

## Werk

**Titel:** Beiträge zur Kenntnis des Ostseegebietes

**Untertitel:** die Hydrographie der Ostsee

**Autor:** Witting, Rolf

**Ort:** Berlin

**Jahr:** 1912

**PURL:** [https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?391365657\\_1912|LOG\\_0172](https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?391365657_1912|LOG_0172)

## Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)  
SUB Göttingen  
Platz der Göttinger Sieben 1  
37073 Göttingen

✉ [info@digizeitschriften.de](mailto:info@digizeitschriften.de)

# Beiträge zur Kenntnis des Ostseegebietes.

## Die Hydrographie der Ostsee.

Versuch einer Zusammenfassung.

Von Rolf Witting-Helsingfors.

Die Hydrographie eines Meeresgebietes ist durch dessen geographische Merkmale bestimmt: von der Form des Beckens und des Zufuhrgebietes, von der Verbindung mit den angrenzenden Meeresgebieten, vom Klima, speziell von den Niederschlags-, Wärme- und Windverhältnissen. Unsere ersten hydrographischen Kenntnisse sind im allgemeinen aus vereinzelt Angaben, welche sich auf beschränkte Gebietsteile beziehen, gebildet und tragen gewöhnlich einen mehr deskriptiven Charakter. Sind nun aber die hydrographischen Zustände durch ein einigermaßen genügendes Beobachtungsmaterial festgestellt, dann werden es die Vorgänge im Meere sein, welche unsere Aufmerksamkeit am meisten beanspruchen; diese werden uns aber erst verständlich, wenn wir sie mit den oben angedeuteten bestimmenden Faktoren verknüpfen können. Von solchem Verständnis, welches uns einen Überblick über die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Erscheinungen gestattet, wird die weitere Arbeit zur Enttastelung und genauen Präzisierung der allgemeinen Gesetze für die Vorgänge im Meere schreiten müssen, und erst auf solchen Wegen wird uns eine wissenschaftlich befestigte Auffassung der Hydrographie unserer Meere vermittelt.

Die Hydrographie der Ostsee erhält ihr besonderes Gepräge durch die große Süßwasserzufuhr, welche die Verdunstung im eigenen Gebiete mehrmals überwiegt, und welche eine stete Wasserabgabe zum Weltmeere hervorruft, sowie durch die Verbindung mit dem Ozean, welche wieder, obwohl nur eng, doch von solcher Weite ist,

daß sie von den ausströmenden Wassermassen nicht beherrscht wird; vielmehr kann anhaltende Einströmung schweren salzigen Wassers dem Boden entlang wie auch in der ganzen Wassermasse eintreten. Diese zwei Faktoren, die Süßwasserzufuhr und der Andrang von salzigem Wasser von außen her, sind es, welche in ihrer verschiedenen Ausgestaltung die Hauptzüge im Aufbau der Wasserfüllung ergeben. Entscheidende Bedeutung hat hierbei die Form des Ostsee-Beckens: dessen Zerfall in verschiedene von seichteren Übergangsgebieten verbundene Mulden.

Hydrographisch gefaßt ist das Arkonabecken, zwischen Rügen und Schonen, westlich von Bornholm, als der äußerste Teil der Ostsee zu bezeichnen. Es steht durch den Sund im NW, die Kadetrinne und weiter die Beltsee im SW in Verbindung mit dem Kattegat. Zwischen Bornholm und Rügen durch die Rönnebank mit Adlergrund für seine tieferen Schichten nach Osten abgegrenzt, steht es nördlich von Bornholm in ziemlich guter Verbindung mit der Bornholmer Mulde. Diese, in den tiefsten Teilen über 200 m tief, ist nach Osten durch die Stolper Bank und die Mittelbank begrenzt. Südlich von der Mittelbank ist die Verbindung mit dem Zentralbecken der Ostsee tiefer und breiter. Dieses Zentralbecken kann als eine einzige Mulde von der Danziger Bucht bis in den Finnischen Meerbusen hinein aufgefaßt werden; auch die Landsorter Mulde, westlich bis nordwestlich von Gotland, kann als ein von diesem ausgehender Zipfel betrachtet werden; es umfaßt somit den überwiegenden Teil der Ostsee außer den Bottnischen Meerbusen. Das Zentralbecken hat die Form eines schwach gekrümmten S mit rund 250 m Tiefe im Osten von Gotland, über 460 m im Südosten von Landsort, 100—200 m im Nordosten. (Es können natürlich bei speziellen Untersuchungen in diesem Becken mehrere Teilgebiete unterschieden werden.) Der östlich hiervon gelegene Meerbusen von Riga ist durch eine Bank und die seichten Gewässer um Dagö und Ösel deutlich abgegrenzt. Im Nordosten geht das Zentralbecken ziemlich ebenmäßig in den Finnischen Meerbusen über.

Im Norden erstreckt sich der zweite große Teil der Ostsee, der Bottnische Meerbusen. Er ist durch die Gewässer um Åland abgegrenzt: im Osten das seichte, von unzähligen Inseln erfüllte und von unzähligen Rinnen durchzogene Schärenmeer, im Südwesten und Westen die Gewässer über der südlich von Åland nach Stockholm sich hinziehenden Bank und das tiefe, nördlich von dieser gelegene Ålandsmeer (größte Tiefe 301 m). Durch eine tiefe Rinne ist dieses Meer mit dem Tiefenbecken der Bottensee verbunden. Das Tiefenbecken zeigt gewisse Ähnlichkeiten mit dem Zentralbecken der Ostsee, wir haben Bänke, die in ihrer Lage mit Gotland und Mittelbank korrespondieren; die größte Tiefe liegt im Nordosten, ist nach alten, in den Seekarten eingezeichneten Lotungen 294 m, sicher aber 254 m

tief. Durch den weiten seichten Nord-Kvark ist die Bottenwiek von der Bottensee abgegrenzt. In den großen Zügen bildet die Bottenwiek eine einzige Mulde. ↗

#### Die Wasserfüllung.

Eine ausgeprägte Schichtung sowohl nach Salzgehalt wie Temperatur ist für die Ostsee charakteristisch. Die haline Schichtung ist eine natürliche Folge der Ungleichheit im Salzgehalt der beiden speisenden Wasserarten. Einmal durch die Pforten der Ostsee eingeströmt, wird das schwere Salzwasser nach unten sinken und in die nächste Mulde hineinströmen. Durch Mischung mit den darüberliegenden, ausströmenden Schichten werden diese einen gewissen Salzgehalt erhalten, und das Salzwasser selbst wird allmählich ausgesüßt, so daß es seinerseits durch später eindringendes schwereres Wasser unterlagert, gehoben und nach innen geschoben wird. Es ist daher ohne weiteres begreiflich, daß wir in den engeren und seichteren Gebieten, den Übergangsbereichen, größere Unterschiede im Salzgehalt in horizontaler Richtung vorfinden müssen, daß aber über den größeren Becken die Verhältnisse sich mehr gleichartig ausbilden können; daß wir also in hydrographischer Hinsicht im großen dieselben Gebiete zu unterscheiden haben wie in morphologischer.

