

**www.e-rara.ch**

## **Beiträge zur physischen Geographie der Ostsee**

**Ackermann, Karl**

**Hamburg, 1883**

**ETH-Bibliothek Zürich**

Persistent Link: <https://doi.org/10.3931/e-rara-137978>

### I. Die Strömungsverhältnisse der Ostsee und ihre Wirkungen.

---

#### **www.e-rara.ch**

Die Plattform e-rara.ch macht die in Schweizer Bibliotheken vorhandenen Drucke online verfügbar. Das Spektrum reicht von Büchern über Karten bis zu illustrierten Materialien – von den Anfängen des Buchdrucks bis ins 20. Jahrhundert.

e-rara.ch provides online access to rare books available in Swiss libraries. The holdings extend from books and maps to illustrated material – from the beginnings of printing to the 20th century.

e-rara.ch met en ligne des reproductions numériques d'imprimés conservés dans les bibliothèques de Suisse. L'éventail va des livres aux documents iconographiques en passant par les cartes – des débuts de l'imprimerie jusqu'au 20e siècle.

e-rara.ch mette a disposizione in rete le edizioni antiche conservate nelle biblioteche svizzere. La collezione comprende libri, carte geografiche e materiale illustrato che risalgono agli inizi della tipografia fino ad arrivare al XX secolo.

---

**Nutzungsbedingungen** Dieses Digitalisat kann kostenfrei heruntergeladen werden. Die Lizenzierungsart und die Nutzungsbedingungen sind individuell zu jedem Dokument in den Titelnformationen angegeben. Für weitere Informationen siehe auch [Link]

**Terms of Use** This digital copy can be downloaded free of charge. The type of licensing and the terms of use are indicated in the title information for each document individually. For further information please refer to the terms of use on [Link]

**Conditions d'utilisation** Ce document numérique peut être téléchargé gratuitement. Son statut juridique et ses conditions d'utilisation sont précisés dans sa notice détaillée. Pour de plus amples informations, voir [Link]

**Condizioni di utilizzo** Questo documento può essere scaricato gratuitamente. Il tipo di licenza e le condizioni di utilizzo sono indicate nella notizia bibliografica del singolo documento. Per ulteriori informazioni vedi anche [Link]

## PHYSIKALISCHES.

### I. Die Strömungsverhältnisse der Ostsee und ihre Wirkungen.

#### A. Die Strömungsverhältnisse.

##### a. Strömungen, welche den Meeresströmungen des offenen Oceans analog sind.

Wie im ersten Abschnitte dieser Arbeit gezeigt wurde, beträgt das Areal der gesammten Ostsee 6963 Quadratmeilen, ein Werth, welcher von demjenigen ihres Gebiets ungefähr um das Vierfache übertroffen wird. In Folge dieses Umstandes empfängt die Ostsee eine bedeutende Zufuhr süßen Wassers durch die einmündenden Flüsse, von welchem bei der schon beträchtlichen Breitenlage dieses Meeres nur ein geringer Theil zu verdunsten vermag. Das hierdurch gestörte hydrostatische Gleichgewicht wieder herzustellen, ist die Natur unausgesetzt bemüht, und als Ergebniss dieser Bestrebungen sind die perpetuirlichen Strömungen innerhalb der Ostsee anzusehen. Dieselben sind also für die Ostsee gewissermassen das, was die Meeresströmungen für die offenen Oeane. Der Verlauf dieser Strömungen ist folgender.

##### a. Der auslaufende oder Ostseestrom.

###### 1. Innerhalb der Ostsee<sup>1)</sup>.

Bereits in der bottnischen Wiek, in welche nicht weniger als 48 ziemlich grosse Flüsse sich ergiessen, macht sich und zwar schon in der Breite der unter  $65^{\circ} 31' 45''$  NBr. und unter  $24^{\circ} 10' 24''$

<sup>1)</sup> Für die nachfolgende Darstellung gewährten die Grundlage: Nordenanker, die Strömungen der Ostsee 1792, und Stjerncreutz, Anmärkingar rörande strömmarne i Oestersjön, (Acta societatis scientiarum fennicae. Tom. VI. Helsingforsiae, 1856, S. 379—381.)

Oe. L. Greenw., also im äussersten Norden der bottenischen Wiek gelegenen Insel Malörn eine intensive Strömung geltend. Dieselbe hat in dem Meere zwischen Malörn und dem an der finnischen Seite gelegenen Ijo-Ulkogrunni eine Richtung nach SW, jedoch bereits auf der Höhe zwischen Piteå auf der schwedischen und Carlö auf der finnischen Seite geht sie nach SWgS und in dem Wasserstreifen zwischen dem schwedischen Cap Bjurö-Klubb und dem finnischen Vorgebirge Kalojoki-Ulkokallen hat sie sich noch mehr gedreht und eine Richtung nach SSW eingeschlagen. Jetzt tritt aufs neue die frühere SW-Richtung auf und in dieser, resp. auch zeitweise in SSW-Richtung läuft der Strom weiter und östlich sowie westlich am West-Quark vorüber in die bottenische See.

Ausser dieser Hauptströmung der bottenischen Wiek findet man in dem südlichen Theile dieser Meeresabtheilung noch einen anderen keineswegs unbeträchtlichen Strom. Derselbe entsteht in der Bucht von Jacobstad in Finnland, fliesst durch die finnische Inselgruppe der Michel-Skären und Walsöarne nach SW und vereinigt sich in der Strasse zwischen Ost- und West-Quark mit der oben erwähnten Hauptströmung.

Im Norden der bottenischen See beginnt bei der weit vorge-schobenen Gruppe der Nordskären eine Theilung des vereinigten Stromes. Zunächst sondert sich ein westlicher Seitenzweig rechts ab und nimmt seinen Lauf an Schwedens Küste entlang bis zu den Ulf-Inseln (Ulföarne), wo er so an Stärke verliert, dass er südlich davon nicht mehr nachweisbar ist.

Die Hauptströmung der bottenischen See liegt dagegen weit näher der finnischen als der schwedischen Küste. Sie geht zunächst von den Nordskären aus in südöstlicher Richtung nach der Gruppe von Wargö-Gaddarne und strömt von hier aus zuerst nach Süden bis zur Höhe von der finnischen Stadt Björneborg. Hier tritt aufs neue eine Richtungsänderung ein und zwar nach SW, bis dann später unter der Breite der Stadt Raumö sich der Strom nach WSW wendet. Diese Richtung bleibt unverändert bis zum Archipele des Süd-Quark, wo eine dritte Strömung des bottenischen Meeres in die Hauptströmung einmündet.

Diese dritte Strömung wird zuerst wahrnehmbar auf der Höhe von Hudiksvall, geht zunächst 3—4 deutsche Meilen SEgS und dann in südlicher Richtung zum Süd-Quark, um, wie erwähnt, hier in die Hauptströmung der bottenischen See einzumünden.

Der vereinte Strom läuft durch das Ålands-Meer in die innere Ostsee aus; doch ist neben dieser hauptsächlichsten Stromverbindung zwischen nördlicher und innerer Ostsee noch eine andere, weniger bedeutende zu erwähnen. Dieselbe entsteht im Ålands-Archipele und wird innerhalb desselben besonders deutlich in der Skiftet- und in der Delet-Strasse wahrgenommen. Ihre Richtung ist eine vorwiegend südliche und in dieser fließt sie auch weiter, nachdem sie in die innere Ostsee eingedrungen ist, bis sie bald darauf in die östliche Küstenströmung der mittleren Ostsee einmündet.

Diese östliche Küstenströmung der mittleren Ostsee entsteht im finnischen Busen und fließt hier wesentlich in der Achse desselben, jedoch näher der finnischen Küste, als der esthländischen. Nahe der Mündung des finnischen Busens lenkt sie nach der esthländischen Insel Odensholm hinüber und fließt, indem sie die Richtung WgSSW einschlägt, nach Dager-Ort auf Dagö. Hier tritt eine Spaltung ein. Ein Zweig behält die letztere Stromrichtung unverändert bei und fließt in derselben von Dager-Ort nach Gotland hinüber, während der andere Zweig auf der langen Strecke von Dagö bis zur Strasse zwischen Südschweden und Rügen als eine ausgesprochene Küstenströmung anzusehen ist und entsprechend dieser Eigenschaft gleich der Küste ihre Richtung häufig ändert.

In Betreff der Strömungsverhältnisse des Rigaschen Busens sind die Mittheilungen nicht so klar, wie wünschenswerth wäre. Grewingk erwähnt, dass eine Küstenströmung von der inneren Ostsee (also eine seitliche Abzweigung jenes östlichen Küstenstroms) in den Rigaschen Busen eindringe und an dessen Westküste entlang fliesse. Die damit im Zusammenhang stehenden Ablenkungen der dortigen Flüsse sind im zweiten Abschnitte dieser Arbeit dargelegt worden. Im Gegensatze zu Grewingk erwähnt Nordenanker, dass die östliche Küstenströmung der inneren Ostsee südlich von dem Parallelkreise Oesels eine aus dem Rigaschen Busen kommende Strömung aufnehme. Vielleicht lassen sich beide Angaben dahin vereinigen, dass in der nördlichen Hälfte der Strasse zwischen Oesel und Kurland ein ausfließender Strom, in der südlichen dagegen ein einfließender Strom beobachtet wird, ein Verhältniss, das durchaus nicht ungewöhnlich genannt werden kann, wie man später sehen wird.

Der östlichen Küstenströmung der inneren Ostsee entspricht eine westliche. Dieselbe zweigt sich westlich von der oben erwähnten

Hauptverbindungsströmung zwischen baltischer See und innerer Ostsee ab, und zwar findet diese Trennung ungefähr bei den „Svenska Högar“ (schwedische Hügel), dem äussersten Vorposten des Stockholmer Skärenhofes, statt. Nach ihrer Abzweigung schlägt die westliche Küstenströmung der inneren Ostsee eine Richtung nach SW, resp. SWgW ein und strömt so durch das Meer zwischen den Inseln Oeland und Gotland, nachdem sie vorher nördlich von Oelands Nordspitze rechts einen Seitenarm entsendet, der den zwischen Oeland und Schweden befindlichen Calmar-Sund durchströmt. Hierauf schlägt diese Seitenströmung die Richtung nach Westen ein und fliesst in die Hanö-Bucht, krümmt sich in deren Nordwestecke nach Süden, geht später aufs neue in westliche Richtung über und gelangt so, gleich der östlichen Küstenströmung der inneren Ostsee, in die Strasse zwischen Wittow und Schonen.

Noch bedeutender als diese beiden Küstenströmungen ist die centrale Strömung der inneren Ostsee. Dieselbe ist im wesentlichen als die Verlängerung jener Strömung des Ålands-Meeres aufzufassen. Sie fliesst von den Svenska-Högar zunächst bis zu der tiefen Rinne innerhalb der östlichen Hälfte der inneren Ostsee und strömt dann über derselben in südsüdwestlicher Richtung weiter, also östlich an Gotska-Sandö, Fårö und Gotland vorüber. Auf dieser Strecke nimmt sie den westlichen Seitenzweig der östlichen Küstenströmung auf, welcher sich bei Dager-Ort abspaltete. Südlich vom Hoborg-Riff schlägt der Centralstrom mehr einen südwestlich gerichteten Lauf ein, nimmt die Strömung auf, welche das Meer zwischen Oeland und Gotland durchfloss, und fliesst auf Bornholm zu. Hier tritt eine, allerdings nur unwesentliche Theilung des Centralstromes ein. Ein Seitenzweig wendet sich nämlich zur Swinemünder Bucht, wo er in den östlichen Küstenstrom der inneren Ostsee einmündet, der Hauptstrom fliesst dagegen an der Nordküste Bornholms vorüber nach der Strasse zwischen Wittow und Schonen und verbindet sich hier sowol mit dem östlichen Küstenstrom der inneren Ostsee, wie mit dem Seitenzweige des westlichen, welcher den Calmar-Sund durchströmt hatte. Es sind hier also alle Strömungen der inneren Ostsee in einem Arme vereinigt.

