Resultate der norwegischen Nordmeerexpedition;

von

Hercules Tornøe.

1. Ueber die im Seewasser enthaltene Luft.

Bereits in früheren Jahren sind von Seiten verschiedener Chemiker von Zeit zu Zeit Versuche angestellt worden mit dem Zweck, die Absorption der atmosphärischen Luft durch solche Flüssigkeiten, mit welchen dieselbe im Haushalt der Natur in Berührung kommt, einem genaueren Studium zu unterwerfen; umfassendere Untersuchungen über dies Verhalten des Seewassers im offenen Meere gehören indessen erst den letztverflossenen Jahren an. Freilich liegen auch aus älterer Zeit einige wenige Angaben über die Menge und Zusammensetzung der im Seewasser aufgelösten Luft vor, aber diese beschränken sich gewöhnlich auf ganz vereinzelte Punkte der Küste, und da, wo die Versuche sich auf Wasserproben aus der offenen See erstrecken, sind der Bedenken gegen die Art der Einsammlung und Aufbewahrung des Materials so mancherlei, dass man, ganz abgesehen von den Einwänden, welche gegen die Methoden der Untersuchung erhoben werden können, nicht daran denken darf, diese älteren Resultate mit den mittelst der vollkommeneren Hilfsmittel unserer Zeit gemachten Beobachtungen in gleichen Rang zu setzen.

Wenn derart unsere Bekanntschaft mit der Vertheilung der Luft in den Weltmeeren und ins Besondere in den grösseren Tiefen desselben bis auf die neueste Zeit nur als eine sehr mangelhafte bezeichnet werden kann, so muss der Grund dazu vornehmlich in den vielen Schwierigkeiten gesucht werden, welche sich überall dem Forscher entgegenstellen, wenn er sich an die Behandlung der betreffenden Fragen wagt. Bei den Untersuchungen über die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft sichert die grosse Beweglichkeit dieses Mediums uns das Recht, von den Untersuchungen, die an wenigen Punkten angestellt wurden, auf

die ganze Atmosphäre zu schliessen. In Bezug auf die Luftvertheilung im Seewasser findet eine derartige Erleichterung nicht statt. Hier fordert vielmehr die so weit geringere Beweglichkeit eine grössere Anzahl von Beobachtungen; indem man in diesem Fall der geographischen Vertheilung ganz besonders Rechnung tragen muss. Entweder müsste man also Wasserproben aus fernen Gewässern mit heimbringen, wobei dieselben aber durch das lange Liegen unter allerlei äusseren Einwirkungen leicht ganz unbrauchbar werden; oder der Analytiker müsste seine Untersuchungen unmittelbar nach dem Schöpfen des Wassers am Bord des Schiffes auszuführen suchen, so gut sich das eben unter allen Uebelständen, die aus der Bewegung des Schiffes entspringen, ins Werk setzen liesse. Mag aber auch bei manchem Chemiker der älteren Zeit es nicht am Interesse gefehlt haben, durch solche unterwegs ausgeführte Untersuchungen an der Lösung der Frage nach der Vertheilung der Luft im Meere mit zu arbeiten, so hat es ihnen fast immer an der Gelegenheit dazu gemangelt. Erst bei den in den letzten Jahren häufiger ausgesendeten Expeditionen, bei welchen auch Chemikern die Gelegenheit zur Theilnahme geboten war, konnten die hier besprochenen Verhältnisse in eingehender Weise dem Studium unterworfen werden. Der Zweck dieser Expeditionen war ausschliesslich die wissenschaftliche Erforschung des Meeres, und es wurde darum schon bei ihrer Ausrüstung das volle Gewicht darauf gelegt, die Erreichung dieses Zieles durch die zweckmässigsten Voranstaltungen und sorgfältigsten Vorbereitungen möglichst sicher zu stellen. Es ist deshalb auch unmittelbar einleuchtend, dass diese Expeditionen von der grössten Bedeutung für die chemische Untersuchung des Meeres sein mussten, zumal wenn es sich, wie hier bei der Bestimmung der Gasarten, um solche Beobachtungen handelte, die keinen Aufschub duldeten, sondern nothwendigerweise augenblicklich nach Schöpfen der Wasserprobe zur Ausführung kommen mussten. Naturgemäss muss darum auch den unter solchen Umständen ausgeführten Beobachtungen eine weitaus überwiegende Bedeutung zugesprochen werden in allen den Fragen, welche

über den Gasgehalt des Seewassers aufgeworfen werden können. Trotzdem dürfte es nicht unangemessen erscheinen, wenn wir an dieser Stelle eine kurze Uebersicht über die hier einschlagenden älteren Untersuchungen zu geben versuchen.

Die meines Wissens, frühesten Untersuchungen über den Luftgehalt des Seewassers, wurden 1838 von Frémy¹⁾ mit einigen Wasserproben ausgeführt, die über ein Jahr im Voraus auf der 1836 und 1837 ausgesendeten französischen Expedition der „Bonité“ geschöpft waren. Die Wasserproben bestanden theils aus Oberflächenwasser, theils aus Wasser, welches verschiedenen Tiefen — bis 450 franz. Faden — mittelst eines von Biot angegebenen Apparates²⁾ entnommen war. Bei der Analyse des ausgekochten Gases absorbirte Frémy die Kohlensäure durch Kalilauge und den Sauerstoff durch Phosphor. Die Resultate wurden bereits von Frémy selbst für unzuverlässig angesehen, und stehen mit allen neueren Angaben in so entschiedenem Widerspruch, dass man mit ziemlich grosser Sicherheit annehmen kann, dass der lange, zwischen Schöpfung und Untersuchung liegende Zeitraum sie vollständig unbrauchbar gemacht hat.

Im Jahr 1843 führte Morren³⁾ einige Untersuchungen des Oberflächenwassers bei St. Malo aus, zunächst in der Absicht, den Einfluss des Sonnenlichtes auf die relative Zusammensetzung der vom Wasser absorbirten Luft nachzuweisen. Er kam in dieser Beziehung zu dem Resultat, dass bei hellem Sonnenschein die Sauerstoffmenge am grössten und die Kohlensäuremenge am geringsten war, während umgekehrt bei dunklem überwölkten Wetter die Sauerstoffmenge geringer und die Kohlensäuremenge grösser ausfiel. Die Wasserproben wurden nicht an Ort und Stelle untersucht, sondern nach Rennes geschickt, wo sie von Morren in Kolben von 4,5 Liter ausgekocht wurden. Das

¹⁾ Compt. rend. **6**, 616.

²⁾ Pogg. Ann. **37**, 416.

³⁾ Ann. Chim. Phys. [3] **12**, 5.

ausgekochte Gas wurde durch eine Kautschukleitung in eine Flasche übergeführt, in welcher die Gasarten über Wasser aufgesammelt wurden. Bei der Analyse des Gases benutzte er zur Absorption der Kohlensäure Kalilauge und verbrannte den Sauerstoff mit überschüssigem Wasserstoff. Auch hierbei benutzte er Wasser, welches im voraus mit Luft gesättigt war, als Sperrflüssigkeit; und es ist deshalb nicht zum Verwundern, dass die erhaltenen Resultate ziemlich bedeutende Abweichungen darbieten. Die Sauerstoffmenge variirt nämlich zwischen 39,5 bis 31,0% und beträgt im Mittel 34,7 % der gesammten Sauerstoffstickstoffmenge, während letztere zwischen 20 und 30,5 schwankt, und im Mittel 24,5 Ccm. per Liter des ausgekochten Wassers ausmacht. Wie man hieraus ersieht, entspricht der mittlere Procentwerth des Sauerstoffs sehr genau der später von Bunsen für destillirtes Wasser angegebenen Zahl, während die Werthe, welche Morren als Ausdruck der gesammten Sauerstoffstickstoffmenge anführt, keine bestimmte Bedeutung besitzen, da derselbe nirgends den Barometerstand und die Temperatur angiebt, auf welche er jene Gasvolumina reducirt hat.

Einige Jahr später, 1846, wiederholte Lewy¹⁾ die Morren'schen Untersuchungen mit einigen Wasserproben, welche er bei Langrune, nordöstlich von St. Malo geschöpft hatte, und benutzte dabei, um seine Resultate mit denen seines Vorgängers vergleichen zu können, genau die von ihm beschriebene Arbeitsmethode. Seine Resultate zeigen ebenfalls, besonders wenn man darauf Rücksicht nimmt, dass die Wasserproben alle von demselben Punkte herrühren, nicht unbedeutende, wenngleich viel geringere Abweichungen, welche er, ebenso wie Morren, auf den Einfluss des Sonnenlichtes zurückführte. Die Sauerstoffmenge variirt bei ihm von 35,4 bis 32,4 und beträgt im Mittel 33,6% von der gesammten Sauerstoffstickstoffmenge, während letztere durchschnittlich 17,3 Ccm. per Liter ausmacht, und nie die Grenzen 18,9 und 16,3 überschreitet. Uebrigens hat auch Lewy die Bedeu-

¹⁾ Ann. Chim. Phys. [3] 17. — Ann. Chem. Pharm. 58, 326.

tung der angeführten Gasvolumina nicht genauer fixirt. Da sich ausserdem sinnentstellende Rechenfehler in seine Tabelle eingeschlichen haben, ist die Bedeutung derselben vielfach missverstanden.

Im Jahre 1851 hat ferner A. Hayes¹⁾ einige Bemerkungen über die Vertheilung der Luft im Meereswasser veröffentlicht, ohne indessen seine Originalbeobachtungen mitzutheilen. Ihm zufolge enthält das Wasser aus grossen Tiefen immer beträchtlich weniger Sauerstoff, als das der Oberfläche, eine Regel, die überall, sowohl in der heissen, als in der gemässigten Zone zutreffen soll, mit alleiniger Ausnahme des Golfstromes, wo die starke Bewegung des Wassers das gewöhnliche Gleichgewicht stören dürfte. Er fand ebenso nach Stürmen eine bedeutend grössere Sauerstoffmenge im Oberflächenwasser.

