

CHEMISCHE UNTERSUCHUNGEN IM ÖSTLICHEN MITTELMEER

VON

DR. KONRAD NATTERER

IV. REISE S. M. SCHIFFES „POLA“ IM JAHRE 1893.

(SCHLUSSBERICHT.)

(AUS DEM K. K. UNIVERSITÄTS-LABORATORIUM DES HOFRATHES AD. LIEBEN.)

(Mit 1 Karte.)

VORGELEGT IN DER SITZUNG AM 19. APRIL 1894.

Einleitung.

Das im Sommer 1893 untersuchte Ägäische Meer schliesst sich zwischen Kleinasien und Kreta einerseits, zwischen Kreta und dem Peloponnes andererseits an das weite Hauptbecken des östlichen Mittelmeeres an, welches das Arbeitsgebiet der Tiefsee-Expeditionen S. M. Schiffes »Pola« in den drei vorhergegangenen Sommern 1890—1892 gewesen war.¹

Im Nordosten steht das Ägäische Meer wieder seinerseits durch die Strasse der Dardanellen mit dem kleinen, aber tiefen Marmara-Meer in Verbindung, welch' letzteres durch die Bosphorus-Strasse an die gewaltige Wassermasse des Schwarzen Meeres angegliedert ist. —

Was die, für Untersuchungen jeder Art in erster Linie zu berücksichtigenden Bewegungserscheinungen des Mittelländischen Meeres betrifft, so ist zwischen der mehr oder weniger der unmittelbaren Beobachtung zugänglichen, zum Theil schon von altersher bekannten und bei der Schifffahrt ausgenützten Oberflächenbewegung, und der in den allermeisten Fällen nur aus Einzelthatsachen zu erschliessenden Bewegung der unter der Oberfläche befindlichen, bis zu mehreren Tausend Meter tiefen Wassermassen zu unterscheiden.

In den Oceanen stehen nach Arago² diese Bewegungen hauptsächlich unter dem Einfluss der so verschiedenen Erwärmung der obersten Wasserschichten durch die Sonne in den äquatorialen und in den

¹ Bisher erschienen:

In den Denkschriften Bd. 59 und 60 zwei Reihen der »Berichte der Commission für Erforschung des östlichen Mittelmeeres« (im Buchhandel selbstständig zu beziehende Collectiv-Ausgabe), umfassend: I. »Die Ausrüstung S. M. Schiffes »Pola« für Tiefsee-Untersuchungen,« beschrieben von dem Schiffs-Commandanten k. u. k. Fregatten-Capitän W. Mörth. — II. und VIII. »Physikalische Untersuchungen im östlichen Mittelmeer« von J. Luksch, bearbeitet von J. Luksch und J. Wolf. — III, IV. und VII. Meine »Chemischen Untersuchungen im östlichen Mittelmeer.« — V. und VI. »Zoologische Ergebnisse« von E. v. Marenzeller. — Wien, 1892 und 1893; in Commission bei F. Tempsky, Buchhändler der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften.

Meine drei chemischen Abhandlungen sind auch erschienen in den Monatsheften für Chemie XIII, 873 und 897 (1892) und XIV, 624 (1893).

² Pogg. Ann. 37, 450 (1836).

polaren Gegenden und unter dem des Wechsels der Rotationsgeschwindigkeit der Punkte verschiedener Breitgrade um die Erdaxe, ganz ähnlich wie die grossen Bewegungen der Atmosphäre ihre Erklärung finden.¹

Das nur durch die Strasse von Gibraltar (und durch den, in oceanographischer Beziehung fast gar nicht in Betracht kommenden künstlichen Kanal von Suez) mit dem Ocean zusammenhängende Mittelländische Meer ist dem Einfluss der kalten unterseeischen Polarströmung ganz entzogen, und deshalb war man lange Zeit der Meinung, dass sich in seinen Tiefen ein vollkommen stille stehendes Wasser befinde.

Wenn nicht sehr starker Ostwind bläst, fliesst durch die Strasse von Gibraltar fortwährend Oberflächenwasser des atlantischen Oceans in das Mittelländische Meer ein, welches Einfließen von Wasser gewissermassen den Beginn einer, das ganze Mittelländische Meer durchkreisenden Meeresströmung darstellt.

Diese Strömung macht sich besonders längs der Küsten geltend. Sie läuft längs der Nordküste von Afrika gegen Osten und war für Alexander den Grossen bestimmend bei der Wahl des Ortes der nach ihm benannten Handelsstadt Egyptens, da sie den vom Nil in das Meer getragenen Schlamm von ihrem Hafen ferne hält; gegenwärtig droht sie der im Osten der Nilmündungen gelegenen Einfahrt in den Suez-Kanal mit Versandung. Sie zieht dann längs der syrischen Küste gegen Norden, längs der Südküste Kleinasiens gegen Westen, behält die letztere Richtung bis Sicilien bei, Seitenströme in das Ägäische und Adriatische Meer entsendend, welche Seitenströme in beiden Fällen an der Ostseite gegen Norden, an der Westseite gegen Süden streben. Längs der Westküste Italiens biegt sie hierauf gegen Nordwesten, bespült die Südküste Frankreichs und fliesst längs der spanischen Küste gegen Südwesten, um bei der Strasse von Gibraltar den Kreis zu schliessen.

Diese, die Schifffahrt theils begünstigenden, theils hemmenden Stromverhältnisse des Mittelländischen Meeres haben vielfach den Verlauf der Culturverbreitung und Culturentwicklung beeinflusst. Beispielsweise haben sie einerseits den durch hohe Gebirge und dahinter gelegene Wüsten auf einen schmalen Küstensaum angewiesenen Phönicern die Überfahrt nach Cypern, dann die Gründung weiterer Colonien, zunächst am Nordrand des Mittelländischen Meeres erleichtert, andererseits die an den Landseiten durch Wüsten ziemlich gedeckten Egypter lange Zeit vor fremder Einwanderung von der Seeseite her bewahrt, dadurch zur Erhaltung ihrer Eigenart beitragend.

Über den Grad der Regelmässigkeit und über die Ursachen dieser zuerst im Anfang unseres Jahrhunderts von Admiral Smyth in ihrer Gänze angegebenen kreisenden Bewegung des Oberflächenwassers im Mittelländischen Meere ist man noch nicht im Klaren.²

Partsch nimmt an, dass sich über jedem Einzelbecken des so vielfach gegliederten Mittelmeeres eine cyclonale Bewegung in der Atmosphäre entwickelt, die dann entsprechende Wasserstauungen (Driftbewegungen des Wassers) zur Folge haben. Diese Einzelkreise schliessen sich dann mehr zufällig zur Gesamtcirculation aneinander.

Krümmel weist darauf hin, dass viele Theile der kreisenden Bewegung des Mittelmeerwassers ganz abhängig von der jeweiligen Windrichtung sind, so dass die Wasserbewegung öfters gegenläufig wird.

Ferner ist es auffallend, dass an einigen Stellen das Wasser, durch ein entgegenstehendes Hinderniss (Insel oder Festland) abgelenkt, einen kleinen, im entgegengesetzten Sinne verlaufenden Strom (Neerstrom) bildet. So z. B. im Norden des Ägäischen Meeres, wo der aus dem Marmara-Meer kommende Strom salzarmen Wassers bei der Insel Lemnos sich in der Art theilt, dass nur der südliche Arm gegen Westen, dann gegen Süden einsetzt, während der nördliche Arm die thrakische Bucht nördlich der Linie Imbros-Athos durchströmt, oder in der Bucht der beiden Syrten, wo durch das Aufstossen des nach Osten gerichteten Hauptstromes an dem unterseeischen Abhang des Plateaus von Barka (Türkisch-Afrika) ein Neerstrom (Wirbel) erzeugt wird.

¹ Theorie der Passatwinde von Varenius (*Allgemeine Geographie*, 1650), weiter entwickelt von dem englischen Physiker Halley (1686).

² Siehe Krümmel in v. Boguslawski und Krümmel, *Handbuch der Oceanographie*, II. 466.

Die einzelnen Ausnahmen und die zeitweisen Umkehrungen der kreisenden Bewegung des Oberflächenwassers im Mittelmeer dürften nur durch locale und temporäre Verhältnisse zu Stande kommen, und glaube ich, dass für diese Wasserbewegung die Richtung und die Stärke der Winde im Allgemeinen nur nebensächlich sind, dass ihre Hauptursache vielmehr in dem Getragenwerden der obersten Wasserschicht vor Seiten des, in eben dieser Bewegung befindlichen Tiefenwassers zu suchen ist.

Eine solche kreisende Bewegung der, den unmittelbaren Einflüssen der Atmosphäre entrückten, sehr grossen Wassermasse wird einerseits immer wieder rasch die durch Gegenwinde erzeugten anderweitigen Driftbewegungen des Oberflächenwassers ausgleichen, anderseits dort, wo unterseeische Barren oder starke Verringerung der Meerestiefe sein Vordringen erschweren, das Auftreten von localen Neerströmen zulassen.

Eine solche Bewegung der Hauptmasse des durchschnittlich 2000 m tiefen Mittelmeeres würde dort, wo Tiefe und Breite des Meeres Schwankungen unterworfen sind, nicht bloss horizontal, sondern auch auf- und absteigend vor sich gehen, überhaupt in ihren Einzelheiten in erster Linie von der Gestaltung des Meeresgrundes abhängen; sie würde die Durchmischung der übereinander befindlichen Wasserschichten unterstützen, welche sonst nur durch das Hinabsinken von, wegen Erkaltung oder Verdunstung schwerer gewordenem Oberflächenwasser veranlasst wird. Jene Wasserbewegung könnte ein Ergebniss der durch viele Jahrtausende (wegen Winddrift oder wegen Gefälleströmungen) fast beständig anhaltenden, nach und nach in Folge der inneren Reibung des Wassers bis in die grössten Tiefen fortgepflanzten Oberflächenbewegung sein oder vielleicht unter dem Einfluss der horizontalen Componenten der Anziehung von Sonne und Mond zu Stande kommen. Mitbestimmend für ihre Richtung wäre das durch die Rotation der Erde veranlasste Bestreben der irgendwie in Bewegung gerathenen Wassertheilchen nach rechts zu drängen.

Wie ich in den letzten Abschnitten meiner vorjährigen Abhandlung dargelegt habe, ergibt sich aus rein chemischen Gründen, nämlich an der Hand von Schlussfolgerungen aus der Vertheilung der salpetrigen Säure und des Broms, respective Jods die Wahrscheinlichkeit einer solchen Wasserbewegung der Gesamtmasse des östlichen Mittelmeeres.

Historischer Rückblick.

Über die Verhältnisse der Tiefen des Mittelländischen Meeres herrschten lange Zeit unrichtige Ansichten, verursacht durch irrhümliche Beobachtungen oder durch falsche Auslegung und Verallgemeinerung negativer Resultate.

Durch Decennien wurde zur Erläuterung der Bildung von Steinsalzlageren auf das Ergebniss der von Wollaston¹ ausgeführten Untersuchung einer Wasserprobe hingewiesen, welche von Admiral Smyth nahe bei der Strasse von Gibraltar (in 36° 1' n. Br. und 4° 40' w. L. von Gr.) in angeblich 1230 m Tiefe geschöpft worden war. Wollaston hatte nämlich darin 17·3% Salz und für das specifische Gewicht die Zahl 1·1288 gefunden. Hieraus schloss man, dass sich im Mittelländischen Meere, welchem bei Weitem weniger Wasser durch Regen und durch Flüsse zugeführt werden dürfte, als ihm besonders in seinem südlichen Theile durch Verdunstung entzogen wird, in den unteren Schichten die durch diese Verdunstung entstehende Salzsoole ansammle. Die Salzsoole könnte so mit der Zeit immer salzreicher werden, bis das Maximum der Löslichkeit des Chlornatrium erreicht ist, und dieses zum Auskrystallisiren auf dem Grunde des Mittelländischen Meeres gebracht wird. Die dazu nöthigen Mengen von Chlornatrium würden von den durch die Strasse von Gibraltar aus dem Atlantischen Ocean immerfort einströmenden Wassermassen geliefert werden.

Dabei wurde ganz ausser Betracht gelassen, dass Wollaston selbst in zwei anderen, ihm ebenfalls von Admiral Smyth übergebenen, etwas weiter im Innern des Mittelmeeres (in 1° 0', beziehungsweise

¹ Phil. Trans. for 1829, p. 29.

4°30' ö. L. und aus 720 und 810 *m* Tiefe) emporgeholt Wasserproben Salzgehalte gefunden hatte, die nur um ein ganz Unbedeutendes den Salzgehalt des Oberflächenwassers übertrafen.

Im Jahre 1848 hat Calamai¹ gezeigt, dass sich das Oberflächenwasser vor Venedig und das vor Livorno fast nur in dem Grade der Verdünnung von einander unterscheiden, und fast gar nicht in der Zusammensetzung des gelösten Salzes.

Im Jahre 1849 hat Usiglio² festgestellt, in welcher Reihenfolge die einzelnen Salze des Mittelmeerswassers bei allmählicher Verdunstung des Wassers bei Zimmertemperatur und bis zu einer nach und nach erreichten Concentration auf $\frac{1}{68}$ des ursprünglichen Volums zur Abscheidung kommen (zuerst Spuren von Eisenoxyd, dann geringe Mengen von kohlensaurem Kalk, hierauf Gyps, Chlornatrum, Magnesiumsulfat, Chlormagnesium und Bromnatrium). In der Mutterlauge war noch $\frac{1}{5}$ des Gesamtsalzes gelöst, darunter das ganze Chlorkalium des Meerwassers.³

Im Jahre 1865 hat Forchhammer als Ergebniss von 20 Analysen in einer für die Oceanographie grundlegenden Abhandlung⁴ hervorgehoben, dass das Wasser der oberen Schichten des Mittelmeeres (bis gegen 200 *m* Tiefe) um ein Geringes salzreicher ist als das der freien Océane, und dass die Zusammensetzung des im Mittelmeerswasser gelösten Salzes, wenigstens was Chlor, Schwefelsäure, Kalk, Magnesia und Kali betrifft, mit der des Salzes im oceanischen Wasser übereinstimmt.

Im Jahre 1870 liess Carpenter gelegentlich der englischen »Porcupine«-Expedition⁵ genau an der Stelle, von welcher Wollaston's salzreiches Wasser stammte, lothen und am Meeresgrunde Wasser schöpfen. Die an dieser Stelle ziemlich starke Meeresströmung konnte diesmal wegen der mittlerweile durch verschiedene Verbesserungen erreichten rascheren und verlässlicheren Art des Lothens weniger störend auf die Bestimmung der Meerestiefe wirken. So kam es, dass nicht 1230 *m*, wie von Admiral Smyth, sondern bloss 1070 *m* gelothet wurden.

Das in einer, an beiden Enden mit Ventilscheiben versehenen Messingröhre vom Meeresgrunde emporgeholt Wasser wurde sofort auf sein specifisches Gewicht geprüft und dasselbe zu 1·0292 gefunden, während das des Oberflächenwassers an der Schöpfstelle 1·0270 betrug.

Die von Wollaston untersuchte Wasserprobe war jedenfalls erst bei der dreijährigen Aufbewahrung wegen mangelhafter Verkorung der sie enthaltenden Flasche durch Verdunstung so salzreich geworden, dass sie ein specifisches Gewicht von 1·1288 aufwies. Durch diese Richtigstellung war auch eine von dritter Seite ausgesprochene Vermuthung, nämlich die des Vorhandenseins einer Salzquelle an der fraglichen Stelle des Meeresgrundes östlich von Gibraltar hinfällig geworden.

Es sei noch hervorgehoben, dass von Carpenter durch directe Strömungsbeobachtungen, mit Hilfe eines leichten leeren Bootes und eines daran mittelst Seil befestigten und in verschiedene Tiefen versenkten, geeignet hergerichteten Korbes endgültig nachgewiesen worden ist, dass durch die Strasse von Gibraltar nicht nur Wasser vom Atlantischen Ocean herein-, sondern auch, und zwar in der Tiefe, Wasser aus dem Mittelländischen Meere hinausfliesst.

Auf derselben Expedition und auf der im nächsten Jahre folgenden, sich bis in das östliche Mittelmeer erstreckenden »Shearwater«-Expedition hat Carpenter gezeigt, dass das specifische Gewicht und die Temperatur des Wassers über dem Boden des östlichen Theiles der (im Minimum 13 *km* breiten und im Mittel 275 *m*, im Maximum 311 *m* tiefen) Strasse von Gibraltar sehr nahe übereinstimmen mit jenen des Wassers in den ebenso tiefen und tieferen Lagen des Mittelmeeres, auch in der damals angenommen grössten Tiefe desselben (3200 *m*) im Nordosten von Malta. Ferner, dass beide etwas höher sind als die im Atlantischen Wasser westlich der Strasse von Gibraltar in der Maximaltiefe dieser Strasse beob-

¹ Journ. prakt. Ch. 45. 235.

² Annales de Chimie et de Physique (3) 27. 104.

³ Usiglio's Zahlen, welche die mit der Concentration des Meerwassers fortschreitende Ausscheidung von Salzen angeben, finden sich auch in: Thoulet, Océanographie (Statique), p. 231. Paris, 1890.

⁴ Phil. Trans. of the Royal Society of London 155. 203—262.

⁵ Proceedings of the Royal Society of London 19. 146. (1871).

achteten Werthe, endlich, dass der kleine in das Mittelländische Meer einflussende Theil des Atlantischen Oberflächenwassers nur im äussersten Westen im Stand ist, für das spezifische Gewicht und die Temperatur der obersten Schichten des Mittelmeeres massgebend zu sein.

Es war mithin festgestellt, dass eine Anreicherung von Salz in den Tiefen des Mittelländischen Meeres nicht stattfindet, dass vielmehr die durch Verdunstung oder sonstwie bewirkte geringe Erhöhung des Salzgehaltes immer wieder durch Abgabe des salzreicheren Wassers an den Atlantischen Ocean in gewissen Grenzen gehalten wird. —

In Bezug auf die Temperatur des Mittelmeerwassers hat sich gezeigt, dass bedeutende örtliche und zeitliche Schwankungen derselben nur in den oberen Wasserschichten (bis circa 300 *m* Tiefe) vorkommen.¹ Für die darunter befindliche Hauptmasse des Mittelmeerwassers haben sich bei den »Porcupine-« und »Shearwater-« Expeditionen, in theilweiser Bestätigung einiger älterer Beobachtungen (besonders von Bérard und Spratt) Beträge ergeben, welche nur wenig von der mittleren Wintertemperatur der Mittelmeerländer (13·5—14° C.) abweichen.² —

Die englische »Porcupine-« Expedition, welche den grössten Theil dieser Thatsachen im Sommer 1870 ermittelt hat, war vorher im Atlantischen Ocean thätig gewesen und hatte dort unter Anwendung des Schleppnetzes (Dredsche) eine grosse Menge von Thieren vom Meeresgrund emporgebracht. Um so auffallender erschien desshalb den Mitgliedern dieser Expedition die Thierarmuth der Tiefen des Mittelländischen Meeres.

Lange Zeit hatten diese Tiefen überhaupt als unbewohnt und unbewohnbar gegolten, zumal seit Ed. Forbes im Jahre 1841 ohne Erfolg in den Tiefen des Ägäischen Meeres nach lebenden Wesen gesucht hatte.

Doch war anderseits gerade wieder ein Vorkommniss des Mittelländischen Meeres massgebend gewesen für den seither eingetretenen Wechsel der Ansichten über die Verbreitung von Organismen bis in die grössten Meerestiefen, nämlich der Umstand, dass im Jahre 1860 beim Aufziehen des Telegraphenkabels zwischen Sardinien und Algier, welches den Dienst versagte und dessen verletzte Stelle man suchen wollte, eine Menge von Thieren, Vertreter von 15 Arten daran hafend gefunden wurden, und zwar über die ganze Länge des Kabels, das durch drei Jahre in Tiefen von 130—2200 *m* auf dem Meeresgrund gelegen war.

Es ist klar, dass sich die Frage nach der Möglichkeit eines Thierlebens in den Meerestiefen in den meisten Stücken deckt mit der Frage nach den Bewegungserscheinungen der betreffenden Wassermassen. Denn nur durch eine sowohl horizontal als auch vertikal erfolgende Wasserbewegung wird eine fortdauernde Zufuhr der zum Leben notwendigen Stoffe erreicht. Eine solche fortdauernde Durchmischung müsste sich in der Konstanz der Zusammensetzung des Meerwassers ausdrücken.

In früheren Zeiten, wo man sich die tieferen Meeresschichten ungemein salzreich dachte, also ein zeitweises Emporsteigen von Tiefenwasser an die Oberfläche als ausgeschlossen betrachtete, hielt man

¹ Mehrjährige Beobachtungen über die Temperaturschwankungen der obersten Wasserschichten wurden an einigen Stellen des Adriatischen Meeres angestellt. (Fünf Berichte der Commission für die Adria an die kais. Akademie der Wissenschaften; Wien, 1890—1890.) — Eine von Hann nach den Beobachtungen von Buccich in Lesina verfasste Tabelle, die mit den vier Jahreszeiten in 0, 1·0, 0·5, 10·0 und 37·0 *m* Tiefe sich ändernde Temperatur angehend, findet sich in Hann, v. Hochstetter und Pokorný, »Allgemeine Erdkunde« (1886) S. 160. Anmerk. und in Wolf und Luksch, Physikalische Untersuchungen in der Adria; Mittheilungen aus dem Gebiete des Seewesens, 1887.

² Alle von 1749—1808 unter der Meeresoberfläche angestellten Temperaturbeobachtungen sind in einer Abhandlung Prestrich's in den Phil. Trans. 165, 2 zusammengestellt.

