

Über einige von dem Botaniker Dr. Otto Stapf aus Persien mitgebrachte salzhaltige Erd- und Wasserproben und deren Beziehungen zu Meeresablagerungen.

Mit einem Anhang, enthaltend die Analyse einer Wasserprobe aus dem Gaukhane-See, ausgeführt von Dr. Adolf Heider (†)

von

Dr. Konrad Natterer.

Aus dem k. k. Universitätslaboratorium des Hofrathes Ad. Lieben.

(Vorgelegt in der Sitzung am 4. Juli 1896.)

Mit Unterstützung des ehemaligen Leibarztes des Schah, des verstorbenen Dr. J. E. Polak, hat Herr Dr. Otto Stapf, derzeit am botanischen Garten zu Kew bei London, im Jahre 1885 eine botanische Untersuchung des südwestlichen Persiens, des Gebirgslandes zwischen dem Persischen Meerbusen und dem in der Mitte von Persien gelegenen Steppengebiet, vorgenommen. Es sind daselbst stellenweise Höhen von über 4000 *m*. Wegen der grossen örtlichen Höhenschwankungen und wegen des steten, auch in horizontal benachbarten Gebieten vorhandenen Wechsels der physikalischen und chemischen Beschaffenheit des Bodens zeigten sich oft auf einem kleinen Raume bedeutende Unterschiede in Bezug auf Pflanzenwuchs. Mitbestimmend für Pflanzenwuchs und Bodenbeschaffenheit ist die dort in der Regel herrschende sehr grosse Trockenheit der Luft, die geringe, sich auf 3—4 Monate im Jahre zusammendrängende Menge von atmosphärischen Niederschlägen, sowie der grosse Temperaturunterschied zwischen Tag und Nacht und zwischen den einzelnen Jahreszeiten.

Für jene Gebiete Persiens, welche zwischen den annähernd parallel zu einander, und zwar zumeist in nordwest-südöstlicher Richtung verlaufenden Gebirgszügen liegen und ohne Abfluss in das Meer oder in den Caspi-See sind, kommt, wie Tietze¹ hervorhob, in Bezug auf die fortschreitende Versalzung des Bodens und auf die Bildung von Salzseen der Umstand zur Geltung, dass fast alles zu ihnen gelangende Wasser, wenn auch oft nur in minimalen Mengen, Salze in Lösung enthält, welche sich bei der Verdunstung des Wassers anhäufen. Tietze fügt bei, dass die den Salzsteppen oder Salzseen Persiens zufließenden oder zusickernden Wässer oft von ziemlich grossem Salzgehalt sein müssen, da an vielen Stellen des Landes eine der Miocänzeit angehörige Steinsalzformation vorhanden ist, die ausgelaugt werden kann.

Die von mir untersuchten Probeobjecte stammten zum Theil aus dem im Osten von Isfahan gelegenen Steppengebiet, zum Theil aus der Gegend im Südosten von Schiras.

Nach Mittheilungen des Herrn Dr. Stapf war das Steppengebiet im Osten von Isfahan bis zum Jahre 1870 stellenweise vom Sajende-Rud aus künstlich bewässert und ziemlich gut bebaut gewesen. In jenem Jahre sind wegen Missernte die Bewohner der Dörfer jenseits des nahe bei Isfahan gelegenen Hügellandes Kuh-i-Pinar an Hunger gestorben. Drei Bodenproben wurden in der Nähe von solchen ehemaligen Dörfern gesammelt, davon eine auf der Stelle eines früheren Ackerfeldes. Das Dorf Khale Abdullah lag ziemlich weit im Norden vom Sajende-Rud und fast in der halben Entfernung von der Stadt Isfahan und dem Nordende des abflusslosen Gaukhane-Salzsees. Die Dörfer Edschijeh und Kafrun lagen, durch eine sehr sterile, nur spärliche, sehr zerstreute Vegetation aufweisende Steppe von einander getrennt, in der Nähe des Südufers des Sajende-Rud im zweiten und dritten Sechstel der Strecke zwischen Khale Abdullah und dem Nordende des Gaukhane-Sees. Das Dorf Wersenäh befand sich knapp am Südufer des Sajende-Rud im zweiten Drittel der Entfernung

¹ Zur Theorie der Entstehung der Salzsteppen. Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt, 27, 341 (1877).

von Khale Abdullah und dem Nordende dieses Sees, in welchen sich, wie Stapf nachgewiesen hat, der Sajende-Rud ergiesst, während man früher geglaubt hatte, dass sich dieser Fluss im Sande oder in einem Sumpfe verliere. In der halben Entfernung von Wersenäh und dem Gaukhane-See beginnt das Delta des Sajende-Rud. Nahe bei der Nordgrenze dieses Deltas, im Norden des sich nach den Vermessungen Stapf's von NNW nach SSO oval erstreckenden Gaukhane-Sees liegt der Basaltberg Kuh-Siah. Am Fuss desselben hat Dr. Stapf eine Bodenprobe genommen und nicht weit davon — am nordöstlichen Ufer des Gaukhane-Sees¹ — weisses, den Boden bedeckendes Salz aufgelesen. Die Proben aus diesem Steppengebiet im Osten von Isfahan sind im Herbst (Ende September und Anfangs October) gesammelt worden.

In der Nähe von Schiras hatte Dr. Stapf Ende Juni 1885 dem nach dieser Stadt benannten kleinen, länglichen, sich von NW nach SO erstreckenden Salzsee eine Wasserprobe entnommen, und zwar am NW-Ende. Etwas südlich von der Entnahmsstelle fliesst viel Süsswasser in den See. Wieder etwas weiter im Süden, jedoch ebenfalls noch an der nordwestlichen Schmalseite des Sees ergiesst sich ein bitterer Bach in den See oder besser gesagt in den daselbst an den See grenzenden Karabay-Sumpf. In der Nähe dieses bitteren Baches an der Nordseite der Kuh-i-Kuhek genannten Hügelkette in der Ebene von Schiras hat Stapf eine bittere Erde angetroffen.

Die analytische Untersuchung der mir von Dr. Stapf übergebenen Wasser-, Salz- und Bodenproben habe ich mit langen Unterbrechungen im Laufe der letzten Jahre im Anschluss an meine vielen Analysen von Wasser- und Grundproben aus dem östlichen Mittelmeer und aus dem Marmara-Meer² vorgenommen.

¹ Eine Flasche mit Wasser aus diesem See hat Herr Dr. Stapf bald nach seiner Rückkehr dem 1893 gestorbenen Dr. Ad. Heider zur Analyse übergeben. Die in Dr. Heider's Nachlass vorgefundenen Daten sind als Anhang beigelegt.

² Monatshefte für Chemie, Bd. 13, 14, 15 und 16 (1892—1895), aus den Berichten der Commission für Erforschung des östlichen Mittelmeeres, beziehungsweise für Tiefseeforschungen in den Denkschriften, Bd. 59—62.

Zunächst seien die in Wasser unlöslichen (oder schwerlöslichen) analysirten Bodenbestandtheile angeführt. Über deren procentische Zusammensetzung gibt Tabelle I, über deren atomistische Zusammensetzung Tabelle II Auskunft.

Zur Gewinnung der leicht löslichen, salzartigen Theile der Bodenproben waren durch Einlegen in Wasser, durch Verrühren damit und durch Filtriren später zu besprechende wässrige Auszüge (je nach dem Gehalt an leicht löslichen Salzen 200—400 g Erde und 2 l Wasser) hergestellt worden. So wie ich hiebei auf vollständige Erschöpfung der Bodenproben betreffs der in Wasser weniger leicht löslichen Bestandtheile (Gyps) keinen Werth legte, strebte ich bei dem während des ersten Filtrirens begonnenen und dann — nach je einer halben Minute Absitzenlassens des mit frischem Wasser Aufgerührten — zunächst noch unter Filtration, später unter Abgiessen fortgesetzten Abschlämmen nicht eine, ja doch nur willkürliche Abgrenzung der fein- und grobkörnigen Bodenbestandtheile an, sondern trachtete darnach, möglichst unvermischt das ganz leicht Abschlämbbare (Lehmartige) und das ganz Grobe (Sand und Steinchen) zu bekommen. Das Mittelfeine wurde also vernachlässigt.

Die Bodenprobe aus der pflanzenlosen Salzwüste bei Khale Abdullah gab so 42% Lehmartiges und 5·5% seesandartigen, etliche ganz kleine (1—3 mm³ grosse), splitterige und rundliche, weisse und graue Steinchen enthaltenden Schlämmrückstand. Die Bodenprobe aus der sehr sterilen Steppe zwischen Edschijeh und Kafrun gab 27% Lehmartiges und 47% Schlämmrückstand. (Als Schlämmrückstand blieb ein Gemisch von ziemlich feinem und grobem Sand mit ziemlich vielen, bis 1/4 cm³ grossen verschiedenfarbigen, schwarzen, grauen, röthlichen, gelblichen und rein weissen, theils rundlichen, theils kantig-eckigen Steinchen, alle, ausser den rein weissen, leicht zerreiblich, ein Theil von ihnen beim Zerreiben ein lehmartiges Pulver gebend. Beim ersten Zerreiben der schwarzen und grauen Steinchen trat ein schwefelartiger Geruch auf.) Die Probe des relativ guten Bodens (ehemaligen Weizenackers) bei Wersenäh gab 65·5% Lehmartiges und 6% Schlämmrückstand; letzterer war ein ziemlich feiner Sand fast ohne

Steinchen. Die Bodenprobe aus der Wüste mit spärlicher Halophytenvegetation am Fusse des Basaltberges Kuh-Siah gab 42% lehmartiges und 25% seesandartigen Schlämmrückstand, welcher etliche ganz kleine, einige Cubikmillimeter grosse, splittrige und rundliche, weisse und schwarze Steinchen enthielt. Es sei noch bemerkt, dass sich nur in einer Bodenprobe, nämlich in der aus der sehr sterilen Steppe zwischen Edschijeh und Kafrun, grössere Steinchen fanden, und zwar ziemlich viele, bis zu mehreren Cubikcentimetern grosse, zum Theile platte, immer abgerundete, zumeist von dunkelgrauer Farbe. Knollen von Lehmfarbe und von bedeutender Härte und Compactheit, welche beim Einlegen in Wasser zu einem sandigen Pulver zerfielen, gab es in allen vier Bodenproben, am wenigsten in der aus der Steppe zwischen Edschijeh und Kafrun, am meisten in der aus der Wüste am Fusse des Kuh-Siah. Ihre Grösse schwankte um Haselnussgrösse, in der Bodenprobe aus der Wüste beim Kuh-Siah waren übernussgrosse derartige Knollen dabei.