Es findet aber bald aufs neue eine Spaltung statt, und zwar ist diese weit wichtiger, als alle bisher erwähnten Theilungen, da sie für die Gestaltung der meisten physikalischen Verhältnisse der Ostsee von der eingreifendsten Bedeutung sich erweist. In Folge seiner

östlichen Lage und seines schlauchartig erweiterten Südendes ist nämlich der Sund sehr geeignet zur Aufnahme der Hauptwassermasse des vereinigten Ostseestroms und in der That strömt ihm dieselbe auch zu, während die beiden Belte einen weit kleineren Antheil empfangen.

Von dem nach Abspaltung der dem Sund zufließenden Wassermasse übrig gebliebenen kleineren Theile dringt ein Zweig durch den zwischen Møen und Falster befindlichen Grönsund in die Smaalands-See ein und gelangt, nachdem er diese durchflossen, in den grossen Belt, den er gleichfalls durchströmt, um in ihm die Ostsee zu verlassen und in das Kattegat einzutreten. Der andere Zweig geht in südwestlicher Richtung weiter an Mecklenburgs Küste entlang, biegt dann in der SW-Ecke der Neustädter Bucht bei Travemünde um, krümmt sich um Wagrien und Fehmarn herum, durchfließt die Kieler-Bucht und läuft endlich durch den Kleinen Belt in das Kattegat aus. Von der Kieler Bucht aus entsendet dieser Zweig noch einen Arm in den Langeland-Belt und durch diesen in den nördlichen Grossen Belt.

## 2. Nach erfolgtem Austritt aus der Ostsee<sup>1)</sup>.

Die Fortsetzungen der drei genannten, von der Ostsee her ins Kattegat eingedrungenen Strömungen sind in jenem Zwischenmeere noch weithin wahrzunehmen. Abgesehen von einem schmalen östlichen Seitenzweige, der längs der schwedischen Westküste hinströmt, ist das Wasser des Ostseestroms im wesentlichen auf jenen Theil des Kattegats beschränkt, welcher südwestlich von einer Linie gelegen ist, die von Skagens-Horn über das Feuerschiff auf dem Trindelen-Grunde (nordöstlich von der Insel Laesö) und über den Leuchthurm der Insel Anholt bis Cap Kullen verläuft.

In Folge des weit vorspringenden Skager-Horns wird die westliche Strömung des Kattegats nach der schwedischen Küste zwischen Marstrand und Hällö hinüber gedrängt, vereinigt sich hier mit der östlichen Strömung des Kattegats und fließt dann in nördlicher Richtung an der bohuslänschen Küste weiter bis zu den Koster-Skären. Hier bewirkt der starke Abfluss des Christiania-Fjords eine Richtungsänderung und im Zusammenhange damit ein Entlangfließen an der Südostküste Norwegens. Bei Cap Lindesnäs biegt die Strömung gleich der norwegischen Küste nach Norden um und noch

<sup>1)</sup> Vgl. Segelhandbuch für die Ostsee, I. S. 53 und 54.

nördlich von Bergen ist sie nachgewiesen worden. Es ist daher nicht unwahrscheinlich, dass diese Strömung sich noch bis Cap Stadt fortsetzt und hier in den Golfstrom einmündet.

b. Der einflussende oder Nordseestrom.

Wären die im ersten Abschnitte dieser Arbeit näher beschriebenen physiologischen Zugangstiefen der Ostsee gerade nur so tief, dass sie dem ausfließenden Ostseestrome das zu seiner Wassermasse nöthige Bett gewährten, so hätte man es bei der Ostsee-Hydrographie allein mit den bis jetzt erwähnten Strömungen zu thun. Der hier angedeutete Fall tritt aber in Wirklichkeit nicht oder doch nur theilweise ein und in Folge dessen ist neben dem auslaufenden Ostseestrome noch eine einflussende Strömung zu erwähnen, der sogenannte Nordseestrom. Die Bezeichnung „Nordseestrom“ ist der in die Ostsee einlaufenden Strömung aus dem Grunde beigelegt worden, weil sie ihren nächsten Ursprung innerhalb der Nordsee hat und zwar ist derselbe in der südlichen Nordsee zu suchen. Diese Scheidung der Nordsee in einen nördlichen und einen südlichen Theil wird hervorgerufen durch eine Reihe von Bänken, welche in der Richtung SW—NE liegen und Doggerbank sowie Grosse und Kleine Fischerbank heissen. Eine Linie, etwa von Flamborough-Head nördlich von Hull über den Nordrand der genannten Bänke hinweg bis zur Mitte des Eingangs ins Skager-Rak gezogen, scheidet daher am besten einen flacheren südöstlichen Theil von einem tieferen nordwestlichen. Jede dieser beiden Abtheilungen ist durch besondere Strömungen charakterisirt, deren Betrachtung auch für die Ostsee nicht ohne Bedeutung ist.

Die Hauptströmung des südlichen Theiles der Nordsee tritt durch den Pas de Calais ein und breitet sich hierauf in der Weise aus<sup>1)</sup>, dass jene oben erwähnten Bänke im Nordwesten für das Tiefenwasser eine Barriere bilden und eine weitere Ausbreitung desselben auch über den nördlichen Theil der Nordsee verhindern. Für die Oberflächenschichten ist dagegen die Trennung zwischen den beiden Nordseehälften weniger gut ausgeprägt.

In ihrem weiteren Verlaufe wird die Hauptströmung der südlichen Nordsee schliesslich an die Westküste Jütlands gedrängt, und indem sie den Küstenumrissen dieser Halbinsel folgt, gelangt sie in

<sup>1)</sup> Zur Physik des Meeres von H. A. Meyer (Jahresberichte der Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere. II., III. S. 7, 13.)

das Skager-Rak und nach Skagens-Horn. Hier entsendet sie einen Arm ins Kattegat und taucht in ihrer Hauptmasse unter den aus dem Kattegat auslaufenden Ostseestrom, unter welchem sie zunächst und zwar in derselben Richtung wie jener weiterfließt. An Norwegens Westküste wird sie anscheinend wieder zur Oberflächenströmung, lenkt nach Westen ab und fließt wahrscheinlich nach den Shetlands-Inseln hinüber, um hier nach Süden umzubiegen und als schmale Küstenströmung an der schottischen und englischen Ostküste hinzufliessen. Sie beschreibt mithin einen richtigen Kreislauf innerhalb der Nordsee. Dieser eben beschriebene Hauptstrom der südlichen Nordsee wird für die Ostsee von der hervorragendsten Wichtigkeit in Folge des obenerwähnten Seitenzweiges, den er vor dem Eingange in das Kattegat in dieses Zwischenmeer entsendet.

Die Hauptströmung der nördlichen Nordsee hat dagegen für die Ostsee keine positive Bedeutung, da sie nicht in dieselbe eindringt, wohl aber negatives Interesse, da viele physikalische Verhältnisse des baltischen Meeres andere wären, wenn ein Arm von ihr hinein gelänge. Aus diesem Grunde mag immerhin eine flüchtige Betrachtung auch dieser Strömung geboten erscheinen. Dieselbe ist eine Tiefenströmung. Ihr Eintritt in die Nordsee<sup>1)</sup> findet von Norden her auf dem Grunde der bis 800 m tiefen und 30 bis 60 Meilen breiten Spalte des Meeresgrundes statt, welche innerhalb der Nordsee die norwegische West- und Südküste begleitet und daher die norwegische Küstenrinne genannt wird. Nach geschehenem Eintritte fließt sie zunächst nach Süden, bis die geringe Tiefe der südlichen Hälfte des Skager-Raks ein unüberwindliches Hinderniss für die weitere Fortbewegung nach Süden abgibt. Sie staut sich in Folge dessen gewissermassen auf und sucht nach denjenigen Partien des Nordseebodens zu fließen, welche nächst der norwegischen Rinne die tiefsten sind. Mit anderen Worten: sie verbreitet sich über die nördliche Hälfte der Nordsee bis zu der Ostküste Grossbritanniens nördlich von Flamborough-Head; an ihrer Südgrenze bespült sie die Nordabhänge der Bänke zwischen den beiden Nordsee-hälften. Aus der nördlichen Hälfte der Nordsee gewinnt sie dann anscheinend einen Abfluss nach Süden, indem sie unter der oben erwähnten Küstenströmung längs Grossbritanniens Ostküste südlich fließt und auf dem Grunde der tiefen Rinne der südlichen Nordsee in den Aermelkanal gelangt.

<sup>1)</sup> Meyer a. a. O. S. 17. 16. 18.

In Betreff der Mächtigkeit der verschiedenen innerhalb der Nordsee befindlichen Strömungen sind die von der Pommerania-Expedition während ihrer Nordseefahrt am 25. Juli 1872 bei Lindesnäs angestellten Strombeobachtungen<sup>1)</sup> von grossem Interesse. Man fand nämlich zunächst eine von SE—NW streichende, nur ca. 8 m mächtige Oberflächenschicht, welche leicht als die aus der Ostsee stammende Strömung nachgewiesen werden konnte. Unter dieser Strömung lief und zwar in derselben Richtung eine andere ca. 83 m mächtige, die Verlängerung der Hauptströmung des südlichen Theils der Nordsee, und unter dieser wiederum eine bis zum Grunde reichende ca. 320 m mächtige dritte, welche aber in entgegengesetzter Richtung also von NW—SE floss. In dieser ist die zuletzt beschriebene Hauptströmung der nördlichen Nordsee unschwer zu erkennen.

Der Seitenzweig, welchen die Hauptströmung der südlichen Nordsee vor der Mündung des Kattegats nach rechts entsendet, taucht allem Anscheine nach anfangs unter den ausfliessenden Ostseestrom. Nach kurzer Zeit kommt er von neuem an die Oberfläche und fliesst als südlich gerichtete Oberflächenströmung in jenem Gebiete des Kattegats, welches zwischen dem östlichen und dem westlichen Zweige des ausfliessenden Ostseestroms gelegen ist. Der eingehende Nordseestrom ist mithin fast ganz auf die tiefe Rinne des Kattegats beschränkt und dringt also gewissermassen keilförmig in den auslaufenden Ostseestrom ein. Unter normalen Verhältnissen ist der einfliessende Strom bis wenig südlich von der Insel Anholt als Oberflächenströmung zu verfolgen. Hier wird jedoch die Intensität des auslaufenden Ostseestroms zu beträchtlich und in Folge dessen der Nordseestrom zu einer unteren Strömung. Als solche dringt er in die drei Verbindungsstrassen zwischen Ostsee und Kattegat.

Im Sunde kann allerdings der Nordseestrom in den allermeisten Fällen nur bis zur Breite Kopenhagen-Malmö nachgewiesen werden<sup>2)</sup>, da die im ersten Abschnitte dieser Arbeit näher geschilderte äusserst flache physiologische Zugangstiefe des Sundes vom auslaufenden Ostseestrome fast immer völlig ausgefüllt wird. Bei dem Grossen Belte ist aber die Sache erwiesenermassen anders. Diese wichtige Meeresstrasse wird nämlich in ihrer ganzen Länge unterhalb des

<sup>1)</sup> Meyer, a. a. O. S. 7.