Um die Temperaturangaben von in den Meerestiefen selbstregistrierenden Quecksilberthermometern (entweder Maximum- und Minimumthermometern oder sog. Umkehr-Thermometern, bei welchen ein Reissen des Quecksilberfadens bewirkt wird) nur noch in Ausnahmefällen (bei sehr grossen Tiefen) unter Anwendung einer hydraulischen Presse einer Correctur wegen der Verkleinerung des Thermometergefässes durch den äusseren Druck und der so veranlassenen Erhöhung des Quecksilberstandes unterziehen zu müssen, sind seit circa 25 Jahren die Gefässe der Tiefseethermometer von einer luftdicht schliessenden, starkwandigen Glashülle umgeben, die nur zum Theil mit einer, den Wärmeausgleich zwischen dem Quecksilber und dem Meerwasser vermittelnden Flüssigkeit gefüllt ist. Die daneben vorhandene Luft verhindert mehr oder weniger vollständig die Übertragung der Volumsverkleinerung der Glashülle auf das Thermometergefäss.

dafür, dass die vom Oberflächenwasser aufgenommene atmosphärische Luft¹ hauptsächlich durch Diffusion in die Meerestiefen gelange, wo sie sich entsprechend dem dort bis zu Hunderten von Atmosphären anwachsenden Drucke in grosser Menge ansammle.

Die Richtigkeit dieser Annahme suchte Aimé² 1843 an einigen vor Algier aus grossen Tiefen entnommenen Wasserproben zu prüfen. Sein Schöpfapparat bestand im Wesentlichen aus einer Eprovette, welche mit Quecksilber gefüllt und mit der Öffnung nach oben hinabgelassen wurde. Durch ein längs des Seiles nachgleitendes Gewicht wurde dann eine Auslösung bewirkt, damit sich die Eprovette umkehrte, und zwar in der Art, dass ein Theil des Quecksilbers durch Wasser ersetzt, dieses Wasser aber durch Quecksilber abgesperrt wurde. Nach dem Herausholen des Apparates, d. h. nach der Aufhebung des auf dem Tiefenwasser lastenden Druckes hatte sich kein Gas aus dem Wasser entwickelt, wie es hätte sein müssen, wenn der Gehalt an gelöster Luft dem in der Tiefe herrschenden Druck entsprechen würde. Um ausserdem zu zeigen, dass im Tiefenwasser überhaupt Luft absorbiert ist, überliess Aimé nach jedesmaligem Wasserschöpfen den Apparat sich selbst, wobei sich je nach der zufällig herrschenden, immer aber die Temperatur des frisch geschöpften Wassers übersteigenden Lufttemperatur bald mehr bald weniger Luft entwickelte. Aimé gab die so erhaltenen Luftmengen in Bruchtheilen des Wasservolumens an, nur als Beleg dafür, wie gering dieselben seien. Dieselben sind später dahin missverstanden worden, als habe Aimé damit die wirkliche Gesammtmenge der im Meerwasser enthaltenen Luft gemeint, und dies Missverständniss hat zu einer seltsamen Ansicht über die Abhängigkeit der Luftmenge von der Tiefe geführt, — einer Ansicht, die noch 1870 von A. Gautier (Wurtz, Dictionnaire I, 1211) mit den Worten wiedergegeben wurde: »Die Luftmenge nimmt zuerst mit der Tiefe zu, bis zu einer Tiefe von circa 600 bis 800 m, aber bei 1200 m Tiefe enthält das Wasser kaum noch Spuren von Luft.«

Diese Ansicht vom Fehlen der Luft in den Tiefen des Mittelländischen Meeres war also eigentlich durch die Versuche Aimé's widerlegt. Diese Ansicht stand überdies im Gegensatz zu der durch den Befund an dem erwähnten Telegraphenkabel und durch einzelne Schleppnetzzüge der »Porcupine«-Expedition, wenigstens für einige Stellen des Grundes erwiesenen Existenz von, Sauerstoff benöthigendem Thierleben. Gleichwohl fand sie in Bezug auf den Sauerstoff sonderbarer Weise auch bei Carpenter, dem wissenschaftlichen Leiter der »Porcupine«- und der im Spätsommer 1871 im südlichen Theil des östlichen Mittelmeeres durchgeführten »Shearwater«-Expedition³ Anklang. —

Ohne Rücksicht auf die eigenen, wenn auch spärlichen positiven Ergebnisse von Dredschungen, mit Verkennung des Umstandes, dass ein über den zähen lehmartigen Schlamm des Mittelmeeres geschleiftes Schleppnetz überhaupt fast gar nicht »fischend« wirkt, indem es sich sehr bald mit dem seine Maschen verstopfenden Schlamm vollfüllt, so dass man also von jeder einzelnen Schleppnetzoperation nur über einen verschwindend kleinen Theil des Meeresgrundes und durchaus nicht über die ganze vom Schleppnetz zurückgelegte Strecke desselben biologischen Aufschluss erwarten kann, hielt Carpenter nach Abschluss beider Expeditionen die Tiefen des Mittelmeeres für so gut wie unbewohnt und glaubte als Ursache dessen einerseits den Mangel an freiem Sauerstoff, anderseits das Durchsetzsein der untersten Wasserschicht mit feinen Schlammtheilchen gefunden zu haben. Er stellte sich vor, dass der durch die Flüsse in das Meer getragene Schlamm nach und nach an den Grund des Meeres geräth, sich dort aber nur sehr langsam vollkommen absetzt, und dass die sich so ergebende Trübung des Wassers der Entwicklung des Thierlebens hinderlich sei. Speciell für den östlichen Theil des Mittelmeeres nahm er überdies an, dass der Reichthum an organischer Substanz, wie er dem in das Meer kommenden Nilschlamm eigen ist, im Verein mit der Langsamkeit der vertikalen Wasserbewegung den von der Oberfläche in die Tiefe gerathenen Sauerstoff immer wieder aufbraucht.

³ Untersuchungen darüber, inwieweit der Luft- und speciell der Sauerstoffgehalt des Oberflächenwassers nicht blos auf einfache Absorption aus der Atmosphäre, sondern auch auf einen (ganz untergeordneten) Einfluss von Pflanzen- und Thierleben zurückzuführen sei, wurden von Morren und Lewy angestellt. Ann. de Chimie et de Physique (3) 12, 1 (1844) und (3) 17, 1 (1846).

¹ Annales de Chim. et de Phys. [3] 7, 497.

² Proceedings of the Royal Society of London, 20, 535 (1872).

Die beiden an Bord des »Shearwater« durch Auskochen und durch Absorption der Kohlensäure mittelst Kalilauge, des Sauerstoffes mittelst Pyrogallussäure auf den Gasgehalt untersuchten Wasserproben waren in der Nähe des Golfes von Solum (an der Grenze von Egypten und Barka) in einer Tiefe von 3000, beziehungsweise 700 *m* knapp am Meeresgrund aufgefangen worden. Dieselben waren ebenso wie die im Vorjahre von der »Porcupine«-Expedition im westlichen Mittelmeer knapp am Grunde geschöpft, auf ihren Gasgehalt nicht untersuchten Wasserproben trübe.

Es ist nicht einzusehen, warum die — nach der Ansicht Carpenter's — von den Nilmündungen durch allmähliges Niedersinken und horizontales Weiterbewegen bis hieher gerathenen feinen Schlammtheilchen¹ sich hier nicht alsbald vollkommen zu Boden setzen sollten. Thatsächlich sind bei den vielen während der Expeditionen S. M. Schiffes »Pola« im östlichen Mittelmeer knapp ober dem Grunde vorgenommenen Wasserschöpfungen, bei denen allerdings immer sorgfältig ein Aufstossen des Schöpfapparates auf dem schlammigen Grunde durch Anbringung desselben in einigen Metern Höhe über dem am Seilende befindlichen Loth und durch möglichst sofortiges Stoppen der Lothmaschine beim Anlangen des Lothes auf dem Meeresgrunde vermieden wurde, immer nur klare Wasserproben erhalten worden. Es unterliegt demnach wohl kaum einem Zweifel, dass in Carpenter's Fällen durch das Loth oder durch den Wasserschöpfapparat selber aufgewühlte Schlammtheilchen des Meeresgrundes die Wassertrübung bewirkt haben.

Wenn nun überdies Carpenter in beiden Grundwässern aus der Nähe des Golfes von Solum im Verhältniss zum Stickstoff nicht einmal ein Drittel der im Wasser der Meeresoberfläche enthaltenen Sauerstoffmenge gefunden hat, so rührt dies offenbar ebenfalls von den darin enthaltenen feinen Grundtheilchen her, deren organische Substanzen den freien Sauerstoff zum grösseren Theil beim Erwärmen aufgezehrt, an der Entwicklung beim Auskochen des Wassers verhindert haben.

Ich werde auf Carpenter's Gasanalyse dieser beiden trüben Wässer vom Meeresgrunde bald noch zurückkommen. Carpenter glaubte nämlich darin bedeutend grössere Mengen Kohlensäure gefunden zu haben als im Oceanwasser. —

So wie in diesem Falle die Art des Operirens mit einem an sich brauchbaren Apparat zu Irrthümern geführt hat, brachte es in einem anderen Falle, nämlich gelegentlich der im Jahre 1881 stattgehabten »Travailleur«-Expedition² die fehlerhafte Construction des angewandten Wasserschöpfapparates mit sich, dass nach dem Hinablassen, nach dem Verschliessen der an beiden Enden des cylinderförmigen Hohlraumes befindlichen, durch ein Gestänge mit einander verbundenen Hähne, welches Verschliessen durch ein am Seil nachgeschicktes Fallgewicht bewerkstelligt wurde, und nach dem Wiederheraufholen des Ganzen darin öfters ein mit Luft übersättigtes Wasser enthalten war, das mit grosser Gewalt und stark schäumend beim Öffnen des unteren Hahnes herausströmte.

Der Constructionsfehler bestand darin, dass im Vergleich zu dem grossen cylinderförmigen Hohlraum die Bohrungen der beiden Hähne und die Durchlassöffnungen der beiden unter, respective ober einem jedem der Hähne überdies angebrachten Klappenventile viel zu klein bemessen waren, als dass bei dem, eine bedeutende Compression der im Hohlraum befindlichen atmosphärischen Luft bewirkenden Hinablassen des Apparates in die Tiefe ein rasches Eintreten und Durchstreichen von Meerwasser ermöglicht und ein wenigstens theilweises Zurückbleiben dieser atmosphärischen Luft (im Meerwasser gelöst) vermieden worden wäre.³ —

¹ Über die geringe Wahrscheinlichkeit einer solchen Ausbreitung des Nilschlammes im Mittelländischen Meere habe ich mich in meiner vorjährigen Abhandlung geäussert.

² Milne Edwards: »La faune sous-marine dans les grandes profondeurs de la méditerranée et de l'océan atlantique« in den Archives des Missions scientifiques et littéraires (Paris), 3. sér. T. 9 (1882).

³ Die Überzeugung, dass ein, das Durchstreichen des Wassers vollauf gestattender, in noch so grosse Meerestiefen hinabgelassener und dann geschlossener wieder heraufgezogener Schöpfapparat nicht mehr Luft enthalten kann als das Oberflächenwasser, aus in seiner Construction nur der geringen Volumvermehrung des Wassers, veranlasst durch die während des Heraufholens stattfindende Abnahme des äusseren Wasserdruckes, Rechnung zu tragen braucht, hat Thoulet bestimmt, an Stelle von jetzt

Bis zu Torñøe's Untersuchungen gelegentlich der Aufarbeitung der von den norwegischen »Våringen«-Expeditionen im nördlichen Atlantischen Ocean gesammelten Wasserproben¹ nahm man im Meerwasser das Vorhandensein freier Kohlensäure an, ohne Rücksicht darauf, dass v. Bibran Wasserproben, die von verschiedenen Stellen des Atlantischen und Stillen Oceans stammten, eine schwache, aber deutliche alkalische Reaction gefunden hatte.²

Besonders für die Tiefen des Mittelländischen Meeres hielt man an dem Glauben an das Vorhandensein grosser Mengen freier Kohlensäure fest, zumal da Carpenter aus den beiden schon besprochenen, in Tiefen von 3000 und von 700 *m* in der Nähe des Golfes von Solum geschöpften Wasserproben durch Kochen ein Gas ausgetrieben hatte, das zur grösseren Hälfte, zu 60 Volumprocenten aus Kohlensäure bestand. Daneben waren noch 5% Sauerstoff und 35% Stickstoff vorhanden gewesen. Über die höchst wahrscheinliche Verunreinigung dieser beiden Wasserproben durch, an organischen Substanzen so reiche Grundschlammtheilchen und den Einfluss derselben auf den Verlauf der Sauerstoffbestimmung habe ich schon oben gesprochen. Diese organischen Substanzen konnten auch Anlass geben zur Bildung von Kohlensäure während des langen Auskochens.

In noch höherem Maasse ist jedoch an das eigenthümliche Verhalten der Kohlensäure beim Kochen des Meerwassers zu denken. Es hängt nämlich die Menge der aus einem gegebenen Volum Meerwasser durch Kochen austreibbaren Kohlensäure ganz von der Dauer dieses Kochens und von dem Umstand ab, ob das Kochen am Rückflusskühler oder unter gleichzeitigem Eindestilliren vorgenommen wird. Daraus erklären sich die grossen Unterschiede der älteren, durch blosses Auskochen des Meerwassers angestrebten Kohlensäurebestimmungen.

Die Annahme freier Kohlensäure im Meerwasser schien dadurch unterstützt zu werden, dass dasselbe zum grossen Theil verkocht werden kann, bevor sich Spuren von Erdcarbonaten ausscheiden. Dies schien, im Zusammenhalt mit den Eigenschaften des gewöhnlichen Brunnenwassers, ein Vorhandensein von gelösten sauren kohlen-sauren Salzen auszuschliessen, indem man speciell an sauren kohlen-sauren Kalk dachte und den Einfluss des, den Kalk und alle anderen, im Meerwasser in Form von Salzen vorhandenen Basen an Menge bedeutend übertreffenden Natron ausser Acht liess.

O. Jacobsen, der Chemiker der deutschen »Pommerania«-Expeditionen, wies darauf hin,³ dass diese geringe Abscheidung von Erdcarbonaten eben von dem langsamen Entweichen der Kohlensäure herrühre, und glaubte als Grund für die letztere Erscheinung die Gegenwart von Magnesiumchlorid im Meerwasser annehmen zu müssen, indem er sich auf Controlversuche mit Mischungen einer Lösung von Calciumcarbonat in kohlen-saurem Wasser und einer ganz neutralen Lösung von Magnesiumchlorid berief.

Jacobsen verfuhr bei seinen Kohlensäurebestimmungen in der Weise, dass er je 250^{ccm} Meerwasser unter Durchleiten eines kohlen-säurefreien Luftstromes bis fast zur Trockene eindestillirte und die

üblichen schweren, dickwandigen Metallapparate solche aus dünnem Kupferblech in Vorschlag zu bringen. *Génie civil* (Paris), 22, 203 (1893). —

Die während der Expeditionen S. M. Schiffes »Pola« benützten Wasserschöpfapparate habe ich in einer Anmerkung zu meiner ersten Abhandlung kurz beschrieben.

¹ Journ. f. prakt. Chem. N. F. 20, 44 (1879).

² Ann. Chem. Pharm. 77, 90 (1851). — Guignet und Telles haben die alkalische Reaction des Wassers in der Bucht von Rio de Janeiro als Ausnahme betrachtet und dieselbe dem Umstand zugeschrieben, dass das Meerwasser in Berührung mit den leicht zersetzlichen Feldspathfelsen, welche das Becken dieser Bucht bilden, reicher an Silicaten und Aluminaten wird. *Comptes rendus* 83, 010 (1876).

Von der alkalischen Reaction des Meerwassers kann man sich mittelst einer, am besten nach Gottlieb's Verfahren (*Journ. f. prakt. Chem.* 107, 488) frisch bereiteten Lakmuslösung, mittelst Rosolensäure, Phenolphthalein, Congoroth oder einem anderen empfindlichen Indicator leicht überzeugen.

Die englische Wochenschrift »Nature« hatte im Band 24, p. 178 (1881) mit Benützung eines Referates berichtet, dass Torñøe auf der norwegischen Tiefsee-Expedition Kohlensäure sowohl in gasförmiger Form gefunden habe. In demselben Band, p. 213 hat dann M. Duncan die Untersuchungen Torñøe's richtig wiedergegeben und darauf hingewiesen, dass das Fehlen von gasförmiger, freier Kohlensäure die Bildung und Erhaltung von Globigerinenschalen und Korallenriffen erleichtern muss.

³ Ann. Chem. Pharm. 167, 1 (1873).

so ausgetriebene Kohlensäure nach Pettenkofer's Princip durch Auffangen in überschüssigem titrirtem Barytwasser und durch Zurücktitriren mit Oxalsäure ermittelte. Jacobsen war der Meinung, dadurch die nicht mit Basen zu neutralen Salzen verbundene, freie und halbgebundene Kohlensäure erhalten zu haben.

Buchanan, der Physiker und Chemiker der »Challenger«-Expedition, meinte durch Controlversuche nachgewiesen zu haben, dass das Entweichen der von ihm noch angenommenen freien Kohlensäure des Meerwassers beim Kochen desselben besonders durch die im Meerwasser gelösten Sulfate verzögert wird, fällt deshalb während der Expedition jedesmal vor Beginn des Auskochens die Schwefelsäure mit einer concentrirten Chlorbaryumlösung aus und wandte sonst Jacobsen's Verfahren an.

Tornøe arbeitete anfangs nach Jacobsen's Methode. Es zeigten sich indessen bei Wiederholung derselben Beobachtungsreihe beständig Abweichungen, die häufig nicht unbedeutend waren. Durch die neuerliche Auffindung der alkalischen Reaction des Meerwassers wurde Tornøe zur Muthmassung geführt, dass bei dem Jacobsen'schen Verfahren nicht blos die halbgebundene Kohlensäure erhalten wird, sondern auch — wegen irgend einer bei lange dauerndem Kochen des Meerwassers vor sich gehenden chemischen Reaction — bald mehr, bald weniger von der ganz (zu Neutralsalzen) gebundenen Kohlensäure.

Um darüber ins Klare zu kommen, gab Tornøe zum Destillationsrückstand einer nach Jacobsen ausgeführten Kohlensäurebestimmung etwas neutrales Natriumcarbonat (Na_2CO_3), verdünnte dann mit kohlenstofffreiem Wasser bis zum ursprünglichen Volum des Meerwassers und destillirte nochmals in einem kohlenstofffreien Luftstrom ab. Es kamen reichliche Mengen von Kohlensäure zum Vorschein.

Damit war dargethan, dass die im Meerwasser vorhandene Salzmischung in der Kochhitze neutrale Carbonate zersetzen kann. Eine Erklärung dafür ergab sich aus der schon von H. Rose¹ gemachten Beobachtung, dass wenig kohlenstoffsaure Magnesia, mit viel destillirtem Wasser lange gekocht, alle Kohlensäure entweichen lässt und einen Niederschlag von reiner Magnesia liefert.

Tornøe fand in der That, dass bei langem Kochen von Meerwasser am Rückflusskühler in einem kohlenstofffreien Luftstrom ein Niederschlag von Magnesiumoxyd entsteht. Das Vermögen des Meerwassers, beim Kochen neutrale Carbonate zu zersetzen, dürfte den allmählig eintretenden und die Abgabe aller Kohlensäure veranlassenden Umsetzungen zwischen den darin enthaltenen kohlenstoffsauren Salzen und Magnesiumsalzen zuzuschreiben sein.

Bei Jacobsen's Verfahren hing es also von der Dauer des Einkochens ab, in wie weit die gesammte, im Meerwasser halb- oder ganzgebundene vorhandene Kohlensäure zur Bestimmung kam, bei Buchanan's Vorgang wirkte der Umstand störend, dass wegen der anfänglichen Zugabe von Chlorbaryum eine aus Baryumsulfat und Baryumcarbonat bestehende Fällung eintrat, also die halbgebundene Kohlensäure leichter, die ganzgebundene schwerer entweichen konnte.

Nach diesen Erfahrungen wählte Tornøe eine Methode, welche die gleichzeitige Bestimmung der halb- und der ganzgebundenen Kohlensäure gestattete. Es wurde einerseits nachgewiesen, wie viel Kohlensäure durch Kochen mit einer titrirten Schwefelsäure ausgetrieben werden konnte, andererseits durch Zurücktitriren festgestellt, wie viel Schwefelsäure vom kochenden Meerwasser neutralisirt worden war. Letzteres gibt ein Maass ab für die Menge der (zu Einfachcarbonat) ganzgebundenen Kohlensäure. Die Menge dieser Kohlensäure von der Gesammtkohlenstoffsaure abgezogen, besagt, wie viel halbgebundene (mit Einfachcarbonat zu Doppelcarbonat verbundene) Kohlensäure zugegen war.

Dieselbe Methode wurde von Dittmar bei der Untersuchung einer Anzahl der von der »Challenger«-Expedition herrührenden Wasserproben² und bei meinen an Bord S. M. Schiffes »Pola« ausgeführten Kohlensäurebestimmungen beibehalten.³

Die vielen nach dieser Methode erhaltenen Zahlen zeigen sowohl in den Oceanen als auch im Mitteländischen Meer nur sehr geringe Schwankungen im Gehalte an halb- und ganzgebundener Kohlensäure.

¹ Pogg. Ann. [3] 27, 417 (1851).

² Voyage of H. M. S. »Challenger«, Physics and Chemistry I, 103 (1884).

³ Die von mir zur Analyse des Meerwassers getroffenen Vorkkehrungen, sowie die Art der Ausführung der einzelnen Bestimmungen finden sich in meiner ersten Abhandlung (Monatshefte für Chemie XIII, 873; 1892) beschrieben.

Bis in die grössten Tiefen reichende Strömungen sorgen eben für eine Gleichförmigkeit der chemischen Zusammensetzung des Meerwassers.

