

## Werk

**Titel:** Der Wasserhaushalt der Ostsee

**Autor:** Spethmann, Hans

**Ort:** Berlin

**Jahr:** 1912

**PURL:** [https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?391365657\\_1912](https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?391365657_1912)|LOG\_0173

## Kontakt/Contact

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

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

wässern. Medd. f. Kommiss. for Havunders. Serie: Hydrografi. Bd. 1. Nr. 10. Kopenhagen 1908.

Ernst Ruppin: Betrag zur Hydrographie der Belt- und Ostsee. Wiss. Meeresunters. N. F. Bd. 14. Abt. Kiel. Nr. 10. Kiel 1912.

Rolf Witting: Zur Kenntnis der Wasserbewegungen und der Wasserumsetzung in den Finnland umgebenden Meeren. I. Finnland. Hydr.-Biol. Unters. Nr. 2. Helsingfors 1908.

Rolf Witting: Zusammenfassende Übersicht der Hydrographie des Bottnischen und Finnischen Meerbusens und der nördlichen Ostsee. Finnland. Hydr.-Biol. Unters. Nr. 7. Helsingfors 1912.

Diese letzte Abhandlung erhält auch eine kurze geschichtliche Darstellung der Entwicklung der Auffassung von der Hydrographie der Ostsee.

### Der Wasserhaushalt der Ostsee.

Von Hans Spethmann, Berlin.

Die großen Fortschritte, die die Ozeanographie gegenwärtig zeitigt, nötigen dazu, die Meeresflächen schärfer zu gliedern und Unterteile gesondert zu behandeln. So hat man aus der Ostsee oder dem „baltischen Mittelmeer“, wie sie zuweilen genannt wird, neben den schon seit langem als Individuen betrachteten Gebieten des Kattegat, des Finnischen und des Bottnischen Busens in neuerer Zeit die Beltsee, die Ålandssee und das Schärenmeer ausgeschieden. Dadurch ist eine Schwierigkeit in die Nomenklatur eingedrungen, indem nunmehr unter dem Worte Ostsee zwei verschieden ausgedehnte Wasserflächen verstanden werden, einmal das gesamte Meer von der Linie Skagen-Marstrand bis nach Haparanda und St. Petersburg, andererseits aber nur der Rest, der übrig bleibt, wenn man von ihm die genannten Teile abzieht. Es ist der Rumpf, der von Falster bis zu den Ålandsinseln und zum Eingang des Finnischen Meerbusens reicht und den man im Gegensatz zur gesamten Ostsee des öfteren als „eigentliche Ostsee“ bezeichnet hat. Durch diese doppelte Verwendung des Namens Ostsee ist mancherlei Unklarheit in die Literatur eingedrungen und immer dringender wird es, auch dieser Wasserfläche einen eigenen Namen beizulegen. Ungefähr in ihrer Mitte ist die große Insel Gotland gelegen, und das Gotlandbecken, das im Süden bis auf die Höhe von Memel reicht, drückt ihr das ozeanographische und morphologische Gepräge auf. Wir wollen sie deshalb die „Gotlandssee“ nennen, die uns zugleich daran erinnert, daß Götaland weithin ihre westliche Küste bildet.

Ihren eigentlichen Charakter verliert die Gotlandsee bei Bornholm. Der Zentralausschuß für die internationale Erforschung der nordeuropäischen Meere hat im Einverständnis mit Krümmel in die Beltsee nicht die Gewässer

zwischen Bornholm und der Linie Darss—Falster einbezogen, ferner auch nicht den Sund, obwohl viele hydrographische und physiographische Erscheinungen, namentlich was den Sund angeht, dafür sprechen. Vielleicht scheidet man später nach weiterem Fortgang der Untersuchungen eine „Arkonasee“ aus, die den weiteren Umkreis des Arkonabeckens umfaßt und von Bornholm bis zur Darsser Schwelle reicht; einstweilen wollen wir aber diese Fläche trotz ihrer starken individuellen Züge in die Gotlandsee einbeziehen. Wir unterscheiden demnach als Teile der Ostsee das Kattegat, die Beltsee und den Sund, die Gotlandsee, den Finnischen und den Bottnischen Busen einschließlich Ålandsee und Schärenmeer. Das Umland dieser Ostsee fassen wir mitsamt der Wasserfläche als Baltikum zusammen.

Bisherige Arbeiten über den Wasserhaushalt der Ostsee. Über den Wasserhaushalt der Ostsee liegen bereits von Murray und Fritzsche allgemeinere Vorstudien vor, von Krümmel und Keller speziellere Untersuchungen. Murray leitete für eine Reihe von Flußgebieten der Ostsee die Niederschlagsmengen aus den Regenkarten von Loomis her und berechnete daraus die Abflußmengen; über die Art der Berechnung hat er aber nichts veröffentlicht<sup>1)</sup>. Da seit dem Erscheinen der seinerzeit sehr verdienstvollen Arbeit von Murray zweieinhalb Jahrzehnte verstrichen sind, so ist klar, daß bei der reichen Mehrung, die der Beobachtungsschatz seitdem gerade auf diesem Gebiete erfahren hat, die Grundlagen der Murrayschen Zahlen veraltet sind und die aus ihnen hergeleiteten Resultate bei einer Neubearbeitung zu verändern waren. Eine solche wurde von R. Fritzsche unternommen<sup>2)</sup>. Er führt Abflußmengen für Newa, Düna, Memel, Pregel, Weichsel und Oder auf und teilt zugleich ausführlich seine Quellen mit. Für das deutsche Gebiet bot meistens das gute Material der Stromwerke die Grundlage. Allein Fritzsche übersah, daß die in ihnen berechneten Abflußmengen sich auf Pegelstrecken beziehen, die ein Stück oberhalb der Mündung gelegen sind und sich nicht auf das gesamte Stromgebiet erstrecken, dessen Arealzahlen er in die Rechnung einstellt. Durch diesen Irrtum hat er durchgehends einen zu großen Abflußfaktor erhalten, was für ein vergleichsweise so kleines Sammelgebiet, wie es die Ostsee verkörpert, in die Wagschale fällt. Hierzu kommt, daß Fritzsche seine An-

<sup>1)</sup> J. Murray, On the total annual rainfall on the land of the globe, and the relation of the rainfall to the annual discharge of rivers. Scottish Geographical Magazine, Band III. Edinburgh 1887.

<sup>2)</sup> R. Fritzsche, Niederschlag, Abfluß und Verdunstung auf den Landflächen der Erde. Zeitschrift für Gewässerkunde, Band 7. Leipzig 1905.

gaben über die Größe der Einzugsgebiete planimetrisch auf Grund einer Karte vom Maßstab 1 : 13 500 000 berechnet hatte, in die von ihm nach der 9. Auflage von Stieler's Handatlas die Stromareale mit den Wasserscheiden eingetragen waren; es geschah, um eine einheitliche Grundlage für seine die ganze Erde umspannenden Berechnungen zu schaffen. Für die Ostsee aber ist dieses Verfahren zu roh. Aus diesen beiden Gründen konnten Fritzsches Angaben nicht übernommen werden.