Die thermischen Veränderungen im Meere gehen zu ihrem Hauptteil von der Oberfläche aus. Der Wärmeaustausch durch Strahlung und durch Berührung mit der Atmosphäre beschränkt sich auf die alleroberste Schicht. Nach unten dringen die Veränderungen im Wärmezustand hauptsächlich durch Mischung bei Bewegungen wie durch die sogenannte Vertikalzirkulation oder thermische Konvektion. Die thermische Schichtung muß dabei selbstverständlich in mannigfacher Beziehung mit der halinen stehen, und man könnte erwarten, daß durch das Zusammenwirken dieser beiden Prinzipien, des halinen und des thermischen, ganz bestimmte Schichten von individuellem Charakter entstehen sollten. Man kann solche wirklich auch auseinander halten, und erhält mit Hilfe dieser leichter und schneller einen Überblick über die Verhältnisse in unserem ganzen Gebiete.

Die Schichtungsarten, welche man auf solche Weise in der Ostsee vorfindet, sind von zwei Typen, dem Typus der engeren Gewässer und dem Typus der großen Becken. In den engen Gewässern, welche zugleich seicht sind, dringt die jährliche Wärmewelle deutlich bis zum Boden; wir haben hier also hauptsächlich haline Schichtung mit einer Oberschicht und einer Unterschicht; doch kann dabei, wie im inneren Teile des Finnischen Meerbusens vom Spätwinter bis zum Spätsommer, eine thermische Schichtung mit der halinen zusammenfallen.

Von diesem Typus sind die westlichen Gewässer vom Kattegat bis

einschließlich zum Arkona-Becken. Im Kattegat findet man vor dem Sund und den Belten einen Salzgehalt von ca. 20<sup>0</sup>/<sub>100</sub> an der Oberfläche und ca. 30<sup>0</sup>/<sub>100</sub> in der Tiefe. In den tieferen Teilen des Sundes kommen bis nördlich von Kopenhagen Unterschiede bis zu 10<sup>0</sup>/<sub>100</sub> zwischen dem Salzgehalt an der Oberfläche und demjenigen in der Tiefe vor; klein sind sie dagegen auf der seichten Schwelle im Süden des Sundes, der Salzgehalt ist hier im allgemeinen etwa 10<sup>0</sup>/<sub>100</sub>. Durch die Beltsee nimmt der Salzgehalt in horizontaler Richtung auch ziemlich stark ab, in der Kadetrinne beträgt der Salzgehalt am Boden bis an 20<sup>0</sup>/<sub>100</sub>, an der Oberfläche um 10<sup>0</sup>/<sub>100</sub> schwankende Werte, im Arkona-Becken sind die entsprechenden Werte ca. 15<sup>0</sup>/<sub>100</sub> und ca. 8<sup>0</sup>/<sub>100</sub>.

Der zweite Typus wurde der der großen Becken genannt. Diese haben schon verhältnismäßig beträchtliche Tiefen, 100 m und darüber. Die relativ salzarme Schicht ist hier schon dicker, und da ja die Dichtesprünge Hindernisse für Mischung und Vertikalzirkulation darstellen, kommen das thermische und das haline Schichtungsprinzip zu einer gewissen stationären Art des Zusammenwirkens. Wir betrachten zuerst das Zentralbecken. Hier sehen wir sogleich, daß die Tiefe, zu welcher die jährliche Wärmewelle mit beachtenswerteren Beträgen dringt, 50—60 m, eben die Mächtigkeit der relativ salzarmen Oberschicht ist. Diese ist ziemlich homohalin; doch die Sommererwärmung, welche die oberen 10—40 m deutlich durchdringt, erzeugt auch in dieser Oberschicht eine in gewissen Fällen nicht unbedeutende haline Zweiteilung, welche im Winterhalbjahr wieder zur Ausgleichung strebt. K r ü m m e l hat schon in den neunziger Jahren die Aufmerksamkeit auf die homohaline Deckschicht der Ostsee als ein hydrographisches Charakteristikum gerichtet; ich möchte aber, da nicht volle Homohalinität besteht, im Anschluß an die übrigen in diesem Aufsatz vorgeschlagenen Unterscheidungen, die oberen 50—60 m als Oberschicht, die Sommerdeckschicht kurz als Deckschicht und den unteren Teil der Oberschicht als intermediäre Deckschicht bezeichnen.

Die Deckschicht streckt sich von dem äußeren Teil des Finnischen Meerbusens bis in das Arkonabecken hinein, die intermediäre Schicht darunter wird schon im äußeren Teil des Finnischen Busens, sowie im Süden in der Bornholm-Mulde schmal und reicht nicht in das Arkonabecken hinein. Selbstverständlich existieren in horizontaler Richtung in der Deckschicht Unterschiede im Salzgehalt, dieser beträgt im Arkonabecken ca. 8<sup>0</sup>/<sub>100</sub>, im Norden ca. 6<sup>0</sup>/<sub>100</sub>. Wir mögen diese als baltische Schichten von den übrigen in unserem Gebiete vorkommenden unterscheiden, wobei zur Lokalisierung noch Ausdrücke wie „nordbaltisch“, „südbaltisch“ usw. gebraucht werden können.

Auch in der Unterschicht des Zentralbeckens können wir zwischen

zwei verschiedenen Wasserarten unterscheiden. Hier haben wir von ca. 80—100 m Tiefe bis zum Boden von der Danziger Bucht bis in die Mündung des Finnischen Meerbusens hinein eine Wasserschicht, deren Temperatur über ungefähr  $4^{\circ}$ , deren Salzgehalt über etwa  $9-10\text{‰}$  liegt und deren Sättigung mit Sauerstoff gewöhnlich unter 40 Prozent bleibt. Alle Elemente weisen sehr kleine Schwankungen auf. Darüber haben wir eine Schicht bis ca. 50—70 m, in welcher der Salzgehalt rasch nach oben, um ca.  $3\text{‰}$ , abnimmt, die mehrere Sprünge aufweisen kann, gewöhnlich das Temperaturminimum der Wassersäule enthält und eine höhere Sauerstoffsättigung (60—70%) aufweist. Diese möchte ich baltisches Tiefwasser, jene baltisches oder eher gotländisches Muldenwasser nennen. Selbstverständlich existieren auch in diesen Schichten Unterschiede im Salzgehalt in horizontaler Richtung.

