©Verein für Naturkunde Kassel; download www.zobodat.at

Ueber Salzlager, Mineralquellen, Salzseen etc.

Von

Dr. Carl Ochsenius

zu Marburg.

Redner zeigte als Einleitung seines am 13. Juni 1887 im Verein für Naturkunde zu Kassel gehaltenen Vortrages, dass in einem Meerbusen, der partiell vom Ocean durch eine der Mündung vorgelagerte Barre abgeschnürt ist, je nach deren verschiedenen Höhen-Verhältnissen, die da obwalten können, auch sehr verschiedene Vorgänge stattfinden können, erklärte z. B. auf sehr einfache Weise, dass durch Niveauveränderungen der Barre einer Bai, die Süsswasserzuflüsse erhält, in derselben Wechsellagerungen eintreten müssten von marinen, brakischen und Süsswassersedimenten, ohne dass man, wie früher, genötigt sei, die Erklärung in wechselndem Auf- und Niedergehen des Landes oder in Veränderungen des Meeresspiegels zu suchen.

Als besondern Fall behandelte dann der Vortragende die

Entstehung von Steinsalzflötzen aus dem Meere.

An der marinen Herkunft aller bedeutenden Salzlager zweifelt heutzutage wohl kein Geologe mehr; nur die Art, wie solche aus dem Ocean abgesetzt wurden, war bis vor kurzem noch nicht aufgefunden, ist aber jetzt durch die nachstehenden Untersuchungen in ebenso einfacher als überzeugender Art festgestellt und thatsächlich z. B. an den Ostküsten des Kaspischen Meeres bewiesen worden.

Im allgemeinen lässt sich die Zusammensetzung der Wasser des offenen Oceans durch folgende Zahlen bezeichnen:

Wasser 96,473%, feste Stoffe 3,527%; das specifische Gewicht beträgt im Mittel 1,0275.

©Verein für Naturkunde Kassel; download www.zobodat.at

Die festen im Meerwasser gelösten Stoffe bestehen aus folgenden Hauptbestandteilen:

Chlornatrium	75,786
Chlormagnesium	9,158
Magnesiumsulfat	5,597
Calciumsulfat	4,617
Chlorkalium	3,657
Bromnatrium	1,184
	100,000;

und wird die vorstehende specielle Gruppirung dieser acht Elemente durchweg angenommen, wenn sie auch nicht als absolut zu betrachten ist.

Ausser diesen und dem als Bestandteil des Wassers hinzuzurechnenden Wasserstoff finden sich aber noch viele andere, ja man darf wohl sagen, alle Elemente im Meerwasser aufgelöst, wenn ihre Quantität greifbar auch nur aus grossen Massen, oder spectralanalytisch oder aus Meeresorganismen, die solche aufsammeln, oder aus Schiffskesselsteinen oder auf andere Weise direkt oder indirekt nachzuweisen ist. Es ist das Vorhandensein sämmtlicher Elemente im Oceanwasser um so wahrscheinlicher, als von ihnen allen Verbindungen existiren, die in reinem, noch mehr aber in salzhaltigem Wasser löslich sind.

Die mächtigen Salzniederschläge aus dem Meere zeigen nun fast alle, dass von den Hauptbestandteilen nur die beiden wenigst löslichen d. i. Calciumsulfat und Chlornatrium abgesetzt wurden und zwar in schwer erklärlicher Weise, indem wohl den Löslichkeitsverhältnissen entsprechend Calciumsulfat als Gips immer das Liegende des Steinsalzes bildet, aber auf letzteres statt der leichtlöslicheren Magnesia- und Kalisalze in den allermeisten Fällen wiederum eine Calciumsulfatdecke, und zwar in Form von Anhydrit, sich auflagert. Der Verbleib der fehlenden Magnesia- und Kalisalzmasse liess sich nicht auffinden.

Ebenso auffallend war es, dass die Steinsalzflötze zu den fast versteinerungslosen Ablagerungen gehören, wogegen benachbarte Gesteine gut erhaltene Petrefacten oft in Menge führen.

Alle diese Umstände ergeben sich jedoch leicht, wenn ein hydrographisches Element, die Barre, in den Bildungsprocess eingeführt wird.

Sobald eine nahezu horizontal verlaufende Barre einen Teil des Meeres dergestalt vom Ganzen abschliesst, dass nur soviel Seewasser über die Barre einströmt, als die Oberfläche

©Verein für Naturkunde Kassel; download www.zobodat.at

des abgeschnürten Teils auf die Dauer zu verdunsten im Stande ist und der so partiell abgeschlossene Teil keine weiteren Zuflüsse, namentlich nicht von süssem Wasser erhält, bildet sich ein Steinsalzlager von bekannter normaler Form.

Es treten in dem Busen nämlich folgende Erscheinungen ein.

Die zuströmenden Wasser verdampfen und reichern durch die eingeführten Salze den Buseninhalt von der Oberfläche nach der Tiefe stetig an.

Die von der Sonne erwärmten oberen Schichten sinken, weil sie durch den höheren Salzgehalt specifisch schwerer werden, unter und teilen ihren Salzreichtum und ihre höhere Temperatur nach und nach dem ganzen Inhalt des Busens mit. Zuerst werden durch die steigende Salinität die Organismen mit freier Bewegung gezwungen, ihren bisherigen Aufenthalt zu verlassen und ins freie Meer zurückzukehren, während die der Locomotion entbehrenden zu Grunde gehen. Deren Reste, soweit sie nicht aufgelöst werden, finden sich als undeutliche Petrefacten in dem sich später einstellenden Niederschlag von Gips, der sie inkrustirt und aufnimmt.

Kurz vor diesem Niederschlag oder gleichzeitig mit dem Anfange desselben erfolgt der vergleichsweise unbedeutende vom grösseren Teile des kohlensauren Kalkes und Eisencarbonats, und, nachdem Gips das Liegende gebildet, beginnt der Absatz von Steinsalz in den bekannten blättrigkrystallinischen Massen, begleitet von dem Gehalt an Calciumsulfat und Calciumcarbonat, die in derselben Zeit durch das einströmende Meerwasser zugeführt werden.