Der erste, der lediglich die Ostsee zum Gegenstand einer Bearbeitung ihrer Wasserbilanz nimmt, ist Krümmel<sup>1)</sup>. Er kommt zu dem Ergebnis, daß 490 km<sup>3</sup> Süßwasser jährlich der Höhlform zugeführt werden, hierin sind jedoch 79 km<sup>3</sup> jährlichen Niederschlages auf der See nicht mit einbezogen, von denen Krümmel annimmt, daß sie im Laufe eines Jahres wieder verdunsten. Aus der Größe des Areals, das Krümmel zugrunde legt, ersieht man, daß er die Fläche des Skagerrak mit verrechnete, während er sie bei den übrigen Faktoren ausgeschieden hat. Durch dieses Versehen ist in die Ausgleichung eine größere Ungenauigkeit eingedrungen, die sich nicht beseitigen läßt, da Krümmel nicht ausführlich die einzelnen Posten seiner Ableitung mitteilt, sondern nur eine Überschlagsrechnung vorgenommen hat.

Auch Keller, dem eine zweite Schätzung der Bilanz unseres Gebietes zu danken ist, übermittelt nicht die einzelnen Faktoren. Sein Resultat ist, daß jährlich etwa 400—500 km<sup>3</sup> Süßwasser „in die eigentliche Ostsee“ fließen.<sup>2)</sup>

Da, wie aus den vorstehenden Angaben zu ersehen, keine ins Einzelne gehende Bilanz für den Wasserhaushalt der Ostsee vorliegt, so war es nötig, in der vorliegenden Arbeit die für Teilgebiete vorhandenen Beobachtungen und Berechnungen zusammenzuarbeiten und für die Lücken, die sich hierbei ergaben, Überschlagsrechnungen vorzunehmen. Diese durch genauere Ableitungen auszufüllen, muß späteren Untersuchungen vorbehalten bleiben, der gegenwärtige Augenblick wäre hierzu bei der raschen Zunahme an Beobachtungsmaterial recht ungeeignet.

**Areal und Volumen der Ostsee.** Für die Größe des Areals, das der Wasserspiegel der Ostsee okkupiert, liegen neben älteren Berechnungen von Etzel, Krümmel und Ackermann Neuvermessungen von Karstens und Krümmel vor. Ersterer<sup>3)</sup> fand für das „baltische Mittelmeer“ abzüglich des Skagerrak 406 433 km<sup>2</sup>, die von Grund auf durch-

<sup>1)</sup> O. Krümmel, Die deutschen Meere im Rahmen der internationalen Meeresforschung. Berlin 1904.

<sup>2)</sup> In dem Werk: J. Kres, Deutsche Küstenflüsse. Berlin 1911; ferner H. Keller, Das Mittelwasser der Ostsee und der Nordsee. Zentralblatt der Bauverwaltung, Jg. 31. Berlin 1911.

<sup>3)</sup> K. Karstens, Eine neue Berechnung der mittleren Tiefe der Ozeane. Kiel 1894.

geführte Neuberechnung Krümmels<sup>1)</sup> lieferte für die gleiche Fläche 406 720 km<sup>2</sup>. Beide Autoren überliefern nicht, wo sie die Grenze zwischen Skagerrak und Kattegat gezogen haben, doch vermute ich mit Hilfe der Flächenangaben, die Krümmel 1879 für die Zone des Kattegat zwischen 58° und 57° 30' übermittelt<sup>2)</sup> und auf Grund des Vergleiches, den Krümmels Schüler Karstens zwischen den Zahlen Ackermanns und der Erstberechnung Krümmels gezogen hat, daß die Linie Skagens Horn—Marstrand die beiden Wasserflächen scheidet.

Neben diesen Angaben über das Gesamtareal sind einzelne Unterabteilungen der hier behandelten Wasserfläche ihren Arealen nach verrechnet worden. Witting<sup>3)</sup> fand für den Bottnischen Busen 103 600 km<sup>2</sup>, für Schärenmeer und Alandsee 13 530 km<sup>2</sup>, für den Finnischen Meerbusen 29 500 km<sup>2</sup>, während Piccard für den letzteren bei gleicher Begrenzung 29 884 km<sup>2</sup> erhielt<sup>4)</sup>. Ich selber<sup>5)</sup> ermittelte die Ausdehnung des Beltseespiegels zu 19 465 km<sup>2</sup>. Für die Gotlandsee und das Kattegat liegen neuere Spezialberechnungen noch nicht vor.

Die Ermittlung des Volumens hat denselben historischen Gang wie die Arealbestimmung durchgemacht, so daß es genügt, hier kurz die Zahlen zusammenzustellen. Krümmel berechnete 1879 21 822 km<sup>3</sup>, Karstens 1894 22 859 km<sup>3</sup>, Krümmel 1907 22 360 km<sup>3</sup>. Witting fand für den Bottnischen Busen einschließlich Alandsee und Schärenmeer 6733 km<sup>3</sup>, für den Finnischen Busen 1125 km<sup>3</sup>, ich für die Beltsee 279 km<sup>3</sup>. Die Neuberechnung Krümmels legen wir dieser Arbeit zugrunde.

Areal des Einzugsgebietes. Über den Umfang des gesamten Einzugsgebietes der Ostsee liegt seitens Krümmels eine Schätzung zu 1 663 000 km<sup>2</sup> vor. Über einzelne Teile bringt Rolf Witting Daten. Das Einzugsgebiet des Bottnischen Busens umfaßt nach ihm 479 900 km<sup>2</sup>, das des Finnischen 391 000 km<sup>2</sup>. Die Zahl für den Bottnischen Busen wurde auf Roßbergs Karte von Finnland und Roths Karte von Schweden und Norwegen gewonnen, beide im Maßstab 1 : 2 000 000. Für den schwedischen Anteil des Bottnischen Busens hat das vor wenigen Jahren zu

1) O. Krümmel, Handbuch der Ozeanographie, Band I. Stuttgart 1907.

2) O. Krümmel, Versuch einer vergleichenden Morphologie der Meeresräume. Leipzig 1879.

3) R. Witting, Der Bottnische Meerbusen. Finnländische hydrographische-biologische Untersuchungen Nr. 2. Helsingfors 1908.

R. Witting, Zusammenfassende Übersicht der Hydrographie des Bottnischen und Finnischen Meerbusens und der nördlichen Ostsee. Ebenda Nr. 7. Helsingfors 1912.

4) E. Piccard, Beiträge zur physischen Geographie des finnischen Meerbusens. Kiel 1906.

5) H. Spethmann, Tiefenkarte der Beltsee. Petermanns geographische Mitteilungen, Band 57. Gotha 1911.