Auch Schlösing bezieht sich in seiner »Über die Constanz des Kohlensäuregehaltes der Luft« betitelten Abhandlung¹ auf die, von ihm speciell durch wiederholte Bestimmungen im Ärmelcanal nachgewiesene Constanz des Kohlensäuregehaltes und des Verhältnisses der Kohlensäure zu den Basen, welches Verhältniss besagt, dass von der Kohlensäure des Meerwassers der grösste Theil zu Dicarbonat, der Rest zu Monocarbonat gebunden ist. Andererseits hatte Schlösing gefunden, dass reines Wasser so wie auch eine wässerige Lösung von neutralen Salzen, welche in Berührung mit einem Erdcarbonate und einer kohlen säurehaltigen Atmosphäre sind, eine gewisse Menge Dicarbonat lösen, welche Menge nach einem mathematischen Gesetz mit der Spannung der Kohlensäure in der Atmosphäre zunimmt. Luft und Meer sind in steter Bewegung begriffen; die Bewegung des Meeres bringt das Meerwasser ohne Unterlass mit der Luft und mit den Erdcarbonaten seines Grundes, seiner Küsten und der Flussmündungen in Berührung, so dass sich fortwährend ein obigem Gesetz entsprechender Gleichgewichtszustand im Gehalt der Luft an Kohlensäure und in dem des Meeres an Dicarbonat herzustellen sucht. Es fragt sich nun, ob die Luft oder das Meer bestimmend für die Art dieses Gleichgewichtszustandes sein wird. Die zur Herstellung desselben im Meere disponible, fast die Hälfte der Gesamtkohlensäure desselben ausmachende Kohlensäuremenge beträgt nach Schlösing's Rechnung zehnmal so viel als der Kohlensäuregehalt der Luft. Darnach stellte Schlösing seine, die regulirende Wirkung des Meeres auf den Kohlensäuregehalt der Luft ausdrückenden Sätze auf: wenn der Kohlensäuregehalt der Luft geringer wird, so gibt das Meerwasser Kohlensäure ab und neutrales Carbonat wird abgeschieden; steigt er, so tritt Kohlensäureabsorption und Bildung von Dicarbonat ein.

Einige Jahre früher hatte Schlösing dem, bereits von Boussingault² ein ungeheures Reservoir von gebundenem Stickstoff genannten Meer eine regulirende Wirkung auf die Vertheilung des Ammoniak über die Continente zugeschrieben.³

Unter Hinweis darauf, dass die Landwässer reicher an Nitraten, das Meerwasser dagegen reicher an Ammoniak ist, zog Schlösing zunächst den Schluss, dass die Zersetzung der organischen Wesen, welche auf dem Festland eine Quelle für die Salpetersäurebildung ist, im Meerwasser im Gegentheile zu einer Ammoniakquelle wird. Die in der Atmosphäre durch elektrische Vorgänge erzeugte Salpetersäure kommt früher oder später in das Meer, hier tritt sie in die organischen Wesen ein und verwandelt sich schliesslich in Ammoniak; letzteres diffundirt dann in die Atmosphäre, in einem von der Temperatur derselben abhängigen Maasse, und verbreitet sich mit ihr wie die Kohlensäure, um wieder an der Ernährung der Gewächse Antheil zu nehmen.

Audouynaud warf die Frage auf,⁴ ob nicht vielleicht erhebliche Mengen jenes Stickstoffes, welcher aus Ammoniaksalzen und Nitraten von den zahllosen kleinen Organismen des Meeres aufgenommen, assimiliert wird, an der leichten Rückkehr in die Atmosphäre dadurch gehindert werden, dass Leichen dieser Organismen zu Boden sinken und dort von erdigen Absätzen bedeckt werden. »Die entstehenden geologischen Schichten werden vielleicht erst in einer uns unbekanntem Zukunft, wenn sie sich über den Ocean erhoben haben, an die Luftvegetation den Stickstoff wieder zurückerstatten, ebenso wie uns jetzt die Schichten früherer geologischer Perioden den Stickstoff jener Zeiten zurückerstatten.« Ein Gedanke, welchen Dieulafait in seiner Abhandlung »Über die Ammoniaksalze in den Meeren der Gegenwart und der Vergangenheit«⁵ unter besonderem Hinweis auf den Ammoniakgehalt gypsführender Erdschichten weiter ausgeführt hat.

¹ Comptes rendus 90, 1410 (1880).

² Agronomie, Chimie agricole et Physiologie I, p. 208 (1800).

³ Comptes rendus 80, 175 (1875); 81, 81 und 1252 (1875); 82, 747 und 000 (1876).

⁴ Comptes rendus 81, 619 (1875).

⁵ Annales de Chimie et de Physique (5); 14, 374 (1878).

Sauerstoff und organische Substanzen im Meerwasser.

Bei den vielen während der vier Expeditionen S. M. Schiffes »Pola« im östlichen Mittelmeer vorgenommenen Probenahmen von Tiefenwasser mittelst der von H. A. Meyer, Sigsbee und Belknap construirten Apparate wurde niemals ein mit Luft sichtlich übersättigtes Wasser erhalten, andererseits wurde auch in den grössten Tiefen (bis 3000 *m* und darunter) das Meerwasser ebenso oder fast ebenso reich an Sauerstoff gefunden als an der Oberfläche.

Dies im Verein mit der Thatsache, dass in allen Theilen und in allen Tiefen des östlichen Mittelmeeres mit Hilfe von Grundschnepnetzen und von zur biologischen Untersuchung der Zwischentiefen dienenden Fangapparaten ein, wenn auch zumeist sehr armes Thierleben nachgewiesen werden konnte, zeigt allein schon eine bis in die grössten Tiefen reichende Wasserbewegung an, welche immer wieder Sauerstoff von der Meeresoberfläche hinabführt.

Dem nur geringen, aber doch unleugbaren, sein Maximum an dem unterseeischen Abhang der syrischen Küste erreichenden Verbrauch von Sauerstoff in den Tiefen des östlichen Mittelmeeres¹ steht eine, offenbar durch pflanzliche Organismen unter dem Einfluss des Sonnenlichtes erfolgende Production von Sauerstoff gegenüber, welche sich bei einzelnen Wasserproben in dem Überwiegen des gefundenen Sauerstoffgehaltes über den aus der Wassertemperatur und dem Drucke einer Atmosphäre berechneten zu erkennen gab.

Eine solche, im östlichen Mittelmeer ihr Maximum in dem Gebiete zwischen dem Nildelta und Palästina erreichende Sauerstoffproduction¹ findet gewiss in allen Meeren statt, macht sich aber in verschiedenem Maasse bemerkbar je nach dem Grade, in welchem sie gleich an Ort und Stelle durch den Sauerstoffbedarf des Thierlebens und durch die Abgabe des überschüssigen Sauerstoffes an die Atmosphäre Einbusse erleidet. Mehr oder weniger wird durch sie das Leben des Meeres von dem in der Atmosphäre vorhandenen und von dem durch das Pflanzenleben des Festlandes frei gemachten Sauerstoff unabhängig gestellt.

Eine weitere Bedeutung erhält dieser in den obersten Meeresschichten sich abspielende Vorgang durch den Umstand, dass er mithilft eine Anhäufung der im Meere durch Oxydation organischer Substanzen, seien diese belebt oder unbelebt, thierischer oder pflanzlicher Natur in bedeutender Menge entstehenden Kohlensäure hintanzuhalten, indem ja in den pflanzlichen Organismen zur Sauerstoffproduction in erster Linie die Kohlensäure herangezogen wird. Mag die so im Meere selbst wieder gespaltene, zum Aufbau neuer organischer Substanzen verwendete Kohlensäure in den obersten Wasserschichten entstanden sein oder in der Meerestiefe, aus welcher sie durch eine nach oben gerichtete Strömung emporgetragen worden, jedenfalls wird dadurch wieder das Meer bis zu einem gewissen Grade unabhängig von der Atmosphäre gemacht, welche letztere sonst den Kohlensäureüberschuss zum Theile aufnehmen würde.

Es ist hervorzuheben, dass die in den Tiefen der Océane und des östlichen Mittelmeeres erwiesene geringe Abnahme des Sauerstoffgehaltes durchaus nicht eine entsprechende Zunahme des Kohlensäuregehaltes zur Folge hat. Da ferner zur Oxydation des Wasserstoffes der, besonders in den Weichtheilen der Pflanzen und Thiere enthaltenen organischen Substanzen nur wenig Sauerstoff benöthigt wird, zumal desshalb, weil dabei der Stickstoff derselben als Ammoniak auftritt, muss man annehmen, dass der im Meer stattfindende Verbrauch von Sauerstoff hauptsächlich zur Bildung von Zwischenproducten der Oxydation jener organischen Substanzen führt.

Die in den obersten Wasserschichten durch die assimilirende Thätigkeit der Pflanzen geschaffenen organischen Substanzen werden also, mögen sie direct zu Boden sinken oder nachdem sie auf dem Wege der Nahrung in Thierkörper übergegangen sind, nur zum geringsten Theil im Meerwasser bis zu Kohlensäure oxydirt, obwohl sich überall genug Sauerstoff vorfindet, um solche Oxydation besonders förderndes Thierleben zu ermöglichen.

¹ Siehe meine III. Abhandlung.

Meine in der vorjährigen Abhandlung beschriebenen Versuche haben nur äusserst geringe Mengen gelöster organischer Stoffe im Meerwasser nachzuweisen vermocht, dagegen sind stets ziemlich bedeutende Mengen davon (wie ich schon in meiner ersten Abhandlung hervorgehoben habe) in dem auf dem Meeresgrunde gelagerten Schlamm enthalten. Daraus ist zu ersehen, dass jener Überschuss an, ursprünglich von pflanzlichen Organismen producirt, später eventuell in Thierkörper übergegangenen organischen Stoffen zum grössten Theil auf dem Meeresgrunde zur Ablagerung kommt, wo er einerseits den Tiefseethieren zur Nahrung dient, anderseits in dem Maasse, als sich neue Absätze und Niederschläge bilden, immer mehr eingebettet, von dem frei beweglichen Meerwasser abgeschlossen wird. Es würde dies einen Entzug der diese organischen Stoffe bildenden Elemente aus dem Meer, beziehungsweise aus der Luft bedeuten, wenn die Abschliessung eine allseitige und vollständige wäre.

Es wird also im östlichen Mittelmeer und wahrscheinlich auch in weiten Gebieten der Oeane durch Pflanzen eine bedeutend grössere Menge organischer Stoffe gebildet und mehr oder weniger unverändert auf dem Meeresgrunde abgeschieden, als durch Thiere oder sonstwie aufgebraucht werden kann. Es bekräftigt dies die Annahme eines ziemlich allgemeinen Überwiegens der Sauerstoffproduction über den Sauerstoffverbrauch im Meere. Der fortwährend an der Meeresoberfläche stattfindende Austausch von Sauerstoff zwischen Meer und Luft kann nur in Ausnahmefällen die Sauerstoffproduction des Meeres bei den Analysen bemerken lassen.

Salpetrigsaure Salze im Meerwasser.

In meiner vorjährigen Abhandlung habe ich gezeigt, wie durch die Annahme eines regen Pflanzenlebens in den obersten Schichten des Meeres manche weitere Eigenthümlichkeiten der chemischen Zusammensetzung seines Wassers und seines Grundes eine Erklärung finden. So das Fehlen der Salpetersäure in frisch geschöpftem Meerwasser und das fast regelmässig beobachtete, nur spurenweise Vorkommen von salpetriger Säure in den obersten Meeresschichten im Gegensatz zu dem, in den meisten Fällen nachgewiesenen etwas grösseren Gehalt an salpetriger Säure in den Tiefen. Dass — unter solchem, etwas mehr salpetrige Säure enthaltendem Tiefenwasser, — in dem, den schlammigen Meeresgrund durchsetzenden (mit Belknap's Lothvorrichtung heraufgeholt) Wasser wieder weniger salpetrige Säure (jedoch mehr als in der Regel im Wasser der obersten Meeresschichten) gefunden wurde, habe ich den gewiss bis in die grössten Meerestiefen gelangenden Spuren von Sonnenlicht, und der durch ihre Absorption auf dem Meeresgrunde ermöglichten Reduction der salpetrigen Säure von Seiten pflanzlicher Organismen zugeschrieben.

Auf Grund von, während der drei ersten Reisen S. M. Schiffes »Pola« angestellten Beobachtungen habe ich in meiner vorjährigen Abhandlung schon hervorgehoben, dass das zwischen Rhodus und Kleinasien in das Ägäische Meer einströmende Wasser in 50 *m* Tiefe als ebenso reich an salpetriger Säure erkannt worden, wie sonst zwischen dem Nildelta und der Südküste von Kleinasien oder im Jonischen Meer nur das Wasser grosser Tiefen ist, woraus ich auf ein Hinaufgeschobenwerden von solchem Tiefenwasser (hier und bei dem Plateau von Barka) schloss, dass hingegen das zwischen Kreta und Griechenland aus dem Ägäischen Meer herausströmende Wasser ebenso arm an salpetriger Säure ist wie das Wasser in dem südwestlichen Theil des Ägäischen Meeres, d. h. wie in der Regel das Wasser der obersten Meeresschichten. In Bezug auf den südlichen Theil des Ägäischen Meeres muss ich noch nachtragen, dass sich auf Stationsnummer 98 der II. Reise (15 Seemeilen nördlich von dem Cap Sidero der Ostküste Kretas) das Wasser sowohl an der Oberfläche als in 1000 *m* Tiefe fast frei von salpetriger Säure erwiesen hat, hierin übereinstimmend mit dem Wasser aller Meeresschichten zwischen Kreta und der afrikanischen Küste. Es weist dies vielleicht darauf hin, dass das zwischen Kreta und Karpatho in das Ägäische Meer einflussende Wasser nicht aus dem weiten Becken zwischen dem Nildelta und der Südküste Kleinasiens, in dessen Tiefen etwas grössere Mengen von salpetriger Säure sich bilden und erhalten bleiben, stammt, sondern denjenigen Theil des,

zwischen Kreta und der gegenüberliegenden afrikanischen Küste nach Osten vorrückenden Wassers ausmacht, welcher gleich bei der Ostküste von Kreta gegen Norden umbiegt.

Während der vorjährigen, vierten Reise S. M. Schiffes »Pola« habe ich 46 Wasserproben auf salpetrige Säure geprüft, von welchen 18 knapp ober dem Meeresgrund geschöpft waren, und 11 mit dem Belknap-Loth aus der obersten Schicht des schlammigen Meeresgrundes selbst heraufgebrachte und von den festen Grundproben abfiltrirte Wässer darstellten. Von den letzteren gaben bei der Prüfung mittelst Jodzinkstärkelösung und Schwefelsäure die von den Stationsnummern ¹ 298, 307, 309, 317, 321, 322 und 402 eine mehr oder weniger schwache Violettfärbungen. In den Lothwässern von den Stationen 349 und 364 ist fast keine, in denen von den Stationen 368 und 372 keine Färbung eingetreten.

Von den knapp ober dem Meeresgrund geschöpften Wasserproben waren die der Stationen 298, 307, 309, 314, 318, 323, 326, 349, 361, 364, 394 und 395 frei, die von den Stationen 322, 355, 368 und 371 fast frei von salpetriger Säure. Nur die auf den Beobachtungspunkten 402 und 403 knapp ober dem Meeresgrund geschöpften Wasserproben wiesen einen etwas grösseren Gehalt an salpetriger Säure auf, indem die erstere ein kaum merkliches, die letztere ein ganz schwaches Blau lieferte.

Frei von salpetriger Säure waren ferner folgende Wasserproben: das 400, respective 300 *m*-Wasser von den Stationen 300 und 326, die 50 *m*-Wässer von den Stationen 297, 306, 322 und 361, die 10 *m*-Wässer von den Stationen 374 und 376, sowie das Oberflächenwasser von Stationsnummer 317. Sehr geringe Mengen von salpetriger Säure enthielt das Oberflächenwasser von Stationsnummer 404.

Dieses fast durchgängige Fehlen der salpetrigen Säure im Ägäischen Meere stimmt mit den im übrigen östlichen Mittelmeer gemachten Beobachtungen und den aus ihnen abgeleiteten Schlussfolgerungen überein. Die relativ geringe Tiefe des Ägäischen Meeres ist — wegen des Eindringenlassens von Sonnenlicht bis an den Meeresgrund — in vielen Fällen allein schon einer Bildung und einem Erhaltenbleiben von salpetriger Säure hinderlich. Im Übrigen erinnert in Bezug auf die Art des Vorkommens und des Fehlens der salpetrigen Säure das Ägäische Meer an die in der vorjährigen Abhandlung beschriebene Verengung des Mittelmeeres zwischen Kreta und der afrikanischen Küste. Die (im Ägäischen Meere schon durch die vielen Inseln ausgeprägte) unregelmässige Gestaltung des Meeresgrundes befördert offenbar in beiden Fällen eine das Vorkommen von salpetriger Säure hintanhaltende Durchmischung von, sonst sich horizontal bewegendem Meerwasser.

Damit es zu einer Bildung von salpetriger Säure in den vom Sonnenlichte so gut wie gar nicht getroffenen Meerestiefen kommt, muss jedenfalls ein und dasselbe Meerwasser lange Zeit in solchen Tiefen bleiben. Die Bedingungen hierfür mögen in einigen besonders tiefen und durch unterseeische Barren begrenzten Theilen des Ägäischen Meeres vorhanden sein, worauf die auf den Stationen 368 und 371 (in dem nördlichsten Theil des Ägäischen Meeres) gefundenen Spuren von salpetriger Säure und die auf den Stationen 402 und 403 (im Norden und im Nordosten des Cap Doro am SO-Ende der Insel Euboea) ebenfalls knapp ober dem Meeresgrunde nachgewiesenen, etwas bedeutenderen Mengen davon hindeuten. Das spurenweise Vorkommen von salpetriger Säure knapp ober dem Grunde an einer nur 54 *m* tiefen Stelle des Canales von Chios (Stationsnummer 355) kann durch die Nähe des Landes bedingt sein oder durch das Vorwärtsrücken und Emporsteigen von, ganz nahe im Süden befindlichem Tiefenwasser. Ein solches Emporsteigen von Tiefenwasser ist sehr wahrscheinlich in der zwischen den Inseln Euboea und Andros gelegenen Strasse, deren Oberflächenwasser bei der Prüfung auf salpetrige Säure durch ein ganz schwaches Violett die Gegenwart geringer Mengen salpetriger Säure anzeigte. In diesem Falle ist, wie oben angeführt, in dem benachbarten und in seiner Bewegung, nach dem Oberflächenstrom zu schliessen, gegen Süden gerichteten Tiefenwasser im Norden und Nordosten von Cap Doro salpetrige Säure wirklich nachgewiesen.

In bei weitem grösserem Maassstab wird ein Emporsteigen von Tiefenwasser in der Nähe von Barka — wo die Verengung des östlichen Mittelmeeres zwischen Kreta und der afrikanischen Küste beginnt — und zwischen Rhodus und Kleinasien (Lykien) durch die salpetrige Säure kenntlich gemacht. Zwischen

¹ Siehe die angeheftete Kartenskizze. — Die Meerestiefen sind in den Tabellen I und VII angegeben.

Rhodus und Lykien hatte ich auf einem der letzten Beobachtungspunkte der dritten Reise S. M. Schiffes »Pola« (auf Stationsnummer 274) in einer Tiefe von 50 *m* einen auffallend hohen Gehalt an salpetriger Säure vorgefunden, indem sich bei der Prüfung darauf ein ganz schwaches Blau einstellte.

Da in das Programm der Arbeiten des Sommers 1893 auch die Begrenzung der im Vorjahre im Südosten von Rhodus gefundenen, gegen 4000 *m* tiefen Depression einbegriffen war, kam ich noch einmal in die Lage, das Auftreten der salpetrigen Säure in diesem Eingang des Ägäischen Meeres zu beobachten. Bei der Prüfung auf salpetrige Säure stellten sich folgende Färbungen ein: Auf Stationsnummer 330 im Oberflächenwasser ein ganz schwaches Blau, im 100 *m*-Wasser nur ein ganz schwaches Violett; auf Stationsnummer 331 im Oberflächen- und im 50 *m*-Wasser ein kaum merkliches Violett, im 100 *m*-Wasser ein ganz schwaches Violett; auf Stationsnummer 332 sowohl im Oberflächen- als im 100 *m*-Wasser ein kaum merkliches Violett.

Diese Angaben, im Zusammenhalt mit dem oben Angeführten betreffs des Vorkommens der salpetrigen Säure im freibeweglichen Wasser im Süden von Rhodus und in der Strasse zwischen den Inseln Rhodus und Karpatho, sowie in der Strasse zwischen Karpatho und Kreta lassen erkennen, wie Wassermassen verschiedener Herkunft in diesen zum Ägäischen Meer führenden Schwellen einander begegnen. —

In Bezug auf diejenige salpetrige Säure, welche in dem Wasser der obersten Schicht des schlammigen Meeresgrundes enthalten ist, dürfte es sich im südlichen Theil des Ägäischen Meeres ähnlich verhalten, wie ich es betreffs des Grundwassers in der Verengung des Mittelmeeres zwischen Kreta und der afrikanischen Küste vermuthet habe (III. Abhandlung). Es scheint, dass in diesen Fällen das den Schlamm des Meeresgrundes durchsetzende Wasser weniger von dem unmittelbar darüber befindlichen freibeweglichen Meerwasser, als von dem durchaus salpetrige Säure enthaltenden Tiefenwasser der beiden angrenzenden Becken des östlichen Mittelmeeres, deren Grundflächen bedeutend ausgedehnter sind und der stellenweisen Bedeckung mit Steinkrusten entbehren, beeinflusst wird.

Brom und Jod.

