

NOVA ACTA  
der Ksl. Leop.-Carol.-Deutschen Akademie der Naturforscher  
Band XL. Nr. 4.

---

Beiträge zur Erklärung  
der  
**Bildung von Steinsalzlageren**  
und ihrer Mutterlaugensalze

von

**Carl Ochsenius.**

*Eingegangen bei der Akademie den 19. Januar 1878.*



---

**DRESDEN.**

1878.

Druck von E. Blochmann & Sohn.

Für die Akademie in Commission bei Wilh. Engelmann in Leipzig.

# Beiträge zu der Erklärung der Bildung von Steinsalzlager und ihrer Mutterlaugensalze

von

**Carl Ochsenius.**

---

Bei Anführung des von mir<sup>1)</sup> aufgestellten Satzes: „Meeresbusen mit hinlänglich bedeutender Tiefe im Innern und mit einer annähernd horizontalen Mündungsbarre, welche nur so viel Meereswasser eintreten lässt, als die Busenoberfläche auf die Dauer zu verdunsten im Stande ist, liefern (ohne anderweitige Communication) unter vollständig oder nahezu anhydrosischen Verhältnissen ein Salzlager, dessen Mächtigkeit nur von der Busentiefe und der Dauer der obwaltenden Umstände abhängt,“ ist von O. H. Lang in dessen „Grundriss der Gesteinskunde“ die Frage über Gyps- und Bittersalzgehalt des Steinsalzes in Anregung gebracht worden, indem dort auf S. 120 gesagt wird: „Nach dieser Theorie einer fortwährenden Speisung des Salzbeckens durch nachfliessendes Meerwasser muss aber mit der Steinsalzabscheidung auch immer eine solche von Calcium- und (resp.) Magnesiumsulfat miterfolgen, die wir in Mengung (nicht Schichtung und Wechsellagerung) mit dem Steinsalze zu finden erwarten dürften; die Bildung so ungeheurer, fast ganz homogener Steinsalzmassen, wie wir sie von Stassfurt u. a. O. kennen, scheint demnach noch nicht genügend erklärt.“

Diese Bemerkungen geben mir willkommenen Anlass, auf ihren Inhalt des allgemeinen Interesses wegen, das die Erklärung der Bildung grosser Salzlager hat, etwas specieller einzugehen und manche Punkte, welche ich in meiner

---

<sup>1)</sup> Die Bildung der Steinsalzlager. Halle 1877.

Arbeit nur flüchtig andeuten konnte, etwas genauer zu erörtern. Ich muss annehmen, dass obigen Bemerkungen die Arbeiten von Usiglio, die vollkommensten in ihrer Art über Salzabscheidungen aus Meerwasser, zur Basis gedient haben, und lehne ich deshalb auch meine Beiträge an diese an.

Zur Untersuchung wurde von Usiglio 1 Liter Meerwasser im Gewicht von 1035 g genommen und langsam an der Luft verdunsten gelassen. Die aus dem Meerwasser abgeschiedenen Verbindungen sind in Grammen in jeder Colonne für sich und in Summe angegeben. Die Verbindungen sind zur Abkürzung wasserfrei geschrieben (Ann. chim. et phys. 27. 172).

Dichte des Meerwassers oder der Mutterlauge bei 12,5° C.	Volumen nach der Verdunstung und Krystallisation.	Abscheidungen bei den verschiedenen Dichten.						
		Eisen-sesqui-oxyd.	Calcium-carbonat.	Calcium-sulfat.	Natrium-chlorid.	Magne-sium-sulfat.	Magne-sium-chlorid.	Natrium-bromid.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Liter							
1,0258	1,000	—	—	—	—	—	—	—
1,0506	0,533	0,0030	0,0642	—	—	—	—	—
1,0820	0,316	—	Spur	—	—	—	—	—
1,1067	0,245	—	Spur	—	—	—	—	—
1,1304	0,190	—	0,0530	0,5600	—	—	—	—
1,1653	0,1445	—	—	0,5620	—	—	—	—
1,1786	0,131	—	—	0,1840	—	—	—	—
1,2080	0,112	—	—	0,1600	—	—	—	—
1,2208	0,095	—	—	0,0508	3,2614	0,0040	0,0078	—
1,2285	0,064	—	—	0,1476	9,6500	0,0130	0,0356	—
1,2444	0,039	—	—	0,0700	7,8960	0,0262	0,0434	0,0728
1,2627	0,0302	—	—	0,0144	2,6240	0,0174	0,0150	0,0358
1,2874	0,023	—	—	—	2,2720	0,0254	0,0240	0,0518
1,3177	0,0162	—	—	—	1,4040	0,5382	0,0274	0,0620
—	—	0,0030	0,1172	1,7488	27,1074	0,6242	0,1532	0,2224

Hieraus ist ersichtlich, dass gleich zu Anfang Eisenoxyd und Calciumcarbonat, dann Kalk und Gyps und hierauf wenig Gyps, aber viel Steinsalz mit etwas schwefelsaurer Magnesia und Chlormagnesium abgeschieden wird. Erst zuletzt scheiden sich viel Magnesiumsalze ab mit etwas Bromnatrium, worauf bei einem specifischen Gewichte von 1,3177 an freier Luft kein Absatz mehr erfolgt. Die leichtlöslichen zerfliesslichen Verbindungen übertreffen dann das Chlornatrium an Menge um mehr als das Doppelte. Die letzten 0,0162 Liter der Flüssigkeit, aus denen durch Verdunstung an der Luft sich kein Salz mehr abschied, enthielten nämlich noch in Grammen:

Chlornatrium	2,5885,
Magnesiumsulfat	1,8545,
Chlormagnesium	3,1640,
Bromnatrium	0,3300,
Chlorkalium	0,5339.

Gegen Ende des Absatzes des meist durch Eisenoxydhydrat gelbgefärbten kohlen sauren Kalkes beginnt, wenn die Concentration über 15° B. (1,1304 spec. Gew.) hinausgeht, der des Calciumsulfates und erreicht, ehe sich ein weiterer Bestandtheil zugesellt, bei 25° B. (1,2080 spec. Gew.) die Summe von 1,4660, welche resultirt aus der Addition der 4 ersten Posten der Colonne 5. Diese Zahl aber repräsentirt 83,82 % des ganzen Calciumsulfatgehaltes, und diese bilden das Liegende des Lagers. Die übrigbleibenden 16,18 %, dargestellt durch die 4 folgenden Nummern, vertheilen sich auf die gleichzeitig auskrystallisirten Mengen Steinsalz so, dass diese, welche in Summa 54,17 % des ganzen Chlornatriums ausmachen, 1,50, 1,50, 0,83 und 0,53 % Calciumsulfat enthalten, während die folgenden 8,50 % Steinsalz ganz gypsfrei krystallisiren. Es tritt also Steinsalz oben mit ganz fehlendem und weiter nach unten mit bis zu 1,58 % entsprechendem Calciumsulfatgehalt hier auf, und da zu Analysen doch sicher immer die reinsten Stücke und aus möglichst reinen Flötzttheilen genommen werden, wenn nicht besondere geologische Zwecke ein anderes Verfahren bedingen, so spricht der Umstand, dass fast alle Steinsalzanalysen Gypsgehalt zeigen, gerade zu Gunsten meiner Erklärung der Steinsalzbildung, denn gypsfreies Steinsalz kann sich in der Regel doch nur bilden, wenn keine neue Zufuhr von Meerwasser während der Verdunstung stattfindet, nachdem der letzte Gypsgehalt niedergegangen ist, wo hingegen nur durch das constante Einströmen einer, wenn auch beschränkten, doch immerhin gypshaltigen Quantität von Seewasser über die Barre sich der fast nie ganz fehlende Gehalt an Calciumsulfat erklären lässt.