Stockholm gegründete hydrographische Bureau eine Neuberechnung der Flußgebiete auf Grund der topographischen Landesaufnahme vorgenommen, doch sind die zahlreichen Flußgebiete unter 200 km<sup>2</sup> nicht in der tabellarischen Zusammenstellung berücksichtigt worden<sup>1)</sup>. Deshalb können keine neuen Werte in Wittings Zahlen für den Bottnischen Busen eingesetzt werden, die sehr wahrscheinlich auch nur eine geringe Änderung bringen würden. Wie die Zahlen für den Finnischen Busen von Witting im einzelnen gewonnen wurden, ist nicht klar zu ersehen, eine Nachprüfung im großen an der Hand der gleich zu erwähnenden Tilloschen Zahlen macht mir ihren Wert sehr wahrscheinlich, so daß ich sie in Ansatz gebracht habe. Für die Flüsse, die sich auf dem Rest des russischen Küstengebietes zur Gotlandsee bewegen, hat v. Tillo neue Ausmessungen geliefert<sup>2)</sup>. Nach ihm entwässert die Düna 84 441 km<sup>2</sup>, die übrigen Flüsse decken nach einer Berechnung, die ich nach der Feldermethode auf Kupffers Karte 1 : 2 250 000 der Höhen und Gewässer von Est-, Liv- und Kurland vorgenommen habe<sup>3)</sup>, insgesamt 68 068 km<sup>2</sup>, so daß sich der noch fehlende festländische Anteil Rußlands auf 152 509 km<sup>2</sup> beläuft.

Die Areale der Gerinne, die auf deutschem Küstengebiet die Ostsee erreichen, lassen sich recht schnell aus den jetzt vollständig für unser Gebiet vorliegenden Stromwerken zusammenstellen, so daß die mühsame Ableitung mit Hilfe der Flächenangaben seitens des preußischen Ministeriums der Landwirtschaft (1893) nunmehr fortfällt. Es entwässern 453 779 km<sup>2</sup> an der deutschen Küste zur Ostsee. Für die gegenüberliegende schwedische Küste kommen abzüglich der Küste des Bottnischen Meerbusens 139 350 km<sup>2</sup> in Frage. Sie sind aus dem schon erwähnten neuen schwedischen Jahrbuch von mir derart hergeleitet, daß aus ihm die Flußgebiete von über 200 km<sup>2</sup> entnommen und auf 151 000 km<sup>2</sup>, d. h. um 8%, vermehrt wurden, eine Zahl, die der Wirklichkeit auf Grund der Berechnungen in anderen schwedischen Flußgebieten recht nahe kommen dürfte. Für das von Dänemark in Betracht kommende Küstengebiet liefert die amtliche dänische Statistik von 1906 auf Grund einer Planimetrierung für die Inseln von Bornholm bis Skagen 13 502 km<sup>2</sup>. Den Anteil Jütlands schätze ich mit Hilfe der Feldermethode auf einer oro-hydrographischen Karte von Dänemark im Maßstab 1 : 2 250 000 auf 8790 km<sup>2</sup>. Die Grenze im Limfjord ist bei Aalborg gezogen.

<sup>1)</sup> Hydrografiska Byrån, Årsbok I, 1908—1909. Stockholm 1911. Ebenso A. Wallén, Sveriges Vattenområden och deras hydrografiska Undersökning, Ymer, 32. Jg. Stockholm 1912.

<sup>2)</sup> Mitgeteilt in: A. Supan, Die Bevölkerung der Erde, XIII, Europa. Gotha 1909.

<sup>3)</sup> K. R. Kupffer, Baltische Landeskunde. Riga 1911.

Außer den schon genannten Flächen kommt noch das Abflußgebiet einer Anzahl schwedischer, finnischer und russischer Inseln in Frage, namentlich von Gotland, Öland, Dagö, Ösel und den Alandsinseln nebst den benachbarten Schären. Das Einzugsgebiet des Schärenmeeres hat Witting zu 7,4 km<sup>2</sup> bereits berechnet, Öland, Gotland, Fårö und Sandön okkupieren nach der offiziellen schwedischen Statistik (Stockholm 1906) 4505 km<sup>2</sup>, Dagö, Ösel und die benachbarten kleineren Inseln wurden von mir unter Benutzung der veralteten Angaben von Strelbitzky zu 2800 km<sup>2</sup> geschätzt.

Als Areal des Einzugsgebietes ergeben sich demnach 1657792 km<sup>2</sup>, rund 5000 km<sup>2</sup> weniger als Krümmels Rechnung lieferte.

Zuflußmenge. I. Bottnischer und Finnischer Busen. Für das Einzugsgebiet des Bottnischen Busens sind für eine Anzahl von Gerinnen Abflußmessungen vorhanden. Wallén<sup>1)</sup> berechnete für den Dalelf aus Beobachtungen, die 1899, 1901—02 und 1905 hydrotachymetrisch vorgenommen waren, den Abflußfaktor auf 73%, die jährliche Gesamtmenge auf 11,87 km<sup>3</sup>. Lindström<sup>2)</sup> fand für den Angermanelf 0,00013 km<sup>3</sup>, Ahlenius<sup>3)</sup> auf Grund von Appelbergs Zahlen für den gleichen Fluß 0,032 km<sup>3</sup>. Die beiden Werte sind recht verschieden, doch kommt dem jüngeren eine größere Wahrscheinlichkeit zu. Neuerdings gibt das erste Jahrbuch des schwedischen hydrographischen Bureaus eine Zusammenstellung aller älteren Strommessungen, denen sich Mitteilungen über solche aus neuester Zeit anschließen. Die Auswertung dieser Zahlen wäre jetzt verfrüht, da die Beobachtungen noch nicht abgeschlossen sind; sobald dieses geschehen, werden sie die Abflußmenge des schwedischen Einzugsgebietes der Ostsee bedeutend sicherer als gegenwärtig zu bestimmen ermöglichen. Außerdem übermittelt Witting noch die Ergebnisse einer Anzahl von Messungen<sup>4)</sup>, die für einzelne Jahre umgerechnet sind. An Abflußfaktoren fand er für den Dalelf 1904: 78%, 1905: 73%, für den Kumo Elf 1904: 65%, 1905: 76%, für den Lappo Elf 1903: 63%, für den Uleå Elf 1904: 76%, 1905: 73%, für den Kemi Elf 1904: 95%, 1905: 97%. Das Fazit der verschiedenen Einzelangaben, denen natürlich nur

<sup>1)</sup> A. Wallén, Regime hydrologique du Dalelf. Bulletin des geologischen Instituts, VIII. Upsala 1908.

<sup>2)</sup> A. Lindström, Jordslagen inom Vesternorrlands Län. Sveriges geologisk Undersökning. Ser. C. No. 92. Stockholm 1888.

<sup>3)</sup> Ahlenius, Angermanälvens Flodområde. Upsala 1903.

