

Aus den  
Berichten der Commission für Erforschung  
des östlichen Mittelmeeres.

Chemische Untersuchungen im östlichen Mittelmeer

von

Dr. Konrad Natterer.

II. Reise S. M. Schiffes „Pola“ im Jahre 1891.

(Aus dem k. k. Universitäts-Laboratorium des Prof. Ad. Lieben.)

(Mit 1 Kartenskizze.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 7. Juli 1892.)

Nachdem im ersten Expeditionsjahr das jonische Meer bereist worden, wurde im Sommer 1891 die Umgebung von Kreta in zoologischer, physikalischer und chemischer Beziehung untersucht.

Das Programm der chemischen Arbeiten erfuhr insoferne eine Erweiterung, als ausser den an verschiedenen Stellen und aus verschiedenen Tiefen geschöpften Wasserproben auch Grundproben analysirt wurden, welche entweder das Loth oder das Schleppnetz heraufgebracht hat.

### Untersuchung der Wasserproben.

Dieselbe erfolgte fast durchaus in derselben Weise wie im ersten Jahre.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Denkschriften LIX, Berichte der Commission für Erforschung des östlichen Mittelmeeres III. Auch erschienen in den Monatsheften für Chemie.

Ich habe auch meinen, am 24. März 1892 an der Wiener Universität gehaltenen Habilitationsvortrag »Zur Chemie des Meeres« im Druck erscheinen lassen. (Verlag von W. Braumüller, Wien und Leipzig.) Neben Betrachtungen über biologische und geologische, im Meer sich abspielende Vorgänge, suchte ich darin eine gedrängte Zusammenstellung der wichtigsten auf das Meer bezüglichen chemischen Thatsachen, wie sie die Arbeit Einzelner und die von Tiefsee-Expeditionen ergeben hat, zu bringen.

In dem auf dem Expeditionsschiff errichteten Laboratorium wurde auf die in der ersten Abhandlung angegebene Art der Gehalt des Meerwassers an gelöstem Sauerstoff, an Kohlensäure, Ammoniak und leicht oxydabler organischer Substanz bestimmt, sowie die Prüfung auf salpetrige Säure, Salpetersäure und Schwefelwasserstoff ausgeführt. Die beiden letzteren Körper wurden ebensowenig wie im Vorjahre gefunden.

Auf die unsichere quantitative Bestimmung der immer nur in ganz geringer Menge vorhandenen salpetrigen Säure wurde diesmal verzichtet. Zu ihrer vergleichenden Schätzung wurde ein kleines Stöpselglas mit ca.  $15 \text{ cm}^3$  Meerwasser und Etwas Jodzinkstärkelösung und Schwefelsäure ganz voll gefüllt und eine Stunde lang verschlossen stehen gelassen, wobei der Inhalt des Glasgefäßes entweder farblos blieb oder eine immer nur schwache Färbung (kaum sichtbares Violett bis ganz schwaches Blau-Violett) annahm. So unsicher die Schätzung so geringer Farbenunterschiede ist — zumal bei dem Umstand, dass das Eintreten der Reaction etwas von der Temperatur abhängt, so glaube ich doch sagen zu können, dass diesmal der Gehalt an salpetriger Säure fast immer dem im Vorjahre gefundenen Minimum gleich war, und dass — im Gegensatz zu dem im jonischen Meer Beobachteten — in dem zwischen Kreta und der ägyptischen Küste gelegenen Meere das mit dem Loth aus dem Meeresgrund emporgeholt Wasser ein wenig reicher an salpetriger Säure war als das an derselben Stelle sonstwie geschöpfte Meerwasser.

Unmittelbar nach dem Schöpfen wurden ferner die einzelnen Wasserproben mittelst Phenolphthaleïn (öfters auch mittelst einer ganz verdünnten, durch eine Spur Salzsäure blau gemachten Lösung von Congoroth) auf ihre Reaction geprüft und dieselbe immer schwach, aber deutlich alkalisch gefunden. Beim Vergleich der ganz geringen Unterschiede in der Rothfärbung, die bei Zusatz von 5 Tropfen einer alkoholischen Lösung von Phenolphthaleïn ( $0.25 \text{ g}$  in  $\frac{1}{4} \text{ l}$  gelöst) zu  $5 \text{ cm}^3$  Meerwasser aus verschiedenen Tiefen eintrat, erwies sich fast regelmässig das vom Meeresgrund stammende Wasser etwas weniger alkalisch, wahrscheinlich wegen eines grösseren Gehaltes an (halb gebundener) Kohlensäure. —

Was die in Wien vorgenommene Bestimmung der Mineralbestandtheile des Meerwassers betrifft, so erlitt gegen das Vorjahr nur die directe Ermittlung der Summe der einzelnen Salze eine Änderung.