Die groben, sandartigen oder aus Steinchen bestehenden Theile der Bodenproben enthielten keine Phosphorsäure, die lehmartigen Theile von ihnen wiesen nur äusserst geringe Mengen von Phosphorsäure auf, und zwar diejenigen der Bodenprobe aus der Wüste beim Kuh-Siah am wenigsten, diejenigen der Bodenprobe aus der Wüste bei Khale Abdullah etwas mehr und diejenigen der Bodenprobe aus dem ehemaligen Weizenacker bei Wersenäh am meisten.

So wie bei den lehmartigen Grundproben des östlichen Mittelmeeres konnte ich auch bei den Erdproben aus dem persischen Wüsten- und Steppengebiet während des in einer Glasröhre in einem Strome von trockener Kohlensäure ausgeführten schwachen Glühens der zerriebenen und bei 100° getrockneten Proben das Vorhandensein organischer Substanzen an dem dabei auftretenden Geruch wahrnehmen. Zuweilen erinnerte der bei dieser trockenen Destillation auftretende Geruch auffallend an den beim Erhitzen der Meeresgrundproben beobachteten. Ein solcher, aldehyd- oder ketonartiger, überdies etwas an Schwefelwasserstoff und organische Schwefelverbindungen erinnernder Geruch war der aus

dem vorgelegten gewogenen Chlorcalciumrohr entweichenden Kohlensäure am stärksten bei der Bodenprobe des ehemaligen Weizenackers bei Wersenäh eigen, und zwar sowohl beim lehmartigen als beim sandartigen Theil derselben. Von den drei anderen Bodenproben gaben die lehmartigen Theile bei der trockenen Destillation einen geringen, die sandigen Theile fast keinen derartigen Geruch, mit Ausnahme der Bodenprobe aus der Steppe zwischen Edschijeh und Kafrun, deren sandartiger Theil bei dem Erhitzen einen ziemlich starken, stechenden, aldehydartigen Geruch entwickelte. Beiläufig sei noch bemerkt, dass der lehmartige Theil der Bodenprobe aus der Wüste bei Khale Abdullah beim Beginn des Erhitzens im Kohlensäurestromen einen kreosotartigen Geruch lieferte, und dass ein ebensolcher und ein brenzlicher Geruch bei dem Sandartigen der Bodenprobe aus dem ehemaligen Ackerfelde, dagegen ein pyridinartiger bei dem Lehmartigen der Bodenprobe aus der Wüste beim Kuh-Siah während des kurzen Ausblasens der erhitzten Kugel des vorgelegt gewesenen Chlorcalciumrohres (zum Zwecke der Austreibung darin niedergeschlagener Producte der trockenen Destillation) auftrat.

Die Gegenwart wechselnder Mengen von Pflanzenresten und anderweitigen organischen Substanzen veranlasst es auch, dass sich bei dem Erhitzen der Proben im Kohlensäurestromen in verschiedenem Grade eine Verkohlung einstellte. Am stärksten war die Verkohlung natürlich bei beiden Theilen der Bodenprobe des ehemaligen Ackerfeldes. So gut wie gar keine Verkohlung trat beim Erhitzen der reinsandigen Theile der drei anderen Bodenproben ein. Auch bei ihren lehmartigen Theilen war die Verkohlung gering, sie zeigte sich in einer Graufärbung der erhitzten Pulver. Nur bei der Erde aus der Gegend von Wersenäh kam beim Erhitzen des Lehmartigen eine dunkelgraue, beim Erhitzen des Sandartigen eine schwarze Farbe zum Vorschein. Beim nachträglichen Erhitzen im Sauerstoffstromen verschwanden wegen Verbrennung der Kohle diese Dunkelfärbungen der Proben, und es stellte sich wegen Oxydation des Eisenoxyduls eine schwach röthliche Färbung ein. Dass dabei mehr kohlige Substanz verbrannt als Sauerstoff von Eisenoxydul aufgenommen wurde,

ergibt sich daraus, dass bei diesem auf das Glühen im Kohlensäurestromen folgenden Glühen im Sauerstoffstromen immer eine Gewichtsabnahme der in einem Porzellanschiffchen befindlichen Probe eintrat. Und zwar betrug diese Gewichtsabnahme beim Lehmartigen der Bodenprobe aus der Wüste bei Khale Abdullah 0·39, beim Sandartigen derselben Bodenprobe 0·23⁰/₀, beim Lehmartigen der Bodenprobe aus der Steppe zwischen Edschijeh und Kafrun 0·82, beim Sandartigen derselben Bodenprobe 0·13⁰/₀, beim Lehmartigen der Bodenprobe vom ehemaligen Weizenacker bei Wersenäh 1·33, beim Sandartigen derselben Bodenprobe 1·37⁰/₀, beim Lehmartigen der Bodenprobe aus der Wüste beim Berge Kuh-Siah 0·10, beim Sandartigen derselben Bodenprobe 0·13⁰/₀ der lufttrockenen Proben.

Während die angeführten Zahlen ungefähr die Mengen der beim Erhitzen der Bodenproben im Kohlensäurestromen gebildeten und im Rückstand gebliebenen kohligten Substanzen angeben, liefert der Vergleich der bei eben diesem Erhitzen eingetretenen Gewichtsabnahme mit dem Gewicht des weggegangenen, im Chlorcalciumrohr aufgefangenen Wassers einen Anhaltspunkt zur annähernden Beurtheilung der Menge jener organischen Körper, welche bei der trockenen Destillation der Bodenproben entwichen sind. Wie oben erwähnt, führte der Kohlensäurestrom die leichtflüchtigen Theile dieser Körper aus dem Chlorcalciumrohre mit sich fort, während schwerflüchtige Theile von ihnen, welche sich, immer nur in geringer Menge, in Form kleiner dicker Tröpfchen oder eines leichten Anfluges in der Ansatzröhre oder in der Kugel des Chlorcalciumrohres niederschlugen (durch gelindes Erwärmen des Chlorcalciumrohres wurde während des Glühens der Proben verhindert, dass sich in seiner Kugel Wasser niederschlug), durch starkes Erhitzen der betreffenden Theile der Ansatzröhre oder der Kugel und durch kurzes Durchleiten von Luft in entgegengesetzter Richtung als während des Glühens der Proben entfernt wurden. Das Lehmartige der Bodenprobe aus der Wüste bei Khale Abdullah verlor beim schwachen Glühen im Kohlensäurestromen 0·15⁰/₀ seines Gewichtes mehr, als der Menge des weggegangenen Wassers entspricht. Bei dem Lehmartigen der Bodenprobe aus der Steppe zwischen Edschijeh und

Kafrun machte dieser, auf der Bildung flüchtiger organischer Körper beruhende Gewichtsverlust 0.14% , bei dem Lehmartigen der Bodenprobe von dem ehemaligen Ackerfelde bei Wersenäh 1.34 , bei dem Sandartigen derselben Bodenprobe 0.70% , bei dem Lehmartigen der Bodenprobe aus der Wüste beim Kuh-Siah 1.48% aus.

Während in diesen Fällen, so wie erwartet worden, der beim schwachen Glühen im Kohlensäurestrom eintretende Gewichtsverlust der Bodenproben wegen der Bildung flüchtiger organischer Körper grösser war als die Menge des dabei weggegangenen Wassers,¹ zeigte sich das Umgekehrte bei den sandartigen Theilen der drei Bodenproben aus der Wüste und Steppe. Bei dem Erhitzen derselben waren, nach dem Geruche zu urtheilen, in zwei Fällen fast keine, in einem Falle (bei der Bodenprobe aus der Steppe) geringe Mengen von flüchtigen organischen Körpern entwichen. Es war also in diesen Fällen für die Gewichtsabnahme der Proben fast keiner oder nur ein geringer Mehrbetrag als die Menge des weggegangenen Wassers zu erwarten. Wenn sich nun ein Minderbetrag, und zwar beim Sandartigen der Bodenprobe aus der Salzwüste bei Khale Abdullah von 0.11 , beim Sandartigen der Bodenprobe aus der Steppe zwischen Edschijeh und Kafrun von 0.04 , beim Sandartigen der Bodenprobe aus der Salzwüste beim Kuh-Siah von 0.12% herausgestellt hat, so ist dies wohl dadurch zu erklären, dass in diesen Fällen während des Glühens oder vielleicht erst während des Wiedererkaltens von Seiten der gepulverten Sandproben von der darüber geleiteten Kohlensäure (unter Zersetzung von leicht zerfallenden Silicaten, unter Bildung von Carbonat und Abscheidung von Kieselsäure) mehr aufgenommen worden ist, als dabei an organischen flüchtigen Körpern entstanden ist. Eine solche Zerlegung von Silicaten durch trockene Kohlensäure kann auch schon bei gewöhnlicher Temperatur vor sich gehen, wie z. B. manche Sorten von

¹ Dasselbe war bei allen untersuchten Grundproben des Mittelländischen Meeres der Fall gewesen, mit Ausnahme der kleinen abgerundeten Bimssteinstücke, welche auf Station 299 der »Pola«-Expeditionen im südwestlichen Theil des Ägäischen Meeres aus 850 m Tiefe von dem Schleppnetz zugleich mit lehmartigem Schlamm und Krustensteinen heraufgebracht worden sind.

Glasröhren, wenn sie jahrelang mit comprimierter, flüssiger Kohlensäure gefüllt sind, trübe, an der Innenwand corrodirt werden.

Was die in den Tabellen I und II niedergelegten Analysen betrifft, so sei vor Allem auf den Gypsreichtum der Bodenprobe aus der Salzwüste bei Khale Abdullah hingewiesen. Der grosse Gypsgehalt dieser Salzwüste könnte damit zusammenhängen, dass sie vom Gaukhane-See weiter entfernt ist und auch höher liegt als die anderen in der Umgebung dieses Salzsees untersuchten Orte. Bei der Eindunstung eines hier ehemals bestandenen Meeres oder Meerestheiles musste der Gyps früher zur Abscheidung kommen als die anderen, leichter löslichen Salze. Im Übrigen weist jede einzelne von den untersuchten Bodenproben und jeder von den jeweiligen beiden Bodenbestandtheilen (Feines und Grobes) mehr oder weniger hervorstechende Eigenarten in Bezug auf die chemische Zusammensetzung auf. Die Schwankungen in der Zusammensetzung dieser in Wasser unlöslichen Bodenbestandtheile bewegen sich zumeist innerhalb derselben Grenzen wie die Schwankungen in der Zusammensetzung der lehmartigen, von den Muschelschalen und sonstigen geformten Harttheilchen kleiner Organismen durch Schlämmen getrennten Theile der Grundproben aus dem Mittelländischen Meere.

