149	71	1983	1239	77
5	1744	1409	95	1794	1424	95	1869	1322	86	1737	1420	96	1839	1267	82
10	1710	1668	116	1611	1734	122	1571	1776	126	1698	1671	116	1672	1651	115
15	1568	2030	146	1445	2176	160	1471	2118	155	1473	2064	150	1497	2016	146
20	1200	2610	197	1194	2608	197	1185	2633	199	1130	2638	201	1140	2660	202
24	1028	2781	213	1040	2807	215	1030	2783	213	1034	2732	209	1032	2642	202
27.5	1012	2793	215	1018	2799	215	1026	2792	214	1030	2725	209	1030	2723	209

			S 17 (2000)		S 18 (2200)		S 19 (2400)				
0			1994	1104	67	1950	987	58	1914	893	52
1			2004	1167	71	1950	1055	64	1914	1234	78
5			1812	1288	85	1901	1292	83	1850	1303	85
10			1662	1678	117	1683	1609	112	1694	1656	115
15			1510	2032	147	1350	2182	162	1376	2099	178
20			1115	2646	202	1122	2633	200	1084	2671	204
24			1030	2736	210	1032	2723	209	1034	2705	207
27.5			1026	2732	210	1026	2736	210	1025	2734	210

13.8.47

02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24
NW	NNW	NNW	NzW	NNW	NW	WNW	W	WNW	WNW	WSW	W
4.2	5.3	4.3	4.3	3.3	4.1	3.9	4.1	1.4	0.9	2.1	2.7
	101		141		141		135		135		135
	47		50		58		30		52		55
	-46		-45		-52		-28		-49		-52
	11		-22		-25		-10		-18		-19
19.8	18.9	18.2	19.5	19.2	19.4	20.2	20.7	22.6	21.0	20.2	20.2

	S 20 (0200)		S 21 (0400)		S 22 (0600)		S 23 (0800)		S 24 (1000)						
0	1899	900	53	1917	1050	64	1927	1111	69	1908	949	57	1927	976	58
1	1933	1230	78	1897	1230	78	1932	1111	69	1912	947	56	1928	960	57
5	1855	1304	85	1805	1342	89	1802	1362	90	1832	1351	89	1790	1350	90
10	1670	1629	113	1670	1669	116	1734	1689	117	1801	1754	120	1827	1747	119
15	1412	2057	151	1529	1996	144	1522	1960	141	1535	1989	143	1451	2048	150
20	1085	2691	205	1109	2667	203	1083	2671	204	1076	2682	205	1077	2685	205
24	1034	2720	209	1037	2711	208	1033	2712	208	1036	2711	208	1044	2707	208
27.5	1024	2720	209	1026	2720	209	1031	2712	208	1030	2711	208	1026	2720	209

	S 25 (1200)		S 26 (1400)		S 27 (1600)		S 28 (1900)					
0	1959	934	55	1985	906	52	2025	911	51	2008	936	53
1	1963	938	55	1982	913	52	2018	933	53	1993	943	55
5	1906	1223	77	1888	1243	79	1937	1182	74	1833	1408	93
10	1778	1808	125	1789	1774	122	1814	1752	120	1779	1667	114
15	1420	2433	179	1441	2066	151	1493	2032	148	1443	2073	152
20	1095	2718	208	1114	2692	205	1096	2703	206	1099	2772	211
24	1040	2709	208	1040	2730	209	1064	2732	209	1039	2795	214
27.5	1026	2714	208	1030	2741	210	1025	2743	210	1020	2804	215

14.8.47

02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24				
NNW	NzW	NNW	St	WNW	WNW	NWzW	NW	St	St	SE	St				
4.2	1.5	0.6	0	2.6	2.8	2.2	0.9	0	0	1.1	0				
	131		135		132		135		129		132				
	48		50		47		47		60		38				
	-46		-47		-45		-44		-58		-36				
	-13		-17		-14		-16		-15		-11				
19.4	18.7	18.5	19.2	19.0	19.3	19.5	20.3	21.0	21.0	20.1	20.1				
S 29 (0515)			S 30 (0900)			S 31 (1300)			S 32 (1645)			S 33 (2100)			
0	1952	896	52	1979	906	52	2023	895	50	2065	909	50	2036	916	51
1	1961	903	52	1980	927	53	2020	956	55	2064	911	50	2054	994	57
5	1867	1279	82	1888	1293	83	1942	1278	81	1881	1315	85	1838	1297	84
10	1746	1564	107	1733	1499	102	1779	1452	98	1786	1602	109	1803	1544	104
15	1512	2003	145	1450	2080	152	1504	2028	147	1514	1981	143	1560	2027	146
20	1093	2731	208	1095	2766	210	1094	2764	211	1099	2759	211	1097	2745	210
24	1044	2775	213	1060	2778	213	1029	2794	214	1038	2783	213	1031	2795	214
27.5	1022	2785	214	1019	2807	216	1017	2821	217	1025	2797	215	1021	2806	216

15.8.47

02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24				
ESE	NzE	NNE	NE	E	SE	SE	ESE	ESE	EzS	ESE	E				
1.4	0.9	2.0	2.8	1.9	3.6	1.9	1.0	2.6	4.2	5.7	6.6				
	135		124		124		135		124		132				
	33		43		45		40		58		80				
	-31		-42		-44		-38		-57		-76				
	-11		-7		-7		-14		-9		-23				
20.6	19.4	19.7	20.6	20.5	21.7	22.4	22.8	23.1	23.0	21.9	21.5				
S 34 (0515)			S 35 (0900)			S 36 (1300)			S 37 (1645)			S 38 (2045)			
0	2067	972	55	2072	1017	58	2142	1105	63	2167	1137	65	2194	1072	60
1	2050	1028	60	2070	1037	60	2094	1148	68	2126	1152	67	2089	1123	66
5	1923	1186	74	1889	1252	80	1979	1281	80	1969	1252	78	1890	1236	79
10	1739	1425	96	1797	1391	93	1783	1411	94	1818	1378	91	1780	1388	93
15	1506	1998	145	1523	2008	145	1357	2155	160	1450	2189	160	1457	2120	155
20	1086	2750	210	1108	2740	209	1086	2726	208	1110	2730	208	1099	2729	208
24	1032	2779	213	1048	2764	212	1040	2759	212	1057	2763	211	1046	2759	211
27.5	1030	2788	214	1045	2784	214	1040	2775	213	1052	2789	214	1045	2766	212

16.8.47

02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24				
E	EzS	SEzE	ESE	SEzE	ESE	ESE	SEzE	ESE	E	SSE	NE				
6.6	5.7	5.6	6.4	4.2	3.9	3.8	4.5	2.6	3.0	2.5	1.3				
	129		135		129		129		123		135				
	75		55		73		77		72		58				
	-73		-52		-71		-75		-71		-55				
	-18		-19		-18		-19		-10		-20				
20.5	19.9	19.5	20.8	20.8	21.4	21.8	21.6	21.7	21.5	21.3	20.4				
S 39 (0515)			S 40 (0915)			S 41 (1245)			S 42 (1645)			S 43 (2030)			
0	2034	1023	60	1999	1011	59	2054	993	57	2081	992	56	2095	975	55
1	2046	1033	60	1860	1052	66	2034	1008	59	2074	992	56	2105	994	55
5	2012	1178	72	1684	1091	72	1804	1056	67	1970	1066	64	1832	1082	60
10	1796	1408	94	1777	1436	97	1844	1353	89	1878	1356	89	1830	1398	90
15	1411	2100	154	1448	1947	142	1566	2050	148	1442	2089	153	1415	2155	150
20	1084	2770	212	1098	2794	210	1097	2610	199	1095	2765	211	1074	2769	210
24	1035	2772	213	1069	2772	212	1069	2783	213	1076	2769	212	1067	2770	210
27.5	1033	2775	213	1063	2775	212	1062	2769	212	1070	2769	212	1070	2770	210

17.8.47

o2	o4	o6	o8	1o	12	14	16	18	2o	22	24				
St	NNW	WNW	W	NNW	NW	W	W	WSW	SW	W	N				
o	1.9	1.3	1.6	2.4	2.4	3.7	3.6	2.3	3.6	3.8	4.0				
	135		129		121		123		96		79				
	65		62		5		42		4o		5o				
	-61		-6o		-5		-42		-38		-4o				
	-22		-15		-1		-6		+13		29				
2o.o	19.9	2o.9	2o.9	21.o	21.5	22.4	24.o	23.4	23.o	22.5	21.7				
S 44 (o515)	S 45 (o93o)			S 46 (13oo)			S 47 (163o)			S 48 (2o45)					
0	198o	9o9	52	2o09	874	49	21o4	845	45	2174	877	45	2118	875	46
1	1951	936	55	2o11	913	52	21o1	868	46	2173	877	45	212o	875	46
5	1886	947	57	2o36	1o22	59	2o8o	994	56	2o75	1o32	59	2o21	1o72	64
1o	1825	15o3	1oo	1796	1478	99	1832	1588	1o7	1774	1547	1o5	1819	16o2	1o8
12.5	1689	1668	116	-			168o	1691	118	-					
15	13oo	2284	17o	1298	2239	167	1237	2252	169	1289	2238	167	1264	2128	159
2o	1o8o	275o	21o	1o75	2761	212	112o	2747	21o	1123	2752	21o	1o41	2778	213
24	1o35	2774	212	1o28	2768	213	1o52	2754	211	1o37	2763	212	1o3o	2795	215
27.5	1o28	2788	214	1o24	2775	213	1o26	2774	213	1o26	2775	213	1o28	2797	215

18.8.47

o2	o4	o6	o8	1o	12	14	16	18	2o	22	24				
NW	NW	NW	NW	NWzN	NW	NW	WNW	SEzE	ESE	E	ENE				
4.4	5.1	5.4	6.1	4.9	3.7	2.8	2.6	6.2	7.2	9.6	8.4				
	73		77		96		112		135		129				
	57		4o		47		58		82		87				
	-44		-31		-44		-58		-77		-84				
	37		25		15		2		-28		-21				
21.5	21.o	2o.5	2o.2	19.5	2o.1	2o.7	21.8	2o.5	2o.3	2o.o	18.7				
S 49 (o515)	S 5o (o9oo)			S 51 (13oo)			S 52 (1645)			S 53 (21oo)					
0	2o9o	1o13	58	2o54	1o48	61	21o4	1o85	63	2o69	-	2o4o	99o	57	
1	2o98	1o82	62	2o69	1o93	64	21o9	1o76	62	2o5o	998	57	2o42	998	58
5	1881	1298	84	195o	1221	76	1888	1325	86	195o	13o4	83	2oo1	1212	75
1o	17o6	1646	114	1669	1664	116	1688	1685	118	1732	1628	112	174o	1642	113
15	1256	2162	162	139o	2185	161	126o	2221	166	1266	2316	174	1227	2379	179
2o	1o43	276o	212	1o76	277o	212	1o5o	2764	212	1o46	2766	212	1o41	2775	213
24	1o63	2778	213	1o7o	2774	212	1o68	2789	213	1o68	2766	212	1o57	2793	214
27.5	1o63	2775	212	1o7o	2786	214	1o68	279o	213	1o65	2793	214	1o59	2797	214