In der Bornholm-Mulde ist die Schichtung der Unterschicht hiermit verwandt, aber doch eine andere. Man könnte hier von bornischem Muldenwasser und bornischem Tiefwasser sprechen. Das Muldenwasser ist durch die Schwelle deutlich von dem gotländischen Muldenwasser abgegrenzt und hat höheren Salzgehalt, ca.  $15\text{‰}$ , die Temperatur schwankt aber hier auch sehr wenig im Jahre und der Sauerstoffgehalt ist niedrig. Das bornische Tiefwasser geht in das baltische mehr allmählich über, zeigt aber größere Temperaturschwankungen und schließt sich im Herbst thermisch der Oberschicht näher an.

In den Finnischen Meerbusen reicht ein Zipfel des gotländischen Muldenwassers hinein, und es bestehen im großen in der Mündung die Verhältnisse des Zentralbeckens. Je weiter man hineinkommt, um so mehr nimmt die intermediäre Deckschicht an Dicke ab, und gleichzeitig werden Deckschicht und Tiefwasser salzärmer. In der Mitte ist die intermediäre Deckschicht verschwunden und die zwei eben genannten Schichten gehen in eine gewöhnliche Ober- und Unterschicht über.

Kurz dargestellt, verläuft die Schichtung von außen bis St. Petersburg also so, daß wir überall zwischen einer Oberschicht und einer Unterschicht unterscheiden können, daß diese bis in das Arkonabecken einfach sind, von der Bornholm-Mulde aber bis in den Finnischen Meerbusen hinein beide in zwei Schichten deutlich aufgeteilt werden können, daß in der inneren Hälfte des Finnischen Meerbusens wieder nur zwei einfachere Schichten bestehen. Die Deckschicht geht dabei allmählich in die einfache Oberschicht der seichteren Gebiete über, indem die intermediäre Deckschicht verschwindet, das Tiefwasser gleichartig in die einfache Unterschicht, indem das Muldenwasser verschwindet. Das bornische und das gotländische Muldenwasser hängen nicht direkt zusammen. In seitlichen seichteren Randgebieten der großen Becken, wo wegen großer Zufuhr

von Süßwasser mit keiner größeren Veränderung des Salzgehaltes zu rechnen ist, kann man sich die Schichtung klarlegen, indem man einfach den betreffenden unteren Teil der Wassersäule wegnimmt.

Im Busen von Riga ist auf der Schwelle und in den seichten Teilen das Wasser ziemlich homogen; es scheint, als ob in den tiefsten Partien schon unterhalb 25 m eine Schicht vorkäme, welche in geringerem Maße in thermischer Hinsicht variierte. Im innersten Teile, nach der Mündung der Düna hin, ist die Schichtung ausgesprochen halin.

Der Bottnische Meerbusen ist von der eigentlichen Ostsee in ähnlicher, obgleich nicht so scharfer Weise abgegrenzt wie die Ostsee vom Kattegat. Hydrographisch könnte man den Bottnischen Meerbusen (den Bottnik) ebenso gut als Meer wie die eigentliche Ostsee (den Baltik) und sogar die Bottensee und die Bottenwiek als zwei verschiedene Meere unterscheiden.

Im Bottnischen Meerbusen sind die Salzgehaltsunterschiede nicht so ausgeprägt wie in der Ostsee, wenngleich man hier dieselbe Schichtung wahrnehmen kann wie im Zentralbassin. Die Deckschicht der Bottensee umfaßt ca. 20 m, das Muldenwasser beginnt bei ca. 90 m; halin sind Tiefwasser und intermediäre Deckschicht ziemlich gut unterschieden, im Frühjahr sind sie thermisch ziemlich ähnlich. Der Salzgehalt schwankt zwischen ca. 4,5—6,5‰. In der Bottenwiek ist dieselbe Schichtung noch deutlich wiederzufinden, das Muldenwasser hat aber sehr kleine Ausdehnung (Salzgehalt zwischen ca. 0‰—4‰). Die Wasserarten dieses Meeres können mit dem Attribute wiekische, in jenem als bottnische bezeichnet werden. Von den zwei Pforten zwischen der Ostsee und der Bottensee enthält das Schärenmeer, je nach der Jahreszeit, nordbaltisches oder südostbottnisches Deckwasser, das Aland-Meer hauptsächlich Wasser von der westbottnischen Oberschicht und nordbaltisches Tiefwasser. Im Nord-Kvark, zwischen der Bottensee und der Bottenwiek, überlagern einander gewöhnlich süd-wiekisches Deckwasser und intermediäres nordbottnisches Deckwasser.

#### Die Veränderungen in der Wasserfüllung.

Die Veränderungen der Wasserfüllung können zweierlei Art sein, sind jedoch schwer voneinander ganz abzusondern; teils können sie nämlich die innere Konstitution der Schichten beeinflussen, teils mehr auf ihr Volumen einwirken.

Die thermischen Schwankungen sind in ihrer Art schon angedeutet. Die Oberschicht ist während des Winters und Vorfrühlings beinahe homotherm und homohalin, oder doch wenigstens stufenweise, gewöhnlich mit einer Temperatur unter der des Dichtemaximums. Bei dem Eintritt der wärmeren Jahreszeit wird die Oberschicht in Vertikalzirkulation gebracht,

aber nach erreichter Temperatur des Dichtemaximums wird sich schon die Deckschicht auszuprägen beginnen; dazu trägt auch die Zunahme der Süßwasserzufuhr bei, welche im Süden im April, im Norden im Mai-Juni eintritt. Es erreicht die Deckschicht in ihren 10 obersten Metern gewöhnlich eine Temperatur von ca.  $15^{\circ}$ , in der Beltsee geht die Erwärmung, praktisch genommen, bis zum Boden. Es ist auch klar, daß wir in dieser Deckschicht in der ganzen Ostsee den niedrigsten Salzgehalt im Frühling oder Sommer vorfinden müssen; je näher den Küsten, umso früher, im Spätsommer erst in der Mitte der großen Becken. Gegen den Herbst vermindert sich die Süßwasserzufuhr und die Temperatur der Deckschicht nimmt ab. Durch Mischung dringt dann die Wärmewelle des Sommers tiefer ein, es tritt die Vertikalzirkulation des Herbstes ein; dadurch wird die intermediäre Deckschicht (sogar die einfache Unterschicht) allmählich ausgesüßt, so daß wir hier im allgemeinen im Herbst oder noch später den niedrigsten Salzgehalt vorfinden; in der Deckschicht wird aber damit der Salzgehalt schon steigen, er erreicht sein Maximum im Winter ein wenig früher oder später, je nach der Küstennähe. Im Kattegat haben wir Salzgehaltsmaxima im Februar und sekundär im August. Diese Maxima machen sich nicht direkt in der Deckschicht der Ostsee, wohl aber in der Beltsee bemerkbar. Dagegen wird die Unterschicht der Beltsee, der Kadetrinne und des Arkona-Beckens infolgedessen zwei Maxima aufweisen; dabei ist in der Beltsee das Wintermaximum größer, nur an einigen tieferen Orten dicht am Boden das Sommermaximum, wo wir zur Sommerzeit Ansätze zur „Muldenwasser“bildung in der Unterschicht haben. Auch im Sunde ist im Winterhalbjahr der Salzgehalt größer als im Sommer, somit wird im Arkona-Becken die Unterschicht das Hauptmaximum des Salzgehalts im Winter zeigen.