Ausserdem ist auf die von Lang als Beleg angeführte „ungeheure fast ganz homogene Steinsalzmasse von Stassfurt“ dieses Epitheton durchaus nicht in dem obigen Sinne anwendbar; denn F. Bischof<sup>1)</sup> sagt S. 25 ausdrücklich:

---

<sup>1)</sup> Die Steinsalzlager von Stassfurt. Halle 1875.

„Die oberen Schichten der eigentlichen Anhydritregion enthalten neben 96 % Chlornatrium 4 % schwefelsaure Kalkerde; im östlichsten Ausrichtungsorte, welches, dem Fallwinkel entsprechend, 330 m tiefer liegende Schichten aufgeschlossen hat, steigt dieser Anhydritgehalt jedoch bis auf 9 %.“ Er versteht unter homogener Zusammensetzung überhaupt nur die Eigenschaft, dass das „Lager durch seine ganze Mächtigkeit hindurch gleiche chemische Zusammensetzung hat, und nicht durch andere Salze schichtweise durchsetzt wird“ (S. 28) und schliesst daraus auf einen Beckenabschluss. Die Homogenität in diesem Sinne, d. h. das Auftreten von Steinsalz, welches fast nur Calciumsulfat enthält, steht aber einer beschränkten Communication mit dem Ocean über eine entsprechend situirte Barre durchaus nicht entgegen, sondern bestätigt dieselbe vielmehr, indem gypsfreies Salz nur äusserst selten vorkommt. Das Stassfurter Salz enthält Calciumsulfat, als Gemengtheil z. B. in der Form der sog. Jahresringe, und als Mischungstheil z. B. 1,01 % nach einer Analyse von Rammelsberg und 5,06 % nach einer solchen von Bischof. Das von Ersterem untersuchte wird ausdrücklich als durchsichtig bezeichnet.

Gestützt auf die in Vorstehendem erwähnten und mannigfache andere auf dasselbe bezüglichen Thatsachen ist deshalb auch der Satz: „Die Salzmassen wachsen von Grund aus auf, Gyps ist in starker Entwicklung ihr Vorgänger, in schwacher ihr Begleiter und in stärkster ihr Nachfolger“ auf S. 34 meiner Arbeit ausgesprochen worden.

Dieses schliesst jedoch nicht aus, dass einzelne Salzpartien reicher, andere weniger reich, vielleicht sogar bis zum Verschwinden arm an Calciumsulfat sein können. Dieses kann sich nämlich auch als Concretion ausscheiden, z. B. als sog. Gekrössteine (dichter blassblauer Anhydrit) in reinem Steinsalze von Bochnia und Wieliczka, oder als sog. Gypssteine im thonigen Steinsalz von Vizakna.

Eine normal verlaufende Bildung eines grösseren Salzlagers in einem Busen mit genügend hoher Barre wird Calciumsulfat als ständigen Begleiter des Steinsalzes aufweisen, wie auch fast aus allen Analysen hervorgeht. Von 39 ein- bis zweidecimalstelligen Analysen, die mir vorliegen, gaben allerdings 6 kein Calciumsulfat an, nämlich eine von Vic nach Berthier, eine von Algier nach Fournet und eine von Wieliczka, eine von Schwäbisch-Hall und zwei von Berchtesgaden (weisses und gelbes Steinsalz nach Bischof). Hinsichtlich

der letzteren ist aber zu bemerken, dass Vogel (Will, Jahresb.) in dem Rückstande des weissen Steinsalzes von dort neben 81,8 % Calciumsulfat auch noch Kalium-, Natrium- und Magnesiumsulfat nachgewiesen hat.

Von 78 weiteren dreidecimalstelligen Analysen (v. Kripp, Jahrb. Geol. Rchsanst. 1869) von galizischem, siebenbürgischem und ungarischem Steinsalz ist dagegen keine einzige, welcher ein Gypsgehalt fehlt; derselbe ist allerdings bei 7 Analysen erst in der dritten Decimalstelle bezw. als Spur verzeichnet.

Steinsalz von Wieliczka enthielt	100,00	NaCl,					
- - Sugatag (Gabrielgrube)	100,000	-	mit Spuren von Gyps (v. Kripp),				
- - ebendaher	99,998	- - - -	- - u. 0,002 Thon				(v. Kripp),
- - - aus derselben Teufe	99,815	- -	0,003 - - (v. Kripp),				
- - Friedrichshall, reinstes	100,00	- -	Spuren - - (Kinzelbach).				

Absolut gypsfreies Salz gehört sicher zu den grossen Seltenheiten und findet sich nur in einzelnen Partien, bis heute ist es nur von Wieliczka bekannt.

Das Auftreten einer ganzen Region (nicht einzelner Handstücke) ganz gypsfreien primitiv gebildeten Steinsalzes, ein Fall, der aber, soweit mir bekannt, noch auf keinem Theile der Erde bis jetzt beobachtet worden ist, würde dagegen auf einen temporären Schluss der Barre, z. B. durch Versandung, vor dem Aufwachsen des Mutterlaugenspiegels bis zur Barrenhöhe, hinweisen, und zwar so, dass dieser Verschluss den Zeitpunkt der Fällung des letzten im Busenwasser enthaltenen Calciumsulfates überdauert hat, wobei dann das etwa folgende Gyps- oder Anhydritlager als erstes Resultat einer zweiten Salzbildung mit wieder geöffneter Barre auftritt. Solche Verhältnisse sind S. 36 und 47 bis 50 meiner Arbeit kurz, aber sehr klar angedeutet worden, und es wird kein Fall primitiver Salzbildung einen begründeten Zweifel an der Richtigkeit der umfassenden, aber bestimmt erschöpfenden Erklärung erzeugen können.

Die Deutung geringerer Quantitäten gypsfreien Steinsalzes ist noch leichter durch einen periodischen Barrenschluss. Ein zeitweiliger, periodisch wiederkehrender Barrenschluss ist, wenn man die von mir angedeuteten hydrographischen Verhältnisse mehr ins Einzelne verfolgt, ein Umstand, der gar nicht selten auftreten wird. Hauptbedingung ist und bleibt nur die, dass der Querschnitt der Barrenöffnung nicht mehr Seewasser in den Busen einströmen

lässt, als verdunstet werden kann. Hierunter kann aber nur die Grösse des mittleren Querschnittes verstanden sein, denn derselbe ist ja schon durch die Gezeiten veränderlich; und tritt, wie S. 22 gesagt ist, gar der Fall ein, dass da, wo forcirte Fluthwellen herrschen, eine Barrenhöhe über dem mittleren Wasserstand für die Salzbildung erforderlich ist, so erfolgt daraus von selbst, dass in gewissen Perioden die oberen Zonen des Buseninhaltes durch totalen Abschluss mehr, in anderen durch verstärkten Zufluss weniger concentrirt sein werden. Zwar würde ein zwölfstündiger Periodenwechsel sich wohl schwerlich in seinen Wirkungen bis in die Tiefe bemerklich machen, anders aber ist es mit dem Einfluss der Aequinoctialfluthen und Ebben. Ebenso stellen sich die Verhältnisse etwas anders bei Barren von grosser Längenerstreckung und flacher Tiefe, als bei weniger ausgedehnten aber tieferen.

Ferner wird selten in der Natur die Barrenlinie eine ununterbrochene genau horizontale sein; meist werden wohl mehrere Zugänge existiren, die durch Inseln oder Riffe oder Bänke immer oder zeitweise getrennt sind, und fast nie werden sie genau dieselbe Tiefe besitzen. Es wird also je nach vorhandenen Unebenheiten etc. auch die Quantität des Einflusses und Ausflusses sowohl im Ganzen, als auch bei den einzelnen Kanälen variiren — und hiermit variirt auch die Concentration des Busenwassers —, und auch nicht gleichmässig über die ganze Busenfläche, sondern je nach herrschenden Strömungen in verschiedenem Grade in den verschiedenen Theilen. Hierdurch wird selbstverständlich in erster Reihe der im Allgemeinen am wenigsten lösliche Theil des Meerwassers, d. h. das Calciumsulfat, afficirt, und die Folge hiervon, im Verein mit der im Anfang durch Concentration des Chlornatriumgehaltes sich steigern den Löslichkeit desselben, ist ein Schwanken im Niederschlagsprocess desselben, je nachdem der eine oder der andere Factor momentan überwiegt.