Es wurde diesmal einfach der bei  $175^{\circ}$  getrocknete Abdampfungsrückstand von ca.  $30\text{ cm}^3$  Meerwasser gewogen. Um den getrockneten Abdampfungsrückstand vor Luftfeuchtigkeit schützen zu können, waren auf dem Rande der zum Abdampfen und Trocknen dienenden Glasschale (von  $5\text{ cm}$  Durchmesser in der ganzen, gegen  $4\text{ cm}$  betragenden Höhe) zwei Glasplatten aufgeschliffen, von welchen eine jede die Schale vollkommen bedeckte und von welchen die eine in der Mitte ein mit Phosphorpentoxyd gefülltes Glasrohr trug. Nachdem der durch langsames Abdampfen am Wasserbad gewonnene Salzlückstand der gewogenen Meerwassermenge 3 Stunden lang in einem mit Anilindampf erhitzten V. Meyer'schen Trockenschrank gestanden war, wurde rasch die etwas vorgewärmte Glasplatte mit dem Phosphorpentoxyd-Rohr aufgesetzt, damit während des Erkaltsens trockene Luft in die Schale einströmte. — Je eine geradlinige Kante der beiden Glasplatten waren auf einander aufgeschliffen, so dass nach dem vollkommenen Erkalten des Apparates, während welcher Zeit er überdies in einem Exsiccator über concentrirter Schwefelsäure stand, die das Phosphorpentoxyd-Rohr tragende Deckplatte abgeschoben und durch die andere, einfache Glasplatte, mit welcher die leere Glasschale tarirt worden war, ersetzt werden konnte, ohne dass Luft zu dem so hygroskopischen Salzlückstand kam.

Wurden so, wie ich glaube, die im Meerwasser gelösten Salze in fast vollkommen trockenem Zustande zur Wägung gebracht, so war anderseits nach dem Trocknen bei  $175^{\circ}$  eine Gewichtsabnahme insoferne eingetreten, als sich die Kohlensäure der Carbonate abgespalten<sup>1</sup> und sich vielleicht ein kleiner Theil des Magnesiumchlorid zu Magnesiumoxyd umgesetzt hat.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> H. Tornøe, Journal f. pract. Chemie. N. F. XX, 44 (1879).

<sup>2</sup> Nach O. Jacobsen (Berichte der Commission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, 1872) verliert Magnesiumchlorid in höherer Temperatur bei Gegenwart von viel Natriumchlorid kein Chlor. — H. Tornøe

In zwölf Fällen wurde das Meerwasser — abgesehen von den nur spurenweise darin enthaltenen Substanzen — einer vollständigen Analyse unterworfen. Die Summe der gefundenen Bestandtheile ist immer und zwar in verschiedenem Grade, kleiner als das Gewicht des bei 175° getrockneten Abdampfungsrückstandes.

Nach den Untersuchungen von H. A. Meyer, C. Schmidt, Tornøe, Köttsdorfer und Anderen ist das Verhältniss zwischen Salzgehalt und specifischem Gewicht in den verschiedenen Meeren fast genau das Gleiche. Wenn bei den in Tabelle I niedergelegten Analysen und Dichte-Bestimmungen das Verhältniss zwischen dem aus den Einzelbestimmungen berechneten Salzgehalt und dem specifischen Gewichte fast ganz constant ist und mit dem in der Adria und in den Océanen gefundenen übereinstimmt, wenn hingegen das Verhältniss zwischen dem durch Abdampfen und Trocknen gefundenen Salzgehalt und dem specifischen Gewicht ziemlich grossen Schwankungen unterworfen ist, stets aber ein Zuviel an sogenanntem Salz gegenüber der Adria und dem Ocean aufweist, so wird man zur Vermuthung geführt, dass im Wasser des östlichen Mittelmeeres in wechselnder Menge eine der Bestimmung entgangene, wahrscheinlich organische Substanz enthalten ist, deren specifisches Gewicht annähernd gleich 1 ist.