Grösser als die Maximalbeträge in diesen Meeresgrundproben war in zwei Fällen, im Sandartigen der Bodenprobe von dem ehemaligen Ackerfelde bei Wersenäh und der Bodenprobe aus der Wüste beim Basaltberge Kuh-Siah, der Gehalt an quarzartiger Kieselsäure. Einmal, im Sandartigen der Bodenprobe aus der Steppe zwischen Edschijeh und Kafrun, war der Gehalt an der, nach der Behandlung der Bodenproben mit Salzsäure in Sodalösung löslichen, in Form leicht zerlegbarer Silicate vorhandenen Kieselsäure kleiner als die Minimalbeträge der Meeresgrundproben. Kleiner als diese Minimalbeträge war ferner in zwei Fällen, im Sandartigen der Bodenprobe aus der Steppe und der aus der Wüste beim Kuh-Siah, der Gehalt an dem aus den lufttrockenen Proben bei 100° und in denselben zwei Fällen auch der Gehalt an dem erst beim Glühen weggehenden Wasser.

Das Lehmartige der Bodenprobe aus der Salzwüste bei Khale Abdullah enthielt wegen des grossen Gehaltes an Gyps ausnehmend viel gebundenes Wasser. Das Sandartige der Bodenprobe aus der Steppe zwischen Edschijeh und Kafrun schloss von allen Bodenproben bei weitem am meisten kohlen-sauren Kalk in sich, und zwar etwas mehr als die daran reichsten lehmartigen Schlammproben und Krustensteine des östlichen Mittelmeeres; dasselbe Sandartige jenes Steppenbodens besass am wenigsten kieselsauren Kalk, und zwar etwas weniger als das an Grundproben des östlichen Mittelmeeres beobachtete Minimum.

Das Sandartige der Bodenprobe von dem ehemaligen Weizenacker bei Wersenäh enthielt weniger kohlen-saure Magnesia, das Sandartige der Bodenprobe aus der Steppe zwischen Edschijeh und Kafrun weniger kieselsaure Magnesia als die in Grundproben des östlichen Mittelmeeres gefundenen Minima betragen.

Der Gehalt an kieselsaurer Thonerde (Thon) war am grössten im Lehmartigen der Bodenprobe aus der Wüste beim Kuh-Siah, und zwar nur halb so gross als der des Tiefsee-schlammes vor der Küste von Palästina, welcher sich unter allen untersuchten Grundproben des östlichen Mittelmeeres am reichsten daran erwiesen hatte. Kleiner als das im östlichen Mittelmeer gefundene Minimum von kieselsaurer Thonerde war der Gehalt daran im Sandartigen der Bodenprobe aus der Steppe zwischen Edschijeh und Kafrun.

Bei den Meeresgrundproben war von der Thonerde in der Regel annähernd die eine Hälfte in kochender Salzsäure (1:1 verdünnt) löslich gewesen. Manchmal, und zwar bei den lehmartigen Schlamm stellenweise bedeckenden Krustensteinen häufiger als bei dem lehmartigen Schlamm selbst, war der in Salzsäure lösliche Theil der Thonerde etwas grösser; die grösste Differenz war: 1 Theil in Salzsäure löslich und 0·6 Theile in Salzsäure unlöslich. Öfters, und zwar besonders bei den lehmartigen Grundproben war der in Salzsäure unlösliche Theil der Thonerde etwas grösser; die grösste Differenz war: 1 Theil in Salzsäure löslich und 1·8 Theile in Salzsäure unlöslich.

Bei den Bodenproben aus dem persischen Steppen- und Wüstengebiet waren in zwei Fällen, bei dem Lehmartigen der Bodenproben aus der Steppe zwischen Edschijeh und Kafrun und aus der Wüste beim Basaltberg Kuh-Siah, die in Salzsäure löslichen und die in Salzsäure unlöslichen Thonerdemengen annähernd gleich gross. Etwas grösser waren die Unterschiede dieser Mengen in dem Lehmartigen der beiden anderen Bodenproben. In dem der Bodenprobe aus der Wüste bei Khale Abdullah war etwas mehr Thonerde in einer in Salzsäure löslichen Form als in einer darin unlöslichen; bei dem Lehmartigen der Bodenprobe von dem ehemaligen Acker bei Wersenäh verhielt es sich umgekehrt. Noch bedeutender war die Differenz zwischen dem in Salzsäure löslichen und dem darin unlöslichen Theil der Thonerde in dem Sandartigen aller vier Bodenproben. Bei diesem Sandartigen war immer, jedoch in sehr verschiedenem Grade die Menge der in Salzsäure löslichen Kieselsäure kleiner als die Menge der in Salzsäure unlöslichen. Die kleinsten Differenzen, nämlich 1 : 1·6, respective 1·5 im Sandartigen der Bodenproben aus der Wüste bei Khale Abdullah und vom ehemaligen Ackerfelde bei Wersenäh, waren etwas kleiner als die an Grundproben des östlichen Mittelmeeres beobachtete Maximaldifferenz 1 : 1·8. Das Mengenverhältniss der beiden Thonerdearten im Sande der Steppe zwischen Edschijeh und Kafrun ist 1 : 2, im Sande der Wüste beim Basaltberg Kuh-Siah 1 : 3·5.

Die Eisengehalte lagen bei den Grundproben aus dem östlichen Mittelmeer zwischen den Eisenoxyd-Procentzahlen 0·4 und 6·5, wobei hervorzuheben ist, dass die geringsten Eisenmengen einem Stücke der Krustensteine, die grössten Eisenmengen einigen Proben von lehmartigem Schlamm eigen waren, und dass mittlere Werthe bei diesen beiden Arten von Meeresgrundproben vorkamen. Bei den persischen Erdproben lagen die Eisengehalte zwischen den Eisenoxyd-Procentzahlen 0·9 und 4. Die lehmartigen Theile dieser Bodenproben waren immer eisenreicher als die sandartigen Theile. Der Eisengehalt der lehmartigen Theile schwankte wenig; in drei Fällen war er fast gleich, nämlich circa 3% Eisenoxyd, in einem Falle (beim Lehmartigen der Bodenprobe vom ehemaligen Weizenacker bei

Tabelle

Gewichtsprocente der mit Wasser gewaschenen, als Abschlämmung oder

	Pflanzenlose Salzwüste bei Khale Abdullah		Sehr sterile Steppe zwischen Edschijeh und Kafrun	
	Feinster (lehmartiger) Theil der Bodenprobe	Grober, ganz kleine Stein- chen enthal- tender Theil der Boden- probe	Feinster (lehmartiger) Theil der Bodenprobe	Grober, kleine spröde Stein- chen enthal- tender Theil der Boden- probe
CO ₂	2·99	5·66	14·67	34·70
H ₂ O, bei 100° entweichend	2·79	4·47	1·54	0·12
H ₂ O, beim Glü- hen entwei- chend.	10·07	4·31	3·45	0·40
In Salzsäure u. Sodalösung Unlösliches .	19·78	38·11	34·54	18·28
SiO ₂ , nach Be- handlung mit HCl in Soda- lösung lösl. . .	18·80	7·16	10·84	0·60
SiO ₂ , nach Be- handlung mit HCl in Soda- lösung unösl.	12·83	29·70	24·94	16·62
CaO in HCl löslich	11·87	15·52	18·71	43·49
CaO in HCl unlöslich . . .	0·10	0·52	0·31	0·03
MgO in HCl löslich	6·28	1·91	1·34	0·46
MgO in HCl unlöslich . . .	0·28	0·20	0·44	0·026
Al ₂ O ₃ in HCl löslich	5·06	3·21	5·54	0·52
Al ₂ O ₃ in HCl unlöslich . . .	3·94	5·10	5·95	0·99
Fe ₂ O ₃ in HCl löslich	2·09	1·04	1·82	0·79
Fe ₂ O ₃ in HCl unlöslich . . .	1·09	0·51	1·14	0·077
MnO in HCl löslich	0·078	0·03	0·076	0·008
MnO in HCl unlöslich . . .	0·019	0·02	0·016	0·000
K ₂ O	1·00	0·83	1·39	0·18
Na ₂ O	0·52	0·87	0·69	0·23
SO ₃	11·40	3·01	0·00	0·00

I.

als Schlämmrückstand erhaltenen, lufttrockenen Bodenbestandtheile.

