3. Studien zur Geologie des Golfes von Neapel.

Von Herrn Johannes Walther und Herrn Paul Schirlitz.

1. Der Bau des Golfes.

Der tektonische Bau des Golfes von Neapel ist das Resultat zweier Hauptstörungs-Perioden, welche historisch und topographisch unterschieden werden müssen. Die Halbinsel von Sorrent bietet den Schlüssel für die Auflösung derselben.

Es muss auffallen, dass sich der genannte Landrücken senkrecht abzweigt von dem allgemeinen NW.—SO.-Streichen der Apenninkette. Allein diese Ausnahme ist nur eine scheinbare; denn bei eingehenderem Studium finden wir auch die Halbinsel von Sorrent in der Richtung der „apenninischen Dislocation“ (NW. — SO.) gebrochen. Die Topographie der Bocca piccola, jener Meerenge zwischen Capri und der Halbinsel lehrt, dass eine submarine Landbrücke beide verbindet, und das Thier- und Pflanzenleben auf derselben spricht für felsigen Untergrund. Auch der geologische Bau der Insel selbst ist so übereinstimmend mit dem der Sorrentiner Halbinsel, dass wir guten Grund haben, im Folgenden Capri als zum Festland gehörig zu betrachten und beide gemeinsam zu behandeln.

Der zu besprechende Landrücken besteht seiner Hauptmasse nach aus einem sehr dichten Kalkstein, dem sogenannten Apennin-Kalk. Er baut sich auf aus meist wohlgeschichteten Kalkbänken von wechselnder Höhe. An vielen Punkten sind dieselben kaum einen Meter dick, an anderen Stellen sieht man Bänke von 80 m Mächtigkeit. Eine solche mächtige Kalkbank theilt bei Positano die ganze Schichtenserie in zwei Hälften und verläuft nach Westen bis zum Ende des Landrückens. Als ihre Fortsetzung jenseits der Bocca piccola darf man die Insel Capri betrachten, welche sich als eine ungeschichtete Kalkmasse aus dem Meere bis zu 600 m erhebt. Am Fuss des Mte. Solaro (an der Pta. Ventrosa nächst der grünen Grotte) und auf dem Gipfel des genannten Berges kann

man feststellen, dass wohlgeschichtete Kalkbänke die grosse ungeschichtete Riffmasse unterteufen und überlagern, so dass eine genaue tektonische Orientirung der ungeschichteten Kalkmasse möglich wird. Der Kalk ist sehr dicht, klingend, oft mit muscheligem Bruch, weiss, gelblich oder grau gefärbt. Auf frischem Bruch lassen sich nur selten Fossilien erkennen. Um so deutlicher treten solche auf angewitterten Flächen heraus, besonders bei solchen Blöcken, welche in dem weitverbreiteten, eisenhaltigen Tuff gelegen haben. Durch die Zersetzung dieses Tuffes scheinen sich sehr schwach angesäuerte Lösungen zu bilden, welche alle Fossilien in der schönsten Weise herausmodelliren. Wie in einer früheren Arbeit [1]) für die Dachsteinkalke der Steyermark nachzuweisen versucht wurde, scheinen auch diese mächtigen Kalkmassen des Apennin-Kalkes gemischter Entstehung zu sein. Es darf betont werden, dass in dem untersuchten Gebiet reine, chemische Kalkabsätze (Oolithe etc.) nicht gefunden wurden, dass vielmehr die grosse Mehrzahl der Kalkbänke organischer Entstehung zu sein scheinen. Aber ausschliesslich organogene Kalke sind ebenso selten wie rein chemische Kalkabsätze. Nach Versuchen mit recentem Kalkdetritus von der Secca di Benta Palummo im Golf, enthalten 100 Raumtheile desselben 30—40 pCt. Zwischenräume; demzufolge sind bei dichten detritogenen Kalken 30—40 pCt. der Gesammtmasse nachträglich entstanden, bezw. chemisch abgeschieden. Solche detritogene Kalke sind sehr häufig; bald entstanden sie aus gleichfarbigen Bruchstücken, bald sind sie graugefleckt. Angewitterte Flächen lassen die gröberen Gemengtheile trefflich erkennen.

Von hoher Bedeutung für die stratographische und genetische Beurtheilung unserer Kalke ist das reichliche Vorkommen von Rudisten. An vielen Orten kann man keinen Block aufheben, der nicht ganz bedeckt wäre mit den Durchschnitten dieser Thiere. Sie stehen oft in ästigen Gruppen zusammen, oft liegen sie zerbrochen durcheinander. Da sie in fast keinem Horizont fehlen und da sie im Gosau-Becken eine unzweifelhaft litorale Lebensweise geführt haben, ist der Schluss berechtigt, die ganze vorliegende Kalkablagerung für eine Bildung in geringer Meerestiefe zu halten, trotzdem die Kalkablagerung eine Mächtigkeit von über 1000 m besitzt. Gegenüber dem so überaus häufigen Vorkommen von Rudisten treten

---

[1]) J. Walther, Die gesteinsbildenden Kalkalgen des Golfes von Neapel und die Entstehung structurloser Kalke. Diese Zeitschrift 1885, pag. 329.

die Korallen zurück. Einzelkorallen findet man jedoch fast überall und an der Strasse nach Anacapri sieht man mehrere Meter hohe Wände ganz aus *Lithodendron* aufgebaut. Da fast alle Gesteinsflächen auf Capri entweder mit spärlicher Vegetation bekleidet oder von dicken Sinterkrusten überzogen sind, so ist es schwer, in der grossen riffähnlichen Kalkmasse nach riffbildenden Organismen zu suchen, und das Vorkommen von so vielen Lithodendren in dem frischen Strasseneinschnitt vor Anacapri ist daher um so wichtiger. Eigentliche Crinoidenbreccien fehlen, doch findet man überall Bruchstücke von Stielen, die oft 2 cm Durchmesser besitzen.

Von Interesse sind structurlose Kalkbänke vom Mte. San Costanzo bei Sorrent, wechsellagernd mit struirten detritogenen Bänken. Rudisten sind nicht selten darin, aber schlecht erhalten; angewitterte Blöcke zeigen, dass die Bänke nicht detritogen sind, dagegen ist ihre Oberfläche an den Schichtenfugen mit einer detritogenen Körnerschicht bedeckt; es dürften diese dichten Bänke als phytogen betrachtet werden.

An manchen Punkten ist der geschilderte Kalk von dunkelgrünen Mergeln bezw. Sandsteinen überlagert. Diese liegen jedoch nur in solchen topographischen Depressionen, wie sie durch Dislocationen entstehen; sie lagern zweitens an einigen Punkten zweifellos discordant auf dem Kalk. Es darf daher geschlossen werden, dass diese Sandsteine und Mergel, der sogenannte Macigno von Sorrent, erst nach einer Störungsperiode abgelagert wurden, und in geschichtlicher Reihenfolge wäre diese zuerst zu schildern. Das constante und häufige Vorkommen der Rudisten im Apennin-Kalk von Sorrent erlaubte den Schluss, dass wir es hier mit einer Seichtwasserbildung der oberen Kreide zu thun haben und dass der Meeresgrund nicht bedeutend gehoben werden musste, um Festland zu werden.

Ob nun bei der folgenden Störungsperiode unsere Apennin-Kalke schon unter Wasser dislocirt wurden, und ob nur die zerbrochenen Schollen aus den Fluthen emportauchten, dürfte schwer zu entscheiden sein. Immerhin scheint uns die Frage einer kurzen Erörterung werth. Es ist bekannt, dass spröde Substanzen in einem dichteren Medium eine zähere Cohäsion erhalten, dass man Glasscheiben unter Wasser mit der Scheere schneiden kann, ohne dass Sprünge entstehen. Nun ist es eine eigenthümliche Erscheinung, dass in gewissen Gebirgen die Kalkmassen trefflich gebogen und gefaltet, in anderen aber stets gebrochen sind. Die Alpen bieten lehrreiche Beispiele hierfür. In vielen Fällen sind die gefalteten Kalkbänke zwischen thonige Schichten eingelagert und mögen hierdurch

grössere Zugfestigkeit erhalten haben; in anderen Fällen reicht dieses Erklärungsprincip nicht aus, und es wäre zu untersuchen, ob in diesen Fällen die Dislocation nicht submarin stattgefunden habe, und deshalb die von Natur spröde Kalkmasse in dem dichteren Medium wohl gefaltet, aber nicht gebrochen wurde. Sollte sich die Richtigkeit dieses Verhältnisses erweisen lassen, so wäre dadurch ein brauchbares Hilfsmittel für die Beurtheilung tektonischer Störungen gewonnen. In unserem Fall scheint allerdings durch die colossale Mächtigkeit der Kalkmassen das Vorwiegen von Brüchen genügend erklärt und begründet.

Wenn man, mit der Eisenbahn von Rom kommend, bei Sparanisi den Apennin verlässt und die nordöstliche Begrenzung der weiten Ebene verfolgt, in deren Mitte die Höhe von Camaldoli an vergangene Trachyteruptionen, der dampfende Vesuv aber an die gegenwärtige basische Eruptivperiode erinnert, so erkennt man unschwer eine Anzahl paralleler Ketten, welche von SO. kommend sich allmählich verflachen und unter den Tuffen der Terra di lavoro verlieren. Bei Cancello, Maddaloni, Nola und Palma endigt je ein Gebirgsrücken, und bei dem quellenreichen Sarno zweigt sich noch eine kleine Kette von der letzteren ab. Die Eisenbahn Nocera - Salerno verläuft längs einer stark ausgeprägten Senkungslinie, die man als synclinal bezeichnen darf und in deren Verlängerung der Vesuv aus der Ebene steigt. Durch das Val di Tramonti wird der nun folgende Anticlinalrücken gespalten, in dessen Medianlinie der Torre di Chiuzzo steht. Die Schollen des Mte San Angelo und Mte. Scutola fallen mehr und mehr NO. Jenseits der Depression von Sorrent herrscht dagegen ein SW.-Fallen. An der Pta. di Marcigliano bei Massa lubrense taucht unter dem Macignomergel ein gesunkener Kalkstreifen über's Meer, den man auf der Fahrt von Sorrent nach Capri trefflich sieht, und die Klippe Rocca Venice, welche man mitten im Meer dort passirt, scheint die Fortsetzung desselben zu sein. Steil fallen dann die Schichten des Mte. San Costanzo westlich in's Meer. Jenseits der Bocca piccola treten noch einmal zwei Bruchschollen zu bedeutender Höhe aus den Fluthen heraus, durch eine gesunkene Scholle verbunden; es ist die Insel Capri, in welcher der Apennin hier sein westliches Ende erreicht.

Bei westlichem Fallen streichen alle diese Ketten annähernd parallel NW. — SO. Gegen Westen zu wird das Streichen etwas abgelenkt; wahrscheinlich in Folge einer anderen Störung, welche weiter unten geschildert werden wird. Während die aufgezählten Schollen meist schuppenartig nebeneinander liegen, sind vier derselben in die Tiefe gesunken,

nämlich das Gebiet von Sorrent und Massa lubrense, die Bocca piccola und der mittlere Theil von Capri (die synclinale Depressionslinie von Nocera-Salerno, in deren Verlängerung der Vesuv steht, wurde oben schon erwähnt). Auf den vier eben erwähnten tiefliegenden Schollen bei Sorrent, bei Massa lubrense, an den beiden Küsten der Bocca piccola, auf dem mittleren gesunkenen Theile von Capri, vielleicht auch an der Westküste der Insel (wegen Mangels an Fossilien nicht sicher zu diagnosticiren) findet sich ein Sediment abgelagert, welches in der vortrefflichen Arbeit von Puggard: „Déscription géologique de la Peninsule de Sorrento“ [1]) als Macigno beschrieben und in seiner discordanten Lagerung wohl charakterisirt wird. Weder Puggard noch spätere Forscher fanden gute Fossilien darin; undeutliche Fucoiden bei Schizzano. Bald sind es olivgrüne Mergel, bald feste, grobkörnige Sandsteine. Die Kultur hat sich des fruchtbaren Gesteins überall bemächtigt und in den Weinbergen und Gärten sucht man vergeblich nach entscheidenden Profilen. Puggard beschreibt ein discordantes Eingreifen des Mergels in den Kalk von li Conti und von St. Agata bei Sorrent. Ehe wir einige weitere Discordanzen genauer beschreiben, mag nochmals hervorgehoben werden, dass sich der Macigno nur auf den gesunkenen Schollen des Apennin-Kalkes findet, auf solchen Partieen, welche grösstentheils unter Meeresniveau liegen und wahrscheinlich auch früher nie Festland waren, dass man dagegen auf dem Rücken der höher gelegenen Schollen immer vergeblich darnach sucht. Es muss zweitens gesagt werden, dass der Macigno gegen Osten zu verschwindet und erst jenseits des Apennin wieder den Kalk überlagert; dass also der centrale Theil der Apenninkette frei von ihm ist. Der Gedanke liegt nahe, dass solches nicht die Wirkung einer verschieden starken Denudation sei, sondern dass das Sediment eingelagert wurde zu einer Zeit, wo die inneren Ketten des Apennin und die grösseren Bruchschollen der Westküste bei Neapel schon Festland waren und ein ähnliches Bild boten wie die gegenwärtige Westküste Dalmatiens.

Als eine Bestätigung dieser Auffassung möchte noch geltend gemacht werden, dass es gelang, auf Grund derselben einige reiche Fossilienpunkte im Macigno aufzufinden. Nachdem biologische Studien im Golfe von Neapel gelehrt hatten, dass ein reicheres Thierleben auf die sandigen Sedimente der Küstenzone beschränkt sei, und dass dagegen die weit verbrei-

[1]) Bull. de la Soc. géol. de France 1856.

teten centralen Schlammsedimente an nicht schwimmenden Thieren arm seien, lag es nahe, die vermuthlichen Küsten des Macignomeeres längs der grossen gesunkenen Schollen zu verfolgen und zu untersuchen, ob hier nicht die Thiere gelebt hätten, welche in dem schlammigen Mergelsediment des offenen Meeres nicht leben konnten. War die Anschauung richtig, dass der Macigno in schmalen Meerengen und Buchten abgelagert wurde, welche durch die apenninische Dislocation entstanden waren, so musste an den Rändern der gesunkenen Bocca piccola-Scholle eine Küstenfauna zu finden sein, umsomehr als dort durch die Brandung vermuthlich gute Aufschlüsse geschaffen worden waren. Die vom Boote aus vorgenommenen Untersuchungen bestätigten diese Vermuthung auf das Glänzendste, denn auf beiden Küsten wurden nahe dem Meeresspiegel sandige Macignoschichten mit einer reichen Fauna gefunden. Nicht minder wichtig war der Nachweis einer zweifellos discordanten Lagerung in Löchern und Spalten des cretacëischen Kalkes. An der Pta. di Lagna bei Termini lagert in Höhlen, Rinnen, unregelmässigen Vertiefungen des Kalkes ein ziemlich grobkörniger Sand, meist ausgezeichnet geschichtet, von hellgrüner Farbe und erfüllt mit einer Menge von Küstenthieren; Brocken des liegenden Kalkes finden sich in wechselnder Grösse ebenfalls im Sande eingeschlossen.

Die häufigste Versteinerung ist *Scutella;* da diese Echinidenform dem Eocän fehlte und nur im Oligocän und Miocän bekannt ist, so ist der Schluss berechtigt, dass der bisher für eocän gehaltene Macigno von Sorrent einer höheren Schichtenserie, mindestens aber dem Oligocän angehört. Leider war es mir nicht möglich, lange an der Pta. di Lagna zu verweilen, und das in der Eile gesammelte Fossilienmaterial ist, von Scutella abgesehen, nicht recht genügend, um es mit aller Sicherheit specifisch zu bestimmen. Aber Herr Prof. Ch. Mayer-Eymar hatte die Liebenswürdigkeit, das von mir gesammelte Material durchzusehen, und entschied sich dahin, dass die Fossilien der oberen Stufe des Mittel-Oligocän entsprechen.

Nördlich von Massa lubrense ist eine grosse Küstenstrecke von Macigno eingenommen; hier konnten keine Fossilien gefunden werden, dagegen ist die übergreifende Lagerung so deutlich, dass sie selbst aus grösserer Entfernung, z. B. vom Dampfboot, das nach Capri fährt, mit aller Sicherheit erkannt werden kann. An der Pta. di Marcigliano ragt nämlich ein Theil der gesunkenen Kalkscholle noch über das Meer heraus und scheint einem Kalkrücken anzugehören, welcher sich noch im Meere bis zur Klippe Venice (Sorrent-Capri) fortsetzt.