#### Untersuchung der Grundproben.

Ebenso wie bei den Wasserproben wurde bei den Grundproben ein Theil der Untersuchung schon während der Fahrt durchgeführt.

Zu den Wägungen diente eine kleine Hornschalenwage, welche, je nachdem, ob das Schiff stampfte oder rollte, querschiffs oder längsschiffs aufgehängt war, so dass der Wagbalken nur ganz unbedeutend von den Bewegungen des Schiffes beeinflusst wurde.

Zu den Bestimmungen am Bord wurden die nassen Grundproben verwendet, wie sie auf einem Filter nach dem Aus-  
(Monatshefte für Chemie I, 525; 1880) fand im Trockenrückstand des Meerwassers etwas mehr Magnesiumoxyd als dem Weggange der Kohlensäure entspricht.

waschen mit destillirtem Wasser und nach mehrstündigem Liegenlassen im zugedeckten Trichter erhalten wurden.

Am Bord wurden bestimmt:

1. Der Gewichtsverlust der nassen Grundproben während des Austrocknens an der Luft bei gewöhnlicher Temperatur.

2. Die beim Kochen mit einer alkalischen Lösung von übermangansaurem Kalium und nachträglichem Ansäuern von organischer Substanz und von Eisenoxydulsalz aufgenommene Sauerstoffmenge.

3. Die stets nur ganz geringe Menge von Ammoniak, welche beim Kochen mit Wasser und Magnesia überdestillirt.

4. Dasjenige Ammoniak, welches aus organischer Substanz beim Kochen mit einer alkalischen Lösung von übermangansaurem Kalium gebildet wird.

5. Die durch Kochen mit titrirter Salzsäure ausgetriebene, in titrirtem Barytwasser aufgefangene Kohlensäure, sowie (durch Zurücktitriren des Kolbeninhaltes) die beim Austreiben der Kohlensäure verbrauchte Salzsäuremenge.<sup>1</sup>

Die Bestimmungen 2. bis 5. wurden in denselben Apparaten und mit denselben titrirten Lösungen ausgeführt, wie die der Wasserproben.

Die weitere Aufarbeitung der Grundproben geschah in Wien.

Je 3 g der lufttrockenen Grundproben wurden mit 25  $cm^3$  20procentiger Salzsäure in einem Kölbchen mit langem engem Hals  $\frac{1}{4}$  Stunde gekocht, nach dem Erkalten auf beiläufig das Vierfache verdünnt, über Nacht stehen gelassen, dann filtrirt.

Die filtrirte salzsaure Lösung, welche nur Spuren von Kieselsäure enthielt, wurde mit Ammoniak neutralisirt, mit

---

<sup>1</sup> In der Mehrzahl der Fälle wurde weniger Salzsäure verbraucht, als der gefundenen Kohlensäure entspricht. Es könnte dies daher kommen, dass in den Grundproben enthaltene organische Substanz beim Kochen mit Salzsäure einen Theil des Kohlenstoffes als Kohlensäure abspaltet. Ein Zuviel von verbrauchter Salzsäure dürfte auf die Gegenwart basischer Mineralbestandtheile der Grundproben zurückzuführen sein.

Anbei sei bemerkt, dass keine von den Grundproben für sich oder nach dem Zusammenbringen mit Säure Schwefelwasserstoffgeruch aufwies.