Relativ guter Boden (ehemaliger Weizenacker) bei Wersenäh		Wüste mit spärlicher Halophytenvegetation am Fuss des Basaltberges Kuh-Siah	
Feinster (lehmartiger) Theil der Bodenprobe	Gröbster (sandartiger) Theil der Bodenprobe	Feinster (lehmartiger) Theil der Bodenprobe	Grober, kleine Steinchen enthaltender Theil der Bodenprobe
15·22	13·76	14·45	13·41
2·07	1·06	1·61	0·22
3·88	2·01	4·33	0·75
35·62	49·34	36·41	60·82
9·03	5·38	9·54	2·09
26·14	39·93	26·24	51·74
19·03	17·34	18·25	16·72
0·14	0·51	0·18	0·39
1·13	0·24	0·88	0·67
0·46	0·27	0·44	0·18
5·22	3·86	6·81	1·49
6·06	5·90	6·41	5·15
2·39	1·36	1·82	1·31
1·60	0·57	1·23	0·63
0·032	0·021	0·077	0·024
0·030	0·000	0·033	0·11
1·60	0·89	2·29	0·99
0·60	0·80	1·19	1·21
0·00	0·00	0·00	0·00

Tabelle

Atomistische Zusammensetzung

Es kommen auf 100 000 Atome Silicium:	Pflanzenlose Salzwüste bei Khale Abdullah		Sehr sterile Steppe zwischen Edschijeh und Kafrun	
	Feinster (lehmartiger) Theil der Bodenprobe	Grober, ganz kleine Stein- chen enthal- tender Theil der Boden- probe	Feinster (lehmartiger) Theil der Bodenprobe	Grober, kleine spröde Stein- chen enthal- tender Theil der Boden- probe
Moleküle Koh- lensäure	12.900	20.962	55.957	275.221
Molek. Wasser, bei 100° weg- gehend	29.418	40.442	14.392	2.351
Molek. Wasser, beim Glühen weggehend . . .	106.233	39.004	32.162	7.671
Si, nach Be- handlung mit HCl in Soda- lösung lösl. . .	59.438	19.427	30.294	3 472
Si, nach Be- handlung mit HCl in Soda- lösung unlösl.	40.562	80.573	69.706	96.528
Ca-Atome, in HCl löslich . .	40.266	45.151	56.089	270.925
Ca-Atome, in HCl unlösl. . .	323	1.512	928	184
Mg-Atome, in HCl löslich . .	29.838	7.761	5.637	4.025
Mg-Atome, in HCl unlösl. . .	1.313	825	1.867	227
Al-Atome, in HCl löslich . .	18 810	10.244	18.186	3.566
Al-Atome, in HCl unlösl. . .	14.640	16.248	19.532	6.726
Fe-Atome, in HCl löslich . .	4.958	2.108	3.820	3.438
Fe-Atome, in HCl unlösl. . .	2.596	1.044	2.398	334
Mn-Atome, in HCl löslich . .	208	67	180	40
Mn-Atome, in HCl unlösl. . .	50	43	39	0
Atome Kalium.	4.036	2.868	4.936	1.366
Atome Natrium	3.162	4.584	3.708	2.626
Moleküle Schwefelsäure	27.055	6.131	0	0

II.

der Bodenbestandtheile.

Relativ guter Boden (ehemaliger Weizenacker) bei Wersenäh		Wüste mit spärlicher Halophytenvegetation am Fuss des Basaltberges Kuh-Siah	
Feinster (lehmartiger) Theil der Bodenprobe	Gröbster (sandartiger) Theil der Bodenprobe	Feinster (lehmartiger) Theil der Bodenprobe	Grober, kleine Steinchen enthaltender Theil der Bodenprobe
59.088	41.456	55.123	34.008
19.656	7.771	15.022	1.335
36.758	14.802	40.373	4.674
25.682	11.873	26.670	3.882
74.318	88.127	73.330	96.118
58.033	41.046	54.715	33.313
434	1 201	543	785
4814	790	3.684	1.864
1.954	903	1.860	499
17.436	10.006	22 362	3.262
20.256	15.314	21.052	11.236
5.110	2.260	3.822	1.832
3.414	940	2 580	878
78	40	181	38
71	0	78	178
5.784	2.490	8.146	2.340
1.946	3.404	6 424	4.334
0	0	0	0

Wersenh) betrug er 4% Eisenoxyd. Sehr verschieden war bei den einzelnen Theilen der Bodenproben das Verhältniss zwischen der Menge desjenigen Eisens, welches in einer in Salzsäure löslichen Form zugegen war, und der Menge jenes Eisens, welches in einer in Salzsäure unlöslichen Form vorlag.

Die Mangangehalte der Erdproben aus dem persischen Steppen- und Wüstengebiet waren gleich den in den Grundproben des östlichen Mittelmeeres beobachteten Minimalbeträgen.

Zwischen den lehmartigen und sandartigen Theilen der persischen Bodenproben besteht ein bemerkenswerther Unterschied darin, dass in den lehmartigen Theilen der Gehalt an dem als Silicat (Doppelsilicat mit Aluminium) vorhandenen Kalium ungefähr doppelt so gross ist als der Gehalt an dem ebenfalls in einer in Wasser unlöslichen Form vorhandenen Natrium, während der Gehalt an diesem Kalium in den sandartigen Theilen der Bodenproben an sich geringer ist, den Natriumgehalt kaum übertrifft oder ihn nicht einmal erreicht.

Diese Gegensätze in dem Verhältniss der als in Wasser unlösliche Doppelsilicate vorhandenen Kalium- und Natriummengen in den lehm- und sandartigen Theilen der Bodenproben, sowie überhaupt die Unterschiede in der Zusammensetzung erhellen besonders deutlich aus der atomistischen, auf 100.000 Theile Silicium bezogenen, also von allen anderen Bestandtheilen der Bodenproben unabhängigen Zusammenstellung der Tabelle II. —

Was die in Wasser löslichen Bestandtheile der Bodenproben betrifft, so machte sich, wie zu erwarten, schon am Geschmack ein Unterschied insoferne bemerkbar, als im Gegensatz zu den anderen Erden die Erde von dem ehemaligen Ackerfelde bei Wersenh nicht salzig schmeckte. Von der Bodenprobe aus der Wüste bei Khale Abdullah waren die meisten Knöllchen mit Salz überkrustet. In der Wüste bei dem Berge Kuh-Siah, in der Nähe des Salzsees von Gaukhane hatte Herr Dr. Stapf Salzeffluorescenzen beobachtet.

Der wässerige Auszug der Bodenprobe von dem ehemaligen Ackerfelde bei Wersenh hatte einen erdigen und dabei etwas harzartigen Geruch. Der Gehalt dieses wässerigen

Auszuges an gelösten organischen Substanzen war so gross, dass auf seiner Oberfläche Schimmelpilze ihr Fortkommen fanden. Der wässrige Auszug der Bodenprobe aus der Wüste bei Khale Abdullah besass einen schwach stechenden, harzartigen Geruch. Ein ähnlicher Geruch war dem wässrigen Auszug der Bodenprobe aus der Steppe eigen.

17·1% in Wasser leicht lösliches Salz (als Abdampfungsrückstand des wässrigen Auszuges bei 175° getrocknet und gewogen) waren in der Bodenprobe aus der pflanzenlosen Wüste bei Khale Abdullah enthalten, 12·7% solchen Salzes in der Bodenprobe aus der Wüste mit spärlicher Halophyten-(Salsola-) Vegetation beim Kuh-Siah, in der Nähe des Gaukhane-Sees, 11·7% solchen Salzes in der bitteren Erde aus der Nähe des bitteren Baches bei Schiras, 2·6% solchen Salzes in der Bodenprobe aus der sehr sterilen Steppe zwischen Edschijeh und Kafrun und nur 0·25% solchen Salzes in der Bodenprobe aus dem ehemaligen Weizenacker bei Wersenäh.

Bevor ich die Zusammensetzung der einzelnen aus den Bodenproben durch Wasser extrahirten Salze bespreche, will ich noch einige sich auf 100 Theile der lufttrockenen Bodenproben beziehenden Werthe anführen.

Es waren in der mit Wasser nicht extrahirten, lufttrockenen Bodenprobe aus der Wüste bei Khale Abdullah: 6·7% bei 100° weggehendes und 9·9% erst bei 175° entweichendes Wasser, ferner 0·0006% in Salzform fertig vorhandenes und 0·003% aus dem stickstoffhaltigen Theile der organischen Substanzen bei der Oxydation mit übermangansaurem Kalium entstehendes Ammoniak. In derselben Reihenfolge angeführt waren die bezüglichen Procentzahlen bei der Bodenprobe aus der Steppe zwischen Edschijeh und Kafrun: 1·3, 1·6, 0·002 und 0·007. Bei der Bodenprobe vom ehemaligen Ackerfelde bei Wersenäh: 2·2, 2·9, 0·006 und 0·05. Bei der Bodenprobe aus der Wüste beim Kuh-Siah: 2·5, 3·4, 0·0046 und 0·015.

Die wässrigen Lösungen aller Bodenproben reagirten (gegen Phenolphthaleïn) schwach alkalisch. Der Gehalt dieser Lösungen an kohlen-sauren Salzen war sehr gering. Was die vier aus dem Steppen- und Wüstengebiet im Osten von Isfahan

gesammelten Bodenproben betrifft, so enthielt der wässrige Auszug der Bodenprobe des ehemaligen Weizenackers bei Wersenäh am meisten, der wässrige Auszug der Bodenprobe aus der Steppe etwas weniger, der wässrige Auszug der Bodenprobe aus der Wüste bei Khale Abdullah noch weniger und der wässrige Auszug der Bodenprobe aus der Wüste beim Kuh-Siah am wenigsten (nur Spuren) Kohlensäure. Brom und Jod wurden nicht gefunden. Der Gehalt an salpetersauren Salzen war gering. Der grösste Gehalt daran war der Bodenprobe aus der Steppe eigen, ein kleinerer der Bodenprobe aus der Wüste beim Kuh-Siah, ein noch kleinerer der Bodenprobe aus der Wüste bei Khale Abdullah, der kleinste der Bodenprobe vom ehemaligen Weizenacker. Im Anschluss hieran sei bemerkt, dass die Wasserprobe aus dem Salzsee von Schiras frei von salpetersauren und salpetrigsauren Salzen war.

Was die quantitativen Analysen der wässrigen Auszüge betrifft, so ergaben dieselben auf 100 Theile des bei 175° getrockneten Abdampfungsrückstandes bezogen:¹

Bei der Bodenprobe aus der pflanzenlosen Salzwüste bei Khale Abdullah: 41·82 Theile Cl, 20·71 SO₄, 30·96 Na, 0·45 Mg, 4·66 Ca, 0·18 K, 0·0037 NH₄, 2·06 Theile Glühverlust (ungefähr gleich dem Betrag der organischen Substanzen), 113·98 Theile durch Abrauchen mit Schwefelsäure und Glühen erhaltenen Sulfatrückstand und 0·35 Theile Kieselsäure (SiO₂);

bei der Bodenprobe aus der sehr sterilen Steppe zwischen Edschijeh und Kafrun: 45·52 Cl, 14·60 SO₄, 27·64 Na, 1·11 Mg, 6·66 Ca, 0·69 K, 0·08 NH₄, 4·00 Glühverlust, 114·99 Sulfatrückstand und 0·91 Kieselsäure;

bei der Bodenprobe des ehemaligen Weizenackers bei Wersenäh: 9·05 Cl, 10·85 SO₄, 15·93 Na, 4·29 Mg, 9·35 Ca, 1·57 K, 2·54 NH₄, 30·51 Glühverlust, 105·85 Sulfatrückstand und 4·0 Kieselsäure;

¹ Dittmar's Analysen der »Challenger«-Proben ergaben als Mittelwerthe für das Oceanwasser in 100 Theilen des Gesamtsalzes: 55·29 Theile Cl, 7·69 SO₄, 30·59 Na, 3·72 Mg, 1·20 Ca, 1·11 K, 0·19 Br und 0·21 CO₂. Kieselsäure ist im Meerwasser nur spurenweise vorhanden. 100 Theile Meer-salz liefern 119·49 Theile Sulfatrückstand.

bei der Bodenprobe aus der Wüste mit spärlicher Halophytenvegetation: 58·84 Cl, 0·98 SO₄, 30·78 Na, 1·39 Mg, 4·93 Ca, 0·22 K, 0·038 NH₃, 5·11 Glühverlust, 119·11 Sulfatrückstand, 0·60 Kieselsäure und 0·001 Theile Thonerde. Die wässerigen Auszüge der anderen Bodenproben enthielten noch geringere Mengen von Thonerde in Lösung;

endlich bei der bitteren Erde aus der Nähe von Schiras: 3·45 Cl, 70·63 SO₄, 1·65 Na, 9·44 Mg, 14·54 Ca, 0·25 K und 102·24 Sulfatrückstand.