In der Bornholm-Mulde könnten wir zuerst die vierteilige Schichtung unterscheiden. Das bornische Muldenwasser, wie überhaupt die übrigen nach innen hin vorkommenden Muldenwasser, das gotländische, bottnische und wiekische, zeigt kleine Schwankungen im Salzgehalt; dies kann sogar als ein Merkmal des „Muldenwassers“ bezeichnet werden. Im bornischen Tiefwasser zeigen sich, obwohl abgeschwächt, gleichartige Veränderungen wie in der Unterschicht des Arkona-Beckens. Die thermischen Schwankungen im Jahre sind hier aber nicht groß. In der poikilothermen Schichtung, die wir hier besonders im Sommer und Herbst vorfinden, können wir eine um ein paar Monate verspätete Einwirkung der Arkonaverhältnisse spüren, also Transport in horizontaler Richtung und Einmischung. Es ist somit erklärlich, daß wir in diesem bornischen Tiefwasser Salzgehaltsmaxima im Frühling und Herbst, also etwa ein Vierteljahr später als in der Unterschicht des Arkonabeckens, vorfinden, und daß hier das Hauptmaximum im Frühling eintritt. Im bornischen Muldenwasser, das einen

beträchtlichen Salzgehalt besitzt, wird ein Eindringen von Arkonawasser nur vorkommen, wenn dieses dichter als das bornische Muldenwasser ist, also hauptsächlich im Spätwinter und Spätsommer. Es wird somit, da dies bei mehr sporadischen und in kurzer Zeit vollzogenen Umlagerungen stattfindet, keine eigentliche Verspätung der Salzgehaltsmaxima hier im Verhältnis zu denjenigen in der Arkona-Unterschicht eintreten, wir finden auch hier die zwei Maxima im Winter und Sommer, das Hauptmaximum im Winter. Die Erscheinungen, die diese Veränderungen hervorrufen, sind somit hauptsächlich horizontale Verschiebungen und die Maxima bedeuten hier in erster Linie einen Zuwachs des bornischen Muldenwassers, wie auch das bornische Tiefwasser dabei wenigstens gehoben wird.

Im großen Zentralbecken mangelt es an genügenden Beobachtungen, um sicher über die Salzgehaltsveränderungen des gotländischen Muldenwassers urteilen zu können. Das steht allerdings fest, daß zwar die Veränderungen nicht groß sind ( $= 1\text{‰}$ ), daß wir aber immer, wenn Beobachtungen kurz nacheinander gemacht worden sind, deutliche Veränderungen haben spüren können. Ziemlich wahrscheinlich haben wir hier höhere Salzgehaltswerte im Sommer als im Winter. Was wir aber sicher behaupten können ist, daß diesem Muldenwasser zweimal jährlich, im Frühling und Herbst, durch Einströmungen in der Unterschicht Wasser zugeführt wird; es zeigt sich dies sowohl an den Stationen in der nördlichen Ostsee wie am Boden der Danziger Bucht; dabei steigt vom Sommer zum Herbst die Temperatur in dem Teil der Wassersäule, welcher unter dem Temperaturminimum der Säule gelegen ist. In diesen Niveaux wird also durch Heben des gotländischen Muldenwassers und des baltischen Tiefwassers der Salzgehalt in bestimmten Tiefen zwei Maxima, im Frühling und Herbst, zeigen, das Hauptmaximum im Frühjahr.

Die thermischen Schwankungen erreichen im baltischen Tiefwasser kleine Beträge. Man kann hier noch eine jährliche Wärmewelle von oben spüren, aber auch gleich große Einwirkungen von horizontalen Strömungen. Dabei ist zu bemerken, daß die direkte Wirkung der Winterabkühlung größer als diejenige der Sommererwärmung ausfällt.

In dem inneren, größeren Teil des Finnischen Meerbusens fanden wir eine Schichtung nur in Ober- und Unterschicht. Die Winterabkühlung erstreckt sich bis zur Grenzschicht; wenn dann die Sommererwärmung einsetzt, finden wir ebenda ein Wärmeminimum. Durch Beimischung zu den ausströmenden Schichten wird der Unterschicht stetig Wasser entnommen, welches durch einströmendes nordbaltisches Tiefwasser ersetzt wird. Dies zeigt sich, obwohl die Temperatur des einströmenden Wassers nicht hoch ist, ca.  $3^{\circ}$  und weniger, darin, daß die Temperatur unter dem Temperaturminimum in der Wassersäule stetig um ca.  $1^{\circ}$  steigt, bis die

Wärmewelle des Sommers, im Herbst von obenher die Kälteste des Winters angreifend, das Minimum in den unteren Teil der Säule verschoben hat. Infolge der starken sommerlichen Einströmung tritt zu dieser Zeit das Salzgehaltsmaximum des Jahres für die besprochene Unterschicht auf. Zur selben Zeit hatten wir, wie schon erwähnt, das Salzgehaltsminimum der Oberschicht; es verschärfen sich also die Salzgehaltsunterschiede in der Wassersäule im Sommer, gleichen sich dagegen im Winter aus.

In der Bottensee sind die Salzgehaltsunterschiede zwischen Oberfläche und Boden ja ziemlich klein, ungefähr  $1^0/_{00}$ ; außer bei größeren Flußmündungen. In der Deckschicht und in der intermediären Deckschicht sind die jährlichen Salzgehaltsschwankungen denjenigen der Ostsee ähnlich. Im Tief- und Muldenwasser tritt das Maximum im Sommer bis Herbst auf, um so später, je weiter nach innen wir gelangen. Im Muldenwasser sind, außer im Süden, die Temperaturschwankungen sehr klein; die Einwirkung der vorhergehenden Jahreszeit zeigt sich sehr deutlich, weil das Wasser in den ziemlich seichten Pforten in dem Bereich der deutlichen Wirkung der jährlichen Wärmewelle gewesen ist. Hier kann man während des Sommers überall im Tiefwasser und auch im Muldenwasser Temperaturzunahme beobachten, die durch das Zuströmen von wärmerem Wasser erzeugt wird.