Im Jahre 1855 unternahm M. F. Pisoni²⁾ einige Untersuchungen der Salze des Oberflächenwassers bei Bujuk-Déré und bestimmte gleichzeitig die im Wasser enthaltenen Gasarten. Die Resultate sind in nachfolgender Tabelle zusammengestellt, wobei die Volume auf 0° und 760 Mm. Druck reducirt und in Ccm. per Liter Wasser ausgedrückt sind.

	1.	2.
O + N per Liter	16,0	16,2
O + N = 100	O %	31,4
	N %	68,5

Im Jahre 1869 wurde von England aus die Porcupine-Expedition unternommen, bei welcher zum ersten Mal neben den übrigen wissenschaftlichen Arbeiten auch ausgedehntere chemische Untersuchungen in Vorschlag kamen. Man beschloss nämlich, diese ausgezeichnete Gelegenheit zu benutzen, um durch zahlreiche Versuche sowohl mit Oberflächenwasser, als auch mit Wasser aus grösseren Tiefen

¹⁾ Sillim. Amer. Journ. [2] 11, 241.

²⁾ Compt. rend. 41, 532.

Einsicht in die Schwankungen zu erlangen, welche bei den im Seewasser aufgelösten Gasen sowohl in Bezug auf die absolute, wie auf die relative Menge Statt haben. Um den Fehlern auszuweichen, welche mit Nothwendigkeit sich einschleichen müssen, wenn die für die Gasanalysen bestimmten Wasserproben vor der Untersuchung eine längere Zeit aufbewahrt werden, entschloss man sich dazu, die Gasanalysen am Bord ausführen zu lassen. Zum Aufnehmen der, den grösseren Tiefen entstammenden Wasserproben wurde ein sehr einfacher Wasserholer benutzt, der aus einem hohlen Metalcyylinder mit leicht beweglichen, nach oben aufschlagenden Kegelventilen bestand. Spätere Versuche geben indessen Grund, die Zuverlässigkeit dieses Apparates in Zweifel zu ziehen. Das Auskochen und Aufsammeln der Gasarten stimmte im Wesentlichen mit den früher beschriebenen Versuchen überein. Bei der Analyse wurden zur Absorption der Kohlensäure und des Sauerstoffs Kalihydrat und pyrogallussaures Kali angewendet. Es versteht sich von selbst, dass die in solcher Weise erhaltenen Resultate mit sehr bedeutenden Beobachtungsfehlern behaftet sein mussten, wie sich dies auch auf's Deutlichste in den grossen Abweichungen ausspricht, welche zwischen den von verschiedenen Beobachtern nach diesem Verfahren ausgeführten Versuchen bestehen. Für die Zusammensetzung der aus dem Oberflächenwasser ausgekochten Luft fanden nämlich die drei Chemiker, welche nach einander bei den drei einzelnen Expeditionen, in die das ganze Unternehmen sich theilte, die chemischen Arbeiten ausführten, folgende Zahlen¹⁾:

W. L. Carpenter	31,6 % O zu 68,4 % N.
Hunter	36,4 „ O „ 63,6 „ N.
P. Herbert Carpenter	30,5 „ O „ 69,5 „ N.

Dies sind nur die aus den einzelnen Beobachtungen abgeleiteten Mittelwerthe, aber wie man sieht, sind bereits hier die Abweichungen sehr bedeutend. Bei den Einzelbeobachtungen, welche hier nicht angeführt sind, ist natürlich die Uebereinstimmung noch viel geringer. Als äusserste Grenzen

¹⁾ Proceedings of the Roy. Soc. 18, 397.

der Variation des Sauerstoffgehaltes im Oberflächenwasser werden so z. B. angegeben das Maximum 45,3% und das Minimum 14,0%, beides im Verhältniss zur gesammelten Gasmenge mit Einschluss der Kohlensäure.

Die Chemiker der Porcupineexpedition betrachteten selbst ihre Resultate als nicht ganz zuverlässig, doch nicht so sehr in Folge der Mängel bei der Arbeitsmethode, sondern weil der von ihnen benutzte Wasserholer das Entweichen von Gas zuließ, und sie meinten, eine solche Gasentwicklung voraussetzen zu müssen, wenn Wasser aus grösserer Tiefe den auf ihm lastenden hohen Druck plötzlich mit dem an der Oberfläche herrschenden niedrigeren vertauschte. Sie suchten übrigens auch nach anderen Ursachen, um dadurch die grossen Abweichungen in den Beobachtungen zu erklären. So wurde starken Bewegungen der Meeresoberfläche, seien dieselben nun durch Stürme oder in anderer Weise veranlasst, das Vermögen zugeschrieben, den Sauerstoffgehalt zu vermehren und den Kohlensäuregehalt zu vermindern, und ebenso dem reich entwickelten Thierleben ein sehr grosser Einfluss beigelegt, modificirend auf die Zusammensetzung der im Seewasser aufgelösten Luft einwirken zu können.

Im Jahre 1871 wurde wiederum eine neue Expedition, und zwar von Seiten Deutschlands, ausgesendet, mit dem besonderen Zweck, die Ostsee zu untersuchen. Der ihr beigegebene Chemiker war Dr. O. Jacobsen. Mit den auf den früheren Expeditionen gewonnenen Resultaten vor Augen, beschloss er, bei den Gasbestimmungen weder dem bei der Bonité-, noch dem bei der Porcupineexpedition angewendeten Verfahren zu folgen, sondern einen Mittelweg einzuschlagen, der wohl auch der einzigste sein dürfte, der unter diesen Umständen zuverlässige Resultate zu liefern im Stande ist. Er theilte nämlich die Untersuchung in zwei Theile, indem er die Auskochung der Gasarten als den Theil, der keinen Aufschub leidet, unmittelbar nach dem Schöpfen ausführte, während er die genauere Untersuchung des gewonnenen Gases bis auf die Heimkehr verschob, da er die Unmöglichkeit einsah, am Bord eines Schiffes in offener See eine be-

friedigende Gasanalyse auszuführen. Leider war der Mangel eines zur Aufnahme von Tiefwasserproben geeigneten und zuverlässigen Wasserschöpfers die Veranlassung dazu, dass die Ausbeute des ersten Jahres dieser Expedition in Bezug auf die Gasanalyse sich einfach darauf beschränkte, eine Reihe von Erfahrungen einzusammeln, die bei der im folgenden Jahre in der Nordsee vorgenommenen Expedition verwerthet wurden. Die Mängel des bei der Porcupineexpedition angewendeten Wasserschöpfers hatten nämlich Jacobsen bewogen, auch bei der Schöpfung der zu den Gasanalysen bestimmten Wasserproben einen Wasserholer zu benutzen, der mit Luft gefüllt niedergelassen wurde. Wurde nun aber der Apparat in der Tiefe geöffnet, so wurde unter dem dort herrschenden grossen Druck momentan ein Theil der mitgebrachten atmosphärischen Luft absorbirt, wodurch die vermittelt dieser Wasserproben ausgeführten Gasanalysen so unzuverlässig wurden, dass dieselben nicht einmal der Veröffentlichung werth gefunden wurden.

Die auf der Ostseeexpedition 1871 gemachten Erfahrungen zeigten indessen Jacobsen den Weg, wie die Schwierigkeiten, welche die Mängel der bei der Porcupineexpedition vorgenommenen Beobachtungen veranlasst hatten, zu vermeiden oder zu umgehen seien, und durch umsichtige Vorbereitungen gelang es ihm diesmal dann auch wirklich, als Resultat seiner Arbeiten, eine Abhandlung¹⁾ veröffentlichen zu können, in welcher er eine Reihe von wichtigen Ermittlungen über die Vertheilung der Luft im Meereswasser mittheilt, welche den strengsten Anforderungen der heutigen Wissenschaft vollkommen entsprachen. Zur Aufnahme des zu den Gasanalysen bestimmten Wassers aus der Tiefe diente diesmal ein von Dr. H. A. Meyer angegebener Apparat²⁾, der aus einem schweren Metallcylinder bestand, welcher bei Auslösung in einer bestimmten Tiefe über zwei gut einge-

¹⁾ Ann. Chem. Pharm. **167**, 1. — Jahresbericht der Commission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere in Kiel, 1872, S. 73.

²⁾ Jahresbericht der Commission etc. 1872, S. 5.

schliffene konische Ventile herabfiel, und dadurch die zwischen beiden liegende Wasserschicht abspernte. Die Auslösung geschah entweder durch Aufschlag des Apparates auf den Meeresgrund oder, bei intermediären Tiefen, durch ein längs der Leine des Apparates niedergelassenes Loth. Beim Austreiben der im Wasser enthaltenen Gase wandte Jacobsen Bunsen's Princip an, indem er das Wasser in einem durch Wasserdampf hervorgebrachten Vacuum kochte, und construirte zu diesem Zweck in Verbindung mit Dr. H. Behrens einen Apparat, welcher in Bezug auf Einfachheit und Zuverlässigkeit nichts zu wünschen übrig lässt. Der Apparat, dessen Abbildung in Fig. 1 vorliegt, wird von Jacobsen selbst wie folgt beschrieben:

„Die Siedekugel *a* läuft in ihrem unteren Theil in ein starkwandiges, genau cylindrisches Glasrohr aus, welches unten zugeschmolzen, aber bei *c* mit einer seitlichen Oeffnung versehen ist. Je nachdem diese Oeffnung bis unter den Kautschukpfropfen *d* hinabgedrückt oder bis in seine Durchbohrung heraufgezogen wird, ist die Siedekugel mit dem Innern des Wasserkolbens in Verbindung oder gegen dasselbe abgeschlossen. Das Glasrohr muss sich in der glatten Durchbohrung des Kautschukpfropfens mit Rei-

bung auf- und niederbewegen, diese Reibung darf aber nicht so stark sein, wie die zwischen dem Pfropfen und dem cylindrischen Kolbenhals. Ist einmal ein fehlerfreier Pfropfen aus vulkanisirtem Kautschuk den Glastheilen des Apparates

Fig. 1.

auf das Sorgfältigste angepasst, so kann diese Ventilvorrichtung unbegrenzt lange benutzt werden, ohne von ihrer völligen Zuverlässigkeit einzubüssen.