<sup>4)</sup> Kürzlich hat das finnländische hydrographische Bureau weitere veröffentlicht in der Zusammenstellung: Förteckning öfver Finlands viktigare Forsar. Helsingfors 1911.

ein approximativer Wert zukommt, ist, daß der Abflußfaktor von etwa 70 an der Südgrenze des Gebietes bis fast auf 97 an der Nordgrenze steigt, wobei aber zu bedenken ist, daß wir namentlich bei den Flächen mit sehr hohen Abflußfaktoren über den Niederschlag im Quellgebiet der Flüsse nur unsicher orientiert sind. Eine auf dieser Grundlage von Witting für das Gebiet des Bottnischen Meerbusens durchgeführte Rechnung ergab für 1904 182 km<sup>3</sup>, für 1905 199 km<sup>3</sup> Speisung seitens des Landes. Wir führen demnach 190 km<sup>3</sup> in die Rechnung ein. Ebenso liegt für den Finnischen Busen eine Berechnung von Witting vor, die auf einer Anzahl mir nicht zugänglicher Quellen beruht. Sie gab 122 km<sup>3</sup> jährliche Zufuhr durch Flüsse. Um ein Bild des Abflußfaktors zu geben, sei mitgeteilt, daß für das Saima-Gebiet die Kommission zum Studium der Überschwemmungen in Finnland für die Jahre 1889—1899 den Abflußfaktor 34,3 fand<sup>1)</sup>, ein Wert, der dem älteren von Juselius vorzuziehen ist. Für den Kymmene-elf ermittelte Blomqvist einen jährlichen mittleren Abflußfaktor von 54%<sup>2)</sup>. Für die Neva berichtet Woeikoff in dem Werke: „Klimate der Erde“, wohl nach den Messungen von Boguslawsky, 94 km<sup>3</sup> jährlichen Abfluß.

2. Die deutsche Küste. Nach Koppins vorläufigen Berechnungen ist P. Graeve der erste, der für die Memel bei Tilsit auf Grund „amtlicher Mitteilungen“ 600  $\frac{\text{cbm}}{\text{sec}}$  als Abflußmenge feststellt, die nach ihm 18,92 km<sup>3</sup> im Jahr entspricht<sup>3)</sup>. Franzius und Sonne geben 608  $\frac{\text{cbm}}{\text{sec}}$  an<sup>4)</sup>, die im Jahre 19,17 km<sup>3</sup> ausmachen. Das Stromwerk bringt eine sehr genaue Berechnung<sup>5)</sup>. Sie wurde aus der Wasserstandsdauerlinie gewonnen, hergeleitet aus den Tilsiter Pegelbeobachtungen unterhalb der Juramündung und aus den Werten für die äußersten Wasserstände. Aus diesen beiden Kurven wurde die Mengenlinie konstruiert, aus der die Dauerlinie für die Wassermengen gezogen wurde. Sie ergab durch planimetrische Ausmessung als mittleren jährlichen Abfluß 22,62 km<sup>3</sup>. Hierbei blieb jedoch der Eisstau unberücksichtigt, der auf Grund von Vergleichen mit der Weichsel zu etwa 33% während des hydrologischen Winters angesetzt wurde, so daß sich nach Einfügung dieses Quotienten die mittlere Abflußmenge zu 17,88 km<sup>3</sup> im Jahre herausstellte. Sie entstammt einem Nieder-

<sup>1)</sup> Amtlicher Bericht: Die Überschwemmungen in Finnland in den Jahren 1889—1899. Fennia 19, 1. Helsingfors 1903.

<sup>2)</sup> E. Blomqvist, Kymmeneälf och dess Vattensystem. Bidrag til Finlands Hydrografi. Helsingfors 1911.

<sup>3)</sup> P. Graeve, Über den Wasserreichtum der deutschen Ströme und dessen Verteilung. Der Zivilingenieur, N. F., Band 25. Leipzig 1879.

<sup>4)</sup> Franzius und Sonne, Handbuch des Wasserbaues. Leipzig 1892.

<sup>5)</sup> H. Keller, Memel-, Pregel- und Weichselstrom. Berlin 1899.

schlagsgebiet von 91 252 km<sup>2</sup>, in dem jährlich im Mittel 578,6 mm Niederschlag fallen, so daß der Abflußfaktor 33,9% beträgt.

Für den Pregel finden sich weder gute Daten aus früherer Zeit vor, noch bietet das Stromwerk genaue Zahlen. Das letztere bringt nur die Abflußmenge bei Mittelwasser, 60  $\frac{\text{cbm}}{\text{sec}}$  oder 1,89 km<sup>3</sup> im Jahre, die erfahrungsgemäß geringer ist als die mittlere Abflußmenge. Seit einigen Jahren haben oberhalb der Stromteilung bei Tapiaw zahlreiche Messungen stattgefunden, aus denen Keller 154 mm Abflußhöhe für eine Gebietsfläche von 13 595 km<sup>2</sup> ableitete<sup>1)</sup>, was einem jährlichen Abfluß von 2,09 km<sup>3</sup> entspricht. Der Abflußfaktor ist 26,6%, da die jährliche Niederschlagshöhe im Pregelstromgebiet 580 mm beträgt.

Spittel überliefert für verschiedene Pegelstationen der Weichsel Wassermengen und mittlere Geschwindigkeiten<sup>2)</sup>, doch ist aus den Angaben nicht der mittlere Pegelstand zu ersehen und demgemäß auch keine rohe Schätzung vorzunehmen. P. Graeve führt für die Wassermenge bei der Montauerspitze 937  $\frac{\text{cbm}}{\text{sec}}$  an, die gleiche Zahl legen Franzius und Sonne für die Berechnung des jährlichen Wasserabflusses auf 29,5 km<sup>3</sup> zugrunde. Das Stromwerk stützt sich auf direkte Messungen und hat die gleiche Methode wie bei dem Memelstrom eingeschlagen. Es fand auf Grund der vierzigjährigen Reihe von 1851—1890 für den ungeteilten Strom oberhalb der Montauerspitze 30,52 km<sup>3</sup> Wasserabfluß aus einer Fläche von 193 014 km<sup>2</sup>. Da in dieser die Niederschlagshöhe sich auf 620,1 mm beziffert, beträgt der Abflußfaktor 25,5%.

Die Wassermenge des Oderstromes, die sich oberhalb Stettins zwischen Greifenhagen und Mescherin bewegt, stellte Herr zu 7869 Kubikfuß in der Sekunde fest<sup>3)</sup>. An einer anderen Stelle der gleichen Arbeit werden freilich 3871 Kubikfuß in die Rechnung eingeführt. P. Graeve teilt 410  $\frac{\text{cbm}}{\text{sec}}$  für die Oder unterhalb der Warthemündung mit, was im Jahre 12,9 km<sup>3</sup> ausmacht. Da das Stromwerk über die Oder<sup>4)</sup> noch keine exakten Messungen für das ganze Stromgebiet oder größere Teile von ihm lieferte, so schätzte Penck mit Hilfe von Vergleichen mit der Elbe und Moldau das Abflußquantum für das gesamte Oderstrom-Gebiet zu rund 17,9 km<sup>3</sup> <sup>5)</sup>. Fritzsche

<sup>1)</sup> H. Keller, Abflußerscheinungen in Mitteleuropa. Jahrbuch für Gewässerkunde, Besondere Mitteilungen, Band I, Nr. 4. Berlin 1906.