19.8.47

o2	o4	o6	o8	1o	12	14	16	18	2o	22	24				
ENE	ENE	E	ENE	E	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	E	EzS				
7.4	6.9	6.7	7.2	7.9	8.2	8.8	9.3	7.8	7.7	7.6	6.6				
	131		124		124		129		135		117				
	95		87		98		94		85		88				
	-91		-85		-97		-91		-8o		-88				
	-26		-18		-15		-23		-29		-3				
18.3	18.o	18.o	18.4	19.2	19.5	19.4	19.4	19.3	18.7	18.4	18.1				
S 54 (o515)	S 55 (o915)			S 56 (13oo)			S 57 (18oo)			S 58 (2215)					
0	1888	926	55	19o4	941	56	1879	-	19o8	917	54	1829	931	57	
1	1875	929	56	19o6	941	56	1893	911	54	19o9	917	54	184o	929	57
5	1643	999	66	1676	92o	59	1872	9o2	54	1856	943	57	1795	965	6o
7.5	-		155o	1oo4	68	164o	-	1594	-			1763	-		
1o	1843	1364	9o	1844	1434	95	1745	-	1718	1279	86	1689	1o22	67	
12.5	18o1	1613	1o9	1777	1591	1o8	174o	-	1799	-		1757	-		
15	13oo	2244	167	1534	1869	134	1265	-	14oo	1918	141	1688	1738	121	
2o	1o41	276o	212	1153	268o	2o3	1152	-	12o2	2626	198	12o5	2618	198	
24	1o6o	2772	212	1o74	2774	212	1o78	2774	212	1o84	2665	212	11o8	2746	2o9
27.5	1o6o	2774	212	1o7o	2774	212	1o76	2789	213	1o82	2783	213	1o96	2775	212

20.8.47

02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24
E	NE	NE	NE	ENE	E	St	St	St	SEzS	SEzS	SW
5.6	5.5	4.3	4.7	2.2	0.9	0	0.	0	3.3	1.9	2.3
	113		121		113		124		132		124
	82		97		52		53		58		67
	-82		-97		-52		-52		-55		-66
	3		-10		2		-8		-17		-11
17.9	17.5	17.5	17.9	18.4	19.2	19.3	20.0	19.6	18.0	17.7	17.7

	S 59 (0515)		S 60 (0915)		S 61 (1345)		S 62 (1800)		S 63 (2145)		
0	1790	915	57 1726	907	57 1804	993	62 1810	1005	63 1567	918	61
1	1800	918	57	-	-	-	-	-	1560	-	-
2.5	-	-	1730	918	59 1750	993	63 1680	979	63 1545	915	61
5	1790	946	59 1818	963	60 1767	990	63 1831	1042	65 1443	933	64
7.5	1833	-	1990	1126	68 1991	1163	71 2012	1166	71 1990	1176	72
10	1737	1263	84 1869	1310	85 1812	1205	78 1930	1272	81 2023	1256	78
12.5	1670	-	-	-	1680	1479	102 1674	1629	113 1649	-	-
15	1430	2001	146 1430	2057	151 1435	2061	151 1446	2034	149 1469	2008	146
17.5	1304	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	1114	2665	203 1120	2633	201 1121	2599	198 1106	2624	200 1119	2588	197
24	1109	2727	208 1107	-	1109	2702	206 1106	2717	207 1088	2761	212
27.5	1089	2775	212 1081	2764	211 1079	2774	212 1077	2775	212 1078	2774	212

21.8.47

02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24
St	N	N	NE	ENE	NE	SSE	SSE	ESE	ESE	SEzS	NEzN
0	1.8	1.8	4.9	4.5	3.5	2.3	1.3	5.1	3.1	2.6	1.7
	121		113		124		136		107		113
	45		55		65		75		67		62
	-45		-55		-64		-70		-66		-62
	-5		2		-10		-27		9		2
180	17.1	16.6	17.7	17.9	19.0	19.5	20.3	18.0	17.9	18.2	17.8

	S 64 (0515)		S 65 (0915)		S 66 (1400)		S 67 (1800)		S 68 (2130)		
0	1608	940	62 1671	942	61 1655	915	59 1558	904	60 1632	963	63
2.5	1715	958	62 1560	937	63 1554	934	63 1475	943	65 1670	961	63
5	1647	980	64 1546	972	65 1595	1021	68 1125	893	66 1470	954	65
7.5	1442	1076	75 1285	985	1934	1192	74 1291	1028	74 1390	1022	72
10	1858	1348	88 1786	1393	93 1781	1371	91 1809	1336	89 1720	1466	100
12.5	1598	1727	122 1585	-	1620	-	1610	-	1640	-	-
15	1426	2068	152 1400	2100	155 1562	2043	147 1556	2065	149 1540	2088	1510
17.5	1117	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	1075	2572	196 1071	2606	199 1092	2611	199 1175	2582	195 1092	2605	199
24	1073	2760	211 1076	2759	211 1076	2760	211 1067	2765	211 1098	2700	206
27.5	1070	2770	212 1068	2785	213 1075	2769	212 1060	2765	212 1050	2774	213

22.8.47

02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24
NE	NE	NNE	NE	NNE	NE	ESE	ESE	EzS	ENE	ENE	NE
2.1	3.4	5.2	7.3	5.7	6.6	4.9	7.3	6.2	6.2	4.1	5.0
	113		104		114		124		127		121
	53		72		70		98		105		98
	-53		-71		-70		-97		-103		-97
	2		14		1		-15		-22		-10
17.6	17.0	17.5	17.5	17.5	18.7	18.5	18.7	19.0	18.6	17.5	17.4

	S 69 (0530)		S 70 (0930)		S 71 (1400)		S 72 (1800)		S 73 (2130)		
0	1635	884	58 1624	865	56 1649	880	57 1682	896	57 1646	895	58
2.5	1700	958	62 1624	878	57 1631	883	58 1624	895	58 1630	920	60
5	1620	970	64 1530	878	59 1633	887	58 1620	900	59 1624	912	60
7.5	1942	1158	72 1948	1182	73 1717	964	62 1911	1176	74 1597	929	61
8.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1556	-
10	1778	1490	101 1770	1446	97 1683	1659	115 1702	1664	115 1786	1465	98
11.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1650	-
12.5	1576	-	-	-	1553	-	-	-	-	-	-
15	1472	2128	156 1548	2052	148 1496	2007	145 1529	2064	149 1540	2063	149
20	1083	2604	199 1088	2676	204 1121	2624	200 1129	2626	200 1083	2553	195
24	1058	2774	212 1035	2763	212 1053	2770	212 1050	2764	212 1034	2768	212
27.5	1034	2760	212 1035	2766	212 1050	2765	212 1042	2765	212 1033	2784	214

belschulte in Hiedl, die anfangs als Oberrealschule, od. Unterrealschule

23.8.47

	02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24			
	NEzN	N	N	ENE	NNE	NNE	N	WSW	NzW	NNW	St	NNE			
	3.8	4.7	4.0	6.1	5.4	4.8	2.3	1.4	2.3	6.3	0	3.7			
		118		113		121		132		102		115			
		62		50		57		45		35		52			
		-62		-50		-57		-43		-34		-52			
		-3		2		-6		-13		9		0			
	17.6	17.7	17.4	17.6	17.8	18.7	19.8	19.7	20.0	19.2	17.7	17.0			
	S 74	(0515)		S 75	(1000)		S 76	(1345)		S 77	(1815)		S 78	(2145)	
0	1732	875	55	1708	868	55	1788	840	51	1747	851	52	1625	865	56
2.5	1735	864	54	1707	865	55	1749	851	53	1672	868	56	1631	869	56
3.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1599	-	-
5	1727	873	55	1604	970	64	1511	878	59	1581	848	56	1490	884	60
6.2	-	-	-	1474	-	-	1450	-	-	1549	-	-	1748	-	-
7.5	1638	976	64	1784	1355	90	1818	1138	73	1697	1121	74	1806	-	-
8.8	1916	-	-	1829	-	-	1893	-	-	1763	-	-	1798	-	-
10	1794	1500	101	1859	1403	92	1880	1368	89	1755	1610	110	1800	1568	106
11.2	-	-	-	1864	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12.5	-	-	-	1693	-	-	1698	-	-	1699	-	-	1665	-	-
15	1545	1999	144	1582	2001	143	1530	2007	145	1539	2034	147	1471	2056	150
20	1086	2608	199	1140	2584	197	1175	2571	195	1092	2486	189	1110	2772	211
24	1088	2727	208	1062	2766	212	1070	2768	212	1080	2765	211	1043	2759	212
27.5	1034	2779	213	1036	2777	213	1034	2779	213	1034	2790	214	1040	2784	213

24.8.47

	02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24			
	NNE	NNE	NNE	NNE	N	NNE	NNE	NEzN	NE	NE	NzE	NE			
	3.6	2.9	5.5	4.9	5.1	6.0	8.0	7.9	6.6	5.0	4.1	2.7			
		113		129		118		118		141		146			
		28		57		65		73		87		25			
		-28		-55		-65		-73		-78		-21			
		1		-14		-3		-4		-38		-14			
	17.8	18.0	17.2	17.7	18.5	19.4	20.2	19.9	20.1	19.4	18.8	18.5			
	S 79	(0515)		S 80	(1000)		S 81	(1400)		S 82	(1745)		S 83	(2145)	
0	1588	860	56	1612	871	57	1681	895	57	1847	1209	78	1797	895	55
2.5	1566	877	58	1655	947	62	1725	1061	69	1831	1471	98	1890	1080	67
5	1685	1299	88	1736	1371	92	1800	1515	102	1833	1595	107	2005	1458	93
6.3	1712	-	-	-	-	-	1777	-	-	2002	-	-	2010	-	-
7.5	1712	1591	110	1816	1582	107	1800	-	-	1980	-	-	2005	1555	100
8.8	1740	-	-	1830	-	-	-	-	-	1936	-	-	1951	-	-
10	1810	1804	124	1910	1693	113	1843	1668	113	1938	1691	112	1933	1698	113
11.2	1810	-	-	1853	-	-	1837	-	-	-	-	-	-	-	-
12.5	1791	-	-	1738	-	-	1630	-	-	1773	-	-	-	-	-
15	1558	2010	145	1577	2010	144	1478	2043	149	1452	2089	153	1552	2111	153
20	1189	2508	190	1106	2572	196	1137	2456	186	1156	2489	189	1148	2510	190
24	1039	2774	213	1071	2750	210	1085	2731	209	1060	2775	212	1045	2788	214
27.5	1040	-	-	1045	2779	213	1060	2779	213	1052	2788	214	1045	2755	212