Schwefelammonium versetzt, wohlverschlossen über Nacht bei gelinder Wärme stehen gelassen, dann filtrirt. Der Aluminium, Eisen und Mangan enthaltende Niederschlag wurde mit ganz verdünnter Salzsäure gekocht, von dem durch eine Spur Nickel grau gefärbten Schwefel abfiltrirt, in der Wärme mit Salpetersäure oxydirt, erkalten gelassen und mit kohlensaurem Baryum unter öfterem Umschütteln einen Tag lang stehen gelassen; dann wurde filtrirt, aus dem Filtrat, sowie auch aus der salzsauren Lösung des Niederschlages mittelst Schwefelsäure das Baryum niedergeschlagen, das in ersterem durch Schwefelammonium gefällte Schwefelmangan nach H. Rose unter Zusatz von Schwefel im Wasserstoffstrom geglüht und dann gewogen, die aus letzterer durch Ammoniak als Hydroxyde erhaltenen Elemente Aluminium und Eisen<sup>1</sup> in der Form von  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  zur Wägung gebracht. Dieses Oxydgemisch wurde in ein Porzellanschiffchen übertragen, in ein Rohr aus schwerschmelzbarem Glas eingeschoben und im Wasserstoffstrom  $\frac{1}{2}$  Stunde lang möglichst stark geglüht, worauf wieder gewogen wurde. Dann wurde das metallische Eisen durch Behandeln mit ganz verdünnter Salpetersäure (1 : 35) ausgezogen und der Rückstand durch Schmelzen mit Kaliumdisulfat, Ausziehen mit kaltem Wasser und mehrstündiges Kochen der Lösung auf Titansäure, jedoch stets ohne Erfolg geprüft.<sup>2</sup> — Das Filtrat vom ersten, Aluminium, Eisen und Mangan enthaltenden Schwefelammonium-Niederschlag wurde mit Salzsäure angesäuert, gekocht, vom Schwefel abfiltrirt, mit Ammoniak alkalisch gemacht, mit überschüssigem oxalsaurem Ammonium versetzt, über Nacht stehen gelassen, filtrirt. Der Niederschlag wurde in wenig concentrirter Salzsäure gelöst, aus der verdünnten Lösung durch Ammoniak und etwas oxal-

<sup>1</sup> Zu entscheiden, in wie weit das Eisen als Oxydul und als Oxyd in den Grundproben vorhanden ist, halte ich für schwer ausführbar, da beim Auflösen in Säure durch die organischen Substanzen der Grundproben eine Reduction von Eisenoxyd eintreten dürfte.

<sup>2</sup> Zur Prüfung auf Titansäure wurden am Schluss der Analyse jeder einzelnen Grundprobe die beiden aus dem in Salzsäure löslichen und aus dem darin unlöslichen Theil der Grundproben erhaltenen Thonerdeniederschläge mit dem kaum merklichen Rückstand vereinigt, welchen die beiden Kieselsäureniederschläge beim Abrauchen mit Flusssäure und Schwefelsäure gaben.

saures Ammonium reines oxalsaures Calcium gefällt, und das daraus durch Erhitzen auf Weissgluth gewonnene Calciumoxyd gewogen. Die vereinigten Filtrate von den Oxalsäureniederschlägen wurden nach dem Ansäuern mit Salzsäure auf dem Wasserbad abgedampft, der Rückstand durch Glühen vom grössten Theil der Ammoniumsalze befreit, dann in Salzsäure gelöst, aus der Lösung durch Ammoniak und Natrium-Ammoniumphosphat das Magnesium gefällt, der Niederschlag geglüht und als pyrophosphorsaures Magnesium gewogen.

Der in Salzsäure unlösliche Theil der Grundproben wurde mit  $100\text{ cm}^3$  einer Sodalösung, die im Liter  $70\text{ g Na}_2\text{CO}_3$  enthielt, in einer Platinschale 1 Stunde lang unter Erneuern des verdampfenden Wassers gekocht, heiss filtrirt, der Rückstand zuerst mit Wasser, dann mit kochender, verdünnter Salzsäure, zuletzt wieder mit Wasser gewaschen. Aus dem, von organischer Substanz gelb bis braun gefärbten Filtrat wurde durch Ansäuern mit Salzsäure, Aufkochen, Eindampfen bis zur Trockene, dreistündiges Erhitzen auf  $110^\circ$ , Befeuchten mit Salzsäure, Behandeln mit Wasser, Filtriren, Auswaschen und Glühen derjenige Theil der Kieselsäure erhalten, welcher nach Behandlung der Grundproben mit kochender 20 procentiger Salzsäure in kochender Sodalösung löslich war.

Das in Salzsäure und Sodalösung Unlösliche wurde geglüht, wobei — wegen Verbrennung gefärbter organischer Substanz — mehr oder weniger Entfärbung eintrat, gewogen, in einem Platintiegel mit der zehnfachen Menge Kalium-Natriumcarbonat geschmolzen, die Schmelze mit Salzsäure behandelt, dann auf dem Wasserbade eingedampft und vollkommen trocken werden gelassen, durch wiederholtes Behandeln mit Salzsäure und Wasser Alles bis auf die Kieselsäure in Lösung gebracht. Die Lösung wurde mit kohlen-saurem Baryum stehen gelassen, dann filtrirt, im Niederschlag auf dieselbe Art wie in der salzsauren Lösung der Grundproben Aluminium und Eisen bestimmt; das durch Schwefelsäure vom Baryum befreite, auf ein kleines Volum abgedampfte und mit Ammoniak neutralisirte Filtrat wurde zur Fällung des Mangan mit Schwefelammonium versetzt, wobei sich die Flüssigkeit auffallend stark gelb färbte, zwei Tage bei gelinder