Das Calciumsulfat kann also in einzelnen Stellen fast ganz fehlen, während es an andern massig auftritt, und da, wo es abgesondert wird, kann es sowohl in die Mischung des Haupt- (Steinsalz-) Niederschlages eingehen, als selbstständig in Form von Gemengtheil sich ihm zugesellen, oder endlich in local überwiegender Menge als Einlagerung auftreten.

Für Vorstehendes, das nur den Gehalt von Steinsalz an Gyps behandelte, bedurfte es des Hinweises auf die grosse Verschiedenheit der Verhältnisse eines flachen von einem schon abgetrennten Meerestheil abgeschlossenen Salz-

gartens, dessen Vorgänge in einer Abdampfschale untersucht werden, und derer eines grossen, tiefen Busens, welcher mit dem offenen Ocean mittelst einer Barre communicirt, nur in dem einzigen Punkte des Verschlusses, um den Beweis zu führen, dass der Calciumsulfatgehalt als beständiger Begleiter alles Steinsalzes, das in normalem Verlauf in einem Salzbusen mit Barre gebildet wird, auftritt und auftreten muss; wogegen ganz gypsfreies Steinsalz, das als Salzgartenerzeugniss conform der Regel in einer gewissen Periode erscheinen muss, wohl nur als Ausnahmeprodukt in grösseren Massen als Flötzbestandtheil angetroffen werden dürfte, und dieses Vorkommen dann (wie oben gesagt) auf einen der auf S. 22, 36 etc. angedeuteten Fälle zurückzuführen ist.

Was nun die Bemerkung betrifft, dass das in Salzbusen mit Barre gebildete Steinsalz als Mischungsbestandtheil auch Magnesiumsulfat enthalten müsste, so lässt sich dieses nur bedingungsweise aus Usiglio's Beobachtungen ableiten. Die Tabelle zeigt, dass bis zum Beginn der massenhaften Abscheidung des Bittersalzes bei 32,40 Gr. B. (spec. Gew. 1,2874) sämmtliches Steinsalz magnesiumsulfat- (und magnesiumchlorid-) haltig ist u. zwar mit 0,12 %, 0,13 %, 0,32 % und 0,64 %.

Von den 39 oben erwähnten ein- bis zweidecimalstelligen Analysen weisen nur 9 einen Gehalt von Magnesiumsulfat zwischen 0,03 und 0,23 % auf und eine ist mit einem (unter hier obwaltenden Umständen gleichbedeutenden)<sup>1)</sup> Gehalt von Natriumsulfat neben Magnesiumchlorid verzeichnet; aber weitere drei geben nur Spuren an. Diese geringe Zahl beweist jedoch noch nicht die gänzliche Abwesenheit schwacher Quantitäten von Magnesiumsulfat in den andern untersuchten Steinsalzproben. So zeigen z. B. die Soolen von vier galizischen Werken, deren Salz keinen Gehalt von Magnesiumsulfat anzeigt, 0,029—1,9 % Magnesiumsulfat in ihren festen Bestandtheilen; auch in

---

<sup>1)</sup> Ich muss in Bezug hierauf auf die Ausführungen von Otto (Lehrbuch der anorg. Chemie, S. 270 ff.) verweisen, und namentlich auf das Beispiel der drei Zusammensetzungsberechnungen einer und derselben Salzaer Soole, in deren einer 0,13 % Magnesiumsulfat auftreten, während in den beiden andern sich schwefelsaures Natron in verschiedenen Quantitäten (0,274 und 0,153 %) an der Stelle von Magnesiumsulfat ergibt. Es kommt eben nur darauf an, ob man die nicht an Kalk gebundene Schwefelsäure dem Kali und Natron oder der Magnesia zuweist.



den Mutterlaugen kommt es vor. Von den siebenbürgischen und ungarischen Werken sind keine Soolanalysen verzeichnet; aber schwerlich dürfte eine entsprechende Quantität Magnesiumsulfates in ihnen, wie überhaupt in den meisten, bezw. allen, Steinsalzen fehlen.

Auch für die verhältnissmässig ausserordentlich geringfügige Quantität des im Steinsalz enthaltenen Magnesiumsulfates, im Gegensatz zu den Resultaten Usiglio's, liegt eine einfache Erklärung in der Gesamtbetrachtung der Verhältnisse, d. h. nicht blos der chemischen, sondern auch der physikalischen, hydrographischen und meteorologischen.

. In einem Salzbusen, wie er als Erzeuger der Steinsalzflötze angeführt worden ist, erwärmen sich die obern Wasserschichten unter einem tropischen Klima über 22 ° C. Und ein tropisches Klima hat alle bis in die Tertiärzeit gebildeten Salzlager entstehen lassen, wie neben den Funden Mac Clintok's und Anderer die Forschungen von Osw. Heer (die Kreideflora der arctischen Zone) beweisen. Aus dem bisher dort gesammelten Material von Flora und Fauna von der Kohlenformation bis zur untern Kreide geht hervor, dass in Grönland tropische und subtropische Formen wie auf der ganzen Erde verbreitet waren, und erst in der obern Kreide finden sich Spuren von abnehmender Temperatur unter 70 ° n. Br. Aus dem Miocän ist ebenfalls eine reiche arctische Flora bekannt, die zwar noch eine viel höhere als die jetzige Temperatur voraussetzt, aber doch eine geringere als die jurassische. Erst im Miocän überwiegen Typen der gemässigten Zone. (Giebel, Ztschrft. Bd. XII.)

Wird dieses Factum auf die Umstände angewendet, unter denen sich die Niederschläge in einem Busen mit Barre bilden, so ergibt sich leicht Folgendes:

„Wo die Wärme am grössten, erfolgt die Verdampfung am schnellsten, und folglich wird das Oberflächenwasser, wo es wärmer ist, wegen des gesteigerten Salzgehaltes auch dichter sein, als das darunter liegende, so dass es niedersinken und seine Wärme den darunter liegenden Schichten mittheilen wird. Im offenen Ocean wird aber das verdampfte Wasser auch niedergeschlagen, und es hängt dort der Salzgehalt und die Dichte des Oberflächenwassers mindestens von drei Factoren ab, von seiner Temperatur, der verdampften Menge, und der Menge des niedergeschlagenen Regens. Wo die

Grösse der Verdampfung bedeutend die Grösse des Niederschlages übertrifft, da theilt die stets niedersinkende Oberflächenschicht ihre Wärme dem darunter befindlichen Wasser mit, wo aber der Niederschlag nahezu gleich oder grösser ist, als die Verdampfung, da ist zu erwarten, dass das warme Wasser an der Oberfläche bleibt und die Isothermen nur einen geringen Raum in der Tiefe einnehmen.“ (Naturforscher Nr. 13, 1877, über Challenger-Exp.)

Im vorliegenden Falle nun hat man es zu thun bei fehlendem Niederschlag mit glühender Tropenhitze mit lebhaften Luftströmungen<sup>1)</sup> und mit einer Wasseroberflächenwärme von mindestens 28 °, indem die heutige Temperatur des oceanischen Wärmeäquators an 32 ° (z. B. im mejikanischen und indischen Meerbusen) erreicht.