25.8.47

	02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24			
	NNE	NzE	NNE	N	NE	NEzN	SE	E	St	N	WNW	NNW			
	3.3	3.9	3.1	4.9	5.5	3.0	3.5	0.8	0	0.8	3.3	3.6			
		124		141		158		124		135		129			
		32		43		53		68		42		30			
		-32		-39		-39		-67		-39		-29			
		-5		-19		-36		-11		-14		-7			
	18.3	17.9	18.1	18.4	18.1	18.7	19.5	21.7	20.3	20.2	18.9	17.7			
	S 84	(0515)		S 85	(1000)		S 86	(1400)		S 87	(1800)		S 88	(2145)	
0	1732	965	62	1827	896	54	1924	844	49	1860	846	50	1724	882	55
1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1520	-	-
2.5	1920	1317	84	1916	1281	82	1974	1452	93	1922	1257	80	1458	869	59
3.8	-	-	-	-	-	-	2000	-	-	2000	-	-	1670	-	-
5	1965	1355	86	1922	1299	83	2000	1508	97	2020	1486	95	1791	1201	78
6.2	1971	-	-	1989	-	-	1995	-	-	2000	-	-	-	-	-
7.5	1996	1460	93	1969	1504	97	1959	1567	102	1990	-	-	1960	-	-
8.8	1866	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1972	-	-
10	1903	1697	113	1860	1683	113	1907	1680	112	1985	1563	101	1952	1597	105
12.5	1615	-	-	1755	-	-	1861	-	-	-	-	-	1908	-	-
15	1526	2036	147	1657	1901	134	1714	1930	135	1604	2003	143	1598	2052	147
20	1168	2443	185	1132	2436	185	1140	2402	182	1148	2396	182	1131	2388	182
24	1060	2756	211	1113	2526	192	1078	2726	208	1103	2573	196	1104	2588	197
27.5	1046	2770	212	1042	2759	212	1043	2775	213	1045	2772	212	1050	2775	213

	02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24	26.8.47	
	N	N	N	NNE	NE	St	ESE	St	St	St	WSW	St		
	5.0	5.3	45	5.6	3.9	0	2.4	0	0	0	2.5	0		
		130		132		149		146		146		149		
		32		40		38		17		28		18		
		-31		-38		-31		-15		-24		-15		
		-8		-12		-21		-9		-14		-10		
	17.7	17.9	17.8	18.4	18.9	20.2	20.2	20.6	20.8	20.0	18.5	18.9		
	S 89	(0515)	S 90	(1000)	S 91	(1415)	S 92	(1800)	S 93	(2145)				
0	1769	845	52	1655	848	54	1766	848	52	1725	877	55	1800	893 55
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1614	-	-	-	-
2.5	1650	860	55	1577	884	58	1352	891	63	1494	882	60	1614	904 59
3.8	1372	-	-	1575	-	-	1520	-	-	1403	-	-	1266	~930 -
5	1484	1137	79	1642	1216	82	1643	1216	82	1486	1189	83	1820	1374 91
6.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1733	-	-	-	-
7.5	1884	1442	95	2011	1544	99	2025	1504	96	2024	1469	94	2021	1501 96
8.8	1994	-	-	2013	-	-	2016	-	-	2018	-	-	-	-
10	1982	1561	101	2006	1555	100	1990	1529	99	2000	1557	101	1914	1617 107
11.2	-	-	-	-	-	-	1972	-	-	-	-	-	-	-
12.5	1941	-	-	1599	-	-	1623	-	-	1825	-	-	1848	-
13.8	-	-	-	-	-	-	1748	-	-	-	-	-	-	-
15	1679	1875	132	1660	1844	130	1763	1797	124	1690	1921	135	1681	1961 138
17.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1500	-	-	-	-
20	1228	2351	177	1300	2307	172	1276	2292	171	1189	2362	178	1160	2427 184
24	1090	2624	200	1090	2606	199	1091	2597	198	1100	2582	197	1116	2524 192
27.5	1049	2775	213	1050	2766	212	1048	2774	213	1051	2766	212	1050	2759 211

	02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24	27.8.47	
	St	NNW	NzE	NNW	NNW	NNW	NNW	SSE	SSE	W	NW	NNW		
	0	2.1	3.6	5.2	6.6	3.9	2.6	2.9	1.0	2.2	4.0	7.4		
		172		142		113		146		127		34		
		20		7		15		37		32		20		
		-11		-6		-15		-32		-31		-3		
		-17		-3		1		-19		-7		20		
	18.8	18.1	18.5	19.1	19.4	20.5	21.7	20.6	20.7	21.6	20.4	19.8		
	S 94	(0515)	S 95	(1000)	S 96	(1400)	S 97	(1800)	S 98	(2130)				
0	1798	880	54	1749	902	56	1885	857	50	1913	900	53	1891	894 53
1.2	1806	-	-	-	-	-	1818	-	-	1785	-	-	-	-
2.5	1423	1059	75	1654	963	63	1662	1160	78	1565	1147	78	1655	960 63
3.8	1690	-	-	1564	-	-	1723	-	-	1950	-	-	1552	-
5	1991	1498	96	1964	1454	94	1889	1387	90	2012	1475	94	1748	1353 91
6.2	1994	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.5	1994	1496	96	2018	1507	100	2010	1492	95	2010	1515	97	2019	1553 100
8.8	-	-	-	2018	-	-	1965	-	-	-	-	-	1970	-
10	1940	1660	110	1972	1601	105	1879	1713	115	1909	1679	112	1900	1713 115
12.5	1873	-	-	1824	-	-	1816	-	-	1830	-	-	1816	-
15	1762	1864	129	1575	2026	145	1544	2089	151	1563	2059	148	1580	2051 147
20	1245	2308	173	1229	2327	175	1187	2355	178	1152	2411	183	1163	2380 180
24	1120	2535	193	1052	2756	211	1059	2749	210	1059	2755	211	1052	2745 210
27.5	1050	2764	212	1050	2752	211	1057	2749	210	1057	2765	212	1049	2757 211

	02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24	28.8.47	
	NNW	N	NzE	NE	NNE	NE	NE	NNE	NNE	NzE	NNW	NNE		
	6.3	7.2	6.3	8.5	9.7	10.4	8.4	6.8	7.8	5.2	4.2	2.4		
		90		124		113		135		129		110		
		30		42		57		52		42		63		
		-27		-41		-57		-49		-41		-63		
		13		-7		2		-18		-10		6		
	18.7	17.6	17.4	17.7	17.9	18.8	19.3	19.4	18.7	18.3	18.0	17.0		
	S 99	(0515)	S 100	(0945)	S 101	(1400)	S 102	(1815)	S 103	(2145)				
0	1742	864	54	1812	952	59	1762	882	55	1564	883	59	1570	875 58
1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1575	-
2.5	1781	1085	70	1940	1537	100	1800	1144	74	1590	1003	67	1510	891 60
3.8	1807	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1669	-
5	1983	1519	98	1992	1572	102	1947	1524	99	1784	1489	100	1663	1288 88
6.3	2004	-	-	1975	-	-	1970	-	-	-	-	-	-	-
7.5	1994	1590	103	1950	1651	109	1957	1628	107	1975	1582	103	1780	1481 100
8.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1978	-	-	1788	-
10	1924	1668	111	1920	1664	111	1865	1765	120	1930	1685	112	1939	1617 107
11.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1875	-
12.5	-	-	-	1830	-	-	1608	-	-	1731	-	-	-	-
15	1616	2003	143	1565	2061	148	1499	2128	155	1600	2025	145	1558	2063 149
20	1218	2470	186	1140	2417	183	1143	2425	184	1200	2365	178	1201	2382 180
24	1064	2743	210	1026	2768	212	1015	2759	212	1020	2763	212	1017	2777 213
27.5	1045	2756	211	1026	2764	212	1017	2745	211	1019	2764	212	1010	2765 213

Gen. Grundschriftliche...  
 belachule in Hocl, die anfangs als Oberrealschule, ab Unterrealschule

29.8.47

	02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24			
	NW	NE	NzE	NNE	NE	N	NNE	ESE	ESE	SE	SEzS	SE			
	3.9	4.1	6.0	7.5	8.3	8.1	7.6	8.4	6.8	4.5	3.7	1.8			
		135		124		124		135		146		146			
		23		30		73		70		62		25			
		-22		-30		-72		-66		-53		-21			
		-8		-5		-11		-24		-32		-13			
	16.6	16.6	16.9	16.8	16.8	17.9	18.3	16.8	16.7	16.8	15.7	15.6			
	S 104	(0545)	S 105	(1000)	S 106	(1400)	S 107	(1800)	S 108	(2130)					
0	1571	864	57	1537	883	59	1581	880	58	1568	915	61	1586	881	58
2.5	1430	889	61	1660	1200	81	1737	1359	91	1603	943	62	1606	900	59
3.8	1542	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	1603	1164	79	1700	1294	87	1823	1616	109	1775	1558	106	1701	1113	74
7.5	1856	1544	103	1911	1654	110	1905	1717	115	1887	1714	115	1850	1647	111
8.8	-	-	-	1908	-	-	1906	-	-	1880	-	-	1890	-	-
10	1945	1705	113	1899	1697	113	1907	1763	118	1848	1736	118	1914	1723	115
12.5	1863	-	-	1829	-	-	1787	-	-	1786	-	-	1820	-	-
15	1781	1835	127	1799	1821	125	1696	1911	134	1619	2003	143	1748	1872	130
20	1407	2198	162	1443	2172	159	1160	2403	182	1127	2456	187	1112	2510	191
24	1052	2781	213	1055	2752	211	1026	2752	211	1008	2757	212	1006	2750	211
27.5	1050	2764	212	1050	2753	211	1024	2756	211	1007	2759	212	1004	2752	211