<sup>2)</sup> Spittel, Nachrichten über die Ströme des preußischen Staates. 6. Der Weichsel- und Nogatstrom. Zeitschrift für Bauwesen, Jg. XII. Berlin 1862.

<sup>3)</sup> Herr, Der Oderstrom mit seinen Ausflüssen in die Ostsee im Regierungsbezirk Stettin. Zeitschr. f. Bauwesen, Jahrg. XIV. Berlin 1864.

<sup>4)</sup> Der Oderstrom, sein Stromgebiet und seine wichtigsten Nebenflüsse. Berlin 1896.

<sup>5)</sup> A. Penck, Der Oderstrom. Geographische Zeitschrift, Bd. V. Leipzig 1899.

bestätigte diese Zahl durch Auswertung einer größeren Zahl von Pegelbeobachtungen, die die Landesanstalt für Gewässerkunde inzwischen veröffentlicht hatte<sup>1)</sup>. Neuerdings sind sorgfältige Abflußmessungen bei Hohensaathen vorgenommen, die das beste Material liefern<sup>2)</sup>. Nach ihnen ergibt sich die Abflußmenge aus einem 109 500 km<sup>2</sup> großen Gebiet zu 16,43 km<sup>3</sup>. Da in ihm 588 mm mittlerer Niederschlag im Jahre zu Boden fällt, so ist der Abflußfaktor gleich 25,5%.

Für die Abflußmessungen der deutschen Küstengebiete liegen recht ungleichwertige Daten vor, dagegen ist die Höhe des jährlichen Niederschlags gut bekannt, so daß es mit Hilfe der Formel, die Ule für den Abfluß des norddeutschen Tieflandes entwickelt hat<sup>3)</sup>, möglich gewesen wäre, das noch fehlende Abflußquantum zu berechnen. Ich habe die Stichtichtigkeit der Uleschen Formel  $y = 25,88 x - 0,108 x^2 + 0,234 x^3$  geprüft an einer Reihe von Flußgebieten des norddeutschen Flachlandes, deren Abflußmengen erst nach dem Erscheinen der Uleschen Arbeit bekannt wurden und deren Zusammenstellung H. Keller zu danken ist. Das Ergebnis des Vergleiches zwischen Berechnung und Beobachtung für Obere Netze, Ossa, Warthe, Drewenz, Untere Netze, Masurische Seen, Schwarzwasser, Alle, Havel, Ferse, Küddow, Ihna, Drage, Persante, Rega und Stolpe, also für Flüsse aus verschiedenen Gegenden, zeigte ganz erhebliche Abweichungen, so daß die Berechnung der noch fehlenden Abflußmenge mir auf mathematischem Wege nicht geboten schien. Ich habe deshalb den Weg einer Überschlagsrechnung beschritten und schätze aus den Küstenflüssen, deren Abflußmenge bekannt ist, einen mittleren Abflußfaktor von 35%. Über diesen hinaus gehen die Gewässer Schleswig-Holsteins, deren Abflußfaktor im Küstenstromwerk auf 40% veranschlagt wird, ebenso die hinterpommerschen Küstenflüsse, über die von Kellers Hand eine Zusammenstellung in seiner Arbeit über Niederschlag, Abfluß und Verdunstung von Mitteleuropa vorliegt, die aber in einigen Punkten vom Küstenstromwerk abweicht. Auch die Trave geht mit 38% über den angenommenen Faktor hinaus, während die Warnow ihn mit 26% und vor allen Dingen die Zuflüsse zu den Haffden der Provinzen Ost- und Westpreußen bei weitem nicht erreichen. Die mittlere Niederschlagshöhe schätze ich auf Grund von Helimanns Regenkarte auf 675 mm, dabei bedenkend, daß die in Schleswig-Holstein über 800 mm jährlichen Niederschlag hinausgehenden Gebiete bei längeren Beobachtungsreihen unter diesen Wert

<sup>1)</sup> Jahrbuch für Gewässerkunde Norddeutschlands, Abflußjahr 1901. Berlin 1904.

<sup>2)</sup> H. Keller, Niederschlag, Abfluß und Verdunstung in Mitteleuropa. Jahrbuch für Gewässerkunde Norddeutschlands, Besondere Mitteilungen I, 4. Berlin 1906.

<sup>3)</sup> W. Ule, Niederschlag und Abfluß in Mitteleuropa. Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde. Bd. 14. Stuttgart 1903.

hinabsinken<sup>1)</sup>. Mit dieser Annahme, die unter der Gennerichs mit gegen 700 mm mittleren Niederschlag und einem Abflußfaktor von 39,3% bleibt<sup>2)</sup>, erhalte ich für das mit Inseln und Nehrungen 46 418 km<sup>2</sup> große Areal bei einer Abflußhöhe von 236 mm 10,9 km<sup>3</sup> Oberflächenwasser, die sich aus dem deutschen Küstengebiet ins Meer ergießen, und 77,8 km<sup>3</sup> für die gesamte Fläche, die von Nimmersatt bis zur deutsch-dänischen Grenze der baltischen Hohlform tributär ist.

Da die Rechnung nur einen angenäherten Wert geliefert haben kann, so habe ich eine Korrektur fortgelassen, die später, wenn genauere Daten vorliegen, unbedingt anzubringen ist. Auf den Wasserscheiden der Küstenflüsse liegen nämlich größere abflußlose Flächen, die bei der Arealbestimmung der Flußgebiete aufgeteilt sind; desgleichen sind die abflußlosen Hohlformen der Sölle, die zwar klein sind, aber durch ihre Menge doch ins Gewicht fallen, nicht ausgeschieden worden. Ich habe an anderer Stelle gezeigt, daß auf Rügen gegenwärtig 1½% des Landes abflußlos sind und daß dieser Fehler für das ganze Küstengebiet in Ansatz zu bringen ist<sup>3)</sup>.

3. Rest der russischen Küste, dänische und südschwedische Küste. Auf das fehlende Stück russischen Einzugsgebietes mitsamt den vorgelagerten Inseln übertragen wir den Abflußfaktor 34% der Memel<sup>4)</sup>. Setzen wir auf Grund der 15 jährigen Mittelwerte von Stresnewsky, die Kupffer mitteilt, 565 mm als durchschnittliche Niederschlagshöhe, so erhalten wir als Abflußhöhe 192 mm und als jährliche Abflußmenge 29,8 km<sup>3</sup> Süßwasser. Die Einzugsmenge im Schärengebiet ist so gering, daß sie mit einer Dezimale nicht ausgedrückt werden kann.