Das am nordöstlichen Ufer des Gaukhane-Sees, in der Nähe des Basaltberges Kuh-Siah von Herrn Dr. Stapf aufgelesene rein weisse Salz ergab bei der Analyse folgende Werthe: 0·35% bei 100° und 0·73% erst bei 175° weggehendes Wasser, 58·47% Cl, 1·48 SO₄, 37·82 Na, 0·07 Mg, 0·61 Ca, 0·04 K, 0·00053 NH₃, beim Erhitzen mit übermangansaurem Kalium noch 0·0004 NH₃, und 119·11% Sulfatrückstand.

Das Wasser aus dem Schiraser Salzsee hatte bei der Aufbewahrung wegen Reduction eines ganz kleinen Theiles der gelösten Sulfate durch leichtoxydable Bestandtheile des zum Verschliessen der Flasche benützten Korkstopfens einen schwachen Schwefelwasserstoffgeruch angenommen. Die Menge des so entstandenen Schwefelwasserstoffes war jedoch äusserst gering: auf 1000 g Wasser 0·007 g H₂S.

Das specifische Gewicht des Wassers aus dem Schiraser See betrug bei 17·5°/17·5° 1·058. Der Salzgehalt war doppelt so gross als der von Meerwasser. 1000 g Wasser aus dem See von Schiras gaben 77·87 g bei 175° getrockneten Abdampfungsrückstand. Durch Summiren der gleich anzuführenden Einzelbestimmungen ergeben sich 77·74 g Gesamtsalz. Im Meerwasser und im Wasser des Schiraser Sees sind die Verhältnisse zwischen Salzgehalt und specifischem Gewicht nicht sehr stark von einander verschieden, ein Zeichen, dass beiden Wässern als Hauptbestandtheil ihrer Salze das Chlornatrium gemein ist. Bei der Division der auf 1000 Gewichtstheile Wasser bezogenen Salzgehalte von Meerwasserproben durch ihre um Eins verminderten specifischen Gewichte erhält man als ständigen Coëfficienten die Zahl 1310. Bei der Division des obigen

Abdampfungsrückstandes des Wassers aus dem Schiraser See durch das um 1 verminderte specifische Gewicht dieses Wassers erhält man die Zahl 1343, bei der Division des durch Summiren der Einzelbestimmungen berechneten, von den im Abdampfungsrückstand noch enthaltenen geringen Mengen von Wasser und organischen Substanzen unabhängigen Gesamtsalzes kommt man zur Zahl 1340.

In 1000 g des Wassers aus dem See bei Schiras wurden 45·22 g Cl, 2·71 g SO₄, 0·18 g CO₃, 0·0068 g Br, 27·61 g Na, 1·43 g Mg, 0·36 g Ca, 0·22 g K, 0·005 g NH₄, 0·00047 g bei Oxydation mit übermangansaurem Kalium entstehendes NH₃ gefunden und 94·00 g Sulfatrückstand daraus erhalten.

Wenn man in üblicher, nicht berechtigter Weise Säuren und Basen gruppirt, so findet man, dass 1000 g Wasser aus dem Schiraser See enthalten: 69·51 g NaCl, 4·15 g MgCl₂, 1·90 g MgSO₄, 0·0078 g MgBr₂, 1·23 g CaSO₄, 0·49 g K₂SO₄ und 0·0148 g NH₄Cl.

Zum Vergleiche der in verschiedenen Meerwasserproben oder in sonstigen natürlichen Salzlösungen und in Salzböden enthaltenen Salzgemische auf ihre chemische Zusammensetzung eignen sich am besten die auf 100 Theile Chlor sich beziehenden Mengenangaben der einzelnen Bestandtheile oder Umwandlungsproducte dieser Salzgemische, da diese Mengenangaben von dem Grade der Verdünnung der Wasserproben oder dem Grade des Salzreichthums der Bodenproben unabhängig sind, und da dabei die direct bestimmten Salzbestandtheile ohne Benützung irgend einer willkürlichen Hypothese betreffs der Gruppierung dieser Salzbestandtheile zum Ausdruck gebracht werden. Eine solche Zusammenstellung findet sich in Tabelle III. Die atomistische Zusammenstellung der Tabelle IV gestattet eine Beurtheilung des wechselseitigen Bindungsvermögens der bestimmten sauren und basischen Salzbestandtheile. —

Während die Zusammensetzung des im Meerwasser gelösten Salzes im ganzen Ocean und in allen mit dem Ocean zusammenhängenden Meeren von Ausnahmefällen abgesehen identisch ist, zeigt das auf und in dem Festland vorhandene Salz eine ungemein wechselnde Zusammensetzung.

Tabelle III.

Salzbestandtheile der Bodenproben etc., bezogen auf Chlor = 100.

	SO ₄	Na	Mg	Ca	K	NH ₄	Sulfat- rück- stand
A. In Wasser leicht lösliches Salz der Bodenprobe aus der pflanzenlosen Salzwüste bei Khale Abdullah.....	49.52	74.03	1.09	11.15	0.42	0.009	272.5
B. In Wasser leicht lösliches Salz der Bodenprobe aus der sehr sterilen Steppe zwischen Edschijeh und Kafrun.....	32.09	60.73	2.44	14.64	1.51	0.18	252.6
C. In Wasser leicht lösliches Salz der Bodenprobe von dem ehemaligen Weizenacker bei Wersnah.....	119.9	176.2	47.3	103.3	17.3	28.1	1169.6
D. In Wasser leicht lösliches Salz aus der Wüste mit spärlicher Halophytenvegetation am Fuss des Basaltberges Kuh-Siah.....	1.66	52.31	2.36	8.39	0.37	0.065	202.4
E. Rein weisses, in Wasser leicht lösliches Salz vom nordöstlichen Ufer des Gaukhane-Sees....	2.53	64.68	0.12	1.04	0.07	0.001	203.7
F. In Wasser leicht lösliches Salz aus der bitteren Erde in der Nähe des bitteren Baches in der Ebene von Schiras.....	2053.85	48.24	273.27	423.49	0.75	nicht bestimmt	2976.8
G. Im Sec von Schiras (im Oberflächenwasser am NW-Ende) gelöstes Salz.....	5.98	61.05	3.17	0.80	0.48	0.01 0.00008 bis 0.0025 (am meisten im Wasser des Meeresgrundes)	207.9
H. Im Meerwasser gelöstes Salz (nach Dittmar)	13.91	55.37	6.74	2.17	2.00		216.1

Zum Vergleich.

Tabelle IV.
Atomistische Zusammensetzung der in Tabelle III unter A—H bezeichneten Salze.

	Es kommen auf 100.000 Atome Chlor	Atom- gruppen SO ₄	Atomgruppen CO ₃ ²⁻ (als Monocarbonat gerechnet)	Atom- gruppen SiO ₃	Atome Br	Atome Na	Atome Mg	Atome Ca	Atome K	Atom- gruppen NH ₄	Summe der Atome und Atom- gruppen (incl. Cl)	Basische Valenzen	Saure Valenzen	Zu viel basische Valenzen (an orga- nische Säuren ge- bunden)
A.	18.280	—	—	496	—	113.850	1.611	9.882	381	18	244.518	137.235	137.552	—317
B.	11.850	—	—	1.181	—	93.390	3.605	12.970	1.368	353	224.717	128.261	126.062	2.199
C.	44.260	—	—	24.210	—	27.100	69.880	91.550	15.680	55.190	429.870	420.830	240.940	179.890
D.	613	—	—	602	—	80.440	3.487	7.436	335	128	193.041	102.749	102.430	319
E.	934	—	—	—	—	99.470	177	922	63	2	201.568	101.733	101.868	—135
F.	758.160	—	—	—	—	74.185	403.740	375.320	680	—	1,712.085	1,632.985	1,616.320	16.665
G.	2.207	—	225	—	7	93.884	4683	709	435	20	202.170	105.123	104.871	252
H.	5.140	—	220	—	150	85.140	9.950	1.920	1.810	—	204.330	110.690	110.870	—180

Ein Theil der Salzmengen von Erdböden, Quellen, Süswasserläufen und Binnenseen hat seinen Ursprung in der Auslaugung, Fortführung und eventuellen Wiederablagerung von Theilen der aus früheren geologischen Zeiten stammenden Salzlager, Salzstöcke und sonstigen Salzabscheidungen. Insoweit die Bildung dieser Salzabscheidungen auf ein Eindunsten von Meerwasser zurückzuführen ist, musste bei der hiebei stattfindenden fractionirten Krystallisation die von Usiglio¹ festgestellte Reihenfolge, in welcher das im Meerwasser enthaltene Salzgemisch beim Verdunsten des Wassers einzelne Salze zur Abscheidung bringt, massgebend sein. Bei jenen in und auf dem Festlande vorhandenen Salzmengen, welche von einem eventuellen, im Schlussbericht über meine chemischen Untersuchungen im östlichen Mittelmeer besprochenen »capillaren Aufsteigen von Meerwasser in Festlandsmassen« herühren würden, wäre für die Zusammensetzung des abgeschiedenen und des von atmosphärischem Sickerwasser aufgenommenen Salzes die Diffusionsgeschwindigkeit der einzelnen Salze, sowie der Grad, in welchem die einzelnen Salze während des capillaren Vordringens ihrer Lösung in Gesteins-, Sand- und Lehmmassen mechanisch und chemisch zurückgehalten werden oder eine chemische Änderung erleiden, von Bedeutung.