Was man in der Bottenwiek als Muldenwasser bezeichnen könnte — also durch kleine jährliche Schwankungen charakterisiertes —, findet man nur in der tiefsten Schicht. Auch in der Bottenwiek tritt das Salzgehaltsminimum in der Deckschicht im Sommer, in der intermediären Deckschicht im Herbst, mit Verspätung in den zentralen Teilen, ein. Das Tiefwasser hat sein Salzgehaltsmaximum im Sommer, im Winter sein Minimum.

Die jährlichen Salzgehaltsschwankungen betragen im Süden  $0,5^0/_{00}$  oder weniger in der Oberschicht, in der Unterschicht im Arkonabecken mehrere Promille, auch sonst mehr als  $1^0/_{00}$ ; im Norden sind die entsprechenden Werte  $0,25^0/_{00}$  und  $0,1^0/_{00}$ .

#### Die Wasserbewegungen.

Die Vorgänge, welche uns in der vorangehenden Darstellung den Zusammenhang vermittelt haben, können auf die Wasserbewegungen und die dabei entstehenden Ummischungen zurückgeführt werden. Inwieweit diese Wasserbewegungen Veränderungen in der Wassermenge der Ostsee hervorrufen, müssen uns die Wasserstandsbeobachtungen zeigen, und man möchte im voraus wohl nicht einen Zusammenhang zwischen diesen Erscheinungen unwahrscheinlich nennen.

Wir haben im ganzen Ostseegebiet, und sogar in den Gewässern vor der Ostsee, eine ausgesprochene jährliche Wasserstandsschwan-

97/2 A  

 kung, welche in langjährigen Mitteln deutlich doppelperiodisch herauskommt. Das Hauptminimum tritt im Frühling (April) auf, ein Maximum, im Süden Hauptmaximum, im August, ein zweites Minimum im November, und ein Maximum im Winter, im Norden das Hauptmaximum. Hierbei ist der absolute Betrag der Schwankung im Norden größer, ca. 30 cm, im Süden kleiner, weniger als 15 cm. Ein solcher doppelperiodischer Gang kommt auch in den einzelnen Jahren immer vor, dabei können die Zeitpunkte für das Eintreffen der Extreme auf verschiedene Art bedeutend verschoben sein, und die Amplituden dementsprechend 0,5 m oder mehr erreichen. Die Ursachen dieser Ungleichmäßigkeiten sind in erster Linie in den Ausströmungsbedingungen an den Pforten der Ostsee zu suchen. Allerdings wirkt sicher die jährliche Periodizität der Süßwasserzufuhr hierbei auch mit; das Maximum der Süßwasserzufuhr fällt ja eben auf die Zeit, wo der Wasserstand nach dem Hauptminimum schnell zu steigen anfängt. Es sind aber hauptsächlich die Windverhältnisse vor den Pforten der Ostsee, welche diesen Gang hervorrufen. Im Februar bis April und im Oktober und November haben wir über dem Skagerrak vorherrschend Ost- und Südostwinde, welche das Wasser aus der Ostsee saugen. Hiermit korrespondiert also auch die Tatsache, daß die Strommessungen an den dänischen Feuerschiffen den stärksten ausgehenden Strom im Frühling ergeben haben.

Es ist auch leicht verständlich, daß zur Zeit des niedrigen Wasserstandes, also der reichen Wasserabgabe der Ostsee, der Salzgehalt in und vor den Pforten der Ostsee niedrig sein muß, daß aber in den Zwischenzeiten, also im Winter und Sommer, bei einwehenden Winden und hohem Wasserstand, hier Salzgehalts-Maxima vorkommen. Wie eben dargestellt, zeigen sich diese ziemlich gleichzeitig in der Unterschicht bis in die Arkonamulde; in dem gotländischen Muldenwasser wird sich dann wegen eintretender Verspätung die Schwellung ungefähr gleichzeitig mit den Niedrigwerten des Wasserstandes zeigen.

Es wird uns somit begreiflich, daß in der ganzen Wassersäule der Beltsee und in der Unterschicht des Arkonabeckens und in dem bornischen Tiefwasser und Muldenwasser, sowie in diesen beiden Schichten des Zentralbeckens, da ja diese den Pforten der Ostsee näher stehen, eine doppelte jährliche Periodizität vorhanden sein muß, dagegen in der baltischen Oberschicht und in allen Wasserschichten der inneren Teile nur eine einfache jährliche Periode des Salzgehaltes in Erscheinung treten kann, weil ja diese, auf welche die Süßwasserzufuhr direkter wirkt, deren einfacherem jährlichen Gang folgen müssen; das schwache sekundäre Maximum in der Süßwasserzufuhr, welches die Herbstregen hervorrufen, wird dadurch ausgeglichen, daß zu dieser Zeit durch die thermische Vertikalzirkulation

größere Wassermengen in den Aussüßungsprozeß einbegriffen werden; andere Ansätze zu doppelter Periodizität haben mehr lokale Bedeutung.

Es sind bis jetzt die Verhältnisse nur in großen Zügen geschildert worden. In Wirklichkeit greifen viele andere Faktoren stark ein, so stark, daß sie sich der Forschung in erster Linie aufzwingen. Dem Beschauer zeigen sich die Verhältnisse nämlich an einem Orte sehr wechselnd. Je nach der Wetterlage, hauptsächlich nach Wind- und Luftdruckverhältnissen, strömen die Wassermassen hin und her in verschiedener Richtung, die Wasseroberfläche wird dabei ziemlich unregelmäßig gehoben und gesenkt. Die Wasserstandsschwankungen von Tag zu Tag können bei Sturmfluten in Metern gemessen werden, im Mittel kann diese interdiurne Veränderlichkeit bis 20 cm betragen. 20—30 cm/sec sind gewöhnliche Stromgeschwindigkeiten, diese können aber bei besonderen Gelegenheiten bis ca. 70 cm/sec, in den engeren Pforten sogar ein paar Knoten betragen.

Ein stärkerer Sturm kann somit große Veränderungen in der hydrographischen Lage hervorrufen. Überhaupt setzen sich oft die vorkommenden Verschiebungen aus wenigeren, gewaltsameren Vorgängen zusammen, welche durch ruhigere Zwischenzeiten voneinander geschieden sind. Es haben dabei solche „Umwälzungen“ im allgemeinen größere Bedeutung in den engeren Passagen als in den großen Becken. Die Verschiebungen der Wasserpartikel können sich hier gewöhnlich nur über einen Teil des Gebietes erstrecken, und können darum zum Teile wieder zurückgehen. In seichteren Gebieten läßt sich, speziell wenn es sich um die schwerere Unterschicht handelt, wenig von der früheren Lage wieder herstellen. Es charakterisieren darum in den Pforten die Umwälzungen mehr den Wasseraustausch, in den großen Becken sind dagegen die resultierenden Bewegungen wichtiger.