<sup>2)</sup> Jahresberichte der Unters.-Kommission, I. S. 40.

auslaufenden Ostseestroms von dem Nordseestrom durchflossen. In Betreff der Mächtigkeit dieser beiden einander in ihrer Richtung entgegengesetzten Strömungen des Grossen Beltes haben die am 17. Juni 1871 von der Pommerania-Expedition<sup>1)</sup> zwischen Korsör und der Insel Sprogö angestellten Strombeobachtungen ergeben, dass auf eine ca. 17 m mächtige Zone ausfliessenden Ostseewassers eine ca. 3 m tiefe indifferente Zone folgte, in welcher die Strommessapparate keinerlei Bewegung zeigten, während die unterhalb von 20 m Tiefe befindliche, noch ca. 27 m mächtige Wassermasse sich nach Süden fortbewegte.

In dem Kleinen Belte ist gleich dem Sunde und dem Grossen Belte wenigstens an seinem Eingange die einfliessende Nordseeströmung unterhalb der ausfliessenden Ostseeströmung nachgewiesen worden. In Betreff der Strömungsverhältnisse innerhalb der im Kleinen Belte befindlichen westlichen physiologischen Zugangstiefe der Ostsee scheinen dagegen hinreichende Beobachtungen zur Zeit noch zu fehlen. Ist im Kleinen Belte der ausfliessende Ostseestrom ebenso tief, wie im Grossen Belte, so kann hier keine untere einfliessende Strömung oberhalb des Barren-Niveaus vorhanden sein, da wie eben erwähnt wurde, im Grossen Belte die einfliessende Strömung erst unterhalb einer Tiefe von 20 m beginnt und (vgl. den ersten Abschnitt dieser Arbeit) keine Rinne von mehr als 20 m Tiefe in die betreffende Barre des Kleinen Beltes einschneidet. Anscheinend ist jedoch, wie schon gesagt, der Ostseestrom des Kleinen Beltes unbedeutender, als derjenige des Grossen Beltes und in Folge dessen ist es nicht unmöglich, dass trotz der geringen Tiefe der einfliessende Nordseestrom die Barre des Kleinen Beltes überschreitet. Die Zugangstiefe des Kleinen Beltes würde in diesem Falle also kein Analogon zu der des Sundes abgeben. Allein selbst im günstigsten Falle kann der Nordseestrom hier nur eine geringe Mächtigkeit haben und an Bedeutung sich nie mit dem des Grossen Beltes messen.

Das in die westliche Ostsee eingedrungene Wasser des Nordseestroms breitet sich nun weiter aus und zwar dienen ihm zunächst die mehr als 20 m tiefen Rinnen und Einsenkungen der westlichen Ostsee als Bett bei seiner ferneren Fortbewegung<sup>2)</sup>. Der Grund,

<sup>1)</sup> Physikalisch-chemische Unters. § 9 (Jahresber. der Unters.-Kommission, I. S. 39.)

<sup>2)</sup> Jahresber. der Unters.-Kommission, I. S. 40.

weshalb das Nordseewasser hauptsächlich auf diese Vertiefungen angewiesen ist, lässt sich leicht erkennen, wenn man erwägt, dass im Grossen Belte der einflussende Nordseestrom sich erst in 20 m Tiefe bemerkbar macht. Freilich findet man zuweilen, dass die aus der Nordsee stammende Strömung, wenn sie das Ende eines Astes der tiefen Einsenkung der westlichen Ostsee erreicht hat, in Folge der ihr noch inne wohnenden Bewegungsintensität diese Einsenkung verlässt und auf seichteren Grund auftreibt. Dies sind aber nur lokale Erscheinungen, die z. B. in der Travemünder und in der Wismarschen Bucht vorkommen und von denen später noch näher die Rede sein wird.

In Folge der ungleich grösseren Ausdehnung, welche die Einsenkung von mehr als 20 m Tiefe in der Kieler- und namentlich in der Mecklenburger-Bucht gewinnt (21,50 Quadratmeilen in der Kieler-Bucht; 31,3 Quadratmeilen in der Mecklenburger-Bucht; 4,8 Quadratmeilen im Grossen Belt; vergl. Abschnitt I. dieser Arbeit) und der damit in Zusammenhang stehenden bedeutenden Ausbreitung des Nordseestroms, wird die Intensität desselben bald eine sehr geringe. Bereits in der zwischen Falster und dem Darss gelegenen Cadet-Rinne ist die Strömung sehr matt geworden und nur wenig jenseits der Grenzlinie zwischen westlicher und östlicher Ostsee lässt sie sich kaum noch auf direktem Wege mittelst des Strommessers nachweisen. Die westliche Ostsee ist mithin in circulatorischer Hinsicht nicht minder gut von der östlichen Ostsee geschieden, wie in morphologischer.

In welcher Stärke die Nordseestromung in die Smaalände-See eindringt und ob sie hier, nachdem die Rinne von mehr als 20 m Tiefe ihr Ende erreicht hat, auf seichteren Grund auftreibt und schliesslich durch die östlichen Ausgangspforten der Smaalände-See in die östliche Ostsee gelangt, scheint noch nicht genügend bekannt zu sein. Wahrscheinlich ist indessen, dass die so sehr geringen Tiefen der östlichen Hälfte der Smaalände-See für das weitere Vordringen der Tiefenströmung ein ebenso bedeutendes Hinderniss bieten, wie die zwischen Kopenhagen und Malmö befindliche Bank des Sundes.

#### b. Die Strömungen der Tiden.

In ebendemselben Grade, wie bezüglich der Tiefenströmungen scheint die Ostsee auch in Betreff der Ebbe und Fluth von der Nordsee abhängig zu sein. Freilich ist die Möglichkeit nicht ausge-

schlossen, dass eine selbständige Fluthwelle existire, denn in dem Michigan-See, welcher gleich der Ostsee eine meridional gerichtete Hauptachse hat, aber weit kleiner ist, als die Ostsee, indem seine grösste Ausdehnung nur der Entfernung zwischen der Westküste Rügens und Memel gleichkommt, sind Tidenbewegungen des Wasserpiegels nachgewiesen worden. In der Ostsee werden jedoch solche etwaigen selbstständigen Fluthwellen durch die aus der Nordsee kommenden so völlig verdeckt, dass sie bis jetzt noch nicht haben konstatiert werden können. Aber selbst die aus der Nordsee in das baltische Meer eindringenden Tiden sind so unbedeutend, dass man lange glaubte, die Ostsee entbehre der Ebbe und Fluth. Aufmerksam wurde man indess durch den Umstand, dass bei ruhigem Wetter und selbst bei gleich bleibender Windrichtung die Gatts zwischen Haffen und Ostsee, ja selbst grössere Ströme und schmale Meeresstrassen zwischen manchen der dänischen Inseln (z. B. der Guldborgsund zwischen Laaland und Falster und der Svenborgsund, zwischen Fünen und Taasinge) sowie der Kleine Belt bei Fredericia ohne erkennbaren Grund in regelmässigen Pausen einen Wechsel in der Stromrichtung zeigten, eine Thatsache, die nur durch die Annahme von Ebbe und Fluth erklärt werden kann. Sehr genaue Messungen ergaben denn auch die Richtigkeit dieser Annahme und nachdem zunächst für die Mündung des Kleinen Belts regelmässig innerhalb des Zeitraums von 1837 bis 1839 bei Fredericia vorgenommene Untersuchungen die Tiden nachgewiesen hatten, wurde für die eigentliche Ostsee deren Existenz zuerst auf Grund der im Wismarschen Hafen von 1. Juli 1848 bis 31. Decbr. 1855 täglich gemachten Wasserstandsbeobachtungen dargethan. Für die preussischen Küsten und Travemünde folgten bald die Arbeiten Hagens, der die innerhalb der elf Jahre 1846 bis 1856 angestellten Beobachtungen auf die Frage nach Ebbe und Fluth geprüft hatte. Schliesslich haben in Karlsrona, Stockholm und Helsingfors im März und April 1860 Beobachtungen in Rücksicht auf die Existenz der Tiden stattgefunden. Zu gleicher Zeit haben alle diese Beobachtungen nachgewiesen, dass auch dann, wenn besondere Umstände den Wechsel in der Stromrichtung einmal verhindern, der Wasserpiegel trotzdem zur Fluthzeit steigt und zur Ebbezeit sinkt. So vermag z. B. im Kleinen Belte<sup>1)</sup> die Fluth, welche stets von Norden

<sup>1)</sup> Irminger, über Ebbe und Fluth im Kleinen Belte bei Fredericia (Zeitschrift für allg. Erdkunde. II. Bd., 5. Heft. Berlin 1857.)

her kommt, zu Zeiten, wo der von Süden her kommende Ostseestrom besonders starke Intensität zeigt, denselben freilich nicht in einen nordsüdlich gerichteten umzuwandeln, wol aber eine Steigung des Wasserspiegels zu bewirken.

Folgende Tabelle (S. 145 u. 146) giebt die Resultate dieser verschiedenen Beobachtungen; zwecks Vergleichung sind auch die Tidenverhältnisse einiger an der Nordsee, dem Skager-Rak und dem Kattegat gelegenen Stationen darin mitgetheilt. In Bezug auf die dabei benutzten Quellen ist zu bemerken, dass die mit<sup>1)</sup> bezeichneten Daten dem Buche von Hugo Lentz: Fluth und Ebbe und die Wirkungen des Windes auf den Meeresspiegel. Hamburg, 1879, die mit<sup>2)</sup> bezeichneten Daten dem Segelhandbuche für die Ostsee, herausgegeben von dem hydrographischen Bureau der kaiserlichen Admiralität, I. Theil, Berlin 1878, die Angaben für Wismar der Arbeit von Paschen: über die Wahrnehmbarkeit der Ebbe und Fluth in der Ostsee (Archiv für Landeskunde in den Grossherzogthümern Mecklenburg, 6. Jahrg. 1856, S. 137) entnommen wurden und die nicht weiter bezeichneten Reduktionen der mittleren Ortszeit auf Greenwicher Zeit auf Grund der aus den Seekarten ersichtlichen Längenangaben ausgeführt sind. Die Höhenmasse sind in Metern angegeben.

Aus dieser Tabelle geht zunächst deutlich hervor, in welchem Grade die Tiden der Ostsee und der zwischen ihr und der Nordsee gelegenen Meeresräume von denen der Nordsee an Höhe übertroffen werden, und ferner sieht man, dass die Tiden der östlichen Ostsee besonders schwach sind. Eine Regelmässigkeit in der Abnahme ist auf dem Wege von der Nordsee bis Memel, also in der Richtung von Westen nach Osten, freilich nur an der Südküste der Ostsee gut zu erkennen; im Kattegat und in dem buchten- und kanäle reichen dänischen Inselmeere sind dagegen zu viele lokale Momente vorhanden, welche auf die Fluthhöhe einer Oertlichkeit einwirken. Besonders auffallend ist in dieser Beziehung die für die Ostsee abnorme Fluthhöhe von Nykjöbing auf Falster. Scheidet man die lokalen Beeinflussungen möglichst aus, so würden ungefähr Skagen, Anholt, Travemünde, Barhöft u. s. w. die Glieder der Reihe darstellen.