Wie ich in meiner vorjährigen Abhandlung auseinandergesetzt habe, macht sich die, höchst wahrscheinlich durch die Lebensthätigkeit pflanzlicher Organismen veranlasste Wegnahme von Brom (und Jod) aus dem Meerwasser am auffallendsten an der afrikanischen Küste im Westen der Nilmündungen bis zum Golf von Solum geltend. Hier wird unter dem Einfluss intensiver Sommerwärme in ganz besonders hohem Grade die durch die Verdunstung bewirkte Zunahme des specifischen Gewichtes der obersten Wasserschichten von der durch die Erwärmung bewirkten Ausdehnung des Wassers übertroffen. So kommt es, dass, so lange das Meerwasser auf seinem gegen Osten gerichteten Wege im Bereiche dieser Küste ist, annähernd dieselben Wassermassen immerfort der Meeresoberfläche nahe, also der brom- und jodentziehenden Thätigkeit von pflanzlichen Organismen (Algen) ausgesetzt bleiben, was schliesslich zu der dort beobachteten Verringerung des Bromgehaltes bis fast auf die Hälfte des von Dittmar und Berglund in den Ozeanen und von mir in der Hauptmenge des Wassers im östlichen Mittelmeer beobachteten Bromgehaltes führen kann.

Das so in Bezug auf den Bromgehalt und auch sonst, aber weniger auffallend in seiner Zusammensetzung geänderte Meerwasser wird, sobald es aus dem Bereiche dieser Küste getreten ist und einen Theil seines Wärmeverrathes an die Luft abgegeben hat, dem ihm vermöge seines hohen specifischen Gewichtes eigenen Bestreben unterzusinken Folge leisten, wodurch wegen des gleichzeitig erfolgenden Abschlusses vom Sonnenlicht eine weitere bromentziehende Thätigkeit der mitgeführten Algen hintangehalten wird. Wenn sich nun der Mindergehalt des Meerwassers an Brom nach bestimmten Richtungen hin, und zwar zunächst nur an gewissen Stellen der Tiefen des weiten Beckens zwischen dem Nildelta und der Südküste von Kleinasien nachweisen lässt, so beweist dies, dass das seines Bromgehaltes auf jener Strecke längs der afrikanischen Küste zum Theil beraubte Meerwasser, indem es untersinkt, gegen den unterseeischen Abhang der syrischen Küste und der Südküste Cyperns, sowie gegen die Tiefe der Strasse zwischen Rho-

aus und Lykien vorgeschoben wird. Es spricht dies für eine diese Richtungen einschliessende Vorwärtsbewegung der ganzen in dem Becken zwischen dem Nildelta und der Südküste Kleinasien befindlichen Wassermasse. In manchen Theilen dieser Wassermasse fand sich nahe bei bromarmem Wasser ein Wasser von normalem Bromgehalt, und zwar traten derart in Bezug auf ihre Herkunft unterschiedene Wässer neben und unter einander auf.

Ähnliche Schwankungen im Bromgehalt zeigten sich im Ägäischen Meere (siehe die Tabellen). Nirgends wurde das an der afrikanischen Küste beobachtete Minimum des Bromgehaltes (im Vergleich zum Chlorgehalt) erreicht, öfters trat der Normalgehalt an Brom auf, wie er denjenigen zwischen Kreta und Kleinasien einströmenden Wassermengen eigen ist, welche dem Bereich der afrikanischen Küste zwischen Alexandrien und dem Golf von Solum, beziehungsweise der dort (wahrscheinlich nur im Sommer und durch Algen) stattfindenden Wegnahme von Brom ferngeblieben sind. —

Was das offenbar mit dem Mindergehalt des Meerwassers an Brom im Zusammenhang stehende, durch Ablagerung von mitgeführten Algen veranlasste Vorkommen von Jod an bestimmten Stellen des Meeresgrundes betrifft, so ist von den fünf darauf geprüften Grundproben des Ägäischen Meeres eine, nämlich ein auf Stationsnummer 299¹ mit dem Schleppnetz neben lehmartigem Schlamm und vielen Stücken von Krustensteinen heraufgebrachtes kleines, allseitig abgerundetes Bimsteinstück frei davon gefunden worden, während eben diese Krustensteine ganz geringe Spuren von Jod enthielten. Ebenfalls nur Spuren von Jod zeigten sich im lehmartigen Schlamm der Stationsnummern 365 und 402, im Schlamm der letzteren Station etwas erheblichere als in dem der ersteren. Der diesmal gefundene grösste Jodgehalt, nämlich derjenige der Steinkrusten von der Stationsnummer 321 war gleich den im Vorjahre im Schlamm aus der Nähe von Beyrut und in dem von dem steilen unterseeischen Abhang Lykiens beobachteten Minimalgehalten.

Stellt man diese Angaben mit dem in meiner vorjährigen Abhandlung Gesagten zusammen, so ergibt sich, dass die Art der Vertheilung des Jod im Meeresgrund des östlichen Mittelmeeres sowie die des Mindergehaltes des Meerwassers an Brom — auf die afrikanische Küste im Westen der Nilmündungen als Ausgangsstelle hinweisen.

Über die, einige Stellen des Grundschlammes bedeckenden Steinkrusten.

Eine zusammenfassende Darstellung der chemischen Untersuchung von Grundproben aus dem Hauptbecken des östlichen Mittelmeeres ist bereits in meiner vorjährigen Abhandlung enthalten. Ich habe darin gezeigt, welche bedeutende Rolle die durch lebende Organismen und durch die organischen Substanzen abgestorbener Organismen im klaren Meerwasser verursachten chemischen Fällungen unorganischer Stoffe spielen. Unter Hinweis auf den während der ersten Tiefsee-Expedition S. M. Schiffes »Pola« im Jonischen Meere nachgewiesenen bedeutenden Gehalt des Grundschlammes an Ammoniak und an, bei der Oxydation Ammoniak liefernden organischen Substanzen, hatte ich schon in meiner ersten Abhandlung die Vermuthung ausgesprochen, dass das Ammoniak, indem es, entweder für sich oder im Vereine mit der Kohlensäure, im Meerwasser Niederschläge hervorruft, mitwirkt bei der Bildung von Erdschichten. —

Einige, während der letzten Tiefsee-Expedition S. M. Schiffes »Pola« im Ägäischen Meere beobachtete Thatsachen machen es wahrscheinlich, dass in Ausnahmefällen auf dem Meeresgrunde Lösungserscheinungen auftreten. —

In weiterer Ergänzung der in den angehefteten Tabellen enthaltenen analytischen Daten ist zunächst noch zu erwähnen, in welchem Maasse einzelne Grundproben bei dem Erhitzen im Kohlensäurestrom brenzlich riechende Dämpfe lieferten. Am meisten machten sich diesmal solche Dämpfe bei dem Erhitzen des lehmartigen Schlammes von Stationsnummer 402 bemerkbar, und zwar in demselben Grade wie im

¹ Die Position dieser Stationsnummer war: 36°23'42" n. Br., 24°11'6" ö. L. v. Gr. — Die Positionen aller anderen Beobachtungspunkte, von welchen chemische Analysen vorliegen, sind in den Columnen 2, 3 und 4 der Tabelle I verzeichnet.

Vorjahre bei dem Erhitzen der auf Stationsnummer 172 (südlich von Cerigo) gefundenen grünlich-grauen weichen Knollen. Etwas schwächerer brenzlicher Geruch trat bei dem Erhitzen des lehmartigen Schlammes von Stationsnummer 365 auf, noch schwächerer bei dem des Bimsteinstückchens von Stationsnummer 299. Ganz geringer brenzlicher Geruch wurde bei dem Erhitzen von gepulverten Theilen der Steinkrusten von den Stationsnummern 299 und 321 wahrgenommen. —

Die Fundorte von Steinkrusten¹ im Jahre 1893 waren: Stationsnummer 299 in 880*m* Tiefe, Stat. Nr. 300 in 710*m* Tiefe, circa 15 Seemeilen westlich davon in 808*m* Tiefe, Stat. Nr. 321 in 904*m* Tiefe, Stat. Nr. 322 in 432*m* Tiefe, circa 5 Seemeilen östlich von Nisiro in 327*m* Tiefe, ferner in der Mitte zwischen den Inseln Hydra und Serpho (im Osten des Peloponnes) in 933*m* Tiefe. Auf den drei letzten Fundorten war nicht gedredst worden; ganz kleine, mehr oder weniger platte, 2—4 *mm* dicke Stückchen von Steinkrusten hatten sich neben lehmartigem Schlamm und einigen kleinen Muscheln im Loth vorgefunden. Entweder war das mit einer 27 *kg* schweren Eisenkugel belastete Loth in diesen Fällen im Stande gewesen zufällig getroffene dünnere Stellen einer Steinkruste durchzuschlagen, oder es waren die kleinen Stückchen von Steinkrusten schon auf oder in dem Schlamm des Meeresgrundes gelegen. Das Letztere ist insoferne wahrscheinlicher, als die im Loth gefundenen kleinen Steinchen keine deutlichen frischen Bruchflächen zeigten, vielmehr auf allen Aussenflächen im Gegensatz zu dem hellgelblichen Innern eine graue Farbe aufwiesen, wie sie sonst nur der einen, der oberen Fläche der auf lehmartigem Schlamm lagernden Steinkrusten eigen ist. Vielleicht stellen diese kleinen Steinchen Reste von zum grössten Theil wieder in Lösung gegangenen Steinkrusten dar.

Eine solche Wiederauflösung von Steinkrusten kann eintreten, wenn das, Fällungen hervorrufende Zusammentreffen von Meerwasser mit, durch Zersetzung organischer Substanzen entstandenem Ammoniak oder kohlsaurem Ammonium nicht mehr in der obersten Schicht des Meeresgrundes stattfindet. In diesem Falle, d. h. sobald die bei der Oxydation Ammoniak und Kohlensäure liefernden organischen Substanzen aufgebraucht sind oder sich in einer Art zerlegen, dass dadurch keine Fällungen mehr hervorgerufen werden können, wird die dem Meerwasser eigene, überall dort wo Fällungsmittel fehlen, zur Geltung kommende lösende Kraft zur Wiederauflösung der Steinkrusten (und des Schlammes) führen. Bei dieser Wiederauflösung werden die verschiedenen chemischen Bestandtheile der Steinkrusten verschieden rasch in Lösung gehen. Das auf der oberen Fläche der Steinkrusten und in allen sie durchsetzenden Höhlungen in ganz dünner Schicht aufsitzende braunsteinartige höhere Oxyd des Mangan wird wahrscheinlich (neben dem Eisenoxyd) der Wiederauflösung den grössten Widerstand leisten, und sich dabei in dem Maasse als die darunter befindliche immer sehr ungleich dicke eigentliche Steinkruste gelöst wird, von einer grösseren Fläche auf ein kleines Stück der Steinkruste zusammendrängen, was eine mehr oder weniger gleichmässige Vertheilung desselben über alle Aussenflächen des übrigbleibenden Stückes zur Folge haben kann. Bedingung für die Unlöslichkeit des Mangan und für sein eventuell bis zur Bildung von Manganknollen führendes Zusammendrängen ist jedoch, dass seine höhere Oxydationsstufe erhalten bleibt, was nur bei ungehindertem Zutritt von sauerstoffhaltigem Meerwasser möglich ist. Wird hingegen die Steinkruste oder werden die, durch schon erfolgte theilweise Auflösung entstandenen Theile der Steinkruste mehr oder weniger in lehmartigem oder sonstigem, an reducirend wirkenden organischen Stoffen reichem Schlamm eingebettet, so ist die Bildung von Manganknollen ausgeschlossen,² und es kann sogar die durch ihre graue Farbe gekennzeichnete Mangandecke mehr oder weniger verschwinden. So erklärt es sich vermuthlich, warum die an den drei zuletzt genannten Orten in dem Loth heraufgebrachten kleinen Stückchen von Steinkrusten in verschiedenem Grade grau gefärbt waren. Die von Stationsnummer 322 waren ebenso grau wie gewöhnlich die eine, die obere Fläche der Steinkrusten; die aus der Nähe der Insel Nisiro waren mehr, die aus der Mitte zwischen den Inseln Hydra und Serpho waren weniger grau gefärbt.

¹ Siehe meine vorjährige Abhandlung.

² Auf dem Grunde des östlichen Mittelmeeres wurden keine Manganknollen gefunden. — Nach der im Texte ausgesprochenen Annahme, würden die in den Oceanen stellenweise gefundenen Manganknollen die Reste ehemaliger Steinkrusten sein.

Auf Stationsnummer 321 hatte das Belknap-Loth neben lehmartigem Schlamm ebenfalls ganz kleine, platte, 2—4 *mm* dicke Steinkrustenstückchen, auch ohne deutliche frische Bruchflächen und auch allseitig grau und zwar fast so grau wie die von Stat. Nr. 322 heraufgebracht. Bei dem darauf folgenden Dredschen zeigte das Dynamometer unregelmässige, bis zu 1300 *kg* steigende Züge an; das Netz kam zerrissen herauf, jedoch steckten in seinen Maschen einige Stücke von sehr harten Krustensteinen. Auf dieser Stelle des Meeresgrundes sind vermuthlich Steinkrusten sehr verschiedener Dicke und Flächenausdehnung neben einander gelagert.

Sehr wahrscheinlich ist das Vorkommen von Steinkrusten 8 Seemeilen südöstlich von San Nikolo an der Ostküste der Insel Cerigo in 551 *m* Tiefe und 12 Seemeilen südsüdwestlich von der Insel Cerigotto in 608 *m* Tiefe. An ersterer Stelle zeigte sich nämlich beim Dredschen auch ein sehr unregelmässiger Zug auf das Drahtseil, und bei einem Zug von 1500 *kg* riss das zwischen Schleppnetz und Drahtseil eingeschaltete dicke Hanfseil. An letzterer Stelle kam der das Netz tragende eiserne Rahmen verbogen, das Netz selbst zerrissen und leer herauf.

Besonderes Interesse bieten die auf Stat. Nr. 299 mit dem Schleppnetz aus 880 *m* Tiefe zugleich mit lehmartigem Schlamm, Bimsteinstücken und kleinen sandartigen Muscheln heraufgeführten Steinkrustenstücke. Vor Allem sassen in ganz besonders hohem Grade auf einzelnen Theilen der grauen (oberen) Fläche Muscheln und andere geformte Reste von Thieren auf. — Auch bei Steinkrusten anderer Stellen des östlichen Mittelmeeres hatten sich an der hellen, unteren Fläche öfters Bohrlöcher von Anneliden (Ringelwürmern) röhrenartig einige Centimeter weit fortgesetzt gefunden. Bei einem Stück der Krustensteine von Stat. Nr. 299 war ein solcher Fortsatz $3\frac{1}{2}$ *cm* lang und schloss sich an die helle Fläche des Krustensteines in Form einer umgekehrten kleinen Trompete an. Doch war der durch den Fortsatz führende Kanal nirgends weiter als gewöhnlich die Bohrlöcher der hier in Betracht kommenden Annelidenarten, nämlich 5—10 *mm*.

Die Bohrlöcher, welche die Steinkrusten quer oder schief oder in Windungen durchsetzen, hatten sich auch sonst bei dem Heraufkommen der Dredsche trotz des Zusammengedrücktseins der Steinkrustenstücke mit lehmartigem Schlamm, frei von solchem Schlamm oder doch so lose damit erfüllt gefunden, dass ein Hineinkommen desselben erst bei der Operation mit dem Schleppnetz ausser Zweifel war. — Der graue Manganbelag dieser Bohrlöcher deutet überdies darauf hin, dass während des Lagerens der Steinkrusten auf dem Meeresgrunde diese Bohrlöcher von sauerstoffhaltigem Meerwasser erfüllt gewesen sind.

Die an der unteren Seite von Steinkrusten öfters beobachteten röhrenartigen Fortsätze dieser Bohrlöcher sprechen dafür, dass die Bildung der Steinkrusten nicht bloss unter der grauen oberen Hauptfläche der Steinkrusten fortschreitet, sondern auch von der Wandung solcher Bohrlöcher aus, die unter die untere Fläche der den Grundschlamm bedeckenden Steinkrusten hinabreichen. Solche Bohrlöcher entstehen (zunächst im Schlamm), wenn Anneliden die Steinkruste von oben oder unten aus durchbohrt haben. Wichtiger ist, dass im Schlamm des Meeresgrundes bei beginnender Bedeckung mit einer Steinkruste vorhandene Bohrlöcher von Anneliden von selbst oder unter leichter Beihilfe der Anneliden erhalten bleiben könnten, falls durch diese Bohrlöcher Wasser von oben aus einströmen würde.

Würde das Wasser in den Bohrlöchern stagniren, d. h. nur durch Diffusion einen Stoffwechsel gestatten, dann würde in den tieferen Theilen dieser Löcher bald der freie Sauerstoff durch das aus dem schlammigen Meeresgrund heraufdiffundirende, an organischen Substanzen reiche Wasser verbraucht werden, mithin würde der graue Manganbelag verschwinden oder wenigstens schwächer werden. Eine weitere Folge dieses Stoffwechsels durch blosse Diffusion würde sein, dass — in derselben Art, wie sich überhaupt die Steinkrusten bilden — die Löcher sich durch chemische Fällungen mit Gesteinsmaterial füllen, zuwachsen würden, und zwar in der Tiefe, d. h. näher dem, das Fällungsmittel liefernden Grundschlamm schneller als nahe der oberen Fläche der Steinkruste, wodurch die Löcher gegen unten konisch werden müssten, und in den meisten Fällen ein Abschluss derselben gegen unten eintreten würde, was beides ebenfalls nicht zutrifft. — Würde sich durch die Bohrlöcher der Steinkrusten Wasser aus dem schlammigen Meeresgrund gegen oben bewegen, so würde dies eine mechanische Verschlammung der Bohrlöcher, ein Verschwinden ihres Mangan-

belages und ein stellenweises Vorbauen der Bohrlöcher gegen oben, in Form von gegen oben gerichteter Fortsätze mit sich führen, was alles wieder nicht der Fall ist. — Man ist also einigermaßen berechtigt, an ein (langsames) Einströmen von sauerstoffhaltigem, über den Steinkrusten befindlichem Meerwasser in die Bohrlöcher der Steinkrusten anzunehmen.

Dieses angenommene Einströmen von Wasser wird also nach Obigem stellenweise ein Wachsen der Steinkrusten in die Tiefe erleichtern.

Speziell bei der unter Stat. Nr. 299 nachgewiesenen Steinkruste, scheint es sich aber — wenigstens jetzt anders zu verhalten. Das Ende des sich aussen allmähig verjüngenden hohlen Fortsatzes an der hellen Fläche des obigen Steinkrustenstückes zeigte ziemlich deutliche frische Bruchflächen. Man konnte zunächst daran denken, dass dieser Fortsatz sich an Ort und Stelle noch weiter röhrenartig nach abwärts erstreckt habe. Ein anderes Steinkrustenstück desselben Schleppnetzzuges lenkte die Aufmerksamkeit auf eine andere Art der Erklärung. Dieses Stück zeigt zwei circa 15 cm^2 grosse, circa 5 mm dicke, je eine grau und eine helle Fläche aufweisende Steinkrustenplatten, an ihren hellen Flächen durch ein circa 5 cm langes, unregelmässig geformtes Steinrohr von der gewöhnlichen Lichtweite der Annelidenbohrungen und von $4\text{—}8\text{ mm}$ Wandstärke mit einander verbunden. An den Rändern der beiden Platten finden sich frische Querbruchflächen vor. Im Zusammenhalt mit den oben geschilderten Eigenschaften der mit dem Loth an einigen Stellen heraufgeholtten kleinen Stückchen von Steinkrusten, macht es das Aussehen dieses Steinkrustenstückes wahrscheinlich, dass auf dem Meeresgrund unter Stat. Nr. 299 ebenso wie an jenen Lothungsstellen, jedoch in etwas anderer Art eine Steinkruste dem Wiedergelöstwerden entgegengieht. Die Form dieses Stückes und die Vertheilung der grauen Manganfarbe auf beiden endständigen Flächen dürfte damit zusammenhängen, dass diejenigen Theile einer Steinkruste leichter erhalten bleiben, welche auf der einen Seite durch einen Manganüberzug vor dem Angriff des Meerwassers geschützt werden. Es würde demnach dieses Steinkrustenstück der Rest einer Steinkruste von ziemlich bedeutender, in anderen Fällen öfters thatsächlich beobachteter Dicke, welche eben die ganze circa 5 cm betragende Länge des Steinrohres einschloss, sein. Es fragt sich nun, wie auf der sonst hellen unteren Fläche ein grauer Manganüberzug entstehen konnte, und wie dem Meerwasser Gelegenheit geboten wurde, gerade das Innere der Steinkruste aufzulösen oder aufzuweichen.