Wärme stehen gelassen, dann filtrirt, das Filtrat mit Salzsäure angesäuert und gekocht, von dem braun gefärbten Schwefel abfiltrirt, der letztere etwas nachgewaschen (ganz reines Wasser färbte sich in Berührung damit gelb), aus dem Filtrate zuerst das Calcium als Oxalat, dann das Magnesium als Phosphat gefällt.

Zur Bestimmung des in den lufttrockenen Grundproben enthaltenen Wassers, sowie zur Ermittlung der Alkalien diente eine andere ca. 2 g betragende Partie der Grundproben. Dieselbe wurde in einem Porzellanschiffchen abgewogen, durch 3 Stunden auf 100° erhitzt und wieder gewogen, dann in ein Rohr von schwerschmelzbarem Glas eingeschoben und, nachdem ein gewogenes Chlorcalcium-Rohr vorgelegt worden, in einem Strom von trockener Kohlensäure bis zum schwachen Glühen erhitzt. Hierbei ging jedoch aus den Grundproben nicht bloss Wasserdampf, sondern auch etwas Schwefelwasserstoff, wohl entstanden durch Reduction von in geringer Menge darin vorhandenen Sulfaten, weg, ferner entwichen — in wechselnder Menge aldehyd- oder ketonartig, sowie auch pyridin-, pyrrol- und leimartig riechende Dämpfe, von welchen sich immer ein Bischen im Chlorcalcium-Rohr niederschlug, was den Werth der Wasserbestimmung beeinträchtigte.<sup>1</sup> Nachdem das Chlorcalcium-Rohr und das Schiffchen mit der Grundprobe wieder gewogen worden, wurde das letztere noch in einem Sauerstoffstrom schwach geglüht und die dabei eingetretene Gewichtsveränderung festgestellt. Nunmehr wurde die Grundprobe in einen Platintiegel übertragen, mit Flusssäure angerührt, über Nacht bei gelinder Wärme zugedeckt stehen gelassen, hiernach mit Schwefelsäure (1:1 verdünnt) versetzt und zuerst auf dem Wasserbade, später über kleiner Flamme abgeraucht. Der Rückstand wurde mit heisser, verdünnter Salzsäure behandelt, die Lösung mit Chlorbaryum zur Fällung der Schwefelsäure, mit Ammoniak, kohlenurem und oxalsurem Ammonium zur Fällung von Baryum, Aluminium, Eisen und Calcium versetzt,

---

<sup>1</sup> Nur in Analyse VIII B (siehe Tabelle VII—IX) besass die entweichende Kohlensäure keinen fremden Geruch und schlug sich im Chlorcalciumrohr reines Wasser nieder.

filtrirt, das Filtrat in einer Platinschale eingedampft, der Rückstand geglüht, dann mit wenig heissem Wasser ausgezogen, die Lösung mit kohlensaurem Ammonium nochmals erwärmt, von eventuellem Niederschlag abfiltrirt, dann neuerdings mit oxalsaurem Ammonium abgedampft und geglüht, von den letzten Resten des als Oxyd abgeschiedenen Magnesium durch Behandeln mit ganz wenig heissem Wasser und durch Filtriren getrennt; die so erhaltene Lösung wurde in einer kleinen gewogenen Porzellanschale mit etwas Salzsäure abgedampft, der Rückstand zum beginnenden Schmelzen erhitzt. Das so erhaltene Gemenge von Chlorkalium und Chlornatrium wurde gewogen, dann in ganz wenig Wasser gelöst, die Lösung mit überschüssigem Platinchlorid versetzt, bis fast zur Trockene abgedampft, mit einer Mischung von 2 Volumen Alkohol und 1 Volum Äther über Nacht stehen gelassen, worauf das Kalium-Platinchlorid auf ein bei  $110^{\circ}$  getrocknetes, gewogenes Filter gebracht, mit Äther-Alkohol gewaschen, bei  $110^{\circ}$  getrocknet und dann gewogen wurde.