Das Gassammelrohr *b* ist durch ein kurzes Kautschukröhrchen mit der Siedekugel verbunden und zwischen die federnden Arme des messingenen Halters *f* eingeklemmt. Das untere Ende dieses Halters trägt eine weit stärkere Klammer, deren Korkfütterung durch die starke Schraube *e* sehr fest um das Rohr der Siedekugel gepresst wird, so dass man, am unteren Theil des Halters anfassend, Siedekugel und Sammelrohr in dem Kautschukpfropfen auf- und niederschieben und damit die Oeffnung *c* beliebig verlegen kann.

Der Rauminhalt der Siedekugel beträgt etwas mehr als das Doppelte von dem Volumen, um welches sich die auszukochende Wassermenge beim Erwärmen auf 100° ausdehnt.

Bei der Benutzung des Apparätes füllt man zunächst die schon im Pfropfen steckende und in den Halter eingeklemmte Siedekugel zur Hälfte mit Wasser und schiebt den Pfropfen über die seitliche Oeffnung. Man füllt nun die Kochflasche durch ein bis auf ihren Boden reichendes Gummrohr direct aus dem Schöpfapparat bis zum Ueberlaufen mit dem auszukochenden Wasser und setzt, nachdem die Oeffnung *c* bis eben unter den Kautschukpfropfen verschoben ist, diesen sehr fest in den Hals der Kochflasche ein. Zieht man nun die Siedekugel bis zur Herstellung des Verschlusses in die Höhe, so entsteht dadurch in der Kochflasche ein kleines Vacuum, in welches sofort Gasbläschen aus dem Wasser aufsteigen. Es wird dadurch Raum geschafft für die Ausdehnung, welche das oft sehr kalte Wasser schon in den ersten Augenblicken durch die höhere Temperatur der umgebenden Luft erfährt. Man fügt nun das Sammelrohr an, über dessen beide Enden vorher kurze Gummiröhren gezogen sind, stellt die Kochflasche in ein Wasserbad, erhitzt das Wasser in der Siedekugel durch eine darunter angebrachte Weingeistflamme und erhält es im Sieden, bis man der vollständigen Austreibung der Luft aus dem Sammelrohr gewiss sein kann. In dem Augenblick, in welchem man mit der rechten Hand die Flamme entfernt, kneift man mit der

linken das Ende des oberen Gummirohrs zu, verschliesst es darauf durch Hineinstecken der abgerundeten Spitze eines passenden Glasstäbchens und schmilzt sofort bei *g* ab.

Nachdem nun die Oeffnung *c* bis eben unter den Pfropfen hinabgeschoben ist, wird das Wasserbad erwärmt und der Inhalt des Kolbens in heftigem Sieden erhalten. Nach einiger Zeit hat sich im oberen Theile des Kolbenhalses ein freier Raum gebildet, in welchen die Dampfblasen mit Geräusch hineinschlagen. Man bringt durch Entfernen der Wärmequelle oder durch kurzes Herausheben des Apparates aus dem Wasserbade das Wasser aus der Siedekugel in den Kolben zurück und wiederholt dieses Erwärmen und theilweise Abkühlen des Kolbenhalses noch zwei Mal, wodurch binnen verhältnissmässig kurzer Zeit eine sehr vollständige Austreibung der Luft bewirkt wird.

Es ist sehr leicht, schliesslich das Wasser bis zur vollständigen Anfüllung der Siedekugel steigen zu lassen, worauf man durch Aufziehen derselben den Verschluss herstellt und das Sammelrohr nun auch bei *h* abschmilzt.

Das Sammeln der Gase mittelst dieses Apparates machte auch bei ziemlich stark bewegter See keine Schwierigkeit.

Gewöhnlich wurden 900 Ccm. Wasser zur Auskochung verwendet.“

Vermittelst dieses Apparates wurden von Jacobsen auf der Nordseeexpedition 73 Luftproben eingeschmolzen, welche nach der Rückkehr mittelst der Bunsen'schen Methode analysirt wurden, indem man die Kohlensäure vermittelst Kali entfernte und den Sauerstoff mit einem Ueberschuss von Wasserstoff verbrannte. Seine Resultate hat Jacobsen in einer Tabelle zusammengestellt, in welcher er, im Gegensatz gegen frühere Forscher die Kohlensäure und die von derselben befreite Luft jede für sich betrachtet,¹⁾ und

1) Wenn auch ich überall diese Berechnungsweise Jacobsen's angewendet, und die Angaben älterer Verfasser, welche durchgehends die einzelnen Gasmengen in Procenten der gesammten Sauerstoffstickstoffkohlensäuremenge ausdrücken, nach derselben umgerechnet habe, so werden meine Gründe hierfür aus meiner späteren Abhandlung „über die Kohlensäure im Seewasser“ sich von selbst ergeben.

also die Sauerstoff- und Stickstoffmengen in Procenten der kohlenstofffreien Luft angiebt, während letztere in Ccm. per Liter des ausgekochten Wassers auf 0° und 760 Mm. Druck reducirt angeführt wird. Nach dieser Tabelle zeigt sich eine ganz auffallende Uebereinstimmung in der Zusammensetzung der Luft, die aus solchen Wasserproben ausgetrieben wurde, welche sich unter gleichen physikalischen Verhältnissen befunden haben. So liegt der Sauerstoffgehalt in sämtlichen 24 Luftproben, welche dem Oberflächenwasser entstammen, obwohl dieselben von sehr verschiedenen Localitäten herühren, zwischen den sehr engen Gränzen 34,14% und 33,64% und wenn diese Uebereinstimmung nicht in derselben Augenfälligkeit sich in den tieferen Schichten wiederfindet, so hat dieses seinen sehr natürlichen Grund in der ungleichmässigeren Circulation. Wenn ferner die Sauerstoffmenge in der Tiefe überall nur ebenso gross oder etwas geringer sich ergibt, als an der Oberfläche, so ist dies gewiss unzweifelhaft dem Verbrauch an Sauerstoff zuzuschreiben, welcher zur Oxydation der im Meerwasser vorkommenden organischen Pflanzen und Thierreste und zum Athmungsprocess der Seethiere verwendet wird, wie dies auch Jacobsen mit folgenden Worten ausspricht: „Der Zusammenhang dieses Unterschiedes ist leicht zu deuten. In dem schwereren Wasser, welches ohne erhebliche Beimischung aus höheren Schichten sehr lange in der Tiefe verweilt, wird ohne genügenden Ersatz fortwährend Sauerstoff verbraucht zur Oxydation der im Wasser und besonders am Meeresgrund vorhandenen oxydirbaren Stoffe, — in wahrscheinlich weit untergeordneterem Grade auch durch die Athmung der Thiere.“ Die durch solche Umstände hervorgerufene Abweichung ist indessen nicht sehr gross, indem der Sauerstoffgehalt, einige wenige Ausnahmen abgerechnet, sich zwischen 30 und 34% bewegt, wobei es als Regel anzusehen ist, dass er mit der Tiefe abnimmt.

Jacobsen's Beobachtungen, die unter den möglichst verschiedenartigsten Umständen ausgeführt wurden, zeigen auch auf das bestimmteste, dass die früher aufgestellte Annahme, als ob Sonnenschein, Stürme oder überhaupt irgend

welche meteorologischen Einflüsse in besonderem Grade bestimmend auf die relative Zusammensetzung der Oberflächenluft einwirken sollten, jedes Anhaltes entbehren; aus der grossen Uebereinstimmung der Resultate erhellt vielmehr, dass die Einwirkung dieser Factoren, wenn sie überhaupt vorhanden, jedenfalls eine sehr unbedeutende ist.

Was nun die absolute Menge der Luft betrifft, welche in den aus verschiedenen Tiefen entnommenen Wasserproben enthalten ist, so zeigt es sich, dass diese mit der Tiefe zunimmt, ein Umstand, der sich leicht aus der Abnahme der Temperatur in der Tiefe erklärt, ohne dass man auf die Grösse des Druckes zurückzugehen brauchte. Um die Unrichtigkeit dieser in früheren Zeiten häufig ausgesprochenen Vermuthung von einem Zusammenhang zwischen dem grossen Druck und grösseren Luftgehalt in den Meeres-tiefen zu widerlegen, wurden auf der Pommeraniaexpedition übrigens noch specielle Experimente mit einem von Dr. Behrens und Jacobsen aus Kautschuk construirten Wasserschöpfer ausgeführt. Durch möglichst festes Zusammen-drücken und schliesslich noch durch eingeschüttetes Quecksilber wurde aus diesem der letzte Rest von Luft entfernt, und darauf der nun vollkommen luftleere und luftdicht verschlossene Apparat in die Tiefe gesenkt, wo derselbe durch den Aufschlag auf den Boden sich öffnete, ausspannte und mit Wasser füllte, um dann wieder luftdicht verschlossen und mit Wasser angefüllt, empor gezogen zu werden. Es zeigte sich immer, dass die mit diesem Apparat aufgenommenen Wasserproben nicht mehr Luft enthielten, als dieselben bei gleicher Temperatur unter dem gewöhnlichen Druck der Atmosphäre gelöst enthalten konnten. Dass dies der Fall sein müsse, hätte man übrigens schon aus einigen Versuchen schliessen können, welche Aimé¹⁾ im Jahre 1843 ausführte. Er benutzte dazu ein Glasrohr, das am einen Ende offen war. Dasselbe wurde, mit Quecksilber gefüllt, in eine bestimmte Tiefe herabgesenkt und dort umgewendet, wodurch das Quecksilber im Glasrohre theilweise durch Wasser er-

¹⁾ Ann. Chim. Phys. [3] 7, 497. — Pogg. Ann. 30, 412.

setzt wurde, während gleichzeitig das ausgeflossene Quecksilber, welches von einem zweckmässig angebrachten Behälter aufgenommen wurde, die luftdichte Absperrung der Wasserpombe vermittelte. Als Resultat der mit diesem Apparat ausgeführten Versuche stellte Aimé den Satz auf, dass die Luftmenge, welche in einem bestimmten Quantum Seewasser enthalten ist, in allen Tiefen sehr nahe dieselbe bleibt.