Auch in Bezug auf den Eintritt der Hafenzzeit, d. h. bekanntlich des Zeitpunktes des Hochwassers nach geschעהner Mondkulation, ist eine gewisse Gesetzmässigkeit nur an den Stationen der Südküste der Ostsee nachweisbar. Hier findet nämlich, analog

Oertlichkeit.	Fluthöhe			Hafenzeit				Quelle.
	mittlere	bei		nach mittlerer Ortszeit.		nach Greenwicher Zeit.		
		Springfluth.	Springfluth.	Nippfluth.	Springfluth.	Nippfluth.	mittlere Fluth.	
Cuxhaven . . . . .	2,802 <sup>1)</sup>	3,25 <sup>1)</sup>	2,31 <sup>1)</sup>	12h 43' <sup>1)</sup>		12h 8'		Lentz, S. 82, 171
Skagen . . . . .	0,28 <sup>1)</sup>			5h 12' <sup>2)</sup>		4h 30'		Lentz, S. 95
Fredrikshavn . . . . .	0,32 <sup>2)</sup>			6h 35' <sup>2)</sup>				Segelhdh., S. 107
Laesø-Rinne . . . . .	0,30 <sup>2)</sup>			8h 20' <sup>2)</sup>				" S. 144
Hals am Ljymfford	0,30 <sup>2)</sup>	0,80 <sup>2)</sup>						" S. 112
Insel Anholt . . . . .	0,15 <sup>2)</sup>							" S. 60
Aarhus . . . . .	0,40 <sup>2)</sup>			10h 40' <sup>1)</sup>		9h 59'		( Lentz, S. 176
Horsens-Föhrde . . . . .				12h <sup>2)</sup>				{ Segelhdh., S. 167
Fredericia . . . . .	0,34	0,419		12h—12h 15'		11h 21—11h 36'		" S. 173
Odenser Föhrde . . . . .	0,50 <sup>2)</sup>							Irminger a. a. O.
1) Eingang b. Hals				12h <sup>2)</sup>		11h 18'		{ Segelhdh., S. 177
2) Odenser Kanal				1h 30' <sup>2)</sup>		12h 48'		
Fahrstrasse über das Seelandsriff	0,4—0,8 <sup>2)</sup>							
Isefjord . . . . .	0,25 <sup>1)</sup>							Segelhdh., S. 126
1) Rødvig am Eingang				11h 32' <sup>2)</sup>		10h 44'		Lentz, S. 95
2) Holbæk . . . . .				12h 44' <sup>2)</sup>		11h 56'		Segelhdh., S. 128
3) Fredrikssund				2h 12' <sup>2)</sup>		1h 24'		desgl. desgl.



der Abnahme der Fluthhöhe, eine Verspätung der Hafenzzeit in der Richtung von Westen nach Osten statt. Freilich tritt in Wismar das Hochwasser 1 h 17' früher ein als in Travemünde und auch in Neufahrwasser erscheint es später als in Pillau und mit Ausschluss der Nippfluthen sogar später als in Memel. Immerhin ist jedoch die Gesetzmässigkeit in diesem Punkte an den südlichen Ostseeküsten weit grösser, als im dänischen Archipele, woselbst auf kleinen Flächenräumen (man beachte die drei Stationen des Isefjords) die allerverschiedensten Hafenzzeiten stattfinden.

In Bezug auf die Werthe der Fluthhöhen zur Zeit der Spring- und Nippfluth ist zu bemerken, dass dieselben keineswegs die Extreme repräsentiren. In Travemünde ist z. B. die vierte Tide nach den Syzygien durchschnittlich die bedeutendste und zwar beträgt ihr Werth 0,23—0,26 m.

Schliesslich ist von grossem Interesse, dass die Schwankungen der halbmonatlichen Ungleichheit der Zeit, also des Zeitraums von der höchsten bis zur niedrigsten und wieder bis zur höchsten Fluthhöhe, welche im allgemeinen einen halben synodischen Monat ausmacht, innerhalb der Ostsee weit grösser sind als im atlantischen Ocean und dass der Werth derselben von Westen nach Osten zunimmt. Sie betragen hier zwischen 101 und 236 Minuten.

Worin die so auffallend geringe Tidenbewegung der Ostsee ihren Grund hat, ist schwer anzugeben, denn wenn man sich auch auf die geringe Fluthhöhe des Skager-Raks beruft und daraus diejenige der Ostsee herleitet, so ist doch der Grund für den grossen Abstand zwischen der Fluthhöhe der Nordsee und derjenigen des Skager-Raks nicht recht ersichtlich, da letzteres eine geräumige Oeffnung nach der Nordsee besitzt, durch welche eine hohe Fluthwelle leicht eindringen könnte. Ueberhaupt haben sich auch anderwärts auf der Erde so viele Erscheinungen in Betreff der Ebbe und Fluth gezeigt, welche sich mit der bekannten Whewellschen Theorie von der Entstehung der Fluthwelle im stillen Ocean nicht gut vereinen lassen, dass Lentz in seinem oben angegebenen Buche mit Recht häufiger vorschlägt, einstweilen von allen Theorien in Betreff der Fortbewegung der natürlichen, wirklich existirenden Fluthwelle abzusehen und erst später auf Grund lange fortgesetzter Beobachtungen zu versuchen, jene Räthsel zu lösen.

## B. Die Wirkungen des Ost- und Nordseestroms.

### a. In Bezug auf den procentischen Salzgehalt.

#### a. Der Salzgehalt des Oberflächenwassers.

In Folge ihrer geringen Höhe sind die Tiden der Ostsee weit mehr von wissenschaftlicher als von praktischer Bedeutung; wenigstens kann denselben kein Einfluss auf die übrigen physikalischen Eigenschaften der Ostsee zuerkannt werden. Ganz anders verhält es sich dagegen in dieser Beziehung mit der Ost- und Nordseeströmung des baltischen Meeres, denn in unmittelbarem Zusammenhange mit denselben steht zunächst der procentische Salzgehalt des Ostseewassers.

Es tritt hier nämlich die Erscheinung zu Tage, dass alle mehr oder weniger vom offenen Oceane geschiedenen Meeresräume, also die unselbstständigen Meeresgebilde Krümmels, sich nicht ganz normal in Bezug auf den procentischen Salzgehalt zeigen, sondern entweder einen zu grossen oder zu kleinen procentischen Salzgehalt aufweisen im Vergleich zum freien Ocean, wo der Salzgehalt des Oberflächenwassers 3,6 — 3,7‰ beträgt. Der erstere Fall tritt ein bei denjenigen unselbstständigen Meeresgebilden, welche eine unverhältnissmässig geringe Anzahl von Flüssen aufnehmen, zumal wenn sie ausserdem noch in regenarmen niederen Breiten gelegen sind und so der Ersatz für das durch Verdunstung verlorene Wasser ungenügend ist. Beispiele dieser Art stellen dar<sup>1)</sup> das Mittelmeer mit 3,7—3,9‰ (3,701 innerhalb der Gibraltar-Enge, 3,805 zwischen der spanischen Küste und den Balearen, 3,829 zwischen Barcelona und Korsika, 3,854 etwas östlich von Malta, 3,925 zwischen Candia und der afrikanischen Küste), das caraibische Meer, vor allen Dingen aber das Rothe Meer, in welchem die nördliche Hälfte die salzreichere ist und in dem bei Suez 4,18‰ beobachtet wurden.

Der andere Fall findet dagegen in solchen Meeren statt, denen durch die einmündenden Flüsse weit mehr Wasser zugeführt wird, als bei der geographischen Breite des betreffenden Meeres zu verdunsten vermag. Beispiele hierfür sind namentlich das Schwarze Meer und ganz besonders die Ostsee.

<sup>1)</sup> Roth, allg. u. chem. Geologie. I. Berlin 1879. S. 524.

Wären nämlich die physiologischen Zugangstiefen der Ostsee innerhalb der drei dänischen Meeresstrassen nur gerade ausreichend für die auslaufenden Strömungen der Ostsee, so würde in Folge der grossen Wassermenge der zahlreichen in die Ostsee sich ergiessenden Flüsse der ursprüngliche Salzgehalt dieses Meeres längst über die Barren der Zugangstiefen fortgeführt sein und das Ostseewasser wäre süss geworden. Ein solcher Fall wie der hier angenommene ist thatsächlich bei manchen Haffen der Ostsee eingetreten; bei diesem Meere selbst konnte jedoch der Aussüssungsprozess nicht zu Ende geführt werden, weil die grosse Zugangstiefe des Grossen Belts stets salziges Nordseewasser in die Ostsee eindringen liess. Der jetzige Salzgehalt des Ostseewassers stammt also (soweit er nicht durch die einmündenden Flüsse der Ostsee zugeführt wird) aus der Nordsee und wird demselben durch den einmündenden Nordseestrom mitgetheilt, indem Ostseestrom und Nordseestrom mit einander diffundiren. Da aber die Diffusion nur unvollkommen ist, so leuchtet ein, dass der Salzgehalt in der Tiefe bedeutender, als an der Oberfläche ist. In Bezug auf die Grösse des procentischen Salzgehalts in dem Oberflächenwasser ist zu bemerken, dass innerhalb eines enger umgrenzten Gebietes der Salzgehalt auf offener See grösser ist, als nahe der Küste und namentlich innerhalb tief ins Land einschneidender Buchten. Die Gründe dieses Verhaltens sind leicht ersichtlich. Auf offener See kann nämlich der Ostseestrom, da er nicht die ganze Tiefe daselbst ausfüllt, nach unten hin mit dem Wasser des Nordseestroms diffundiren, während an der Küste, wo der Ostseestrom meist bis zum Grunde reicht, eine Diffusion mit salzreicherem Wasser in solchem Falle nur seitwärts möglich ist. Ein zweiter Umstand, der gleichfalls erniedrigend auf den Salzgehalt des Oberflächenwassers in der Nähe der Küsten einwirkt, ist der fast stets vorhandene Zufluss süssen Wassers in Folge der einmündenden Küstenflüsse. Nichtsdestoweniger werden später einige Fälle zur Sprache kommen, wo an Küsten ein höherer Salzgehalt im Oberflächenwasser beobachtet wurde, als in demjenigen des offenen Meeres.

Vergleicht man nach diesen vorausgeschickten Bemerkungen das Gebiet, wo der Nordseestrom ausschliesslich herrscht, also die südliche Nordsee, mit den vielen verschiedenen Meeresabtheilungen, in welchen sich neben dem Nordseestrome der Ostseestrom in mehr oder minder grosser Intensität findet, bezüglich des Salzgehalts im

Oberflächenwasser und trägt dabei den oben erwähnten lokalen Beeinflussungen genügend Rechnung, so findet man eine unverkennbare allmähliche Abnahme des Salzgehalts auf dem Wege von der Nordsee zur Ostsee und innerhalb der letzteren in der Richtung von Westen nach Osten und Norden. In Folgendem soll der Gang dieser Abnahme näher dargelegt werden.

Der Salzgehalt des Oberflächenwassers der südlichen Nordsee beträgt, wenn man Helgoland als deren Repräsentanten annimmt, was in der That aus hier nicht näher auseinanderzusetzenden Gründen erlaubt ist, 3,275 Procent. Dieser Salzgehalt ist also nicht ganz der normale des Oberflächenwassers der offenen Oeane, aber entfernt sich immerhin nicht allzu beträchtlich von demselben. Der Salzgehalt des Oberflächenwassers der nördlichen Nordsee ist freilich grösser, und beträgt hier das von der Pommerania-Expedition unter 58° N. Br. und 1° 20' W. L. Greenw. also in NE von Peterhead gefundene Maximum 3,54%, aber der Salzgehalt des offenen Oceans wird auch hier nicht völlig erreicht.