Der Macigno schmiegt sich allerseits an den Kalkrücken an, welcher wie eine kleine Insel inmitten des Mergels sich heraushebt. Hier ist ausserdem zu beobachten, dass die Mergel spätere Bewegungen erlitten haben, die jedoch ganz localer Natur und ohne directen Zusammenhang mit grösseren Störungen zu sein scheinen. Auf der etwa 1000 m langen Strecke von Massa lubrense nach der Pta. di Marcigliano beobachtet man nach einander folgendes Fallen: 30° NO., 18° O., 15° SO. Das Sediment ist sehr weich und verschiedene Quellen entspringen daraus. Man darf daher schliessen, dass durch locale Unterwaschung oder durch geringe Ortsverschiebung der liegenden Kalkscholle die Schichtenstörung der weichen Mergel bedingt worden sei; umsomehr als an der Pta. di Lagna, wie erwähnt, ein sandig-festes Sediment in ungestörter discordanter Lagerung deutlich zu beobachten ist. Solche nachträglich verrutschte Macignomergel finden sich ebenfalls an der Pta. Encenede westlich von Marciano und an der Pta. lo Capo, der Ostspitze von Capri am Fusse des Mte. Tiberio. Auch dieser Punkt kann nur vom Boote aus bei ruhiger See erreicht werden, zeichnet sich aber durch grossen Fossilienreichthum aus und lässt eine deutliche Schichtenfolge erkennen.

Man beobachtet von oben nach unten:

6.	mergeliger Sand	15 m
5.	grobkörniger dunkelgrüner Sandstein . . .	5 „
4.	gut geschichteter, grüner, zerreibbarer Sand .	6 „
3.	sandiger Mergel	7 „
2.	gut geschichteter körniger Kalksand	2 „
1.	grüngrauer, knolliger, sandiger Mergel . . .	5 „
		40 m

Die liegendsten Schichten 1. sind zum Theil noch unter dem Wasserspiegel; ein ziemlich hartes Gestein mit concretionären Knollen. Es folgt ein grobkörniges Gestein 2., das sich bei näherer Untersuchung als ein Bryozoënlager herausstellt, ziemlich deutlich geschichtet und mit Kalkspathadern durchzogen, zwischen denen wenig andere Reste vorkommen. Nach dem Hangenden stellt sich reichliches Bindemittel ein und leitet über zu einigen grünen Sandbänken mit vielen Fossilien, die eine genauere Bearbeitung lohnen dürften.

Wir wiederholen, dass der Macigno da, wo er als festes Sediment vorkommt, discordant auf dem Apennin-Kalk lagert (dass aber mergelige Macignosedimente einen undeutlichen verrutschten Contact zeigen). Dass die

Fossilien ihm ein jüngeres Alter zusprechen, als bisher angenommen wurde, wahrscheinlich Mittel-oligocän (teste Ch. Mayer-Eymar), dass er nur auf gesunkenen Schollen des Kalkes sich findet, dass die Mergel an dem Rande derselben meist grobkörniger werden und in Sandstein übergehen, dass nur dort Fossilien in reicher Menge gefunden werden. Alle diese Thatsachen machen es wahrscheinlich, dass die Schichten des Macigno nach der apenninischen Dislocation abgelagert wurden, in den Buchten zwischen den gebrochenen Kalkschollen, dass aber diese erste grössere Dislocation während der Eocänzeit erfolgte. Während der Ablagerung des Macigno begannen von Neuem grössere Bewegungen in dem Berggerüste unserer Gegend. Es erfolgten jene grossen Dislocationen, welche das gegenwärtige Küstenrelief des westlichen Italiens bedingen, und die wir daher als „tyrrhenisches Dislocationssystem" hier schildern werden. Wenn durch die voroligocäne Gebirgsstörung in unserem Gebiet parallele Brüche entstanden und der Apennin-Kalk in lange Schollen zerbrochen wurde, so begannen nun jene Einsenkungen, welche Suess[1]) mit den Worten schildert: „Es ist also die Westküste Italiens mit einer langen Reihe von Einsenkungen besetzt, welche in ihrem Zusammenhang den unregelmässigen Abbruch des Apennin und die wechselvolle Gliederung dieser Küste im Gegensatz zur Ostküste erzeugten. Nur durch Einbrüche dieser Art konnten Horste erzeugt werden wie der lange, quer auf das Streichen des Gebirges aufragende Kalkzug von Sorrent und Capri."

Ein Theil des Macigno kam dadurch über Wasser und wurde Festland. Wie schon Roth hervorhebt muss vom tektonischen Standpunkt aus die ganze weite Terra di Lavoro bis an die Massicer Berge zum „Golf von Neapel" gerechnet werden. Denn so weit erstreckt sich die grosse neapolitanische Einsenkungsmulde. Die Mti. Massici bei Sessa, ebenfalls im apenninischen System gebrochen, trennen als isolirter Horst die Depression von Neapel von einem zweiten kleinen Senkungsgebiete, in welchem die Rocca monfina entstand.

Das Centrum der neapolitanischen Depression darf füglich in die Gegend von Pozzuoli gelegt werden. Dort finden sich die meisten Vulkane, als Zeichen stärkster Bruchwunden, ausserdem werden wir einige weitere Thatsachen zu schildern haben, welche nur durch die Annahme erklärt werden können, dass das tektonische Centrum des neapolitanischen Kessels südlicher liegt als die topographische Mitte des Senkungsgebietes.

---

[1]) Antlitz der Erde, I, pag. 179.

Den Vorgang dieser Senkung dürfen wir uns in der Weise vorstellen, dass sich die Peripherie des Kessels im Norden, Osten und Süden relativ nicht bewegte, sondern als starrer Ring fixirt blieb. Südlich des Kessels von Neapel entstand ein zweiter Kessel. Wenn nun die Stelle stärkster Senkung im Kessel von Neapel exzentrisch, dem Südrande genähert war, so musste der südliche Kesselrand, jenseits dessen der Golf von Salerno entstand, brechen und bei fortdauernder Senkung als Bruchrand des Kessels aus dem Meere heraussteigen. Durch den Bruch wurde die Spannung ausgelöst und die Dislokation konnte hier das grösste Maass erreichen. Die Halbinsel von Sorrent ist also ein Horst, der ursprünglich eine Flexur oder ein Antiklinalrücken gewesen sein mag, aber in Folge stärkster Spannung gegen Süden barst. Er fällt jetzt gegen das nördliche Senkungsgebiet, den Golf von Neapel, synclinal, gegen das südliche Senkungsgebiet aber, den Golf von Salerno, anticlinal in zwei parallelen Brüchen ab. Es vertieft sich der Meeresgrund gegen Norden ganz allmählich und erreicht in der Mitte des Golfes von Neapel 300 m. Südlich von der sorrentiner Halbinsel jedoch sinkt der Meeresboden bis zu 100 m, beginnt allmählich wieder zu steigen, tritt in einer langen Klippenreihe nahe an den Meeresspiegel herauf, steigt in den Inseln Galli und Vivaro sogar 20 m über Meer, um dann sofort zu einer Tiefe von 800 m abzustürzen. So sehen wir, wie die Küste von Positano in zwei antiklinalen Stufen abfällt, und schliessen daraus, dass 2 parallele Brüche die Halbinsel von Sorrent nach Süden begrenzen. An den Galli (Sireneninseln) beträgt der Abstand der beiden Brüche etwa 5 km. Gegen Westen zu tritt der zweite Bruch näher an die Küste, ist aber auf den Seekarten bis zum Westende der Insel Capri deutlich zu verfolgen, wo die Brüche etwa 2 km Abstand besitzen. Dieser zweite submarine Bruch verdient deshalb ein erhöhtes Interesse, weil auf den Felsenklippen desselben die Colonieen von *Corallium rubrum* wachsen, welche von den Capreser Fischern ausgebeutet werden. Wer auf der Fahrt von Neapel nach Messina die Bocca piccola passirt hat, der wird sich nach den dort arbeitenden Corallieribooten leicht über die Lage des zweiten sorrentiner Bruches orientiren können.

Wir sahen, wie das tyrrhenische System durch grosse Senkungsgebiete charakterisirt wird, wie aber durch ungleichmässige Spannung auch Brüche entstanden, welche die des apenninischen Systems ungefähr senkrecht schneiden. Der zweite Bruch verflacht sicht gegen Osten allmählich und scheint dort sein Ende zu erreichen. Die Bruchlinie aber, welche die 1200 m hohe Südküste der sorrentiner Halbinsel erzeugte,

zieht sich vermuthlich noch weit gegen Osten, quer durch den Apennin hindurch, und jenseits der Apenninkette scheint der Mte. Vultur in einem ähnlichen Verhältniss zu ihr zu stehen wie diesseits der Vesuv.

Die Bewegungen, welche ein so seltsames Küstenrelief bedingen, dauern aber wahrscheinlich in schwächerem Maasse heute noch fort, und die Strandlinien, welche man längs der Kalkküsten verfolgen kann, zeigen, dass auch heute noch Verschiebungen des Meeresspiegels am Golfe von Neapel stattfinden. Ich muss mir versagen, jetzt schon eine vergleichende Beurtheilung der Strandbildungen am Golf von Neapel und dem von Salerno zu versuchen, und will nur einige Punkte heraus greifen. Wenn man auf der Südseite der Insel Capri den ersten, kleineren Faraglionifelsen am Fusse der Pta. Tragara aufmerksam untersucht, so erkennt man etwa 8 m über der jetzigen Wasserstandslinie eine deutliche Strandlinie. Das Meer hat sich dort tief in den Felsen gegraben und eine etwa 30 cm tiefe ringförmige Einschnürung ausgehöhlt, welche sich mehr oder minder gut um den ganzen Felsen verfolgen lässt; die Rinne ist von Bohrmuscheln ganz zerfressen. Das Meer muss sehr lange in dem gleichen Niveau geblieben sein. In Abständen von 20 cm folgen zwei weitere flachere Einschnürungen, nur wenig von Muscheln angebohrt. Beidemal hatte das Meer seinen Stand nur kürzere Zeit beibehalten. Der Felsen wölbt sich nur bauchig nach aussen; anfangs mit verstreuten *Lithodomus*-Löchern bedeckt, dann frei von denselben. Beides, der Mangel an Bohrlöchern und die geringere Erosion am Felsen deuten an, wie die Verschiebung des Meeresspiegels erst langsam, dann immer rascher fortschritt, bis in der heutigen Periode ein Ruhepunkt eintrat und schon eine tiefe Rinne in den Felsen eingeschnitten ist.

Auf dem Mte. Torre di Guardia bei Anacapri befinden sich in einer Höhe von 200 m deutliche Reste alter Strandlinien. Mehrere Felsblöcke sind ganz durchlöchert und enthielten noch verschiedene, völlig versteinerte Exemplare einer grossen Form von *Lithodomus*. Sie beweisen mit grosser Sicherheit, dass die Verschiebung des Meeresspiegels eine sehr bedeutende gewesen ist. Wir zeigten oben, wie in unserem Gebiete nach der Kreidezeit durch die apenninische Dislocationsperiode eine grosse Anzahl paralleler Brüche entstanden, und dadurch der westliche Theil Mittelitaliens in lange Streifen zerbrochen wurde, die bei einheitlichem NW.—SO.-Streichen ein sehr verschiedenes Fallen besitzen, die bald annähernd horizontal liegen wie der Mte. San Angelo, bald in die Tiefe versanken (bezw. unter dem Meere verharrten) wie die Schollen von Sorrent, Massa, Bocca piccola, Capri, bald anticlinal

liegen wie das Val di Tramonti, bald synclinal wie das Thal von La Cava hinter dem Vesuv, während die Ketten gegen Osten zu schuppenartig neben einander liegen. Wir finden damals die Westküste Mittelitaliens auf dem Stadium der Küstenentwicklung, welches Dalmatiens Küste gegenwärtig bietet. Während oder nach Ablagerung des Macigno, also zur Oligocänzeit oder im Miocän, erfolgte nun die zweite Störung des tyrrhenischen Systems. Ein Theil des inzwischen abgelagerten Macigno wurde dadurch über Meer gehoben, ein anderer möchte die Grundlage der gegenwärtigen Sedimente im Golfe von Neapel bilden. (Der Macigno soll auch wirklich neuerdings unter dem Tuff bei Neapel erbohrt worden sein.) Es entstanden die kesselartigen Einsenkungen von Sessa, Neapel, Salerno. An Stellen stärkeren Zuges wurden hierbei auch Brüche erzeugt wie die beiden Parallelbrüche von Salerno. Diese aber schneiden fast senkrecht (ca. 75°) die Brüche des apenninischen Systems und zerbrechen die Kalkgebirge daselbst in annähernd rechteckige oder rhombische Stücke. Wenn wir berechtigt sind, hier aus der Analogie zu schliessen und die Verhältnisse der Sorrentiner Halbinsel auf diejenigen des Meeresgrundes zu übertragen, so werden wir zu der Anschauung geführt, dass auch der Boden des Golfes von Neapel durch die beiden Störungsperioden in Stücke zerbrochen wurde, und dass auf den Kreuzungspunkten der sich schneidenden Sprünge, als Punkten grösster Festigkeitsverminderung die Eruptivmassen hervordrangen.

2. Die Eruptivpunkte des Golfes.

Im Jahre 1849 veröffentlichte Scacchi seine berühmten „Memorie geologiche sulla Campagna“ [1]) und sprach aus: dass die ältesten Tuffe der neapolitanischen Campagna sehr viel gemeinsame Eigenschaften zeigen und durch die Sanidine stets als trachytisch erkannt werden, dass aber speziellere Eigenschaften, wie Farbe und Struktur, ganz lokaler Natur seien. Wenn man in der übersichtlichen Zusammenstellung der Ansichten über die ältesten Tuffe bei J. Roth [2]) die einzelnen Autoren vergleicht, so gewinnt man den Eindruck, dass alle Versuche, die Tuffe zu gliedern, schlecht gelungen sind, und dass Scacchi's Ansicht von der Gleichaltrigkeit der gelben und blauen Tuffe immer noch die grösste Wahrscheinlichkeit besitzt.

Die blauen Tuffe von Sorrent finden sich ebenso ausgebildet bei Montecchio, bei San Severino und bei Sparanisi. Die

[1]) Acad. di Napoli, 1849.
[2]) J. Roth, Der Vesuv.

gelben Tuffe des Posilipp treten ebenso bei Cumae auf wie bei Costa. Aber solche Profile, an denen man über die Altersverschiedenheit dieser beiden Tuffarten klar werden könnte, sind noch immer nicht bekannt geworden, obwohl die älteren Trachyttuffe als Bausteine überall abgebaut werden, und Profile nicht selten aufgeschlossen sind. Oft ist der blaue Tuff von gelbem überlagert, oft findet man beide ganz getrennt und einzeln. Bisweilen ist man versucht anzunehmen, dass beide gar nicht getrennt werden dürften, sondern nur Metamorphosenstadien darstellen. Bei solchen Verhältnissen erscheint es auch mir auf Grund vieler Beobachtungen das Naturgemässe, sich Scacchi anzuschliessen, um so mehr, als die sonstigen Beobachtungen mit dessen Auffassung recht wohl in Einklang zu bringen sind. Nachdem durch die beiden Dislocationen eine grosse Anzahl Sprungkreuze entstanden waren, traten an ebensoviel Punkten die Eruptivmassen hervor. Allein unter diesen vielen Eruptivpunkten trat allmählig ein Selectionsprocess ein. Eine grosse Anzahl der kleineren Bruchwunden wurde durch die ausgeworfenen Massen verstopft und geheilt; kräftigere Eruptivpunkte streuten ihre Tuffe weit umher und verstärkten auch dadurch die Decke, welche auf kleineren Sprüngen das wassergetränkte Magma zurückhielt. So blieben von den vielen ursprünglichen Vulkanen nur noch einzelne übrig; wahrscheinlich diejenigen, welche sich auf den grössten Brüchen, bezw. Sprungkreuzen befanden. Da wir aber schildern konnten, wie die Brüche des tyrrhenischen Systems südlich von Positano ziemlich gleichmässig die ersteren durchkreuzen, so ist es naheliegend, die stärksten Bruchwunden da zu vermuthen, wo schon durch die Brüche des apenninischen Systems die Kalkdecke am stärksten gebrochen war; da diese Brüche auf dem Festlande ein sehr constantes Streichen besitzen, sind solche Stellen unschwer zu construiren.