Allerdings wird diese Isotherme sich nicht bis zum Grunde, wo zu Beginn des Processes bei hinreichender Tiefe eine eisige Kälte herrscht, vermittelt des Wechsels der Wasserschichten niederschieben können, weil lange vorher der Niederschlagsprocess begonnen haben wird; aber jedenfalls dringt sie im Verlaufe der Zeit bis zu einer gewissen Tiefe ein, und der ganze Buseninhalte wird sich nach und nach von oben nach unten erwärmen. Bei einer Temperatur über 21,6 ° ist aber Magnesiumsulfat löslicher, als Chlornatrium, und zwar um 3,5 % mehr bei 30 °, und um 8 % mehr bei 40 °, welche Wärme unter damaligen Verhältnissen sicher nicht zu den Unwahrscheinlichkeiten gehört haben wird. Allein eine weit geringere genügt schon, um das Magnesiumsulfat in den oberen, wärmeren Schichten gelöst zu halten; es wird somit dem Chlornatrium nicht im Mischungsverhältniss zur Tiefe folgen. Hiermit stimmt auch das, was R. Helmhaecker (im Chem. Centralbl. Nr. 35, 1874) über die zweite Periode der Usiglio'schen Arbeiten S. 556 sagt: „Sobald die Mutterlauge die Dichte von 1,32 erreicht hat, ist die Krystallisation der sich ausscheidenden Salze nicht mehr von der Verdunstung des Wassers allein, sondern zugleich vom Temperaturwechsel zwischen Tag und Nacht abhängig. Es krystallisiren nämlich während der Nacht Salze, welche sich mit der steigenden Tageswärme

---

<sup>1)</sup> Die Wirkung einer solchen allein macht sich schon in der dabei eintretenden grösseren specifischen Schwere des Meerwassers an der Oberfläche bemerklich. (Wywille Thomson — The depths of the sea. p. 505.)

theilweise wieder auflösen. Der Reihenfolge nach bilden sich aus solchen concentrirten Mutterlaugen folgende Sätze:

1. „Schwefelsaure Magnesia; dieselbe schied sich besonders bei Erniedrigung der Temperatur als Epsomit ab.

2. Chlornatrium schied sich bei der Concentration am Tage aus.“  
u. s. f.

Da nun die obere Wasserwärme in einem so heissen Klima, wie es zur Zeit der Salzbildung geherrscht hat, in einem tiefen und grossen Busen sich nur sehr wenig von der am Tage herrschenden unterscheidet, so muss sich natürlicherweise Nachts der Niederschlag von Magnesiumsulfat überhaupt auf ein sehr geringes Maass beschränken, und daher kommt es, dass alles Steinsalz nur äusserst wenig Magnesiumsulfat und Chlormagnesium enthält. Dafür, dass dieses Verbleiben des grössten Theils des Magnesiumsulfates in Schichten, welche höher liegen, als diejenigen, in denen der Chlornatriumniederschlag vor sich geht, wirklich im Grossen so der Fall ist, sogar bei weniger hohen Temperaturen, liefert die Zusammensetzung des Mittelmeerswassers einen schlagenden Beweis.

Die Seebodenerhöhung in der Strasse von Gibraltar versieht nämlich die Stelle einer unvollkommenen Barre des Mittelmeerbeckens. In diesem ist, wie in allen von der jüngst durch die Challenger-Expedition untersuchten Tiefseebecken, das Wasser unterhalb der Kammhöhe (bezw. Passhöhe) der Beckenwände vergleichsweise stagnirend, und Temperatur und Salzgehalt sind unterhalb dieser Höhe gleichförmig; auf der Oberfläche dieser so bestimmten Zone bewegen sich die von oben kommenden Wasser nach den Ausgängen (Pässen) hin.

Ohne gerade eine scharfe obere Abgrenzungslinie dieser Zone bestimmen zu wollen, muss doch erwähnt werden, dass sie höchst wahrscheinlich nur etwa einige hundert Faden unter der Oberfläche existirt; wenigstens lassen die Worte von G. v. Boguslawski in: Ueber die Resultate der neuesten Tiefseeforschungen (Jahresber. d. Frankf. Ver. f. Geogr. 1874—75, S. 76) keine andere Deutung zu. Der Genannte sagt: „So ist ferner das Mittelmeer durch die Schwelle bei der Bank von Gibraltar (am Cap Trafalgar und Cap Spartel nur 120—200 Faden tief) von dem offenen Ocean getrennt und zeigt von gewissen Tiefen ab bis zum Grunde des Meeres eine gleichmässige, von den

polaren Zuflüssen unabhängige höhere Temperatur. Es herrscht nämlich im Mittelmeer nach den vielfachen daselbst angestellten Temperaturbeobachtungen an der Oberfläche und in verschiedenen Tiefen bis zu 2000 Faden am Grunde unterhalb der von der Sonne erwärmten Schicht eine gleichmässige Temperatur von  $12,8^{\circ}$ , gerade so hoch, wie die niedrigste durchschnittliche Oberflächentemperatur im Winter beträgt, während sie im Sommer bis zu  $22,2^{\circ}$  steigt, alsdann aber nur 50—100 Faden tief reicht. Da also das tiefere kalte Wasser des atlantischen Oceans, welches ausserhalb Gibraltars in einer Tiefe von 1500 Faden eine Temperatur von nur  $3^{\circ}$  hat, abgesperrt ist, so muss die Temperatur des Mittelmeerswassers (und so wie dieses die der ähnlichen, vom offenen Oceane abgeschlossenen Meeresbecken) der sog. isochimnenalen Temperatur oder dem niedrigsten Winternittel entsprechen.“

Weiter aber sagt v. B.: „Die Untersuchungen des Challenger haben ferner dargethan, dass die Melanesische See ein von einem zerbrochenen Barrierenriff bei einer Tiefe von 1350 Faden umschlossenes Wasserbecken ist, über welche Tiefe hinaus keine freie Communication mit dem offenen Ocean stattfindet. Die in dieser Tiefe ausserhalb dieses Beckens beobachtete niedrige Temperatur von  $1,7^{\circ}$  herrschte innerhalb desselben gleichmässig von dieser Tiefe an bis zu 2650 Faden“. Das heisst also: Die Wassertemperatur, welche auf der unterseeischen Kammhöhe der Wände eines geschlossenen Meeresbeckens herrscht, ist, abgesehen von Einflüssen localer Natur, dieselbe, welche die aller tiefen Theile des Beckens bestimmt. Dieser Umstand ist wichtig für die Becken, die mehr als ihren atmosphärischen Niederschlag verdunsten, weil in ihnen diese Temperatur sich durch Vermittelung des Salzgehaltes des Wassers bis zum Grunde fortpflanzt.

Wendet man dieses Factum vorerst nur auf den vorliegenden Fall, das Mittelmeer, an, so ergibt sich zuerst das Erwärmen des gesammten Beckeninhaltes auf die isochimnenale Temperatur von  $12,8^{\circ}$  (sollte es nicht wohl die mittlere Jahrestemperatur sein, erniedrigt durch die Zuflüsse?) bis in die Nähe der Kammhöhe, d. h. bis zu der Höhe, bei der jetzt die Einwirkung der im Sommer höher erwärmten Wasserschichten aufhört, nachdem die tiefer liegenden Schichten schon eine solche Dichtigkeit erreicht haben, dass ein weiteres Eindringen der oberen sinkenden nicht mehr stattfindet, sondern ein Ausfliessen

auf dieser Zone hin nach dem Ausgange, der Strasse von Gibraltar, die dagegen an der Oberfläche Speisewasser eintreten lässt. Jene Linie würde also zu verlegen sein in die Minimaltiefe der Schwelle der Bank von Gibraltar, aber verringert um die Höhe des Ausflusstromes, d. h. also etwa in 100 Faden Tiefe, was mit obigen Resultaten, welche v. B. bezüglich des Eindringens der Sommerwasserwärme erwähnt, annähernd übereinstimmen würde.