In der Oberfläche sind die Ströme ganz entschieden von den Winden bestimmt, hierbei sind Stauerscheinungen und Rechtsdrehung wegen der Erdrotation zu beachten. Da ja die Winde in unserem Gebiete ziemlich stark schwanken, tun es auch die Strömungen. Der resultierende Wassertransport beträgt somit im Frühling etwa ein Viertel des ganzen Stromweges, nähert sich im Sommer der Hälfte und übersteigt sogar im Herbst die Hälfte des Stromweges. Der resultierende Strom in der Oberfläche ist während des ganzen Jahres an der schwedischen Küste von der Bottenwiek im Norden bis an Schonen vorbei im Süden nach außen gerichtet. Er ist schwächer im Frühling, nur einige cm/sec, stärker im Sommer und Herbst, 5—10 cm/sec. Im Frühling herrschen aber dieselben Verhältnisse wie an der Oberfläche tiefer nach unten als im Sommer (und es erstreckt sich die auswärts gerichtete Bewegung beinahe über die ganze Breite des

Bottnischen und Finnischen Meerbusens. In der eigentlichen Ostsee sind die Bewegungen an der russischen Küste im Frühjahr schon einwärts gerichtet. Im Sommer und Herbst finden wir dann an der Süd- und Ostküste des großen Zentralbeckens und des Finnischen Meerbusens, sowie an der Ostküste des Bottnischen Meerbusens einwärts gehende resultierende Bewegungen, im Sommer von ein paar bis fast 10 cm/sec, im Herbst von 5 bis über 10 cm/sec. Wir haben dann, da nicht alles einwärts strömende Oberschichtwasser durch die Pforten ausströmen kann, in der Oberschicht jedes der großen Becken eine Zirkulation im Sinne gegen den Uhrzeiger. Hierbei können wir z. B. in der Bottensee, wo wir genügend Beobachtungen haben, deutliche kleinere Wirbelbewegungen konstatieren, und haben im Nord-Kvark an der finnischen Seite und im Schärenmeere einwärts gehende Bewegungen, an der schwedischen Seite im Nord-Kvark und im Alandsmeere auswärtsgehende.)

(Auch in der Unterschicht können die Strömungen im allgemeinen ziemlich stark wechseln, sich sogar in Stufen abspielen. Die resultierende Bewegung, welche im allgemeinen ein paar cm/sec beträgt, ist entschieden einwärts gerichtet. Vom Arkonabecken nördlich von Bornholm zur Bornholm-Mulde, von da hauptsächlich südlich der Mittelbank zum großen Zentralbecken, diesem entlang östlich von Gotland nach Norden und dann in drei Richtungen nach Südwesten nördlich um Gotland herum zur Landsortstiefe usw., nach Norden über die Bänke südlich vom Alandsmeer in das Alandsmeer und die Bottensee hinein und nach Nordosten in den Finnischen Meerbusen. Im Norden der Bottensee teilt sich die einwärts verlaufende Verschiebung der Unterschicht in zwei Zweige; es biegt sich ein Zweig links und geht, ähnlich wie im Zentralbecken um Gotland herum, ein wenig nach Süden. Von der bottnischen intermediären Deckschicht wie auch vom bottnischen Tiefwasser geht ein Teil allmählich durch den Nord-Kvark dem Boden entlang in die Bottenwiek hinein. Hier wie am inneren Ende des Finnischen Meerbusen kommen dann bedeutende aufsteigende Bewegungen vor, wie solche, obwohl weniger kräftig, überall vor sich gehen. Bei diesem ganzen Transport einwärts spielen sich die Verschiebungen hauptsächlich in den sogenannten Tiefwassern ab, das Muldenwasser liegt mehr unberührt, nimmt durch einströmendes Salzwasser ruckweise an Menge zu und gibt in seinem oberen Teil stetig Partikeln zum Tiefwasser ab.)

Die Wassermassen, welche bei diesen resultierenden Bewegungen in Frage kommen, sind ziemlich beträchtlich. Da ja auch eine bedeutende Einströmung in unser Gebiet hinein vor sich geht, wird das abströmende Wasser den Belauf der Süßwasserzufuhr und des einwärtsgehenden Stromes zusammengenommen erreichen. Nach einer Schätzung von Martin

K n u d s e n kann man annehmen, daß durch den Sund und die Kadetrinne mehr Salzwasser hereinkommt als die Süßwasserzufuhr des ganzen Gebietes beträgt; es wird also mehr als der doppelte Belauf der Süßwasserzufuhr von dem ausgehenden Strome abgeführt. Es ist hierbei zu beachten, daß im allgemeinen in den Pforten der Ostsee die jeweilige von den Windverhältnissen bestimmte Strömung von der Oberfläche bis zum Boden ungefähr dieselbe Richtung hat. Es hat aber doch J. P. J a c o b s e n neuerlich erwiesen, daß in der tiefsten Rinne des großen Belts im Juni 1909 eine deutliche einwärtsgehende, ziemlich konstante Strömung vorgekommen ist. Ebenso habe ich bei vereinzelt, doch nicht ganz wenigen Strommessungen in der Tiefe, wo die Rinne vom Ålandsmeere in die Bottensee einschneidet, beinahe immer sehr starke einwärtsgehende Strömungen (ca. 30 cm/sec) nachweisen können.

Zwischen dem Finnischen Meerbusen und der Ostsee ist der Wasseraustausch noch viel reger als durch die Beltsee und den Sund. Wir sind gezwungen anzunehmen, daß aus dem Finnischen Meerbusen jährlich auswärts Wasservolumina getrieben werden, welche den halben Betrag des ganzen Volumens des Meerbusens übersteigen, einwärts dann natürlich beinahe ebensoviel. Die zwischen der eigentlichen Ostsee und dem Bottnischen Meerbusen, wie die zwischen der Bottensee und der Bottenwiek ausgetauschten Volumina übersteigen auch ein Drittel des Volumens der Bottensee bzw. der Bottenwiek. Der ausgehende Strom ist selbstverständlich hier um den Betrag der Süßwasserzufuhr größer.