Im Jahre 1873 sendete England die Challengerexpedition aus, mit der Aufgabe, in einem Zeitraum von drei Jahren sowohl die äquatorialen als die antarktischen Gewässer zu untersuchen. Diese Expedition begleitete als Chemiker J. Y. Buchanan, der bei seinen Untersuchungen die bei der Pommeraniaexpedition angewendeten Methoden und Apparate ohne irgend nennenswerthe Modificationen in Anwendung brachte. Die Resultate seiner Arbeiten sind, so weit mir bekannt geworden, noch nicht in ihren Einzelheiten veröffentlicht, doch liegen einige vorläufige Mittheilungen vor, aus denen man sich einen Begriff über die Schlüsse machen kann, zu welchen seine Beobachtungen führen werden.

Er findet,¹⁾ dass die Sauerstoffmenge im Oberflächenwasser zwischen 33 und 35% der gesammten Sauerstoffstickstoffmenge variirt, so dass die grösste Menge, sowohl in relativer, als in absoluter Hinsicht, sich in den Wasserprouen, die in der Nähe des südlichen Polarkreises geschöpft wurden, vorfindet, und die geringste den Regionen der Passate angehört. In Bezug auf die unter der Oberfläche liegenden Schichten wurde das beachtenswerthe Factum beobachtet, dass der Sauerstoffgehalt nach unten hin bis zu einer Tiefe von 300 Faden abnimmt, und dann, nachdem derselbe hier ein Minimum erreicht, wieder höher wird, wie sich dies aus folgender Tabelle ergibt:

Tiefe in englischen Faden.	0	25	50	100	200	300	400	800	dar- über.
N + O = 100 O in Proc.	33,7	33,4	32,2	30,2	33,4	11,4	15,5	22,6	23,5

¹⁾ The Voyage of the Challenger. The Atlantic 2, 366.

Ueber die absolute Menge der aus seinen Wasserproben ausgekochten Gasarten findet sich an dieser Stelle keine Angabe, dagegen ist später folgende Tabelle veröffentlicht worden ¹⁾:

Tiefe in Fussen.	Cc. O per Liter.	Mittlere Temperatur. t in ° C.	Cc. N per Liter N ₁ .	Cc. N per Liter destillirten Wassers Temperatur t Bunsen N ₂ .	N ₂ — N ₁ .
600	4,24	14,6	11,26	11,75	0,49
1200	3,59	13,0	11,71	11,92	0,21
1800	1,67	6,9	13,00	13,45	0,45
2400	2,41	5,1	13,10	14,00	0,90
4800	4,06	2,5	13,82	15,00	1,14
darüber	—	1,5	14,37	15,40	1,03

Hiermit ist in Kürze das Wichtigste der bis jetzt bekannt gewordenen Beiträge zur Lösung der Frage: „über die Luft im Meerwasser“ wiedergegeben.

Im Frühjahr 1876, als man in Norwegen mit der Ausrüstung einer Expedition beschäftigt war, welche in den Sommermonaten der Jahre 1876, 1877 und 1878 das zwischen Norwegen, den Färöern, Island, Jan Mayen und Spitzbergen liegende Meer untersuchen sollte, waren die auf der englischen Challengerexpedition ausgeführten Beobachtungen der Oeffentlichkeit noch nicht vorgelegt, so dass die bekannten Thatsachen damals und zwar in nicht unwesentlichen Stücken, noch enger umgrenzt waren, als dies jetzt der Fall ist. Besonders in Bezug auf die geographische Vertheilung der Gasgehalte waren die aus den Beobachtungen abzuleitenden Schlüsse noch sehr unsicher, da die Nordsee, das einzigste Meer, welches bis dahin gründlich untersucht war, in Bezug auf Tiefe und sonstige physikalische Verhältnisse in hohem Grade von den grossen Weltmeeren abweicht, soweit man letztere bisher erforscht hat. Als daher zum ersten Mal der Entschluss gefasst war, auch auf dieser

¹⁾ Ber. Berl. chem. Ges. 11, 410.

norwegischen Expedition chemische Untersuchungen von gleicher Art, wie auf den früheren Expeditionen ausführen zu lassen, musste Hr. S. Svendsen, dem diese Arbeiten ursprünglich übertragen wurden, sich sagen, dass eine wichtige, und man darf wohl sagen, die allerwichtigste Seite seiner Aufgabe darin bestehen werde, die nothwendigen Ermittlungen über den Gasgehalt des Seewassers in dem Theile des Weltmeeres zu Wege zubringen, den Norwegen sich zum Gegenstand seiner wissenschaftlichen Untersuchung gewählt.

In Bezug auf die Mittel, die zur Lösung dieser Aufgabe zu benutzen waren, konnte die Wahl nicht schwierig werden, da die von Dr. Jacobsen benutzten Methoden und Apparate sich alsbald durch ihre Zweckmässigkeit vor allen sonst angewendeten empfehlen mussten, hätte auch nicht die Rücksicht auf die Vergleichbarkeit der Resultate zu ihren Gunsten gesprochen. Svendsen beschloss daher, die auf der Pommeraniaexpedition benutzte Arbeitsmethode ohne Modification anzunehmen. Es kam ausserdem noch der Ausrüstung der Expedition sehr zu statten, dass Professor Dr. Jacobsen sich auf das Zuvorkommendste erbot, die zur chemischen Untersuchung nothwendigen Apparate zu beschaffen.

Es kamen indessen bei der norwegischen Expedition nicht ausschliesslich die auf der Pommerania benutzten Apparate zur Anwendung, insofern man einem vom Chef der Expedition, Capitain Wille, construirten Wasserschöpfer vor dem von Dr. H. A. Meyer angegebenen Schöpfapparate den Vorzug gab, wobei besonders folgender Grund maassgebend war. Bei dem deutschen Apparate musste, so oft eine Wasserprobe einer intermediären Tiefe entnommen werden sollte, der Cylinder durch ein längs der Leine herabgesenktes Loth ausgelöst werden, wodurch die Möglichkeit abgeschnitten wurde, gleichzeitig Thermometer oder ähnliche Instrumente an der Leine anzubringen, während dies beim Gebrauch des Wille'schen Wasserschöpfers nicht die mindeste Schwierigkeit bietet.

Wille's Wasserschöpfer, dessen Abbildung auf Tafel II

gegeben ist, wird vom Erfinder in folgender Weise beschrieben:

„Die Wasserprobe wird bei diesem Instrument von einem, der Raumersparniss wegen spiralförmig gebogenen Rohre aufgenommen. Während des Herabsenkens des Apparates werden beide Enden der Röhre offen gehalten, so dass das Wasser frei hindurchströmen kann; sobald aber das Instrument ein kurzes Stück aufwärts gezogen wird, schliessen sich die beiden Enden durch zwei Ventile, wodurch das im Rohre enthaltene Wasser abgesperrt wird und so unvermischt an die Oberfläche gebracht werden kann.

Die Zeichnung stellt das Instrument dar, als zum Herablassen fertig. Das Unterende der Lothleine wird an den oberen Ringbolzen (*a*) befestigt, das Loth selbst am unteren (*b*). Während des Herabsinkens hebt der Wasserdruck die beiden Propellschrauben auf, so dass die Zahnzacken an der unteren Kante der Schraubenbüchse (*c*) aus dem Bereich der Zahnzacken des Muffes kommen, der die Ventilstange (*d*) umgiebt, und sollte dies auch nicht ganz erreicht werden, so wird Muff und Ventilstange doch in Ruhe verbleiben, da die Drehung der Schrauben in solcher Richtung vor sich geht, dass die Zähne übereinander hingleiten. Wenn das Instrument dagegen beim Aufwinden sich nach oben bewegt, so treibt nun der Wasserdruck die Propellschrauben nach unten, und gleichzeitig geht ihre Bewegung jetzt in entgegengesetzter Richtung, so dass die Zähne in einander greifen und die Muffe sich mitdrehen müssen. Die Ventilstangen, welche durch die Querstücke (*e*) gesteuert werden und sich darum nicht mit drehen können, werden in Folge davon, sammt den mit Kautschuck übergezogenen Ventilen, gegen die an den Enden der Röhre liegenden Ventilöffnungen hingeschraubt und, wenn letztere in solcher Weise schon beinahe geschlossen sind, tritt zugleich der letzte Schraubengang auf der Ventilstange aus der Schraubenmutter des Muffes aus, und die Contraction der Spiralfedern (*f*) bewirkt dann den völligen Verschluss der Ventile, während fortan die Propellschrauben und die Muffe frei um den

glatten Theil der Ventilstange sich drehen können, und in solcher Weise auf dem weiteren Einhalten des Apparates nur wenig Widerstand entgegensetzen. Das Instrument schliesst sich in dieser Weise von selbst, sobald es ungefähr 7 Faden emporgestiegen. Der Ring um die Mitte und die, die Propellschrauben umgebenden Schirme beschützen das Instrument, so dass dasselbe ohne Schaden auf dem Meeresboden liegen kann.“