Da die Ostseeströmung, wie früher ausgeführt ist, sich weit nordwärts an Norwegens Westküste nachweisen lässt, so findet man hier bereits einen geringeren Salzgehalt als bei Helgoland. Es zeigen nämlich an der Aussenküste Norwegens in der Richtung von Norden nach Süden<sup>1)</sup>:

Korsfjord, Gläsvär vor Anker . . . . .	3,25%
SE von Hougesund . . . . .	3,10 „
zwischen Karnö und Buken . . . . .	2,82 „
Leuchthurm von Hvidingsö . . . . .	2,70 „
2 1/2 Meilen westl. von Lindesnäs . . . . .	2,40 „
vor der Einfahrt bei Mandal . . . . .	2,32 „
2 Meilen südl. von Christiansand . . . . .	2,21 „

Dass übrigens an dieser Küstenstrecke viele lokale Einflüsse in Bezug auf die Grösse des Salzgehalts sich geltend machen, beweist am besten das Beispiel Bergens. In dem durch den Skärengürtel besonders gut vom offenen Meere geschiedenen Berger Hafen fand die Pommerania-Expedition<sup>2)</sup> nämlich nur 1,86—2,12 Procent, ein überraschend geringer Werth, zumal bei der nördlichen Lage Bergens, wo doch die Intensität der letzten Ausläufer des Ostseestroms bereits eine sehr geringe ist.

<sup>1)</sup> Meyer, a. a. O. S. 26, 24, 22.

<sup>2)</sup> Meyer, a. a. O. S. 24, 26.

So deutlich sich nun aber auch die Wirkungen des Ostseestroms in unmittelbarer Nähe der norwegischen Westküste äussern, so wenig sind sie, selbst bei sehr geringer Entfernung von der dortigen Aussenküste, noch zu verspüren. Erst im Skager-Rak erlangt der auslaufende Strom eine beträchtlichere Breiten-Ausdehnung und lässt bereits in dem Streifen zwischen Arendal in Norwegen und Hirshals in Jütland, wenn auch vielleicht nur zeitweise, seine Wirkungen in Betreff der Erniedrigung des Salzgehalts im einlaufenden Nordseestrome bis weit über die halbe Breite des Skager-Raks erkennen, wie folgende Zahlen zeigen:

Hafen von Arendal . . . . .	1,083 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	} Pommerania- Ostseefahrt S. 45.
Zwischen den Skären des Arendal-Fjords . . . . .	1,572 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	
12 Meilen NW z W von Skagen	2,83 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	} Pommerania- Nordseefahrt, Journal-Nr. 223. 224. 225.
10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> „ NW z W „ Skagen	2,95 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	
3 „ N „ Hirshals	3,28 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	

Dass sich übrigens auch in der mehr nach Westen gelegenen Partie des Skager-Raks der Ostseestrom weithin bemerklich macht, ergeben folgende Beobachtungen auf der Strecke von der Mitte der Verbindungslinie Hirshals—Arendal aus nach Christiansand hinüber. Die erste dieser Beobachtungen entspricht ungefähr der dritten in obiger Uebersicht, da sie in ziemlich gleicher Entfernung von der norwegischen Küste stattfand.

10 Meilen NW z N von Hirshals . .	2,76 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	} Pommerania- Nordseefahrt. Journal-Nr. 19. 21 b. 23.
7 „ S z E von Christiansand	2,72 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	
2 „ S von Christiansand . .	2,21 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	

Auch an der Ostküste des Skager-Raks, nämlich an verschiedenen Stationen der schwedischen Provinz Bohuslän, haben Messungen des Salzgehalts der Oberfläche stattgefunden<sup>1)</sup>. Es zeigten hierbei nachstehende von Norden nach Süden auf einander folgende Oertlichkeiten:

22. 7. 1869. Kosterfjord . . . . .	2,03 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>
12. 8. „ Väderinseln . . . . .	2,46 „
11. 8. „ Fjellbäcka . . . . .	2,69 „
30. 6. „ Gulmarsfjord bei Smörkullen .	2,60 „
10. 8. „ Korsfjord . . . . .	2,20 „
10. 8. „ Paternoster-Skären . . . . .	2,09 „

Man sieht hieraus, dass der Salzgehalt des Oberflächenwassers

<sup>1)</sup> Ekman, om hafsvattnet utmed bohuslänska kusten (kongl. svenska vetenskaps-akademiens handlingar; neue Folge, IX. Bd. 1870, S. 20—29.)

an der Mitte der bohuslänschen Küste sowol nach der Mündung des Christiania-Fjords, wie nach der des Kattegats zu eine Abnahme zeigt. Der ungeschwächte Salzgehalt der südlichen Nordsee, wie er sich noch bei Hirshals an der Nordküste Jütlands zeigte, wird hier also nicht mehr angetroffen. Immerhin sind aber die Werthe der an der Mitte der bohuslänschen Küste gelegenen Stationen grösser als diejenigen an der Norwegischen Süd- und theilweise Westküste, während man doch das Gegentheil erwarten sollte. Ist dieser Zustand in Betreff des Verhältnisses zwischen dem procentischen Salzgehalte des Oberflächenwassers an Bohusläns Küste und demjenigen an Norwegens Küste ein konstanter, so dürfte hier ein Fall vorliegen, wie er oben schon angedeutet wurde, dass nämlich das salzigere Tiefenwasser (in diesem speciellen Falle das der norwegischen Küstenrinne, welche an Bohusläns Küste ihr Ende erreicht) auf seichteren Grund auftreibt und so eine lokale Erhöhung des Salzgehaltes der Oberfläche bewirkt.

Was den Salzgehalt des Oberflächenwassers im Kattegat anlangt, so muss derselbe an den verschiedenen Stellen dieses Zwischenmeeres grosse Abweichungen aufweisen in Folge der nebeneinander streichenden Nordsee- und Ostseeströmungen. Leider scheinen aus dem hier in Betracht kommenden Gebiete der Nordseeströmung keine Untersuchungen des Salzgehaltes der Oberfläche vorgenommen zu sein; für den westlichen und östlichen Zweig des Ostseestroms liegen dagegen Resultate vor. Darnach gestaltet sich die Abnahme ungefähr folgendermassen:

Westlicher Zweig.

1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> Meilen SE von Skagen . . . . .	3,04 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> <sup>1)</sup>
2     "     östlich von Fredrikshavn . . . . .	2,70   " <sup>1)</sup>
3     "     nördlich von Fornäs . . . . .	2,34   " <sup>1)</sup>
Korsör (Mittel aus 17 Monatsmitteln) . . . . .	1,89   " <sup>2)</sup>
Fredericia (Mittel aus 26 Monatsmitteln). . . . .	1,95   " <sup>2)</sup>

Oestlicher Zweig.

Nordwestlich von Marstrand . . . . .	2,057 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> <sup>3)</sup>
7 Seemeilen NNW von Winga . . . . .	2,043   " <sup>1)</sup>
Moruptange-Feuer in ESE 8 Seemeilen . . . . .	1,834   " <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Meyer, a. a. O.

<sup>2)</sup> Berechnet nach Tabellen bei Meyer, Untersuchungen über physikal. Verhältnisse des westlichen Theils der Ostsee. Kiel, 1871.

<sup>3)</sup> Jahresberichte der Unters.-Kom. I. S. 45.

11 Seem. nördlich von Kullen . . . . .	1,768 „ <sup>1)</sup>
Helsingör (Mittel aus 28 Monatsmitteln)	1,48 „ <sup>2)</sup>

Der Salzgehalt im Oberflächenwasser des östlichen Zweiges ist mithin unverkennbar geringer, als im westlichen unter entsprechender Breite. Diese Begünstigung des westlichen Zweiges erklärt sich in der südlichen Hälfte desselben wol durch die geringere Mächtigkeit des aus den Belten kommenden Ostseewassers, im nördlichen Theile aber aus dem Vorhandensein des nach Süden fließenden Unterstroms auf dem Grunde der Laesö-Rinne, welcher sich, wie oben erwähnt, nordöstlich der Insel Laesö von der Hauptmasse des Nordseestroms seitlich abzweigt.

Von den beiden Abtheilungen der Ostsee muss sich, wie im voraus zu ersehen ist, die kleinere westliche der östlichen gegenüber in Bezug auf den procentischen Salzgehalt sehr bevorzugt erweisen. Erstens nämlich, weil allein im westlichen Theile der Nordseestrom eine direkt nachweisbare Strombewegung hat, zweitens aber nicht weniger wegen des geringeren Vorwaltens des Ostseestroms, dessen grössere Hälfte bekanntlich durch den Sund abfließt, und drittens wegen der geringen Tiefenverhältnisse der westlichen Ostsee, in Folge deren die Wirkungen des Nordseestroms sich leicht in hervorragendem Grade bis an die Oberfläche bemerkbar machen können. Noch weit günstiger würden sich die Salzverhältnisse der westlichen Ostsee gestalten, wenn die physiologische Zugangstiefe des Sundes bei unveränderter Tiefe solche Breite besässe, dass der gesammte Ostseestrom hindurch passiren könnte und der grosse Belt in Folge dessen nur die eine Funktion als Eingangspforte des Nordseestroms, anstatt seiner jetzigen doppelten zu versehen hätte.

Im Gegensatze zu den meistens nur einmaligen Beobachtungen im Oberflächenwasser der nördlichen Nordsee, des Skager-Raks und des Kattégats liegen für verschiedene Küstenpunkte der westlichen Ostsee gleich wie für die am Eingange der drei dänischen Meeresstrassen belegenen Orte länger fortgesetzte Beobachtungen vor. Die Namen der Stationen und die aus den angestellten Beobachtungen gewonnenen Durchschnittswerthe folgen hier, und sind zwecks besserer Vergleichung die bereits mitgetheilten Resultate von Fredericia und Korsör wiederholt.

<sup>1)</sup> Jahresberichte der Unters.-Kom. I. S. 45.

<sup>2)</sup> Berechnet nach Tabellen bei Meyer, Untersuchungen über physikal. Verhältnisse des westlichen Theils der Ostsee. Kiel, 1871.

Beobachtungszeit	Station <sup>1)</sup>	Procent
26 Monate .....	Fredericia	1,95
17 Monate .....	Korsör	1,89
Juli 1871 — Juni 1880 .....	Sonderburg	1,851
19 Monate .....	Svendborgsund	1,76
August 1874 — Juni 1880 .....	Cappeln	1,083
desgleichen .....	Schleswig	0,375
März 1876 — Juni 1880 .....	Eckernförde	1,75
Juli 1871 — Juni 1880 .....	Friedrichsort	1,646
März 1872 — Juni 1880 .....	Fehmarnsund	1,054
November 1872 — Juni 1880 ...	Travemünde	1,438
April 1873 — Juni 1880 .....	Poel	1,345
Juni 1873 — Juni 1880 .....	Warnemünde	1,154
August 1872 — Juni 1880 .....	Darsser Ort	1,136

Deutlich tritt in dieser Tabelle zu Tage, wie beträchtlich im Verhältnisse zu der geringen Ausdehnung der westlichen Ostsee der Salzgehalt des Oberflächenwassers in Abnahme begriffen ist, je weiter man sich von den Ausgangspforten der westlichen Ostsee entfernt. Im ganzen geht die Verringerung des Salzgehaltes sehr gleichmässig von Statten, denn die durch die Resultate der Stationen Cappeln, Schleswig und Fehmarnsund entstehenden Unregelmässigkeiten lassen sich leicht erklären. Cappeln und Schleswig sind nämlich kaum noch als Ostseestationen zu betrachten, da sie an einem Strandsee, der Schlei, gelegen sind, und der enge Fehmarnsund sowie auch der breitere Fehmarnbelt unterliegen den früher erwähnten lokalen Einflüssen, welche innerhalb enger Kanäle oft eine Erniedrigung des procentischen Salzgehalts hervorrufen.