30.8.47

	02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24			
	St	NW	N	E	St	SSE	W	NNW	NWzN	NNW	NzE	NE			
	0	1.8	0.8	1.0	0	0.9	1.8	3.9	3.6	4.7	5.9	4.5			
		124		132		124		118		113		124			
		20		30		23		35		43		60			
		-20		-29		-23		-35		-43		-59			
		-3		-9		-4		-2		2		-9			
	15.7	15.4	15.5	15.6	16.5	18.6	18.4	17.9	18.6	18.0	17.8	16.6			
	S 109	(0515)	S 110	(0915)	S 111	(1330)	S 112	(1745)	S 113	(2145)					
0	1559	887	59	1594	854	56	1708	855	54	1861	895	54	1706	908	58
1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1343	-	-	1838	-	-
2.5	1560	869	58	1570	875	58	1582	891	59	1252	961	69	1865	1395	91
3.8	-	-	-	-	-	-	1580	-	-	-	-	-	-	-	-
5	1557	866	57	1420	931	64	1330	975	69	1824	1457	97	1879	1671	112
6.2	-	-	-	1200	-	-	1583	-	-	-	-	-	1885	-	-
7.5	1721	1373	93	1466	1205	85	1720	1428	97	1920	1653	110	1868	1729	117
8.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1918	-	-	-	-	-
10	1895	1640	109	1910	1658	111	1904	1671	112	1914	1688	113	1841	1761	120
11.2	1871	-	-	1910	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12.5	1865	-	-	1860	-	-	1804	-	-	1813	-	-	1812	-	-
15	1755	1860	129	1730	1892	132	1720	1881	131	1692	1912	134	1639	1963	139
20	1280	2313	173	1193	2424	183	1286	2365	177	1149	2487	189	1147	2446	186
24	1011	2764	212	1016	2764	212	1013	2745	211	1010	2757	212	1016	2740	210
27.5	1011	2760	212	1016	2774	213	1013	2765	212	1010	2765	212	1014	2738	210

31.8.47

	02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24			
	NNE	NNW	NNW	NEzN	NE	NNE	N	N	N	NzW	NNW	NNW			
	3.6	4.6	4.4	2.6	2.7	1.1	2.8	6.9	7.8	6.7	5.9	5.2			
		166		158		153		34		56		59			
		42		18		42		20		37		26			
		-26		-13		-33		-3		-19		-15			
		-33		-12		-26		20		32		22			
	16.9	16.4	16.6	16.7	17.0	17.7	18.4	18.5	18.9	17.6	16.6	16.7			
	S 114	(0515)	S 115	(0930)	S 116	(1345)	S 117	(1745)	S 118	(2145)					
0	1740	926	58	1790	941	59	1864	990	61	1832	1177	76	1739	1071	70
1.2	1808	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.5	1900	1331	86	1916	1344	86	1921	1451	95	1863	1471	97	1843	1278	83
3.8	-	-	-	-	-	-	1926	-	-	-	-	-	-	-	-
5	1932	1393	90	1931	1454	95	1946	1591	104	1942	1646	109	1900	1547	102
7.5	1922	1437	93	1906	1671	111	1900	1687	113	1910	1688	113	1921	1630	108
10	1890	1662	111	1890	1692	113	1855	1739	118	1870	1736	117	1908	1687	113
12.5	1790	-	-	1813	-	-	1817	-	-	1841	-	-	1856	-	-
15	1744	1882	131	1758	1857	129	1660	1964	139	1670	1857	131	1814	1788	123
17.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1475	-	-
20	1125	2548	194	1120	2478	188	1107	2458	187	1098	2508	191	1094	2651	202
24	1000	2749	211	1008	2750	211	1011	2731	210	1019	2746	211	1022	2738	210
27.5	997	2747	211	1007	2746	211	1018	2754	211	1021	2747	211	1022	2736	210

Belachule in Hohl, 1001, 1002, 1003, 1004, 1005, 1006, 1007, 1008, 1009, 1010, 1011, 1012, 1013, 1014, 1015, 1016, 1017, 1018, 1019, 1020, 1021, 1022, 1023, 1024, 1025, 1026, 1027, 1028, 1029, 1030



1.9.47

	02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24			
	NW	NzW	NWzN	NNW	NW	NNW	NNW	NNW	N	NNE	NNE	NE			
	5.3	4.3	6.3	6.3	4.9	8.0	7.7	6.2	5.2	5.1	3.7	3.3			
		340		28		91		349		273		174			
		20		32		20		17		3		8			
		14		-2		-18		10		3		-4			
		14		32		8		14		-1		-7			
	S 119°	16.2	16.4	17.0	17.8	18.1	18.6	18.6	19.7	17.1	16.8	16.6	(2145)		
0	1678	979	64	1678	961	62	1679	945	61	1681	915	59	1681	903	58
2.5	1871	1322	86	1715	1005	65	1678	963	62	1674	934	61	1691	924	59
5	1913	1487	97	1805	1185	77	1689	1017	66	1726	1079	70	1724	970	62
7.5	1912	1552	102	1975	-		1803	-		1985	1348	85	1850	-	
10	1946	1620	107	1978	1528	99	1988	1499	97	1980	1521	98	1971	1479	95
12.5	1889	1703	114	1891	-		1773	-		1877	-		1957	-	
15	1533	2085	151	1647	1951	138	1418	2080	153	1604	1996	143	1611	1967	140
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1300	2279	170	-	-	-
20	1094	2559	195	1070	2703	207	1088	2664	203	-	-	-	1150	2559	194
24	1018	2745	211	1012	2748	211	1013	2768	213	1013	-	-	1013	2739	210
27.5	1018	2765	212	1015	2752	211	1014	2774	213	1013	2732	210	1019	2730	210

2.9.47

	02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24			
	NE	N	NE	NE	NE	NE	W	NW	SSE	EzS	SEzS	SE			
	1.9	3.6	4.0	4.8	3.1	1.6	3.0	3.7	3.5	3.2	2.2	1.4			
		-		-		163		-		-		158			
		0		0		15		0		0		15			
		0		0		-10		0		0		-11			
		0		0		-11		0		0		-10			
	16.9	17.0	16.7	16.4	17.1	17.2	18.5	18.2	18.2	17.3	17.0	16.7			
	S 124	(0600)	S 125	(0945)	S 126	(1400)	S 127	(1745)	S 128	(2145)					
0	1682	915	59	1687	915	59	1742	879	55	1734	904	57	1720	900	57
2.5	1692	918	59	1681	902	58	1707	873	55	1735	904	57	1775	999	63
5	1719	941	60	1683	897	57	1742	952	60	1746	955	61	1795	1022	65
7.5	1940	1328	85	1891	1261	81	1853	1134	72	1795	1017	64	1830	-	
8.8	-	-	-	-	-	-	1910	-	-	1848	-	-	-	-	-
10	1920	1510	99	1954	1636	108	1873	1539	102	1872	1465	97	1873	1452	96
12.5	1792	-		1760	-		1725	-		1792	-		1930	-	
15	1587	2007	144	1547	2010	144	1506	2074	150	1721	1947	136	1740	1950	136
17.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1354	-	-
20	1139	2572	195	1124	2573	196	1098	2580	197	1063	2688	206	1023	2726	209
24	1000	2721	209	1000	2727	210	1004	2726	210	990	2721	209	990	2748	211
27.5	999	2721	209	999	2726	210	1004	2729	210	993	2729	210	994	2729	210

3.9.47

	02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24			
	ENE	St	ENE	NEzN	NE	NNE	St	SE	SEzE	E	ENE	ESE			
	1.4	0	1.3	3.7	4.3	1.0	0	1.2	4.1	6.3	5.6	6.7			
		180		214		146		129		100		96			
		13		15		27		25		42		40			
		-6		2		-23		-24		-41		-38			
		-12		-15		-14		-6		11		13			
	16.4	16.0	15.6	16.8	16.7	17.8	18.9	19.5	18.5	17.6	16.6	16.4			
	S 129	(0515)	S 130	(0945)	S 131	(1400)	S 132	(1745)	S 133	(2130)					
0	1715	902	57	1729	888	56	1802	859	52	1798	857	52	1672	859	55
2.5	1765	970	61	1775	985	62	1742	860	53	1756	868	54	1675	860	55
2.5	1786	1014	64	1798	1010	64	1729	883	56	1767	874	54	1687	865	55
7.5	1812	-		1802	1028	65	1807	1026	65	1641	908	59	1720	866	54
10	1920	1471	96	1864	1198	77	1911	1436	94	1842	1138	72	1794	1298	86
11.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1932	-	-	1910	-	-
12.5	1823	-		1786	-		1758	-		1752	-		1845	-	-
15	1550	2128	154	1700	1987	140	1540	2147	155	1444	2126	156	1621	2064	147
20	1153	2530	192	1029	2712	208	1099	2609	199	1056	2685	205	980	2752	212
24	987	2738	211	984	2730	210	983	2718	209	980	2727	210	978	2741	211
27.5	988	2756	212	990	2736	210	981	2727	210	980	2740	211	978	2717	209

4.9.47

02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24
ESE	SE	NzE	ENE	N	St	St	S	SSE	SE	St	St
4.9	5.2	2.0	1.3	2.0	0	0	1.6	2.2	2.5	0.	0
	68		76		90		118		103		90
	32		30		13		25		18		27
	-22		-23		-12		-25		-18		-24
	23		19		6		-1		4		11
16.6	16.2	15.4	15.9	16.4	17.2	17.6	17.7	18.1	17.0	16.3	16.5

	S 134 (0515)		S 135 (1045)		S 136 (1545)		S 137 (2045)					
0	1716	964	62	1751	926	58	1752	943	60	1700	926	59
2.5	1734	961	61	1757	941	59	1755	952	60	1670	918	59
5	1732	961	61	1771	965	61	1774	1016	65	1630	967	64
7.5	1892	-		1786	1032	65	1830	1165	75	1853	1160	74
10	1957	1518	99	1902	1386	90	1969	1479	96	1934	1373	88
12.5	1830	-		1944	-		1934	-		1909	-	
15	1563	2105	152	1779	1720	118	1654	1922	136	1645	1929	137
20	1030	2706	208	1010	2694	207	1020	2692	206	1024	2703	207
24	980	2743	211	987	2721	209	993	2725	210	999	2726	210
27.5	980	2752	212	986	2731	210	990	2740	211	998	2727	210

5.9.47

	02	04	06	08		
	S	St	SE	SzW		
	1.8	0	1.8	2.7		
		75		42		
		23		13		
		-18		-4		
		15		12		
	17.4	16.2	16.1	15.8		
	S 138 (0445)		S 139 (0945)			
0	1672	912	59	1704	850	53
2.5	1693	902	58	1713	837	52
5	1682	961	62	1642	887	57
7.5	1774	1122	73	1570	970	65
10	1890	1386	90	1588	980	65
12.5	1958	-		1893	-	
15	1752	1799	125	1895	1618	108
20	1050	2692	206	1123	2579	196
24	1001	2732	210	1010	2725	209
27.5	1000	2738	211	1000	2727	210

belacine in fact, the airings are open...