„Zur Entscheidung der Frage, ob in den tieferen Wasserschichten ein Ueberschuss von Luft vorhanden sei, wurde über der Spundöffnung ein durchbohrter Dekel aufgeschraubt (*g*), an welchem mittelst eines kurzen Kautschukrohres eine am anderen Ende geschlossene Glasröhre befestigt wurde. Wenn das Wasser beim Herablassen des Apparates die Spirale durchströmte, floss dasselbe natürlich auch in diese Glasröhre und vertrieb die Luft aus derselben. War das Instrument nun wieder an Bord gebracht, so wurde dasselbe umgestürzt, so dass der Hahn (*h*) nach unten und die Spundöffnung nach oben lag, und das obere Ende des Wasserschöpfers ein wenig hin und her bewegt. Wäre nun im Wasser ein Ueberschuss an Luft vorhanden gewesen, so hätte diese nach oben steigen und in der Glasröhre sich sammeln müssen. Letztere zeigte sich stets bis zur äussersten Spitze mit Wasser angefüllt, und wurde deshalb in der späteren Zeit gar nicht mehr aufgesetzt.“

„Das Instrument kann durch den Ausflusshahn (*h*) entleert werden und liefert eine Wasserprobe von circa 5 Litre.“

Die Ausführung der chemischen Arbeiten am Bord der norwegischen Expedition wurde, wie bereits erwähnt, nach dem ursprünglichen Plan zuerst Herren S. Svendsen übertragen, welcher auch die Fahrt im Jahre 1876 mitmachte, ging aber später, da Herr Svendsen aus Gesundheitsrücksichten zurücktrat, an den Verfasser dieser Abhandlung über, der somit die auf den beiden letzten Fahrten gemachten Beobachtungen ausgeführt hat, theilweise jedoch unter Assistenz des Herren L. Schmelck, welcher im letzten Sommer die Expedition begleitete, und gegenwärtig mit der Bearbeitung

eines anderen Theils des auf den verschiedenen Reisen der Expedition für chemische Untersuchung gesammelten Materials beschäftigt ist.

Als ich im Frühjahr 1877 die Aufforderung erhielt, diese Arbeiten zu übernehmen, ward mir nur eine Vorbereitungsfrist von wenigen Tagen gelassen, so dass es mir die grössten Schwierigkeiten verursachte, auch nur die allernothdürftigsten Vorarbeiten auszuführen, und wenn es dennoch möglich wurde, Alles vor der Abreise in befriedigender Weise zu ordnen, so ist dies der Bereitwilligkeit zu verdanken, mit welcher Herr Professor Waage mir seinen Beistand gewährte, besonders bei der Einrichtung des chemischen Laboratoriums am Bord.

Das während der ersten Ausfahrt der Expedition im Jahr 1876 herrschende ungewöhnlich stürmische Wetter machte es im höchsten Grade schwierig oder eigentlich geradezu unmöglich, am Bord chemische Beobachtungen auszuführen, und die von Hrn. Svendsen von dieser ersten Reise mit heimgebrachte Ausbeute beschränkte sich darum in der uns hier interessirende Branche auf 17 Luftproben, von welchen ausserdem noch 3 später durch unglückliche Umstände verloren gingen. Das ruhigere Wetter, welches in den beiden letzten Jahren die Arbeiten der Expedition begünstigte, erlaubte mir dagegen, auf den Reisen, auf welchen ich mitfolgen durfte, eine grössere Anzahl Luftproben einzuschmelzen, welche nach der Rückkehr das Material zu 80 Luftbestimmungen gegeben haben. 9 der dabei verwendeten Luftproben waren von Herrn Schmelck eingeschmolzen. Dass das Ergebniss kein reicheres geworden, hat seinen Grund darin, dass leider zahlreiche Beobachtungen verloren gingen, einige weniger durch Missgeschick bei der Analyse, der grössere Theil aber durch Uebelstände beim Einschmelzen. So war mir zum Gebrauch auf der letzten Fahrt von Küchler & Söhne in Ilmenau eine Partie Luftsammlungs-
röhren übersendet, von welchen mehr als 75% trotz der vor-
sichtigsten Behandlung theils während des Einschmelzens,
theils nach demselben sprangen. Die Luftproben wurden

sämmtlich mittelst des von Frankland und Ward¹⁾ angegebenen Apparates für Gasanalyse bestimmt, indem die Kohlensäure durch Kalilauge entfernt, und der Sauerstoffgehalt durch Verbrennung mit Wasserstoff ermittelt wurde. Die erst erwähnten 14 Proben sind von Hr. Svendsen, die übrigen 80 vom Verfasser analysirt. Die erhaltenen Resultate findet man in Tabelle I, S. 422 und 423, zusammengestellt, wozu folgende Bemerkungen zu machen sind:

Bei der Angabe der Tiefen, denen die Wasserproben entnommen sind, ist darauf nicht Rücksicht genommen, dass sich der Wasserschöpfer erst nach circa 7 Faden Aufwindens von selbst verschliesst. Bei den mit einem Sternchen (*) bezeichneten 10 Nummern fanden sich an den zur Aufbewahrung der Luftproben benutzten Glasröhren kleine Fehler, ohne dass ich indessen mich veranlasst gefunden habe, diesen Beobachtungen weniger Gewicht beizulegen, als den übrigen, da man sich nicht wohl die Möglichkeit einer Undichtheit denken kann, ohne dass dieselbe in diesem Fall, wo die Glasröhren mehrere Monate lang unter einer Druckdifferenz von ungefähr 300 bis 400 Mm. zwischen äusserem und innerem Gasdruck aufbewahrt worden waren, zugleich einen merkbaren Einfluss auf die Zusammensetzung der eingeschlossenen Luft hätte ausüben müssen. Ich kann dieselben um so ruhiger da, wo es sich um allgemeine Schlüsse handelt, mit in Betracht ziehen, da sie die schliesslichen Resultate in irgend wesentlichem Grade kaum modificiren können. Alle Gasvolumen sind in der Tabelle in Ccm. per Liter des ausgekochten Seewassers ausgedrückt und auf 0° und 760 Mm. Barometerstand reducirt.

Die Wasserproben sind überall, wo das Entgegengesetzte nicht ausdrücklich bemerkt ist, unmittelbar nach dem Schöpfen ausgekocht.

Wie man sehen wird, gleicht diese Tabelle der von Dr. Jacobsen gegebenen in mannigfacher Beziehung, wie man dies ja auch von vornherein erwarten konnte, da die untersuchten Districte vollständig in einander übergehen, und

¹⁾ Chem. Soc. Journ. **22**, 313 (1869).

wenn die Differenzen innerhalb der von Hr. Svendsen und mir ermittelten Zahlen sich etwas grösser herausstellen, als die auf der Pommerania gefundenen, so findet dies seine ungesuchte Erklärung in der grösseren Ausdehnung des von uns bearbeiteten Feldes und der daraus sich ergebenden grösseren Verschiedenheit der physikalischen Verhältnisse.

Was am meisten ins Auge fällt, ist das eigenthümliche Phänomen, dass der Sauerstoffgehalt der im Oberflächenwasser enthaltenen Luft auf der norwegischen Expedition bedeutend höher gefunden wurde, als dies nach den Jacobsen'schen Beobachtungen in der Nordsee der Fall ist. So ist z. B. die relative Sauerstoffmenge an der Oberfläche der Nordsee im Mittel zu 33,93 % der gesammten Luftmenge bestimmt, während das Mittel für die von der norwegischen Expedition in den Jahren 1876 und 1877 untersuchten Regionen, südlich vom 70. Breitengrad 34,96 % beträgt und in den im Jahr 1878 erforschten, zwischen den 70. und 80. Breitengrad gelegenen Gegenden sogar auf 35,64 % steigt. Dem entspricht indessen vollständig das von Buchanan auf der südlichen Halbkugel gefundene Resultat, insofern der Sauerstoffgehalt im Oberflächenwasser dort zwischen ungefähr 33 % in den Aequatorialgegenden und ca. 35 % in der Breite des südlichen Polarkreises variirt.

Es liess sich mit ziemlich grosser Gewissheit vermuthen, dass die von Bunsen für destillirtes Wasser ermittelten Absorptionscoefficienten in Bezug auf Seewasser keine Gültigkeit würden beanspruchen können, da ja die natürlichste Ursache, der man diese mit der Breite wechselnde Zusammensetzung der Oberflächenluft zuschreiben muss, in den Temperaturunterschieden zu suchen sein wird. Es würde indessen kein befriedigendes Resultat ergeben, wenn, indem man die Temperatur als Urvariable betrachtete, den Versuch machen wollte, ein Gesetz für die Variationen der Absorptionscoefficienten aus den vorliegenden Beobachtungen abzuleiten. Man würde in solchem Falle bald finden, dass die einzelnen Beobachtungen nicht unbedeutende Widersprüche aufweisen würden, insofern sich in Bezug auf den Sauerstoffgehalt überall viel zu grosse Abweichungen zeigen würden,

Tabelle I.