So finden wir den Vesuv in der directen Verlängerung der stärksten Depression des sorrentiner Landrückens, nämlich des Thales von La Cava; Ischia scheint in ursächlichem Zusammenhang zu stehen mit einem jener Brüche, welche das Relief von Capri bedingen; ein grösserer Vulkan dürfte auch in der Verlängerung der stark dislocirten Bocca piccola, ein anderer in der Fortsetzung der Depression von Sorrent zu suchen sein, und so werden wir auf Grund der Tektonik zu einer Vermuthung geführt, welche oft ausgesprochen wurde, dass nämlich im Golf von Neapel submarine Vulkane vorhanden sein möchten. Sagt doch Puggard [1]): „Il n'y a probablement rien qui s'oppose à la supposition que les eaux de ce golfe

[1]) Bull. de la Soc. géol. de France 1856.

qu'un ancien naturaliste a appelé le cratère de Nâples, pourrait cacher quelque orefice volcanique éteint qui aurait jeté ses cendres et ses tufs sur les plages de la peninsule; la nature du tuf de Sorrento, son épaisseur inconnu, les scories noires plus frequentes dans le tuf du Piano que dans les autres localités font naturellement penser, que ce cratère sousmarin était plus rapproché de la plaine actuelle de Sorrento que d'aucun autre localité que nous pourront examiner à présent". Bevor wir jedoch diesen Gedanken weiter besprechen, dürften einige Worte über die Entstehungsweise der uns zugänglichen Tuffe gesagt werden. Der gänzliche Mangel an Lavaströmen ist für diese erste trachytische Eruptivperiode charakteristisch. Seit man durch die mikroskopische Gesteinsanalyse erfahren hat, dass die vulkanischen Aschen nichts anderes sind, als die durch Dämpfe zerspratzten Laven, seit man mit wenigen räthselhaften Ausnahmen die Abhängigkeit der „Aschenvulkane" von der Nähe grösserer Wassermassen nachgewiesen hat, ist es eine leicht erklärliche Thatsache, dass zu jener Zeit, als durch unzählige Sprünge Wasser in die Tiefen dringen konnte, nur Tuffaschen aber keine Lavaströme aus den Wunden der Erdrinde hervordrangen. Aber eine wichtige Frage für die Auffassung des Dislokationsvorganges ist die, ob jene liegendsten Tuffe submarin oder äolisch abgelagert wurden. Bei einem langen Aufenthalt in Italien und öfteren und eingehenden Studien an den wichtigsten Vulkangebieten Italiens, beschäftigte mich diese Frage auf das Lebhafteste, und auf Grund meiner Erfahrungen will ich eine Kritik der vorliegenden alten trachytischen Tuffe der Campagna versuchen:

Echte Tuffe d. h. Gesteine, welche aus mehr oder weniger verkitteten vulkanischen Aschen entstanden sind, können sich auf dreierlei Art absetzen:

1. Die Eruption erfolgt auf dem Lande, und die Aschen fallen auf dem Trockenen nieder: äolische, aerogene oder Trockentuffe.

2. Die Eruption erfolgt unter Wasser, und die Tuffmassen werden im Meere oder einem Binnensee abgesetzt: hydrogene oder Wassertuffe, welche entweder marin oder lacustrisch sein können.

3. Die Eruption erfolgte auf dem Lande, und die Aschen werden in das nahe Meer oder einen Binnensee geworfen. Solche Tuffe leiten über zu echten Sedimenten, sie mögen daher Sedimenttuffe heissen.

4. Vorhandenes Tuffmaterial wird ins Meer geführt und dort abgelagert; darunter gehören die transportirten Tuffe Roth's, die verarbeiteten Tuffe von Dechen's, die regenerirten Tuffe der Italiener.

Zwischen diesen Tuffarten sind nicht immer scharfe Grenzen möglich, aber in typischer Ausbildung haben sie eine Reihe von unterscheidenden Merkmalen erhalten, welche näher charakterisirt werden müssen.

Die Trockentuffe.

Diejenigen Tuffe der modernen Vulkane Italiens, welche zweifellos äolisch abgelagert wurden, sind geschichtet. An den vielen Aufschlüssen am Mte. Albano, Rocca monfina, Vesuv, Campi phlegräi, Ischia, Lipari, Volcano, Etna kann man überall die trefflichste Schichtung beobachten. Die Ursachen dieser äolischen Schichtung liegen in dem physikalischen Vorgang bei vulkanischen Aschenausbrüchen. Asche, Sand, Lapilli [1]) und Lavafetzen werden durch die gleiche Kraft zu gleicher Zeit aus dem Krater herausgeworfen. In der Luft muss nun ein Sonderungsprocess vor sich gehen, in dem zuerst die schweren Bomben, dann die Lapilli, später der feinere Sand und erst zuletzt die feinste Asche zu Boden gelangt, welche bei verschiedenem Gewicht durch die gleiche Kraft in verschiedene Höhe geworfen wurden. Wer an einem günstigen Tage die Thätigkeit des Versuvkraters aufmerksam verfolgt, kann sich von diesem Sonderungsprocess leicht überzeugen. Zuerst fallen die glühenden schweren Fladen um die Kratermündung nieder und erst nach 10—20 Sekunden folgt der Regen der kleineren Sande und Lapillistückchen. Wenn eine Ascheneruption von Stürmen ungestört erfolgen kann, so wird nach den einfachen Gesetzen des Falles als Resultat dieser Eruption eine nach dem Eigengewicht der Massentheilchen gesonderte und übereinander geschichtete Ablagerung entstehen. Ein sehr lehrreiches Beispiel hierfür bietet die Fahrstrasse, welche nördlich von der Stadt Lipari gegen Canneto zieht. Dort ist ein Profil, wo durch drei aufeinander folgende Eruptionen dreimal zuerst Lapilli mit Bomben, dann vulkanischer Sand und endlich feine Asche übereinander abgelagert wurden. (Dass Bomben meist später ausgeworfen worden sind als die Aschen, in denen sie sich finden, ist nach dem Obengesagten leicht verständlich und muss beim Studium von vulkanischen Bomben berücksichtigt werden. Je grösser der Gewichtsunterschied zwischen Bombe und Tuffpartikelchen ist, desto längere Zeit war verflossen (unter Umständen tagelang!) zwischen der Ablagerungsszeit des Tuffes und der der Bomben).

---

[1]) Man findet häufig Rapilli geschrieben, doch ist diese Form eine grammatikalische Unrichtigkeit und entstand durch die fehlerhafte Aussprache des Süditalieners, welcher auch Marta statt Malta, Sordo statt Soldo spricht.

Wenn man das Profil von Lipari im Auge behält, so wird man leicht an den meisten Tuffablagerungen verwandte Verhältnisse wiederfinden. Erfahrungsgemäss sind alle Eruptionen von Wirbelwinden und Stürmen begleitet, die das emporgeworfene Material zu vermengen trachten, aber dennoch sind Trockentuffe fast immer wohlgeschichtet.

Wenn man in Pompei bei neuen Ausgrabungen zugegen ist, so staunt man über die Frische der Farben, welche die von der Asche bedeckten Wandgemälde zeigen, und man überzeugt sich, dass die Tuffaschen keine bemerkenswerthen Zersetzungen der Farben oder der Kalkwände hervorgerufen haben. Nun sind grössere Eruptionen von sauren Dampfexhalationen fast immer begleitet; dass die der frischen Lava entströmenden Dämpfe und Fumarolen überaus reich an sauren Gasen sind, ist vielfach nachgewiesen. Da nun die Aschen in Pompei keine Zersetzungen an den Wänden der Zimmer hervorgerufen haben, so schliessen wir, dass diese Aschen bei ihrem langen Wege durch die Luft alle sauren Beimengungen abgegeben und verloren haben.

Die Lage der Schichten eines Trockentuffes ist abhängig von der Oberfläche des liegenden Gesteins; auf ebenen Flächen werden Trockentuffe ebengeschichtet abgesetzt, auf geneigten Flächen schief, aber immer parallel der Oberfläche des Untergrundes; Neigungen der Schichten von 50° sind bei Trockentuffen keine Seltenheit.

An den kleinen Kratern der Eifel kann man sich sehr häufig überzeugen, dass bei der Eruption das Deckengestein gesprengt wurde und im Tuff vertheilt liegt. Erfolgt nun eine Eruption nahe der Küste, bildet sich am Strande des Meeres ein neuer Vulkan (wie das Beispiel des Mte. nuovo belegt), so wird dort das Deckengestein gesprengt und mit den Tuffen emporgeschleudert. Besteht dieses „Deckengestein“ aus lockerem Meeressand vom Strande, so wird dieser mit den darin enthaltenen Muscheln emporgeworfen und fällt mit dem Tuff nieder. Auf diese Weise müssen wir uns die Thatsache erklären, dass in echt äolischen Tuffen vereinzelt Meeresconchylien gefunden wurden. Eine Anzahl Literaturangaben über diesen Punkt erwähnt Roth pag. 391. Wir können noch einige Beobachtungen über diese scheinbar widerspruchsvolle Frage anführen: Wenn man vom Mte. Buceto auf Ischia gegen den Kamm des Epomeo hinaufsteigt, so kommt man (weit oberhalb der Cretagruben und ohne jede Beziehung zu den fossilführenden Thonen) durch ein enges Thal, welches östlich einen lockeren Bimssteintuff angeschnitten hat. Die Asche und Bimssteinstückchen liegen ohne Bindemittel locker aufeinander. Die Schichten fallen 50° S., im Hangenden folgt eine Breccie von

Obsidianbrocken, dann wieder Asche und Bimsstein. Die geneigte Schichtung kann nicht durch Dislokation entstanden sein, sie ist zu steil, als dass sie submarin stattgefunden haben könne; es liegt vielmehr ein typischer äolischer Trockentuff vor. Zwischen den Aschentheilchen fanden wir eine wohlerhaltene Fauna rezenter Meeresconchylien. Sie sind sehr klein, dünnschaalig und haben theilweise noch ihre Farbe erhalten. Wir fanden an wohlbestimmbaren Exemplaren: *Anomia ephhippium*, *Pecten varius*, *Hima incrassata*, *Trochus crenulatus*, einen Fischotolith und eine ganze Anzahl Fragmente anderer kleiner Mollusken der Jetztzeit.

Einen anderen Fund machten wir am nördlichen Abhang des Mte. San Costanzo bei Sorrent. Dort findet sich ein lockerer trachytischer Tuff mit kleinen Obsidianbröckchen und Augitkrystallen. Der Habitus des Tuffes und die Höhe des Berges, 300 m, spricht dafür, dass auch hier ein äolischer Tuff vorliege. In demselben sind viele Exemplare von *Patella vulgata* und *P. taranti* zerstreut; dass wir es hier mit typischen Strandformen zu thun haben, welche an allen Küsten bei Neapel häufig sind, ist besonders interessant. Wir führen diese beiden Beobachtungen nur deshalb an, um zu zeigen, dass in einem Tuff eingeschlossene marine Fossilien keineswegs zu dem Schluss berechtigen, dass dieser Tuff submarin entstanden sei; denn es können marine Mollusken in echten Trockentuffen recht gut vorkommen. Die Charaktere eines solchen sind andere: Trockentuffe sind meist geschichtet nach dem Eigengewicht der Massentheilchen, ungeschichtet nur bei gleichem Gewicht derselben. Schichtung bald horizontal, bald geneigt, je nach der Oberfläche des Untergrundes. In der Nähe der Ausbruchsstelle meist breccienartig entwickelt und Bomben enthaltend; entfernter vom Krater wird das Material feinkörnig, welches meist locker aufeinander liegt, selten schlammig verkittet ist (durch bei der Eruption gefallenen Regen). Die Tuffe können Bruchstücke des durchbrochenen Deckengesteins enthalten, unter Umständen daher auch marine Fossilien.

Die Wassertuffe.

Wenn man eine jener Beschreibungen über Vulkanbildung auf offenem Meere liest, so erfährt man von einer ungeheuren Bewegung des Meeres, von dem Schlamme, der das Meer auf Meilen weite Entfernung trübt. Die bei der Eruption exhalirten Dämpfe tödten alles Thierleben, und Fischleichen schwimmen überall auf dem Meere.

Sobald die Eruption ihr Ende erreicht, sinkt der durch dieselbe immer aufs neue durcheinander gemengte Schlamm in der Nähe der Ausbruchsöffnung in toto zu Boden, entfernter davon wird er nach den allgemeinen Gesetzen der Sedimentation schichtenförmig abgelagert. Die bei der Eruption getödteten Thiere sind diffus in jenem Brei vertheilt, und während bei einer äolischen Tuffbildung alle beigemengten scharfen Dämpfe verdampfen, werden dieselben in den Tuffbrei unter Wasser noch lange Zeit zurückgehalten. Sind sie sauer, so zerstören sie alle Kalkreste, welche in dem Tuffe mit niedersanken, also die meisten Fossilien. Nur wenn die in einer Muschel noch erhaltenen organischen Fleischreste bei der Verwesung Ammoniak entwickeln, werden sie die Säure des umgebenden Tuffes neutralisiren und die Schaale vor der Zerstörung schützen können.

Aber nur langsam werden die in solchen submarinen Tuff enthaltenen sauren Dämpfe ausgelaugt, und wie lange ein submariner Tuff noch Säure produzirt (sei es als Auslaugungsprodukt, sei es als letzter Rest vulkanischer Thätigkeit), das lernen wir von Humboldt, welcher von Santorin schreibt[1]: „zwanzig Jahre nach der Eruption mischten sich hier noch schwefelsaure Dämpfe dem Meerwasser bei. Mit Kupfer beschlagene Schiffe legen sich in der Bucht vor Anker, damit in kurzer Zeit auf natürlichem Wege der Kupferbeschlag gereinigt und wieder glänzend werde“. Es besteht der Belag der Schiffswände bekanntlich hauptsächlich aus den Kalkschaalen von Balaniden und Ostréiden. Wenn nun das über der Eruptionsstelle stehende Seewasser nach 20 Jahren so sauer war, dass es den Kupferbeschlag von Seeschiffen in kurzer Zeit reinigte, so ist leicht einzusehen, dass die in dem damals abgelagerten Tuff enthaltenen Fossilien meist zerstört worden sind, dass aber auch eine Ansiedelung von Mollusken auf lange Jahrzehnte in der Umgebung der Eruptivstelle unmöglich blieb. Das Gesagte mag genügen, um folgende Diagnose zu begründen: Wassertuffe sind in typischer Ausbildung (nahe dem Eruptivpunkt) nicht geschichtet, nacheinander ausgeworfene Tuffmassen gehen allmählich ineinander über. Versteinerungen sind sehr selten, meist dickschaalig und nicht in Schichtenzonen, sondern diffus vertheilt.

Die Sedimenttuffe.

Eine ausgezeichnete Gelegenheit, um die Charaktere dieser Tuffe zu studiren, bietet sich in dem Trassbruch des Herrn

[1]) Kosmos I, pag. 154, Anm. 1. Cotta 1877.

G. Herfeld in Plaidt bei Andernach. Die eigenthümliche Art des Betriebes bringt es mit sich, dass im Herbst die hangenden lockeren Bimssteintuffe abgeräumt und in grosse 20 m tiefe Wasserbassins geschüttet werden. Später werden diese Aufschüttungen wieder angeschnitten, und nun kann man an diesen Profilen studiren, in welcher Weise die Sedimentation des ins Wasser gefallenen Tuffes vor sich ging. Hier findet die Schichtung nicht nach dem Eigengewicht der Tufftheilchen statt, sondern es erfolgt eine abwechselnde Schichtung dichten und porösen Materials.

Alle dichten Tuffstückchen, mögen sie leicht oder schwer sein, fallen im Wasser sofort zu Boden, alle porösen Stücke schwimmen einige Zeit auf dem Wasser und sinken dann erst unter („ersäufen"). Ein grosses Bimssteinstück fällt bei einem Trockentuff, seinem Eigengewicht entsprechend, mit gröberen Lapilligrus nieder, bei einem Sedimenttuff aber mit dem feinsten blasigen Aschenmaterial.

Sedimenttuffe zeigen abwechselnde Schichtung von dichtem und porösem Material, unabhängig vom Eigengewicht desselben; sie sind concordant eingelagert zwischen sedimentären Schichten und führen wie diese Fossilien.