Auch innerhalb der östlichen Ostsee erleidet der procentische Salzgehalt des Oberflächenwassers eine stetige Abnahme, je mehr man sich von der Enge zwischen Gjedser-Odde und Darsser-Ort, durch welche der Nordseestrom in die östliche Ostsee eintritt, entfernt. Selbst auf dem Wege vom Darss bis Helsingör ist diese Abnahme bis Malmö zu konstatiren und erst nördlich von dieser

<sup>1)</sup> In Betr. der Stationen Fredericia, Korsör und Svendborgsund vgl. Meyer a. a. O. Die übrigen Zahlen sind berechnet aus dem Zahlenmaterial der unter dem Titel „Ergebnisse der Beobachtungsstationen über die physikalischen Eigenschaften der Ost- und Nordsee und der Fischerei“ erschienenen Hefte.

Stadt beginnt eine Zunahme. Den Gang der Abnahme stellen folgende Zahlen dar<sup>1)</sup>:

Darsser-Ort . . . . .	1,136 ‰
Oestlich von Möensklint . . . . .	0,809 „
Rhede von Malmö . . . . .	0,787 „

Es ergibt sich hieraus, wie wenig Bedeutung für gewöhnlich der Sund als Eingangspforte des Nordseestroms hat.

Die weitere Abnahme des Salzgehalts gestaltet sich innerhalb der inneren Ostsee längs Schwedens Ostküste ungefähr folgendermassen<sup>2)</sup>:

Rhede von Cimbrishamn . . . . .	0,742 ‰
Zwischen Cimbrishamn und dem Leuchthurme auf Utklippa . . . . .	0,713 „
Nordspitze von Oeland . . . . .	0,675 „
Vor Cap Landsort . . . . .	0,643 „

Die betreffenden Lokalitäten sind nicht innerhalb des Skären-gürtels, sondern an der Aussenküste gelegen, so dass also lokale Beeinflussungen möglichst vermieden sind. Von einer Angabe des Salzgehalts im Oberflächenwasser des Calmar-Sundes wurde Abstand genommen, weil in Folge der Einmündung mehrerer Flüsse in diese lange und dabei schmale Meeresstrasse Querstreifen weniger salzigen Wassers entstehen und dadurch die Gleichmässigkeit der Abnahme gehindert wird.

An den deutschen Küsten der inneren Ostsee existiren nur zwei (früher drei) Stationen, an denen regelmässige Beobachtungen stattfinden: Lohme auf der Nordküste der Rügenschcn Halbinsel Jasmund, Hela am Eingange in die Danziger Bucht und Neufahrwasser an der Mündung der Weichsel. Die Beobachtungen an diesen Stationen ergaben<sup>3)</sup>:

Lohme . . . . .	0,864 ‰
Hela . . . . .	0,726 „
Neufahrwasser . . . . .	0,653 „

Bei der letztgenannten Station ist der verdünnende Einfluss des zuströmenden Weichselwassers unverkennbar und muss daher bei weiteren Vergleichen von derselben Abstand genommen werden.

Für die östlichen, also russischen Küstenstrecken der inneren

<sup>1)</sup> Jahresbericht der Unters.-Komm. I. S. 45.

<sup>2)</sup> Ebendasselbst S. 46.

<sup>3)</sup> Berechnet aus den Zahlen in den „Ergebnissen etc.“

Ostsee sind jahrelang fortgesetzte Beobachtungen anscheinend nicht vorhanden, jedoch haben hier wenigstens mehrere Monate hindurch fortlaufende Untersuchungen stattgefunden. Dieselben wurden im Jahre 1876 angestellt an Bord russischer Zollkreuzer<sup>1)</sup>. So beobachtete der Schoner „Strasch“ während der Monate Juni bis November längs der kurländischen Küste von Polangen bis Steinort, aber in ziemlicher Entfernung seewärts, während die Barkasse „Tschaika“ von Mai bis December in derselben Breite wie der Schoner, aber in weit grösserer Küstennähe und namentlich viel im Hafen von Libau Untersuchungen anstellte. Der Kreuzer „Lebed“ endlich beobachtete von Mai bis November an der Küstenstrecke Dagö-Reval. Sieht man bei Benutzung der Beobachtungsergebnisse dieser Fahrzeuge davon ab, dass, wie die Beobachtungen der „Tschaika“ zeigten und die der Pommerania-Fahrt später bestätigten, der aus dem Kurischen Haffe auslaufende Strom eine geraume Strecke hart an der kurländischen Küste nach Norden fliesst und so ungefähr bis zum 57. Parallelkreise eine lokale Verminderung des Salzgehalts im Oberflächenwasser bewirkt, so bemerkt man auf dem weiten Raume von Hela bis Reval eine nicht weniger grosse Gleichförmigkeit des procentischen Salzgehalts, wie auf der Strecke Lohme-Hela. Der Schoner „Strasch“ fand nämlich einen Durchschnittswerth von 0,725 ‰, also fast den Salzgehalt Helas und in dem vom „Lebed“ befahrenen Reviere war er nur auf 0,633 ‰ gesunken.

Aus allen diesen bisher mitgetheilten Daten geht auf das deutlichste hervor, wie ungemein einheitlich die innere Ostsee sich in Bezug auf den procentischen Salzgehalt des Oberflächenwassers verhält, zumal im Gegensatze zu den bedeutenden Differenzen innerhalb der räumlich so wenig ausgedehnten westlichen Ostsee. Aber trotz der so geringen Abweichungen des procentischen Salzgehalts an den verschiedenen Küstenstrecken der inneren Ostsee, erscheinen doch die südlichen und östlichen Küsten etwas begünstigter als die schwedischen bei entsprechender Breiten-Lage. Selbst in den beiden durch die Insel Gotland geschiedenen Meeresflächen zeigt sich dieser Unterschied. Die westliche ist nämlich die weniger salzige und innerhalb beider hat die Westküste einen geringeren Salzgehalt, als die Ostküste. Die Gründe dieses Verhaltens sind

<sup>1)</sup> Karsten, die Beobachtungen über die physikal. Eigensch. des Wassers der Ost- und Nordsee (Jahresber. der Unters.-Komm. IV.—VI. S. 275.)

wol ohne Frage in den Strömungsverhältnissen zu suchen und ist es daher nöthig, sich zu erinnern, dass die westliche Küstenströmung der inneren Ostsee resp. deren centrale Strömung innerhalb der beiden durch die Insel Gotland geschiedenen Meeresflächen die westlichen Partien durchfliessen, also der Westküste Gotlands und Kurlands ziemlich fern bleiben, wol aber der Ostküste Schwedens resp. Gotlands nahe kommen.

In den beiden gabelförmigen Ansätzen der inneren Ostsee, dem bognischen und dem finnischen Busen, erleidet der procentische Salzgehalt des Oberflächenwassers eine weitere continuirliche Abnahme, je mehr man sich den Endpunkten dieser Meeresabtheilungen nähert<sup>1)</sup>. Bei Cap Svartklubben im Süden der nördlichen Ostsee wurden im Oberflächenwasser noch 0,59 ‰ beobachtet. Nordöstlich von Gefle unter 60° 51' N.Br. und 17° 46' Ö.L. Greenw. fand Edlund nur noch 0,48 ‰, östlich der Stadt Söderhamn unter 61° 11' N.Br. und 17° 35' Ö.L. nur 0,46 ‰, südöstlich von der Stadt Hernösand unter 62° 30' N.Br. und 18° 14' Ö.L. 0,42 ‰, und südlich der Stadt Umeå war unter 63° 19' N.Br. und 20° 19' Ö.L., also in der Strasse zwischen dem West-Quark und dem Festlande, der Salzgehalt auf 0,39 ‰ gesunken.

Dagegen ermittelte Struve unter entsprechenden Breiten der finnischen Westküste einen etwas höheren Salzgehalt, indem er bei Christinestad 0,54 ‰ und südlich von der Stadt Wasa bei der Skäre Gåshällan 0,51 ‰ nachwies.

Die bognische Wick zeigt aber keinen solchen Unterschied hinsichtlich des procentischen Salzgehalts zwischen ihren Ost- und Westküsten, denn bei den beiden fast unter demselben Parallelkreise liegenden Ortschaften Skellefteå und Brahestad fanden Edlund und Struve 0,35 und 0,34 ‰. Letzterer Werth wurde auch noch bei dem weit nördlicheren Uleåborg gefunden, aber nicht mehr im Oberflächenwasser südlich von dem an der Nordküste der bognischen Wick gelegenen Nider-Kalix erreicht. Hier fand man nämlich unter 65° 29' N. Br. und 23° 10' Ö. L. nur 0,26 ‰.

Noch mehr ausgesüsst stellt sich das Wasser der östlichen Hälfte des finnischen Busens dar<sup>2)</sup>. Bei Reval war, wie erwähnt, der Salzgehalt bereits auf 0,63 ‰ gesunken, aber an nachstehenden,

<sup>1)</sup> Die folgenden Zahlen-Angaben für die nördliche Ostsee wurden der schon citirten Arbeit Ekman's (S. 30) entnommen.

<sup>2)</sup> Roth, a. a. O. S. 517.

in der Richtung von Westen nach Osten auf einander folgenden Örtlichkeiten wurden am 23. Juli 1870 nur folgende Werthe nachgewiesen:

Insel Steenskär . . . . .	0,403 ‰
Insel Hochland . . . . .	0,325 „
Insel Seskär . . . . .	0,262 „

Östlich von letzterer Insel schreitet die Abnahme des procentischen Salzgehaltes noch weiter fort und eine halbe Meile vor dem russischen Kriegshafen Kronstadt wurden nur 0,073 ‰ constatirt, im Hafenbassin selbst sogar nur 0,061 ‰.

#### b. Der Salzgehalt des Tiefenwassers.

So viel über den procentischen Salzgehalt des Oberflächenwassers; was den des Tiefenwassers betrifft, so wurde bereits erwähnt, dass er grösser sein muss als der des Oberflächenwassers, weil die Diffusion zwischen Ostsee- und Nordseestrom keine vollständige ist. Da jedoch der Nordseestrom, je weiter er sich von seinem Entstehungsorte entfernt, desto mehr an Intensität verliert und mithin die Diffusion in höherem Grade stattfinden kann, so muss in den östlichen Theilen der Ostsee die Zunahme des procentischen Salzgehalts in der Richtung von oben nach unten eine weit langsamere sein als in der westlichen Ostsee und im Kattegat. In welcher Weise diese Zunahme an verschiedenen Punkten stattfindet, zeigt die folgende Tabelle (S. 160 u. 161). In derselben sind theils mehrere enger begrenzte Lokalitäten, theils mehrere geographisch deutlich gekennzeichnete grössere Gebiete, die im wesentlichen einzelnen der im ersten Abschnitte dieser Arbeit näher geschilderten Meeres-Abtheilungen und Mulden entsprechen, aufgeführt worden. Mit Ausnahme der Angaben über Svartklubben (Gruppe X), die der bereits oben citirten Abhandlung Ekman's entlehnt wurden, stammen die Zahlen aus den Berichten der Pommerania-Expedition. Die Ergebnisse der von dieser an den einzelnen Stellen innerhalb der in der Tabelle angegebenen Gebiete gemachten Beobachtungen des procentischen Salzgehalts der Tiefe wurden jedoch für die vorliegende Arbeit mit einander verschmolzen, um eine grössere Übersichtlichkeit zu erzielen. Ferner wurden die Faden in Meter umgerechnet. Für das Oberflächenwasser von Helsingör, Korsör und Fredericia sind die bereits früher angegebenen Mittelzahlen benutzt worden.