No.	Station No.	Breite.	Länge von Greenwich.	Tiefe, der die Probe entnommen. Engl. Fd.	O + N Cc. per Liter.	N Cc. per Liter.	O + N = 100 O%	Temperat. ° C.
1	—		Husö	0	17,4	11,3	35,1	10,5
2	14	62° 4'	20 44',5 Ö	226	20,1	13,8	31,1	6,1
3	32	63 10	4 51,3 "	430	19,0	13,0	31,7	— 0,8
4	33	63 5	3 0 "	0	18,9	12,4	34,4	11,8
5	33	63 5	3 0 "	525	17,3	11,7	32,6	— 1,1
6	35	63 7	1 26 W	0	17,0	11,1	35,0	10,4
7	35	63 7	1 26 "	721	18,4	12,4	32,6	— 0,9
8	37	62 28,3	2 29 "	309	18,5	12,4	32,8	0,1
9	37	62 28,3	2 29 "	690	18,3	12,3	32,7	— 1,1
10	40	63 22,5	5 29 "	0	17,1	11,1	35,2	9,7
11	40	63 22,5	5 29 "	515	20,5	13,9	32,4	— 0,4
12	51	65 53	7 18 "	515	20,6	13,9	32,3	— 0,6
13	51	65 53	7 18 "	1163	20,9	14,1	32,7	— 1,1
14	52	65 47,5	3 7 "	1861	—	—	32,2	— 1,2
15	95	60 42	4 13,7 Ö	175	—	—	32,4	5,8
16	96	66 8,5	3 0 "	805	—	—	32,3	— 1,1
17	125	67 53	5 12 "	700	20,5	13,7	33,0	— 1,1
18	125	67 53	5 12 "	700	20,0	13,3	33,6	— 1,1
19	152	67 18	12 46 "	125	—	—	31,0	4,1
20	162	68 23	10 20 "	795	20,6	13,9	32,6	— 1,2
21 ¹⁾	162	68 23	10 20 "	795	19,4	12,9	33,7	— 1,2
22	171	69 18	14 29 "	642	19,6	13,0	33,5	— 1,0
23	179	69 32	11 10 "	1607	—	—	32,1	— 1,2
24	183	69 59,5	6 15 "	0	20,2	12,9	36,1	8,6
25	183	69 59,5	6 15 "	0	—	—	36,1	8,6
26	184	70 4	9 50 "	1547	21,5	14,6	32,0	— 1,3
27	184	70 4	9 50 "	600	20,7	14,1	32,1	0,0
28	189	69 41	15 42 "	0	18,4	12,0	35,0	9,6
29	189	69 41	15 42 "	860	21,5	14,6	32,0	— 1,1
30 ²⁾	200	71 25	15 40,5 "	620	19,9	12,8	35,8	— 1,0
31	Einlauf d. Malangenfjords			0	—	—	35,5	8,5 (?)
32	213	70 23	2 30 Ö	0	18,6	12,1	34,9	8,2
33	213	70 23	2 30 "	1760	19,6	12,9	34,0	— 1,2
34	213	70 23	2 30 "	1760	—	—	33,8	— 1,2
35	215	70 53	2 0 W	0	—	—	34,8	8,0
36	215	70 53	2 0 "	700	20,1	13,6	32,4	— 0,6
37	215	70 53	2 0 "	1665	19,2	12,9	32,8	— 1,2
38	226	71 0	7 55 "	0	—	—	33,7	3,0
39	226	71 0	7 55 "	340	—	—	32,7	— 0,6
40	—	69 20	11 18 "	0	20,7	13,3	35,8	4,3
41	—	69 20	11 18 "	0	—	—	35,4	4,3
42	243	68 32,5	6 26,5 "	0	20,0	13,1	34,7	7,8
43	243	68 32,5	6 26,5 "	600	22,1	15,0	32,2	— 0,8
44	243	68 32,5	6 26,5 "	1385	22,6	15,3	32,5	— 1,3

1) Erst nach Verlauf einiger Zeit ausgekocht.

2) Erst nach 5—6 Stunden ausgekocht.

Tornøe: Resultate d. norweg. Nordmeerexpedition. 423

No.	Sta- tion No.	Breite.	Länge von Greenwich.	Tiefe, der die Probe entnom- men. Engl. Fd.	O + N Ccm. per Liter.	N Ccm. per Liter.	O + N = 100 o/o	Temperat. ° C.
45	247	68° 5,5'	20° 24' Ö	0	19,3	—	—	9,4
46	247	68 5,5	2 24 "	500	—	—	32,3	— 0,4
47	249	68 12	6 35 "	1063	21,4	14,5	32,3	— 1,3
48	252	Südlich von Skraaven Skjærstadsfjord Westl. v. Landegode	do.	0	18,2	11,9	34,7	14 (?)
49	253		do.	263	20,9	13,8	34,2	3,2
50	254		do.	0	18,2	11,9	34,8	10,0
51	254	do.	do.	70	21,3	14,2	33,2	4,8
52	254	do.	do.	140	19,5	13,2	32,4	5,8
53	264	70 56	35° 37' Ö	0	20,6	13,3	35,5	5,2
54	264	70 56	35 37 "	86	20,7	13,8	33,1	1,9
55	275	74 8	31 12 "	0	20,5	13,3	34,9	2,9
56	275	74 8	31 12 "	147	21,9	14,6	33,4	— 0,4
57	278	74 1,5	22 15 "	0	20,4	13,3	35,0	4,2
58	278	74 1,5	22 15 "	230	20,7	13,8	33,3	0,9
59	283	73 47,5	14 21 "	0	19,8	12,8	35,4	7,2
60	283	73 47,5	14 21 "	0	19,5	12,6	35,3	7,2
61	286	72 57	14 32 "	0	20,6	13,2	35,8	7,2
62	286	72 57	14 32 "	447	21,8	14,8	31,9	— 0,8
63*	293	71 7	21 11 "	95	19,6	13,0	33,5	5,1
64	295	71 59	11 40 "	0	20,2	12,8	36,7	7,0
65	295	71 59	11 40 "	600	21,4	14,6	31,7	— 0,8
66	295	71 59	11 40 "	1110	21,5	14,6	32,1	— 1,3
67	296	72 16	8 9 "	100	20,4	13,4	34,2	3,1
68	297	72 36,5	5 12 "	1280	21,3	13,8	35,1	— 1,4
69*	301	74 1	1 20 W	0	21,9	14,1	35,6	2,2
70*	303	75 12	3 2 Ö	150	22,0	14,7	33,1	— 1,1
71*	304	75 3	4 51 "	300	21,7	14,7	32,2	— 0,8
72	304	75 3	4 51 "	1735	21,6	14,6	32,2	— 1,5
73*	321	74 57	19 30 "	0	23,8	15,4	35,2	0,5
74	321	74 57	19 30 "	25	23,7	15,3	35,4	0,2
75	323	72 54	21 51 "	0	19,3	12,3	36,5	7,8
76	323	72 54	21 51 "	0	—	—	35,8	7,8
77	332	75 56	11 36 "	1149	21,9	14,8	32,2	— 1,5
78	332	75 56	11 36 "	1149	22,0	15,0	31,8	— 1,5
79	335	76 17	14 39 "	0	20,8	13,3	36,2	5,4
80	335	76 17	14 39 "	179	21,0	14,0	33,1	1,0
81	339	76 30	15 29 "	37	21,6	14,2	34,1	0,9
82	342	76 33	13 18 "	0	21,8	14,1	35,3	6,2
83	342	76 33	13 18 "	523	20,8	13,8	33,8	— 1,0
84	345	76 43	10 9 "	300	20,9	13,7	34,4	1,0
85	345	76 43	10 9 "	300	21,5	14,2	33,9	1,0
86	347	76 41	7 47 "	0	20,9	13,4	35,7	4,4
87	347	76 41	7 47 "	1429	21,4	13,9	35,1	— 1,3
88*	349	76 30	2 57 "	1487	21,7	14,6	32,5	— 1,5
89	350	76 26	0 29 W	300	21,9	14,7	32,7	— 1,1
90	350	76 26	0 29 "	1686	22,9	15,3	33,3	— 1,5
91*	352	77 56	3 29 "	300	21,9	14,8	32,5	— 0,8
92*	352	77 56	3 29 "	1686	22,4	15,1	32,8	— 1,5
93	359	78 2	9 25 Ö	0	—	—	35,7	4,3
94	362	79 59	5 40 "	0	20,3	13,0	35,8	5,2

als dass man dieselben auf Rechnung der Beobachtungsfehler setzen könnte. Es schien mir indessen höchst unbefriedigend, es bei diesem negativen Resultat beruhen zu lassen und auf die Discussion der vorliegenden Beobachtungen einzugehen, ohne eine genauere Kenntniss über die Abhängigkeit der Absorptionscoëfficienten von der Temperatur zu haben, und ich beschloss desshalb, sowohl die Zusammensetzung als die Menge der bei verschiedener Temperatur im Seewasser aufgelösten Luft durch directe Versuche zu bestimmen.

Zuerst wurde eine Reihe Experimente angestellt, bei welchen das Seewasser in einem Bad von constanter Temperatur mehrere Stunden lang der Einwirkung eines durchgeleiteten Luftstromes ausgesetzt wurde, in gleicher Weise, wie Bunsen bei seinen Bestimmungen zu Werke gegangen war¹⁾, worauf die aufgelöste Luft dann wieder in der oben beschriebenen Weise ausgetrieben und analysirt wurde. Die auf diese Weise gesättigten Wasserproben geben beständig Luftmengen ab, welche ohne Rücksicht auf die Temperatur, bei welcher das Wasser gesättigt war, ziemlich genau die gleiche Zusammensetzung zeigten; sie bestehen aus 34,9% Sauerstoff und 65,1% Stickstoff, während die oft ziemlich stark abweichenden Zahlen, welche die absolute Menge der aufgelösten Gase ausdrückten, deutlich verriethen, dass in dieser Weise keine vollständige Sättigung erreicht war.

Professor Waage rieth mir deshalb, diese Versuche mit einigen Modificationen in der Art und Weise, wie die Sättigung bewerkstelligt wurde, zu wiederholen, und in Folge davon habe ich bei meinen weiteren Versuchen folgendes Verfahren benutzt. Eine passende Portion Seewasser von einigermaassen hohem Eigengewicht²⁾ wurde in einem ziemlich geräumigen Kolben während eines Zeitraums von 1 bis 2 Stunden hindurch mit Luft geschüttelt, wobei man für stetigen Wechsel der im Kolben befindlichen Luft Sorge trug, und

1) Bunsen: Gasom. Methoden, S. 165.