Das erstere mischt sich meistenteils mit dem Steinsalze mehr oder minder gleichmässig; das letztere scheidet sich zuweilen aus.

Wenn auch im allgemeinen die Niederschläge im umgekehrten Verhältniss ihrer Löslichkeit erfolgen, so wird dadurch doch nicht ausgeschlossen, dass geringe Quantitäten der leichtlöslichen Salze mit in die Absätze der schwerer löslichen übergehen. So findet sich z. B. Bittersalz nicht selten dem Steinsalze beigemischt, und vorzugsweise da, wo eingespülter Thonschlamm zugleich mit niederging.

Andernteils halten sich einige im Meerwasser nur sehr schwach vertretene Verbindungen länger gelöst, als nach allgemeinen Regeln zu erwarten ist. Dies gilt u. a. auch von der Kieselsäure, von der Titansäure, von den Boraten, und unter diesen ganz besonders von der borsauren Magnesia.

©Verein für Naturkunde Kassel; download www.zobodat.at

Im weiteren Verlauf des Abscheideprocesses bleiben also die Hauptmassen der leichtlöslichen Salze in den oberen Schichten gelöst und bilden, nachdem die Anreicherung und der Niederschlag solche Dimensionen erreicht hat, dass auch die obere Partie des Buseninhalts eine grosse Concentration zeigt, eine Mutterlauge, welche neben Chlornatrium die übrigen Kali- und Magnesiasalze mit Kieselsäure u. s. w. enthält.

Diese Mutterlauge erreicht im Verlaufe der fortschreitenden Anwachsung der Steinsalzmassen vom Grunde, bezw. der Vermehrung von der Oberfläche aus, zuletzt das Niveau der Barrenlinie und muss, sobald ihr specifisches Gewicht die Kraft der Strömung des einwärts gehenden Seewassers überwinden kann, dicht über der Barre ausfliessen. Der Zugang von einfachem Seewasser wird also von nun an sich auf den oberen Teil der Barre beschränken, während der untere Teil von ausströmenden Mutterlaugen eingenommen wird.

Um diese Zeit beginnt die Schlussphase des Processes, nämlich die Bildung des hangenden Calciumsulfatlagers, des sog. Anhydrithutes.

Der Buseninhalt besteht um diese Zeit von unten auf aus Gips, starker reiner Steinsalzablagerung, concentrirtester reiner Salzsoole, ebensolchen Mutterlaugen bis etwas über die Barrenhöhe (bezw. deren tiefere Stellen) und zu oberst aus Schichten zuletzt eingedrungenen Seewassers. Diese vermischen sich durch Wind- und Wellenbewegung mit niederen, salzreicheren und verlieren dadurch einen grossen Teil ihrer Verdunstungsfähigkeit. Der Zufluss von frischem Meerwasser wird verringert, sowohl durch die stockende Verdampfung als auch durch die Verkleinerung der Zuströmungsöffnung, indem die untere Partie der Barrenmündung nicht mehr dem Einströmen von Seewasser, sondern dem Ausgange von Mutterlaugen dient.

Es tritt also weniger Oceanwasser als vorher ein und von diesem verdunstet weniger als zuvor. Hieraus ergiebt sich, dass vorzugsweise und in Massen nur der minderlösliche Gehalt an festen Stoffen des Meerwassers ausfällt, und dieser ist das Calciumsulfat. Indem nun dieses auf seinem Wege nach der Tiefe die concentrirten Mutterlaugenschichten passirt, wird es wasserfrei, so dass es in Form von Anhydrit die Decke des Salzlagers bildet.

Zuweilen entsteht hierbei eine Verbindung von Gips mit Magnesium- und Kaliumsulfat (letzteres aus der Umsetzung von Magnesiumsulfat und Kaliumchlorid entstanden)

d. i. der Polyhalit, der sich im Hangenden mancher Steinsalzlager findet.

Der Charakter eines Bittersees, den das Ganze mittlerweile angenommen hat, wirkt auch auf die umgebenden Ufergebiete insofern, als das organische Leben in denselben abstirbt und der kahle Boden mehr mineralischen Detritus liefert als bewachsenes Gelände, so dass von da an mehr Staub, welcher das Material für den Salzthon abgiebt, in den Busen eingeweht wird; hieraus erklärt sich die öfters im Hangenden eines Salzlagers gesteigerte Mächtigkeit der Salzthonschichten.

Von den zahlreichen Einschlüssen, die im Anhydrit bezw. in dem aus ihm hervorgegangenen Gips vorkommen, sei hier nur erwähnt Quarz, und von Borfossilien Boracit, Lüneburgit und Turmalin. Es halten sich also Kieselsäure und borsaure Verbindungen, die nach ihrem Absatze unlöslich im Wasser sind, bis in die Periode der Mutterlaugensalze.

Bei den hier kurz dargelegten Vorgängen wird wohl selten eine regelmässige, ungestörte Aufeinanderfolge sich vollzogen haben. Jede Niveauveränderung der Barre (z. B. durch Stürme hervorgerufen) wirkt natürlich sehr eingreifend auf die unmittelbar danach stattfindenden Niederschläge ein, sei es, dass diese beschleunigt oder verzögert werden; ja es kann sogar eine Wiederauflösung von schon vorhandenen eintreten.

Die hervorgehenden Störungen oder Potenzirungen werden naturgemäss eine grosse Mannigfaltigkeit der verschiedenen Absätze im Gefolge haben. So übernimmt in manchen Fällen der Salzthon, der mechanisch von den Ufern des Busens eingeweht oder über die Barre eingespült wird, die Rolle der schützenden Decke des Anhydrithutes, wenn solcher nicht mehr gebildet wurde, weil die Barre nicht lange genug ihre Höhenverhältnisse beibehielt; aber immerhin wird das Endprodukt, das Salzlager, die allgemeinen Merkmale seiner specifischen Herkunft aufweisen, und es ist nicht schwierig, an der Hand der angeführten Vorgänge fast alle Einzelnheiten eines jeden Salzflötzes zu erklären.

Eine der verwickeltsten Einzelnheiten ist bezw. war jedenfalls die Deutung der sog. Stassfurter Jahresringe.