Nachdem so in den allgemeinsten Zügen eine Classifikation der Tufftypen versucht worden, wollen wir die dabei gewonnenen Resultate auf den Einzelfall der neapolitanischen Tuffe anwenden. Die ältesten liegenden Tuffe der neapolitanischen Campagna sind in der Mehrzahl der Fälle ungeschichtet, nur selten in undeutlichen Bänken abgesondert. Fossilien sind darin sehr selten (beim Bau des 1 km langen neuen Tunnels durch den Posilipp wurde ein Exemplar von *Ostrea edulis* gefunden und nach der zoologischen Station gebracht), sie kommen nur diffus, nie in Schichten darin vor und gehören meist zu grossen, dickschaaligen Formen *(Ostrea, Cardium, Cerithium)* [1]). Alle diese Tuffe sind trachytisch, und auch die darin vorkommenden Bomben sind nach Scacchi's umfassenden Untersuchungen in der ganzen Campagna gleichartig. Aber eine horizontale Gliederung derselben war bisher unmöglich, man darf nur sagen, dass die Eruption der gelben Tuffe noch fortdauerte, als die der blauen Tuffe schon ihr Ende erreicht hatte.

---

[1]) Es muss scharf unterschieden werden zwischen diesen lose im Tuff vorkommenden Conchylien und solchen Fossilien, welche, in Gesteinsbrocken enthalten, im Sommatuff gefunden wurden; diese letzteren sind, wie Roth treffend sagt, erratische Blöcke, welche von der Eruption mit emporgerissen wurden, und gehören dem Neogen an.

Nach alledem können sie auf Grund des oben skizzirten Schemas als marine Wassertuffe gedeutet werden. Allmählich erhöhten sich die Vulkane über Meer, und spätere Tuffe entstanden als Trockentuffe, andere als Sedimenttuffe. Die Zahl der Eruptionspunkte war ursprünglich eine grössere, doch mit der Zeit trat eine Reduktion ein, so dass schliesslich nur die Vulkane übrig bleiben konnten, welche auf den Punkten stärkster Schichtenstörung entstanden waren.

Geheimnissvolle Kräfte der Tiefe hatten hohe Vulkanberge aufgethürmt, eine andere Macht suchte sie wieder zu zerstören. Regengüsse schwemmten das Tuffmaterial von den Krateren herab, die Wogen des Meeres gruben sich in deren Fuss, und allmählich gehen sie ihrem Verfall entgegen. Die ganze Küste des Golfes von Neapel bietet auffallende Beispiele für die Wirkung der Brandung, und fast alle Tuffküsten zeigen hohe Steilufer. Der Tuff ist so weich, dass an Mauern oft der Mörtel fester ist und als Netzwerk heraustritt, während die Tuffsteine ausgewaschen werden. Man erzählt, dass das Haus des Tasso, auf dem Tuff von Sorrent gebaut, durch Unterwaschung einstürzte, und ähnliche Beispiele liessen sich viele anführen. Die Insel Nisita, rings von Wasser umgeben, ist ein Vulcan, welcher durch eine Untiefe noch mit der Küste verbunden wird. Der Krater ist trefflich erhalten, durch einen Einschnitt in der südlichen Wand ist das Meer hineingedrungen, und jetzt bildet der Krater einen ausgezeichneten Hafen. Aber die Aussenböschung des Kraters ist schon stark vom Meere angefressen und zeigt ringsherum Tuffprofile. Weiter fortgeschritten ist der Verfall von Capo Miseno; hier ist von dem Krater nur noch ein medianer Streifen erhalten, und $^2/_3$ des Vulkanes sind vom Meere verschlungen. Es scheint der Monte di Procida ebenfalls das Ueberbleibsel eines Vulkanes zu sein, von welchem $^3/_4$ des Kraters hinweggeschwemmt wurden. Man darf sich diesen Zerstörungsprocess nur kurze Zeit fortgesetzt denken und wird dann zu der Anschauung geführt, dass manche Vulkane ihren ganzen Tuffkegel eingebüsst haben, und dass schliesslich nur submarine Inseln andeuten, wo früher ein vielleicht mächtiger Vulkan bestand.

Ganz nahe der SO.-Küste der Insel Ischia befindet sich die Secca d'Ischia, ein kreisrundes Plateau, das sich von 60 m Seetiefe 30 m hoch erhebt und ganz bedeckt ist mit solchen Thieren und Pflanzen, welche nur auf felsigem Untergrund leben können. Hier bedarf es wenig Phantasie, um diese submarine Insel für den letzten Rest eines Vulkans zu halten, welcher nach und nach von der Brandung zerstört wurde. In ähnlicher Weise darf man die Secca di Forio, 2 km west-

lich von Ischia für den Rest eines Vulkans halten. Allein nicht nur in der Nähe der Küsten erheben sich im Golf von Neapel solche submarine Plateaus, sondern auch in weiter Küstenentfernung werden sie beobachtet. Für den Golf von Salerno konnten wir die Reliefverhältnisse des Meerbodens leicht aus der Tektonik der Küste erklären. Der Boden des inneren Golfes von Neapel aber bietet ein so gleichmässiges Bild eines Beckens, dass die Secca di Benta Palummo, die Secca di Chiaja und die Secca della Gajola um so räthselhafter daraus empor steigen. Sie sind nicht in einer Linie angeordnet, zeigen eine unregelmässige Umgrenzung, und während rings in ihrer Umgebung ein weicher, thoniger Schlamm gefunden wurde, erheben sie sich als felsige Inseln 30—80 m über dem Meeresgrunde. Wenn daher aus der Anordnung der Bruchlinien an der Küste geschlossen werden könnte auf vermuthlich unter dem Meere befindliche Vulkane, wenn weitverbreitete Tuffe keinem bekannten Vulkan angehören, wenn man gegenwärtig noch Vulkane im Meer verschwinden sieht, so leiten alle diese Thatsachen zu der sehr wahrscheinlichen Vermuthung, dass die Seccen des Golfes von Neapel die letzten Denudationsreste ehemaliger Vulkane sind. Und so ist es gewiss mehr als ein zufälliges Zusammentreffen, wenn wir beobachten, dass in der Verlängerung der Bocca piccola-Senkung die grosse Secca di Benta Palummo gelegen ist, in der Richtung aber der Depressionslinie von Sorrent die Secca di Chiaja; während die Secca della Gajola zum südlichen Posilipp in einem ähnlichen Verhältniss stehen dürfte wie Nisita zum westlichen Theil dieses Tuffrückens. So helfen uns die Studien über den geologischen Bau der sorrentiner Halbinsel die Reliefformen des Meeresgrundes genetisch zu erklären. Und wir erkennen, wie die Kraft, welche wir heute noch an den Küsten nagen sehen, im Laufe der Jahrtausende mächtige Vulkankegel zu vernichten im Stande war. Die nächste Umgebung von Neapel bietet wenig Beispiele von Tuffen, welche der Brandung ausgesetzt sind, denn Menschenhand hat die Tuffwände als Steinbrüche benutzt und so zwischen Tufffelsen und Meeresstrand Raum geschaffen für üppige Gärten und schöne Villen. Aber schon die Spitze des Posilipp zeigt die mannigfachen Wirkungen der Brandung auf die Felsen des Ufers. Ueberall sind dieselben untergraben, von Höhlen durchzogen, und eine Menge kleiner, seichter Klippen werden der Schifffahrt gefährlich. Aber die Weichheit des Ufergesteins macht solche Verhältnisse viel leichter erklärlich als die seltsame Küstenbildung, welche die gegenüberliegende SO.-Küste des Golfes bietet. Wir zeigten oben, wie dieselbe aus dichtem

Apennin-Kalk gebildet wird. Selbst da, wo der Kalk in steilem Absturz senkrecht in's Meer taucht, wo also die Möglichkeit ausgeschlossen ist, dass ein Ufersand gegen die Küste geschleudert würde, überall ist der Kalk tief zerrissen, und die „Karrenfelder“ von Termini oder von der Pta. Campanella oder vom Leuchtthum auf Capri zeigen die zerrissensten und rauhesten Formen, die denkbar sind. Gerade als wenn man Säure darauf gegossen hätte, so ist der Kalk bis in's Einzelnste zerfressen; und der Gedanke liegt nahe, dass das Lösungsvermögen des Seewassers ein wesentlich bedeutenderes sei als das von süssem Wasser; dass die chemische Constitution des Seewassers von hervorragender Bedeutung für die Wirkung der Brandung sein müsse.

Bei Torre del Greco ist ein basaltischer Lavastrom in's Meer geflossen, dessen Reichthum an porphyrisch ausgeschiedenem Olivin bemerkenswerth erscheint. Dort kann man beobachten, dass die gesammte Grundmasse der Lava leichter vom Seewasser zersetzt wird, als die darin enthaltenen Olivine. Diese wittern heraus, machen die Oberfläche der Lavafelsen ganz rauh und fallen dann ab, um etwa 60 pCt. des Ufersedimentes zu bilden. Denselben Vorgang beobachtet man im Hafen von Ischia, wo die porphyrisch ausgeschiedenen Sanidine eines Trachitstromes fast ausschliesslich das Ufersediment bilden. Und auch an der kleinen Bucht nordöstlich von Sorrent, wo ein ungeschichteter trachytischer Tuff als Küstengestein ansteht, beobachtet man, dass die darin verstreuten Sanidinkrystalle der Meereserosion am längsten Widerstand leisten und fast zu 50 pCt. das Ufersediment bilden.

Während bei der Entstehung der Strandkarrenfelder die mechanische Thätigkeit der Wogen jedenfalls ein sehr unbedeutender Factor ist, so könnte in den zuletzt erwähnten Fällen eine gegentheilige Auffassung naturgemäss erscheinen. Die Krystalle werden eine etwas höhere Härte besitzen, und der von den Wellen gegen das Ufer geworfene Olivin- und Sanidinsand könnte dann die Krystalle weniger angreifen als die weichere Grundmasse. Um diese Frage zu entscheiden, setzte ich auf den freundlichen Rath des Herrn Prof. Laspeyres die betreffenden Küstengesteine einer ähnlichen mechanischen Kraft aus. Herr Fabrikant Ad. Wagner in Saarbrücken hatte die grosse Liebenswürdigkeit, die beiden angeschliffenen Laven in seiner Glasbläserei dem Sandstrom auszusetzen. Nach kurzer Zeit zeigte sich, dass die Olivine und Sanidine von dem Sandstrom leichter angegriffen wurden als die Grundmasse, und dass die erst glatte Oberfläche der beiden Laven nach dem Versuch ein blatternarbiges Aussehen erhalten hatte,

indem überall die Krystalle stärker angegriffen waren und sich concav vertieften.

Nachdem auf solche Weise die Anschauung, dass jene Wirkung des Seewassers auf die Küstenlaven eine mehr mechanische gewesen sei, als unrichtig erkannt wurde, trat uns die Aufgabe nahe: jenen Vorgang nach seiner chemischen Seite zu untersuchen und den Chemismus des Meerwassers zu studiren.

3. Der Gehalt an atmosphärischer Luft im Seewasser.

Noch kein halbes Jahrhundert ist vergangen, seit man zum ersten Male den Versuch machte, sich eingehender mit dem Gehalt des Seewassers an atmosphärischer Luft zu befassen. Die Resultate, welche die Forscher auf diesem Gebiete erhielten, waren sehr schwankend und wenig zuverlässig; sie haben daher für uns nur noch ein historisches Interesse.

Im Jahre 1883 untersuchte Frémy [1]) eine Anzahl Seewasser, welche von der französischen Expedition der Bonite in den Jahren 1836 und 1837 gesammelt worden waren. Die absorbirte Luft wurde durch anhaltendes Kochen aus dem Meerwasser ausgetrieben, die Kohlensäure durch Kalilauge aufgenommen, der Sauerstoff durch Phosphor bestimmt. Ganz abgesehen davon, dass die Methode der Sauerstoffbestimmung vermittelst Phosphor, wie sie Frémy angiebt, in Bezug auf ihre Zuverlässigkeit Bedenken erregt, so ist schon der lange Zeitraum, welcher zwischen dem Schöpfen des Wassers und seiner Untersuchung lag, hinreichend, die Genauigkeit der Resultate in Frage zu stellen. Frémy hatte auch Oberflächen- und Tiefseewasser derselben Localität untersucht und gelangte dabei zu folgendem Ergebniss: die Gesammtmenge der absorbirten Luft ist in der Tiefe des Meeres grösser als an der Oberfläche, und dieser Ueberfluss kommt auf Rechnung der Kohlensäure. Die Summe von Sauerstoff und Stickstoff schwankte, so dass bald das Oberflächenwasser, bald das Tiefseewasser reicher an dem Gesammtbetrage beider Gase war; immer aber zeigte sich der relative Sauerstoffgehalt der Tiefseewasser grösser als derjenige der Oberflächenwasser.

Etwas günstiger war der Erfolg, welchen Morren [2]) 1843 und Lewy [3]) 1846 erzielten. Der Sauerstoff wurde mit Wasserstoff verbrannt, die Kohlensäure in Kalilauge aufgefangen. Morren erhielt an Sauerstoff 31—39 pCt. der Gesammtmenge

---

[1]) Compt. rend. 6, pag. 616.
[2]) Ann. chim. phys. (3), 12, pag. 5.
[3]) Ebendaselbst (3), pag. 17 und Ann. Chem. Pharm. 58, pag. 326.

der Kohlensäure-freien Luft; Lewy dagegen 32 — 35 pCt. Immerhin schwanken die Resultate der einzelnen Analysen für Sauerstoff und Stickstoff auch hiernach zwischen weiten Grenzen, und beide Forscher glauben den Grund dafür in dem Einfluss zu finden, den das Sonnenlicht auf den Luftgehalt des Seewassers ausüben soll. — Aus dem Jahre 1843 stammen auch einige interessante Versuche von Aimé [1]), welche den Nachweis führen, dass die absolute Menge absorbirter Luft in grossen Meerestiefen durchaus nicht dem beträchtlichen Drucke entspricht, der auf den tieferen Meeresschichten lastet. Aimé hatte hierzu einen eigenen Apparat construirt, welcher Wasser in grossen Tiefen schöpfte und gleichzeitig auch das schon während des Aufwindens entweichende Gas sammeln sollte. Es zeigte sich aber, dass die auf der Rhede von Algier genommenen Tiefwasser erst nach längerem Stehen und bei Temperaturzunahme geringe Mengen Luft abschieden, dass also die rein auf theoretischen Speculationen beruhende Lehre von dem Gasreichthum des Tiefseewassers eine irrige sei.

Auch Hayes [2]) veröffentlichte 1851 die Gesammtresultate eine Reihe von Meerwasser-Analysen und glaubte gefunden zu haben, dass der Sauerstoffgehalt des Seewassers aus grösseren Tiefen stets geringer ist als der des Oberflächenwassers, eine Ansicht, welche später vielfach bestätigt worden ist.

Aus dem Jahre 1855 stammt eine Untersuchung von M. F. Pisani [3]), welche den Gasgehalt des Meerwassers bei Bajuk-Déré im Bosporus angiebt wie folgt:

O. + N. bei 0° und 760 mm.	O. + N. = 100	
16 cbcm	O. = 31,4 pCt.	N. = 68,5.
16 cbcm	O. = 33,2 „	N. = 66,8.

Die Erfahrungen, welche man bis dahin gemacht hatte, konnten im Jahre 1869 verwerthet werden, als die Porcupine-Expedition von England aus den Atlantischen Ocean bereiste. Vor Allem traf man Vorkehrungen, die Wasserproben gleich nach dem Schöpfen an Bord des Schiffes untersuchen zu können; man bestimmte die Kohlensäure mit Kalilauge und den Sauerstoff mit pyrogallussaurem Kali. Die Resultate der einzelnen Analysen schwanken zwischen weiten Grenzen; auch die Mittelwerthe, zu welchen die drei bei der Expedition thätigen Chemiker gelangten, differiren noch erheblich. Es fand [4])

---

[1]) Ann. chim. phys. (3), 7 und Pogg. Ann. 30, pag. 412.
[2]) Sillim. Amer. Journ. (2), 11, pag. 532.
[3]) Compt. rend. 41, pag. 532.
[4]) Proc. Roy. Soc. 18, pag. 397.