2) Es wurden Wasserproben von verschiedenem spec. Gewicht — zwischen 1,025 und 1,027 — in Anwendung gebracht.

dann einige Stunden lang ganz ruhig hingestellt, wobei die Temperatur sowohl während des Schüttelns, als nachher ganz constant gehalten wurde. Um mich zu überzeugen, dass ich vollständige Sättigung erreicht hätte, habe ich mich dem Sättigungspunkt von beiden Seiten genähert, indem ich einerseits ein Wasser, welches noch nicht genügend gesättigt war, mit Luft von der bezüglichen Temperatur behandelt habe, andererseits aber Wasser bei bedeutend niedrigerer Temperatur gesättigt habe, und es dann erst wie oben beschrieben, unter der Temperatur, für welche die Absorption bestimmt werden sollte, mit Luft schüttelte. Der Barometerstand, unter welchem die Wasserproben gesättigt wurden, ist immer beobachtet, und die ausgetriebenen Gasmengen sind auf Sättigung bei 760 Mm. reducirt worden, wobei die absorbirten Volume dem Drucke proportional gesetzt wurden. Die Resultate sind in nachfolgender Tabelle zusammengestellt, in welcher die Gasmengen als Ccm. per Liter ausgekochten Wassers, auf 0° und 760 Mm. Druck reducirt, ausgedrückt sind. Die mit fetten Typen gedruckten Zahlen, gehören den Wasserproben an, welche im Voraus bei niedrigerer Temperatur mit Luft gesättigt worden waren. Bei den durch Klammern verbundenen Zahlen, sind beide Luftproben aus derselben Wasserprobe ausgekocht.

0° C.		5° C.		10° C.		15° C.	
O	N	O	N	O	N	O	N
{ 7,76	14,36	{ 6,83	13,20	6,81	12,14	{ 5,60	10,79
{ 7,85	14,56	{ 6,90	13,30	{ 6,30	12,06	{ 5,79	11,20
7,71	14,31	{ 6,97	13,16	{ 6,25	12,01	5,70	11,04
—	—	{ 7,01	13,20	—	—	—	—

Als Mittelwerthe erhält man hieraus:

° C.	0	5	10	15
O	7,77	6,93	6,29	5,70
N	14,41	13,22	12,08	11,01
O+N=100	35,03	34,39	34,24	34,11
O %				

426 Tornøe: Resultate d. norweg. Nordmeerexpedition.

Zur weiteren Controle der Richtigkeit obiger Tabelle wurde eine Wasserprobe im unverschlossenen Kolben bei 0° 7 Tage lang hingestellt, worauf die darin aufgelöste Luft ausgekocht und analysirt wurde. Das ausgetriebene Gas zeigte ungefähr dieselbe Zusammensetzung, wie oben angegeben, nämlich 35,18% O und 64,82% N. Die gesammte Luftmenge konnte in diesem Falle leider nicht gemessen werden, da bei der Ueberfüllung in's Eudiometer eine kleine Blase verloren ging. Der restirende Theil betrug 21,71 Ccm. Wie man aus der Tabelle ersehen wird, steht die Stickstoffmenge, welche 1 Liter Seewasser aus der atmosphärischen Luft absorbiert, in einem sehr einfachen Verhältniss zur Temperatur, und lässt sich, in Ccm. ausgedrückt, sehr genau wiedergeben durch die Formel:

$$N = 14,4 - 0,23 \cdot t.$$

Es entsprechen nämlich

den beobachteten Werthen:	14,41	13,22	12,08	11,01
die berechneten Werthe:	14,40	13,25	12,10	10,95.

Was nun aber die absorbirte Sauerstoffmenge betrifft, so ist hier das Verhältniss nicht mehr so einfach, insofern die Curve, welche die Variationen mit der Temperatur darstellt, sich nicht mehr als eine gerade, sondern als eine schwach gekrümmte Linie zeigt.

In dem Zwischenraum zwischen 0° und 10°, der hier am meisten in Betracht kommt, lässt sich dieselbe wiedergeben durch den Ausdruck:

$$O = 7,79 - 0,2 \cdot t + 0,005 \cdot t^2.$$

Es entsprechen dann:

den beobachteten Werthen:	7,77	6,93	6,29
die berechneten Werthe:	7,79	6,92	6,29.

Die relative Zusammensetzung der absorbirten Luft ist somit nicht, wie Bunsen dies beim destillirten Wasser gefunden, unabhängig von der Temperatur, sondern variirt mit dieser in der Art, dass der Sauerstoffgehalt auf der Strecke von 0° bis 15° sich um ein ganzes Procent ändert.

Betrachtet man die Resultate dieser Versuche als Norm, so zeigt es sich, dass die in Bezug auf die gesammelte Luft-

menge relativ sehr hohen Sauerstoffgehalte, welche in der Oberfläche der nördlichen Hälfte des von uns untersuchten Meeres beobachtet wurden, in Wirklichkeit einer Uebersättigung mit Sauerstoff, und nicht, wie man ja vermuthen könnte, einer unvollkommenen Sättigung mit Stickstoff zuzuschreiben sind, insofern sich hier, bemerkenswerth genug, ein Sauerstoffgehalt findet, der sehr häufig den nach obigen Versuchen berechneten mit 0,5 Ccm. und mehr überschreitet. Abweichungen von solcher Grösse können unmöglich den Beobachtungsfehlern zugeschrieben werden, und man ist darum zu dem Schlusse genöthigt, dass der Sauerstoffgehalt der Oberfläche nicht allein von Druck und Temperatur, sondern auch noch von einer oder mehreren anderen, uns bisher noch unbekannten Ursachen abhängig ist.

Wenn es darauf ankommt, die Veränderung der Sauerstoffmenge mit der Tiefe genauer zu studiren, so legt es sich von selbst nahe, diese Quantität in Procenten der gesammten Luftmenge anzugeben, da die absolute Luftmenge in viel stärkerem Grade mit der Temperatur variirt, als die relative Zusammensetzung der Luft, und man also bei Benutzung der angedeuteten Ausdrucksweise sich in bedeutend weiterem Umfange von der Temperatur unabhängig machen kann, als sonst der Fall wäre.

Ordnet man nun die in solcher Weise ausgedrückten Zahlen nach der Tiefe, so giebt sich eine ziemlich ausgeprägte Gesetzmässigkeit in Bezug auf die Grösse des Sauerstoffgehaltes in den verschiedenen Tiefen zu erkennen. Dieselbe charakterisirt sich genauer durch folgende Tabelle, welche einen Auszug aus sämmtlichen Beobachtungen darstellt, mit Ausnahme der beiden, welche nicht gleich, sondern erst nach Verlauf einiger Zeit ausgekocht werden konnten.

Tiefenintervall engl. Faden.	Zahl d. Beob- achtungen.	Mittlere Tiefe engl. Faden.	Mittl. Sauer- stoffgehalte.
0	28	0	35,31
0—100	6	69	33,93
100—300	14	210	32,84
300—600	16	420	32,50
600—1000	11	684	32,58
1000—1400	6	1192	32,78
1400—1760	10	1646	32,89

Die Abweichungen der einzelnen Beobachtungen von der durch diese Tabelle zum Ausdruck gebrachten Regel sind, wenn man die grosse Ausdehnung des untersuchten Feldes in Betracht zieht, weder zahlreich, noch von bedeutender Grösse, insofern bloss 10, nämlich No. 2, 19, 38, 49, 64, 68, 83, 84, 85 und 87, sich über ein Procent vom allgemeinen Resultat entfernen, während man aus sämtlichen Beobachtungen die wahrscheinliche Abweichung der einzelnen Beobachtung von der nach dieser Tabelle construirten Curve auf $\pm 0,52\%$ bestimmen kann, eine Abweichung von so geringer Bedeutung, dass ein nicht geringer Theil derselben auf Rechnung der Beobachtungsfehler gesetzt werden kann.

Die grössten und zahlreichsten Unregelmässigkeiten treten in der Schicht zwischen 300—600 Faden auf, einzelne jedoch auch in grösseren Tiefen.

Vom Meeresboden stammen, unter den grösseren Tiefen, nur 2 Luftproben mit erheblich überschüssendem Sauerstoffgehalt, nämlich No. 68 und 87, welche von zwei Punkten herrühren, die, beachtenswerth genug, beide auf einer Linie liegen, welche der Grenze des nach Norden streichenden warmen Stromes und des südwärts an Jan-Mayen vorbeifliessenden Polarstromes parallel liegt und derselben sehr nahe gerückt ist. Sieht man indessen von diesen beiden Hauptabweichungen ab, denen es zuzuschreiben ist, dass die Curve in einer Tiefe von 300 bis 400 Faden ein freilich schwaches Minimum aufweist, so wird man die Regel über die Abnahme des Sauerstoffgehaltes mit der Tiefe in der Kürze so aussprechen können: Der Sauerstoffgehalt des Meerwassers ist an der Oberfläche durchschnittlich $35,3\%$, und nimmt dann zuerst schnell und danach langsamer ab, bis derselbe in einer Tiefe von 300 Faden auf $32,5\%$ sinkt, und danach in grösseren Tiefen wesentlich constant bleibt. Es verdient bemerkt zu werden, dass von den hier untersuchten Wasserproben 40 direct vom Meeresgrund geschöpft sind. Man würde sich indessen vergeblich anstrengen, einigen Unterschied in Eigenschaften zwischen diesen und den aus entsprechenden intermediären Tiefen entnommenen Proben aufzufinden.

Handelt es sich endlich um das Studium der Variationen in der absoluten Luftmenge, so dürfte es sich von selbst empfehlen, als Maass für diese den aufgelösten Stickstoff anzuwenden, da die beobachtete Luftmenge in Folge des fortgehenden Verbrauchs an Sauerstoff in den tiefer liegenden Schichten immer kleinere oder grössere Abweichungen von derjenigen Menge darbieten wird, welche an der Oberfläche unter directer Einwirkung der Atmosphäre absorbirt werden würde. Die Stickstoffmenge dagegen darf, bei der stark ausgeprägten Indifferenz dieser Gasart anderen Stoffen gegenüber, ohne beträchtlichen Irrthum als von derartigen localen Zufälligkeiten unabhängig angesehen werden.

Wird nun also die Stickstoffmenge als das Maass der im Seewasser aufgelösten Luft angenommen, so zeigt sich auch hier eine ausgeprägte Gesetzmässigkeit, wovon nur dadurch eine Ausnahme entsteht, dass bei den von Svendsen auf der ersten Ausfahrt angestellten Beobachtungen überall eine geringere Stickstoffmenge gefunden wurde, als man nach allen übrigen vorliegenden Beobachtungen erwarten musste. Sieht man indessen von diesen, auf der ersten Reise ausgeführten 14 Beobachtungen ab, so wird man finden, dass sämtliche übrigen, bis auf ganz vereinzelte Ausnahmen, sehr gut mit den Werthen übereinstimmen, welche man nach der, aus den oben angeführten Versuchen bestimmten Formel: $N = 14,4 - 0,23 \cdot t$ berechnen kann.