F. Bischof berichtet über diese, wie folgt: Das eigentliche Steinsalzflötz von Stassfurt zeigt in seiner ganzen Mächtigkeit von mindestens 330 Metern einen durchweg gleichen Charakter, wird durch nichts in seiner Gesammtheit unterbrochen, und enthält nur Steinsalz, welches durch dünne Schnüre von Anhydrit durchsetzt wird. Diese mit ausge-

prägtem Parallelismus fortlaufenden Schnüre bezeichnen, wenn sie auch partiellen Verwerfungen unterliegen und zuweilen in schlangenförmige Windungen oder treppenförmige Sprünge übergehen, durch ihre allgemeine Richtung den Fallwinkel des Steinsalzlagers, welches an sich keine eigentliche Schichtung mehr erkennen lässt. Sie sind höchstens $^3/_4$ Centimtr. stark, theilen das Steinsalzlager in einzelne Bänke, deren Stärke zwischen 3 und 16 Ctmtr. schwankt, und im grossen Durchschnitt 9 Ctmtr. (in söhliger Richtung also 18 Ctmtr.) beträgt, zeigen im isolirten, vom Steinsalz befreiten Zustande, lockeres Gefüge, sind dann leicht zerreiblich, haben rindenähnliches Ansehen und gehen in Folge organischer, bituminöser Substanzen etwas in graue Farbe über, welche sich häufig selbst an den Rändern dem sonst weissen Steinsalze mittheilt. Zuweilen ziehen sich auch von ihnen aus sehr feine Anhydrit-Krystalle in das Steinsalz hinein, und geben letzterem ein trübes wolkiges Ansehen. Charakteristisch und die ruhige Absetzung des Steinsalzes recht bezeichnend ist die Erscheinung, dass diese Schnüre auf der einen, und zwar immer auf der nach oben gekehrten Seite glatt sind, während sie auf der anderen, nach unten gerichteten Seite sich verästeln, mit dem Steinsalz verwachsen sind und nach Auflösung des letzteren jenes borkenähnliche Gefüge mit dicht nebeneinanderliegenden Vertiefungen zeigen, in denen die Abdrücke der hexaëdrischen Krystallform des Kochsalzes wieder zu finden sind. Unzweifelhaft fand die Abscheidung jeder einzelnen Anhydritschnur erst statt, nachdem die darunter liegende Steinsalzschicht fertig gebildet war, und der sich auflagernde schwefelsaure Kalk nahm dann auf seiner äussern Fläche das Krystallgefüge des Chlornatriums an.

Der Bergmann nennt diese Schnüre „Jahrringe“ und in der That lässt sich annehmen, dass jede solche Anhydritschicht den Steinsalzabsatz eines Jahres begrenzt, so dass nicht nur aus der Anzahl der Schichten auf den Zeitraum geschlossen werden kann, der zur Bildung des ganzen Lagers erforderlich war, sondern aus der Stärke der von zwei Anhydritschnüren eingeschlossenen Steinsalzschicht auch die Temperatur-Verhältnisse der einzelnen Jahre abgenommen werden könnten. Dieser letztern Anschauung tritt Dr. *Volger* sehr eingehend entgegen, indem derselbe die grössere Stärke einer zwischen zwei Anhydritschnüren liegenden Salzschicht einer nachträglichen Ernährung und einem innern Zuwachs der ursprünglichen Schicht zuschreibt. Soweit Bischof.

Die nachträgliche Ernährung wird gewiss Niemandem einleuchten. Von wo sollte eine solche herkommen? Dass jedoch diese sog. Jahresringe in Stassfurt durch einen ganz localen Faktor hervorgerufen sein müssen, geht schon daraus hervor, dass das dortige Steinsalz nur mit dem von Varangeville bei Dieuze Aehnlichkeit in dieser Beziehung hat, während andere, sogar benachbarte, von demselben bedeutend abweichen. Im Erfurter Lager z. B. liegen feste Anhydritbänke in unregelmässigen Abständen, und schon an Stassfurt näher liegende Salzwerke zeigen keine sog. Jahresringe im Steinsalz. Die Schnüre verästeln sich nach unten und besitzen eine glatte Oberfläche nach oben, ihr Absatz begann also allmälig und hörte plötzlich auf. Das ist jedenfalls ausschlaggebend für die gesuchte Erklärung.

Hierzu muss ich zuerst ein Analogon anführen. Meerwasser lässt nach *Usiglio's* mustergültigen Versuchen kohlensauren Kalk bei einem spec. Gew. von 1,0506 fallen, d. h. wenn sein Volumen durch Verdunstung fast auf die Hälfte reducirt ist. Während des Fortschrittes der Reduction bis zu einem Fünftel seines Volumens fallen nur noch Spuren von Calciumcarbonat aus, aber bei 19 Proc. des Volumens und einem spec. Gew. von 1,1304 erscheint plötzlich wieder ein Niederschlag von kohlensaurem Kalk, der fast so stark ist wie der im Anfang stattgehabte; er beträgt 0,053 gegen 0,064. Der letztere rührt von der Umsetzung des im Meereswasser gelösten Natriumcarbonats mit Gips zu Natriumsulfat und Calciumcarbonat her; Gips und Soda vertragen sich nämlich in so schwachen Lösungen, wie das Meerwasser darstellt, ohne Zersetzung; diese tritt aber ein, sobald die Concentration einen gewissen Grad (hier etwas mehr als vier Fünftel des Raumes) erreicht. Usiglio hat die beiden Niederschlagsperioden des kohlensauren Kalks aus Meerwasser sehr exact markirt. Man sieht also hier, dass der erste Niederschlag allmälich beginnt und plötzlich stockt, während der zweite sich plötzlich einstellt und erst nach und nach aufhört.