Jene ganz geringen Salzmengen, welche durch Zerstäubung und Wegführung von Meerwasser während regenloser Stürme auf dem Luftwege der Festlandsfläche zugetragen werden, dürften in ihrer Zusammensetzung von dem gewöhnlichen Meersalz kaum verschieden sein. Die ungemein grosse, die Regel ausmachende, selbst auf kleinen Gebieten des Festlandes, wie eben auch auf dem untersuchten persischen Gebiet

¹ Beim Eindunsten von Meerwasser bei Zimmertemperatur bis zu $\frac{1}{62}$ des ursprünglichen Volums waren zuerst Spuren von Eisenoxyd, dann geringe Mengen von kohlenstoffsaurem Kalk, hierauf Gyps, Chlornatrium, Magnesiumsulfat, Magnesiumchlorid und Bromid zur Abscheidung gekommen. In der Mutterlauge befand sich noch $\frac{1}{5}$ des Gesamtsalzes gelöst, darunter das ganze Chlorkalium, fast das ganze Chlormagnesium, $\frac{3}{1}$ des Magnesiumsulfates, mehr als die Hälfte des Broms und $\frac{1}{10}$ des Chlornatriums des ursprünglichen Meerwassers.

vorkommende Mannigfaltigkeit in der chemischen Zusammensetzung der im Boden in fester Form enthaltenen oder der in den einzelnen Binnenwässern gelösten Salze könnte hingegen als Folge derjenigen Zufuhr von kleinen Salzmengen betrachtet werden, welche durch das capillare, ganz langsame, ständige oder zeitweise Aufsteigen von Meerwasser und auch von Binnenwässern veranlasst wird. Wie ein Schwamm oder ein Blatt Filtrirpapier aufsaugend auf das benachbarte oder weiter entfernte Meer könnten trockene Wüstengebiete, wie sie im Innern von Persien vorkommen, besonders leicht wirken. Dabei verhehle ich mir nicht das Gewagte der Annahme eines viele Meilen langen capillaren Vordringens eines auf dem Meeresgrunde aufgesaugten Wassers, würde aber gerade in der weiten Erstreckung des von chemischen Reactionen, von Lösungserscheinungen und von Abscheidung gelöster fester Körper begleiteten hypothetischen capillaren Vordringens von Meerwasser gegen bestimmte Gebiete der Festlands Oberfläche zu die eventuelle grosse Bedeutung desselben für das langsame Vorschreiten stofflicher und räumlicher Änderungen in den Festlandsmassen sehen.

Nur unter Berücksichtigung eines viel grösseren Beobachtungsmaterials könnte man es versuchen, darüber Aufklärung zu erhalten, in welchem Grade die an Ort und Stelle durch die Abdampfung ehemaliger, von dem Ocean mehr oder weniger vollständig abgetrennter Meerestheile bewirkte Bildung von Salzseen oder Salzlagern, dann die Auslaugung solcher Salzlager, ferner die Übertragung von Salztheilchen von der Meeresoberfläche durch die Luft unter Vermittlung der starken Winde und des Regens, und endlich das capillare Eindringen von Meerwasser in den Meeresgrund und das weitere capillare Vordringen und Aufsteigen dieses Meerwassers in Festlandsmassen — in den einzelnen horizontal benachbarten Theilen der obersten Festlandsmassen zur Versalzung des Bodens und der Gewässer beigetragen haben und beitragen. Die zuletzt angeführte Art der fortwährenden Zufuhr und Abscheidung neuer Salzmengen in den Festlandsmassen und auf der Oberfläche derselben müsste unter Anderem bestimmend sein für die Stellen der Erzvorkommen, weil schon früher vor-

handen gewesene Salze von Schwermetallen unter dem Einfluss der Wassercirculation, sowohl der des sickern den Süßwassers in Bischof's Sinne, als auch unter dem Einfluss der Circulation des capillar aufsteigenden, später eventuell stark verdünnten Meerwassers, zur Lösung und Wiederabscheidung gebracht werden können, und weil die im Meerwasser spurenweise gelösten Salze von Schwermetallen im Laufe langer Zeit an einzelnen Orten unter der Festlands oberfläche oder auf derselben zur Abscheidung gelangen können. Als andere Möglichkeit führe ich an, dass in einigen Gegenden der Festlandsboden in einem für die Vegetation vortheilhaften Grade bestimmte, ehemals auf dem Meeresgrunde aufgesaugte oder dort oder erst während des capillaren Aufsteigens unter dem Meeresgrunde und unter der Festlands oberfläche gebildete Stoffe, z. B. Kalium- und Ammoniumsalze, zugeführt erhält. Besonders bei Ammoniak könnte dies der Fall sein, welches im Schlamm des Meeresgrundes in relativ grosser Menge bei der Oxydation der stickstoffhaltigen Theile der auf dem Meeresgrunde abgelagerten thierischen und pflanzlichen Organismen entsteht, für sich oder im Verein mit der Kohlensäure im Schlamm des Meeresgrundes und während des capillaren Vordringens seiner Lösung andere gelöste Körper als Carbonate oder Silicate zur Abscheidung bringt, selbst jedoch immer oder fast immer in Lösung bleibt, und dessen Salze überdies rasch diffundiren. Da alle anderen Salze des Meerwassers während eines langen capillaren Aufsteigens von Meerwasser durch Festlandsmassen leichter zurückgehalten werden, könnten an jenen Stellen der Festlands oberfläche, an welchen das dahin capillar gelangte Wasser verdunstet, Ammoniumsalze in relativ grosser Menge zur Abscheidung kommen, die dort eventuell zur Bildung von Salpeter Anlass geben.

Ich wage es derzeit nicht zu behaupten, dass auch nur ein kleiner Theil des in dem persischen Wüsten- und Steppen gebiet vorgefundenen Ammoniumsalzes wirklich auf diese Art von einem vielleicht sehr weit entfernten Meeresgrunde abstammt. Die Möglichkeit dessen ist jedoch vorhanden. Ferner ist es möglich, dass die hauptsächlich in Form von Gyps vorhandenen grossen Mengen von gebundener Schwefelsäure in

den Bodenproben aus der Steppe und Wüste im Osten von Isfahan in der Art zur Abscheidung gekommen sind, dass zuerst in dem seines Sauerstoffgehaltes sehr bald beraubten, viel organische Substanzen in Lösung haltenden Wasser, welches von dem Meeresgrunde und von dem Grunde von Binnengewässern, hier eventuell wenigstens zeitweise auch von dem Grunde des benachbarten Gaukhane-Sees capillar durch Festlandsmassen zu solchen, des Regens fast ganz entbehrenden Steppen- und Wüstengebieten aufsteigt, eine Reduction der schwerdiffundirenden schwefelsauren Salze zu leichtdiffundirenden Schwefelmetallen und später vielleicht auch eine theilweise Bildung von freiem Schwefelwasserstoff stattgefunden hat, und dass dann, in dem Masse, als durch den die oberste Bodenschicht durchdringenden atmosphärischen Sauerstoff Oxydation erfolgt, Schwefelsäure und schwefelsaure Salze zurückgebildet werden und schwerlöslicher Gyps abgeschieden wird. An anderen Stellen, an welchen die durch Rückoxydation entstandene Schwefelsäure wenig Kalk, dafür aber viel Magnesia (als Magnesit oder Dolomit) vorfindet, kann es zur Bildung von Bittersalz (eventuell neben Gyps) kommen.

Während Ammoniak fast gar nicht und Schwefel nur in Ausnahmefällen, und zwar in freiem Zustande, als Schwefelmetall oder als Gyps unter der Oberfläche des Festlandes auf dem Wege der hypothetischen capillaren Wasserbewegung vom Grunde des Meeres und der Binnengewässer aus zur Abscheidung kommen, ist das gerade Gegentheil bei Na, Mg, Ca, K und fast allen spurenweise im Meerwasser und in den Wässern der Binnenseen enthaltenen Metallen der Fall. Durch Bildung von Silicaten, Carbonaten, Sulfiden oder Oxyden oder in Ausnahmefällen in freiem Zustande kann eine fortwährende Abscheidung dieser Elemente unter der Festlands Oberfläche und auch auf derselben vor sich gehen. Es bedeutet dies einen fortwährenden, sich auf die einzelnen Metalle in verschiedenem Masse erstreckenden Entzug von Theilen des im capillar aufsteigenden Wasser gelösten oder des an der Festlands Oberfläche ausgelaugten und daselbst eventuell wegen Verdunstung des Wassers auskrystallisirten Salzes. Es wird also in den in

einem Festlandsboden, in einem Festlandswasserlauf und in einem Binnensee enthaltenen Salzen von den einzelnen Salzbestandtheilen des Meerwassers unter sonst gleichen Umständen umso weniger enthalten sein, je leichter diese Salzbestandtheile durch chemische Reactionen und durch Adsorption von den Festlandsmassen zurückgehalten werden.

Was von dem capillar aufsteigenden Wasser bis zur Festlandsoberfläche oder bis in die Nähe derselben geführt worden ist und daselbst seine Löslichkeit in Wasser bewahrt, kann früher oder später durch Vermittlung der periodischen atmosphärischen Niederschläge, der atmosphärischen Sickerwässer und der Bach- und Flussläufe weiterbefördert werden, dabei in der Regel in das Meer zurückkehren, in Ausnahmefällen jedoch in Binnenseen, welche keine Flussverbindung mit dem Meere haben, zur Anreicherung kommen. Bei der grossen Verschiedenheit der chemischen und physikalischen Veränderungen, welche je nach chemischer Zusammensetzung, Consistenz und Schichtung der die hypothetische capillare unterirdische Wasserbewegung zulassenden Festlandsmassen für die einzelnen gelösten und in Lösung gehenden Salze zu erwarten sind, müssen auf diese Art in den einzelnen der Verbindung mit dem Meere entbehrenden, über oder unter dem Meeresniveau liegenden Binnenseen verschiedene Salze zur Anreicherung kommen und gekommen sein. Durch Laboratoriumsversuche und durch systematische Untersuchung eines beschränkten Seengebietes auf alle diesbezüglichen Momente könnte vielleicht erreicht werden, dass aus der bekannten chemischen Zusammensetzung von Quell-, Fluss- und anderweitigen Binnengewässern Schlussfolgerungen auf die chemische Zusammensetzung, physikalische Beschaffenheit und Schichtung von nicht oder schwer zugänglichen Theilen der Erdkruste möglich sind.