Diesbezüglich ist ein weiteres Stück jenes Schleppnetzzuges lehrreich. Es stellt zwei circa 100 cm^2 grosse und circa 5 mm dicke, auf der grauen Fläche viele fest aufsitzende Muscheln tragende Steinkrustenplatten dar, welche an ihren grauen Flächen unter Zwischenlagerung kleiner Stückchen von Steinkrusten und kleiner Muscheln derart fest mit einander verkittet sind, dass sie trotz wochenlangen Liegenlassens in Wasser und trotz Anwendung starker Kraft nicht auseinander zu bringen waren. Dies Letztere schliesst aus, dass erst bei der Dredschoperation zufällig zwei Bruchstücke von Steinkrusten festhaftend an einander gedrückt worden sind. — Es ist wahrscheinlich, dass unter jenen Steinkrusten, welche wegen des eingetretenen Mangels an kohlen-saurem Ammonium, beziehungsweise an, der Zersetzung unterliegenden eiweissartigen Substanzen nicht mehr an Dicke zunehmen, sondern im Gegentheil der Wiederauflösung im Meerwasser unterliegen, eine solche Wiederauflösung sich auch auf den darunter befindlichen lehmartigen Schlamm, zu welchem das Meerwasser durch die Bohrlöcher der Steinkrusten ungehinderten Zutritt hat, erstreckt. Dies kann entweder in der Art geschehen, dass der unmittelbar unter der unteren Fläche der Steinkrusten gelagerte Schlamm gelöst wird, oder, was wahrscheinlicher ist, — jedoch noch mehr zur Voraussetzung hat, dass das durch die Bohrlöcher einfließende Wasser irgend wohin durch Capillarität weiterbewegt wird —, in der Art, dass Bestandtheile des unter den Steinkrusten in unbekannter Mächtigkeit gelagerten Schlammes auf grössere verticale und horizontale Strecken hin gelöst werden, wodurch ein Tiefersinken von unmittelbar unter den Steinkrusten befindlichem Schlamm ermöglicht wird. So kann unter einer Steinkruste stellenweise ein Hohlraum entstehen, in welchen Theile der Steinkruste, sobald ihre Dicke nicht mehr ausreicht denselben zu überbrücken, einbrechen. Hinterher können die mit ihren oberen, grauen Flächen an einander gerathenen Steinkrustenstücke dadurch festgekittet werden, dass die auf diesen, ihren grauen Flächen haftenden und dazwischen gelagerten Reste von Thieren bei der Zersetzung ihrer eiweiss-

artigen Bestandtheile kohlen-saures Ammonium und damit die Möglichkeit des Auftretens von neuen anorganischen Niederschlägen aus dem Meerwasser geben.

Bleibt der mit sauerstoffhaltigem Meerwasser erfüllte Hohlraum unter einer Steinkruste lange Zeit erhalten, dann kann sich ausnahmsweise durch langsames Herausdiffundiren von ammoniumsalthaltiger Manganoxydullösung und durch Abscheidung des Mangan als höheres braunsteinartiges Oxyd bei dem Zusammentreffen mit dem Sauerstoff des Meerwassers, an der unteren Fläche der Steinkruste ein ebensolcher grauer Überzug bilden, wie er sonst nur auf der oberen Fläche zu finden ist. Sobald dann durch ein Einbrechen der Steinkruste in den Hohlraum Bruchflächen quer durch die Dicke einer solchen Steinkruste entstanden sind, kann von ihnen aus ein Gelöstwerden oder wenigstens ein Zerfallen der Hauptmasse von Steinkrustenstücken erfolgen, welche sich zwischen den, durch die äusseren Manganbeläge geschützten, oberen und unteren Rinden und um die, innen ebenfalls durch einen Manganüberzug vor der lösenden Kraft des Meerwassers geschützten Röhrentheile ausbreitet. So ist vermuthlich das als zweitletztes angeführte Steinkrustenstück des Schleppnetzuges von Stationsnummer 299 zu Stande gekommen. Das vorher angeführte Stück stellt vielleicht ein, durch Entzweibrechen des Röhrentheiles bei der Schleppnetzoperation entstandenes Bruchstück dar.

Diese mannigfaltigen Formveränderungen der Steinkrusten während ihrer Bildung und theilweisen Wiederauflösung werden wahrscheinlich die in den meisten Fällen beobachtete höchst unregelmässige, flächen- und kantenreiche Gestaltung der Steinkrusten bewirken, welche auf den ersten Blick — von der schwarzgrauen Seite angesehen — an rasch erstarrte Laven erinnern. —

Um wie viel weniger Wasser von Steinkrusten zurückgehalten werden kann, als von lehmartigem Schlamm, ergibt sich aus den in den Tabellen enthaltenen Zahlen, welche den Gewichtsverlust angeben, den die eventuell gepulverten Grundproben nach dem Auswaschen mit destillirtem Wasser und nach dem Ablauf des letzteren bei zugedektem Trichter, beim Austrocknen an freier Luft erleiden. Die diesbezüglichen Zahlen sind wie alle anderen der Tabellen VII auf lufttrockene Grundproben berechnet.

Von einem Stück der auf Stat. Nr. 299 aus 880 *m* Tiefe mit dem Schleppnetz heraufgeholtten Krustensteinen wurde ein Theil fein zerrieben, mit destillirtem Wasser gewaschen, nach dem Ablauf des letzteren gewogen und dann an der Luft austrocknen gelassen. Auf 100 Theile lufttrockene Substanz waren 11·96 Theile destillirtes Wasser zurückgehalten worden. Oder anders ausgedrückt: In 100 Theilen des gepulverten und gewaschenen Krustensteines waren 10·7 Theile destillirtes Wasser enthalten gewesen.

Ein zweiter, 2—3 *cm* dicker Theil desselben Krustensteinstückes wurde, ohne mit destillirtem Wasser in Berührung gebracht zu werden, durch Abwischen mit Filtrirpapier von oberflächlich anhaftendem Meerwasser befreit und dann zerrieben. Von dem so erhaltenen gelblichen, wenig feuchten Pulver wurden 20·2 *g* abgewogen, welche unter der, nicht in vollem Maasse richtigen Voraussetzung, dass der compacte Krustenstein ebensoviel Salzwasser zurückhält, als der gepulverte Krustenstein destillirtes Wasser zurückgehalten hatte, zu 18 *g* aus lufttrockener Substanz bestanden. Dieselben wurden mit kaltem destillirtem Wasser zuerst im Becherglas, dann auf einem Filter extrahirt. Der wässrige Auszug (= 175 *cm*³) wurde nach dem Ansäuern mit Salpetersäure durch Silbernitrat, nach Entfernung des überschüssigen Silbers durch Baryumchlorid gefällt, wobei sich 0·2077 *g* AgCl und 0·0415 *g* BaSO₄ ergaben. Dem gefundenen Chlor entsprächen 13·25 Theile Meerwasser, die von 100 Theilen lufttrockener Grundprobe zurückgehalten worden wären, oder 11·8 Theile Meerwasser, die in 100 Theilen des compacten Krustensteines enthalten wären, zu viel, um nicht eine die des Meerwassers übersteigende Concentration des vom Krustenstein zurückgehaltenen Salzwassers annehmen zu müssen.

Der wässrige Auszug des Krustensteines enthielt in Bezug auf Chlor mehr Schwefelsäure als das Meerwasser. Im Meerwasser kommen nämlich auf 100 Theile Cl annähernd 14 Theile SO₄, in dem wässrigen Auszug des Krustensteines kommen nach obigen Daten auf 100 Theile Cl 33·27 Theile SO₄.

Schon im Jahre vorher hatte ich in einer Steinkruste aus der Nähe von Cerigo eine geringe Anhäufung von schwefelsauren Salzen beobachtet, und zwar von solchen, die sich, nach dem Waschen des Steinkrustenpulvers mit destillirtem Wasser, erst in heisser Salzsäure lösten. Die Anhäufung solcher

schwefelsaurer Salze habe ich in meiner dritten Abhandlung den, in Steinkrusten des schlammigen Meeresgrundes vor sich gehenden chemischen Reactionen zugeschrieben.

Die sich aus Obigem ergebende Anhäufung von wasserlöslichem Salz überhaupt, und von wasserlöslichen schwefelsauren Salzen insbesondere, in einer Steinkruste, deutet auf Diffusions- und Adsorptionserscheinungen hin, welche in den auf dem Meeresgrund lagernden Steinkrusten vor sich gehen. —

Obigen 0·0415 g BaSO₄ entsprechen 0·0171 g SO₃. Von diesen gehören also 0·0099 g nicht etwa einfach dem, von der Steinkruste zurückgehaltenen Meerwasser als solchem an. Nähme man an, dass dieselben als Gyps erst beim Extrahiren mit destillirtem Wasser in Lösung gegangen seien, so stünden den in den 175 cm³ des wässerigen Auszuges eventuell enthaltenen 0·014 g CaSO₄, als in demselben Volum Wasser löslich: 0·422 g CaSO₄ gegenüber. Von einem Gypsgehalt der Steinkrusten kann also kaum die Rede sein.

Anders ausgedrückt waren im lufttrockenen Krustenstein — ausser den zu erwartenden schwefelsauren Salzen des zurückgehaltenen Meerwassers — nur 0·05% SO₃ in Form von wasserlöslichem und in eben diesem, vom Meeresgrunde stammenden Meerwasser höchst wahrscheinlich auch wirklich gelöst gewesenem schwefelsaurem Salz enthalten.

Das mit destillirtem Wasser extrahirte Krustensteinpulver wurde, nachdem es lufttrocken geworden, der Analyse unterworfen, worunter auch die in der Tabelle VIII angeführte Bestimmung der Kohlensäure durch Kochen einer gewogenen Menge mit Salzsäure und Wägen der ausgetriebenen Kohlensäure einbegriffen war. Aus dem so erhaltenen, von der ungelösten Grundprobe abfiltrirten salzsauren Auszuge wurden durch Chlorbaryum 0·0072 g Ba SO₄ gefällt. Daraus ergibt sich, dass in dem mit Wasser gewaschenen, lufttrockenen Krustenstein 0·26% von erst beim Kochen mit Salzsäure in Lösung gehendem, wahrscheinlich in Form von basischen Sulfaten der Thonerde und des Eisenoxydes vorhandenem SO₃ enthalten waren. Auf 100000 Atome Silicium kamen 1496 solcher SO₃ Gruppen.

Auch bei anderen Grundproben wurde der bei der Kohlensäurebestimmung sich ergebende salzsaure Auszug zur Schwefelsäurebestimmung benützt. So wurden in der Steinkruste von Stationsnummer 321 (0·0043 g Ba SO₄ und) 0·30% SO₃ erhalten; auf 100000 Atome Silicium kamen 2311 SO₃-Gruppen. Im lehmartigen Schlamm von Stationsnummer 365 : (0·0020 g Ba SO₄ und) 0·09% SO₃, auf 100000 Atome Silicium 162 SO₃-Gruppen. Im lehmartigen Schlamm von der Stationsnummer 402 : (0·0037 g Ba SO₄ und) 0·15% SO₃, auf 100000 Atome Silicium 359 SO₃-Gruppen. Es findet also nur eine äusserst geringe Abscheidung von schwefelsauren Salzen in der obersten Schicht des Meeresgrundes statt.

Capillares Aufsteigen von Meerwasser in Festlandsmassen.

Ich komme zunächst auf die Frage zurück, in wie weit der Gehalt des Meerwassers an einfach- und doppelkohlen-sauren Salzen constant bleibt oder Veränderungen irgend welcher Art, abgesehen von den in Schlösing's Sinne durch die Atmosphäre bewirkten, unterworfen ist.

Wie oben gesagt, ist es sehr wahrscheinlich, dass ein Theil der im Meer durch Oxydation organischer Substanzen entstandenen Kohlensäure wieder im Meere selbst, nämlich in den obersten, dem Sonnenlichte ausgesetzten und von Pflanzen bewohnten Schichten desselben wieder gespalten wird unter Production von Sauerstoff und Neuschaffung organischer Substanzen.

Während Sauerstoffabsorption und Sauerstoffproduction nur an und knapp unter der Meeresoberfläche stattfinden können, erfolgt die Bildung von Kohlensäure in allen Schichten des Meeres, am stärksten jedenfalls auf dem Meeresgrund, wo nach den obigen Auseinandersetzungen der grösste Theil der Pflanzen- und Thierreste des ganzen Meeres zur Ablagerung kommt. Man sollte also doch wenigstens stellenweise ein derartiges Anwachsen der Kohlensäure erwarten, dass sich auch der letzte Rest von Einfachcarbonat in Doppelcarbonat verwandelt und dann freie Kohlensäure auftritt.

Um nach solchen Stellen zu suchen, habe ich während der Expeditionen S. M. Schiffes „Pola“ ausser der Vornahme vollständiger Kohlensäurebestimmungen eine grosse Zahl von Wasserproben mit Phenol-

phtaleïn und mit Congoroth auf ihre Reaction geprüft und dieselbe immer alkalisch gefunden. Während der letzten Expedition im Ägäischen Meere habe ich darauf 52 Wasserproben geprüft, von welchen 24 knapp über dem Meeresgrund geschöpft waren, während 18 aus dem Meeresgrunde selber stammten, dem sie mit der Belknap'schen Lothvorrichtung entnommen und von dessen festen, zumeist aus lehmartigem Schlamm bestehenden Theilchen sie durch Filtration getrennt worden waren. In allen diesen Wasserproben war also noch etwas alkalisch reagirendes Einfachcarbonat vorhanden gewesen.

In Bezug auf die alkalische Reaction der mittelst des Lothes dem Meeresgrunde entnommenen Wasserproben zeigte sich ein, wenn auch nicht sehr auffallender Unterschied zwischen dem Ägäischen Meer und dem Hauptbecken des östlichen Mittelmeeres. Während in letzterem dieses Grundwasser fast immer etwas schwächer alkalisch reagirte als die dem freibeweglichen Meere entnommenen Wasserproben, reagirten von den 18 im Ägäischen Meer geprüften Grundwässern fünf (nämlich die von den Stationsnummern 307, 309, 345, 347 und 349) fast ebenso, zwei (nämlich die von den Stationsnummern 368 und 371) ebenso und zwei (von den Stationsnummern 372 und 373) etwas stärker alkalisch als sonst das Meerwasser. Die andern, deutlich weniger alkalisch als das gewöhnliche Meerwasser reagirenden Grundwässer stammten von den Stationen 298, 306, 317, 321, 322, 337, 364, 399 und 402. Von diesen reagirte das von Station 321 ganz schwach alkalisch, weniger alkalisch als alle anderen dem Meeresgrund des östlichen Mittelmeeres entnommenen Wasserproben.

Auf diesem letzteren, etwas im NW. der, einen der Eingänge in das Ägäische Meer bildenden Strasse zwischen den Inseln Rhodus und Karpatho gelegenen Beobachtungspunkt 321 hatte das Belknap-Loth neben Wasser und lehmartigem Schlamm auch vier kleine, platte, 2—4mm dicke Stückchen der für gewisse Theile des Meeresgrundes (im östlichen Mittelmeer) so charakteristischen Steinkrusten enthalten. Drei Stückchen waren durch das am unteren Ende des Lothrohres befindliche Metallventil zugleich mit lehmartigem Schlamm eingedrungen, während das vierte, etwas grössere Stückchen von 22—28mm Seitenlänge im Ventil stecken blieb. Das so eigentlich offen gehaltene Ventil war jedoch durch miteingepressten Schlamm verstopft worden. Der Lothinhalt wurde auf ein Filter gebracht, und das ablaufende Wasser äusserst schwach alkalisch reagirend gefunden. Dieses Grundwasser war wie alle dem Meeresgrund entnommenen Wasserproben im Vergleich zu dem freibeweglichen Meerwasser sehr reich an Ammoniak und an stickstoffhaltigen organischen Substanzen.

Die Oxydation der im Meeresgrunde eingebetteten organischen Substanzen durch den Sauerstoff des immerfort hineindiffundirenden oder hineinsickernden Meerwassers erfolgt jedenfalls sehr langsam, führt zunächst zu Zwischenproducten der Oxydation und liefert zuletzt Kohlensäure. Die so gebildete Kohlensäure findet mehr oder weniger zu ihrer Neutralisation hinreichende Mengen von jenem Ammoniak vor, welches sich bei der Oxydation des stickstoffhaltigen Theiles der organischen Substanzen gebildet hat.

So entstandenes kohlen-saures Ammonium wird im Meerwasser Fällungen hervorrufen, die zu einer Abscheidung der aus den organischen Substanzen gebildeten Kohlensäure in Form von Calcium- und Magnesiumcarbonat führen, während gleichzeitig ein gegen Lakmus und andere Indicatoren neutrales Ammoniumsalz entsteht.

Findet die Kohlensäure mehr Ammoniak vor als zu ihrer Neutralisation nothwendig ist, so wird sich der Charakter der eintretenden Fällungen ändern, indem zu denselben in vermehrtem Maasse die im Meerwasser spurenweise gelösten Silicate und Aluminate herangezogen werden.

Findet die Kohlensäure zu wenig Ammoniak vor, um neutralisirt werden zu können, so werden Lösungserscheinungen im Meeresgrund auftreten, die sich an die durch das Meerwasser allein (bei Abwesenheit eines Fällungsmittels) veranlassten Lösungserscheinungen anreihen und sich ebenso wie diese auf die verschiedenen Bestandtheile des Meeresgrundes in verschiedenem Grade erstrecken werden. —

Was die oberste, dem Loth und dem Schleppnetz allein zugängliche Schicht des Meeresgrundes betrifft, so ist für das Unterbleiben einer Anhäufung grösserer Mengen von Kohlensäure in derselben ein weiterer Beweis der Umstand, dass unter Stationsnummer 321 sowohl als auch an allen anderen untersuchten Stellen des Meeresgrundes die im Schlamm eingelagerten kleinen, der Wiederauflösung in alkalisch

reagirendem Meerwasser grossen Widerstand leistenden Muscheln vollkommen scharfe Kanten und dünne Spitzen aufwiesen, nicht corrodirt waren.

Die gegen sonst und im Verhältniss zur Ammoniakbildung etwas reichlichere Kohlensäurebildung in der obersten Schicht des unter Stationsnummer 321 neben oder unter einer Steinkruste gelagerten Schlammes war also nicht im Stande gewesen das im Meerwasser in so geringer Menge enthaltene Einfachcarbonat in Doppelcarbonat zu verwandeln, reicht jedoch vielleicht hin, um ganz langsam eine, durch das im vorhergehenden Abschnitt dieser Abhandlung dargelegte Zerfallen der Steinkrusten an dieser und an den anderen dort angeführten Stellen des Meeresgrundes wahrscheinlich gemachte Wiederauflösung der Steinkrusten und des daneben oder darunter befindlichen Schlammes herbeizuführen oder zu unterstützen. —

Auch abgesehen von der alkalischen Reaction der Grundwässer und von dem Nichtcorrodirtsein der im Grundschlamm eingebetteten Muscheln, schliesst die sich aus vielen Grundprobenanalysen ergebende Thatsache, dass ein Theil des lehmartigen Schlammes immer aus Calciumcarbonat und Magnesiumcarbonat besteht, für das die oberste Schicht des Meeresgrundes durchsetzende Wasser das Auftreten freier Kohlensäure insoferne aus, als die sich bei der Oxydation organischer Substanzen bildende und kein oder zu wenig, bei eben solcher Oxydation gebildetes Ammoniak zur Neutralisation vorfindende Kohlensäure nicht blos an die geringe im Meerwasser gelöste Menge von Einfachcarbonat, sondern auch — lösend wirkend — an dieses feinvertheilte Calciumcarbonat und Magnesiumcarbonat herantreten kann. In ähnlicher Art hat Pettenkofer¹ darauf hingewiesen, dass in den, calciumcarbonatreichem Boden entnommenen Brunnenwässern eigentlich nicht von freier Kohlensäure, sondern nur von doppeltkohlensaurem Kalk zu sprechen sei.

Eine solche Auflösung von Calciumcarbonat und Magnesiumcarbonat im Meeresgrunde würde, wenn sie sich auch auf die oberste Schicht desselben ausdehnte, und wenn ein wechselseitiger Stoffaustausch am Meeresgrunde bestünde, dem Meere Kohlensäure sowie Calcium und Magnesium, die sich in einer früheren Zeit daraus ausgeschieden hatten, wieder zuführen. Eine solche Auflösung liesse ferner einen besonders hohen Gehalt an diesen Stoffen in dem den Schlamm der obersten Schicht des Meeresgrundes durchsetzenden Wasser erwarten. Dass dies Letztere nicht der Fall ist, zeigen die vielen, vorwiegend in den Tabellen meiner drei ersten Abhandlungen angeführten quantitativen Grundwasseranalysen. —

Was nun die, an den oben angeführten Stellen des Ägäischen Meeres gefundene, auffallend starke, die gewöhnliche alkalische Reaction des Meerwassers erreichende und in zwei Fällen sogar etwas übertreffende alkalische Reaction von, den Schlamm des Meeresgrundes durchsetzendem Wasser betrifft, so sei zunächst darauf verwiesen, dass die betreffenden Grundwasserproben besonders reich an Ammoniak und an stickstoffhaltigen organischen Substanzen waren. Dass das, durch Destilliren mit Magnesia und Nesslerisiren bestimmte Ammoniak (oder Amin) zum kleinen Theil in freiem Zustande vorhanden war und die alkalische Reaction des Meerwassers verstärkte, wäre möglich, wenn bei der mit oder ohne Betheiligung von Mikroorganismen vor sich gehenden langsamen Zersetzung der stickstoffhaltigen organischen (eiweissartigen) Substanzen eine relativ grössere Menge von Ammoniak (oder organischen Basen) als von Kohlensäure (und anderen Säuren) entstehen würde. Ferner wäre es möglich, dass an jenen Stellen ein Stillstand oder eine, wenn auch nicht überschüssiges Ammoniak, so doch auch nicht überschüssige Kohlensäure liefernde Zersetzung der stickstoffhaltigen organischen Substanzen stattfindet, so dass das in den Schlamm eindringende frische Meerwasser seine alkalische Reaction unverändert behält oder, indem es seine, zwar äusserst geringe lösende Kraft dem Calcium- und Magnesiumcarbonat gegenüber ausübt, etwas vermehrt.

Um wie viel weniger Calcium- und Magnesiumcarbonat das natürliche Meerwasser aufzulösen vermag als das mit Kohlensäure gesättigte, ergibt sich aus zwei Versuchsreihen Dittmar's.²

Ein Meerwasser, welches im Liter $50 \cdot 2 \text{ mg CO}_2$ in Form von Einfachcarbonat (welches selbstverständlich zum grössten Theil mit einer weiteren Menge von Kohlensäure zu Doppelcarbonat verbunden war) enthielt, wurde mit Kohlensäure gesättigt und dann in einem Falle mit Calciumcarbonat, in einem anderen mit

¹ N. Rep. Pharm. 20, 597 (1871).