Dagegen muss der Beginn der Zone des specifisch schweren Salzwassers für das Mittelmeerbecken im Allgemeinen tiefer gelegt werden; aber dieser Umstand steht der Unterströmung über den höher gelegenen Grund der Meerenge von Gibraltar nicht entgegen, indem der Unterschied des specifischen Gewichtes für das Niveau der Unterströmungen und die Höhe, zu der sie ansteigen, nicht allein massgebend ist. So schiebt sich z. B. bei den ins Meer fallenden Flüssen ein Unterstrom von völlig salzigem Wasser je nach der Tiefe, der Beschaffenheit des Grundes u. s. w. mehr oder weniger weit hinauf herein, und die eigentliche Ursache hiervon findet F. L. Ekman in der lebendigen Kraft des Oberflächenstromes und der mechanischen Einwirkung desselben auf das Unterliegende, und sucht auf Grund umfassender Untersuchungen an schwedischen Flussmündungen in diesem bisher bezüglich der Frage über die Meeresströmungen im Grossen gänzlich übersehenen Umstände auch für diese die Erklärung zu finden. Und auf diese Weise lässt sich das Ansteigen des salzigen Unterstromes von Gibraltar von der Schöpfstelle Wolleston's bis zum Ausfluss begreifen, wobei wohl die Annahme nahe liegt, dass derselbe hohe Salzgehalt (17,3 % bei 670 Faden) an dieser Stelle sich auch schon in geringerer Tiefe findet.

Die erst in neuester Zeit im Zusammenhang aufgefundenen häufigen Abweichungen der Tiefenisothermen des Meerwassers von den horizontalen finden demnach auch bei den Tiefengrenzlilien des Salzgehaltes desselben statt; jedoch ist da, wo bestimmte Resultate noch nicht vorliegen, nur eine annähernde Lagenangabe möglich.

Uebrigens sind Beobachtungen über Tiefentemperaturen vom Mittelmeer schon in früherer Zeit gemacht, aber wahrscheinlich ihrer Auffälligkeit wegen als isolirte Daten nicht hinreichend berücksichtigt und fast vergessen worden. So fand z. B.

Capt. d'Urville im Jahre 1826 in 200 Faden Tiefe 12,22 ° (54 F.),  
 in 250 „ „ 14,44 ° (58 F.),  
 in 300 „ „ 12,22 °,  
 und ebenso in 600 „ „ 12,22 °.

Diese Observationen bestätigen in eclatanter Weise das Herabsinken einer warmen, durch Anreichern specifisch schwerer gewordenen Oberflächenschicht. Der französische Schiffslieutenant Bérard fand am 23. November 1831 in 750 Faden Tiefe 12,77 ° (55 F.). Andere Daten aus älterer Zeit, die sich in demselben Werke (Kritischer Wegweiser im Gebiete der Landkartenkunde, Bd. 6, S. 152), dem die obigen entnommen sind, finden, geben an:

	Lufttemperatur	Oberflächenwärme	Tiefe	Temperatur
Zwischen Minorca u. Algier				
am 26. Juni . . . . .	23,89 ° (75 F.),	20,83 ° (69½ F.),	600 Faden,	12,77 ° (55 F.)
	23,33 ° (74 F.),	23,05 ° (73½ F.),	1200 Faden,	dieselbe.
Zwischen den Columbreten				
u. Cap San Martin (Valencia), 15. November .	15,55 ° (60 F.),	19,44 ° (67 F.),	? Faden,	dieselbe.
An einer anderen Stelle .	15,00 ° (59 F.),	14,44 ° (58 F.),	750 Faden,	dieselbe.

Weder Carpenter noch W. Thomson scheinen diese Zahlen gekannt zu haben.

Die Wasser des Ausflusstromes sind im Mittelmeer, das mehr verdunstet, als es durch Süßwasserzuflüsse erhält, sehr salzreich, wie u. A. aus der letzten der Wollaston'schen Beobachtungen, welche unter 36 ° n. Br. und 4 ° 40' w. L. Gr., also etwa 32 Seemeilen östlich von Gibraltar, angestellt wurde, hervorgeht. Dieser salzige Unterstrom bewegt sich nämlich in der Nähe der Meerenge oberhalb der durch dieselbe gegebenen Kammhöhe, bis zu einer gewissen Tiefe, westwärts, wogegen der vom atlantischen Meere kommende Einfluss sich von dieser Tiefe an aufwärts bis zur Oberfläche erstreckt und ostwärts mit nicht unbedeutender Geschwindigkeit läuft.

Wenn nun die Wasser des auswärts gehenden Tiefseestromes sich nicht in ihrer Zusammensetzung, sondern nur durch grössere Concentration von dem einflussenden Oceanwasser unterschieden, wenn also alle salinischen Bestandtheile gleichmässig das von der Oberfläche herabsinkende Wasser begleiteten, so könnte sich das Mischungsverhältniss der Salze, wie es in dem eingehenden Ersatz, d. h. im Oceanwasser, besteht, nicht ändern. Dieses ist aber

der Fall; das Wasser des Mittelmeeres enthält schon jetzt mehr leicht lösliche Salze, als das der grossen Oeane, wie folgende Aufzeichnungen beweisen.

Feste Theile.

Oceanwasser n. Regnault . . . . .	3,53	‰,
n. Helmhacker <sup>1)</sup> . . . . .	3,527	‰,
Atlantischer Ocean n. Bischof . . . . .	3,63	‰,
id. zw. 30° u. 60° n. Br. n. Forchhammer . . . . .	3,5976	‰.

Vorstehende Zahlen geben den Gehalt des Oceanwassers an festen Stoffen im Allgemeinen nach den neuesten mir zu Gebote stehenden Quellen an, und ebenso solche des atlantischen Oceans. Die hier in Betracht kommende ist die letztere von Forchhammer, weil sie den Theil des Oceans betrifft, welcher das Mittelmeer mit Seewasser speist. Hiergegen sind zu stellen folgende Angaben über die feste Salzmasse, welche in 100 Theilen Mittelmeerwasser enthalten ist. Bei diesen ist nur eine, die von Calamai mit 2,91 ‰ Gehalt des Meerwassers bei Venedig, nicht mit angeführt worden, weil dieselbe von Seewasser handelt, das durch die Nähe der zahlreichen Flussmündungen bedeutend verdünnt ist.

Es enthält das Mittelmeerwasser an festen Stoffen:

nach Bischof . . . . .	3,37	‰,
„  Quenstedt . . . . .	4,10	‰,
„  Laurens <sup>2)</sup> . . . . .	4,094	‰,
„  Ausland . . . . .	4,16	‰,
„  Usiglio <sup>3)</sup> bei Cette . . . . .	3,7655	‰,
„  Helmhacker <sup>3)</sup> bei Malta . . . . .	3,7396	‰,
„  Vierthaler <sup>4)</sup> bei Spalato . . . . .	4,0404	‰,
„  A. Vogel bei Marseille . . . . .	3,6900	‰.

Es bedarf nur eines Blickes auf diese Zahlen, um zu sehen, dass die feste Salzmasse des Mittelmeeres bedeutend grösser sein muss, als die von

1) Chem. Centralblatt 1874.

2) Journal de Pharm. XXI.

3) Chem. Centralbl. 1874.

4) Will, Jahresb. 1864.

Forchhammer für den entsprechenden Theil des atlantischen Oceans angeführte. Das Mittel aus den acht Zahlen ergibt 3,8699 gegen 3,5976.

Das Mittelmeerwasser ist also bedeutend salzreicher, als das des vorliegenden atlantischen Oceans.

Was nun die Zusammensetzung dieser Salzmasse betrifft, so zeigt sie folgende Procente von Chlornatrium und Magnesiumsulfat.

	Chlornatrium	Magnesiumsulfat
Oceanwasser n. Regnault . . .	76,49,	6,51 oder 1 auf 0,0851,
„ „ Helmhacker . .	75,786,	5,597 „ 1 „ 0,0738,
Wasser d. Atlant. Oc. n. Bischof . .	77,03,	5,29 „ 1 „ 0,0687,
„ n. Queenstedt	78,50,	9,40 „ 1 „ 0,0840.