Denkt man sich nun eine Substanz eingeschoben in die Lösung, welche zwischen dem spec. Gew. von 1,0506 und 1,1304 derselben ausfällt, so würde dieselbe eingeschlossen sein zwischen zwei Kalkcarbonatlagen, von denen die erste sich nach unten in die Oberfläche der Grundmasse, die zweite nach oben sich in den folgenden Niederschlag irgend einer Verbindung (im vorliegenden Falle Gips) recht leicht verästelnd ziehen könnte. Hiernach lässt sich wohl mit Sicherheit schliessen, dass eine chemische Umsetzung ihre Hand mit im Spiele hat bei dem allmäligen Beginn und dem plötzlichen

Ende der Bildung der Stassfurter Anhydrit- bezw. Polyhalitschnüre. Und eine solche ist naheliegend. Bekanntlich wird der Gips von Kochsalzlösung in viel grösserer Menge aufgenommen als von reinem Wasser, und zwar nimmt eine zu einem Drittel gesättigte Chlornatriumlösung eben so viel — 1 g in 150 ccm bei 13,5° — auf, als eine vollständig gesättigte, während eine schwächere, z. B. eine nur zum fünften Teil gesättigte, bloss 1 g in 244 ccm zu halten vermag. Die grössere Löslichkeit kann herrühren von der Bildung von Doppelverbindungen; wahrscheinlicher aber setzen sich beide Stoffe teilweise um, so dass die Flüssigkeit aus vier Salzen besteht: Chlornatrium und Chlorcalcium mit Natrium- und Calciumsulfat, und die grössere Löslichkeit des Gipses in der Kochsalzsolution von der Bildung sehr zerfliesslichen Chlorcalciums bewirkt wird, wobei das gleichzeitige Entstehen von Doppelsalzen nicht gerade ausgeschlossen ist.

Besteht nun zwischen den vier Salzen Gleichgewicht, und man vermehrt die Menge des Chlorcalciums oder Natriumsulfats, so muss in beiden Fällen eine Vermehrung von Calciumsulfat eintreten, und reicht die Wassermenge nicht aus, um allen Gips gelöst zu halten, so findet Abscheidung statt. In der That fällt aus einer kochsalzhaltigen Gipslösung auf Zusatz von Natriumsulfat Gips heraus, und mehr und noch schneller auf Zusatz von Chlorcalcium. Nun kommt ja Chlorcalcium auch in den Mutterlaugen vor, wie die Zusammensetzung des Tachhydrites beweist, und Natriumsulfat entsteht durch Umsetzung aus Magnesiumsulfat und Chlornatrium, es handelt sich also nur noch um die Frage, ob periodisch ein Extrazusatz von diesen Salzen zu dem Buseninhalt gedacht werden kann. Dieses ist in der That so, indem der aus einem Salzbusen strömende Mutterlaugenfluss bei der Vermischung mit Oceanwasser jedenfalls Verbindungen hervorrufen muss, die den obengenannten angehören, falls solche noch nicht vorhanden sind.

Je nachdem nun die Mutterlaugen mit Wassern des Aussenmeeres rasch vermischt und von der Busenmündung abgetrieben oder zurückgehalten werden, oder in regelmässigen Intervallen durch Flut, herrschende Winde, oder in unregelmässigen Zeitabschnitten durch Strömungen, Stürme in den Busen wieder mit Oceanwasser eingetrieben werden, muss ihre Wirkung eine verschiedene sein. Namentlich wird da, wo Chlorcalcium oder Natriumsulfat, das sich sehr wohl gebildet haben kann, mit Oceanwasser in den Buseninhalt wieder eingeführt wird, ein anderer Gipsniederschlag stattfinden, als wenn normal zusammengesetztes Meerwasser allein

©Verein für Naturkunde Kassel; download www.zobodat.at

zutritt, welches letztere namentlich besonders dann die Regel sein wird, wenn der herrschende Wind etwa unter 45° vom Küstenlande nach der See weht.

Berücksichtigt man andererseits, dass Gips in einer gesättigten Solution von Magnesiumsulfat total unlöslich ist, und dass sich gerade dieses Salz, wie ich schon früher gezeigt, in den oberen Horizonten der salinischen Gewässer zu halten pflegt, wogegen Chlornatrium die Tiefen vorzieht, so wird man leicht begreifen, dass die Rückströmung von Mutterlaugenausflüssen gerade viel Magnesiumsulfat enthalten kann und dann in der Salzbucht ein totales Ausfallen von Calciumsulfat bewirken muss, sobald der betreffende Sättigungspunkt in derselben erreicht ist. Wird das Vorherrschen des Magnesiumsulfates wieder beseitigt in der Weise, dass der Mutterlaugenausfluss ungestört durch vom Winde herrührende Gegenströmungen vor sich gehen kann, so tritt der normale Niederschlagsprocess wieder ein, d. h. Kalksulfat begleitet in geringen Mengen zwar das Steinsalz, macht sich aber nicht besonders bemerklich, sondern zeigt sich erst wieder in auffallender Weise, wenn der periodisch sich einstellende — nennen wir ihn einstweilen hier der Aehnlichkeit wegen Passat — Wind von Neuem seine Herrschaft antritt.

Deshalb kann es, wie leicht ersichtlich, von der Gestalt bezw. Lage der Mündung des Hauptbusens oder einer Innenbucht desselben abhängen, ob durch periodische und längere Zeit anhaltende Luftströmungen das Gleichgewicht unter den im Salzbusen gelösten Verbindungen allmälich gestört und erst durch einen Absatz mit einem Schlage wieder hergestellt wird, so dass also eine Anhydritschnur entstehen muss, wie der Stassfurter Jahresring, während in einer andern Salzbucht derselben Küsten- bezw. Busenregion, deren Mündung einer andern Himmelsrichtung zugekehrt ist, sich keine derartigen Wirkungen zeigen; so dürfte es z. B. in Sperenberg der Fall gewesen sein.

An stark markirte Einflüsse von Sommer und Winter glaube ich bei dieser Frage nicht, denn Jahreszeiten haben wohl alle Steinsalzflötze der Erde mit durchgemacht. Warum sollte das Stassfurter gerade das einzige sein, das in so empfindlicher Weise von ihnen berührt worden, dass im Sommer nur Chlornatrium und im Winter nur Calciumsulfat mit plötzlichem Abbruch ausgefallen wäre?