Für das gesamte dänische Gebiet legen wir den Abflußfaktor von Schleswig-Holstein, 40%, zugrunde. Bei einem Areal von 22 292 km<sup>2</sup> und einem mittleren Niederschlag von 600 mm finde ich 240 mm Abflußhöhe und 5,4 km<sup>3</sup> Abflußmenge.

Über den Abfluß von Südschweden sind in dem ersten Jahrgang vom Jahrbuch des schwedischen hydrographischen Bureaus eine Anzahl Abflußmengen in  $\frac{\text{cbm}}{\text{sec}}$  niedergelegt. Soweit sie sich auf die ganzen Strom-

<sup>1)</sup> Th. H. Engelbrecht, Bodenanbau und Viehstand in Schleswig-Holstein. Kiel 1905 und 1907.

<sup>2)</sup> E. Gennerich, Die Flüsse Deutschlands. Zeitschrift für Gewässerkunde, Bd. 8, Dresden 1907.

<sup>3)</sup> H. Spethmann, Die Größe des oberirdisch abflußlosen Gebietes der Insel Rügen. Petermanns Mitteilungen, Jg. 58. Gotha 1912.

<sup>4)</sup> Der Wert von 6,12 km<sup>3</sup> p. a., den Sapunow für das Dünagebiet nach Krahmers Referat in Petermanns Mitteilungen, 79, 1894, Lit.-Ber. S. 84, überliefert, erscheint mir viel zu niedrig.

gebiete erstrecken, habe ich sie in jährliche Abflußmengen umgerechnet und die folgenden Werte gewonnen: für Helgeå Schwankung zwischen 0,2 und 0,5 km<sup>3</sup>, für Lagan 1,4 km<sup>3</sup>, für Nissan 1,6 km<sup>3</sup>, für Atran 1,3 km<sup>3</sup>. Auf Grund der Untersuchungen an Lagan und Nissan legte Wallén für das ganze südwestliche Schweden einen Abflußkoeffizienten von 45—60% als wahrscheinlich nahe<sup>1)</sup>. Der Abfluß aus dem Wenersee schwankt nach dem gleichen Autor zwischen 700 und 200  $\frac{\text{cm}}{\text{sec}}$ , was einem Abfluß von 10 bis 15 km<sup>3</sup> p. a. entsprechen dürfte<sup>2)</sup>. Als mittleren Abflußfaktor Südschwedens darf man vorläufig wohl 45% ansetzen. Die mittlere Niederschlagshöhe läßt sich durch Auswertung der zusammenfassenden Arbeit, die H. E. Hamberg 1911 über den Niederschlag Schwedens auf Grund fünfzigjähriger Registrierungen veröffentlichte, schon ziemlich genau ermitteln; einstweilen seien nach einer Schätzung 570 mm in die Rechnung eingeführt, so daß sich eine Abflußhöhe von 256,5 mm und ein jährlicher Gesamtabfluß von 38,7 km<sup>3</sup> ergibt. Für die schwedischen Inseln der Gotlandsee wird die Niederschlagshöhe dagegen nur 450 mm im Mittel ausmachen, so daß wir bei einem Abflußfaktor von 45% eine Abflußhöhe von 202 mm und eine jährliche Abflußmenge von 0,9 km<sup>3</sup> erhalten.

4. Gesamtmenge des oberirdischen Zuflusses und seine Verteilung. Nachdem wir so die wahrscheinlichen Abflußmengen einzelner Gebiete behandelt haben, seien die Ergebnisse zunächst zusammengestellt. Es fließen jährlich ab an den Küsten

	Abflußmenge <sup>1</sup> an d. ges. in km <sup>3</sup>	Prozent Menge	Einzugs- areal	1 km <sup>3</sup> auf
des Bottnischen Busens .	190,0 km <sup>3</sup>	41	479 907 km <sup>2</sup>	2555 km <sup>2</sup>
des Finnischen Busens .	122,0 „	26	391 000 „	3205 „
Rußlands zwischen Spit- hamm u. Nimmersatt	29,8 „	6	155 309 „	5212 „
des deutschen Reiches .	77,8 „	17	453 779 „	5833 „
Dänemarks . . . . .	5,4 „	1	22 292 „	4128 „
Südschwedens . . . . .	39,6 „	8	155 505 „	3674 „
	<hr/> 464,6 km <sup>3</sup>	99	1 657 792 km <sup>2</sup>	3568 km <sup>2</sup>

Insgesamt werden 464,6 km<sup>3</sup> Oberflächenwasser vom Lande her alljährlich in die Ostsee geführt<sup>3)</sup>. Die

<sup>1)</sup> A. Wallén, Till Kännedomen om Lagans och Nissans hydrografi. Ymer, Bd. 27, Stockholm 1908.

<sup>2)</sup> A. Wallén. Vänerns Vattenstandsvariationer. Medd. fran hydrogr. Byran 1. Stockholm 1910.

<sup>3)</sup> Die Dezimalen besitzen natürlich immer nur rechnerischen Wert.

Prozentzahlen für die einzelnen Teilgebiete sind in der vorstehenden Tabelle angegeben; man sieht, daß die Küsten des bottnischen Busens mit 41% am meisten Wasser spenden, während sich der Anteil der deutschen Küsten auf nur 17% beläuft. Leider sind die vorhandenen Angaben über die Küstenlänge der einzelnen Staaten zu ungleichwertig, als daß ein Koeffizient zwischen Küstenlänge und Abflußhöhe abgeleitet werden könnte. Dagegen lassen die Beziehungen zwischen Abflußhöhe und Einzugsareal den wichtigen Zug erkennen, daß die Abflußhöhe von Norden nach Süden beträchtlich abnimmt. Kommt 1 km<sup>3</sup> Abfluß im Gebiet des bottnischen Busens schon auf 2555 km<sup>2</sup> des Einzugsareales, so erst auf 5833 km<sup>2</sup> im Deutschen Reich, soweit es der Ostsee tributär ist. Diese Abnahme schreitet, wie die Tabelle erkennen läßt, regelmäßig von Norden nach Süden vor und spiegelt im großen wieder, was schon aus den im einzelnen mitgeteilten Abflußfaktoren zu erkennen war. In erster Linie dürfte die geringe Verdunstung des Nordens beeinflussend wirken.