Mittel der beiden letzten Angaben: 1 Chlornatrium gegen 0,0763 Magnesiumsulfat.

Mittelmeerwasser	Chlornatrium	Magnesiumsulfat
n. Bischof an 3 Stellen . . .	77,07,	8,34 oder 1 : 0,1082,
„ „Ausland“ Durchschnitt . . .	65,38,	16,84 „ 1 : 0,2575,
„ Usiglio von Cete . . . .	78,1410,	6,5781 „ 1 : 0,0842,
„ Laurens . . . . .	66,487,	17,147 „ 1 : 0,2579.

Mittel dieser vier Angaben 1 Chlornatrium gegen 0,1769 Magnesiumsulfat.

Man sieht deutlich hieraus, dass die Menge der Salze unter den im Mittelmeer herrschenden hydrographischen und klimatischen Verhältnissen nicht in gleicher Proportion mit der Zusammensetzung des Zuflusses anwächst, sondern dass die leicht löslichen vorwalten, und dies ist nur dadurch erklärlich, dass sie im Allgemeinen die obere Schicht einnehmen.<sup>1)</sup> Letzteres ist ja auch im Kaspisee mit den aus den Salzbusen kommenden Mutterlaugen der Fall,

---

<sup>1)</sup> Dass ein Schwanken des Salzgehaltes etc. je nach verschiedenen Schöpfstellen stattfindet, ist wohl sehr natürlich. So beträgt z. B. das spec. Gewicht des Wassers aus dem westlichen Theile 1,0280 bis (bei Sicilien) 1,0284; das des Wassers von da an bis Creta 1,0284 bis 1,0288 (nach Carpenter, erwähnt in A. Hygatt's Rev. of the N. A. Poriferae 1877, 490. Mem. of Boston Soc. of Nat. Sc.) Das von Usiglio 1 m unter der Oberfläche 3—5 km von der Küste bei Cete entnommene Seewasser stand in seiner Zusammensetzung dem des atlantischen Oceans sehr nahe. Dieses ist leicht erklärlich, indem der von Gibraltar kommende Strom, durch die Südwestwinde begünstigt, zeit- und theilweise nach Nordosten geht und die ostspanischen und südfranzösischen Flüsse wohl seinen Verdampfungsverlust compensiren.



weshalb Osc. Grimm die tiefsten Stellen dort auch am reichsten und von ganz anderen Thierarten besetzt fand, als diejenigen sind, welche die Tiefe von nur wenigen Faden bewohnen. So ist vielleicht mancher Unterschied zwischen der atlantischen und mediterranischen Fauna erklärlich.<sup>1)</sup>

Würde der Niederschlag des Mittelmeergebietes hinreichen, um seine Verdunstung zu decken, so könnte ebensowenig, wie bei den grossen Oceanen eine Anreicherung der untersten Schichten stattfinden. Eine solche erschien bis vor Kurzem noch so unerklärlich, dass Karsten (Salinenkunde I, 840) vermuthete, die Angabe von Wollaston über 17,3 % Rohsalzgehalt einer Meerwasserprobe, welche 32 engl. Meilen östlich von Gibraltar aus 670 Faden Tiefe geschöpft war, beruhe auf einem Irrthum. Dagegen findet sich auch in diesem Werke I, S. 829 der Ausspruch von Bouillon-Lagrange und Vogel, dass das Mittelmeerwasser mehr Chlormagnesium und Bittersalz enthält, als das des atlantischen Oceans, und dass der Unterschied im Salzgehalt des Wassers im atlantischen Meer und im Mittelmeer so gross ist, dass eine regelmässige, sechs Monate fortgesetzte Fahrt zwischen Falmouth und Lissabon (1834) keine stärkere Inkrustationen in den Kesseln der Dampfschiffe bildet, als eine einzige Reise von Malta nach Vurla.

Auch Mohr sagt (Geschichte der Erde, S. 29), wenn auch ohne Quellenangabe, dass der Procentgehalt der schwefelsauren Bittererde im Mittelmeer auf 9,44 % steigt, während er im Weltmeer nur 5,597 % beträgt.

Vielleicht wird man aus einzelnen Analysen des auf hoher See an derselben Stelle des Mittelmeeres aus differenten Tiefen entnommenen Secwassers nicht den Beweis für den verschiedenen Bittersalz- und Chlormagnesiumgehalt in den verschiedenen Wasserschichten absolut führen können. Solche Analysen fehlen noch; allein selbst wenn der Unterschied im Gehalt der leicht löslichen Salze auch so klein wäre, dass er sich der analytischen Feststellung entzöge, so muss er doch im grossen Ganzen existiren.

---

<sup>1)</sup> Dies betont auch A. Hyatt a. a. O. indem er sagt: „Welchen Einfluss die höhere Dichtigkeit des Mittelmeerwassers auf die Entwicklung der Schwämme hat, ist bis jetzt, wo noch unvollkommene Daten vorliegen, schwer zu sagen; wahrscheinlich ist er sehr gering. Die chemische Zusammensetzung des Wassers ist ebenso wenig hinreichend untersucht, und wird solche von grösserer Wichtigkeit sein, von dem Moment an, wo bei ihr grössere Verschiedenheiten wohl vorhanden sein werden.“

Der grössere Bittersalz- (und auch Chlormagnesium-) Gehalt des Mittelmeerwassers ist ganz sicher neben der Trockenheit des Klimas des Mittelmeergebietes der orographischen Beschaffenheit des Grundes der Strasse von Gibraltar zuzuschreiben; aber man darf doch solche Resultate von ungemessenen Zeiträumen nicht nach momentan ausführbaren Experimenten bemessen wollen. Ganz bestimmt werden spätere Untersuchungen die Richtigkeit meiner Erklärung, nachdem sich diese erst Bahn gebrochen hat, bestätigen; und um so mehr, als jetzt durch die Tiefseeuntersuchungen unsere Kenntnisse über die Beschaffenheit des Grundes der unterseeischen Strömungen, u. s. f. nach allen Richtungen hin so erweitert werden, dass man mit grösserer Sicherheit über die Brauchbarkeit der Analysen zu entscheiden vermag, was heute noch durchaus nicht im nöthigen Umfange der Fall ist.

Auch die Verhältnisse im Schwarzen Meere und der Ostsee lassen darauf schliessen, dass das Verhältniss des Chlornatriums zu den übrigen Seesalzen in den unteren Schichten des Oceans überhaupt ein etwas grösseres ist, als in den oberen, wenn der Unterschied auch noch nicht durch Analysen nachgewiesen ist. So enthält das Wasser des Schwarzen Meeres bei Feodosia 1,7661 % feste Bestandtheile, aber darin 79,39 % Chlornatrium nach Göbel, und das der Ostsee gar 84,39 % Chlornatrium in 1,77 % festen Salzen. Beide Meeresbecken erhalten ihren Salzgehalt durch Unterströmungen (durch den Bosphorus und den Sund mit den Belten) aus den vorliegenden grösseren Meeren, und es scheint demnach, als ob das in der Tiefe einströmende Oceanwasser mit etwas vorherrschendem Chlornatriumgehalt versehen ist; denn sonst müsste doch das Verhältniss der Seesalze untereinander sich ziemlich gleich bleiben. Auch im Mittelmeere findet eine Zunahme des Chlorgehaltes nach der Tiefe hin statt, wie Forchhammer's Untersuchungen zeigen, der als mittleren Chlorgehalt von 11 Proben der Oberfläche 20,889 fand, während der auf der Tiefe von 300—600 Fuss auf 8 Proben 21,138 war.