Süsswasserzuflüsse waren ausgeschlossen, die verhältnissmässig geringen Unterschiede der Temperatur des Meerwassers zu verschiedenen Jahreszeiten kommen kaum in Betracht, da sie nur beschleunigend oder verzögernd auf den

©Verein für Naturkunde Kassel; download www.zobodat.at

Niederschlagsprocess einwirken können, und bei allen Salzflötzen sich annähernd gleichmässig geltend gemacht haben müssten, was nicht der Fall ist. Der einzige mögliche locale Factor für Stassfurt ist also ein anderer gewesen, und höchst wahrscheinlich war er der von mir oben angegebene. Zudem habe ich die Existenz einer Specialbarre für das Magdeburg-Halberstädter Becken, das bis nach Thiede und über Helmstedt hinaus gegangen ist, in meinem Werke*) hervorgehoben; dort können statt einer Bucht mehrere als Teile des grossen norddeutschen Salzmeeres gelegen haben; dadurch wird das periodische Zurückströmen von Mutterlaugen sehr wahrscheinlich gemacht.

Was den Polyhalitgehalt der Jahresringe betrifft, so ist derselbe leicht zu deuten; der gewässerte schwefelsaure Kalk ersetzt sein Halhydratwasser durch Alkalisulfate in sehr verschiedener Weise je nach Umständen.

Auch der bituminöse Gehalt ist leicht zu erklären. Viele Gipse zeigen solchen, und ebenso besitzen fast alle unsere Salzsoolen etwas Bitumen, das sich mindestens durch den Geruch bemerklich macht.

In Gegenwart von salinischen Lösungen scheinen sich überhaupt Organismen, besonders tierische, in Kohlenwasserstoffe unter Abscheidung von Stickstoff umzuwandeln.

Das ist meine Erklärung der sog. Stassfurter Jahresringe, die bisher von andern vergeblich versucht worden ist; ich glaube, das richtige getroffen zu haben.

Salzniederschläge aus wässerigen Lösungen unter den erwähnten Verhältnissen haben nun in allen geologischen Epochen von der Gruppe der archäischen Gesteine an stattgefunden, wie das Ueberlagertsein von Salzflötzen durch silurische Schichten im Salt Range in Ostindien beweist. Dabei zeigt auch die Existenz eines Salzlagers primitiver Herkunft entschieden auf das Vorhandensein von Ufern, d. h. von Festland, zur Zeit seiner Entstehung hin. In der Jetztzeit sind die ersten der oben angeführten Factoren noch in Thätigkeit an mehreren Stellen der Ostküste des Kaspischen Meeres, besonders in dem grossen Busen Adschi Darja, dessen enge Mündung, Kara bugas d. h. schwarzer Schlund genannt, durch eine Barre vom Kaspisee selbst partiell abgetrennt ist. Jener Busen bildet einen Teil der salzigsten Partie des erwähnten See's und erhält keinerlei Zuflüsse vom Lande her, nur rückt natürlich in dem Maasse, wie sein Wasser verdunstet, eine entsprechende Menge vom Meere her nach.

*) Die Bildung der Steinsalzlager und ihrer Mutterlaugensalze. Halle 1877.

©Verein für Naturkunde Kassel; download www.zobodat.at

Im Adschi Darja lebt daher kein Tier, den Boden bedeckt eine Salzschicht von unbekannter Mächtigkeit; *Abich* erkannte in einem aus der Tiefe des Busens mitgebrachten Probestück Gips mit anhängendem Steinsalz. *E. Schmidt* fand 1876 in dem von ihm untersuchten Bodensalz des Karabugas keine Spur von Kalium; dagegen enthielten 100 Teile Wasser 8,33 Natriumchlorid, 1,0 Kaliumchlorid, 12,94 Magnesiumchlorid, 0,02 Magnesiumbromid, 6,19 Magnesiumsulfat etc., im Ganzen 28,5 Teile Salze. Diese Zusammensetzung ist mit derjenigen, welche Usiglio's letzte, bei gewöhnlicher Temperatur kein Wasser mehr abgebende Mutterlaugen besitzen, fast identisch. Aehnliche Verhältnisse liegen vor bei Tjuk Karagan, Mertwyi-Kultuk und Kara-Su, Krasnowodsk etc.

Der Kaspisee giebt also seinen Meersalzgehalt an die Busen seines Ostufers ab; diese behalten davon das meiste Kochsalz und Calciumsulfat, und erstatten nur Mutterlaugensalze zurück. Hieraus erklärt sich auch leicht die Beschaffenheit des Wassers seines Hauptbeckens, welches viel weniger Salze enthält als das des Oceans, aber viel mehr Magnesiaverbindungen aufweist, die auch die Meeresflora und -Fauna an der Ostküste zu einer armseligen machen. Der Oxus, Amu Darja, der noch vor zwei Jahrhunderten in den Adschi Darja mündete, liess kein salinisches Sediment in diesem Busen aufkommen, aber seitdem Sandstürme den erwähnten Strom nach dem Aralsee abgelenkt haben, scheint die Umwandlung des Kaspischen Meeres in einen Bittersee wegen Sandbarrenbildung vor den Buchten der Ostküste beschleunigt zu werden. Für das Zustandekommen eines eigentlichen Anhydrithutes scheinen alle jene Baien zu flach zu sein, aber das gesagte wird hinreichen, um die Entstehung eines leibhaftigen Steinsalzflötzes aus Oceanwasser in einfachster Weise zu erklären.

Kehren wir nun zurück zu dem Zeitpunkte, in dem sich die Anfänge der Anhydritdecke zeigen, so finden wir, dass ein totaler Barrenabschluss am Beginn dieser Phase die Mutterlaugensalze stagniren und unter günstigen Wärmeverhältnissen auch erstarren lässt.

Derartige Vorgänge haben in der Egeln-Stassfurter Mulde und mehreren anderen Localitäten des früheren permischen norddeutschen Salzmeeres stattgefunden. Die Kali- und Magnesiasalze mit Bor- und Bromverbindungen sind dort auskrystallisirt und ausnahmsweise durch aufgelagerte wasserdicht gewordene Thonschichten dem zerstörenden Einflusse von Gewässern entzogen worden. Man findet dort

©Verein für Naturkunde Kassel: download www.zobodat.at

über einem viele hundert Meter mächtigen Steinsalzflötz eine Polyhalit-, eine Kieserit- und eine Carnallitregion. Die erstere birgt im Allgemeinen das zur Zeit des Barrenschlusses im Busenwasser noch vorhanden gewesene Calciumsulfat, die zweite vorwiegend das Magnesiumsulfat und die letztere das Magnesium- und Kaliumchlorid, die Borate und Magnesiumkaliumbromid (Bromcarnallit). Auch Chlorcalcium tritt dort gar nicht selten auf im Tachhydrit und kann sich unter Umständen durch Wechselzersetzung umwandeln in Calciumsulfat und Magnesiumchlorid, wenn Magnesiumsulfatlösung zur Wirkung kommt.