21.2.48

	02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24		
	ESE	E	EzS	ESE	ESE	ESE	E	E	EzS	E	EzS	ESE		
	9.8	9.8	10.8	12.4	11.4	11.3	11.3	12.4	12.6	11.8	11.3	10.1		
		113		113		118		152		118		124		
		45		47		55		53		50		30		
						-55		-43		-50		-30		
						-3		-32		-3		-5		
	-4.5	-4.9	-5.0	-4.2	-4.2	-4.2	-4.5	-3.8	-4.2	-3.7	-3.8	-4.3		
						W 1 (1315)		W 2 (1745)		W 3 (2130)				
0						140	1039	834	142	1090	877	150	1113	896
5						153	1043	839	145	1098	878	150	1121	901
10						153	1055	850	154	1135	913	150	1125	905
15						156	1076	866	158	1152	924	150	1129	908
20						160	1127	902	159	1166	938	150	1129	908
24						225	1494	1199	194	1326	1066	248	1564	1254
27.5						287	1830	1465	287	1824	1459	311	1851	1480

22.2.48

	02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24			
	E	E	E	E	E	EzN	E	E	E	ENE	NE	NEzE			
	11.3	10.7	10.8	7.7	13.0	12.6	12.6	13.8	11.2	12.1	11.7	12.3			
		98		90		110		101		90		79			
		33		42		42		47		65		52			
		-32		-38		-42		-45		-59		-42			
		10		18		4		11		28		30			
	-5.2	-5.4	-4.3	-4.3	-3.0	-2.0	-2.3	-1.4	-2.0	-2.2	-1.7	-2.0			
	W 4 (0530)		W 5 (0915)		W 6 (1330)		W 7 (1800)		W 8 (2130)						
0	143	1092	878	134	1062	855	140	1018	818	121	975	784	120	973	782
5	144	1094	879	137	1072	862	140	1018	818	125	1000	804	120	978	786
10	144	1100	885	139	1072	862	140	1033	830	126	1008	810	125	986	794
15	144	1113	896	141	1072	862	140	-		130	1010	812	129	1031	829
20	147	1123	903	140	1080	868	141	1055	850	137	1023	823	131	1047	842
24	150	1115	897	188	1346	1081	170	1152	927	139	1027	826	220	1646	1320
27.5	250	1677	1344	258	1730	1386	253	1699	1361	229	1676	1343	222	1656	1330

23.2.48

	02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24			
	NE	NEzN	NNE	NE	E	NE	NNE	NE	NNE	NE	NE	ENE			
	11.8	11.6	11.4	11.1	8.7	9.7	8.8	8.0	5.4	5.6	6.4	5.3			
		62		90		90		90		104		96			
		58		47		52		48		62		47			
		-35		-42		-47		-44		-61		-44			
		45		20		22		20		12		15			
	-1.9	-2.4	-2.3	-2.1	-1.9	-1.8	-1.5	-1.2	-1.7	-1.9	-1.5	-1.0			
	W 9 (0530)		W 10 (0930)		W 11 (1315)		W 12 (1745)		W 13 (2130)						
0	102	982	790	094	977	785	110	979	787	105	963	774	095	959	771
5	105	994	799	097	988	795	110	988	795	107	973	782	105	967	777
10	110	1006	809	109	1043	838	110	1074	863	111	1057	850	115	1063	855
15	130	1041	836	119	1098	883	117	1158	931	113	1199	963	119	1205	968
20	120	1170	940	128	1178	947	140	1242	999	133	1301	1045	154	1420	1145
24	214	1633	1310	205	1637	1314	208	1629	1307	199	1619	1299	196	1676	1344
27.5	234	1771	1419	312	1836	1468	324	1861	1487	326	1875	1499	321	1883	1504

24.2.48

02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24
NE	NE	NE	N	St	NNW	WzN	WNW	NW	NW	NW	WNW
5.5	5.2	4.8	2.4	0	0.4	5.7	2.0	3.9	3.5	2.4	3.3
	82		90		113		40		79		79
	20		25		23		12		15		23
	-17		-23		-23		-3		-12		-19
	11		11		1		11		9		14
-1.1	-0.9	-2.5	-2.3	-3.4	-1.9	-0.7	-0.9	-2.1	-1.8	-1.6	-2.6

W 14 (0515)			W 15 (0915)			W 16 (1315)			W 17 (1745)			W 18 (2130)			
0	060	924	742	049	938	753	058	936	751	086	922	742	071	953	766
5	060	932	749	054	979	786	060	949	762	086	926	745	069	957	768
10	110	1059	852	111	1008	810	110	984	791	105	975	784	117	1047	842
15	113	1195	960	106	1166	938	108	1162	935	107	1197	957	109	1232	990
20	132	1318	1059	121	1324	1063	156	1400	1125	148	1435	1153	156	1623	1303
24	187	1682	1350	183	1691	1357	178	1691	1357	161	1650	1325	162	1637	1314
27.5	310	1861	1487	309	1853	1481	299	1834	1467	238	1773	1420	245	1758	1409

25.2.48

02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24
N	N	NW	N	NNW	NNE	NE	E	EzN	ENE	E	NE
2.4	3.2	3.5	2.2	3.0	3.2	3.1	3.9	2.9	3.1	1.6	0.7
	73		79		76		79		84		79
	20		23		39		22		13		12
	-15		-19		-31		-18		-11		-10
	13		14		25		13		7		7
-2.4	-2.0	-2.5	-2.9	-2.1	-2.0	-2.6	-2.0	-1.5	-1.0	-0.7	-1.4

W 19 (0515)			W 20 (0915)			W 21 (1315)			W 22 (1730)			W 23 (2130)			
0	061	928	745	065	943	757	069	963	773	025	971	779	015	965	774
5	054	957	769	092	965	775	083	992	798	070	982	789	060	967	776
10	106	1078	865	121	1090	876	122	1117	898	112	1125	905	112	1148	923
15	107	1207	970	110	1225	984	121	1285	1037	111	1277	1027	113	1258	1012
20	152	1601	1287	147	1619	1300	149	1619	1300	148	1640	1323	143	1660	1333
24	154	1635	1313	154	1646	1322	190	1668	1338	156	1670	1340	147	1668	1339
27.5	259	1748	1401	301	1818	1454	306	1830	1464	312	1859	1486	303	1840	1471

26	WStr 21(1300)
	225      29.3
	-10      28

26.2.48

02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24
NE	ENE	NEzN	St	ENE	St	St	NNW	NE	E	E	ESE
2.3	1.1	1.4	0	0.7	0	0	1.0	1.3	2.0	2.7	2.6
	67		110		107		67		68		77
	10		27		18		25		23		23
	-7		-27		-18		-17		-16		-16
	7		2		3		19		17		14
-2.2	-2.8	-4.1	-4.3	-4.5	-4.0	-4.2	-3.4	-4.0	-3.7	-4.0	-4.3

W 24 (0515)			W 25 (0915)			W 26 (1315)			W 27 (1745)			W 28 (2130)			
0	071	887	712	069	889	713	100	883	709	078	877	705	090	934	750
5	010	957	767	118	984	791	124	1078	866	125	1072	862	122	1139	916
10	075	1113	895	150	1158	932	127	1182	950	125	1189	955	118	1244	1000
15	115	1252	1007	111	1258	1011	128	1291	1038	124	1279	1029	130	1314	1055
20	150	1660	1333	150	1652	1327	140	1666	1338	149	1697	1362	151	1691	1358
24	149	1691	1358	147	1689	1356	150	1701	1365	149	1707	1371	150	1711	1373
27.5	200	1724	1382	220	1754	1406	164	1713	1375	149	1707	1371	150	1713	1375

1	WStr 25(0830)	WStr 28(2045)
	290      29.0	265      30.6
	-29      3	-27      15
15	300      9.5	260      8.6
	-10      -1	-7      5
26	135      ~2	260      <2
	2      0	-1      1

Ger. Grundschullehrer besuchte die Sch...  
 besuchte in Kl. 1. die anfangs als Oberrealschule, ab Unterrealschule

Beltschule in Kiel, die entfers als Oberseeinhalten, die

	02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24	27.2.48		
	ESE	SSE	ESE	E	ESE	E	E	E	E	E	ENE	E			
	4.4	4.3	4.5	Bf3	Bf3	Bf4	Bf4	Bf4	Bf5	Bf5	Bf4	Bf3			
		1a4		135		135		127		124		130			
		28		23		60		65		72		75			
		-28		-22		-56		-64		-71		-72			
		1		-8		-21		-14		-11		-19			
	-3.8	-4.0	-3.7	-2.2	-1.7	-1.4	-1.4	-1.7	-1.7	-0.8	+0.5	-0.5			
	W 29 (0515)		W 30 (0930)		W 31 (1330)		W 32 (1730)		W 33 (2130)						
0	055	1117	898	084	1144	919	090	1004	806	095	912	732	098	908	730
5	125	1279	1029	108	1267	1018	090	1154	927	092	977	785	100	928	746
10	132	1390	1117	129	1394	1120	125	1312	1055	120	1242	998	112	1080	868
15	177	1556	1250	156	1451	1165	143	1406	1130	125	1346	1081	128	1363	1095
20	190	1687	1353	163	1713	1375	214	1670	1339	174	1683	1350	182	1658	1331
24	290	1787	1430	230	1734	1390	295	1797	1437	206	1752	1406	182	1761	1413
27.5	283	1797	1438	286	1808	1447	299	1824	1459	240	1767	1416	182	1761	1413
				WStr 30(0845)								WStr 33(2045)			
3				335		47.6						315		77.7	
15				-37		-31						-73		-27	
15				240		4.6						250		17.0	
26				-3		4						-12		12	
				350		~2						105		13.6	
				-1		-2						13		-2	

	02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24	28.2.48		
	ESE	ESE	SEzE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SSE	SSE			
	Bf4	Bf4	6.7	8.7	7.5	8.7	7.4	7.3	4.9	6.3	3.8	2.5			
		110		129		111		124		111		115			
		78		47		63		62		80		87			
		-78		-46		-63		-61		-80		-87			
		7		-11		4		-10		6		0			
	0.0	0.0	-0.5	0.2	1.0	1.4	1.5	3.3	1.6	1.5	1.4	0.9			
	W 34 (0515)		W 35 (0930)		W 36 (1330)		W 37 (1730)		W 38 (2130)						
0	103	902	725	095	963	774	103	1152	926	104	1057	851	095	1059	852
5	104	904	726	095	965	775	100	1160	932	106	1129	908	105	1100	883
10	121	951	765	117	1092	877	090	1283	1032	109	1199	963	103	1189	955
15	111	1285	1033	124	1361	1093	120	1305	1048	151	1459	1171	120	1422	1142
20	176	1566	1257	189	1656	1330	180	1683	1350	180	1677	1345	177	1679	1347
24	185	1740	1396	185	1752	1406	181	1754	1407	188	1763	1415	190	1761	1413
27.5	186	1759	1411	179	1752	1406	187	1754	1407	230	1773	1421	291	1802	1442
				WStr 35(0845)								WStr 38(2045)			
2				300		71.5						300		87.3	
15				-71		-6						-87		-8	
15				275		33.6						330		26.5	
26				-32		12						-22		-15	
				330		5.5						290		10.8	
				-5		-3						-11		1	