Noch deutlicher zeigt sich dieses im Todten Meere nach den umfassenden Analysen von A. Terreil (Compt. rend. LXII, 1329). Dort erreicht die Menge der festen Bestandtheile in 300 m Tiefe das 1,35—10,27 fache der Menge derselben an der Oberfläche, und unter ihnen erreicht Chlor das 1,38—9,92 fache der Oberflächenmenge, während die Schwefelsäure in der genannten Tiefe nur auf das 1,06—2,59 fache ihrer Oberflächenquantität kommt.

Ebenso schwer ins Gewicht fallend ist der Umstand, dass man in den Salzgärten von Camargue nach Balard (Bull. Soc. d'Encour. 1865, XII) durch freiwillige Verdunstung drei verschiedene Salzabsätze erhält, von denen der erste ausschliesslich aus Chlornatrium, der zweite aus etwa gleichen Theilen Chlornatriums und Magnesiumsulfates besteht und der dritte (Sommersalz) ebenfalls durch diese beiden letzteren und der ganzen Menge der Kalisalze gebildet wird. Hier schlägt sich also Magnesiumsulfat später nieder, als bei Usiglio's Versuchen.

Aus Vorgetragendem ergibt sich:

1. Alles primitiv abgelagerte Steinsalz mit bis jetzt äusserst wenig bekannten Ausnahmen enthält einen mehr oder minder bedeutenden Gehalt von Calciumsulfat in seiner Mischung.

Ein (bisher noch nirgends beobachtetes) Vorkommen von gypsfreiem Steinsalz in grösseren Massen würde sehr einfach durch einen längeren Barren- (bezw. Bank-)verschluss des salzbildenden Busens zu erklären sein, während kleinere Parteen durch kürzere, vielleicht periodische, Unterbrechungen des Zuflusses entstehen können.

Alle diese Modificationen sind von mir, wenn auch nur streifend, berührt worden.

2. Der geringe, fast verschwindende, aber wohl nie ganz fehlende Gehalt des Steinsalzes an Magnesiumsulfat ist eine natürliche Folge von der bei den obgewalteten habenden, durchweg hohen Temperaturen viel grösseren Löslichkeit des Magnesiumsulfates und des Umstandes, dass die Lösungen der Magnesia-salze einen Ausweg über die Barre haben, wonach die Resultate Usiglio's in einem abgeschlossenen Salzgarten, in dem die Mutterlaugen ihre volle Wirkung unter abwechselnd gemässigten und kühlen Temperaturen auf die darunter oder im Niederschlag begriffenen Salze ungeschwächt ausüben konnten, nicht als absolut maassgebend angesehen werden können für andere Verhältnisse. Noch weniger maassgebend sind die Versuche in Abdampfschalen; denn schon zwischen diesen und den Vorgängen in einem Salzgarten finden

---

1) Bull. Soc. d'encourag. 1865, XII. — Will, Jahresb. 1866, 847.

Verschiedenheiten statt, wie aus dem von Balard erwähnten und oben citirten Verfahren und Vorgang zu Camarque ersichtlich ist.

Hiernach würde auch der zweite Theil der Bemerkung von O. Lang erläutert sein.

3. Aber selbst die Annahme einer mit den Untersuchungen im Kleinen im Widerspruch stehenden Folge oder ein Ausbleiben von Niederschlägen, die ihrer Löslichkeit nach in irgend einer bestimmten Periode der Salzbildung zu erwarten wären, würde nicht gegen die Richtigkeit der erwähnten Erklärung sprechen, wie ich weiter unten noch belegen werde.

4. Das Stassfurter Salzlager kann durchaus nicht durchweg als Norm für die Verhältnisse aller anderen Salzlager angezogen werden, weil eine Temperatur von 50 ° C., die nach E. Pfeiffer<sup>1)</sup> zum Starrwerden des Bischofite nöthig ist, wohl nicht auf grössere Tiefen durch blosse Tropenwärme gelangen kann, und daher auf eine weitere Wärmequelle aus den dort stattgehabten Wirkungen zu schliessen ist. —

Anknüpfend an das über Gypsgehalt des Steinsalzes im Satz 1 Gesagte wird es am Platze sein, noch Einiges über Calciumsulfatniederschläge zu erwähnen.

Wenn man auch noch nicht im Stande gewesen ist, im Kleinen die Verhältnisse herzustellen bezw. nachzuahmen, unter denen der schwefelsaure Kalk von der Natur wasserfrei abgeschieden worden ist, so besteht doch kein Zweifel mehr darüber, dass es verschiedene Bedingungen geben muss, unter denen es möglich ist.

Zu den Bildungen bei höheren Temperaturen gehört die von Anhydrit in Krystallen durch Zusammenschmelzen von schwefelsaurem Kali mit überschüssigem Chlorcalcium, und die durch Erhitzen auf 125 °—130 ° von Gyps in gesättigter Chlornatriumlösung in geschlossenem Raume (Pogg. Ann. 77, 161); Calciumsulfat mit geringer Wassermenge ( $2 \text{ Ca SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ) kommt als Kesselstein von nur mit 2 Atmosphären Druck arbeitenden Dampfmaschinen nach Johnston vor; der Pfannenstein enthält oft mehr als 3 % Wasser auf 63 %

---

<sup>1)</sup> Arch. Pharm. 1877, 305.

Calciumsulfat, und diese beiden letzten Bildungen sind nicht auf Wasserverlust von Gyps durch Erhitzen zurückzuführen. Von letzterem Agens reicht allerdings schon eine noch unter dem Siedepunkt des Wassers bleibende Höhe (75—90 °) hin, wenn ausreichende Zeit für die Einwirkung in Anspruch genommen wird, um den grössten Theil des Wassers zu entfernen, aber alle diese Facta sind für das massige Auftreten von wasserfreiem krystallinischen Calciumsulfat schon wegen der hohen Temperaturgrade als Erklärungsweise nicht anwendbar.

Für dieses Vorkommen muss als Hauptursache die Gegenwart von concentrirten Salzlösungen, besonders von Mutterlaugensalzen, betrachtet werden, und bilden die verschiedenen Doppelsalze von schwefelsaurem Kalk mit anderen Salzen, welche statt des Wassers eintreten, eine Reihe von Mittelgliedern zwischen wasserhaltigem und wasserfreiem Calciumsulfat.

Der gewässerte schwefelsaure Kalk ersetzt sein Hydratwasser durch schwefelsaure Alkalien in sehr verschiedener Weise:

Durch schwefelsaures Kali an die Stelle der Hälfte des Halhydratwassers in dem Doppelsalz  $2 \text{CaSO}_4 \cdot \text{KSO}_4 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$ .

Durch schwefelsaures Kali an die Stelle des Gesamthalhydratwassers im Syngenit (Kaluczit)  $\text{CaSO}_4 \cdot \text{KSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ .

Durch schwefelsaures Kali zu gleichen Theilen mit schwefelsaurer Magnesia an die Stelle des Gesamthalhydratwassers im Polyhalit  $2 \text{CaSO}_4 \cdot \text{KSO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ .

Durch schwefelsaures Kali mit zwei gleichen Theilen schwefelsaurer Magnesia an die Stelle des Gesamthalhydratwassers im Mamanit  $3 \text{CaSO}_4 \cdot \text{KSO}_4 \cdot 2 \text{MgSO}_4 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$ .

Ganz wie das schwefelsaure Kali in der ersten Verbindung verhält sich das schwefelsaure Rubidium, und wie in der zweiten Verbindung das schwefelsaure Ammonium.