Die in dem Stassfurter Lager auftretende Gesammtmasse des Chlormagnesiums entspricht nicht der für die regelrechte Zusammensetzung des Salzlagers erforderlichen Quantität. Es müssen sich Mengen dieser Substanz mit den Lithium- und Jodsalzen noch über die Barre entfernt haben oder sind vom Hangenden aufgesogen worden (Lithium findet sich nur in den hangenden Salzthonen, nicht so Jod) oder wurden in Lösung später fortgeführt. Ganz vollständig ist daher die Reihe der Mutterlaugensalze in Stassfurt nicht; eine solche finden wir dagegen in den Salpeterfeldern von Tarapacá und Atacama in Chile, wenn auch auf secundärer Lagerstätte. Oberhalb der schützenden Thondecke der Stassfurter sogenannten Abraumsalze hat nach Wiedereröffnung der Barre der Salzbildungsprocess seine Fortsetzung gefunden. Ein hangendes Salzlager, Anhydritdecken u. s. w. legen Zeugniss dafür ab. Das unterste Steinsalzflötz bezeichnet man dort mit dem nicht zutreffenden Namen „Anhydritregion", weil dünne parallele Calciumsulfatlagen — die oben erläuterten sog. Jahresringe — dasselbe in annähernd gleichen Abständen durchziehen.

In beträchtlicher Menge sind, wie oben erwähnt, die Mutterlaugensalze in fester Form ausnahmsweise hie und da in Norddeutschland, z. B. in der Egeln-Stassfurter Mulde und in Kalusz in Galizien erhalten worden, wo sie ein äusserst wichtiger Gegenstand bergmännischer Gewinnung geworden sind.

Bei vorstehender Erwähnung gab der Vortragende eine kurze Uebersicht der Geschichte des Aufschlusses jener Lager, wobei der anfängliche Name »Abraum- (d. h. werthlose) Salze« durch den von »Kali- und Magnesiasalze« ersetzt wurde und heute dem Ausdrucke »wertvolle Mutterlaugensalze« hat weichen müssen. Ochsenius betonte dabei die Verdienste des Jenenser Professors Marchand, führte aus, dass die Hauptindustrie, die auf die Verarbeitung jener salinischen Substanzen sich stütze, die Herstellung von Chlorkalium sei, das

©Verein für Naturkunde Kassel; download www.zobodat.at

neben vielfacher anderer Verwendung in der Technik auch dazu diene, aus der Umsetzung mit Chilesalpeter Kalisalpeter für die Pulverbereitung hervorgehen zu lassen, und hob die Wichtigkeit jener Salze für Dungzwecke u. s. w. hervor.

In ersterer Mulde sind sie durch recht günstige locale Umstände über den zugehörigen Steinsalzflötzen fast vollständig und bei letzterer teilweise conservirt worden. Aber sicher stagnirte auch an allen übrigen Localitäten, wo Steinsalzlager vorkommen, ein Teil der Mutterlaugen über dem Hangenden des entstandenen Salzflötzes, mag dies nun Anhydrit oder Salzthon gewesen sein, und die Veränderungen, die im Laufe der Zeit in diesen Laugen stattgefunden haben, ehe sie wieder ins Meer zurückkehrten, die verschiedenen Wirkungen, die sie auf ihrem über- oder unterirdischen Wege dahin ausübten, sowie die Einflüsse, welchen sie dabei ausgesetzt waren, müssen sich verfolgen lassen.

So schwierig der Nachweis dieser verschiedenen Wirkungen und Gegenwirkungen auch sein mag, weil der quantitativ bedeutendste Bestandteil, der Bischofit (das Chlormagnesium), zu den Substanzen gehört, welche die grösste Anziehungskraft auf Wasser äussern und daher vorzugsweise von eindringender Feuchtigkeit fortgeführt werden, und weil der quantitativ zweitgrösste Hauptbestandteil, das Magnesiumsulfat, auch auf mannigfache secundäre Weise z. B. durch Kieszersetzung in der Nachbarschaft von magnesiahaltigen Gesteinen entstanden sein kann, so muss es doch möglich sein, aus der Art des Auftretens die Abkunft der beiden Salze in den meisten Fällen zu ergründen. Von dem ersteren darf man wohl behaupten, dass es nur aus dem Meere und zwar aus den Mutterlaugen stammt, selbst wenn es durch Vulkanöffnungen auf die Oberfläche gelangt; und von letzteren wird bei weitem der grösste Teil aus derselben Quelle abgeleitet werden müssen, jedenfalls unzweifelhaft da, wo beide vereint vorkommen. Die Mutterlaugen werden hierdurch als ein mächtiges geologisches Agens eingeführt, durch dessen Auftreten viele Erscheinungen erklärlich werden, deren Deutung, wenn auch folgerichtig auf Oceanismus zurückgeführt, doch noch viele Lücken hatte, weil viele Verhältnisse sich nicht aus dem Contact mit einfachem Meerwasser hinreichend belegen liessen.

Ueberall auf der Erde mit Ausnahme jener Tropengegenden, in denen keine Steinsalzlager vorkommen, weil starke atmosphärische Niederschläge die Bildung solcher verhinderten, müssen sich Mutterlaugen in primitiver oder veränderter Form finden, und dieses ist wirklich der Fall. Zahlreiche Bitter-

©Verein für Naturkunde Kassel; download www.zobodat.at

seen in allen Weltteilen beweisen dieses; die in solchen Seen gelösten Mutterlaugensalze verdanken ihre Existenz immer den Mutterlaugenresten einer Steinsalzbildung, gleichviel ob diese sich in geringerer oder grösserer Entfernung befindet.