Es ist somit der Wasseraustausch innerhalb der Ostsee selbst, sowie mit dem Bottnischen Meerbusen bedeutend reger als durch die Pforten der Ostsee. Die eben angeführten numerischen Angaben sind als Mindestwerte zu betrachten; es ist zurzeit unmöglich, exakte Ziffern anzugeben.

Auf Grund dieser Tatsachen, sowie auch nach der früher hervorgehobenen Art, in welcher die Wärmezunahme unterhalb des Temperaturminimums der Wassersäule durch horizontale Strömungen erfolgt, ferner nach der Art der Salzgehaltsveränderungen und endlich auf Grund der Schwankungen des Sauerstoffgehaltes müssen wir auf sehr rege Erneuerung der Wasserschichten schließen. Fassen wir die Erneuerung örtlich (rein lokal) auf, so kann diese beinahe überall als stetig vor sich gehend betrachtet werden; außer im Muldenwasser wird man selten dasselbe Wasser nach ein paar Tagen wieder am Orte antreffen. Fassen wir aber die Erneuerung als Umsetzung auf, indem wir zu bestimmen versuchen, nach welcher Zeit ungefähr von den in einem bestimmten Zeitpunkt vorhandenen Wasserpartikeln die Mehrzahl noch in der bestimmten Schicht zu finden ist, so kommen wir natürlich zu längeren Zeitabschnitten. Nach einem halben Jahre finden wir dann in der Hauptsache neue Wasser-

lager; in der Beltsee, der Arkona-Mulde und in den innersten Gewässern im Norden und Osten nach viel kürzerer Zeit, so auch in der Bornholm-Mulde; im „Muldenwasser“ aber vielleicht nach etwas längerer Zeit. Man kann aber auch hier, sogar im gotländischen Muldenwasser, wenn man Beobachtungen mit kurzer Zwischenzeit, z. B. einem Monat oder noch weniger, besitzt, immer die Einwirkung von anderem Wasser feststellen.

Wie wir gesehen haben, sind mehrere charakteristische Merkmale der Wasserbewegungen in der Ostsee hauptsächlich auf die Dichtedifferenzen und Windverhältnisse zurückzuführen. Die Dichteverteilung ist sozusagen die primäre Ursache der ganzen Zirkulation. Sie wird von der Süßwasserzufuhr und dem eindringenden Ozeanwasser erzeugt. Man möge sich aber noch den Unterschied klarmachen, daß die Süßwasserzufuhr in höherem Grade eine quantitative Vermehrung der Wassermenge bedeutet, das einströmende Ozeanwasser in die Schichtung hauptsächlich eingreift, also die Wasserfüllung in erster Linie qualitativ verändert. Die Windverhältnisse rufen in der Oberschicht größere Bewegungen hervor als die Dichteverteilung. Es läßt sich aus Vergleichen der Verteilung des resultierenden Oberflächenstromes mit den Windverhältnissen und der Dichteverteilung herleiten, daß die Wirkung der Winde (und des Luftdrucks) in der Oberschicht sogar einige Mal größer als die der Dichteverteilung ist.

Diese durch die Windverhältnisse erzeugten Strömungen bilden dabei Systeme, welche in der ganzen Ostsee oder in einem der Teilgebiete in der Deckschicht ineinander verlaufen und sich gegenseitig kompensieren. Dagegen kann man in dem sogenannten Tief- und Muldenwasser keine direkte Wirkung der Windverhältnisse spüren. Die Kompensation der Dichteströmungen geht aber durch die Schichten, indem einige stetig verzehrt, andere wieder stetig neu gebildet werden. Wir haben also hier in den Windverhältnissen und der Dichteverteilung zwei Strömungsursachen, welche in verschiedener Weise wirken, wie es auch früher J. W. S a n d s t r ö m prinzipiell hervorgehoben hat.

Nun sind aber die Winde über der Ostsee keineswegs stetig, die Dichteunterschiede gehören aber absolut und räumlich zu den größten überhaupt vorkommenden. Da aber im großen Ganzen die Gesetze in den Meeren überall dieselben sind, kann ich nicht umhin, hierin eine Entscheidung der alten Streitfrage von der Bedeutung der Dichte und der Windströmungen zu sehen. Somit muß der Wind die Zirkulation in den oberen, einigermaßen homogenen Schichten viel mehr beeinflussen als es die Dichteverteilung vermag; auch der Hauptteil der entsprechenden kompensierenden Bewegungen wird von den Windverhältnissen bestimmt. Tiefer unten wird die Druckverteilung eine immer entscheidendere Wirkung bekommen, und es entsteht eine Zirkulation mit Kompensation hauptsächlich von Schicht zu Schicht.

Trotz der störenden Stauerscheinungen ist die Ostsee kein ungeeignetes Gebiet für das Studium der Bewegungen im Meere, weil die Gezeiten hier so klein sind. Wie bekannt, sind die Gezeitenströmungen in der Nordsee schwer zu enträtseln und überdecken hier manche andere Erscheinungen.

Sowohl E b b e u n d F l u t, wie die Gezeitenströmungen verschwinden bei dem ersten Blick im Verhältnis zu den von Wind und Luftdruck erzeugten Bewegungen. Die Gezeitenamplituden betragen nur einige cm, die Gezeitenströme nur einige cm/sec. Dabei verlaufen die gantztägigen Wellen als eine gegen den Sinn des Uhrzeigers gerichtete Amphidromie über der Ostsee inklusive dem Finnischen Meerbusen. Die halbtägigen Wellen zeigen drei Knotenpunkte, die beiden äußeren Amphidromien sind positiv.

Im Bottnischen Meerbusen ist das Gezeitenphänomen weniger bekannt, man kann jedoch schließen, daß es im wesentlichen unabhängig ist, von noch kleinerer Größenordnung, und daß es Amphidromien aufweist.

Überhaupt haben hier beinahe überall die gantztägigen Wellen den Vorrang.

#### Die Farbe.

Die Farbe des Wassers kann auf verschiedene Weise definiert werden. Die zwei wichtigsten Farbenbegriffe können wir drastisch als die Farbe vom Standpunkte der Fische und die vom Standpunkte des Menschen bezeichnen; im letzten Falle sei die Reflexion des Lichtes von der Wasseroberfläche ausgeschlossen gedacht.

Im ersten Falle haben wir mit der Farbdurchlässigkeit des Wassers selbst und der Lichtabschwächung durch zwischenliegende Partikelchen und Plankton zu tun, im zweiten Falle ist die Reflexion dieser Partikelchen und Planktonen außerdem zu berücksichtigen. Die Farbe des Wassers selbst ist in der Ostsee von aufgelösten organischen Substanzen, in erster Linie Humus, beeinflusst. Es führen nämlich unsere Flüsse Humussubstanzen, und man erhält bei spektralphotometrischer Untersuchung dieselben Herabminderungen und Verschiebungen des spektralen Durchlässigkeitskoeffizienten, wenn man humusreiches Flußwasser mit humusfreiem sukzessiv verdünnt, wie wenn man bei den Beobachtungen allmählich mehr nach außen im Meere zieht.