² Voyage of H. M. S. «Challenger», Physics and Chemistry. I, 208. London, 1884.

Magnesiumcarbonat geschüttelt; hiernach waren im ersten Falle um $314 \cdot 2 \text{ mg}$, im zweiten Falle um $1234 \cdot 0 \text{ mg}$ per Liter mehr Kohlensäure in Form von Einfachcarbonat enthalten als im ursprünglichen Meerwasser. Wurde das Meerwasser nicht mit Kohlensäure gesättigt, sondern unmittelbar mit überschüssigem Calcium- oder Magnesiumcarbonat geschüttelt, so zeigte sich bei Magnesiumcarbonat eine Zunahme der zu Einfachcarbonat gebundenen Kohlensäure um nur $10 \cdot 6 \text{ mg}$, bei Calciumcarbonat trat eine Abnahme um $3 \cdot 2 \text{ mg}$ ein. Diese Abnahme ist schwer zu erklären, ihr Betrag fällt vermuthlich in die Grenzen der möglichen Beobachtungsfehler.

Dittmar hielt an der Annahme einer wenn auch sehr geringen Löslichkeit von Calciumcarbonat in dem alkalisch reagirenden Meerwasser fest, indem er an einer anderen Stelle seines Berichtes ¹ in dieser Löslichkeit den Grund dafür sieht, dass in den grössten Tiefen des Oceans keine Kalkschalen von pelagischen Foraminiferen abgelagert werden. Die zarten Kalkschalen dieser Thiere brauchen nach deren Tode zu dem, durch horizontale Wasserbewegungen besonders verzögerten Niedersinken bis auf den Meeresgrund so lange, dass die grossen Wassermengen, mit welchen jede einzelne Schale währenddem zusammentrifft, im Stande sind ihren kohlen-sauren Kalk aufzulösen.

Murray und Irvine haben gezeigt,² dass Meerwasser amorphen oder hydratisirten kohlen-sauren Kalk bis zu $0 \cdot 649 \text{ g}$ per Liter aufzulösen vermag. Es entsteht eine klare übersättigte Lösung, welche nach einiger Zeit nicht nur den überschüssigen kohlen-sauren Kalk, sondern auch einen Theil des im ursprünglichen Meerwasser gelöst gewesenen ausscheidet. Wahrscheinlich geht der kohlen-saure Kalk in die krystal-linische Modification über und wird dadurch weniger löslich im Meerwasser.

Man kann sich übrigens mittelst eines empfindlichen Indicators, z. B. Phenolphtalein leicht überzeugen, dass destillirtes Wasser, sowie auch Meerwasser beim Schütteln mit reinem (gefälltem) kohlen-sauren Kalk etwas davon aufnimmt, indem alkalische Reaction eintritt, beziehungsweise sich verstärkt.

Etwas Ähnliches ist also auch in dem, stets kohlen-sauren Kalk und kohlen-saure Magnesia enthaltenden lehm-artigen Schlamm des Mittelländischen Meeres möglich. —

Nicht immer, aber doch in einigen Fällen war ein Zusammentreffen von gegen sonst erhöhter alka-lischer Reaction des, den lehm-artigen Schlamm durchsetzenden Meerwassers und von Vorwalten des dunkler gefärbten Grundschlammes zu bemerken.

Bei den vielen in den letzten vier Jahren von Seiten S. M. Schiffes „Pola“ im östlichen Mittelmeer vor-genommenen Lothungen und Dredschungen ist fast immer nur gelblicher lehm-artiger Schlamm (»yellow mud« der englischen Seekarten), immer mehr oder weniger mit kleinen Muscheln und sonstigen sandartigen kleinen Harttheilen von Organismen, einige Mal mit Stücken von Steinkrusten untermengt, heraufgefördert worden. Einmal, und zwar an der syrischen Küste auf Stationsnummer 217 (vor der Bucht von St. Jean d'Acre) war aus einer Tiefe von 758 m mit dem Loth ebenfalls heller Schlamm, dagegen mit dem Schleppnetz dunkler, fast schwarzer Schlamm heraufgekommen. Dieser Schlamm roch nicht nach Schwefelwasserstoff, entwickelte aber dessen Geruch sofort bei dem Zusammenbringen mit Schwefelsäure. Dass die dunkle Färbung des Schlammes im Schleppnetz von Schwefeleisen herrührte, zeigte sich auch daran, dass sie in Berührung mit der atmosphärischen Luft verschwand und der an dem Schlamm des östlichen Mittelmeeres gewöhnlich beobachteten gelblichen Farbe Platz machte. Hatte dabei die Luft nur beschränkten Zutritt, so war das Auftreten eines schwachen Schwefelwasserstoffgeruches wahrzunehmen, weil der bei theilweiser Oxydation von Schwefeleisen gebildete Eisenvitriol sich unter Abscheidung von basischem Salz weiter oxydirte, wobei die frei gewordene Schwefelsäure aus dem Rest des Schwefeleisens Schwefelwasserstoff entwickelte, der zur eigenen Oxydation keinen Sauerstoff mehr vorfand.

So ausgesprochen in dieser Grundprobe die Dunkelfärbung durch die Anwesenheit von Schwefeleisen bedingt war, so zweifelhaft ist dies bei anderen im östlichen Mittelmeer und sonst gefundenen weniger dunklen Grundproben.

¹ L. c. pag. 222.

² Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, 17, 79. (1891).

Dass die Dunkelfärbung des Grundschlammes nur bei Abschluss oder beschränktem Zutritt des freibeweglichen, sauerstoffhaltigen Meerwassers bestehen kann, beweist die auch im offenen Ocean gemachte Erfahrung, dass die oberste Schicht des Schlammes hell ist, und erst darunter der mehr oder weniger dunkle Schlamm lagert. Am auffallendsten zeigte sich dies, wenn an der Aussenseite des Lothes Klumpen von Grundschlamm haften blieben. Einige Mal war die obere helle Schicht nur wenige *mm* dick, öfters einige *cm*, jedesmal zeigten sich Unterschiede, und es ist mehr als wahrscheinlich, dass auch in jenen, im östlichen Mittelmeer die Mehrzahl ausmachenden Fällen, in welchen weder das Loth noch das, schätzungsweise $\frac{1}{4} m$ in den Grundschlamm eindringende Schleppnetz dunkelgefärbten Schlamm heraufgebracht hat, der helle, gelbliche Schlamm nur die Decke eines dunklen Schlammes von unbekannter Mächtigkeit bildet.

Eine deutliche Übereinanderlagerung von dunklem und hellem Schlamm in der mit dem Loth emporgebrachten Grundprobe, d. h. eine gegen sonst auffallend geringe Dicke der oberen hellen Schlammschicht wurde am häufigsten im nördlichen Theil des Ägäischen Meeres beobachtet. —

Vor Kurzem ist eine von Murray und Irvine¹ verfasste Abhandlung erschienen, in welcher berichtet wird, welche chemische Vorgänge sich in einem von Meerwasser durchdrungenen bläulichen Grundschlamm (blue mud) abspielen. Diese Abhandlung hat besondere Bedeutung für das Verständniss des von der russischen „Tschernomoretz“-Expedition erbrachten Nachweises von Schwefelmetall und Schwefelwasserstoff in den Tiefen des Schwarzen Meeres.²

In dieser Abhandlung wird nachgewiesen, welchen Veränderungen die Zusammensetzung des Meerwassers ausgesetzt ist für den Fall, dass es bei Mangel von freiem Sauerstoff mit stickstoffhaltigen organischen Substanzen und Eisenverbindungen in Berührung ist. Diese Veränderungen lassen das Verhältniss des Chlors zu Brom, Magnesium, Kalium und Natrium fast intact, führen zu einer nicht sehr bedeutenden Abscheidung von Kalk, bringen eine Vermehrung des Ammoniak, eine grosse Zunahme der zu Einfachcarbonat (oder Doppelcarbonat) gebundenen Kohlensäure mit sich und scheiden reichlich den Schwefel der Sulfate des Meerwassers in freiem Zustande und in Form von Schwefeleisen ab. Falls nicht genug Eisenverbindungen dem durch Reduction der Sulfate entstandenen Schwefelmetall, beziehungsweise dem (durch Umsetzung des Schwefelmetalls mit der bei der Oxydation der organischen Substanzen durch den Sauerstoff der Sulfate gebildeten Kohlensäure) frei gewordenen Schwefelwasserstoff für die Fällung des Schwefels zur Verfügung stehen, kann ein Theil des Schwefelmetalls oder Schwefelwasserstoffs in das über dem Schlamm befindliche Meerwasser gelangen, wo er für den, in den Oceanen und im Mittelmeer stets zu treffenden Fall der Gegenwart von freiem Sauerstoff in diesem Meerwasser bald wieder zu Schwefelsäure, beziehungsweise zu Sulfaten oxydirt werden muss.

In Ausnahmefällen, wie eben in den Tiefen des Schwarzen Meeres, deren Wasser einerseits wegen seines grösseren specifischen Gewichtes der Durchmischung mit der obersten, sauerstoffhaltigen Wasserschicht ermangelt, andererseits fortwährend aus dieser letzteren Wasserschicht organische Substanzen in Form niedersinkender Pflanzen- und Thierleichen zugeführt erhält, kann die Reduction der Sulfate zu Schwefelmetall und Schwefelwasserstoff auch im Meerwasser selbst eintreten, höchst wahrscheinlich vermittelt durch Mikroorganismen. Bedingung ist das Zusammensein von organischen Substanzen und Sulfaten bei Abwesenheit von freiem Sauerstoff.

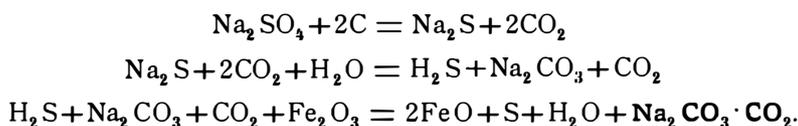
Nur wenn Eisen in einer zur Fällung des Schwefels ungenügenden Menge vorhanden ist, kann Schwefelmetall oder Schwefelwasserstoff gelöst bleiben und sich anhäufen.

Da in keiner der im östlichen Mittelmeer geschöpften Wasserproben, auch nicht in den der obersten Schicht des Meeresgrundes entnommenen, Schwefelmetall oder Schwefelwasserstoff gelöst war, so muss für die hier speciell in Betracht kommende Frage nach der Änderung der Reaction des den Meeresgrund durchsetzenden, eventuell sauerstofffreien Meerwassers unter dem Einfluss der Sulfatreduction von Seiten organischer Substanzen die Gegenwart einer zur Fällung des Schwefels genügenden Menge von Eisenverbindungen

¹ Transactions of the Royal Society of Edinburgh, 37 (II), 481 (1893).

² Comptes rendus III, 930 (1890) — Andrussow: Bulletin de l'Académie impériale des Sciences de St. Pétersbourg, 1892.

dungen wenigstens in der obersten mit dem Loth erreichbaren Schicht des Meeresgrundes angenommen werden. In diesem Falle können, wenn man Natriumsulfat als Beispiel nimmt, wenn man ferner nur den Kohlenstoff der organischen Substanzen als reducirend wirkend ansieht und nur die der Fällung von Schwefeleisen vorangehende Fällung von Schwefel durch Reduction von Eisenoxyd zu Eisenoxydul berücksichtigt, folgende Reactionen nach einander verlaufen:



Das Ergebniss wäre also nur eine Vermehrung der ohnedies schon im Meerwasser enthaltenen Doppelpcarbonate. Ein Auftreten von Einfachcarbonat, mithin eine Verstärkung der alkalischen Reaction des Meerwassers ist gleichwohl möglich, nämlich dann, wenn auch der Wasserstoff der organischen Substanzen an der Reduction der Sulfate Antheil nimmt, oder wenn der Kohlenstoff der organischen Substanzen nicht bis zu Kohlensäure oxydirt wird, sondern zum Theil in einer neutral reagirenden Verbindungsform erhalten bleibt. —

Es ist nun hervorzuheben, dass von allen Grundproben des östlichen Mittelmeeres nur sehr wenige eine dunkle Farbe aufwiesen, und dass nur eine, nämlich die schon erwähnte fast schwarze aus der Nähe der syrischen Küste mit Schwefelsäure zusammengebracht, Schwefelwasserstoffgeruch entwickelte. Auch bei dem Liegen in feuchtem Zustande an der Luft verhielt sich diese Grundprobe anders als die übrigen, weniger dunkel gefärbten Grundproben. Während die an der syrischen Küste mit dem Schleppnetz heraufgeholtte Grundprobe beim Liegen an der Luft sehr rasch — in dünner Schicht schon nach einigen Stunden — ihre dunkle Farbe verlor, blieb die graue Farbe der übrigen Grundproben auch bei monatelanger Berührung mit der Atmosphäre erhalten.

Es rührt demnach die Graufärbung des an manchen Stellen des östlichen Mittelmeeres, am häufigsten im nördlichen Theil des Ägäischen Meeres, unter einer Decke von hellem lehmartigen Schlamm ruhenden dunkleren Schlammes, wenigstens in der dem Lothe und dem Schleppnetz zugänglichen Tiefe nicht von der Gegenwart von Schwefeleisen, sondern wahrscheinlich von der gefärbten organischer Stoffe her, wie ja auch nach Petzhold¹ die Ursache der grauen Färbung vieler neptunischer Gesteine in einem Gehalt derselben an organischen Stoffen und nicht, wie man verallgemeinernd geglaubt hatte, in einem an Schwefeleisen zu suchen ist. —

Übrigens findet in der den Tiefseeapparaten zugänglichen obersten Schicht des Meeresgrundes eine Reduction von Eisenoxydverbindungen durch Schwefelmetall oder Schwefelwasserstoff nicht oder nur in sehr beschränktem Maasse statt. Bei dieser Art der Reduction müsste sich Schwefel abscheiden. Keine der im Kohlensäurestrom zum Glühen erhitzten, vorher gewaschenen und getrockneten Grundproben lieferte ein deutliches Sublimat von Schwefel. Eine in meiner vorjährigen Abhandlung angeführte quantitative Schwefelbestimmung ergab für jene Grundprobe, in welcher — nach ihrem Gehalt an Schwefeleisen zu schliessen — am meisten Schwefel vorhanden sein sollte, einen sehr geringen Betrag. —

Also nur in Ausnahmefällen, so auf dem Grunde des Schwarzen Meeres, in der unteren Lage des Grundschlammes vor St. Jean d' Acre (Akka) an der syrischen Küste, endlich in seichten verkehrsreichen Meerestheilen, zumal in Häfen, kommt es vor, dass eine durch die Reduction von schwefelsauren Salzen unter der Einwirkung organischer Substanzen veranlasste Abscheidung von schwarzem Schwefeleisen schon auf der Oberfläche des Grundschlammes stattfindet oder in einer, wenige Centimeter betragenden Tiefe des Schlammes beginnt.

Es ist möglich, dass auch an jenen Stellen des östlichen Mittelmeeres, von welchen weder mit dem Loth noch mit dem Schleppnetz schwefeleisenhaltiger Schlamm heraufgebracht worden ist, Abscheidung von schwarzem Schwefeleisen stattfindet, nämlich in den tieferen Lagen des Schlammes, welche den

¹ Journ. f. prakt. Chemie 63, 193 (1854).

genannten Apparaten nicht zugänglich sind und welche wegen der grösseren Entfernung von der sauerstoffhaltigen freibeweglichen Wassermasse des Meeres die Bildung von Schwefelmetall oder Schwefelwasserstoff eher zulassen. —

Wie Dem auch sei, die Thatsache, dass bei einem ziemlich gleichförmigen Gehalt des Grundschlammes an organischen Substanzen und bei einer ziemlich gleichförmigen zäh-lehmigen Beschaffenheit dieses Grundschlammes die Dicke seiner obersten hellen Schicht in verschiedenen Gebieten des östlichen Mittelmeeres bedeutende Unterschiede aufwies, deutet darauf hin, dass für die Tiefenerstreckung der in erster Linie durch die Zersetzung (Oxydation) der organischen Substanzen des Grundschlammes veranlassten chemischen Änderungen ein noch nicht in Betracht gezogener Umstand maassgebend ist.

Für die Art dieser chemischen Änderungen beweisen dasselbe die oben angeführten Schwankungen in der Stärke der alkalischen Reaction des den Grundschlamm durchsetzenden Meerwassers, welche Schwankungen in erster Linie auf das wechselnde Verhältniss der bei der Zersetzung (Oxydation) der organischen Substanzen neben einander auftretenden sauren und alkalischen Stoffe, vor Allem der Kohlensäure und des Ammoniaks zu einander zurückzuführen sind. Diese Schwankungen sind von grösstem Einfluss auf die im Meeresgrunde vor sich gehenden Fällungs- und Lösungserscheinungen.

Meine vielen während der letzten vier Jahre vorgenommenen Analysen von Wasserproben, welche knapp über dem Meeresgrunde geschöpft waren, zeigen, dass im Allgemeinen die Menge keines der Bestandtheile des Meerwassers in Berührung mit dem an organischen Substanzen und an Ammoniumsätzen so reichen Schlamm, in dem sich ohne Zweifel fortwährend chemische, von Fällungs- und Lösungserscheinungen begleitete Vorgänge abspielen, eine Änderung erfährt.

Würde das, die oberste Schicht des schlammigen Meeresgrundes durchsetzende Wasser stagniren, d. h. nur durch Diffusion mit dem darüber befindlichen, freibeweglichen Meerwasser in Wechselbeziehung stehen, so wäre nur eine geringe, aber wahrscheinlich doch in der untersten Lage des freibeweglichen Meerwassers nachweisbare wechselseitige, sich in der chemischen Zusammensetzung ausdrückende Einflussnahme zu erwarten. — Dort, wo auf dem Meeresgrund, wie es in Ausnahmefällen, z. B. im Quarnero vor Fiume festgestellt worden, Süsswasser aufquillt, oder sonstwie das Wasser im Meeresgrunde zum Austreten nach oben veranlasst wird, muss eine bedeutende Änderung der Zusammensetzung des darüber befindlichen Meerwassers erwartet werden. — Würde in der Regel Meerwasser in den Meeresgrund eindringen, von dem Meeresgrunde aufgesaugt werden, dann wäre die Übereinstimmung der Zusammensetzung des knapp über dem Meeresgrunde befindlichen Wassers mit der aller anderen Wasserschichten verständlich. —

Auch die aus der obersten Schicht des Schlammes mit Hilfe des Belknap-Lothes heraufgeholt, von den festen Grundtheilchen abfiltrirten Wasserproben besaßen — mit Ausnahme des grösseren Gehaltes an, durch die fortwährende Zersetzung der im Schlamm eingelagerten Pflanzen- und Thierreste immerfort neu sich bildendem und neu in Lösung gehendem Ammoniak, sowie an in Lösung gehenden organischen Substanzen — eine nahezu constante und mit der des gewöhnlichen Meerwassers nahezu übereinstimmende Zusammensetzung.

Dies, sowie alle anderen in diesem Abschnitt erörterten Erscheinungen, sowie ferner die oben dargelegten Beobachtungen über die Vertheilung der salpetrigen Säure im Grundschlamm und über den Zerfall der den Schlamm stellenweise bedeckenden Steinkrusten würden eine leichte Erklärung finden, wenn man berechtigt wäre anzunehmen, dass ausser der äusserst langsamen, durch Diffusion vermittelten, gleichzeitig und neben einander nach oben und nach unten stattfindenden Bewegung von Wassertheilchen im Grundschlamm noch eine andere, schnellere oder langsamere und zwar in verschiedenen Gebieten des Meeresgrundes in verschiedenem Grade schnellere oder langsamere Bewegung des Wassers nach einwärts vorhanden ist, welche immerfort neue Mengen von Meerwasser in die oberste Schicht des Schlammes einführt und immerfort dasjenige Wasser, welches mit den im Innern des Schlammes gebildeten Stoffen und Umsetzungsproducten beladen ist, nach einwärts führt, also von der Rückkehr in das Meerwasser abhält.

Die Schnelligkeit einer solchen Bewegung kann bestimmend sein für die Art der Zersetzung der organischen Substanzen des Grundschlammes sowie für die Dicke der, besondere Zersetzungsarten durch Färbung oder Consistenz anzeigenden Schichten des Meeresgrundes.

Es ist vielleicht nicht zu sehr gewagt, den Gedanken auszusprechen, dass der Impuls zu einer derartigen Bewegung des den Grundschlamm durchsetzenden Wassers möglicher Weise von den unteren, ganz unbekannt mächtigen Lagen dieses Schlammes, von den daran grenzenden Gesteinsschichten, kurz von der ganzen Masse der über die Meeresoberfläche emporragenden oder sich unter dem Meeresgrund befindenden festen Erde, soweit als das Vorhandensein wasserdurchlässiger Schichten und die Temperatur derselben eine Circulation von Wasser gestatten, ausgeht.

Ein solches Aufgesaugtwerden von Meerwasser könnte veranlasst werden durch einen theils auf chemischen Reactionen und Hydratbildungen, theils auf Adsorptionserscheinungen beruhenden fortwährenden Verbrauch von Meerwasser in dem Grundschlamm sowie in der ganzen dem Meerwasser erreichbaren festen Erde.

Eine zweite Veranlassung zu einem solchen Aufgesaugtwerden von Meerwasser könnte darin liegen, dass weite Gebiete der Erdoberfläche, in der Nähe des Mittelmeeres besonders die Sahara, fast keinen Regen empfangen, sodass die darunter befindlichen Sand- und Gesteinmassen — insoferne sie unmittelbar oder durch Vermittlung beliebig mächtiger Erdschichten mit dem Meeresgrund in Verbindung stehen — wie ein Schwamm aufsaugend wirken können. Andere Theile des Festlandes, welche nur zu gewissen Zeiten des Regens entbehren und bis zu einer gewissen Tiefe austrocknen, können nur zeitweise capillar aufsaugend wirken.