	02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24	29.2.48		
	SE	SEzE	SSE	SE	N	N	NNW	NNW	NNW	NNW	NNE	NNE			
	3.0	Bf1	Bf1	Bf1	2.1	2.5	3.9	2.8	5.8	9.3	7.6	5.5			
		110		112		124		111		70		95			
		68		71		81		50		45		30			
		-68		-71		-80		-50		-32		-28			
		6		4		-13		4		32		10			
	0.4	0.3	0.4	1.3	0.8	1.0	2.3	2.4	1.2	1.1	0.3	-0.2			
	W 39 (0515)		W 40 (0930)		W 41 (1330)		W 42 (1745)		W 43 (2130)						
0	073	969	779	063	1006	807	105	908	730	098	893	718	094	877	705
5	097	1016	816	109	1119	900	099	1037	833	098	945	760	094	898	722
10	098	1269	1020	100	1297	1042	110	1361	1093	110	1226	985	111	1232	990
15	143	1483	1192	149	1486	1194	150	1500	1206	157	1467	1178	122	1402	1127
20	161	1709	1371	164	1740	1397	174	1748	1403	180	1685	1352	158	1726	1386
24	181	1720	1380	192	1750	1404	190	1767	1418	188	1756	1409	163	1736	1394
27.5	298	1791	1432	295	1806	1445	290	1812	1450	194	1759	1411	170	1744	1400
				WStr 40(0845)								WStr 43(2045)			
2				300		56.2						275		50.2	
15				-56		-5						-47		17	
15				St		0						110		16.7	
26				97		0						17		-2	
				9		-3						90		13.6	
												12		-6	

1.3.48

02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24
NNE	NE	NE	E	E	ENE	NNE	NEzE	EzS	E	SE	
5.2	5.0	4.9	5.1	6.3	5.8	5.5	5.5	5.8	6.7	5.9	4.1
	101		101		110		101		101		113
	52		54		30		22		12		22
	-51		-52		-30		-21		-12		-22
	13		13		3		5		3		1
0.1	-0.7	-0.4	-0.2	0.5	0.6	1.0	0.9	0.8	1.0	0.6	0.3

W 44 (0515)	W 45 (0930)	W 46 (1345)	W 47 (1745)	W 48 (2130)
0 089 881 708 088 910 731 090 898 721 093 889 715 095 877 705				
5 095 908 730 096 934 751 089 898 721 093 889 715 098 879 706				
10 109 1146 921 104 1119 900 110 1086 872 110 947 761 102 898 722				
15 124 1428 1148 124 1379 1109 118 1344 1080 110 1262 1015 111 1190 956				
20 138 1695 1361 142 1724 1384 140 1742 1399 168 1672 1341 149 1564 1256				
24 152 1742 1399 153 1732 1391 138 1720 1381 164 1740 1397 185 1769 1420				
27.5 159 1744 1400 155 1732 1391 137 1736 1394 166 1744 1400 185 1771 1421				

	WStr 45(0930)	WStr 46(1400)	WStr 47(1715)	WStr 48(2145)
2	-	275	27.7	-
		-26	10	
8	285	28.6 305	27.2	310 15.8
	-28	5	-5	-15 -4
16	110	10.0 145	9.3 150	17.3 150 10.8
	10	-1	8	5 6 9
26	90	8.6 115	13.7 105	10 23.1 ? 18.7
	8	-4	14	0 23 -4 ? ?

2.3.48

02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24
ESE	SE	SEzE	ESE	SE	SE	ESE	ESE	ESE	ESE	SE	ESE
4.3	4.5	3.8	4.6	6.2	5.6	6.7	5.3	4.8	5.3	4.8	3.8
	124		110		110		113		101		99
	28		27		30		23		27		22
	-28		-27		-30		-23		-26		-21
	-4		2		3		1		7		6
0.0	-0.1	-0.6	-0.6	-1.1	-0.7	-0.3	0.1	0.0	-0.6	1.2	0.9

W 49 (0515)	W 50 (0930)	W 51 (1345)	W 52 (1730)	W 53 (2130)
0 097 879 706 090 879 706 094 889 714 089 871 700 089 889 713				
5 095 887 712 095 889 714 094 891 716 085 879 706 090 889 713				
10 086 904 726 081 902 725 084 906 727 084 879 706 092 889 713				
15 107 1176 945 099 1182 950 099 1211 972 114 1260 1013 124 1342 1078				
20 151 1691 1357 162 1738 1395 155 1738 1395 157 1742 1399 155 1742 1399				
24 170 1742 1399 168 1750 1405 160 - 159 1742 1399 155 1742 1399				
27.5 183 1756 1409 176 1759 1412 160 1759 1412 162 1746 1401 163 1742 1399				

	WStr 49(0515)	WStr 50(0915)	WStr 51(1330)	WStr 52(1715)	WStr 53(2115)
2	-	290	29.1	-	280 30.3
		-29	3		-29 8
8	295	29.0 320	5.0 275	33.4 285	30.6 270 27.3
	-29	0	-5	-2	-31 11
16	270	5.5 30	5.7 260	8.7 St	-30 5 135 24.8
	-5	2	1	-6	5 -7 0 0 23 9
26	60	2 80	4.4 125	3.6 St	0 0 St 0 0
	1	-2	4	-3	4 1 0 0 0 0

3.3.48

02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24
SE	ESE	ESE	E	E	EzS	E	NE	NzE	NE	NEzE	NNE
3.6	3.7	3.0	2.8	4.1	3.8	3.3	2.2	1.7	3.6	2.3	2.7
	91		84		82		79		51		360
	50		40		28		17		15		4
	-46		-34		-24		-14		-7		2
	20		21		15		10		14		4
1.0	0.6	0.5	0.6	-0.5	1.3	1.3	1.5	1.0	-0.1	-2.6	-2.7

W 54 (0530)	W 55 (0930)	W 56 (1330)	W 57 (1730)	W 58 (2130)
082 859 690 -	089 881 707 100 883 710 093 885 711	080 867 697 079 883 709 083 887 717 100 883 710 100 885 711	090 879 706 085 883 709 087 908 729 093 902 725 080 902 725	
-	110 1148 923 -	-	-	-
161 1426 1146 085 1377 1107 120 1373 1103 127 1365 1098 121 1283 1032	157 1715 1377 153 1736 1395 148 1738 1396 153 1728 1388 155 1754 1408	155 1726 1385 155 1732 1391 150 1744 1400 154 1748 1403 156 1754 1408	152 1730 1390 189 1736 1393 159 1746 1401 154 1756 1410 154 1754 1408	
WStr 54(0515)	WStr 55(0915)	WStr 56(1315)	WStr 57(1715)	WStr 58(2115)
-	-	265	27.7	-
		-24	14	
280	45.2 245	31.5 245	26.0 250	23.7 180
-44	12	-20	24	-17
300	6.7 140	9.5 115	8.0 30	6.5 120
-7	-1	9	4	8
80	5.5 St	0	35	4.3 120
5	-3	0	0	1
				-4

4.3.48

02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24
NNE	NE	NE	NE	NE	ESE	NE	NNW	NNE	NW	St	NW
2.8	1.4	2.2	1.6	2.0	0.9	0.8	1.1	1.3	1.2	0	1.3
	St		St		St		St		St		St
	0		0		0		0		0		0
	0		0		0		0		0		0
	0		0		0		0		0		0
-2.7	-2.8	-3.2	-2.9	-3.0	-2.8	-1.7	-1.2	-0.9	0.0	-1.5	-1.7

W 59 (0530)	W 60 (0930)	W 61 (1345)	W 62 (1745)	W 63 (2130)
0 077 875 703 083 883 709 083 887 712 080 885 710 075 887 712	5 076 883 709 081 889 714 089 887 712 083 885 710 079 887 712	0 080 885 711 080 898 722 079 887 712 089 891 715 085 895 719	5 105 1109 892 118 1439 1156 130 1447 1162 154 1580 1270 167 1648 1323	0 150 1720 1380 150 1722 1382 168 1761 1413 182 1791 1437 176 1785 1432
4 165 1773 1422 162 1763 1415 168 1761 1413 188 1804 1446 197 1822 1461	5 160 1775 1424 164 1773 1423 169 1761 1413 187 1804 1446 198 1824 1462			
WStr 59(0530)	WStr 60(0945)	WStr 61(1345)	WStr 62(1715)	WStr 63(2115)
8 St	0.0	St	0	70
	0	0	3	-3
6 95	25.3	120	43.1	100
	24	-9	4	21
6 St	0	330	2.7	110
	0	-3	-1	8
				-1
				14
				-3
				10
				-4
				11.0
				120
				27
				14.3
				105
				10
				-2

5.3.48

	02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24
	WNW	St	W	W	WNW	WNW	WNW	SW	SSW	SSW	SWzS	SWzS
	1.4	0	Bf1	Bf1	Bf1	Bf1	Bf1	Bf1	Bf1	Bf1	Bf1	Bf1
		222		St		St		St		248		257
		12		0		0		0		5		13
		4		0		0		0		3		10
		-11		0		0		0		-4		-8
	-1.4	-2.1	-1.9	-2.1	-2.0	-2.0	-1.8	-2.0	-2.4	-2.2	-3.2	-3.4
W 64 (0530)	W 65 (0930)	W 66 (1345)	W 67 (1730)	W 68 (2130)								
082 850 683	085 879 706	094 863 694	092 867 697	097 857 688								
090 861 692	097 887 713	095 891 716	099 889 714	097 883 710								
102 891 716	106 914 735	099 916 736	100 893 718	093 924 743								
150 1636 1314	154 1699 1364	155 1703 1367	170 1734 1392	178 1693 1359								
166 1734 1392	190 1804 1446	181 1824 1462	183 1816 1456	172 1756 1410								
204 1832 1469	204 1828 1466	203 1841 1475	198 1828 1465	200 1841 1476								
200 1832 1469	209 1841 1475	210 1849 1481	204 1828 1465	198 1841 1476								
WStr 64(0530)	WStr 65(0915)	WStr 66(1315)	WStr 68(2130)									
2 -	-	90	10.1									
		9	-4									
8 5	11.0	335	7.3	80	11.7	200	16.1					
	-4	-10	-6	-5	10	-7	1	16				
16 St	0	St	0	75	11.7	120	10.3					
	0	0	0	0	9	-8	10	1				
26 ?	?	2.8	?	2.8	95	8.6	130	3.6				
	?	?	?	?	8	-3	4	1				