---

## A n h a n g.

### **Untersuchungen an der Quelle der Arsensal-Wasserleitung in der Suda-Bai auf der Insel Kreta.**

Auf Wunsch und mit Unterstützung des Commandanten des kaiserlich ottomanischen Seearsenals auf Kreta, des Herrn Hussein Husni Bey, untersuchte ich die im Süden der Suda-Bai, im ersten Drittel der Höhe der den weissen Bergen vorgelagerten Hügelkette entspringende Quelle, deren Wasser in einer aus mässig grossen Steinen hergestellten, knapp unter dem Boden befindlichen Rohrleitung dem Seearsenal zugeführt wird.

Im Bereich der offenen Quelle ist das graue, leicht zu zerschlagende Untergrundgestein mit einer harten, 1—5 mm dicken, röthlich-gelblichen, krystallinischen Kruste bedeckt.

Das Quellwasser ist frei von salpetriger Säure und Salpetersäure, enthält kaum bestimmbare Mengen von Ammoniak und organischer Substanz (auf 1 *l* Wasser wurden  $0\cdot008\text{ cm}^3$  fertig vorhandenes und  $0\cdot07\text{ cm}^3$  bei Oxydation der organischen Substanz sich bildendes, gasförmiges Ammoniak gefunden; die beim Kochen mit einer alkalischen, titrirten Lösung von übermangansaurem Kalium aufgenommene Sauerstoffmenge betrug  $0\cdot98\text{ cm}^3$  pro *l* Wasser). Durch Austreiben mit titrierter Salzsäure und Auffangen in titrimtem Barytwasser wurden — ebenfalls pro *l* Wasser —  $69\cdot81\text{ cm}^3$  Kohlensäure gefunden, wovon  $35\cdot14\text{ cm}^3$  zu neutralem Salz gebunden (sämmtliche Gasvolumina auf  $0^\circ$  und  $760\text{ mm}$  Druck bezogen).

Das Wasser wies beim Schütteln mit titrierter Seifenlösung  $5\cdot5$  deutsche Härtegrade, nach dem Kochen nur 3 Härtegrade auf.

1000 *g* Wasser enthalten  $0\cdot219\text{ g}$  Salz (direct gefunden durch Abdampfen und Trocknen des Rückstandes bei  $175^\circ$ ; beim Glühen des getrockneten Rückstandes trat — wegen Verbrennung der organischen Substanz — eine Gewichtsabnahme von  $0\cdot0188\text{ g}$  ein), und zwar  $0\cdot049\text{ g}$  Calcium,  $0\cdot014\text{ g}$  Magnesium,  $0\cdot00002\text{ g}$  Aluminium,  $0\cdot0005\text{ g}$  Eisen,  $0\cdot0002\text{ g}$  Mangan,  $0\cdot0022\text{ g}$  Kalium,  $0\cdot0112\text{ g}$  Natrium,  $0\cdot094\text{ g}$  des Kohlensäurerestes  $\text{CO}_3$  (Ausdruck für die ganz gebundene Kohlensäure),  $0\cdot008\text{ g}$  des Kieselsäurerestes  $\text{SiO}_3$ ,  $0\cdot031\text{ g}$  Chlor,  $0\cdot007\text{ g}$  des Schwefelsäurerestes  $\text{SO}_4$ .

Das graue Hauptgestein in der Umgebung der Quelle war bis auf  $1\cdot44\%$  in kochender 20 procentiger Salzsäure löslich. In die salzsaure Lösung gingen:  $30\cdot18\%$   $\text{CaO}$ ,  $20\cdot92\%$   $\text{MgO}$ ,  $0\cdot19\%$   $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $0\cdot167\%$   $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (alles Eisen als Oxyd berechnet),  $0\cdot101\%$   $\text{MnO}$ , ferner entwickelten sich  $46\cdot25\%$   $\text{CO}_2$ ; bei nachträglichem Kochen mit Sodalösung lösten sich  $0\cdot09\%$   $\text{SiO}_2$ . In Salzsäure und Sodalösung unlöslich waren:  $0\cdot04\%$   $\text{CaO}$ ,  $0\cdot10\%$   $\text{MgO}$ ,  $0\cdot29\%$   $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $0\cdot056\%$   $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $0\cdot008\%$   $\text{MnO}$ ,  $0\cdot87\%$   $\text{SiO}_2$ .  $\text{K}_2\text{O}$  wurden  $0\cdot43\%$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$   $0\cdot46\%$  gefunden. Bei dreistündigem Erhitzen auf  $100^\circ$  gingen  $0\cdot02\%$  Wasser, bei schwachem Glühen in einem Kohlensäurestrom  $0\cdot26\%$  Wasser weg. Der Gewichtsverlust der bei  $100^\circ$  getrockneten Substanz nach dem Glühen im Kohlensäurestrom

betrug  $0.57\%$ , nach dem darauf folgenden Glühen in einem Sauerstoffstrom  $0.10\%$  der ursprünglichen Probe.