Die Richtung einer so zu Stande kommenden Wasserbewegung wird von der Lage und Beschaffenheit des aufsaugenden Mittels und von der Beschaffenheit des Meeresgrundes abhängen. Die Beschaffenheit beider kann sich ändern und zwar hauptsächlich wegen der auf dem Wege dieser Wasserbewegung sich einstellenden Vorgänge.

Sobald einmal das Meerwasser in die oberste Schicht des Grundschlammes eingetreten ist, kann es sich nach jeder Richtung hin (unter dem Meeresgrund, beziehungsweise unter der Erdoberfläche) bewegen. Speciell in der obersten, dem Loth zugänglichen Schicht des Grundschlammes braucht die Wasserbewegung durchaus nicht immer senkrecht auf die Berührungsfläche zwischen Meerwasser und Meeresgrund gerichtet zu sein, sondern kann in Ausnahmefällen eventuell lange Strecken parallel mit dieser Fläche verlaufen dorthin, wo in der Tiefe der festen Erde oder nahe der Erdoberfläche Meerwasser in irgend einer Art verbraucht wird. Es wird dies dann der Fall sein, wenn diese Strecken in Bezug auf Ausdehnung und in Bezug auf die Leichtigkeit, mit welcher die Decke des Meeresgrundes das Meerwasser eintreten lässt, von angrenzenden obersten Schichten des Grundschlammes übertroffen werden. Unter dieser Annahme erklärt sich die in meiner vorjährigen Abhandlung beschriebene eigenthümliche Verbreitung der salpetrigen Säure in dem die oberste Schicht des Grundschlammes im Hauptbecken des östlichen Mittelmeeres durchsetzenden Wasser und die oben angeführte in eben diesem Wasser des südlichen Ägäischen Meeres.

Eine von der Berührungsfläche zwischen Meeresgrund und Meerwasser ausgehende, in Theilen der festen Erde und zu Theilen der Oberfläche des Festlandes verlaufende capillare Wasserbewegung wird in viel höherem Maasse chemische und physikalische Änderungen der von ihr getroffenen Stoffe nach sich ziehen, als Bischof¹ für das Sickersen des atmosphärischen Wassers durch Sedimentmassen angenommen und zum Theil erwiesen hat.

Schlussfolgerungen aus bekannten Thatsachen oder Entscheidungen durch Experimente würden Aufschluss geben über die Art, in welcher Festland, Meer und Luft durch jene unterirdische Circulation von Meerwasser beeinflusst werden.

Ich erinnere diesbezüglich an die oben angeführte Aufstapelung relativ grosser Mengen von organischen Substanzen sowie von Zersetzungsproducten (vor Allem Kohlensäure und Ammoniak) und Um-

¹ Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie. 2. Aufl. Bonn, 1863—1866.

setzungsproducten derselben (darunter eventuell Schwefeleisen) im Meeresgrund. Das angenommene capillare Aufsteigen von Meerwasser im Festland ermöglicht eine bald frühere bald spätere, wenigstens theilweise Rückerstattung der Elemente dieser organischen Substanzen oder der auf ihre Veranlassung abgeschiedenen Elemente an die Luft oder an das Meer, wenn auch in anderer Anordnung zu einander als sic auf oder in dem Meeresgrund zur Ablagerung gekommen waren.

Je nach der Schnelligkeit der Wasserbewegung und je nach dem Maasse, in welchem durch nachrückendes sauerstoffhältiges Meerwasser vorher Abgeschiedenes wieder zersetzt wird, z. B. dadurch, dass sich bei der Oxydation von Schwefeleisen unter Bildung basischer Eisenoxydsalze Schwefelsäure frei macht, oder je nach dem Eintreten sonstiger Reactionen, wird auch hier, sowie in der obersten Schicht des Meeresgrundes das Ergebniss verschieden sein. Es kann auf dem Festland zum Auftreten von Petroleum,¹ zu Exhalationen von Kohlensäure und Schwefelwasserstoff, zur Abgabe von Ammoniak an den Erdboden und an die Luft kommen.

In heissen regenarmen Gegenden, zumal in Wüstengebieten, gegen welche zu, wie oben bemerkt, ausser der durch chemischen Verbrauch in Festlandsmassen bedingten Wasserbewegung auch ein rein mechanisches, also in Bezug auf die einzelnen gelösten Salze je nach der Diffusionsgeschwindigkeit derselben² verschieden schnell erfolgendes Aufsteigen von Wasser aus dem Meeresgrund stattfinden kann, werden diejenigen Salze, welche dieses Aufsteigen des Wassers durchaus mitgemacht haben, bei der Verdunstung des Wassers auf oder unter dem Erdboden zur Ablagerung kommen. Fast alle Wüstengebiete der Erde weisen thatsächlich einen bedeutenden Gehalt an wasserlöslichen Salzen auf. Je nach der Länge des unter der Erdoberfläche zurückgelegten Weges und je nach Art und Ausmaass der auf diesem Wege eingetretenen chemischen Änderungen wird die Zusammensetzung dieser Salze verschieden sein. Wenn man zunächst absieht von dem, was neu in Lösung gehen mag, können während des Aufsteigens des Wassers manche Salze des auf dem Meeresgrunde eingetretenen Meerwassers daraus verschwunden oder zu theilweiser Abscheidung gekommen sein, was eine relative Anreicherung anderer, ursprünglich in relativ geringer Menge vorhandener Salze zur Folge hat. Das letztere wird bei jenen Salzen der Fall sein, welche am wenigsten leicht chemisch oder physikalisch (z. B. durch Umwandlung einer leichter löslichen amorphen Form in eine schwerer lösliche krystallinische) gefällt werden und welche am schnellsten aufwärts diffundiren. Solche Salze sind die durch Oxydation organischer Substanzen gebildeten Ammoniumsalze, welche zwar durch Umsetzung mit Calciumsalzen, mit Silicaten und Aluminaten und dadurch eingeleitete Fällungen die grösste Rolle im Meeresgrund und bei der angenommenen capillaren Circulation von Meerwasser in Festlandsmassen zu spielen im Stande sind, jedoch hauptsächlich nur durch Oberflächenattraction³ zurückgehalten werden. Insoferne die fällende, verkitende Thätigkeit jener Wassercirculation ganz besonders geeignet ist, sandige und lehmige Lagen in compacte Gesteine zu verwandeln, und insoferne sich stellenweise oder zeitweise Lösungserscheinungen einstellen mögen, wird die Oberflächenattraction geschwächt, also dem Emporsteigen der Ammoniumsalze mit dem Wasser noch weniger Widerstand entgegengebracht werden.

Unter besonders günstigen Bedingungen kann es also in solchen regenarmen Gegenden (Wüsten) zu einer Ansammlung bedeutender Mengen von Ammoniumsalzen kommen, welche sich dann dort unter Umständen — wahrscheinlich unter Mitwirkung von Mikroorganismen — zu salpetersauren Salzen oxydiren können. Vielleicht hat Derartiges bei der Bildung des Chilialpeter mitgespielt. Der Jodgehalt des letzteren kann von den auf dem Meeresgrund zur Ablagerung gekommenen jodhaltigen Algen stammen. Einen

¹ Siehe meine vorjährige Abhandlung. — Zwischen Cypern und Syrien hatte das vom Meeresgrunde emporgeholtte Wasser einige Male deutlichen Petroleumgeruch besessen. Nach der im Obigen dargelegten Hypothese gehört ein Heraustreten von Meerwasser aus dem Meeresgrunde zu den Ausnahmen, und ist es wahrscheinlich, dass im Meeresgrunde aus fettreichen Thier- und Pflanzenresten entstandenes Petroleum in der Regel durch capillares Aufsteigen in Festlandsmassen früher oder später in die Nähe der Oberfläche oder an die Oberfläche des Festlandes geräth.

² Ostwald, Lehrbuch der allgemeinen (physikalischen) Chemie. 2. Aufl. I. Bd., p. 602.

³ Ostwald, l. c. p. 1093.

Jodgehalt des Meeresgrundes habe ich, wie oben und in meiner vorjährigen Abhandlung angegeben, in einigen Theilen des östlichen Mittelmeeres vorgefunden. —

Das Zusammentreffen jener in aufsteigender Bewegung befindlichen, vom Meeresgrunde stammenden unterirdischen Gewässer mit dem Sauerstoff der Luft oder mit dem Sauerstoff des in absteigender Bewegung befindlichen atmosphärischen Sickerwassers, sowie mit den übrigen Bestandtheilen dieses Sickerwassers kann eine ganze Reihe chemischer Reactionen veranlassen, in deren Gefolge unter Anderem die fortwährende oder zeitweise Abscheidung von Stoffen stattfinden kann, welche während des Aufsteigens des Wassers in der festen Erde gelöst geblieben oder neu in Lösung gegangen sind. Es kann dies z. B. für die Verbreitung der Metalle in der Erdkruste maassgebend sein. Diese beiderseitigen Wasserbewegungen müssten auch mitbestimmend sein für die Stellen, an welchen die aus dem Weltraum in Form von Meteoriten und kosmischem Staub auf der Erde anlangenden und der so mannigfachen Einwirkung von Luft, Wasser und Boden unterliegenden Stoffe sich eventuell anhäufen.

Das für gewöhnlich angenommene Aufgesaugtwerden von Meerwasser auf dem Meeresgrund kann in Ausnahmefällen auf dem Meeresgrund selber durch atmosphärisches Sickerwasser aufgehalten werden, nämlich an jenen Stellen des Meeresgrundes, an welchen dieses Sickerwasser seinerseits im Meere zum Vorschein kommt. Unterseeische Quellen sind öfters nachgewiesen worden, zum ersten Mal durch Lorenz im Quarnero (vor Fiume). —

Treffen die, für gewöhnlich in langsamer capillarer Bewegung gedachten beiden wässerigen Lösungen die eine von dem Meeresgrund, die andere von der Oberfläche des Festlandes (und vom Grunde der Binnengewässer) stammend, mit einander unter der Erdoberfläche zusammen, so kann einerseits, wie schon angedeutet, eine Reihe von chemischen Reactionen eingeleitet werden, andererseits kann nach diesem Zusammentreffen eine gemeinsame Vorwärtsbewegung nach irgend einer Richtung erfolgen, in den meisten Fällen wohl in einer, die zu irgend einer Stelle der Oberfläche des Festlandes führt.

Falls diese Stelle zu den abfluss- oder regenlosen Gebieten der Erde gehört, kommen die daselbst anlangenden Reste des ursprünglich auf dem Meeresgrund aufgesaugten und durch Theile der festen Erde emporgestiegenen Meerwassers, zugleich mit den auf dem Wege beider Wasserbewegungen in Lösung gegangenen Stoffen, zur Anreicherung in Binnenseen oder zur Abscheidung in Salzlagern.

In anderen, ebenfalls seltenen Fällen wird sich diese Stelle nicht auf der Oberfläche des Festlandes, sondern als unterseeische Quelle unter dem Meere befinden, so dass der von anderen Stellen des Meeresgrundes ausgegangene unterirdische, capillare Wasserlauf von dem freibeweglichen Meerwasser direct zu einem Kreis geschlossen wird.

Als Ausnahmefall führe ich noch Folgendes an: Falls dem vom Meeresgrunde aus durch Festlandsmassen capillar aufsteigenden Wasser wegen chemischer Reactionen und wegen Adsorptionserscheinungen in besonders reichlichem Maasse die Salze entzogen werden, kann es in manchen Gegenden, zumal auf kleinen Inseln, welche wenig oder keine atmosphärische Niederschläge empfangen, mitunter geschehen, dass das nahe der Erdoberfläche in Form von Grundwasser anlangende Wasser so weit frei von Salzen ist, dass es als Süßwasser gelten kann. Ähnlich wie Schönbein¹ gezeigt hat, dass beim Aufsteigen einer Salzlösung in einem Streifen Filtrirpapier das Wasser dem in ihm gelösten Salz vorausseilt, welches Vorauseilen von reinem Wasser bei Anwendung von Meerwasser und einer Schicht trockenen Thones schon Aristoteles beobachtet hatte. Schönbein hat ferner gezeigt, dass in einem Streifen Filtrirpapier verschiedene gelöste Stoffe verschieden hoch emporsteigen; E. Fischer und Schmidmer² haben nachgewiesen, dass von zwei gelösten Salzen dasjenige rascher im Papier aufsteigt, dessen Diffusionsgeschwindigkeit die grössere ist. —

In den allermeisten Fällen wird das hypothetische, vom Meeresgrunde aus durch Theile der festen Erde capillar aufsteigende Wasser mit atmosphärischem Sickerwasser zusammentreffen und dann mit

¹ Poggendorff, Ann. 114, 275 (1861).

² Ann. Chemie 272, 156 (1893).

diesem gemischt auf solchen Stellen der Erdoberfläche in Form von Quellen zu Tage treten, von welchen aus Bäche, Flüsse und Ströme die Rückkehr in das Meer vermitteln.

Die beiderseitigen — durch das Aufgesaugtwerden von Meerwasser auf dem Meeresgrunde und durch das Einsickern von atmosphärischem Wasser auf dem Festland eingeleiteten — capillaren Wasserbewegungen in Theilen der festen Erde dürften viele geologische Veränderungen verursachen und verursacht haben.

Manche dem Vulkanismus zugeschriebene Erscheinungen dürften veranlasst werden durch von Wärmeentwicklung begleitete chemische Reactionen. Wahrscheinlich tritt dabei der Sauerstoff der Luft und der Sauerstoff des von dem benachbarten Festland oder von dem benachbarten Meeresgrunde aus capillar eindringenden Wassers in Reaction. Und zwar mit solchen Stoffen, welche auf dem Wege der von einer entfernten, grossen Fläche des Meeresgrundes ausgehenden, von Reductionerscheinungen begleiteten capillaren Wasserbewegung in früheren Zeiten entstanden sind und sich an besonders günstigen Stellen anhäufen oder sich angehäuft haben.

Die Hauptbethätigung jener in Theilen der festen Erde stattfindenden Wasserbewegung dürfte sich jedoch auf langsam vor sich gehende Änderungen der Tiefe des Meeres und der Höhe des Festlandes erstrecken.

Einzelne Theile des Meeres können seichter werden, wenn im Innern des Meeresgrundes aus dem darin capillar sich bewegenden Wasser Fällungen fester Körper stattfinden. Einzelne Theile des Meeres können tiefer werden, wenn im Innern des Meeresgrundes Auflösung fester Körper erfolgt, welche in einer früheren Zeit abgeschieden worden waren. Das durch diese Auflösung veranlasste Tiefsinken der darüber gelagerten festen Schichten kann entweder allmählig oder ruckweise geschehen. Letzteres dann, wenn sich zuerst Hohlräume bilden oder sonst Spannungserscheinungen auftreten.

Durch dieselben Vorgänge und auf dieselbe Art können einzelne Theile des Festlandes höher, andere niedriger werden.

Es können Theile des Meeresgrundes zum Auftauchen aus dem Meer, Theile des Festlandes zum Verschwinden unter dem Meer gebracht werden.

Diese Bewegungen von Theilen der festen Erde können von Faltungen, Brüchen und Verwerfungen begleitet sein. —

In meiner vorjährigen Abhandlung habe ich unter Hinweis auf die im östlichen Mittelmeer beobachteten Erscheinungen dargelegt, dass unter Mitwirkung der Zersetzungsproducte organischer Verbindungen zumal von kohlen-saurem Ammonium aus dem Meerwasser auch ohne Vorhandensein suspendirter Theilchen feste Mineralstoffe auf dem Meeresgrunde niedergeschlagen werden können.

Dies und die im Obigen entwickelte Hypothese eines capillaren Eindringens und Aufsteigens von Meerwasser in Theilen der festen Erde ermöglichen eine Vorstellung von der Art, in welcher aus dem einst wahrscheinlich die ganze feste Erde bedeckenden Meer die Festländer entstanden sind.

Anhang.

Untersuchung zweier Quellen auf der zwischen Kreta und dem Peloponnes gelegenen Insel Cerigo.

Der auffallende Gehalt aller Quellwässer an Chloriden und Sulfaten, überhaupt an Salzen, welche in erhöhtem Maasse dem Meerwasser eigen sind, wird durch die Annahme des Vorkommens und Gelöstwerdens unterirdischer Salzmengen erklärt.

So gewiss dies in einzelnen Fällen zutrifft, so unwahrscheinlich ist es im Allgemeinen.

Wenn man absieht von der Möglichkeit der im Obigen — zur Erklärung einer Reihe von Beobachtungen am Grunde des östlichen Mittelmeeres — entwickelten Hypothese eines langsamen Vordringens von Meerwasser, beziehungsweise einer durch Umsetzungen daraus entstandenen Salzlösung unter

der Erdoberfläche, macht die schon seit Langem anhaltende Durchsickerung der obersten Erdkruste mit atmosphärischem Wasser eine fast durchgehends eingetretene Auflösung ehemals vorhanden gewesener fester Salzmengen wahrscheinlich.

Es bringen, glaube ich, in der Regel zwei Stoffbewegungen jenen Gehalt der Quellwässer an, dem Meersalz ähnlichem Salz zu Stande. Durch starke regenlose Winde werden einerseits die Salztheilchen kleiner Tröpfchen der Schaumkämme von Meereswellen fortgetragen und auf dem Festland unmittelbar oder durch Regen abgelagert.¹ Andererseits steigt von dem Meeresgrunde aus durch die Erdkruste Meerwasser capillar auf.

Der Umstand, dass die letztere Stoffbewegung ohne Unterlass thätig ist, nur graduellen und örtlichen Änderungen unterliegend, während die erstere Stoffbewegung nur selten eintritt, erhöht ihre Wichtigkeit.

Das wegen Zerstäubung von Meerwasser und wegen Fortführung durch die Luft auf das Festland gelangende, früher oder später vom Regenwasser aufgelöste Salz wird in seiner Zusammensetzung kaum von dem Meersalz abweichen.

Ein Wasser, welches von dem Meeresgrunde aufgesaugt wird, und dann auf einem kürzeren oder längeren Wege mit für verschiedene Strecken und für verschiedene Zeiten verschiedener Geschwindigkeit Festlandsmassen mannigfaltigen Charakters durchdringt, wird, wenn es unmittelbar zu Tage tritt oder durch atmosphärisches Sickerwasser an die Erdoberfläche gebracht wird, Stoffe gelöst enthalten, welche je nach Ort und Zeit wechseln, sich aber fast immer von den im Meerwasser gelösten, mindestens in Bezug auf das Verhältniss der einzelnen Stoffe zu einander unterscheiden werden.

Quellen, welche knapp bei dem Meere und nur wenige Centimeter über der Fluthlinie entspringend starken Salzgehalt besitzen, brackisch schmecken, können ihren Salzgehalt zum Theil der zeitweisen Tränkung des Erdreiches in der Nähe der Quelle mit brandendem Meerwasser verdanken. —

Die chemische Untersuchung von Quellwässern kann die Frage nach der Herkunft ihrer an das Meersalz erinnernden Bestandtheile — von vielleicht denkbaren Ausnahmefällen abgesehen — nur schwer entscheiden, weil ja die Quellwässer ausser den eventuell nach obigen beiden Arten aus dem Meere stammenden Stoffen auch diejenigen Stoffe enthalten, welche bei dem Durchsickern des atmosphärischen Wassers durch Theile der Erdkruste in Lösung gegangen sind.

Also nicht in der Meinung, diese Frage entscheiden zu können, sondern nur weil die Gelegenheit gerade günstig war, und weil die Untersuchung jedes Quellwassers ein gewisses Interesse bietet, habe ich den, anlässlich der zweiten Reise S. M. Schiffes »Pola« vorgenommenen, im Anhang zu meiner zweiten Abhandlung beschriebenen Untersuchungen an der Quelle der Arsenalwasserleitung in der Suda-Bai auf der Insel Kreta die Untersuchung noch zweier Quellwässer, beide auf der, Kreta benachbarten Insel Cerigo folgen lassen.

Alle drei Quellen befinden sich im Angesicht des Meeres, jedoch in verschiedenen Entfernungen von demselben. Die Höhenzüge, an deren Fuss oder Abhang die drei Quellen entspringen, erheben sich annähernd gleich hoch über die Meeresoberfläche.

Etwas südlich von dem, die Nordwestecke der Insel Cerigo bildenden Cap Karavougia befindet sich, nur ca. 1 Meter über der Meeresoberfläche und nur ca. 5 Meter in der Horizontalen vom Meere entfernt eine Quelle, deren fast gar nicht brackisch schmeckendes Wasser sehr spärlich aus einem Felsspalt herausfließt. Von diesem Wasser habe ich einen Liter aufgefangen und in Wien mit folgenden Resultaten analysirt:

1000 g Wasser enthielten 0·748 g Salz (direct gefunden durch Abdampfen und Trocknen des Rückstandes bei 175°; beim Glühen des getrockneten Rückstandes trat wegen Verbrennung der organischen Substanz eine Gewichtsabnahme von 0·079 g ein), worin 0·0031 g Kalium, 0·233 g Chlor, 0·043 g des Schwefelsäurerestes SO₄.

¹ Darüber liegen viele Beobachtungen vor. Ich führe an: Müntz: Vertheilung des Kochsalzes nach der Meereshöhe. Comptes rendus 112, 447 (1891).

Auf 100000 Atome Chlor kamen:

1169 Atome Kalium, 6802 Atomgruppen SO_4 . —

In der Kapsali-Bai an der Südseite der Insel Cerigo entspringt eine Quelle, welche beiläufig halb so hoch über dem Meere liegt wie die im Jahre 1891 in der Suda-Bai auf der Insel Kreta untersuchte.

Ihr, im Sommer eine Temperatur von 21.5°C . aufweisendes Wasser fließt etwas reichlicher als das der Quelle am Strande bei Cap Karavougia aus einem Felsspalt in einer kleinen, nur gebückt zugänglichen Höhle.