P. H. Carpenter	30,5 pCt. O.	69,5 pCt. N.
W. L. Carpenter	31,5 „ „	68 „ „
J. Hunter . . .	36,4 „ „	63 „ „

Aus den Einzelanalysen glaubte man schliessen zu können, dass nach der Tiefe zu eine Abnahme des Sauerstoffs, dagegen eine beträchtliche Anreicherung an Kohlensäure stattfinde; man stellte die Behauptung auf, dass das Seewasser, vom Sturm gepeitscht, Sauerstoff aufnähme und Kohlensäure abgäbe, und führte als Beleg dafür eine Analyse der Luft aus dem von der Schiffsschraube in strudelnde Bewegung gesetzten Kielwasser an, welche 45,3 pCt. Sauerstoff und nur 3,3 pCt. Kohlensäure ergeben hatte; ja Hunter[1]) stellte eine vollständige Reihe von Gasanalysen zusammen, welche die Annahme von der Zunahme des Kohlensäuregehaltes und das allmähliche Schwinden des Sauerstoffs nach der Tiefe zur Evidenz zu beweisen schien.

Zwei Jahre später hatte Dr. O. Jacobsen Veranlassung, die Resultate der Porcupine-Expedition zu prüfen, und es ist sein Verdienst, die Fehlerhaftigkeit der angewandten Methoden nachgewiesen und ganz neue Apparate und Untersuchungsmethoden für Meerwasser-Analysen erfunden zu haben.

Die „Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere in Kiel“, welcher O. Jacobsen als Chemiker angehörte, unternahm auf dem Aviso-Dampfer Pommerania im Sommer 1871 eine Fahrt durch die Ostsee, und hierbei hatte Jacobsen Gelegenheit, die Mangelhaftigkeit der älteren Apparate zu beobachten. Deshalb gelangten die Detailuntersuchungen, welche diese erste Fahrt ergeben hatte, auch nicht zur Veröffentlichung, und Jacobsen beschränkte sich in dem ersten Berichte[2]) darauf, die Fehlerquellen der älteren Methoden nachzuweisen. Im folgenden Winter construirte nun O. Jacobsen[3]) mit Hilfe von H. Behrens einen neuen Apparat zum Auskochen des Seewassers und einen zweiten für die Bestimmung der Kohlensäure und wandte beide Apparate im Verein mit dem von H. A. Meyer[4]) angegebenen Schöpfapparate auf der Nordseefahrt der Pommerania im Jahre 1872 an. Die Resultate lassen sich kurz dahin zusammenfassen: das Verhältniss des Sauerstoffs zum Stickstoff ist im Oberflächenwasser ziemlich constant. Als Extreme ergaben sich:

---

[1]) Jahresbericht über Chemie 1869, pag. 1279.

[2]) Die Expedition zur physikalisch-chemischen und biologischen Untersuchung der Ostsee im Sommer 1871, pag. 51.

[3]) Jahresbericht der Commission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere in Kiel 1872 u. 73, pag. 49.

[4]) Ebendaselbst pag. 3.

34,14 O. auf 65,86 N. und
33,64 O. auf 66,36 N.

Ein so erheblicher Einfluss des Sonnenlichtes und Windes auf den Luftgehalt des Seewassers, wie ihn ältere Arbeiten constatirt haben, war demnach nicht nachzuweisen. In grösseren Meerestiefen weicht der Sauerstoffgehalt oft beträchtlich von obigen Werthen ab. Der niedrigste sich ergebende Werth für Sauerstoff war 28,23 pCt. der Kohlensäure-freien, ausgekochten Luft; aber eine Zunahme der Kohlensäure und eine Abnahme des Sauerstoffs proportional der Tiefe, wie ihn Hunter auf der Porcupine-Expedition erhielt, konnte nicht ermittelt werden. Im Gegentheil zeigte sich, dass der Gasreichthum von ganz localen Bedingungen, welche eine schnellere oder langsamere Mischung des Seewassers hervorrufen, abhängig sei. Doch nicht nur die relative, auch die absolute Menge der in verschiedenen Tiefen des Meeres enthaltenen Luft wurde in den Kreis der Untersuchungen gezogen. Schon die Beobachtungen von Aimé, noch eingehender aber die Arbeiten W. L. Carpenter's auf der Porcupine-Expedition hatten dargethan, dass die ältere Annahme, die Tiefenwasser enthielten mehr Luft als die Oberflächenwasser, unhaltbar sei. O. Jacobsen hatte auch für diese Untersuchungen einen neuen Apparat construirt und beschrieben.[1]) Seine Resultate fasst er in dem Satz zusammen: „die Summe von Sauerstoff und Stickstoff in grösseren Meerestiefen ist nahezu gleich der Menge dieser Gase, welche das Wasser bei seiner wirklichen Tiefentemperatur an der Meeresoberfläche aus der Atmosphäre aufnehmen würde, weniger der etwa verbrauchten Sauerstoffmenge.“ Dieselbe Untersuchungsmethode und auch die gleichen Apparate verwandte J. Y. Buchanan, der Chemiker der Challenger-Expedition, auf der grossen wissenschaftlichen Reise, welche in die Jahre 1873—76 fällt. Die Resultate dieser Untersuchungen finden sich in verschiedenen Publicationen zerstreut. Zuerst[2]) gab Buchanan eine allgemeine Uebersicht über die Analysenergebnisse. Er fand, dass der Sauerstoff 33—35 pCt. des Kohlensäure-freien Gases ausmache, und dass der Sauerstoffgehalt von der Oberfläche abwärts bis zu einer Tiefe von 300 Faden abnehme, um sodann wieder zu steigen, wie die angeführte Tabelle ergiebt.

---

[1]) l. c. pag. 52.

[2]) The Voyage of the „Challenger“ the „Atlantic“ 2, pag. 366.

Tiefen in engl. Faden . .	0	25	50	100	200	300	400	800
O × N = 100; O n. pCt. .	33,7	33,4	32,2	30,2	33,4	11,4	15,5	22,6

grössere Tiefen 23,5

Viel später, erst 1884, erschienen dann in einem selbstständigen Bande, „Physics and Chemistry", des Report of the scientific resultes of the voyage of H. M. S. Challenger die umfangreichen Untersuchungen von W. Dittmar, welcher die Beobachtungen und Arbeiten Buchanan's mit seinen eigenen vereinigte, und auf dessen Resultate wir noch später zurückkommen werden. Inzwischen war die norwegische Expedition ausgeschickt worden, und Hercules Tornoe begleitete dieselbe als Chemiker. Die Resultate seiner Untersuchungen [1]) wurden 1880 vor den abschliessenden Arbeiten Dittmar's veröffentlicht und sollen deshalb hier zuerst Erwähnung finden. Im Ganzen gelangten 94 Gasproben zur Untersuchung, welche aus Wassern entnommen waren, die aus Tiefen von 0—3400 m stammten. Die relative Zusammensetzung der Luft aus Oberflächenwasser stellte sich im Mittel anders als die von Dr. Jacobsen für die Nordsee ermittelten Werthe. Der mittlere Sauerstoffgehalt war für die Nordsee mit 33,93 pCt. (N + O = 100) gefunden. Für den Nord-Atlantischen Ocean ergaben sich für die Theile südlich des 70. Breitegrades 34,96 pCt. und für jene zwischen dem 70 und 80° nördl. Breite 35,64 pCt., also in beiden Fällen beträchtlich mehr. Da ein Fehler in der Untersuchungsmethode, welcher so beträchtliche Schwankungen hervorrufen konnte, nicht zu finden war, so blieb nur der Temperaturunterschied als bedingender Factor übrig, und Tornoe beschloss, den Einfluss der Temperatur auf die Absorptionsfähigkeit des Seewassers an einer Reihe von Versuchen zu prüfen. Er fand, dass 1 Liter Seewasser bei der Temperatur t° an Stickstoff (N) und Sauerstoff (O) aufzunehmen vermag:

$$N = 14{,}4 - 0{,}23\ t \text{ cbcm},$$
$$O = 7{,}79 - 0{,}2\ t + 0{,}005\ t^2 \text{ cbcm}.$$

Hiernach ergiebt sich, dass die relative Zusammensetzung der Luft im Seewasser nicht, wie Bunsen für destillirtes Wasser nachgewiesen hat, unabhängig von der Temperatur ist.

Auch über die Sauerstoffmengen in den verschiedenen Meerestiefen giebt eine Tabelle Aufschluss, welche hier angeführt werden mag:

---

[1]) The norvegian North-atlantic Expedition 1876—1878. Chemistry by H. Tornoe.

Mittlere Tiefe		Anzahl der Beobachtungen	Sauerstoffgehalt in pCt.	Tiefenintervalle	
Englische Faden	Meter			Engl. Faden	Meter
0	0	28	35,31	0	0
69	126	6	33,93	0—100	0—183
210	384	14	32,84	100—300	183—549
420	768	16	32,50	300—600	549—1097
684	1251	11	32,58	600—1000	1097—1829
1192	2180	6	32,78	1000—1400	1829—2560
1646	3010	10	32,89	1400—1760	2560—3219

Der Sauerstoffgehalt, welcher an der Oberfläche im Mittel 35,31 pCt. (N + O = 100) beträgt, nimmt bis zu einer Tiefe von 300 Faden schnell ab, wo er im Mittel 32,50 pCt. beträgt, und bleibt von da ab ziemlich constant.

Für die Vergleichung der absoluten Luftmengen in den verschiedenen Meerestiefen wurde die Stickstoffmenge herangezogen, weil dieses Element seiner geringen chemischen Affinität wegen sich nicht so leicht bei Zersetzungsvorgängen betheiligt wie der Sauerstoff.

Folgende Tabelle giebt eine übersichtliche Darstellung:

Tiefenintervalle		Mittlere Temperatur. ° C.	Mittlerer Gehalt an Stickstoff		Differenz.
Engl. Faden	Meter		beobachtet	berechnet	
0	0	6,4	13,07	12,93	— 0,14
0—100	0—183	2,7	13,98	13,78	— 0,20
100—300	183—549	1,0	14,15	14,17	0,02
300—600	549—1097	— 0,6	14,54	14,54	0,00
600—1000	1097—1829	— 0,8	14,04	14,58	0,54
1000—1760	1829—3219	— 1,4	14,38	14,72	0,34

Interessant ist es, die Zuverlässigkeit der von Tornoe gefundenen Formel, $N = 14{,}4 - 0{,}23 . t$, an den Analysen-Resultaten zu prüfen, welche J. Buchanan bereits 1878 in einer Sitzung der chemischen Gesellschaft in London mittheilte und welche sich in den Berliner chemischen Berichten [1]) abgedruckt finden. Während bei mancher dieser Analysen der Stickstoff pro Liter um 1 cc. abweicht von den durch Bunsen für destillirtes Wasser aufgestellten Werthen, beträgt die grösste Ab-

[1]) Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft XI, pag. 410.

weichung des gefundenen Stickstoffgehaltes von dem nach Tornoe's Formel berechneten nur 0,32 cc.

Folgende Tabelle diene zum Vergleich:

Tiefe in Fussen.	Mittlere Temperatur.	Stickstoffgehalt nach Buchanan	Stickstoffgehalt berechnet nach der Formel N = 14,4 – 0,23 t.	Differenz
600	14,6	11,26	11,04	— 0,22
1200	13,0	11,71	11,41	— 0,30
1800	6,9	13,00	12,81	— 0,19
2400	5,1	13,10	13,23	0,13
4800	2,5	13,82	13,82	0,00
Grössere Tiefen	1,5	14,37	14,05	— 0,32

Wir sehen hieraus, wie der Gehalt des Meerwassers an Stickstoff nicht von dem Druck abhängt, dem dasselbe in grösseren Tiefen ausgesetzt ist, sondern dass lediglich die Temperatur der bestimmende Factor ist. Am eingehendsten wurden diese Fragen von den Chemikern der Challenger-Expedition studirt; Dittmar und Buchanan haben ihre Resultate in einem besonderen Bande [1]) des grossen Challenger-Werkes veröffentlicht.

Nachdem in der grossen Zahl von Analysen der Gase aus Seewasser genügendes Vergleichsmaterial geschaffen war, stellte sich Dittmar die Aufgabe, das allgemeine Gesetz zu finden, nach welchem die Absorption der Luft durch Seewasser geregelt wird. Er veranstaltete zwei Serien von Versuchen, die eine mit süssem Wasser, die andere mit Seewasser, und fand, dass die für beide Versuchsreihen erhaltenen Curven nicht auf dieselbe Formel führten; dass die Absorptionsfähigkeit des Seewassers für Luft eine andere ist wie die des Süsswassers. Das Quantum absorbirter Luft in der Maasseinheit bezeichnen wir mit λ und mit t die Temperatur; so fand Dittmar, dass die von Tornoe aufgestellte Formel von der allgemeinen Form:

$$\lambda = \lambda_0 - at + bt^2$$

keine genügende Annäherung an die durch die Versuchsreihen gegebene Curve ergab, und stellte deshalb die besser übereinstimmende Formel

[1]) Report of the scientific results of the voyage of H. M. S. Challenger. Physics and chemistry, Vol. I, 1884.

$$\lambda = \frac{A}{B + t}$$

auf. Als Werthe für A und B ergeben sich für Süsswasser: A = 1119,4 und B = 37,9, so dass die Formel lautet:

$$1000 . \lambda = \frac{1119,4}{37,9 + t} \text{ cc.},$$

Luft in 1 Liter Wasser.

Setzen wir für die Volumina Sauerstoff und Stickstoff in der Volumeneinheit atmosphärischer Luft die Werthe m_1 und m_2 und für die Volumina Sauerstoff und Stickstoff in der Volumeneinheit der vom Wasser absorbirten Luft die Werthe n_1 und n_2, so ist der Absorptionscoëfficient für Sauerstoff:

$$\beta_1 = \lambda \frac{n_1}{m_1}, \text{ für Stickstoff:}$$

$$\beta_2 = \lambda \frac{n_2}{m_2},$$

$$(m_1 = 0,209, \; m_2 = 0,791).$$

Dies führt zu den Formeln:

Für Süsswasser: $1000 \; \beta = \frac{1119,4 . n_1}{(37,9 + t) . 0,209}$

$$1000 \; \beta_2 = \frac{1119,4 . n_2}{(37,9 + t) . 0,791}$$

Für den Werth n_1 (Sauerstoffvolumen in der Volumeneinheit des absorbirten Gases) ergab eine eigene Versuchsreihe die Formel:

$$100 . n_1 = 34,693 - 0,04545 \; t.$$

Für Seewasser fand Dittmar für die Constanten A und B andere Werthe, so dass die Formel für λ lautet:

$$1000 \; \lambda = \frac{927,31}{39,00 + t}$$

während als Formel für n_1 gefunden wurde:

$$100 n_1 = 34,40 - 0,0311 . t.$$

Dittmar berechnete nun die Grössen $1000 \; \lambda$, $100 \; n_1$, n_2 und $\frac{n_1}{n_2}$, welche Resultate ich, soweit sie in den Grenzen meiner eigenen Temperatur - Beobachtungen des Seewassers im Golf von Neapel liegen, in folgender Tabelle zum Vergleich anführe:

t.	1000 λ	Differenz	1000 λ n_2	Differenz	$\frac{n_1}{n_2}$	100 n_1
+ 5	21,08	0,47	13,86	0,30	0,5208	34,24
6	20,61	0,45	13,56	0,30	0,5200	34,21
7	20,16	0,43	13,26	0,27	0,5193	34,18
8	19,73	0,41	12,99	0,26	0,5186	34,15
9	19,32	0,40	12,73	0,26	0,5179	34,12
10	18,92	0,38	12,47	0,24	0,5172	34,09
11	18,54	0,36	12,23	0,24	0,5165	34,06
12	18,18	0,35	11,99	0,22	0,5158	34,03
13	17,83	0,33	11,77	0,21	0,5150	34,00
14	17,50	0,33	11,56	0,22	0,5143	33,96
15	17,17	0,31	11,34	0,20	0,5136	33,93
16	16,86	0,30	11,14	0,19	0,5129	33,90
17	16,56	0,29	10,95	0,19	0,5122	33,87
18	16,27	0,28	10.76	0,18	0,5115	33,84
19	15,99	0,27	10,58	0,17	0,5108	33,81
20	15,72	0,26	10,41	0,17	0,5101	33,78
21	15,46	0,26	10,24	0,17	0,5094	33,75
22	15,20		10,07		0,5087	33,72

Was nun die Untersuchungsmethoden und die zweckmässige Einrichtung der Apparate anbelangt, so kamen mir die Erfahrungen, welche Jacobsen, Tornoe und Buchanan gemacht haben, zu statten, und ich konnte ohne erhebliche Vorarbeiten die erprobten Methoden anwenden und auch die erforderlichen Apparate nach den Angaben dieser Forscher zusammenstellen. Die nöthigen Glastheile beschaffte mir die zoologische Station in Neapel auf das Bereitwilligste, zum Theil hatte ich dieselben aus meinen eigenen Vorräthen mitgebracht. Im Ganzen habe ich zwölf verschiedene Seewasser untersucht und führe in nachstehender Tabelle die Resultate dieser Analysen, soweit sie sich auf den Sauerstoff und Stickstoff beziehen, an. Die Wasserproben wurden mit dem früher von der Ostsee-Expedition benutzten Schöpfapparate der zoologischen Station genommen und zwar an solchen Punkten, deren Sediment bekannt war, um den Einfluss, den dasselbe auf die Zusammensetzung des Seewassers haben dürfte, in Rechnung ziehen zu können.