6.3.48

	02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24
	SW	SW	NE	SSE	SE	ESE	SE	NE	NE	E	ESE	St
	Bf1	Bf1	Bf1	Bf1	Bf1	Bf1	Bf1	Bf1	Bf1	Bf1	Bf1	0
		St		St		St		St		St		St
		0		0		0		0		0		0
		0		0		0		0		0		0
		0		0		0		0		0		0
	-2.9	-3.0	-2.9	-3.0	-2.5	-1.8	-1.4	-2.2	-2.0	-2.5	-2.5	-2.6
W 69 (0530)	W 70 (0930)	W 71 (1345)	W 72 (1730)	W 73 (2130)								
0 062 879 705	065 879 706	089 863 693	085 885 711	078 891 715								
5 077 883 709	079 912 732	088 865 695	096 900 723	096 998 802								
10 100 1027 825	100 1066 857	100 1057 850	103 1141 917	106 1223 982								
15 118 1463 1175	116 1576 1266	140 1621 1317	135 1570 1261	112 1601 1287								
20 160 1769 1420	163 1773 1423	160 1777 1426	184 1800 1444	155 1777 1426								
24 190 1804 1446	185 1824 1459	183 1824 1463	198 1820 1459	160 1791 1438								
5 195 1847 1480	198 1834 1470	178 1843 1478	210 1910 1530	195 1896 1520								
WStr 69(0530)	WStr 70(0930)	WStr 71(1345)	WStr 72(1715)	WStr 73(2130)								
5 -	260	2.5	-	-								
	-2	1	-	-								
2 -	-	-	-	-	340	17.2						
					-12	-12						
8 155	17.2	220	4.9	110	9.0	St	0	75	14.5			
	13	11	-1	5	9	-1	0	0	11	-9		
6 120	22.5	120	38.9	155	16.6	130	23.4	120	59.8			
	22	2	39	3	13	11	23	6	60	5		
16 325	3.3	270	3.1	110	17.7	105	11.4	130	7.8			
	-3	-2	-3	1	18	-2	11	-2	8	2		



7.3.48

o2	o4	o6	o8	1o	12	14	16	18	2o	22	24
St	St	SSW	SE	S	NE	W	WNW	W	WSW	SSW	WSW
o	o	Bfl	Bfl	Bfl	3.7	3.7	4.3	3.5	4.5	5.3	6.2
	248		2o8		225		281		286		281
	15		18		28		52		47		48
	1o		1		1o		51		46		47
	-11		-18		-26		-13		-7		-12
-2.8	-3.1	-3.7	-3.1	-2.0	o.7	1.7	1.7	1.8	2.2	2.5	2.7

W 74 (o53o)	W 75 (o93o)	W 76 (133o)	W 77 (173o)	W 78 (213o)
0 o45 951 763	o64 967 777	1o2 961 773	1o3 1oo8 81o	o9o 973 782
5 o72 973 782	122 1182 95o	132 1369 11oo	1o9 1141 915	1o5 1o78 866
1o 159 1414 1136	136 1472 1182	125 1595 1282	174 1674 1343	139 1472 1182
15 132 1689 1356	161 1677 1346	175 1724 1383	159 1761 1414	161 1746 14o6
2o 15o 1761 1414	159 1761 1414	185 1765 1416	18o 181o 1451	198 1845 1479
24 156 1769 142o	17o 182o 146o	2oo 18oo 1443	212 1976 1582	26o 1978 1582
7.5 167 18o2 1446	175 1826 1465	188 1931 1547	212 1978 1584	218 199o 1594

WStr 74(o53o)	WStr 75(o93o)	WStr 76(133o)	WStr 77(173o)	WStr 78(2115)
2 -	36o	41.3 5o	43.4 -	1oo 39.8
	-17	-38	18 -39	38 -1o
8 85	47.2 7o	41.7 8o	5o.4 11o	62.7 11o 4o.7
	41 -24	3o -3o	41 -3o	63 -6 41 -4
16 11o	31.5 12o	14.8 12o	8.2 1o5	22.5 13o 6.2
	31 -3	15 1	8 1	22 -4 6 2
26 6o	8.o 6o	15.7 1o5	17.2 85	14.4 9o 11.2
	5 -7	9 -13	17 -3	13 -7 1o -5

8.3.48

o2	o4	o6	o8	1o	12	14	16	18	2o	22	24
WSW	SWzW	SW	SW	SW	SW	SW	W	WzS	W	WSW	W
7.1	6.3	5.9	5.8	6.9	7.2	8.o	8.6	11.1	8.3	8.5	8.7
	278		264		262		256		293		3oo
	58		22		43		55		53		55
	56		19		36		43		53		55
	-17		-11		-23		-35		-2		5
2.3	2.8	2.6	2.9	3.o	3.2	3.7	4.o	3.5	3.5	3.1	2.9

W 79 (o53o)	W 8o (o93o)	W 81 (133o)	W 82 (173o)	W 83 (213o)
0 o98 967 777	1o3 982 79o	11o 1oo8 81o	125 916 736	124 9o2 725
5 145 1469 1179	124 1385 1113	133 1515 1218	124 1148 922	1o3 984 791
1o 145 1656 133o	133 1728 1388	131 1574 1265	196 1679 1347	13o 1267 1259
15 179 1728 1386	15o 175o 14o5	144 1742 1399	165 1771 1421	183 1734 1392
2o 214 1838 1473	195 18o2 1445	2o9 1824 1462	27o 197o 1575	232 1886 1511
24 256 1941 1553	27o 1982 1585	27o 1984 1587	281 1992 1592	277 2o19 1614
7.5 287 2o39 163o	285 2o37 1628	287 2o35 1627	283 2o15 1611	3o3 2o7o 1653

WStr 79(o53o)	WStr 8o(o915)	WStr 81(133o)	WStr 82(L715)	WStr 83(213o)
2 -	55	31.4 9o	42.9 -	12o 38.8
	27	-16	39 -18	39 3
8 12o	58.4 11o	37.7 7o	42.6 1o5	72.3 115 72.7
	58 5	38 -3	3o -3o	71 -13 73 o
16 13o	3o.4 11o	9.3 8o	3o.o 11o	47.6 135 39.4
	29 8	9 -1	25 -17	47 -4 37 13
26 88	5.8 33o	3.8 11o	7.o 6o	24.9 11o 15.6
	5 -3	-3 -2	7 -1	14 -2o 15 -1



11.3.48

	02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24			
	WNW	WNW	WNW	WNW	NW	WNW	W	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW			
	12.2	10.8	11.2	10.7	8.5	7.8	6.5	7.2	8.4	8.0	6.5	5.9			
		281		281		335		275		287		284			
		187		95		13		53		85		105			
		181		92		10		50		84		103			
		-45		-23		8		-18		-12		-20			
	4.2	4.0	3.6	3.7	4.3	4.6	4.0	4.6	4.3	3.8	4.4	3.2			
	W 94 (0530)			W 95 (0930)			W 96 (1330)			W 97 (1730)			W 98 (2130)		
0	174	1158	932	187	1187	954	207	1451	1164	208	1426	1145	190	1285	1033
5	187	1549	1244	206	1668	1338	199	1469	1179	191	1472	1181	200	1406	1130
10	216	1695	1360	215	1718	1378	196	1498	1203	200	1601	1286	211	1679	1346
15	234	1804	1445	218	1724	1382	192	1515	1217	212	1691	1357	214	1713	1373
20	236	1808	1449	220	1724	1382	215	1695	1360	239	1855	1486	230	1804	1445
24	235	1818	1456	228	1783	1429	239	1859	1489	248	1920	1537	249	1931	1545
27.5	236	1818	1456	230	1793	1438	240	1879	1509	249	1920	1537	249	1937	1550
	WStr 94(0530)			WStr 95(0930)			WStr 96(1345)			WStr 97(1715)			WStr 98(2130)		
1	-			130	54	55.7	-			-					
2	90	122.3	-				55	19.8	115		80.8	110		103.8	
	111	-52					10	-17		81	0		103	-9	
3	-		St		0		-			-			-		
				0	0										
8	115	67	67.4	315	-51	-19	25	24.6	115	67	66.6	120	61	61.6	5
16	120	26	25.9	320	-73	-34	320	31.5	110	39	38.6	270	-37	40.5	17
26	230	-5	11.8	300	-53	-5	240	32.3	135	15	15.5	45	2	10.8	-11

12.3.48

	02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24			
	WNW	NW	W	W	WSW	W	WzN	WSW	SW	SSW	SW	WSW			
	6.8	6.0	3.2	4.1	4.2	4.4	6.2	4.5	6.0	8.1	7.7	10.3			
		281		270		281		278		262		281			
		93		52		43		32		50		80			
		90		47		42		31		42		78			
		-23		-22		-10		-9		-27		-19			
	2.9	3.0	2.9	3.6	3.6	3.8	4.3	3.7	4.2	4.3	4.0	3.9			
	W 99 (0530)			W 100 (0930)			W 101 (1330)			W 102 (1730)			W 103 (2145)		
0	192	1152	927	200	1160	933	220	1285	1032	217	1379	1107	217	1244	1000
5	198	1523	1223	209	1529	1229	181	1537	1235	205	1595	1280	209	1584	1272
10	214	1658	1330	216	1701	1365	221	1738	1393	200	1638	1315	204	1668	1338
15	222	1730	1387	227	1767	1416	225	1759	1410	225	1746	1400	230	1787	1432
20	227	1771	1419	228	1769	1417	227	1761	1411	235	1804	1445	237	1824	1461
24	230	1783	1429	236	1828	1465	240	1841	1474	244	1906	1526	243	1896	1518
7.5	238	1830	1466	246	1890	1513	249	1904	1524	253	1941	1553	251	1939	1552
	WStr 99(0530)			WStr 100(0930)			WStr 101(1330)			WStr 102(1715)			WStr 103(2130)		
2	70		81.7	85	26	30.2	95	25.5	70		42.1	90	50	55.4	
	58	-58			-15		24	-9		30	-30		80	-23	
8	70	14.8		15	24.9		85	23.5	120		10.3	80	6	7.4	
	11	-11		-4	-25		20	-12		10	1		6	-4	
16	95	17.6	310		14.7	St		0	145		6.5	St		0	
	17	-6		-14	-4		0	0		6	3		0	0	
26	?	~2	285		19.6	265		14.9	300		17.0	235	-4	8.3	
	?	?		-19	3		-13	8		-17	-2		-4	7	