In jenen, wahrscheinlich sehr seltenen Fällen, in welchen das sich capillar durch Festlandsmassen bewegende Wasser, beziehungsweise das darin gelöste Salz durch chemische, von Fällung oder Lösung begleitete Reactionen nicht oder nicht mehr verändert wird, kann die Vorwärtsbewegung der einzelnen im Wasser gelösten Salze ebenso wie in einem Streifen Filtrir-

papier¹ allein nach ihrer Diffusionsgeschwindigkeit verschieden verlaufen. Da in wässerigen Lösungen, welche wie das Meerwasser und die meisten natürlichen Soolen als Säurerest hauptsächlich Chlor enthalten, gewiss von allen basischen Elementen und Elementgruppen Theile, und zwar die Haupttheile mit Chlor verbunden oder an Chlor zu binden sind, kann man die Diffusionsgeschwindigkeit der Chlormetalle, über welche Versuche vorliegen, als massgebend für den Grad der im capillar sich bewegenden Wasser stattfindenden Vorrückung der einzelnen Salze betrachten. Nach Long² diffundiren unter gleichen Umständen: 803 Moleküle KCl, 689 NH₄Cl, 600 NaCl, 429 CaCl₂ und 392 MgCl₂. In dem angenommenen Fall des rein mechanischen Aufsteigens von Meerwasser und Binnenwässern in Festlandsmassen könnte einerseits eine sehr regelmässige, bei einzelnen Salzseen sich ziemlich gleich bleibende allmälige Wegführung von rasch diffundirenden Salzen, welche entweder in nächster Nähe des Ufers oder in grösserer Entfernung wegen dort stattfindender Verdunstung des bis dahin capillar in Festlandsmassen aufgestiegenen Wassers zum vollständigen oder theilweisen Auskrystallisiren kommen, stattfinden, anderseits könnten, wenn das betreffende Salzseebecken von dem Weltmeer abgetrennt ist, darin mit der Zeit die schwer diffundirenden, im Wasser in relativ reichlichster Menge zurückbleibenden Salze vorwaltend werden.

In einem Binnensee, dessen Salzreichtum gross ist, aber nicht einfach als Folge der theilweisen Eintrocknung eines an derselben Stelle ehemals bestandenen Meerestheiles oder der Auslaugung eines benachbarten Steinsalzlagers betrachtet werden kann, könnte, wenn der Vorgang des capillaren Aufsteigens des eigenen Wassers und des Wassers aus einem benachbarten Meerestheile, der damit verbundenen theils auf chemischen Reactionen, theils auf physikalischen Erscheinungen beruhenden Abscheidung von Salzen und Salzbestandtheilen und des durch locale atmosphärische Niederschläge fortwährend oder zeitweise veranlassten Zurückkehrens ein-

¹ E. Fischer und Schmidmer in *Ann. Chemie*, 272, 156 (1893).

² Ostwald, *Allgemeine Chemie*, I, 691 (1891).

zelter Salze sehr lange dauert, eine durchgreifende Änderung der Zusammensetzung des gelöst bleibenden Salzes stattfinden.

Vielleicht ist so z. B. die Zusammensetzung des im Wasser des Todten Meeres gelösten Salzes, welches im Vergleich zum Meersalz überaus reich an $MgCl_2$ ist, fast keine Sulfate enthält und einen relativ grossen Gehalt an $CaCl_2$ und Bromsalz aufweist, zu erklären. Nach Gmelin enthält das Wasser im Todten Meer (spec. Gew. 1·212): 11·77% $MgCl_2$, 7·01 $NaCl$, 3·21 $CaCl_2$, 1·67 KCl , 0·44 $MgBr_2$, 0·05 $CaSO_4$, 0·0075 NH_4Cl , 0·21 $MnCl_2$, 0·09 Al_2Cl_6 , in Summa 24·54% Salz. $MgCl_2$ und $CaCl_2$ konnten sich aus zwei Gründen angereichert haben, erstens weil sie in dem das Erdreich und das Gestein in der Umgebung dieses Meeres capillar durchdringenden Wasser langsamer wegdiffundirten als die anderen Chloride, zweitens deshalb, weil sie als zerfliessliche und in Wasser ungemein leicht lösliche Salze von jenen Stellen der umgebenden Bodenfläche, zu welchen sie mit dem capillar aufsteigenden Wasser gelangt sind, eventuell unter Vermittlung der atmosphärischen Niederschläge besonders leicht wieder in das Meer zurückkehren. Das fast gänzliche Fehlen der Sulfate im Wasser des Todten Meeres kann zum Theil daher kommen, dass die Sulfate, während sie selbst oder die ihnen entsprechenden, durch Reduction entstandenen Sulfide diffundiren, zerfallen, indem sie ihren Schwefel als solchen oder als unlösliches Sulfid ablagern, zum Theil daher, dass auf der benachbarten Festlands oberfläche oder etwas darunter durch die Wirkung des Luftsauerstoffes Rückbildung von Sulfaten und in Folge dessen Abscheidung von Gyps stattfindet. Wenn man die Möglichkeit zulässt, dass das im Todten Meer gelöste Salz trotz seiner abnormen Zusammensetzung aus ehemaligem Meersalz entstanden ist, und wenn man ferner ein capillares Eindringen von Meerwasser in den Meeresgrund und in Festlandsmassen bis zu einzelnen Stellen der Festlands oberfläche annimmt, so wird man zur Vermuthung geführt, dass in das Gebiet des Todten Meeres vorwiegend Meerwasser aus dem östlichsten Theile des Mittelmeeres durch capillares Eindringen in den unterseeischen Abhang der Küste von Palästina und Syrien gelangt ist und gelangt. In dem lehmartigen Schlamm dieses

unterseeischen Abhanges habe ich während der dritten »Pola«-Expedition besonders grosse Mengen von organischen Substanzen vorgefunden, sehr wahrscheinlich desshalb, weil dort in Folge der Bewegung des gesammten Wassers im Becken des Mittelländischen Meeres grosse Mengen von abgestorbenen kleinen Pflanzen- und Thierkörpern, angesammelt auf dem weiten Wege entlang der Nordküste von Afrika, zur Ablagerung kommen. Weil das dort capillar in den Meeresgrund eindringende Wasser viele organische Substanzen in Lösung mitführt, kann schon im Grundschlamm, wie es vor Akka in 758 *m* Tiefe thatsächlich beobachtet wurde, noch mehr jedoch während des weiteren Vordringens in Festlandsmassen sehr leicht eine Reduction der Sulfate des Meerwassers zu Sulfiden vor sich gehen, so dass von vornherein die oben angeführte Möglichkeit der Abscheidung von Schwefel und unlöslichen Schwefelmetallen und Sulfaten in besonders hohem Grade, dagegen die Wahrscheinlichkeit des Gelangens von Sulfaten bis in das Becken des Todten Meeres in sehr geringem Grade vorhanden ist. Nebenbei sei bemerkt, dass die bei der Sulfatreduction wegen Oxydation des Kohlenstoffes der organischen Substanzen auftretende Kohlensäure in den von dem capillar vordringenden unterirdischen Wasser getroffenen Festlandsmassen Lösungserscheinungen bewirken kann, welchen Lösungserscheinungen in benachbarten Gebieten des Festlandes Gesteinsbildungen folgen könnten. Die oben als möglich hingestellten Verhältnisse mögen es veranlasst haben, dass der Hauptbestandtheil des vom capillar vorgedrungenen Meerwasser mitgebrachten Salzes, das Chlornatrium, nicht in dem 400 *m* unter dem Niveau des Oceans und des Mittelmeeres liegenden Todten Meere selbst zur Ansammlung gekommen ist, sondern in der Umgebung dieses Binnensees. Nach Reiseberichten ist das ganze Wüstengebiet der syrischen Niederung mit Salz imprägnirt. —

Ausser den bereits erwähnten chemischen Reactionen können noch einige in dem Boden der Salzwüsten und überhaupt in salzhaltigen Böden vor sich gehen. Da der Wüstenboden neben Carbonaten grosse Mengen von Kieselsäure enthält, wäre es möglich, dass unter dem Einfluss intensiver

Sonnenwärme Bildung von Silicaten, eventuell von Doppelsilicaten mit der nebenbei vorhandenen kieselsauren Thonerde, stattfindet. Wenn dies überhaupt geschieht, worauf vielleicht der relativ grosse Gehalt der wässerigen Auszüge der Bodenproben an Kieselsäure hinweist, so wird der Betrag der so gebildeten kieselsauren Salze davon abhängen, ob die dabei entstehende Kohlensäure rasch in die Atmosphäre entweichen kann. Ausgeschlossen ist diese Reaction dort, wo halbwegs grosse Mengen von Kohlensäure durch Oxydation organischer Substanzen entstehen, da die Kohlensäure ihrerseits die Silicate zerlegen kann. Am leichtesten könnte die Bildung kleiner Mengen von Silicaten durch Austreibung der Kohlensäure aus Carbonaten in lebenden Pflanzen erfolgen, in deren Blättern gelöste freie Kieselsäure mit gelösten Carbonaten umso leichter kieselsaure, eventuell in Wasser unlösliche, zur Versteifung der Blätter und der übrigen Pflanzentheile beitragende Salze entstehen könnten, als die dabei frei werdende Kohlensäure unter dem Einfluss des Sonnenlichtes zerlegt, zur Assimilation des Kohlenstoffes unter Entwicklung von Sauerstoff verwendet wird. Der im wässerigen Auszug der Erde von dem ehemaligen Weizenacker bei Wersenäh gefundene grosse Gehalt an Kieselsäure ist vielleicht auf die Verwitterung der fein vertheilten Silicate zurückzuführen, welche in den der Erde in reichlicher Menge beigemengten Pflanzenresten enthalten waren.