Die Orte, an welchen die Wasserproben geschöpft wurden, sollen mit den correspondirenden Nummern hier angeführt werden, jedoch können Meerestiefen und Ortsbestimmungen nur annähernd gegeben werden; gleichzeitig gebe ich bei den Grundwassern auch die Beschaffenheit des Meeressedimentes der betreffenden Stelle an.

I. Grundwasser, Golf von Neapel, zwischen Neapel und Capri. Meerestiefe: 40 m. Thoniger Schlamm (Fango).

II. Grundwasser, Golf von Salerno, in der Nähe der Li Galli Inseln. Meerestiefe: 40 m. Thoniger Schlamm (Fango).

III. Grundwasser, Golf von Gaëta, etwa auf halbem Wege zwischen Ischia und der Volturno-Mündung. Meerestiefe: 25 m. ThonigerSchlamm (Fango).

IV. Oberflächenwasser, der Villa nazionale gegenüber, etwa $^1/_4$ Meile in See.

V. Grundwasser. Secca di Benta Palummo. Meerestiefe: 55 m. Recenter Detrituskalk.

VI. Oberflächen-Wasser zu V.

VII. Oberflächen-Wasser zu XII.

VIII. Oberflächen-Wasser in der Nähe der Volturno-Mündung.

IX. Oberflächen-Wasser zu I.

X. Oberflächen-Wasser zu II.

XI. Oberflächen-Wasser zu III.

XII. Grundwasser, Secca della Gajola. Meerestiefe: 15 m. Recenter Kalkdetritus.

		Gefunden.			Berechnet.			Differenz.	
No.	t.° C.	N + O	N	O	N + O	N	O	N	O
I.	9,2	16,22	12,00	4,22	19,24	12,68	6,56	0,68	2,34
II.	13,0	16,94	11,45	5,49	17,83	11,77	6,06	0,32	1,57
III.	11,3	15,15	11,21	3,94	18,43	12,16	6,27	0,95	2,33
IV.	13,5	16,49	11,12	5,37	17,66	11,67	5,99	0,55	0,62
V.	12,7	16,86	11,20	5,66	17,94	11,84	6,10	0,64	0,44
VI.	15,3	17,72	12,44	5,28	17,07	11,28	5,79	−1,16	0,51
VII.	20,0	14,20	9,60	4,60	15,72	10,41	5,31	0,81	0,71
VIII.	24,3	12,90	9,02	3,88	14,65	9,73	4,92	0,71	1,04
IX.	18,8	14,56	9,54	5,02	16,05	10,62	5,43	1,08	0,41
X.	18,2	15,20	10,22	4,98	16,21	10,72	5,49	0,50	0,51
XI.	17,6	15,19	10,16	5,03	16,39	10,84	5,55	0,68	0,52
XII.	15,4	15,71	10,39	5,32	17,05	11,26	5,79	0,87	0,47
		c	d	e	f	g	h	i	k

Die Columnen c, d und e geben die gefundenen Volumina für Stickstoff (N) und Sauerstoff (O) an, die Columnen f, g und h die berechneten Volumina in cc bei 0° und 760 mm Druck, während in i und k die bezüglichen Differenzen zwischen den gefundenen und berechneten Werthen für Sauerstoff und Stickstoff stehen. Bei der Durchmusterung dieser Differenzen schienen mir anfänglich keine auffallenden Unterschiede bei einzelnen Analysen herauszutreten. Später, als ich mich mit der chemischen Zusammensetzung der Sedimente des Golfes beschäftigte, trat aber doch ein solcher Unterschied deutlich

hervor und die Resultate meiner Kohlensäure-Bestimmungen wiesen mich dann nochmals denselben Weg. Die Analysen I, II und III beziehen sich auf Grundwasser von Localitäten, die in weitem Umkreise jenen feinen, zähen, thonigen Schlamm als Meeresabsatz führen, welchen die Fischer mit dem Namen Fango belegen und auf welchem sich das Thierleben nur in geringem Maasse entwickelt. Derselbe enthält stets beträchtliche Mengen organischer, meist wohl phytogener Substanz, die hier der Verwesung anheimfällt. Gerade diese drei Analysen zeigen aber eine so grosse Sauerstoffdifferenz, wie sie keine andere, auch nicht die entsprechenden Oberflächenwasser IX, X und XI ergeben haben, und doch ist diese grosse Sauerstoff-Differenz nicht allen untersuchten Grundwässern eigen. Ziehen wir zum Vergleich die Analysen V und XII heran. Dieselben wurden von Grundwassern genommen, die von den sogen. Seccen stammen, jenen submarinen Erhebungen mit so überreichem Thier- und Pflanzenleben, aus dessen verschiedenartigen Kalksecretionen jene locker übereinander gehäuften Kalkdetritusmassen gebildet werden, welche jeder Dredgezug an jenen Stellen mit emporbringt Beim Vergleich finden wir hier eine beträchtlich geringere Differenz zwischen dem gefundenen und berechneten Sauerstoff. Wie es scheint, erklärt sich dieser auffällige Unterschied dadurch, dass das Grundwasser auf den kuppenförmig sich aus der tieferen Meeresumgebung erhebenden Seccen einer schnelleren Circulation unterworfen ist als das in muldenförmigen Vertiefungen befindliche Wasser und dass somit letzteres länger den Einwirkungen der verwesenden Stoffe am Grunde des Meeres ausgesetzt bleibt. Wir werden später auf diese eigenthümliche Erscheinung nochmals zurückkommen.

4. Der Gehalt an Kohlensäure im Meerwasser.

Weitaus schwieriger als die genaue Bestimmung des im Seewasser enthaltenen Sauerstoffs und Stickstoffs war die Auffindung einer brauchbaren Methode für die Bestimmung der Kohlensäure im Seewasser. Alle älteren Versuche bis zum Jahre 1872 gehen von der Voraussetzung aus, dass die Kohlensäure ebenso wie die atmosphärische Luft beim Kochen des Seewassers aus diesem ausgetrieben wird. Den Grund für diese Annahme sah man darin, dass der durch Eindampfen von Seewasser bis zur Trockne erhaltene Rückstand nur ganz minimale Mengen von kohlensaurem Kalk enthielt, dass also die Kohlensäure im Seewasser nicht als Kalk oder Magnesia-Carbonate, sondern als freie, im Wasser gelöste Kohlensäure angenommen werden musste. Auf dieser, wie sich später

herausstellte, falschen Voraussetzung fussend, gelangte man zu den abweichendsten Resultaten.

So fand in einem Liter Seewasser:

Frémy [1])	2,2 — 2,8	cc. CO_2
Morren [2]) . . .	1,6 — 3,9	„ „
Lewy [3])	2,4 — 3,9	„ „
Pisano [4])	6,0 — 8,1	„ „
Hunter [5]) . . .	0,8 — 5,9	„ „
Bischof [6]) . . .	39,0	„ „
Vogel [7])	55,6 — 116,3	cc. CO_2

Als Jacobsen im Sommer 1871 auf der Pommerania seine Gasbestimmungen in der Ostsee vornehmen wollte, machte er die Beobachtung, dass durch einfaches Auskochen des Seewassers die darin enthaltene Kohlensäure bei Weitem nicht vollständig ausgetrieben wurde, dass aber alle Kohlensäure entweicht, wenn man während des Auskochens einen Strom von Kohlensäure-freier Luft durch das zu untersuchende Wasser leitet. Die Kohlensäure-Bestimmungen, welche nach der Bunsen'schen Methode ausgeführt waren, ergaben demnach viel zu niedrige Werthe, wie das sofort ein nach der Rückkehr der Pommerania von der Ostseefahrt mit Seewasser aus der Kieler Bucht vorgenommener Versuch [8]) darthat, bei welchem durch Destillation im Luftstrom aus einem Liter Seewasser 0,07235 gr oder 36,6 cc Kohlensäure ausgetrieben wurden. Schon damals wies Jacobsen auf die Bedeutung dieser Entdeckung mit den Worten hin: „Das Vorhandensein eines so grossen Vorraths von Kohlensäure im Meerwasser in einem Zustande, in welchem sie der Athmungsluft des letzteren nicht zugezählt werden darf, ohne andererseits der Vegetation als Nahrungsmittel unzugänglich zu sein, in einer Bindungsweise, bei welcher sie das Meerwasser befähigt, den kohlensauren Kalk selbst bei stundenlangem Kochen aufgelöst zu erhalten, ist unstreitig für die Beurtheilung des maritimen Thier- und Pflanzenlebens sowohl wie der geologischen Verhältnisse des Meeres von höchster Bedeutung."

---

[1]) Compt. rend. 6, pag. 616.
[2]) Ann. Chim. Phys. (3), 12, pag. 5.
[3]) Ibidem (3), 17. und Ann. Chem. Pharm. 58, pag 328.
[4]) Compt. rend. 41, pag. 532.
[5]) Liebig's Jahresb. 1869, pag. 1279.
[6]) Chem. Geologie, Aufl. II, pag. 1130.
[7]) Schweigg. Journ. 8, pag. 351.
[8]) Die Exped. z. phys.-chem. u. biolog. Untersuchung der Ostsee 1871. Berlin 1873, pag. 52.

Die Wege waren gewiesen, und Jacobsen stellte für seine Beobachtungen auf der Nordseefahrt im Sommer 1872 die erforderlichen Apparate zusammen, welche später [1]) auch abgebildet und beschrieben wurden. Neben den Bestimmungen der Kohlensäure, welche durch Destillation im Luftstrome ausgetrieben werden kann, versuchte Jacobsen auch den Gehalt an Erdcarbonaten festzustellen und fand in den Verdampfungsrückständen von je 10 Liter zweier verschiedenen Seewasser:

	CO_2		$CaCO_2$		$MgCO_2$
1.	0,1213 gr	aus	0,2500 gr	und	0,0217 gr
2.	0,1240 „	„	0,2350 „	„	0,0354 „

Diese Resultate schienen deutlich darzuthun, wie irrig die Annahme Vierthaler's [2]) war, nach welcher alle Kohlensäure im Meerwasser als Bicarbonat des Kalkes und der Magnesia vorhanden sein sollte, während schon Bischof [3]) aus dem Ueberfluss von freier Kohlensäure im Meerwasser schloss, dass nur da sich kohlensaurer Kalk auf chemischem Wege aus Meerwasser abscheiden könne, wo dieses durch lebhafte Bewegung mit der Luft in innige Berührung kommt und so einen Theil der Kohlensäure verlieren kann. Die Ursache für die merkwürdige Erscheinung, dass die Kohlensäure nur so überaus schwer aus dem Seewasser entweicht, während doch ein grosser Theil derselben, wie Jacobsen meint, nicht an Erdmeralle gebunden ist, und dass diese letzteren sich beim Kochen so schwer abscheiden, giebt dieser an wie folgt: „Jenes eigenthümliche Verhalten des kohlensauren Kalkes im Meerwasser ist auf den Gehalt des letzteren an Chlormagnesium zurückzuführen. Man erhält eine sich in diesen Beziehungen wie Meerwasser verhaltende Flüssigkeit, wenn man zu einer Lösung von Kalkcarbonat in kohlensaurem Wasser eine ganz neutrale Lösung von Chlormagnesium hinzusetzt. Das Gemisch kann wochenlang an der Luft stehen, es kann gekocht werden, ohne sich im geringsten zu trüben. Wie man aber auch eine Deutung der starken Absorptionswirkung des Meerwassers auf die atmosphärische Kohlensäure versuchen möge, sicher ist, dass man die Kohlensäure nicht in demselben Sinne, wie Sauerstoff und Stickstoff, als absorbirtes freies Gas darin annehmen kann."

So weit war man in die Frage eingedrungen als Buchanan,

---

[1]) Die Exped. z. phys.-chem. u. biolog. Untersuchung d. Nordsee 1872. Berlin 1875, pag. 49.

[2]) Wiener Acad. Ber. (2), 56, pag. 479.

[3]) Chem. Geol., II, Aufl. I, pag. 476.

der Chemiker der Challenger-Expedition, dieselbe von Neuem aufnahm und zunächst in der von Jacobsen gewiesenen Richtung weiter verfolgte. Neben Chlormagnesium enthält das Meerwasser noch eine Reihe anderer Salze, deren Lösung Buchanan einzeln auf ihre Absorptionsfähigkeit für Kohlensäure prüfte und dabei zu dem Resultat gelangte, dass die Sulfate bei Weitem die grösste Absorptionsfähigkeit besässen. Um die Schwefelsäure aus dem zu untersuchenden Meerwasser abzuscheiden, fügte er daher stets vor dem Auskochen einen Ueberschuss von Chlorbarium hinzu, wobei alle Schwefelsäure als schwefelsaurer Baryt ausgefällt wurde. Die zahlreichen Kohlensäurebestimmungen, welche Buchanan [1]) während der Challenger-Fahrt ausführte, gaben Resultate, die zwischen 35 und 65 mgr Kohlensäure per Liter Seewasser schwankten, während Jacobsen [2]) in der Nordsee etwa 90 — 100 mgr im Liter gefunden hatte. Bevor noch Dittmar seine Untersuchungen über das von Buchanan zusammengebrachte Material abschloss, erschien eine Arbeit von Tornoe [3]), welche die Lösung für die auffälligen Differenzen in den Resultaten Buchanan's und Jacobsen's brachte. Tornoe prüfte das Seewasser auf sein Verhalten gegen Lackmus und fand, dass dasselbe nicht, wie erwartet, sauer, sondern alkalisch reagire. Hieraus liess sich direct folgern, dass keine freie Kohlensäure im Meerwasser vorhanden sein könne; alle Kohlensäure musste als chemisch gebunden angenommen werden, und das Entweichen eines Theiles derselben beim Kochen des Seewassers konnte nur auf eine Umsetzung der Carbonate mit den übrigen vorhandenen Salzen zurückgeführt werden. Einige Versuche in dieser Richtung bestätigten diese Annahme glänzend. War aber alle Kohlensäure im Meerwasser chemisch gebunden, so konnte man dieselbe auch durch Kochen nicht vollständig austreiben, und deshalb benutzte Tornoe einen von C. Borchers [4]) und A. Classen [5]) angegebenen Apparat zur Bestimmung der Kohlensäure in Carbonaten mit einigen Abänderungen auch für seine Seewasser-Analysen. In Betreff des Aufbaues und der Handhabung dieses Apparates verweise ich auf die genaue Beschreibung und Abbildung, welche Tornoe selbst in The Norv. North-Atl.-Exp. Chem. pag. 30 ff. davon gegeben hat und welcher ich meine eigenen Untersuchungen angepasst habe. Das Princip, auf welchem die Kohlensäure-Bestim-

---

[1]) Ber. Berl. chem. Ges. 11, pag. 410.

[2]) a. a. O. pag. 57.

[3]) The Norvegian North-Atlantic-Expedition. Chemistry.

[4]) Journal für pract. Chemie 125, pag. 353.