Wie aus dieser Tabelle hervorgeht, herrscht also am Eingange des Kattegats, bei bereits geschwächtem Salzgehalte des Oberflächenwassers, am Grunde noch der ungeschwächte Salzgehalt des atlantischen Oceans, und selbst bis Kullen wird in der Tiefe noch Wasser von über  $3\frac{1}{2}$  Procent beobachtet. Von grossem Interesse sind die Verhältnisse in der Zugangstiefe des Grossen Belts, da hier die verdünnende Wirkung des ausfliessenden Ostseewassers besonders deutlich nachgewiesen werden kann. Wie früher erwähnt, beginnt hier bereits in einer Tiefe von 20 m der einflussende Nordseestrom, während ein Salzgehalt von mehr als 3‰ sich erst in einer Tiefe von 35 m zeigt.

Ferner sieht man aus der Tabelle, wie wesentlich sich die westliche Ostsee auch in Bezug auf die Salzgehaltsverhältnisse des Tiefenwassers von der östlichen Ostsee unterscheidet. Während in ersterer auf dem Grunde stets Wasser von über 2‰ gefunden wurde, sucht man innerhalb der östlichen Ostsee einen Salzgehalt von 2‰ vergeblich. Freilich sind in der östlichen Ostsee bedauerlich die tiefsten Stellen der verschiedenen im ersten Abschnitte dieser Arbeit näher beschriebenen Einsenkungen von mehr als 100 m nicht auf ihren Salzgehalt untersucht worden. Es erscheint daher nicht unmöglich, dass an der tiefsten Stelle der am meisten nach Westen gelegenen dieser Einsenkungen (Gruppe VI der Tabelle), d. h. in 105 m Tiefe, ein Salzgehalt von 2‰ nachzuweisen ist, allein unwahrscheinlich bleibt dies doch, da im Gegensatze zur westlichen Ostsee die Zunahme des procentischen Salzgehaltes in vertikaler Richtung innerhalb der östlichen Ostsee eine sehr langsame ist. An der Grenze zwischen Ostsee- und Nordseestrom ist freilich die Zunahme zuerst noch sprungweise, wie die Beobachtungen in der Strasse zwischen Bornholm und Schweden zeigen, aber je weiter man in die innere Ostsee vorschreitet, desto weniger wird die Grenze zwischen beiden Strömungen wahrnehmbar, desto allmählicher ist der Uebergang und desto gleichmässiger die Zunahme.

Die übrigen Einsenkungen des Meeresbodens der inneren Ostsee von mehr als 100 m Tiefe können bei der Frage, ob vielleicht irgendwo am Grunde Wasser von 2‰ anzutreffen ist, nicht in Betracht kommen, obgleich sie in weit grössere Tiefen hinabreichen. Im Gegensatze nämlich zu der Gleichförmigkeit, die in der inneren Ostsee hinsichtlich des procentischen Salzgehaltes des Oberflächenwassers selbst auf die weiteste Entfernung hin herrscht, ist eine



55-60	60-65	70	85-90	90-95	95-100	110-115	120-125	142,5	160	180	217	283
—	—	—	—	—	3,52	3,636	—	3,649	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,026	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	0,775	1,549	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	1,633	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	0,894	—	1,100	1,157	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	0,809	—	—	0,822	—	—	1,021	—	—
—	—	—	—	0,912	—	—	—	—	0,920	—	0,996	—
—	—	—	0,725	—	—	—	—	—	—	0,747	—	0,750

nicht unbeträchtliche Verschiedenheit des procentischen Salzgehalts im Tiefenwasser bei gleichen Tiefen zu bemerken, und zwar findet, ähnlich wie im Oberflächenwasser, eine Abnahme in der Richtung von Westen nach Osten resp. von Süden nach Norden zu statt, welche Abnahme zwar schneller vor sich geht, als an der Oberfläche, aber langsamer, als in der westlichen Ostsee. Ueber 1% wird jedoch am Grunde aller tiefen Einsenkungen der inneren Ostsee angetroffen, wie aus obiger Tabelle zu ersehen ist. In der achten Gruppe ist diese Thatsache freilich noch nicht direkt nachgewiesen, jedoch ausser Zweifel, da mehr als 100 m Tiefe noch unter jener untersuchten Wasserschicht liegen und innerhalb dieser beträchtlichen vertikalen Ausdehnung eine nicht unerhebliche Zunahme des Salzgehalts stattfinden muss. Welche Höhe dieselbe erreicht, lässt sich leider nicht angeben; die genaue Kenntniss derselben, wäre allerdings von dem grössten Interesse, da es sich um den Salzgehalt der tiefsten Stelle der ganzen Ostsee handelt.

Dagegen ist in der nördlichen Ostsee an keiner Stelle mehr Wasser von 1% Salzgehalt zu finden. Dies lehren die Untersuchungen in dem Ålandsmeere bei Cap Svartklubben, wo in der tiefsten bis jetzt untersuchten Wasserschicht der Ostsee, nämlich in 283 m, nur 0,75% beobachtet wurden. Da die grösste Tiefe des Ålandsmeeres nur 300 m beträgt und da die Zunahme des procentischen Salzgehaltes daselbst während der letzten 100 m nur 0,003% beträgt, so kann man jenen Werth (0,75%) als Repräsentanten des bei Svartklubben auf dem Meeresgrunde herrschenden Salzgehalts ansehen. In der bottnischen See und in der bottnischen Wiek wurden anscheinend keine Untersuchungen in grösserer Tiefe vorgenommen, jedoch kann auch dort der procentische Salzgehalt am Grunde nur höchst unbedeutend sein, weil die grössten bis jetzt dort bekannten Tiefen (271 und 129 m) geringer sind als die grösste bei Svartklubben untersuchte Tiefe. In unbedeutenden Tiefen haben in beiden genannten Meerestheilen Untersuchungen des procentischen Salzgehalts stattgefunden, die auch hier eine Zunahme in vertikaler Richtung nachwiesen. Die Resultate dieser Forschungen<sup>1)</sup> mögen hier kurz berührt werden, da sie sich zur Aufnahme in obige Tabelle nicht wol eignen:

<sup>1)</sup> Krok, bidrag till kännedomen om Alg-Floran i inre Oestersjön och bott-niska viken (oefversigt af kongl. Vetenskaps-Akademiens förhandlingar. Stockholm 1870. S. 69.)

## A. Bottnische See.

Oberfläche: mehrere Meilen nördlich von den Ålands-Inseln . . . . .	0,5668%
3,5 m Tiefe: Gefle-Bucht bei Bönan . . . . .	0,5803 „

## B. Quark-Archipel.

Oberfläche: bei Holmö . . . . .	0,1916 „
5,6 m Tiefe: bei Ratan . . . . .	0,3815 „

## C. Bottnische Wiek.

Oberfläche: Skären von Haparanda bei Malörn . . . . .	0,1505 „
4 m Tiefe: bei Salmi . . . . .	0,2063 „
9 m Tiefe: bei Malörn . . . . .	0,2818 „

## Anhang I. Die Wirkung der einmündenden Flüsse auf die chemische Zusammensetzung des Salzgehalts.

Früher wurde bereits erwähnt, dass nicht allein der Nordseestrom der Ostsee Salz zuführt, sondern dass auch die einmündenden Flüsse Salzpartikelchen enthalten. Allein eine Vergleichung zwischen dem Salzgehalte des Oceans und demjenigen des Flusswassers (in folgender Tabelle ist eine Analyse des Weichselwassers bei Culm gegeben, welches keineswegs relativ salzarm ist) zeigt sofort, wie verschwindend klein der Salzgehalt des fließenden Wassers ist und dass bei der Einwirkung der Flüsse auf das normale Meerwasser nur die Wasserzufuhr, nicht aber die höchst geringe Salzzufuhr von Bedeutung ist. Nachdem aber eine gewisse Grenze der Verdünnung erreicht ist, scheinen die Salze des zugeführten Flusswassers auf die Zusammensetzung des verdünnten Meerwassers an günstig gelegenen Stellen einen nicht ganz unbedeutenden Einfluss auszuüben. Hierfür sprechen Beobachtungen an der finnischen Küste des bottischen Busens. Die Tabelle auf S. 164 u. 165 ist zusammengestellt nach Roth, a. a. O. S. 518. 519.

Sieht man ab von dem Fehlen der Carbonate, die zwar im Flusswasser den grössten Procentsatz der Salze bilden, im Meere aber, auf hier nicht näher zu erörternde Weise, ganz oder grösstentheils absorbirt werden, so spricht sich doch in anderer Weise eine Einwirkung der Salze des Flusswassers auf die chemische Zusammensetzung des Meerwassers darin aus, dass bei fortschreitender Verdünnung des Wassers der nördlichen Ostsee, also in der Richtung von Süden nach Norden, die Sulfate, obgleich sie wie die Chloride in absoluter Menge abnehmen, doch relativ eine stetige Zunahme

	Die absoluten Zahlen												
	Chlornatrium	Chlorkalium	Chlormagnesium	Brommagnesium	Calciumsulfat	Magnesium-Sulfat	Calciumcarbonat	Magnesium-carbonat	Sonstige Bestandtheile	Summe	Chloride	Sulfate	Carbonate
Wasser des Oceans	2,718	0,061	0,335	0,005	0,127	0,227	0,004	—	0,004	3,481	3,114	0,354	0,004
Ostseewasser													
1) zwischen Oeland und Gotland.....	0,558	0,013	0,0639	—	0,039	0,038	0,0017	—	0,0004	0,72	0,6409	0,077	0,017
2) bei Svartklubben... Tiefenwasser.....	0,447	0,0089	0,0678	—	0,0322	0,0329	—	—	0,0027	0,5915	0,5241	0,0651	—
3) bei Svartklubben Tiefenwasser.....	0,581	0,0092	0,0526	—	0,0333	0,0632	—	—	0,0072	0,7465	0,6428	0,0965	—
4) Bar-Sund bei Helsingfors.....	0,5283	0,0171	0,071	—	0,0343	0,024	—	—	—	0,6752	0,6169	0,0583	—
5) auf d. Höhe v. Nystad	0,4777	0,0262	0,0629	—	0,0257	0,0375	—	—	—	0,63	0,5668	0,0632	—
6) bei Christinestad...	0,4728	0,0169	0,04	—	0,0338	0,0253	—	—	—	0,5888	0,5297	0,0591	—
7) Gashällan bei Wasa	0,4625	0,0072	0,0506	—	0,0284	0,0305	—	—	—	0,5792	0,5203	0,0589	—
8) Chudleigh.....	0,3492	0,0111	0,0333	0,03	0,0194	0,0264	—	—	—	0,4444	0,3956	0,0458	—
9) ausserhalb Brahestad	0,276	0,0246	0,0334	—	0,0325	0,0103	—	—	—	0,3818	0,339	0,0428	—
10) ausserhalb Uleåborg Flusswasser.....	0,283	0,0098	0,0392	—	0,0218	0,0229	—	—	—	0,3767	0,332	0,0447	—
	0,0007	0,00013	—	—	0,00103	0,0012	0,0194	0,0019	0,00019	0,02527	0,00083	0,00223	0,0213