Obwohl nun die Zusammensetzung der Mutterlaugen, die hier in Rede stehen, nicht mit absoluter Genauigkeit angegeben werden kann, da sie je nach dem Zeitpunkte der Unterbrechung des Salzbildungsprocesses eine verschiedene sein muss, so lässt sich doch eine gewisse Norm feststellen, die sich auf den Umstand basirt, dass beim Stagniren aller Mutterlaugen-Ansammlungen in trockenen Klimaten ein Moment eintritt, bei dem die Verdunstungsfähigkeit bei gewöhnlicher Temperatur endet.

Es schlägt sich somit von da an kein Salz mehr aus der Lösung nieder und bleibt demnach ihre Zusammensetzung constant. Die Anhaltspunkte für diese Zusammensetzung ergeben sich aus den mustergiltigen Versuchen von Usiglio.

Zur Untersuchung der Niederschläge aus Meerwasser wurde von demselben ein Liter im Gewicht von 1035 Gramm genommen und langsam an der Luft verdunsten lassen. Die letzten 0,0162 Liter der Flüssigkeit, aus denen sich bei gewöhnlicher Temperatur kein Salz mehr abschied, enthielten nämlich noch

	in Grammen	oder in Procenten
Chlornatrium	2,5885	30,5576
Magnesiumsulfat	1,8545	21,8926
Chlormagnesium	3,1640	37,3514
Bromnatrium	0,3300	3,8857 *)
Chlorkalium	0,5339	6,3027
		100,000

Die leichtlöslichen zerfliessbaren Verbindungen übertreffen dann das Chlornatrium an Menge um mehr als das Doppelte.

Hieran schliessen sich als bemerkenswerte Nebenbestandteile noch folgende an:

Borsäure, meist mit Magnesium verbunden;

Phosphorsäure kommt in geringer Menge in der Regel mit dieser letzteren vor;

Jod, grösstenteils als Jodnatrium angeführt, wohl aber auch als Jodmagnesium vorhanden;

Kieselsäure, in der Mehrzahl der Fälle freigelöst; dieselbe wird bei der Verwitterung der Gesteine aus

*) Brom ist neueren Forschungen zufolge als Brommagnesium und Bromkalium im Bromcarnallit vorhanden.

©Verein für Naturkunde Kassel; download www.zobodat.at

ihrer Verbindung mit den alkalischen Basen genommen und dem Meerwasser zugeführt;

Lithium geht sicher wenigstens teilweise mit bis in die letzten Mutterlaugen.

Hervorzuheben ist hier die Abwesenheit des Calciumsulfates.

Es muss jedoch in Bezug auf diese letzte Thatsache noch bemerkt werden, dass die eben angegebene Zusammensetzung nur aus dem Grunde angeführt ist, um einen festen Anhaltspunkt zu gewinnen; etwas veränderte Mischungen kommen ebenfalls vor.

Erscheinen z. B. mit den Mutterlaugensalzen noch Calciumsulfatgehalte, so müssen sie, wenn sie nicht erst später durch hinzugetretene Gipswasser eingespült wurden, als secundär entstanden betrachtet werden.

Zu den Bestandteilen der Mutterlaugen muss nämlich noch Chlorcalcium als solches (nicht nur als hypothetische Verbindung) gerechnet werden; Chlorcalcium setzt z. B. mit Chlormagnesium den Tachhydrit, ein specifisches Mutterlaugensalz, zusammen.

Werden nämlich Salze von der Constitution des Kainits oder Picromerits mit Chlorcalciumlauge, die leicht aus der Zersetzung von Tachhydrit hervorgehen kann, behandelt, so entsteht Chlormagnesium, Chlorkalium und Gips, der allerdings sich niederschlagen wird, aber doch mit den übrigen Salzen gemeinschaftlich erscheinen kann. Allein dieser Umstand hat auf das Wesen des Ganzen keinen allzu grossen Einfluss; jedenfalls ist eine entstandene Vermehrung des Procentsatzes der leichtlöslichen Salze des Meerwassers und ein Borgehalt als allgemeine Charakteristik des Begriffes Mutterlaugen zu bezeichnen.

Was die Erstarrungstemperatur von Mutterlaugen betrifft, so muss in Bezug auf den vorhin gebrauchten Ausdruck »gewöhnliche Temperatur« hier bemerkt werden, dass Mutterlaugen von der oben angeführten Zusammensetzung bei trockener Atmosphäre und 40° C. Sonnenscheinstemperatur in Gefässen vollständig erstarren, im Schatten aber wieder allmälich Wasser anziehen.

Da sich die obern Schichten von salinischen Gewässern in einer Vertiefung in heissen regenlosen Klimaten unter wolkenlosem Himmel stark erwärmen, und der dabei entstehenden Concentration des Salzgehaltes wegen schwerer werden und untersinken, so kann sich eine Temperatur von 40° leicht dem Ganzen mitteilen, wenn der Wärmeverlust in der Nacht nicht dem Zuwachs am Tage gleichkommt, und es wäre also

©Verein für Naturkunde Kassel; download www.zobodat.at

eine temporäre Erstarrung der Mutterlaugen im Sommer durchaus nicht ausgeschlossen.

Für eine derartige Erwärmung des ganzen Beckeninhaltes liefert des Mittelmeer einen schlagenden Beweis. Dieses ist durch die Schwelle bei Gibraltar vom Ocean partiell abgeschnürt und zeigt bis in seine grössten Tiefen bei 4000 m. eine Temperatur von fast 14°, während die offene See schon bei viel geringeren Tiefen westlich von Gibraltar 0 bis 3° hat.

Prschewalsky beobachtete in der Wüste Gobi Anfangs Juni 1879 68°, wobei sich der Boden auf 38° erwärmte, so dass er nur des Nachts reisen konnte; in Australien kommen noch höhere Temperaturen vor, z. B. 45°,5 im Schatten und 82°,2 in der Sonne.

Nachdem jetzt die Bildung der gewöhnlichen Steinsalzlager erklärt und das als Ausnahmefall zu betrachtende Auftreten compacter Mutterlaugensalze auf bezw. über ihrer Geburtsstätte geschildert worden, komme ich zurück auf den vorhin gethanen Ausspruch, dass die flüssigen Reste von Mutterlaugen, welche über ihrem Salzflötze oder dessen Anhydrithut oder Thondecke, stehen und oft in recht bedeutenden Quantitäten übrig geblieben sein müssen, ein äusserst wichtiges geologisches Agens ausmachen.