Unmittelbar nach dem Auffangen des Wassers habe ich in ähnlicher Art wie sonst bei den Meerwasserproben, nach L. W. Winkler's Methode (siehe meine erste Abhandlung) den Sauerstoffgehalt bestimmt. Die übrigen analytischen Bestimmungen habe ich theils eine Stunde darnach in dem auf S. M. Schiff »Pola« eingerichteten Laboratorium, theils erst in Wien vorgenommen.

Dieses Quellwasser ist fast frei von salpetriger Säure und Salpetersäure, enthält ganz geringe Mengen von Ammoniak und organischer Substanz (auf 1 l Wasser wurden 0.05 cm^3 fertig vorhandenes und 0.07 cm^3 bei Oxydation der organischen Substanz sich bildendes, gasförmiges Ammoniak gefunden; die beim Kochen mit einer alkalischen, titrirten Lösung von übermangansauerm Kalium aufgenommene Sauerstoffmenge betrug 0.90 cm^3 pro l Wasser). Durch Austreiben mit titrierter Salzsäure und Auffangen in titrirtem Barytwasser wurden — ebenfalls pro l Wasser — 96.96 cm^3 Kohlensäure gefunden, wovon 45.05 cm^3 zu neutralem Salz gebunden (sämmliche Gasvolumina auf 0°C . und 760 mm Druck bezogen). Dieses Quellwasser enthielt also etwas freie Kohlensäure, wie es denn auch mit Phenolphthalein keine Rothfärbung gab. Von dem Grunde des ca. 15 cm tiefen Wassers in der zum Felsspalt führenden Höhle stiegen manchmal Gasblasen, wohl von Kohlensäure auf.

Ein Liter des aus dem Felsspalt fließenden Quellwassers könnte 6.30 cm^3 Sauerstoff in Lösung halten; gefunden wurden 5.47 cm^3 .

1000 g Wasser enthalten 0.490 g Salz (direct gefunden durch Abdampfen und Trocknen des Rückstandes bei 175° ; beim Glühen des getrockneten Rückstandes trat wegen Verbrennung der organischen Substanz eine Gewichtsabnahme von 0.051 g ein), und zwar 0.075 g Calcium, 0.015 g Magnesium, 0.0027 g Kalium, 0.085 g Natrium, 0.121 g des Kohlensäurerestes CO_3 (Ausdruck für die ganz gebundene Kohlensäure), 0.018 g des Kieselsäurerestes SiO_2 , 0.134 g Chlor, 0.035 g des Schwefelsäurerestes SO_4 .

Auf 100000 Atome Chlor kommen:

49429 Atome Calcium, 17068 Atome Magnesium, 1799 Atome Kalium, 97829 Atome Natrium, 53441 Atomgruppen $(\text{CO}_3, \text{H})_2$ oder CO_3 , 6142 Atomgruppen SiO_2 , 9581 Atomgruppen SO_4 . —

Unter Benützung der im Anhang zu meiner zweiten Abhandlung enthaltenen Zahlen führe ich noch zum leichteren Vergleich der Ergebnisse der drei Quellwasser-Analysen die Bestandtheile des am reichlichsten fließenden Wassers der Quelle in der Suda-Bai auf der Insel Kreta auf 100000 Atome Chlor bezogen an.

In diesem vom Meere am weitesten entfernten Quellwasser kommen auf 100000 Atome Chlor:

141423 Atome Calcium, 66026 Atome Magnesium, 6501 Atome Kalium, 56169 Atome Natrium 181622 Atomgruppen $(\text{CO}_3, \text{H})_2$ oder CO_3 , 12705 Atomgruppen SiO_2 , 8229 Atomgruppen SO_4 .

1000 g dieses Quellwassers hatten ergeben:

0.219 g Salz (Glühverlust = 0.0188 g), 0.049 g Calcium, 0.014 g Magnesium, 0.0022 g Kalium, 0.0112 g Natrium, 0.094 g des Kohlensäurerestes CO_3 , 0.008 g des Kieselsäurerestes SiO_2 , 0.031 g Chlor, 0.007 g des Schwefelsäurerestes SO_4 . —

Die, bei der chemischen Analyse der beiden Quellwässer von der Insel Cerigo und des Quellwassers von der Insel Kreta erhaltenen Zahlen stimmen überein mit der Annahme, dass Meerwasser in Festlandsmassen capillar aufsteigt und in Quellen, mit einem mehr oder weniger bedeutenden Überschuss von atmosphärischem Sickerwasser gemengt zu Tage tritt.

Tabelle II.

Nr.	Originalzahlen, erhalten bei den Bestimmungen der Mineralbestandtheile des Meerwassers												
	g Meerwasser (bei °Celsius im Pyknom. gewogen) gaben g Ag Cl + Ag Br			g Meerwasser gaben g Ba SO ₄		Der Ag-Niederschlag von g Meerwasser verlor beim Erhitzen im Chlorstrom... g an Gew.		g Meerwasser gaben g CaO und g Mg ₂ P ₂ O ₇		g Meerwasser gaben g Sulfat-Rückstand und g Pt (aus K ₂ PtCl ₆)		g Meerwasser gaben g Abdampfungsrückstand (3 Stunden bei 175° getrocknet)	
239	37'712	18'4	3'2867	103'3	0'7526	—	—	—	—	51'775	2'4326	—	—
244	37'710	18'9	3'2818	—	—	514'5	0'0199	—	—	—	—	—	—
245	37'665	19'3	3'1584	—	—	514'0	0'0186	—	—	—	—	—	—
251	37'690	17'8	3'2745	—	—	514'0	0'0168	—	—	—	—	—	—
252	37'705	19'6	3'2834	—	—	514'5	0'0200	—	—	—	—	—	—
255	37'717	17'9	3'2847	—	—	514'7	0'0192	—	—	—	—	—	—
258	—	—	—	—	—	479'0	0'0191	—	—	—	—	—	—
262	37'722	17'6	3'2884	—	—	298'5	0'0118	—	—	—	—	—	—
263	—	—	—	—	—	—	—	137'3	0'0869	—	51'894	2'3558	—
267	37'7125	17'6	3'2685	—	—	514'4	0'0181	—	—	—	—	—	—
268	37'713	18'8	3'2925	103'0	0'7512	—	—	—	—	51'849	2'4224	—	—
270	37'726	17'0	3'2683	—	—	515'0	0'0168	—	—	—	—	—	—
271	37'715	17'9	3'2852	103'2	0'7548	515'0	0'0196	258'0	0'1696	1'7685	51'994	2'4237	0'0548
273	—	—	—	—	—	—	—	258'0	0'1678	—	51'831	2'3858	—
276	37'718	17'5	3'2648	—	—	514'5	0'0183	—	—	—	—	—	—
277	37'658	18'2	3'1075	—	—	—	—	—	—	52'101	2'3006	—	20'392
281	—	—	—	—	—	—	—	257'7	0'1567	—	51'836	2'2282	—
282	37'717	17'6	3'2719	103'0	0'7444	—	—	—	—	52'167	2'4211	—	—
284	37'674	17'7	3'1468	103'0	0'7215	—	—	—	—	51'729	2'3137	—	—
285	37'591	18'0	2'8977	102'5	0'6585	513'0	0'0157	96'7	0'0578	0'5861	51'914	2'1423	0'0491
286	37'725	16'4	3'2655	103'0	0'7488	514'0	0'0146	227'0	0'1487	1'5550	51'916	2'4042	0'0541
288	37'711	18'1	3'2997	—	—	—	—	—	—	52'042	2'4153	—	20'327
289	37'344	17'6	2'1179	—	—	—	—	—	—	51'488	1'5682	—	0'7282
290	37'331	18'0	2'0891	101'9	0'4742	—	—	—	—	—	—	—	0'8237
291	37'300	17'2	1'9772	—	—	509'0	0'0078	—	—	—	—	—	0'8232
293	37'713	17'3	3'2670	—	—	—	—	—	—	52'018	2'4106	—	0'5293
294	—	—	—	—	—	—	—	163'0	0'1013	—	51'724	2'2847	—
297	37'710	18'4	3'2771	102'6	0'745	514'4	0'0180	194'3	0'1283	1'3328	51'902	2'4130	0'0526
300	37'680	18'8	3'1917	—	—	—	—	—	—	52'011	2'3591	—	20'257

Tabelle III.

Originalzahlen, erhalten bei den an Bord S. M. Schiffes »Pola« ausgeführten Meerwasser-Analysen.

Nr.	Das dem Sauerstoff von ... cm ³ Meerw. äquivalente Jod verbrauchte ... cm ³ titr. Na ₂ S ₂ O ₃ -Lösung. — 1 cm ³ = 0'222 cm ³ O ₂ bei 0° und 760 mm.			Die im Meerw. enthaltene organische Substanz nimmt aus alkal. KMnO ₄ -Lösung Sauerstoff auf; und zwar verbrauchten 100 cm ³ Meerwasser ... cm ³ titr. KMnO ₄ -Lösung. — 1 cm ³ = 0'056 cm ³ O ₂ b. 0° u. 760 mm.		Die mittelst titr. Salzsäure angetriebene Kohlensäure von ... cm ³ Meerwasser neutralisirte ... cm ³ titr. Barytwasser, während zur Neutralisation des Meerw. nothwendig waren ... cm ³ titr. Salzs. — 1 cm ³ Barytw. = 1 cm ³ Salzs. = 1'79 cm ³ CO ₂ b. 0° und 760 mm.			Das aus 40 cm ³ Meerw. durch Destill. angetrieben. Ammoniak gab mit Nessler'schem Reagens dieselbe Gelbfärbung wie ... cm ³ titr. NH ₄ Cl-Lsg. in gleicher Verdünnung. — 1 cm ³ NH ₄ Cl Lsg. = 0'013 cm ³ NH ₃ b. 0° u. 760 mm.			Der Destill.-Rückst. v. d. NH ₃ -Best. m. alkal. KMnO ₄ -Lsg. weiter destill., lieferte wegen Oxyd. d. organischen Substanz neuerdings Ammoniak, das mit Nessler'schem Reagens dieselbe Gelbfärbung gab wie ... cm ³ titr. NH ₄ Cl-Lsg. in gleicher Verdünnung. — 1 cm ³ = 0'013 cm ³ NH ₃ b. 0° und 760 mm.	
	235	254	6'5	3'5	300	8'75	4'72	0'05	0'5				
236	—	—	—	—	—	—	0'1	0'4					
237	—	—	—	—	—	—	1'0	1'0					
238	—	—	—	—	—	—	0'1	0'2					
239	254	6'5	3'0	—	—	—	0'05	0'15					
240	254	5'95	—	—	—	—	0'1	0'15					
241	—	—	16'2	—	—	—	1'0	1'5					
242	—	—	—	—	—	—	0'05	0'1					
243	—	—	14'0	—	—	—	0'8	0'9					
246	—	—	3'9	—	—	—	0'05	0'15					
247	254	5'52	3'7	—	—	—	0'05	0'2					
248	—	—	13'4	—	—	—	0'6	2'0					
249	—	—	—	—	—	—	0'1	0'3					
250	—	—	14'0	—	—	—	1'5	2'0					
252	254	6'35	3'35	300	8'72	4'65	0'05	0'1					
253	—	—	2'6	—	—	—	0'1	0'1					
254	—	—	13'2	—	—	—	1'0	0'6					
256	—	—	2'7	—	—	—	0'05	0'1					
257	—	—	2'7	—	—	—	0'1	0'2					
259	—	—	2'6	—	—	—	0'05	0'25					
260	—	—	14'0	—	—	—	1'1	1'5					
261	—	—	2'9	—	—	—	0'05	0'15					
262	—	—	2'7	—	—	—	0'05	0'15					
263	—	—	14'0	—	—	—	1'4	2'5					
264	—	—	2'3	—	—	—	0'05	0'15					
265	—	—	2'2	—	—	—	0'05	0'15					
266	—	—	12'0	—	—	—	1'2	2'5					
268	—	—	2'7	—	—	—	0'05	0'35					
269	—	—	2'3	—	—	—	0'05	0'25					
271	254	6'25	2'2	300	8'82	4'70	0'05	0'15					
272	—	—	2'1	—	—	—	0'05	0'20					
274	—	—	2'2	—	—	—	0'05	0'15					
275	—	—	13'0	—	—	—	0'7	1'5					
278	—	—	2'5	—	—	—	0'05	0'15					
279	—	—	14'4	—	—	—	2'0	3'5					
280	—	—	2'1	—	—	—	0'05	0'15					
283	—	—	14'2	—	—	—	1'5	3'5					
284	—	—	13'6	—	—	—	1'7	4'0					
285	—	—	2'5	—	—	—	0'05	0'15					
287	—	—	2'9	—	—	—	0'05	0'15					
292	—	—	2'4	—	—	—	0'05	0'15					
295	—	—	12'6	—	—	—	0'6	2'3					
296	—	—	—	—	—	—	0'05	0'15					
298	—	—	2'5	—	—	—	0'05	0'15					
299	—	—	13'4	—	—	—	0'7	2'5					

Mineralbestandtheile des Meerwassers, bezogen auf: Cl = 100.

Nr.	SO ₄	CO ₃	Br	Na	Mg	Ca	K	Sulfat-Rückstand	Gesamtsalz	
									a = Abdampfungs-Rückstand bei 175°	b = berechnet durch Summiren
239	13'947	—	—	—	—	—	—	218'424	—	—
244	—	—	0'325	—	—	—	—	—	—	—
245	—	—	0'314	—	—	—	—	—	—	—
251	—	—	0'274	—	—	—	—	—	—	—
252	—	—	0'325	—	—	—	—	—	—	—
255	—	—	0'312	—	—	—	—	—	—	—
262	—	—	0'330	—	—	—	—	—	—	—
267	—	—	0'296	—	—	—	—	—	—	—
268	13'939	—	—	—	—	—	—	216'820	—	—
270	—	—	0'272	—	—	—	—	—	—	—
271	14'009	0'340	0'318	55'316	6'892	2'184	1'970	216'825	191'591	181'029
276	—	—	0'299	—	—	—	—	—	—	—
277	—	—	—	—	—	—	—	216'832	185'756	—
282	13'897	—	—	—	—	—	—	216'713	—	—
284	13'990	—	—	—	—	—	—	216'921	—	—
285	13'902	—	0'289	55'247	6'884	2'244	1'997	216'851	188'251	180'868
286	14'006	—	0'239	55'203	6'927	2'189	1'959	216'657	188'395	180'867
288	—	—	—	—	—	—	—	214'902	186'804	—
289	—	—	—	—	—	—	—	217'431	186'531	—
290	13'864	—	—	—	—	—	—	—	186'968	—
291	—	—	0'210	—	—	—	—	—	187'137	—
293	—	—	—	—	—	—	—	216'668	188'119	—
297	13'942	—	0'293	55'282	6'911	2'199	1'898	216'717	191'134	180'869
300	—	—	—	—	—	—	—	216'969	187'793	—

Tabelle V.

Mineralbestandtheile des Meerwassers, bezogen auf: Abdampfungs-Rückstand (bei 175°) = 100.

Nr.	Cl	SO ₄	CO ₃	Br	Na	Mg	Ca	K	Summe	Sulfat-Rückstand
271	52'194	7'312	0'177	0'166	28'872	3'597	1'140	1'028	94'486	113'171
277	53'834	—	—	—	—	—	—	—	—	116'730
285	53'121	7'385	—	0'154	29'347	3'657	1'192	1'061	96'087	115'192
286	53'080	7'434	—	0'127	29'302	3'677	1'162	1'040	96'012	115'001
288	53'532	—	—	—	—	—	—	—	—	115'041
289	53'610	—	—	—	—	—	—	—	—	116'566
290	53'485	7'415	—	—	—	—	—	—	—	—
291	53'437	—	—	0'112	—	—	—	—	—	—
293	53'158	—	—	—	—	—	—	—	—	115'176
297	52'319	7'294	—	0'153	28'923	3'616	1'150	0'993	94'638	113'385
300	53'250	—	—	—	—	—	—	—	—	115'536

Tabelle VI.

Im Meerwasser kommen auf 100.000 Atome Chlor:

Nr.	Atomgruppen SO ₄	Atomgruppen CO ₃	Atome Br	Atome Na	Atome Mg	Atome Ca	Atome K	Summe der Atome und Atomgruppen	Basische Valenzen	Saure Valenzen	Zu viel basische Valenzen	Summe der Valenzen
271	5.171	201	141	85.066	10.182	1.936	1.785	204.482	111.087	110.885	202	221.972
285	5.132	—	128	84.960	10.171	1.988	1.809	204.391	111.087	110.798	289	221.885
286	5.170	—	106	84.893	10.234	1.940	1.775	204.321	111.016	110.852	164	221.868
297	5.146	—	130	85.015	10.211	1.949	1.720	204.374	111.055	110.828	227	221.883

Tabelle VII.
Analyse der Grundproben.

Nr.	Stat.-Nr.	Meerestiefe in m. — L. = Loth, D. = Dredsche (Schleppnetz).	Gewichtsprocente der lufttrockenen Grundproben																												Anmerkungen				
			An Bord bestimmt					Wasser		Gewichtsabnahme		SiO ₂	SiO ₂ nach Behandlung mit Salzsäure			CaO		MgO		Al ₂ O ₃		Fe ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MnO	K ₂ O	Na ₂ O								
			Gewichtsabnahme beim Liegen der nassen Grundprobe an der Luft	Sauerstoff-Aufnahme aus kochender alkalischer K ₂ MnO ₄ -Lösung	Beim Kochen mit Wasser und MgO überdestillierend	Ammoniak		bei 100° weggehend	beim Glühen im CO ₂ -Strom weggehend	der bei 100° getrockneten Grundprobe beim Glühen in CO ₂ -Strom	bei nachherigem Glühen in Sauerstoff		In Salzsäure und Sodaauflösung unlöslicher Theil	SiO ₂	in Soda-lösung löslich	in Soda-lösung unlöslich	CaO	in Salzsäure löslich	in Salzsäure unlöslich	MgO	in Salzsäure löslich	in Salzsäure unlöslich	Al ₂ O ₃	in Salzsäure löslich	in Salzsäure unlöslich			das ganze Eisen als Oxyd gerechnet	in Salzsäure löslich	in Salzsäure unlöslich		das ganze Mangan als Oxydul gerechnet	in Salzsäure löslich	in Salzsäure unlöslich	
						CO ₂	bei 100° weggehend					beim Glühen im CO ₂ -Strom weggehend														der bei 100° getrockneten Grundprobe beim Glühen in CO ₂ -Strom	bei nachherigem Glühen in Sauerstoff								In Salzsäure und Sodaauflösung unlöslicher Theil
XLVI	298	950 L.	98·84	0·335	0·0009	0·0130	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Durch Schlämmen gewonnener feinsten Theil des lehmartigen Schlammes.	
XLVIIA	299	880 D.	11·96	0·148	0·0011	0·0036	33·37	0·80	1·66	1·84	0·30	14·72	13·28	2·91	10·37	38·03	37·83	0·20	2·69	2·55	0·14	5·44	2·62	2·82	0·39	0·18	0·21	0·05	0·05	0·00	0·40	0·39	Das Schleppnetz enthält neben lehmartigem Schlamm viele Stücke von Krustensteinen (A) und einige kleine, allseitig abgerundete Bimsteinstücke (B).		
XLVII B	299	880 D.	—	—	—	—	—	0·43	5·73	5·57	0·27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Feinster Theil des lehmartigen Schlammes.	
XLVIII	307	444 L.	112·64	0·383	0·0010	0·0158	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Feinster Theil des lehmartigen Schlammes.	
XLIX	309	287 L.	63·51	0·333	0·0013	0·0125	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	detto.	
L	317	597 L.	91·18	0·419	0·0010	0·0095	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Feinster Theil des lehmartigen Schlammes (etwas grau).	
LI	321	904 L.	84·62	0·364	0·0009	0·0091	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	detto.	
LII	321	904 D.	—	—	—	—	36·01	0·77	1·64	2·14	0·55	7·94	9·60	4·04	5·56	39·96	39·86	0·10	3·90	3·76	0·14	3·72	2·31	1·41	1·07	0·88	0·19	0·07	0·07	0·00	0·31	0·19	Der Sack des Schleppnetzes kam zerrissen herauf; in seinen Maschen steckten einige kleine Stücke von sehr harten Krustensteinen.		
LIII	337	475 L.	102·25	0·376	0·0020	0·0150	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Feinster Theil des lehmartigen Schlammes.	
LIV	345	92 L.	102·30	0·560	0·0075	0·0250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Feinster Theil des lehmartigen Schlammes (grau).	
LV	349	580 L.	121·31	0·533	0·0067	0·0278	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Feinster Theil des lehmartigen Schlammes (etwas grau).	
LVI	365	521 L.	120·27	0·444	0·0039	0·0278	8·48	4·10	4·59	6·25	0·17	44·24	40·63	11·61	29·02	10·63	10·03	0·60	1·46	0·74	0·72	18·40	8·22	10·18	3·02	2·26	0·76	0·30	0·28	0·02	2·01	1·05	detto.		
LVII	371	1244 L.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	detto.
LVIII	373	900 L.	134·38	0·725	0·0029	0·0294	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	detto.	
LIX	395	1257 L.	122·86	0·533	0·0033	0·0261	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Feinster Theil des lehmartigen Schlammes (etwas graubraun).	
LX	402	649 L.	—	—	—	—	17·17	2·70	3·09	4·43	0·18	31·34	30·85	9·92	20·93	20·42	20·21	0·21	1·99	1·49	0·50	13·63	6·32	7·31	2·45	2·14	0·31	0·29	0·28	0·01	1·50	0·86	detto.		

K. Natterer: Chemische Untersuchungen im östlichen Mittelmeere 1893.