Von größerer Wichtigkeit ist es, zu wissen, wie sich die Abflußmengen auf die einzelnen natürlichen Bezirke verteilen. Aus rein praktischen Gründen bewegte sich die Ableitung bisher nicht in diesen Bahnen, da das Einzugsgebiet der Beltsee und des Sundes sich nur annähernd bestimmen läßt, jetzt aber durch Rückschlüsse schärfer gefaßt werden kann. Zu dem Ende habe ich für das Areal des Kattegat Krümmels jetzt schon etwas veralteten Wert von 1879 in die Rechnung eingeführt und die übrigen, eingangs schon mitgeteilten neuen Flächenbestimmungen der Untergebiete verwertet. Dadurch erhielt ich für die Gotlandsee ein Areal von 217 563 km<sup>2</sup>, auf gleiche Weise fand ich ihr Volumen zu 13 568 km<sup>3</sup>. Es macht mehr als die Hälfte der ganzen Ostsee aus und weist nachdrücklich darauf hin, welche beherrschende Stellung die Gotlandsee einnimmt zu den vier übrigen Teilen der Ostsee, deren Areal und Volumen in der Reihenfolge: Bottnischer Busen, Finnischer Busen, Kattegat und Beltsee abnimmt. Dieser Anordnung begegnen wir wieder bei den Einzugsarealen allein wie auch bei ihrer Vermehrung um die Wasserfläche der einzelnen Meeresteile. Beide Größen sind in der vierten und fünften Zahlenkolumne der beigegebenen Tabelle detailliert angegeben; sie weichen in der Gesamtsumme um ein geringes von dem bisher angegebenen Wert ab, was auf die Unsicherheit in der Bestimmung vom Einzugsareal der Beltsee zurückzuführen ist.

So gleichmäßig die Reihenfolge in der Anordnung der einzelnen Meeresteile erscheint, so ergeben sich doch recht große Verschiebungen in ihr, sobald man das wichtige Verhältnis zwischen Einzugsgebiet und Areal der Wasserfläche würdigt. Der Finnische Busen übertrifft mit dem

## Wasserhaushalt

	Areal der Wasserfläche  km <sup>2</sup>	Volumen der Wasserfläche  km <sup>3</sup>	Areal des Einzugs- gebietes  km <sup>2</sup>	Areal von Wasserfläche und Einzugs- gebiet  km <sup>2</sup>	Einzugs- gebiet größer als Areal
Kattegat . . . . .	23 062	655	85 728	108 790	3 : 7
Beltsee . . . . .	19 465	279	18 440	37 905	0 : 9
Gotlandsee mit Öresund	217 563	13 568	682 326	899 889	3 : 1
Finnischer Busen . . .	29 500	1 125	391 000	420 500	13 : 3
Bottnischer Busen mit Ålandsee u. Schären- meer . . . . .	117 130	6 733	479 907	597 037	4 : 1
Ostsee . . . . .	406 720	22 360	1 657 401	2 064 121	4 : 1

Verhältnis 13,3 : 1 weit das Verhältnis 4,1 : 1, das für die Ostsee gilt und ziemlich nahe den Werten für die anderen Meere steht, ausgenommen die Beltsee. Diese besitzt ein Einzugsgebiet, das kleiner als ihr eigenes Areal ist! Geht das starke Überwiegen des Einzugsgebietes vom Finnischen Busen in erster Linie auf das Stromgebiet der Newa zurück, so fehlt bei der Beltsee überhaupt jeglicher größere Zufluß. Dementsprechend ist auch ihre oberirdische Zuflußmenge nur gering, mit 4,5 km<sup>3</sup> steht sie den 122 km<sup>3</sup> des Finnischen Busens gegenüber, der fast die 126 km<sup>3</sup> der Gotlandsee erreicht. Aber selbst diese empfängt nicht den größten Zufluß, sondern wird von dem des Bottnischen Busen noch um ein Drittel übertroffen! Hierin kommt die Höhe der nördlichen Abflußfaktoren am auffallendsten zum Ausdruck. Auch für die einzelnen natürlichen Glieder der Ostsee bestätigt sich der bereits abgeleitete Satz der starken Zunahme des Abflusses nach Norden. Schon 2555 km<sup>2</sup> im Einzugsgebiet des Bottnischen Busen spenden 1 km<sup>3</sup> im Jahr, dann folgen der Finnische Busen und das Kattegat, während die Beltsee und die Gotlandsee den Schluß bilden, die letztere stark beeinflusst durch die Zuflußverhältnisse von deutschem Boden.

5. Zufuhr an Grundwasser; Niederschlag auf der Ostsee. Außer dem Wasser, das oberirdisch der Ostsee zurinnt, kommen noch zwei Quellen für die Speisung in Frage, das unterirdisch zuströmende Grundwasser und der Niederschlag auf dem Meere selbst.

der Ostsee.

Menge des Zuflusses  km <sup>3</sup>	1 km <sup>3</sup> Zu- fluß entfällt auf km <sup>2</sup> des Einzugs- gebietes	Gesamt- zufuhr  km <sup>3</sup>	1 km <sup>3</sup> Gesamt- zufuhr entfällt auf km <sup>2</sup> von Einzugsgebiet und Wasserfläche	Anteil der Gesamt- zufuhr am Volumen  0/00	Zufuhr weniger Verdunstung  km <sup>3</sup>	Anteil von Zufuhr weniger Verdunstung am Volumen  0/00
21 · 8	3 932	31 · 1	3 498	48	26 · 5	40
4 · 5	4 098	12 · 3	3 082	45	8 · 4	28
126 · 2	5 407	213 · 8	4 209	16	170 · 3	13
122 · 0	3 205	134 · 4	3 129	125	128 · 5	111
190 · 0	2 555	237 · 8	2 511	35	214 · 4	31
464 · 5	3 568	629 · 4	3 279	28	548 · 1	24

Über die Menge, die das Grundwasser zuführt, wissen wir so gut wie gar nichts. Immerhin weist aber die starke Entnahme von Grundwasser, die in einer größeren Anzahl von Ostseestädten geschieht, auf eine Bewegung von Grundwasser in die Hohlform hin. Wir wollen sie, freiem Ermessen folgend, auf 0,5 Prozent der oberirdischen Wasserzufuhr seitens des Landes veranschlagen, so daß wir das erhaltene Resultat um 2,3 km<sup>3</sup> vergrößern und als gesamte Zufuhr an Süßwasser vom Lande 466,9 km<sup>3</sup> bekommen.

Die Niederschlagsmengen auf der freien See lassen sich gleichfalls nur schätzen. Wohl besitzt man eine Reihe von Niederschlagsbeobachtungen, die an Leuchttürmen gewonnen wurden, aber die letzteren sind an der Grenze zwischen Wasser und Land unter anderen Kondensationsbedingungen gelegen als wie sie die freie Wasserfläche bietet. Für die hier waltenden Verhältnisse geben die Feuerschiffe eine günstige Basis zum Aufstellen von Regenmessern, die im Maste kardanischn anzubringen wären. Hoffentlich wird auf einigen günstig gelegenen Feuerschiffen, wie Gjedser Riff oder Adlergrund, bald eine vollständige meteorologische Station eingerichtet<sup>1)</sup>. Vorläufig ist man auf die wahrscheinliche Annahme angewiesen, daß auf der freien Ostsee weniger Niederschlag fällt als auf dem Lande. Bewegt sich dieser im allgemeinen zwischen 400 und 700 mm, wobei der randliche Teil meistens zwischen 400 und 600 mm fällt, so wollen wir

<sup>1)</sup> H. Spethmann, Der Forschungsdampfer Poseidon und seine Tätigkeit auf ozeanographischem Gebiet. Globus, Bd. XCVII, No. 13. Braunschweig 1910.

einen jährlichen mittleren Niederschlag von 400 mm in die Rechnung einführen, der für die Ostsee eine jährliche Zufuhr von 162,7 km<sup>3</sup> ergibt.