In Procenten der Salze													
	Chlornatrium	Chlorkalium	Chlormagnesium	Brommagnesium	Calciumsulfat	Magnesiumsulfat	Calciumcarbonat	Magnesiumcarbonat	Sonstige Bestandtheile	Summe	Chloride	Sulfate	Carbonate
Wasser des Oceans	77,79	1,76	9,94	0,14	3,67	6,52	0,12	—	0,12	100	89,49	10,19	0,12
Ostseewasser													
1) zwischen Oeland und Gotland, . . . . .	77,36	1,82	9,69	—	5,37	5,26	0,23	—	0,27	100	88,87	10,63	0,23
2) bei Svartklubben . . . . .	75,59	1,49	11,46	—	5,44	5,56	—	—	0,46	100	88,54	11	—
3) bei Svartklubben (Tiefenwasser) . . . . .	77,83	1,23	7,05	—	4,46	8,47	—	—	0,96	100	86,11	12,93	—
4) Bar-Sund bei Helsingfors, . . . . .	78,32	2,53	10,52	—	5,08	3,55	—	—	—	100	91,36	8,63	—
5) auf d. Höhe v. Nystad	75,83	4,16	9,98	—	4,08	5,95	—	—	—	100	89,97	10,03	—
6) bei Christinestad . . . . .	80,29	2,87	6,80	—	5,74	4,30	—	—	—	100	89,96	10,04	—
7) Gåshällan bei Wasa	79,85	1,24	8,74	—	4,90	5,27	—	—	—	100	89,83	10,17	—
8) Chudleigh . . . . .	78,57	2,5	7,95	0,67	4,37	5,94	—	—	—	100	89,24	10,30	—
9) ausserhalb Brahestad	72,29	6,44	10,06	—	8,51	2,7	—	—	—	100	88,79	11,21	—
10) ausserhalb Uleåborg	75,13	2,60	10,41	—	5,79	6,07	—	—	—	100	88,14	11,86	—
Flusswasser . . . . .	2,77	0,515	—	—	4,076	4,748	76,77	7,52	3,601	100	3,285	8,824	84,29

aufweisen. Dieselbe Erscheinung zeigen auch am finnischen Busen der Barsund bei Helsingfors und das Wasser bei dem westlich von Narwa gelegenen Chudleigh, und zwar bilden diese Beobachtungen mit denen am bottnischen Busen eine regelmässige Reihe. Dass aber dergleichen Beeinflussungen des Salzgehalts der Ostsee durch die Salze der Flüsse nur als lokale Erscheinungen aufzufassen sein dürften, dafür sprechen vor allen Dingen die Beobachtungen bei Svartklubben, wo das salzreichere Tiefenwasser nicht nur absolut, sondern auch relativ mehr Sulfate besitzt, als das salzärmere Oberflächenwasser, und wo dieses letztere, trotzdem es salzreicher ist als das Wasser bei Christinestad, Wasa und Chudleigh, doch relativ ärmer ist an Chloriden.

#### Anhang II. Die Gase des Ostseewassers<sup>1)</sup>.

I. Die Kohlensäure. Im Zusammenhange mit dem procentischen Salzgehalte des Meerwassers steht die Menge der darin in ungebundenem Zustande enthaltenen Kohlensäure. Freilich darf das Wort „ungebunden“ nur mit einer gewissen Einschränkung gebraucht werden, denn wenn auch die hier in Frage kommende Kohlensäure sich wesentlich anders verhält als die an den Kalk gebundene, so kann sie doch nicht als absorbiertes freies Gas aufgefasst werden, sondern muss sich wenigstens in einem solchen Zustande befinden, dass sie als Athmungsluft der Seethiere nicht anzusehen ist, während sie andererseits der Meeresvegetation nicht unzugänglich bleibt.

Der Gehalt der Kohlensäure im Meerwasser wächst mit dem procentischen Salzgehalte desselben und zwar in einer so deutlich erkennbaren Weise, dass man fast von einer Proportionalität reden kann. Das Meerwasser ist also im Stande, der atmosphärischen Luft weit grössere Mengen von Kohlensäure zu entziehen, als reines Wasser dies vermag. Leider liegen aus der Ostsee kaum sichere Beobachtungen hierüber vor, da das während der Ostseefahrt der Pommerania-Expedition angewandte Verfahren sich später als nicht zuverlässig genug erwies und während der Nordseefahrt der Pommerania, auf welcher jene Beobachtungsfehler vermieden wurden, nur ein kleiner Theil der westlichen Ostsee berührt wurde. Immerhin lässt aber ein Vergleich der Beobachtungen im Nordseewasser mit denen im Skager-Rak, Kattegat und westlicher Ostsee

<sup>1)</sup> Vgl. Jacobsen, die Luft des Meerwassers (Jahresberichte der Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere. II. u. III. Jahrg. S.45—58).

jene oben erwähnte Proportionalität zwischen Salz- und Kohlensäuregehalt deutlich erkennen, wie folgende Tabelle beweist, in welcher für verschiedene Punkte der Kohlensäure-Gehalt in 1 Liter Meerwasser angegeben ist.

Tiefe, m		Procentischer Salzgehalt	Gramm CO <sub>2</sub>
130	18 Meilen NEgN von Peterhead.....	3,576	0,0946
502	Skager-Rak, 8 Meilen NWgN von Hirshals	3,537	0,0933
15	Kattegat, südlich von der Laesö-Rinne...	3,249	0,0924
47	Grosser Belt zwischen Korsör und Sprogö	3,210	0,0915
0	Zwischen den Skären bei Solsvig.....	3,196	0,0748
0	Grosser Belt zwischen Laaland und Lange- land.....	1,913	0,0519

2. Sauerstoff und Stickstoff. Anders als die Kohlensäure verhalten sich die im Meerwasser absorbirten Sauerstoff- und Stickstoffmengen. Zunächst besteht nämlich der wesentliche Unterschied, dass diese Gase sich nicht wie die Kohlensäure in einem halb gebundenen, sondern in einem freien Zustande im Meerwasser befinden. Ferner ist von grosser Wichtigkeit, dass der Salzgehalt keinen oder wenigstens keinen erkennbaren Einfluss auf die kohlenstofffreie Luftmenge des Meerwassers ausübt. Aus 24 Oberflächenproben, die während der Nordseefahrt der Pommerania genommen wurden, ergab sich, dass in dem kohlenstofffreien Luftgemisch des Meerwassers 33,93 % Sauerstoff und 66,07 % Stickstoff vorhanden waren. Grosse Abweichungen von diesem Mittelwerthe wurden nicht beobachtet, auch ist die Abweichung von dem für reines Wasser gültigen Verhältnisse nicht bedeutend. Auch der Umstand, ob Bewegung oder Ruhe im Wasser herrscht, ist für die absolute Menge des Luftgehaltes im Meere sowie für die procentische Zusammensetzung des kohlenstofffreien Luftgemisches gleichgültig. Dies wird bewiesen durch die Thatsache, dass die Proben aus den durch die Schraube des Dampfes erregten Wellen kein anderes Verhalten zeigten, als die dem ruhigen Wasser entnommenen. Dagegen ist natürlich die Wassertemperatur von grossem Einflusse auf den grösseren oder geringeren Gehalt an atmosphärischer Luft in absoluter Beziehung. Im Tiefenwasser werden die Verhältnisse complicirter; eine Ab-

nahme des Sauerstoffs im Tiefenwasser lässt sich freilich nicht in Abrede stellen, doch ist diese Abnahme nicht der Tiefe proportional, sondern sehr durch lokale Bedingungen beeinflusst. So müssen z.B. Strömungen, welche in Folge der bedeutenden Schwere ihres Wassers sehr lange ohne erhebliche Vermischung mit anderen Wasserschichten in der Tiefe verweilt haben, eine sehr bedeutende Verringerung des Sauerstoffs zeigen, da sie ohne genügenden Ersatz fortwährend Sauerstoff zur Oxydation der im Wasser und am Meeresgrunde befindlichen oxydirbaren Stoffe abgeben. Ein Beispiel dieser Art stellt der Unterstrom des Grossen Belts dar, wo bereits in einer Tiefe von nur 45 m der Sauerstoff so vermindert war, wie es in gewöhnlichen Fällen erst in Tiefen von mehreren hundert Metern der Fall ist.

Noch ein anderer Umstand trägt dazu bei, den Sauerstoffgehalt des Tiefenwassers an manchen Örtlichkeiten in übermässiger Weise zu verringern, nämlich ein reich entwickeltes Thierleben innerhalb tiefer, kesselförmiger Einsenkungen. Dies wurde z. B. in einer kleinen 34 m tiefen Mulde des Meeresgrundes der Apenrader Bucht (9. September 1872) beobachtet, wo der Sauerstoff nur 29,22 % des kohlenstofffreien Gasgemisches ausmachte, und in noch stärkerer Masse in einer ähnlichen Vertiefung des Kieler Meerbusens, wo (am 6. November 1872) sogar nur 16,55 % gefunden wurden. In beiden Mulden lagen auf dem Grunde viele moderne Substanzen und der Grund roch stark nach Schwefelwasserstoff. Die Verhältnisse in diesen Mulden sind also analog den Verhältnissen der Luft in lange abgeschlossenen, stark besuchten Zimmern.

Trägt man den oben angegebenen Beeinflussungen des Sauerstoffs Rechnung, so gewinnt die Vermuthung immer mehr an Wahrscheinlichkeit, dass im Tiefenwasser die Summe von Sauerstoff und Stickstoff gleich sei derjenigen Menge dieser Gase, welche das Tiefenwasser bei seiner Temperatur besitzen muss, wenn es sich an der Meeresoberfläche befände, minus der etwa verbrauchten Sauerstoffmenge. Aus dieser Annahme folgt weiter, dass sich einmal das Tiefenwasser mit nahezu derselben Temperatur, welche es in der Tiefe besitzt, an der Meeresoberfläche befunden haben muss, ein Umstand, der für die grossen Tiefen der Océane unter den Tropen sehr wichtig ist, da das kalte Wasser hierselbst in diesem Falle nur aus arktischen Gegenden stammen kann, indem hier eine Cirkulation von oben nach unten ausgeschlossen ist.

### b. In Bezug auf die Temperatur-Verhältnisse des Ostseewassers.

Eine im Ganzen nur geringe Wirkung übt der einflussende Nordseestrom auf die Temperatur-Verhältnisse des Ostseewassers aus, und dieselbe wird sich naturgemäss auf das Tiefenwasser beschränken, da aus den oben erwähnten Gründen der Nordseestrom fast immer ein Tiefenstrom sein muss. Welcher Art diese thermischen Einwirkungen des Nordseestroms sind, kann erst an einer späteren Stelle berührt werden und desgleichen, bis zu welcher Ostgrenze dieselben noch nachweisbar sind. Soviel leuchtet jedoch ohne Weiteres ein, dass diese Einflüsse in bemerkenswerther Weise sich nur innerhalb der westlichen Ostsee äussern können, weil der Nordseestrom nur hier eine direkt nachweisbare Intensität besitzt.

## II. Die Windverhältnisse des Ostseegebiets und ihre Wirkungen.

### A. Die Windverhältnisse.

#### a. Die während der einzelnen Jahreszeiten im Ostseegebiete herrschenden Windrichtungen.

Die Temperaturen der Oberflächenschichten der gesammten Ostsee, sowie die Tiefentemperaturen der östlichen Ostsee östlich von jener noch näher zu bestimmenden Grenze sind dagegen ganz wesentlich eine Folge der Lufttemperaturen über der Ostsee und den Ostseeländern und der mit denselben im Zusammenhange stehenden Windrichtungen. Übrigens werden letztere sehr durch die Ostsee modificirt in Folge des ungleichen Verhaltens von Wasser und Land in Bezug auf die Wärme-Aufnahme und die Wärme-Austrahlung. Es besteht mithin eine Wechselwirkung zwischen den Wärmeverhältnissen der Ostsee und denen der Ostseeländer.

Im Winter kühlen sich die Küstenländer der Ostsee weit schneller ab als das Ostseewasser und folglich wird bald die Luft über dem Lande kälter und schwerer, als die über dem Wasser lagernde. Es findet also, wenn nicht hohe Bergketten es verhindern,  $\neq$ as aber im Ostseegebiete nicht der Fall ist, ein Abfließen der