[5]) Fresenius, Zeitschrift 9, pag. 445.

mungen beruhen, ist folgendes. In einem bestimmten Quantum Seewasser wird mit titrierter Schwefelsäure die gebundene Kohlensäure freigemacht, durch Erwärmen im Kohlensäurefreien Luftstrom ausgetrieben nnd in titriertem Barytwasser aufgefangen; die nicht verbrauchte Schwefelsäure wird mit titrierter Kalilauge, der überschüssige Baryt mit Oxalsäure bestimmt. Der verbrauchte Baryt giebt den Totalgehalt an Kohlensäure an, die verbrauchte Schwefelsäure dagegen durch eine leichte Umrechnung denjenigen Theil der Kohlensäure, welcher als neutrales Carbonat vorhanden war. Auf diese Weise hat Tornoe in 78 Fällen den Kohlensäuregehalt des Seewassers bestimmt. Die Werthe für die auf neutrales Carbonat berechnete Kohlensäure liegen für die Analysen Tornoe's zwischen 50 und 54 mgr per Liter, die Differenzen zwischen dem Totalgehalt des Seewassers an Kohlensäure und der auf neutrales Carbonat berechneten Menge Kohlensäure schwanken zwischen 40 u. 46 mgr. per Liter, übersteigen erstere also in keinem Falle. Alle Kohlensäure muss daher in Bicarbonaten im Seewasser vorhanden sein, weil eben diese Restbeträge nie diejenige Quantität Kohlensäure übersteigt, welche vermittelst der titrierten Schwefelsäure als neutrale Carbonate bildend bestimmt werden kann. Die Kohlensäure-Bestimmungen Buchanan's während der Challengerfahrt waren demnach nicht brauchbar, weil er durch die Methode des Auskochens nicht alle Kohlensäure austreiben konnte; aber Dittmar prüfte nachträglich die Methode Tornoe's an einer Serie von Seewassern, welche von jener Expedition mitgebracht waren, und erhielt dabei etwa 100 mgr Kohlensäure per Liter Seewasser, was mit den Resultaten Tornoe's übereinstimmt. Stellt man die titrierte Schwefelsäure oder Salzsäure so, dass ein cc der Säure gerade 1 mgr Kohlensäure entspricht, so geben die verbrauchten Kubikcentimeter der Lösung gleichzeitig in Milligrammen die Menge Kohlensäure an, welche als im Normalcarbonat gebunden in dem geprüften Quantum Seewasser enthalten war. Diese Zahl giebt die „Alkalinität" des Seewassers an, das heisst diejenige Grösse, aus welcher sich der Ueberschuss in der Summe aller Basen über die Summe der Schwefelsäure und des Chlors, wenn alles auf neutrale Salze berechnet wird, ergiebt. Die Differenz zwischen dieser Grösse und dem gefundenen Totalgehalt an Kohlensäure giebt die Menge Kohlensäure, welche zur Bildung von Bicarbonaten Verwendung finden konnte. Unter diesen Gesichtspunkten habe ich die schon vorher aufgeführten zwölf Wasser auf ihren Kohlensäuregehalt untersucht und gebe die Resultate in folgender Tabelle unter Beibehaltung der correspondirenden römischen Ziffern.

No.	a. Kohlensäure, normale Carbonate bildend mgr. pr. Ltr.	b. Kohlensäure, Bicarbonate bildend. mgr. pr. Ltr.	c. Totalgehalt an Kohlensäure. mgr. pr. Ltr.
I.	59,6	58,3	117,9
II.	57,3	55,6	112,9
III.	58,8	56,3	115,1
IV.	53,2	50,2	103,4
V.	51,2	52,8	104,0
VI.	52,3	51,0	103,3
VII.	51,5	49,2	100,7
VIII.	68,5	64,3	132,8
IX.	52,4	50,2	102,6
X.	54,2	49,4	103,6
XI.	52,3	49,8	102,1
XII.	53,9	54,6	108,5

Die Analysen IV, VI, VII, IX, X und XI ergeben im Durchschnitt 103 mgr Kohlensäure im Liter und kommen den von Dittmar gefundenen Werthen, die zwischen 98 und 107 mgr schwanken, sehr nahe. Bei allen ist die Kohlensäuremenge aus Columne b geringer als die aus Columne a, d. h. alle vorhandene Kohlensäure muss als Bicarbonat im Wasser enthalten sein. Auffällig hoch ist der Kohlensäurebetrag in No. VIII, doch scheint mir die Erklärung hierfür darin zu liegen, dass wir kein reines Seewasser, sondern brakisches Wasser von der Volturno-Mündung vor uns haben. Der Volturno scheint demnach dem Meere viel doppeltkohlensauren Kalk zuzuführen, was durch die Betrachtung seines im Apenninkalk gelegenen Flusssystems leicht erklärlich wird. Eine Sonderstellung nehmen die Analysen I, II u. III ein. Der Kohlensäuregehalt dieser drei Wässer übertrifft denjenigen der zuerst angeführten um 10 bis 15 mgr per Liter, und zwar vertheilt sich der Ueberschuss ziemlich gleichmässig auf die Columnen a und b. Wie man sich erinnert, sind dies dieselben drei Wasserproben, welche von den weit ausgedehnten Fango-Ablagerungen stammen und auch einen geringen Gehalt an Sauerstoff ergeben hatten. Es war daher angezeigt, der Bestimmung der festen Bestandtheile dieser nicht normalen Seewasser besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden, und werde ich im Capitel 5. davon berichten. — Es bleiben nun noch die Analysen V und XII der von den Seccen stammenden Grundwasser übrig. Sie zeigen die auffällige Erscheinung, dass die unter b angeführten Kohlensäuremengen jene unter a verzeichneten um etwa 1 mgr über-

treffen, während alle übrigen Werthe der Columne b um mehrere Milligramm hinter den entsprechenden in a zurückbleiben. Hier ist also mehr Kohlensäure vorhanden als zur Bildung von Bicarbonaten verbraucht werden kann, d. h. hier ist in der That freie Kohlensäure im Meerwasser vorhanden, was seine Erklärung wohl in dem so überaus reichen Thierleben auf den Seccen findet. — Mit Ausnahme von V und XII reicht aber die Kohlensäure aus Columne b in keinem Falle vollkommen aus, um mit dem ganzen Kohlensäurebetrage aus Columne a Bicarbonate zu bilden. Die „Alkalinität" des Seewassers wird aber auf einen Gehalt von Kalk- beziehungsweise Magnesia-Carbonat zurückgeführt, die wiederum nur als Bicarbonate in Lösung sein können; da nun aber die Kohlensäuremenge aus Columne a stets diejenige aus Columne b übersteigt, so schloss ich hieraus, dass bei der „Alkalinität" des Seewassers ausser dem Kalk- beziehungsweise Magnesia-Bicarbonat noch eine andere Base betheiligt sein müsse, deren normales Carbonat im Wasser löslich sei. Mir schien hier jene Basis an ihren richtigen Platz zu kommen, von deren Vorhandensein im Seewasser schon Forchhammer [1]) spricht: Nitrogen occurs in sea-water combined with hydrogen as ammonia, and its presence may be shown by mixing sea-water with a solution of baryta, and distilling the mixture in a glass retort. In the distilled portion ammonia may be shown by adding some drops of nitrate of protoxide of mercury, which will form grey clouds, or by muriatic acid and chloride of platinum, which, when carefully evaporated, will leave the well-known yellow salt insoluble in alcohol.

Um diesem Gegenstande meine besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden, dazu neigte sich die Zeit meines Aufenthaltes an der zoologischen Station in Neapel schon zu sehr ihrem Ende entgegen, und Wasserproben für spätere Untersuchungen in Glasbehälter einzuschliessen, ging auch nicht an, da in solchen Wassern unzweifelhaft Zersetzungen organischer Stoffe vor sich gehen, die Ammoniak liefern können. Dennoch prüfte ich 5 der untersuchten 12 Seewasser auf Ammoniak, indem ich zuerst Salzsäure im Ueberschuss zufügte, um alle Carbonate in Chlorverbindungen überzuführen, und dann unter Zusatz von Kalkhydrat destillirte. Im Destillat fällte ich mit Platinchlorid und absolutem Alcohol das Ammonium-Platinchlorid. Die Wägungen und Umrechnungen ergaben zwischen 2 und

[1]) On the Composition of sea-water in the different parts of the ocean. Philos. transactions of the Roy. Soc., vol. 155, pag. 208.

4,5 mgr NH_3 im Liter Seewasser. Sicher ist diese Methode der Bestimmung keine quantitativ zuverlässige, sie lieferte aber doch den Beweis, dass Ammoniak im Seewasser vorhanden ist, und macht es wahrscheinlich, dass die „Alkalinität" desselben nicht nur von den Kalk- und Magnesia-Bicarbonaten abhängt, sondern dass sich auch das Ammonium-Carbonat dabei betheiligt.

5. Der Salzgehalt des Seewassers.

Im Gegegensatz zu den ungenügenden und fehlerhaften Resultaten, zu welchen die ersten Untersuchungen über den Gehalt des Seewassers an Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure führten, sehen wir gleich mit Beginn der Arbeiten über den Salzgehalt im Seewasser durch die umfassenden Untersuchungen Forchhammer's [1]) Klarheit verbreitet. Seine Resultate sind bis auf den heutigen Tag grundlegend geblieben und haben durch spätere zahlreich ausgeführte Analysen nur erweitert und vervollständigt, nicht aber widerlegt werden können. Schon Forchhammer hatte in einer langen Reihe von Jahren Seewasser von den verschiedensten Stellen der Erde gesammelt und analysirt, was später dann von den Chemikern der Challenger-Expedition wiederholt wurde. Für einzelne Meerestheile sind noch besondere Untersuchungen über diesen Gegenstand gemacht worden, von denen hier nur die Arbeiten Tornoe's für den nördlichen Atlantischen Ocean und Jacobsen's für die Ost- und Nordsee als besonders werthvoll hervorgehoben werden sollen. Forchhammer hatte nicht alle im Meerwasser in beträchtlichen Quantitäten vorkommenden Elemente direct bestimmt, so z. B. nicht das Natrium, welches er aus der Differenz berechnete; andererseits war seine Methode für die Bestimmung des Kalium nicht zuverlässig; aber die übrigen Elemente stimmen mit den Durchschnitts-Resultaten späterer Untersuchungen trefflich überein. Als Beweis dafür diene der Durchschnittswerth der Analysen von Dittmar, welcher aus 77 vollständigen Analysen des Wassers des offenen Oceans gezogen ist.

	Dittmar.	Forchhammer.
Chlor	100,000	100,00
Schwefelsäure .	11,576	11,88
Kalk	3,053	2,93
Magnesia . . .	11,212	11,03
Kali	2,405	1,93
Natron . . .	74,760	—

[1]) l. c. pag. 203.

Die Fehler und Unvollständigkeiten, welche in Betreff der Alkalienbestimmung bei Forchhammer bestehen, hat dann Dittmar vermieden, indem er alle in grösseren Quantitäten vorkommenden Bestandtheile direct bestimmte und auch die Analysenmethoden vielfach auf ihre Brauchbarkeit geprüft und verbessert hat. Es gelang Dittmar, die „Alkalinität des Seewassers", welche durch die Kohlensäure-Bestimmungen schon erschlossen war, auch noch direct nachzuweisen, indem sich wirklich herausstellte, dass die Summe aller durch die Analyse gefundenen Basen grösser ist, als sie nach dem Betrage der gefundenen Schwefelsäure und des Chlors sein dürfte. Diese genauen trefflichen Untersuchungen kamen mir bei meiner eigenen Arbeit sehr zu statten [1]); besonders da in der Arbeit Forchhammer's bereits 20 Analysen von Seewasser aus den verschiedenen Theilen des Mittelmeeres veröffentlicht sind. Als Mittelwerthe ergaben sich von 1000 Theilen Seewasser und auf 100 Theile Chlor berechnet [2]):

	Chlor.	Schwefelsäure.	Kalk.	Magnesia.
Im Oberflächenwasser.	20,845	2,470	0,647	2,296
	(100)	(11,85)	(3,10)	(11,01)
Im Tiefseewasser . . .		2,537		
		(11,99)		

So begnügte ich mich denn, hierbei die Wege zu gehen, welche meine gasometrischen Arbeiten mich gewiesen hatten. Wir haben gesehen, wie die Wasser No. I, II und III eine auffallend grosse Differenz zwischen dem berechneten und dem gefundenen Sauerstoffquantum ergaben, und wie diese drei Wasser andererseits wieder erheblich mehr Kohlensäure aufweisen wie die übrigen. Da aber die Prüfung auf die „Alkalinität" zeigte, dass keine freie Kohlensäure hier vorhanden sein konnte, wie das aus den Zusammenstellungen der Tabelle auf pag. 331 hervorgeht, so musste ich auf eine Anreicherung von Carbonaten schliessen. Die quantitative chemische Analyse ergab in 1000 Theilen Wasser:

	Chlor.	Schwefelsäure.	Kalk.	Magnesia.
I.	21,142	2,512	0,650	2,369
II.	21,246	2,482	0,644	2,358
III.	21,198	2,530	0,661	2,362
Im Durchschnitt	21,195	2,508	0,656	2,363

[1]) Vollständige quantitative Analysen einer Reihe von Seewassern aus dem Golf von Neapel anzustellen, schien mir keinen entsprechenden Gewinn für den grossen erforderlichen Zeitaufwand zu bringen.

[2]) l. c. pag. 262.

Zum Vergleiche hiermit machte ich die gleichen Bestimmungen bei drei anderen Wassern IX, X und XI, welche etwa 103 mgr Kohlensäure per Liter ergeben hatten:

	Chlor.	Schwefelsäure.	Kalk.	Magnesia.
IX.	21,203	2,493	0,640	2,298
X.	21,187	2,488	0,639	2,342
XI.	21,296	2,522	0,651	2,209
Im Durchschnitt	21,228	2,501	0,643	2,283

Wenngleich auch die Mittelwerthe der Analysen IX, X und XI für Kalk und Magnesia sich etwas niedriger stellen als die Mittelwerthe aus I, II und III, so scheint es mir doch gewagt, hieraus einen directen Beweis für die Ansicht entnehmen zu wollen, dass die Kohlensäure-Anreicherung in I, II und III einem erhöhten Gehalt des Meerwassers an Magnesia- und Kalkcarbonat zuzuschreiben sei.

Auf 1000 Theile Seewasser zeigt sich bei der ersten Gruppe ein Ueberfluss von 0,013 Theilen Kalk und 0,080 Theilen Magnesia. Im Durchschnitt haben diese 3 Wasser im Liter 12 mgr Kohlensäure mehr als die der zweiten Gruppe. 12 mgr Kohlensäure entsprechen aber etwa 22 mgr Kalkbicarbonat oder 7,5 mgr Kalk. Für Magnesia würden die entsprechenden Werthe sich ergeben für 12 mgr Kohlensäure mit etwa 20 mgr Magnesia-Bicarbonat oder 5,5 mgr Magnesia. Nimmt man noch an, dass Kalk und Magnesia sich zu gleichen Beträgen an dem vermutheten Carbonat-Ueberschuss betheiligen, so erhalten wir Werthe von 0,0037 gr Kalk und 0,0027 gr Magnesia für einen Liter Seewasser.. Wie man sieht, sind das aber Zahlen, welche innerhalb der Grenzen der möglichen Analysenfehler liegen, und der durch die Analyse gefundene Ueberschuss an Kalk und Magnesia kann sehr wohl auch aus anderen Ursachen entspringen. Immerhin weist das Deficit an Sauerstoff und der Mehrbetrag der Kohlensäure darauf hin, dass beide durch den Verwesungsprocess organischer Reste auf den Fango-Territorien nicht unwesentlich beeinflusst werden. In der Annahme, dass die Kohlensäure als Kalk- und Magnesia-Carbonat vorhanden sei, wurde ich durch die Untersuchung des Fangoschlammes von neuem befestigt. Der Golf wird mit Ausnahme derjenigen Stellen, wo Laven und Kalkfelsen in das Meer reichen, rings von basaltischen und trachytischen Tufflagern eingefasst, an denen die Brandung jahraus jahrein nagt. Mit diesem Tuffmaterial geht nun ein vollständiger Schlämmprocess vor sich, die specifisch schwereren Theile, die grösseren Sanidine, Augite, Olivine und Leucite, bleiben

dem Ufer am nächsten liegen, die feineren Partikelchen und die glasige Zwischenmasse wird weiter hinausgetragen in's Meer, um dort als graubrauner Schlamm zu Boden zu sinken. In diesen mehr oder weniger thonigen Absätzen, dem Fango, erkennt man mit Loupe und Mikroskop deutlich die mineralischen Bestandtheile der Basalt- und Trachytlaven neben Massen zersetzten, nicht mehr bestimmbaren Gesteinsmaterials, welche dem Ganzen die zähe, thonige Beschaffenheit geben. Solche Fangoproben von den Stellen, an welchen die Wasser I, II und III geschöpft waren, wurden durch Schlämmen von den einzelnen darin enthaltenen Bruchstücken organischer Kalkreste befreit, bis eine sorgfältige Musterung unter dem Mikroskop keine irgendwie erheblichen Mengen davon auffinden liess, ausgenommen die Kalkschalen mikroskopischer Thiere, welche sich nicht abscheiden liessen. Diese Proben wurden dann bis 105° getrocknet und mit verdünnter Salzsäure behandelt. Hierbei ergab sich folgendes Resultat:

		löslich	entsprechend $CaCO_3$		$MgCO_3$
Für Fango	No. I.	22,68 pCt.	16,23 pCt.	und	4,27 pCt.
„ „	No. II.	19,38 „	14,34 „	„	3,28 „
„ „	No. III.	24,79 „	16,68 „	„	3,24 „