6. Gesamte Zufuhr an Süßwasser. Somit erhalten wir als jährliche Gesamtsumme von Süßwasser, die die Ostsee empfängt, 629,4 oder abgerundet 630 km<sup>3</sup>. Dieses Ergebnis fällt ungefähr in den Rahmen der um 100 km<sup>3</sup> schwankenden Annahme Kellers, der, wenn ich ihn recht verstehe, den Niederschlag auf der See nicht mit einkalkulierte. Gegenüber Krümmels Resultat ist das meine um rund 60 km<sup>3</sup> größer.

Bei Betrachtung der Gesamtzufuhr bleibt die Gruppierung der Unterbezirke der Ostsee die gleiche, dagegen wechselt der gegenseitige Abstand sehr. Die Zufuhrmenge der Beltsee wächst um das Dreifache, die Gotlandsee bleibt nicht weit vom Doppelten, während die Zufuhrmenge beim Finnischen Busen sich nur um 12 km<sup>3</sup> hebt, ungefähr um die Gesamtmenge, die der Beltsee zukommt. Für diese haben wir bei einem Niederschlag von 650 mm den Abflußfaktor 38% zugrunde gelegt, wahrscheinlich etwas zu niedere Werte. Hinsichtlich des Abflußareales für 1 km<sup>3</sup> vertauschen die verschiedenen Meere ihre Reihenfolge, nur der Bottnische Busen und die Gotlandsee behalten ihre erste resp. letzte Stelle, während die Beltsee auf den zweiten Platz rückt und der Finnische Busen auf den dritten. Der Anteil der Gesamtzufuhr am Volumen bewegt sich zwischen 28 und 48 Promille, sowohl bei der gesamten Ostsee wie bei den Teilgebieten; nur Finnischer Busen und Gotlandsee machen eine Ausnahme. Der erste erhält 125 Promille seines Volumens alljährlich an Wasser zugeführt, die Gotlandsee dagegen nur 16 Promille. Die Gründe gehen auf die schon besprochenen Faktoren der Zuflußmenge und des Volumens zurück, die Tatsachen dagegen sind von weitgreifender ozeanographischer Bedeutung.

Die gesamte Süßwasserzufuhr ist gut 35 mal kleiner als das Volumen der Hohlform der Ostsee. Wäre diese also wasserleer, so müßten 35 Jahre bis zu ihrer Auffüllung zum Niveau des Meeresspiegels vergehen, falls sie gegen jegliche Entnahme von Wasser geschützt wäre. Dieses ist jedoch nicht der Fall, Verdunstung und Abfluß entziehen alljährlich der Hohlform nicht geringe Mengen ihres Inhaltes.

Über Verdunstungsmessungen, die auf der Ostsee ausgeführt wären, sind mir keine Angaben bekannt. Nach dieser Richtung hin öffnet sich noch ein weites und dankbares Feld geographischer Betätigung, sowohl auf jenen Feuerschiffen, die wie Adlergrund oder Fehmarnbelt in einer größeren Wasserfläche gelegen sind, als auch auf denen, die wie Palmer Ort oder Skagens Riff leicht vom Lande erreicht werden können. Um einen Anhaltspunkt für die Verdunstung unseres Gebietes zu gewinnen, müssen daher vorläufig Verdunstungsmessungen, die im Umland der Ost-

see auf größeren Wasserflächen angestellt wurden, übertragen werden. Dabei ist aber zu erwägen, daß in den nördlichen Teilen der Ostsee während eines nicht geringen Teiles des Jahres an Stelle der Verdunstung von Wasser die von Eis tritt.

Zum Vergleich sind in erster Linie die von Stelling nach Beobachtungen in Pawlowsk ausgeführten Berechnungen der Verdunstung wichtig, die Witting bereits auf den Bottnischen Busen übertragen hat. Er findet, daß auf dieser Wasserfläche im Jahre etwa 200 mm verdunsten, fast 50% des Niederschlages, den er für die freie See annimmt. Nermann leitete einen größeren Wert ab, 62% für den Hjalmar während der Jahre 1889 bis 1899 und sogar 70,1 für den Roxen während 1881—1898<sup>1)</sup>. Die Verdunstungsbeobachtungen, die die preußische Landesanstalt für Gewässerkunde auf dem Grimnitzsee angestellt hat<sup>2)</sup>, wie die Berechnungen, die Lütgens für 50—70° nördl. Breite des Atlantischen Ozeans entworfen hat<sup>3)</sup>, möchte ich dagegen nicht zum Vergleich heranziehen, da in beiden Fällen zu große Abweichungen von den natürlichen Verhältnissen der Ostsee vorhanden sind.

Bei der Unsicherheit der Sachlage scheint es mir gegenwärtig geboten, verschiedene Werte für die Verdunstung in die Rechnung einzuführen, und zwar 150 mm, 200 mm und 250 mm. Je nachdem beträgt auf der Ostsee der jährliche Verlust an Wasser 61,0 km<sup>3</sup>, 81,3 km<sup>3</sup> oder 101,7 km<sup>3</sup>. Über weiteren Verlust an Wasser in der Hohlform der Ostsee haben wir keine Anhaltspunkte. Wir wissen nicht, wieviel versickert, wieviel durch Lebewesen verbraucht wird, wieviel durch anorganische Prozesse gebunden wird. Doch dürfte die Umsetzung des Wassers nach dieser Richtung hin auf Grund der Erfahrungen in anderen Gebieten sehr gering sein, so daß der ganze Verlust an Wasser in allererster Linie auf Verdunstung zurückzuführen ist.

Bringen wir die drei oben für sie angenommenen Werte von der jährlichen Süßwasserzufuhr der Ostsee in Abzug, so erhalten wir als Fazit der jährlichen Zufuhr und Verdunstung 527,9 km<sup>3</sup>, 548,3 km<sup>3</sup> oder 568,6 km<sup>3</sup> Süßwasser. Runden wir den mittleren Wert ab, so ist die Bilanz der Ostsee alljährlich 550 km<sup>3</sup> Süßwasser-

<sup>1)</sup> G. Nermann, Studier öfver Vattenförhållandena i svenska sjöar. Ymer XX, Stockholm 1900.

<sup>2)</sup> K. Fischer, Maurers Verdunstungsmessungen an Alpenseen und die Verdunstungsmessungen der preußischen Landesanstalt für Gewässerkunde am Grimnitzsee. Meteorologische Zeitschrift, Bd. 29, Braunschweig 1912.

<sup>3)</sup> R. Lütgens, Ergebnisse einer ozeanographischen Forschungsreise in dem Atlantischen und südöstlichen Stillen Ozean. Aus dem Archiv der Seewarte, 34. Jg., Hamburg 1911.