Die auf dem Hauptgestein aufsitzende, mittelst eines Stahlmeissels abgeschabte, krystallinische Steinkruste war bis auf  $1.30\%$  in Salzsäure löslich. In die salzsaure Lösung gingen:  $53.00\%$  CaO,  $0.88\%$  MgO,  $0.33\%$  Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,  $0.245\%$  Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,  $0.008\%$  MnO, CO<sub>2</sub> entwickelten sich  $42.31\%$ , bei nachträglichem Kochen mit Sodalösung lösten sich  $0.20\%$  SiO<sub>2</sub>. In Salzsäure und Sodalösung unlöslich waren:  $0.04\%$  CaO,  $0.04\%$  MgO,  $0.36\%$  Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,  $0.056\%$  Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,  $0.019\%$  MnO,  $0.82\%$  SiO<sub>2</sub>. K<sub>2</sub>O wurden  $0.18\%$ , Na<sub>2</sub>O  $0.15\%$  gefunden. Beim Erhitzen auf  $100^\circ$  gingen  $0.14$ , beim Glühen im Kohlensäurestrom  $0.72\%$  Wasser weg. Beim Glühen im Kohlensäurestrom betrug der Gewichtsverlust  $0.94$ , beim Glühen im Sauerstoffstrom  $0.06\%$ .

Demnach kommen auf 100.000 Atome Calcium:

Im Quellwasser: 46.687 Atome Magnesium, 48 Atome Aluminium, 681 Atome Eisen, 282 Atome Mangan, 4.597 Atome Kalium, 39.717 Atome Natrium, 128.425 Atomgruppen CO<sub>3</sub>H und CO<sub>3</sub>, 8.984 Atomgruppen SiO<sub>3</sub>, 70.710 Atome Chlor, 5.819 Atomgruppen SO<sub>4</sub>.

Im grauen Gestein an der Quelle: 99.868 in Salzsäure lösliche und 132 in Salzsäure unlösliche Calciumatome, 97.386 Atome Magnesium (wovon 96.913 in Salzsäure löslich und 473 in Salzsäure unlöslich), 1.754 Atome Aluminium (wovon 702 in Salzsäure löslich und 1.052 in Salzsäure unlöslich), 514 Atome Eisen (wovon 386 in Salzsäure löslich und 128 in Salzsäure unlöslich), 284 Atome Mangan (wovon 263 in Salzsäure löslich und 21 in Salzsäure unlöslich), 1.696 Atome Kalium, 2.766 Atome Natrium, 194.800 Atomgruppen CO<sub>3</sub>, 2.952 Atomgruppen SiO<sub>3</sub> (wovon nach der Behandlung mit Salzsäure 278 in Sodalösung löslich und 2.674 in Sodalösung unlöslich), 206 bei  $100^\circ$  weggehende Moleküle Wasser, 2.711 erst beim Glühen weggehende Moleküle Wasser.

In der Kruste des Quellgesteines: 99.924 in Salzsäure lösliche und 76 in Salzsäure unlösliche Calciumatome, 2.447 Atome Magnesium (wovon 2.330 in Salzsäure löslich und 117 in Salzsäure unlöslich), 1.414 Atome Aluminium (wovon 676 in Salz-

säure löslich und 738 in Salzsäure unlöslich), 398 Atome Eisen (wovon 324 in Salzsäure löslich und 74 in Salzsäure unlöslich), 40 Atome Mangan (wovon 12 in Salzsäure löslich und 28 in Salzsäure unlöslich), 398 Atome Kalium, 502 Atome Natrium, 101.534 Atomgruppen  $\text{CO}_3$ , 1.795 Atomgruppen  $\text{SiO}_3$  (wovon nach der Behandlung mit Salzsäure 358 in Sodalösung löslich und 1.437 in Sodalösung unlöslich), 805 bei  $100^\circ$ , und 4.201 erst beim Glühen weggehende Moleküle Wasser.

---