Die fehlenden 2 pCt. entfallen auf Schwefeleisen, welches seine Anwesenheit schon durch das Auftreten von Schwefelwasserstoff bei Behandlung der Grundproben mit Salzsäure und durch die braune Färbung des gelösten Antheiles verrieth, doch davon soll später berichtet werden. Ein solch bedeutender Procentsatz von Kalk- und Magnesia-Carbonat in einem von organischen Kalkresten möglichst befreiten Seeschlamm schien mir doch darauf hinzudeuten, dass wenigstens ein Theil dieser Carbonate nicht organischen Ursprunges sei, und ich war anfangs geneigt, eine Zersetzung zwischen den Kalk- und Magnesia-Silicaten des Schlammes und der durch die Verwesungsprocesse erzeugten Kohlensäure anzunehmen. Wenngleich auch jetzt mir dieser Weg der Erklärung nicht ganz ausgeschlossen scheint, besonders da dieser Process ja bei den Verwitterungsvorgängen in Gesteinen der Erdrinde weit verbreitet ist, so fand ich doch noch eine zweite Erklärung für diese Erscheinung. Die Entwickelung von Schwefelwasserstoff beim Behandeln des Schlammes mit Salzsäure liess die Frage auftauchen, woher der erforderliche Schwefel stamme, und da lag es nahe, auf die im Seewasser vorhandene Schwefelsäure zurückzugreifen, welche durch irgend welches Agens zersetzt, den Schwefel liefern kann. Ein Dredgezug auf dem

Fango liefert mehrere Eimer des zähen, thonigen Schlammes der, fest zusammengeballt, auch beim Aufwinden der Dredge kein Seewasser zu den inneren Theilen dringen lässt. Aus der Mitte dieser Masse wurde ein Theil herausgenommen und mit Kohlensäure-freiem destillirten Wasser ausgelaugt. War das in dem Schlamm enthaltene Seewasser unzersetzt, so musste ich auf diese Weise ein verdünntes Seewasser erhalten, das aber die einzelnen Bestandtheile im richtigen gegenseitigen Verhältniss enthielt. Dieses war aber nicht der Fall. Die beiden Fangoproben stammen von denselben Stellen, an welchen die Wasserproben I und II genommen waren, und ich habe die Analysen-Resultate so umgerechnet, dass der Chlorbetrag mit dem der Grundwasser-Analysen I und II, wie er auf pag. 334 verzeichnet steht, übereinstimmt, um den Vergleich zu erleichtern, dann ergab sich mir:

Schlammauszug	H_2SO_4	CaO	MgO		Cl
No. I.	2,122	0,564	2,230	entsprechend	21,142
No. II.	2,210	0,534	2,187	„	21,246

Hieraus ergiebt sich, dass in der That Kalk und Magnesiasulfate des Meerwassers in dem Schlamme eine Verminderung erfahren haben, und die Ursache hierfür scheint auf der Hand zu liegen. Die organischen Reste verwesen an der Oberfläche des Schlammes auf Kosten des im Meerwasser gelösten Sauerstoffes, worauf die erhebliche Sauerstoff-Verminderung in I, II und III hindeutet. Werden diese organischen Reste aber in den zähen, thonigen Schlamm eingebettet, so ist der hier vorhandene Sauerstoff bald verbraucht, die Diffusion des Seewassers wird durch den wenig durchlässigen Thon gehindert, und die verwesenden organischen Reste entziehen aus Mangel an freiem Sauerstoff denselben den Sulfaten. Diese zerfallen, die Basen Kalk und Magnesia bilden mit der entwickelten Kohlensäure Carbonate, und der Schwefel kann, mit etwa vorhandenem Eisen, Schwefeleisen bilden. Mir scheint dieser Process deshalb von besonderer Wichtigkeit, weil er überall da sich abspielen kann, wo organische Stoffe und Seewasser zusammenkommen, also auch in tieferen Schichten mariner Absätze, wo dann das so auf anorganischem Wege abgeschiedene Kalk- und Magnesia-Carbonat die schlammigen Meeresabsätze zu festem, thonigem Kalkstein verkitten kann. Vielleicht deutet auch das häufige Vorkommen von Eisenkieskrystallen in vielen Kalksteinen darauf hin, dass diese einst aus losem, organogenem Kalkdetritus bestehend, auf dem eben angedeuteten Wege verkittet worden sind.

6. Die chemische Einwirkung des Meerwassers auf die Gesteine.

Die mikroskopische Analyse des Fango zeigt deutlich, dass hier ein nicht unbeträchtlicher Theil der vulkanischen Aschen bereits zersetzt oder doch stark angegriffen ist; jedes grössere Stückchen Basalt, welches man aus dem Schlamme herausliest und zerschlägt, zeigt deutlich eine äussere, meist hellgraue Rinde von zersetztem, ziemlich weichem Material um einen dunkeln, unzersetzten Kern. Leider gelang es mir nicht, diese Zersetzungsvorgänge im Dünnschliff solcher Basaltbrocken unter dem Mikroskop zu verfolgen; die Zersetzungszone ist zu weich, um dem Schleifprocess zu widerstehen, und die Zone selbst setzt ziemlich scharf gegen den frischen Basaltkern ab, so dass keine rechten Uebergänge zwischen zersetztem und unzersetztem Material zu bemerken sind. Es ist dies übrigens keine vereinzelt dastehende Erscheinung. Wer sich mit der mikroskopischen Untersuchung der Zersetzungsvorgänge in Massengesteinen beschäftigt hat, wird zugeben, dass ein scharfes Absetzen von bereits veränderter gegen noch frische Substanz weit häufiger zu beobachten ist als ein allmähliches Uebergehen ineinander durch zahlreiche mineralogisch nicht definirbare Zwischenstadien. Bei den Fango-Absätzen fehlte ausserdem noch das frische Gesteinsmaterial zum Vergleich, und so erwiesen sich diese als wenig geeignet, Beiträge zur Frage nach den chemischen Einwirkungen des Meerwassers auf die Gesteine zu liefern, Weitaus günstiger stellten sich die Vorbedingungen für diese Untersuchungen bei den compacten Küstengesteinen des Golfes, den Trachyten, Basalten und Kalksteinen. J. Walther hatte schon in einer früheren Arbeit darauf hingewiesen, wie eigenthümlich sich diese Gesteine gegen die Einwirkung des Seewassers verhalten und besonders auf die karrenfeldartigen Bildungen an den Kalkfelsen von Sorrent und Capri wie auch auf die eigenthümliche Erscheinung hingewiesen, dass auf den Oberflächen der Basaltlaven von Torre del Greco wie auf den trachytischen Lavaströmen, welche auf Ischia das Meer erreichen, innerhalb der Brandungszone die mineralischen Bestandtheile plastisch herausmodellirt werden. Man könnte hierbei sehr wohl auf eine rein mechanische Wirkung des Ufersandes denken, welcher, von der Brandung gepeitscht, das weichere, weniger widerstandsfähige, glasige Bindemittel der Laven stärker angreift als die ausgeschiedenen Krystalle. In einem früheren Abschnitt dieser Arbeit ist bereits mitgetheilt worden, wie sich das Experiment gegen diese Annahme ausspricht. Es bleibt also nur übrig, in den angeführten Erscheinungen eine chemische Reaction des Meerwassers gegen die Laven

und Kalksteine zu erblicken. Die Kohlensäure des Seewassers konnte das chemische Agens nicht sein, denn wie wir eben dargethan haben, ist dieselbe mit Ausnahme seltener Fälle, welche auf locale Ursachen zurückzuführen sind, nicht im freien Zustande im Meerwasser vorhanden. Ganz dagegen möchte ich hier die Kohlensäure von der chemischen Action doch nicht ausschliessen, da die in der Brandung zerstiebenden Wogen wohl etwas freie Kohlensäure aus der Luft aufnehmen können, aber der Hauptfactor, welcher hier in Rechnung zu ziehen ist, scheint mir in den Salzen, welche das Meerwasser gelöst enthält, zu liegen, und dem Experiment müsste anheim gegeben werden, diese Vermuthung zu bestätigen oder zu widerlegen. Um überhaupt quantitativ bestimmbare Reactionen zu erhalten, durfte ich natürlich nicht kalte Salzlösungen und gröbere Gesteinsstücke anwenden, sondern ich musste die Wärme, die feine Vertheilung des Materials, ja sogar den erhöhten Druck im abgeschlossenen Glasrohr zu Hilfe nehmen. Meine ersten Versuche galten der Einwirkung von dreiprocentiger Kochsalzlösung auf gepulverten Kalkstein von der sorrentiner Küste, der hart und klingend war und auf seiner Oberfläche die Einwirkung des Seewassers deutlich zeigte. Das gepulverte Material, 3,642 gr, wurde in einer Platinschale mit dreiprocentiger Kochsalzlösung 12 Stunden im Wasserbade erhitzt, und die Lösung möglichst auf gleichem Niveau erhalten. Das auf dem Filter gesammelte Material wog bei 105° C. getrocknet 3,611 gr, entsprechend einem Gewichtsverlust von 0,851 pCt. Die Kochsalzlösung enthielt 0,0145 gr CaO, gleich 0,0259 gr $CaCO_3$, entsprechend einem Gewichtsverlust des angewandten Kalksteinpulvers von 0,717 pCt. Die feingepulverte Basaltlava von Torre del Greco wurde ebenfalls mit dreiprocentiger Kochsalzlösung 12 Stunden im Wasserbade gekocht. Das wieder gesammelte Pulver zeigte aber, trotz nie ganz zu vermeidender Verluste, nur eine Gewichtsabnahme in der dritten Decimale (angewandte Substanz 3,9684, nach dem Kochen 3,9662), und dem entsprechend konnte ich aus der abfiltrirten Kochsalzlösung auch nur einige Flocken Kieselsäure und unwägbare Mengen Kalk abscheiden. Immerhin bewies aber dieser Versuch, dass in der That das Gesteinsmaterial durch die Kochsalzlösung angegriffen wird. Quantitativ diese Einwirkung im zugeschmolzenen Glasrohre unter Anwendung eines Oelbades zu verfolgen, schien nicht thunlich, denn der erste Versuch zeigte mir schon, dass die Glasröhren selbst angegriffen wurden; statt dessen suchte ich die Frage zu lösen, ob die krystallisirten Gemengtheile oder die amorphe Zwischenmasse durch Kochsalzlösung zersetzt wird. Ein Dünnschliff der Lava von Torre del Greco wurde mit Alcohol vom Objectträger

gelöst und dann in eine Glasröhre mit Kochsalzlösung eingeschlossen, und das Ganze im Oelbade 20 Stunden erhitzt. Der Dünnschliff war vor dem Erhitzen von ovaler Form und ohne Löcher; nachher zeigte er eine gezackte Umgränzung, bei der die vorspringenden Stellen von Krystallen gebildet wurden, wie deutlich unter dem Mikroskop zu beobachten war als ich den Schliff mit einem Tropfen Wasser und einem Deckgläschen bedeckte. In der Mitte des Schliffes hatten sich mehrere Löcher gebildet deren Umgrenzung ebenfalls wie der Rand feingezackt war. Eine geringe Menge feinsten Pulvers am Boden der Röhre erwies sich unter dem Mikroskop als Bruchstückchen von doppeltbrechenden Mineralien, die augenscheinlich aus den entstandenen Löchern im Dünnschliff herrührten, und der ganze Schliff hatte wesentlich an Festigkeit und inneren Zusammenhang verloren, so dass er sich nicht wieder in Canadabalsam einbetten liess, sondern beim Auflegen des Deckglases gänzlich zerfloss. In derselben Weise, wenn auch bei Weitem nicht so intensiv, wurde bei einem analogen Versuch ein Dünnschliff des Trachytes vom Arso-Strom auf Ischia durch Kochsalzlösung angegriffen. Experimente mit schwefelsaurem Kalk führten bei Basalt und Trachyt zu negativen Resultaten, so dass es scheint, als ob die Chloride des Meerwassers besonders stark auf die Gesteine einwirken. Dies hat vielleicht darin seinen Grund, dass die durch die wechselseitige Zersetzung des Chlornatriums und der Erdsilicate entstandenen Verbindungen alle im Wasser löslich sind, während dies beim Ersatz des Chlornatriums durch Kalksulfat nicht der Fall ist. Es scheint mir sehr wahrscheinlich, dass die eben beschriebenen Zersetzungsvorgänge sich auch an Laven in der Tiefe des Meeres abspielen, sind doch dort dieselben Agentien dafür vorhanden wie an der Küste. Jene grauen Krusten, welche alle mit der Dredge vom Meeresgrund heraufgebrachten Lavabrocken zeigen, scheinen mir für diese Ansicht den Beweis zu liefern. Dort auf dem Grunde des Meeres fehlte aber die mechanische Wirkung der Brandung des Meeres, welche die chemisch umgeänderte Oberfläche der Küstengesteine immer von neuem abreibt und immer frisches Material dem Seewasser leicht zugänglich macht. Daher werden an den Küsten die makroskopischen Krystalle gleichsam herausgeätzt. In den stillen Wassern des Meeresgrundes werden die Laven auch zersetzt, aber das zersetzte, nicht leicht lösliche Material wird hier nicht mechanisch entfernt, es bildet eine Kruste um den unzersetzten Kern, in deren Pulver die nicht angegriffenen Krystalle mit der Loupe sehr gut erkannt werden können. Besonders scheint es die abgeschiedene Kieselsäure zu sein, welche der Auflösung der Krusten hindernd

entgegenwirkt und nur eine mechanische Entfernung derselben zulässt, wie sie unserer Auffassung nach an den Küsten durch die Brandung bewirkt wird, denn ich erhielt aus der grauen zersetzten Kruste eines Lavastückchens 51,6 pCt. SiO_2, während der zugehörige Kern nur 46,3 pCt. SiO_2 ergab. Die Kieselsäure der Kruste war zum Theil im amorphen Zustande vorhanden, denn es gelang durch Kochen des Pulvers in Kalilauge 9,2 pCt. in Lösung zu bringen.

Und so erscheint es als eine Thatsache von einiger Wichtigkeit, dass die Seccen des Golfes von Neapel, welche wir als zerstörte Vulkaninseln, als Denudationsreste darzustellen versuchten, mit ihrer Oberfläche bis zu 40 m Meerestiefe heraufragen, also bis in eine Zone, welche noch in Mitleidenschaft gezogen wird durch die Oberflächenbewegung des Meeres; vielleicht dürfte auch eine dort vorhandene Strömung von Einfluss sein.

Wir wollen nicht versäumen, am Schluss dieser „Studien" darauf hinzuweisen, dass die hier vorgelegten Untersuchungen wesentlich zu dem Zweck unternommen wurden, die Reliefverhältnisse des Meeresgrundes im Golf von Neapel genetisch zu erklären, und dass die flüchtigen Seitenblicke, welche wir im Verlaufe dieser Arbeit solchem Thema zuwandten, in Wirklichkeit den Kern- und Zielpunkt der ganzen Arbeit bildeten und einer Reihe noch unvollendeter weiterer Untersuchungen bilden sollen.

Eine systematische einheitliche Bearbeitung und Erklärung der Reliefverhältnisse des Golfgrundes wird erst dann gegeben werden können, wenn alle Fragen in ihren Wechselbeziehungen genauer erforscht und alle Probleme, wenn nicht gelöst, so doch der Lösung näher gebracht wurden. Dazu aber sind noch jahrelange Arbeiten erforderlich.

Der königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin einerseits, sowie dem königl. preuss. Unterrichtsministerium und der Ober-Schulbehörde der Stadt Danzig andererseits, durch deren Munificenz unser Aufenthalt in Neapel im Frühjahr 1885 möglich wurde, gestatten wir uns, den ehrerbietigsten Dank auszusprechen. Desgleichen fühlen wir uns dem Leiter der zoologischen Station zu Neapel, Herrn Professor Dr. A. Dohrn, und den Beamten seiner Anstalt zum grössten Dank verpflichtet für die reiche Unterstützung, welche wir bei unseren Untersuchungen erfuhren.

Die Arbeiten waren in der Weise vertheilt, dass J. Walther mehr die stratigraphischen und tektonischen, P. Schirlitz mehr die chemischen und petrogenetischen Fragen studirte und bearbeitete.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft

Jahr/Year: 1886

Band/Volume: 38

Autor(en)/Author(s): Walther Johannes, Schirlitz Paul

Artikel/Article: Studien zur Geologie des Golfes von Neapel. 295-341