Man kann in den innersten Teilen des Finnischen Meerbusens und der Bottenwiek, und in der Nähe der Flußmündungen überhaupt, sogar rotbraunes Wasser beobachten.

In der südlichen Ostsee ist das Wasser, wie bekannt, grünlich. Im Norden und Osten geht die Farbe erst schnell in gelb über, dann langsamer in die grünlichen Nüancen der Ostsee. Es beruht der wahrgenommene

Farbenton in der Ostsee außer in den Strandgegenden, wo wir viel aufgewirbelten Schlamm und viel Plankton finden können, da ja überhaupt die Planktonten eine graue indifferente Farbe haben, hauptsächlich auf der selektiven Absorption des Wassers selbst, bei durchgelassenem Lichte mehr als bei reflektiertem.

Die Sichttiefe, welche mehr ein Maß der Klarheit als der Farbe ist, erreicht in der Bottenwiek die größten Beträge, sogar über 15 m, ist überhaupt in den zentralen Teilen des Gebietes ein wenig über 10 m und beträgt bei einigen Flußmündungen nur Bruchteile von einem Meter. Sie ist von der Menge der kleinen Partikelchen und des Planktons deutlich beeinflusst.

Da die Durchlässigkeit des Meerwassers für die Licht- und Wärmestrahlen also bedeutend verschieden ist, könnte man erwarten, daß die Sommerdeckschicht nach innen schmaler werden müßte. Wo dies tatsächlich in einigem Umfange der Fall ist, sind die Unterschiede doch nicht groß und lassen sich auch durch andere Umstände erklären, nämlich durch die Seichtheit des Gebietes. Es ist dies ein deutlicher Beweis dafür, daß in allererster Linie die Mischung des Wassers die Wärme nach unten führt.

#### Die Eisverhältnisse.

Es möge hier noch eine Erscheinung erörtert werden, die für den Wärmehaushalt der Ostsee sowie auch praktische Bedeutung hat: die Eisbildung.

Es läßt sich die Eisbildung ziemlich leicht in der Wärmebilanz berücksichtigen, wenn man die Menge des Eises kennt; man kann nämlich leicht eine negative potentielle Temperatur des Oberflächenwassers einführen. Die Bildung des Eises fängt an, erst wenn der Wärmevorrat der Deckschicht verbraucht ist. Eine eigentliche Eisbildung findet nur während der Kälteperioden statt. Sie fängt gewöhnlich erst im Norden, dann im Osten an, und es entwickelt sich der Küste entlang ein fester Eissaum, der sich allmählich nach Süden hinzieht und, nach kleinen Rückgängen gewöhnlich von Schären und Untiefen festgehalten, den ganzen Winter steht. Im offenen Meere entsteht Tellereis und Treibeis.

Während des März ist meistens der Höhepunkt der Vereisung erreicht. Wir haben dann in mittleren Jahren meistens die Bottenwiek und die innere Hälfte des Finnischen Meerbusens vollständig mit zusammengefrorenem Treibeis bedeckt, indem zusammengeschobene Eisbänder von bedeutender Mächtigkeit, speziell dem festen Eissaume entlang, vorkommen können. In der südlichen Hälfte der Ostsee kommt Eis gewöhnlich nur an einigen Tagen der Küste entlang vor; die eigentliche Ostsee ist in der Regel offen und es erstreckt sich das offene Wasser bis in die Mündung des Finnischen Meerbusen und durch das Ålandsmeer in die Bottensee hinein.

Wenn die Rückbildung des Eises anfängt, wird die Eisdecke lockerer und es werden Eisfelder losgerissen und umher getrieben. Durch die Winde kann eine bestimmte Küstenstrecke blockiert werden. Im allgemeinen treiben diese Eisfelder im Finnischen und Bottnischen Meerbusen herum, noch nachdem die Küstengebiete von Eis befreit sind. Im Finnischen Meerbusen werden sie von den im Frühling oft vorkommenden Ostwinden nach außen getrieben und ziemlich schnell abgeschmolzen, gewöhnlich schon im Mai. Im Bottnischen Meerbusen, wo der Wärmeverrat im Frühling sehr gering ist, muß die Insolation die Eisfelder allmählich verzehren; man kann in der Bottenwiek nicht ganz selten Ende Juni Treibeis vorfinden.

#### S ä k u l ä r e V e r ä n d e r u n g e n .

Bei der Beschreibung der Wasserfüllung der Ostsee haben wir hervorheben können, daß die verschiedenen Schichten eine ziemlich große Konstanz der Eigenschaften besitzen, welche von der Konfiguration dieses Meeres bedingt ist. Wir wissen, daß in geologischer Zeit ziemlich große Verschiedenheiten in der Beckengestaltung wie in der Wasserfüllung gegenüber den jetzigen Verhältnissen bestanden haben. Auch in historischer Zeit zeigen sich Merkmale von Veränderungen, speziell in den klimatischen Verhältnissen; so sind Zeiten mit besserem Heringsfang und Zeiten mit leichterem Eisbildung zu verzeichnen.

Es fragt sich nun, ob nicht während der 35 Jahre, für welche wir ein wenig ausführlichere hydrographische Beobachtungen haben, Veränderungen wahrgenommen werden können. Es scheint, als ob wirklich eine gewisse Aussüßung des Ostseewassers stattgefunden habe, es ist aber keineswegs sicher, es kann auch nur eine Schwankung sein, wie solche auch von kürzerer Dauer zu beobachten sind. Vielleicht kann zugleich auf die in den letzten zwei Dezennien herrschenden verhältnismäßig leichteren Eisverhältnisse der nördlichen Hälfte der Ostsee hingewiesen werden, wie auch auf die schon seit längerer Zeit abnehmende Kontinentalität des Klimas des europäischen Nordens. Es ist auch dies eine Frage, die zur Ausführung einer planmäßigen Beobachtungsarbeit mahnt.

In der unten aufgeführten *L i t e r a t u r* findet man ausführlichere Darstellungen der Verhältnisse spezieller Untersuchungsgebiete, die aber von verschiedenen Gesichtspunkten geleitet sind.

J o h a n G e h r k e: Beiträge zur Hydrographie des Ostseebassins. Publ. de Circonst. N 52. Kopenhagen 1910.

J. P. J a c o b s e n: Mittelwerte von Temperatur und Salzgehalt, bearbeitet nach hydrographischen Beobachtungen in den dänischen Ge-