Man erhält nämlich aus den Beobachtungen folgende Mittelwerthe:

Tiefenintervalle engl. Faden.	Mittl. Tem- peratur °C.	Stickstoff- gehalt beob.	Stickstoff- gehalt berchn.	Differenz.
0	6,4	13,07	12,93	— 0,14
0—100	2,7	13,98	13,78	— 0,20
100—300	1,0	14,15	14,17	0,02
300—600	— 0,6	14,54	14,54	0,00
600—1000	— 0,8	14,04	14,58	0,54
1000—1900	— 1,4	14,38	14,72	0,34

Wenn die mittlere Stickstoffmenge hier in den tieferen Schichten etwas niedriger gefunden wird, als man erwarten würde, so hat dies seinen Grund darin, dass bei den fünf

Beobachtungen No. 17, 22, 33, 36 und 37, welche alle von Wasserproben aus dem im Jahre 1877 untersuchten Gebiet herrühren, ein ca. 1,5 Ccm. niedrigerer Gehalt gefunden ist, als der, welchen dieselben bei entsprechender Temperatur unter gewöhnlichem atmosphärischen Drucke hätten aufnehmen können. Dagegen deuten alle übrigen Beobachtungen darauf hin, dass die Stickstoffmengen auch in den grösseren Tiefen durchaus mit dem in der Formel ausgesprochenen Gesetze übereinstimmen.

Eine ähnliche Vergleichung¹⁾ ist von Buchanan zwischen den von ihm für die südlichen Meere gefundenen Werthen und den von Bunsen für destillirtes Wasser ermittelten, angestellt worden. Bei dieser Vergleichung treten aber, besonders bei den niederen Temperaturen, nicht unbedeutende Differenzen auf, die sogar bis auf mehr als 1 Ccm. per Liter steigen können, während diese Differenzen so gut wie vollständig wegfallen, wenn man die nach der Formel des Verfassers berechneten Werthe anwendet. Man erhält nämlich:

Tiefe in Fuss.	Mittlere Temperatur ° C.	Stickstoffmenge nach Buchanan.	Stickstoffmenge nach d. Formel ber.	Differenz.
600	14,6	11,26	11,04	— 0,22
1200	13,0	11,71	11,41	— 0,30
1800	6,9	13,00	12,81	— 0,19
2400	5,1	13,10	13,23	0,13
4800	2,5	13,82	13,82	0,00
darüber	1,5	14,37	14,05	— 0,32

Es ergibt sich hieraus, dass die Stickstoffmenge, wie dies bereits von Dr. Jacobsen und Anderen angenommen ist, sich nicht im Mindesten nach dem in den grossen Tiefen herrschenden Drucke richtet, sondern allein von der Temperatur abhängig ist. Die allein wahrscheinliche Deutung dieser Beobachtungen schliesst die Möglichkeit dafür aus, dass Temperatur und Druckdifferenzen innerhalb der unter der Oberfläche liegenden Schichten eine andere Vertheilung

¹⁾ Ber. Berl. chem. Ges. **11**, 410.

der Luft sollten herbeiführen können, als die, welche schon seit der Zeit bestand, wo das Wasser zum letzten Male sich an der Oberfläche befand und der freien Einwirkung der atmosphärischen Luft ausgesetzt war. Die Luft wird demgemäss nur durch die Circulation des Wassers in die Tiefe herabgelangen, und eine Ausgleichung der Luftmengen wird nur durch Mischung der verschiedenartigen Wassermassen eintreten können. Eine solche Mischung wird aber, wenn nicht ausserdem noch Erwärmung oder Erkältung eintritt, nicht im Stande sein, das gesetzmässige Verhältniss zwischen der Temperatur und der Stickstoffmenge zu stören, da die Variationen der Stickstoffmenge mit der Temperatur durch eine gerade Linie dargestellt werden.

Man wird also, wenn die gemachten Voraussetzungen stichhaltig sind, durch eine Stickstoffbestimmung in den tieferen Meeresschichten, wenn auch nur in sehr roher Weise, entscheiden können, ob dieselben seit ihrem letzten Aufenthalt an der Oberfläche eine Erwärmung oder Erkältung erlitten haben, vorausgesetzt, dass man dabei die Wirkungen des wechselnden atmosphärischen Druckes und der anderen Zufälligkeiten vernachlässigen darf, welche während der Absorption an der Oberfläche ihren Einfluss geltend machen.

Gruppirt man die hier veröffentlichten Beobachtungen nach der Temperatur der Wasserproben, so zeigt es sich, dass die Stickstoffmengen sehr genau den für diese Temperatur nach der Formel berechneten Werthen entsprechen, woraus folgen würde, dass die Temperatur der Wasserproben sich nicht in irgend nennenswerthem Grade verändert haben kann seit dem letzten Male, wo dieselben sich an der Oberfläche befanden.

Man erhält nämlich:

Temperatur- intervall.	Mittlere Temperatur ° C.	Stickstoff- menge beob.	Stickstoff- menge berechnet.	Differenz.
Unter 0°	— 1,1	14,32	14,65	0,33
0—3	1,2	14,19	14,12	— 0,07
3—6	4,6	13,38	13,34	— 0,04
6—9	7,5	12,90	12,67	— 0,13
Ueber 9	11,2	11,93	11,82	— 0,11

432 Tornøe: Resultate d. norweg. Nordmeerexpedition.

Dass die Uebereinstimmung bei den Temperaturen unter 0° nicht so vollständig ist, wie sonst, fällt auch hier den oben besprochenen fünf Beobachtungen zur Last, die alle im Jahre 1877 ausgeführt wurden. Berechnet man dagegen die mittlere Temperatur und Stickstoffmenge für dieses Intervall aus den während der Reise des letzten Jahres gemachten Beobachtungen, so erhält man zu einer Mitteltemperatur $-1,2^{\circ}$ die Stickstoffmenge 14,59 Ccm., also nur 0,99 Ccm. weniger als berechnet.

Benutzt man in gleicher Weise die von Dr. Jacobsen veröffentlichten Beobachtungen zu einem Ueberschlag über die Stickstoffmengen in der Nordsee, so erhält man in runden Zahlen:

Temperatur-intervall.	Mittlere Temperatur $^{\circ}$ C.	Stickstoff-menge beob.	Stickstoff-menge berechnet.	Differenz.
10°	6,5	13,2	12,9	— 0,3
10—15	12,1	12,0	11,6	— 0,4
15—20	16,9	11,0	10,5 ¹⁾	— 0,5

Hier findet man also überall einen Stickstoffgehalt, der einer etwas niedrigeren Temperatur, als der beobachteten, entspricht, und dies im stärksten Maassstabe bei den höheren Temperaturen, oder, da die Temperaturen mit der Tiefe abnehmen, für die obersten Wasserschichten. Wenn man sich daran erinnert, dass Jacobsen's Beobachtungen im Spätsommer ausgeführt wurden, und in den meisten Fällen so kleine Tiefen betreffen, dass die jährliche Periode der Luft- und Wassertemperatur sich wohl bis in dieselben hinab erstreckt haben könnte, so würde es ziemlich nahe liegen, diese Erscheinung durch die Erwärmung des Wassers in den Sommermonaten zu erklären, während man annehmen muss, dass die für die Stickstoffmenge bestimmende Temperatur jedenfalls nicht über die jährliche Mitteltemperatur hinausgehen darf.

Dass ähnliche Erscheinungen nicht auch in den oberen

¹⁾ Die für das Intervall $0-15^{\circ}$ berechnete Formel ist hier auch als von $15-20^{\circ}$ geltend vorausgesetzt.

Schichten des von der norwegischen Nordmeerexpedition untersuchten Meeres beobachtet sind, hat seinen einfachen Erklärungsgrund darin, dass die Lufttemperatur in diesen Gegenden auch im Sommer gewiss nicht höher, leicht aber niedriger ist, als die Temperatur der Meeresoberfläche.

Christiania, Mai 1879.

Ueber die antiseptische Wirkung der Säuren;

von

Nadina Sieber.

Es ist eine längst bekannte und schon von den Chemikern, die sich zuerst mit der Untersuchung der Milch- und Buttersäuregährung beschäftigten, beobachtete Thatsache, dass die saure Reaction der gährenden Lösung eine ungünstige Wirkung auf den Verlauf der Gährung ausübt; wesshalb auch, z. B. bei der Bereitung der Gährungsmilchsäure und Buttersäure in den Vorschriften besonders hervorgehoben wird, dass der Zuckerlösung von vornherein kohlensaurer Kalk oder kohlensaures Zink zugesetzt werden müsse, um die gebildete Säure zu neutralisiren.

Da nach unserer jetzigen Kenntniss die Gährungs- und Fäulnisprocesse durch bestimmte Formen der Spross- resp. Spaltpilze bewirkt werden, so ist die Annahme berechtigt, dass das Vorhandensein freier Säure der Entwicklung und dem Leben dieser Organismen nachtheilig ist. Dass ferner nicht auf alle Pilzformen die Gegenwart freier Säure gleich schädliche Wirkung ausübt, beweist die bekannte Beobachtung, dass die Alkoholgährung auch in schwach saurer Lösung verlaufen kann und die tägliche Erfahrung zeigt, dass saure Fruchtsäfte, Essig u. s. w. beim Stehen an der Luft sich mit Schimmelvegetationen bedecken.

Meines Wissens sind bis jetzt keine Versuche darüber ausgeführt worden, ein wie hoher Säuregehalt einer, sonst für das Leben der Fermentorganismen günstigen Nährlösung,

Wille's
Wasserschöpfer:
 $\frac{1}{10}$ der nat. Größe.