15.3.48

02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24	
ST	SzW	SE	SSE	S	SE	SSE	S	SW	SW	W	W	
0	2.4	2.3	4.0	3.2	5.1	4.5	3.6	5.5	4.5	8.4	8.4	
	St		228		247		236		214		248	
	0		17		27		13		22		28	
	0		7		18		7		3		19	
	0		-16		-20		-11		-22		-21	
	2.6	2.7	2.5	2.8	4.6	4.7	6.2	7.2	7.0	6.2	4.6	4.0

	W 114 (0530)	W 115 (0945)	W 116 (1345)	W 117 (1730)	W 118 (2130)										
0	235	1705	1367	272	1379	1110	330	1431	1146	303	1459	1168	285	1523	1221
5	251	1761	1411	257	1744	1397	259	1715	1374	250	1695	1359	252	1697	1360
10	254	1779	1425	249	1769	1416	248	1742	1396	248	1746	1400	249	1748	1401
15	252	1779	1425	248	1793	1436	247	1763	1412	247	1763	1412	249	1752	1404
20	250	1787	1431	249	1804	1445	247	1826	1463	245	1814	1453	257	1789	1432
24	249	1847	1479	249	1843	1475	250	1865	1493	250	1894	1515	252	1877	1503
27.5	249	1859	1489	249	1851	1481	250	1865	1493	252	1898	1519	252	1877	1503

	WStr 114(0530)	WStr 115(0945)	WStr 116(1345)	WStr 117(1715)	WStr 118(2130)						
0.5	-	80	<1	80	<1	St	0	-			
2	360	11.3	310	<1	<-1	4.0	St	0	80	3.2	
8	310	-5	-10	-1	-1	-3	-3	0	0	3	-2
16	290	-20	-5	-9	-2	-15	-15	-18	-13	-22	10
26	240	-10	1	-16	4	-23	2	-23	-6	-25	-2
			15.9	270	13.0	285	14.7	270	15.7	270	18.9
			13	-12	6	-15	3	-14	7	-17	8

16.3.48

02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24	
WSW	SW	SW	SW	W	WzS	NWzW	WNW	WNW	WzN	ENW	WzN	
6.7	6.9	6.4	7.5	6.6	9.4	11.9	10.6	13.3	13.7	12.5	10.4	
	168		214		292		309		305		286	
	38		17		52		100		67		60	
	-23		3		52		97		66		59	
	-30		-17		-3		24		11		-9	
	4.4	4.2	4.5	4.7	4.5	4.2	4.6	4.8	4.3	3.8	3.9	4.0

	W 119 (0530)	W 120 (0930)	W 121 (1330)	W 122 (1745)	W 123 (2130)										
0	320	1396	1118	288	1506	1208	280	1599	1281	312	1504	1205	297	1443	1156
5	264	1633	1310	249	1670	1339	278	1603	1285	291	1609	1290	298	1457	1167
10	239	1685	1350	250	1701	1364	268	1646	1319	278	1638	1313	290	1545	1238
15	249	1728	1385	251	1738	1392	255	1740	1394	263	1672	1340	287	1599	1281
20	242	1756	1407	244	1771	1419	244	1773	1420	250	1746	1400	262	1677	1344
24	248	1832	1467	247	1824	1461	250	1830	1465	250	1867	1495	253	1810	1450
27.5	249	1841	1474	250	1824	1461	251	1832	1467	250	1867	1495	-		

	WStr 119(0530)	WStr 120(0930)	WStr 121(1330)	WStr 122(1745)
2	330	28.3	85	29.8
	-23	-16	26	-15
8	255	28.6	155	10.5
	-22	18	8	7
16	285	19.2	200	14.0
	-19	3	1	14
26	110	6.3	260	9.5
	6	-0	-9	5

Anmerkung: Die Richtungsangaben der Stromserien WStr 120 - 122 sind unsicher, da infolge starken Seeganges der Strommesser größere seitlichen Schwankungen ausgesetzt war.

17.3.48

02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24
W	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	W	W	WSW
8.9	9.5	8.9	8.4	9.2	9.3	6.1	7.4	8.1	3.3	Bf3	Bf3
	304		287		287		290		276		259
	57		88		93		45		37		23
	56		87		92		45		35		19
	9		-12		-13		-4		-12		-14
3.4	3.2	3.0	3.7	3.7	4.4	5.0	5.4	5.1	5.0	3.5	3.2

	W 124 (0530)	W 125 (0930)	W 126 (1345)	W 127 (1745)	W 128 (2145)
0	258 1746 1399	271 1707 1367	246 1707 1368	288 1490 1194	279 1699 1360
5	257 1759 1409	267 1715 1373	281 1738 1392	289 1695 1357	279 1705 1366
10	260 1771 1418	261 1748 1400	279 1802 1442	268 1781 1426	279 1711 1370
15	260 1773 1420	262 1767 1415	270 1802 1442	280 1816 1454	270 1816 1453
20	262 1785 1430	264 1771 1418	270 1804 1444	280 1820 1457	288 1861 1488
24	264 1789 1432	264 1775 1421	267 1812 1450	281 1832 1466	300 1896 1515
27.5	263 1791 1434	264 1787 1431	266 1820 1457	281 1836 1469	199 1896 1515

	WStr 124 (0530)	WStr 125 (0930)	WStr 126 (1345)	WStr 127 (1745)	WStr 128 (2145)
2	115 97.3	115 85.0	115 65.3	95 45.1	60 38.0
	97 0	85 0	65 0	42 -15	22 -31
8	125 87.6	125 71.3	125 35.4	90 31.2	80 40.0
	86 115	70 12	35 6	28 -13	33 -23
16	135 65.4	115 35.7	95 24.1	115 29.0	80 16.5
	62 22	36 0	23 -8	29 0	14 -10
26	140 48.5	300 18.3	75 20.4	110 24.2	95 15.4
	44 21	-18 -2	16 -13	24 -2	14 -7

18.3.48

02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24
S	SSE	SSE	SE	E	NE	NE	N	W	W	NW	NW
Bf4	Bf4	Bf4	Bf4	Bf5	Bf5	Bf5	Bf3	Bf1	Bf3	Bf5	Bf5
	233		231		168		138		225		292
	20		42		18		27		18		50
	9		18		-11		-25		6		50
	-18		-38		-14		-11		-17		-3
3.3	3.2	3.0	3.0	2.6	1.7	3.0	3.5	3.6	3.7	3.7	3.0

	W 129 (0530)	W 130 (0930)	W 131 (1330)	W 132 (1745)	W 133 (2145)
0	279 1601 1284	286 1472 1180	279 1615 1293	295 1519 1218	283 1508 1209
5	280 1633 1309	287 1476 1183	276 1615 1295	275 1619 1298	278 1664 1333
10	264 1742 1395	265 1781 1426	270 1789 1432	274 1828 1463	289 1873 1498
15	285 1851 1480	284 1845 1476	291 1865 1491	295 1890 1511	295 1906 1524
20	312 1923 1537	311 1951 1559	302 1902 1520	304 1912 1528	307 1943 1552
24	312 1961 1566	310 1953 1560	315 2000 1598	318 2031 1621	320 2039 1620
27.5	310 1992 1591	312 1968 1572	318 2021 1614	318 2041 1630	319 2039 1628

	WStr 129 (0530)	WStr 130 (0930)	WStr 131 (1330)	WStr 132 (1715)	WStr 133 (2130)
2	25 36.6	275 4.7	80 10.9	335 31.9	120 54.9
	0 -37	-4 2	9 -6	-24 -21	55 5
8	85 24.4	65 29.3	70 26.6	60 13.4	110 25.3
	21 -12	19 -23	19 -19	8 -11	25 -2
16	115 17.1	90 29.9	100 19.6	150 12.6	100 32.1
	17 0	27 -13	19 -5	10 7	31 -8
26	80 5.3	75 8.1	100 9.3	190 6.3	105 19.0
	4 -3	6 -5	9 -2	2 6	19 -3

## Lebenslauf

Am 24. Juni 1921 wurde ich, Hartwig Karl Helmut Weidemann, als Sohn des Dr. phil. Carl Weidemann, heute Oberstudienrat i. R., und seiner Ehefrau Carla, geb. Clausen in Kiel geboren. Nach vierjähriger Grundschulzeit besuchte ich von Ostern 1931 bis 1939 die Nebelschule in Kiel, die anfangs als Oberrealschule, ab Untersekunda als Reform-Realgymnasium (später Oberschule) arbeitete. Kurz vor dem Ablegen der Reifeprüfung (7.3.1939) bewarb ich mich mit Erfolg beim Reichswetterdienst zu einer Sonderausbildung für die Meteorologenlaufbahn. Nach der Erfüllung der Arbeitsdienstpflicht wurde ich im Juli 1939 zur Wehrmacht einberufen und studierte (nach militärischer Grundausbildung bis April 1940) an der Friedrich-Wilhelms-Universität in Berlin 6 Tri- bzw. Semester Mathematik, Physik, Geophysik und Meteorologie im Rahmen eines Sonderkurses für Wehrmachtmeteorologen. Nach dem Abschluß des Studiums durch das Diplom-Examen für Meteorologie am 20.4.42 folgte Ausbildung und Einsatz im praktischen Wetterdienst bei der Marine. Von Dezember 1943 bis zum 2. Staatsexamen für den Wetterdienst im Juni 1944 und von der anschließenden Ernennung zum Reg.-Assessor bis Kriegsende war ich als Leiter verschiedener Bord- und Landwetterwarten tätig, nach Kriegsende noch weitere acht Monate bei der Beratung des deutschen Minenräumdienstes in Norwegen. Nach meiner Rückkehr und Entlassung im März 1946 war ich zunächst ein halbes Jahr als Hauslehrer in Mölln i. L. beschäftigt und bewarb mich dann zu Beginn des Wintersemesters 1946/47 um die Zulassung zur Fortsetzung meines Studiums an der Christian-Albrechts-Universität in Kiel. Während der folgenden beiden Semester hörte ich hier als vollmatrikulierter Student, darauf im Wintersemester 1947/48 und Sommersemester 1948 als Gasthörer ergänzende mathematische, physikalische und meereskundliche Vorlesungen. Gleichzeitig beteiligte ich mich fortlaufend an praktischen Arbeiten des Instituts für Meereskunde und führte auf Anregung von Herrn Prof. Wüst im Sommer 1947 und im Winter 1947/48 zwei vierwöchige Beobachtungsreisen auf Feuerschiff "Fehmarnbelt" durch, die die Grundlagen der vorliegenden Untersuchungen bilden.

Hartwig Weidemann.