Ich kann der Kürze der Zeit halber aber nur gewissermassen die Namen der Capitel anführen, welche die verschiedenen Wirkungen jener salinischen Lösungen schildern sollen.

Steinsalzbildungen können bloss an den Meeresküsten vorkommen, und auch nur in der Nähe von diesen hat der Vulkanismus seinen Sitz; ein Ineinandergreifen beider Gebiete ist daher sehr natürlich; Seesalze finden sich ja häufig in den vulkanischen Auswürfen. Die Mutterlaugenmengen, die mit ihren Steinsalzflötzen gehoben werden, bahnen sich später einen Weg ins Freie und gelangen dann in tiefere Horizonte. Da bilden sie die Salzseen, wenn sie Vertiefungen mit undurchlassendem Untergrunde finden, oder liefern das Material für unsere Soolen und Mineralquellen, falls sie nach unterirdischem Laufe wieder an die Oberfläche treten in grösserer oder geringerer Entfernung von ihrer Geburtsstätte über einem Steinsalzlager. Während ihrer Bewegung oder bei Aufenthalten trennen sich nicht selten die Sulfate von den Chloriden, Borate bleiben, einmal niedergeschlagen, liegen und geben, von unterirdischer Wärme erreicht, Veranlassung zum Entstehen der Suffioni; Kohlensäure pflegt zu salinischen Lösungen zu treten und sie zu verändern, aber Koch-

©Verein für Naturkunde Kassel: download www.zobodat.at

salz fehlt fast nie, und Bor, Jod, Brom und Lithium sind mindestens durch Spuren repräsentirt. Auffallender Weise wird besonders das Chlornatrium von der Kohlensäure angegriffen, und daraus ergibt sich, dass die Begleiter der Trona, Soda u. s. w. vorwiegend aus Natriumsalzen bestehen müssen, (Natriumchlorid, -sulfat, -borat, -silicat u. s. w.), weil die Carbonate von Calcium und Magnesium als schwer oder nicht löslich abgeschieden werden. Auch Kaliumcarbonat geht mit Magnesiumcarbonat eine unlösliche Verbindung ein. Alkalicarbonate zersetzen Kalksilicate unter späterer Production von freier Kieselsäure, welche Hölzer silicifirt, sie liefern im Verein mit animalischem Detritus Salpeter*); Magnesiumchlorid und -sulfat machen aus Kalksteinen Dolomit, aus gewissen Silicaten Serpentin; (aus einer Lösung von Kalkbicarbonat und Chlormagnesium entfällt mit der Zeit krystallisirter Bitterspat); Magnesium- und Kalksulfat werden von Organismen zersetzt und produciren Schwefelwasserstoff und Schwefel; Chlormagnesium löst in letzter Instanz alle Metallverbindungen, sogar Gold; daher müssen Mutterlaugen-Salzlösungen mit oder ohne Hilfe von kohlensäurehaltigen Wassern bei der Bildung unserer meisten Erzlagerstätten durch Concentriren des Metallgehaltes der verschiedenen Gesteine in Hohlräumen der mannigfaltigsten Art thätig gewesen sein; sicher ist auch die Entstehung von Petroleum, das bekanntlich immer an Salzgebiete gebunden ist, auf das plötzliche tötliche Einwirken von Mutterlaugen-Ergüssen auf reiche Meeresfauna- und -Floragebiete zurückzuleiten, wobei mitgeführter Schlamm den nötigen Luftabschluss der Cadaver bewirkte, und die Gegenwart von etwas Aluminiumchlorid alle Repräsentanten aus der Reihe der Hydrocarbone, von dem in Erzgängen zu-

---

*) Das Capitel: „Die Bildung des Natronsalpeters aus Mutterlaugensalzen“ ist kürzlich erschienen.

Deren Lösungen kamen von den andinischen Salzflötzen herab nach Tarapacá und Atacama in Chile, brachten Natriumcarbonat, das aus ihnen durch Einwirkung von vulkanischer Kohlensäure entstanden war, mit sich und mussten vor der ihnen den Weg zum Grossen Ocean versperrenden Küstencordillere in jenen beiden chilenischen Provinzen stehen bleiben. Das Natriumcarbonat der stagnirenden Lösungen ging dann durch Berührung mit feinem, phosphatarmem Guanostaub, der von den Guanolagern der Inseln und Felsen des Litorales vermöge der dort herrschenden starken Westwinde über die Küstencordillere geweht wurde, in Natriumnitrat, d. h. in Chilesalpeter über, dessen salinische Begleitsubstanzen in den dortigen regenlosen Wüsten Mutterlaugensalze geblieben sind, deren Reihe vollzähliger ist als in Egeln-Stassfurt, indem Jod- und Lithiumverbindungen neben allen anderen sich reichlich vorfinden.

©Verein für Naturkunde Kassel; download www.zobodat.at

weilen auftretenden Anthracit bis zu den in Oeldistricten sich findenden flüchtigsten Kohlenwasserstoffen, herzustellen vermochte. Auch der Bitumengehalt der Soolen gehört hierher; kurz, fast überall in den Ufergebieten früherer oder jetziger Oceane finden wir Beweise von der Thätigkeit von Mutterlaugensalzlösungen, sei es in der Tiefe unserer Schächte, sei es auf den Höhen der Gebirge, auf welche Oceanwasser nicht gelangen, Mutterlaugenreste aber gehoben werden konnten.

In den weitaus meisten Fällen, in denen der Geolog die Entstehung von Gebilden auf den hydrochemischen Weg verweist, sind Salzlösungen die wirksamen Reagentien gewesen und zwar concentrirte, wie sie aus oceanischen Steinsalzabsätzen hervorgehen.

Druckfehler.

S. VIII Z. 2 v. u. lies „der“ statt „den“.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Abhandlungen und Berichte des Vereins für Naturkunde Kassel

Jahr/Year: 1889

Band/Volume: 34-35

Autor(en)/Author(s): Ochsenius Carl Christian

Artikel/Article: Ueber Salzlager, Mineralquellen, Salzseen etc. 89-106