In der Wüste wird die Bildung von Silicaten durch Einwirkung von Kieselsäure auf Carbonate durch den Umstand gefördert, dass in der Regel nur äusserst geringe Mengen von Kohlensäure, welche der Silicatbildung entgegenarbeiten könnte, in der Bodenluft vorhanden sind. Zittel hat während der Rohlfs'schen Expedition in die Lybische Wüste an drei Stellen 5 Luftproben aus $\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$ m unter der Bodenoberfläche mittelst einer eisernen Röhre mit Stahlspitze genommen und in Glasröhren eingeschmolzen. Pettenkofer¹ fand in diesen Proben fast denselben Kohlensäuregehalt wie in atmosphärischer Luft. Einmal war der Kohlensäuregehalt etwas kleiner

¹ Sitzungsberichte der math.-physik. Classe der k. b. Akademie der Wissenschaften zu München, 4, 339 (1874).

und einmal etwas grösser. In der Grundluft eines Palmgartens (aus 1 *m* Tiefe) war er sechsmal so gross.

Ob in einer Bodenerde Verwitterung von Silicaten oder Bildung von Silicaten stattfindet, kann auch von dem Feuchtigkeitsgehalt der obersten Bodenschicht abhängen. Wenn in einem Wüstenboden, wie es in der Nähe des Basaltberges Kuh-Siah in besonders hohem Masse der Fall ist, hygroskopische Salze, wie CaCl_2 und MgCl_2 vorhanden sind, so ist der Feuchtigkeitsgehalt des Bodens bei Tage und bei Nacht sehr verschieden. Sehr erleichtert wird die Bildung von unlöslichen Silicaten aus freier Kieselsäure und Carbonaten oder Chloriden, wenn die durch die Kieselsäure ausgetriebene Säure eine freie Base, z. B. Ammoniak oder eine organische Base, die bei fortschreitender Oxydation der im Boden enthaltenen organischen Substanzen entstehen, zur Neutralisation vorfindet. Falls bei der Oxydation der organischen Substanzen nicht mehr Kohlensäure entsteht, als von dem gleichzeitig gebildeten Ammoniak neutralisirt werden kann, so werden durch das kohlen saure Ammonium Theile der vorhandenen löslichen Calcium- und Magnesiumsalze in unlösliche Carbonate umgewandelt.

Das auch in der Wüste nicht ganz fehlende Pflanzenleben braucht einerseits geringe Mengen von anorganischen Salzen, anderseits wird es durch die Gegenwart grösserer Salz mengen im Boden gehemmt, modificirt (Halophytenvegetation) oder unmöglich gemacht. Es bringt dies ebenfalls locale Änderungen der Zusammensetzung des Bodens, sei es Wüsten-, Steppen- oder Ackerboden, mit sich. Von vornherein ist ein sehr verschiedenes Verhalten der einzelnen hier in Betracht kommenden Salze unter dem Einfluss des Pflanzenlebens zu erwarten. Phosphorsaure und schwefelsaure Salze können in doppelter Beziehung fördernd auf das Pflanzenleben wirken. Erstens insoferne Schwefel in organische Verbindungen (Eiweiss) eintritt und Phosphorsäure von eiweissartigen Körpern der Pflanze ätherartig gebunden wird, zweitens dadurch, dass bei eben dieser Wegnahme von Schwefel und von Phosphorsäure aus dem betreffenden Salze die Base frei wird, die entweder selbst oder an deren Stelle eine andere durch Umsetzung aus einem

nicht der Zerlegung verfallenen Salze entstandene Base von der Pflanze, unter Bildung des Salzes einer organischen Säure, aufgenommen wird. Gelöste kiesel- und kohlen-saure Salze können ebenfalls leicht von dem pflanzlichen Organismus unter Bildung organisch-saurer Salze aufgenommen werden, da sich die Kieselsäure in fester Form abscheiden, und die Kohlensäure als Gas entweichen oder ihren Kohlenstoff an die Pflanze abgeben kann.

Bei den Chloriden fehlen alle diese Bedingungen des leichten Eintrittes ihrer basischen Bestandtheile in organische, von der Pflanze gebildete Säuren. Daher stammt wohl die geringe Aufnahmefähigkeit der Chloride und ihre Schädlichkeit für die meisten Pflanzen. Während die anderen Salze von der Pflanze verbraucht, umgeändert werden, bleiben die Chloride im Boden erhalten, wenn nicht eine natürliche oder künstliche Bewässerung die Fortschaffung dieser für das Pflanzenleben schädlichen Salze besorgt. —

Unter den angeführten Gesichtspunkten ist vielleicht die Kenntniss der in verschiedenen Bodenarten und Binnenseen gelösten Salze nicht ohne Interesse.

Unter nochmaligem Hinweis auf die in den Tabellen III und IV enthaltenen Werthe führe ich in üblicher Weise die einzelnen Salzbestandtheile zu Salzen gruppirt an.

A. Das in Wasser lösliche Salz der Bodenprobe aus der pflanzenlosen Salzwüste bei Khale Abdullah enthält: 66·95% NaCl, 1·79 MgCl₂, 0·011 NH₄Cl, 15·86 CaSO₄, 2·33 K₂SO₄ und 10·89 Na₂SO₄.

B. Das in Wasser lösliche Salz der Bodenprobe aus der sehr sterilen Steppe zwischen Edschijeh und Kafrun enthält: 66·72% NaCl, 4·39 MgCl₂, 0·24 NH₄Cl, 1·31 KCl, 1·61 CaCl₂, 20·68 CaSO₄.

C. Das in Wasser lösliche Salz der Bodenprobe von dem ehemaligen Weizenacker bei Wersenäh enthält: 4·36% NaCl, 7·53 NH₄Cl, 2·99 KCl, 15·37 CaSO₄, 11% Na, 4·3% Mg und 4·8% Ca sind an organische Säuren gebunden.

D. Das in Wasser lösliche Salz der Bodenprobe aus der Wüste mit spärlicher, sehr zerstreuter Halophytenvegetation am Fuss des Basaltberges Kuh-Siah enthält: 78·11% NaCl

3·52 MgCl_2 , 0·113 NH_4Cl , 0·42 KCl , 12·53 CaCl_2 , 1·39 CaSO_4 .

E. Das weisse, in Wasser leicht lösliche Salz vom Ufer des Gaukhane-Sees enthält: 95·98% NaCl , 0·27 MgCl_2 , 0·0015 NH_4Cl , 0·05 KCl , 2·07 CaSO_4 , 0·04 K_2SO_4 .

F. Das in Wasser lösliche Salz aus der bitteren Erde in der Nähe des bitteren Baches in der Ebene von Schiras enthält: 4·19% NaCl , 1·22 MgCl_2 , 49·16 CaSO_4 , 0·57 K_2SO_4 , 45·67 MgSO_4 .

G. Das im Wasser des Sees von Schiras gelöste Salz enthält: 89·30% NaCl , 5·33 MgCl_2 , 0·02 NH_4Cl , 1·58 CaSO_4 , 0·63 K_2SO_4 , 2·44 MgSO_4 .

H. Das im Meerwasser gelöste Salz enthält: 77·19% NaCl , 11·43 MgCl_2 , 4·07 CaSO_4 , 2·47 K_2SO_4 , 4·23 MgSO_4 . 0·6% Na sind an Brom und Kohlensäure gebunden.

Dass im See von Schiras und in dem am Ufer des Gaukhane-Sees auskrystallisirten Salz das Chlornatrium so bedeutend die anderen Salze überwiegt, hängt damit zusammen, dass in früheren geologischen Zeiten durch theilweises Eindunsten von Meerestheilen, welche wegen Hebung des Festlandes allmähig vom Ocean abgetrennt wurden, grosse Mengen von Chlornatrium zur Ablagerung gelangt sind, worauf schon Tietze hingewiesen hatte. In Südpersien hat Winklehner unlängst bedeutende Salzlager entdeckt und in der Österreichischen Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen, 40, 579 (1892) beschrieben. Auch der im nordwestlichen Persien gelegene Orumiah-See enthält vorwiegend Chlornatrium. Hitchcock fand seinerzeit im Wasser dieses Sees (spec. Gew. = 1·155) 19·05% NaCl , 0·52 MgCl_2 , 0·18 CaSO_4 und 0·80 MgSO_4 . —

Herrn Prof. W. Tomaschek erlaube ich mir wegen gütiger Mittheilungen über die Topographie Persiens meinen Dank auszusprechen. Aus demselben Grunde und zumal natürlich wegen der freundlichen Überlassung der so mühsam gesammelten Untersuchungsobjecte danke ich vielmals Herrn Dr. Otto Stapf.

Anhang.

Dr. Adolf Heider's Analyse einer Wasserprobe aus dem Gaukhane-See in Persien.

Im medicinisch-chemischen Universitätslaboratorium des Herrn Hofrathes E. Ludwig hat der nachherige, früh gestorbene Hygieniker Dr. Ad. Heider das von Herrn Dr. O. Stapf aus dem Gaukhane-See geschöpfte Wasser analysirt. Seinem mir von seiner Mutter, Frau Marie Heider, gütigst zur Verfügung gestellten Laboratoriumsbuch entnehme ich folgende Daten: 5·0481 g des Wassers gaben 3·1441 und 4·9893 g des Wassers 3·0936 g AgCl; 25·1127 g des Wassers lieferten 0·203 g BaSO₄; 299·207 g des Wassers hinterliessen 0·0045 g SiO₂; 57·004 g des Wassers ergaben 0·1714 g CaO und 50·143 g des Wassers 0·4971 g Mg₂P₂O₇; 5·026 g Wasser (der Rest) lieferten 1·2339 g NaCl (mit Platinchlorid wurde kein K-Niederschlag erhalten).

Nach diesen Daten sind in 1000 g des Wassers im Gaukhane-See: 154·46 g Cl, 3·33 SO₄, 0·02 SiO₃, 96·75 Na, 2·14 Mg, 2·15 Ca, in Summa 258·85 g Salz.

Anders ausgedrückt sind in 1000 g dieses Wassers: 242·24 g NaCl, 8·46 g MgCl₂, 2·11 g CaCl₂, 4·72 g CaSO₄. Es ist also im Wesentlichen eine nahezu gesättigte Lösung von Chlornatrium. Eine gesättigte NaCl-Lösung enthält 26% NaCl.

Im Wasser des Gaukhane-Sees kommen auf 100.000 Atome Chlor: 796 Atomgruppen SO₄, 6 Atomgruppen SiO₃, 96.330 Atome Na, 2.047 Atome Mg, 1.234 Atome Ca, in Summa (einschliesslich der Chloratome) 200.413 Atome und Atomgruppen.