Diese vier Doppelsalze sind künstlich bei gewöhnlicher Temperatur ohne Gegenwart anderer Salze direct herstellbar, während die beiden folgenden Verbindungen, in denen ein Theil des Kaliums durch Magnesium ersetzt ist, sich nicht künstlich aus der Combination ihrer Lösungen herstellen lassen. Ebensowenig ist es gelungen, für Kalium das Natrium, Lithium oder Thallium

zu substituiren. Selbst monatelanger Contact der concentrirten Lösungen zeigte keinen Erfolg.<sup>1)</sup>

Und dennoch unterliegt es keinem Zweifel, dass sowohl alle die wasserhaltigen Verbindungen des Calciumsulfates mit schwefelsauren Alkalien und Erden, als auch die beiden wasserfreien bis jetzt bekannten, Glauberit und Drenlit (wenn man diese letzteren mit hierzu rechnen darf), aus wässrigen Lösungen abgeschieden worden sind.

In der That weisen die neuesten Untersuchungen von J. B. Hannay (Journ. of the Chem. Soc. No. CLXXVIII.) das Letztere nach und erwähnen ausserdem noch andere Verbindungen, welche der grossen Wichtigkeit halber, die ihr Hauptbestandtheil, das Calciumsulfat, in der Erdrinde besitzt, hier kurz angeführt werden mögen.

Hannay's Versuche gelangen aber nicht unter Verhältnissen im kleinen Maassstabe eines Laboratoriums, sondern unter solchen, welche durch grossartigen Fabrikbetrieb geboten werden, wobei Lösungen von der betreffenden Zusammensetzung monatelang durch dieselben Röhren liefen, ohne gestört zu werden. Die krystallinischen Ablagerungen, welche sich in diesen gebildet hatten, nachdem lange Zeit Lösungen genannter Art bei 40—80 ° darin circulirten, die gleichzeitig Sulfate von Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium und chromsaures Kali enthielten, und von denen namentlich das letzte in überwiegender Menge vertreten war, bestanden aus verschiedenen Doppelsalzen. Der grösste Theil der Ablagerungen erwies sich als  $\text{CaSO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ; ein anderer als  $\text{CaSO}_4 \cdot \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{O}$  und  $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{K}_2\text{CrO}_4$ . Diese beiden Verbindungen beweisen, dass nicht blos Sulfate das Wasser des Gypses zu ersetzen im Stande sind. Zugleich mit der letzten Verbindung fand sich ein dunkelgefärbter Absatz, dessen Zusammensetzung nahezu der Formel  $\text{CaSO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{K}_2\text{CrO}_4$  entsprach, wo also schon Natriumsulfat an die Stelle der Hälfte des Kaliumchromates getreten war. In einem anderen Rohre traf Hannay grosse Mengen von  $\text{CaSO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4$  an, also Glauberit.

Einige andere sehr interessante Glieder dieser Kette von Verbindungen, wie z. B.  $2 \text{CaSO}_4 + 3 \text{H}_2\text{O} + \text{ClH}$ , gehören wohl nicht in den Kreis dieser Beiträge.

---

<sup>1)</sup> Compt. rend. LXXXIV. 86.

Liegt es nach dem Vorstehenden also sehr nahe, dass die Lösungen, aus denen sich die natürlich vorkommenden Calciumsulfatverbindungen (ausser dem Gyps selbst) bildeten, noch andere Salze enthalten mussten, welche die Vermittelung dieser Bildungen übernahmen, so können dies in der Natur nur die Mutterlaugensalze gewesen sein, wobei besonders die Zeitdauer ihrer Wirkungen noch einen grossen Einfluss gehabt haben muss. Wenn aber die Gegenwart von Mutterlaugensalzen das Calciumsulfat halbwasserfrei mit Ersatz durch Kaliumsulfat etc. ausscheiden machte, ja es sogar veranlasste, wasserfrei z. B. in Combination mit Natriumsulfat zu treten, obschon sich dieses viel weniger leicht mit dem Calciumsulfat verbindet, als Kaliumsulfat (woraus sich das verhältnissmässig seltene Vorkommen von Glauberit erklärt), so muss die Anwesenheit dieser Lösungen auch im Stande gewesen sein, die Bildung von Anhydrit zu bewirken, sobald die Bedingungen des Ersatzes durch Theile der Mutterlauge aufhörten oder nicht von vornherein gegeben waren.

Hierfür existiren in der Natur mannigfache Belege.

Ausser dem massenhaften Vorkommen von Anhydrit im Hangenden der Steinsalzlager, das ein schwerwiegender geologischer Beweis ist, giebt es noch manche andere, von denen nur einige hier angeführt werden mögen.

Die oben erwähnten sog. Gypssteine aus dem thonigen Steinsalz von Vizakna, welche schon 1780 von Fichtel erwähnt worden sind, bestehen aus feinkörnigem Anhydrit mit einer einige Millimeter starken Gypsrinde, die offenbar erst durch spätere Wasseraufnahme sich gebildet hat. Sie sind von Haselnuss- bis Wallnussgrösse, mit warzenförmigen Auswüchsen bedeckt und enthalten beigemischtes Chlornatrium.

„Schnitte und Schiffe des diese Knollen enthaltenden Steinsalzes zeigen, dass diese als solche in die Sedimente gelangt, und dass sie nicht spätere Concretionen aus demselben sind. Der ursprünglich wasserfreie schwefelsaure Kalk kann sich nur dann bilden, wenn Salze gegenwärtig sind, die ihm das Krystallwasser aufzunehmen nicht erlauben, wie Chlormagnesium und Chlorcalcium; es musste sich somit der Salzsee, aus dem sich die Vizaknaer Lagerstätte gebildet hatte, in einem vorgeschrittenen Zustande des Salzabsatzes befunden haben“. (Pošepny in Verh. d. K. K. Geol. Reichsanst. 1869. 141.)

Aehnlich kommt der Anhydrit in Kalucz in blassviolblauen oder graulichen, fest aneinander gewachsenen Kugeln von 3—4 cm Durchmesser vor,

die eine ausgezeichnet dünnstänglig-concentrische, z. Th. dabei concentrisch-schalige Textur besitzen. Dieselben liegen im Sylvin. (J. Niedwiedzki in Groth's Ztschr. 517.)

Auch die sog. Gekrössteine von Bochnia und Wieliczka sind hierher zu zählen.

Die ringsum ausgebildeten Krystalle von Anhydrit im Kieserit, und die mikroskopischen, theilweise unvollkommen ausgebildeten Anhydritkrystalle in den Carnalliten von Douglasshall liefern weitere Belege für diese Ansicht.

Auch in den grösseren Pseudomorphosen (von rothem körnigen Steinsalz nach Sylvin) des Salzthones von Douglasshall finden sich mikroskopische Aggregate von aneinander gereihten Anhydritkryställchen, wie schon B. Kosmann (schriftl. Mitthlg.) beobachtet hat.

Auch in manchen der kleineren Pseudomorphosen von Steinsalz nach Steinsalz muss Anhydrit vorhanden sein.

Während die Analyse nach Fuhrmann 63,71 Chlornatrium; 8,97 schwefelsauren Kalk; 2,94 schwefelsaures Natron; 1,66 schwefelsaure Magnesia; 0,92 Eisenoxyd und Thonerde bei 16,92 Unlöslichem (wesentlich Quarz) gegen 4,88 Wasser aufweist, worin also der Wassergehalt mehr als hinreichend ist, um das Calciumsulfat als Gyps erkennen zu lassen, ergab eine schon früher im Juli 1873 von Teuchert in Halle angestellte <sup>1)</sup> 37,09 Chlornatrium, 36,72 schwefelsauren Kalk, 0,35 Eisenoxyd bei 19,24 Quarz gegen nur 7,15 Wasser; so dass also ein Theil (9,71) des Calciumsulfates als Anhydrit in der Pseudomorphose vorhanden gewesen sein muss. Auch fehlt schwefelsaures Natron.

Aus diesen Differenzen ist ersichtlich, dass nicht unbedeutende Verschiedenheiten bei geringeren räumlichen Distanzen in anscheinend homogenen Theilen derselben Salzablagerungen vorkommen können.

---

<sup>1)</sup> Für die Nichtkenntniss dieser Analyse und der Verhandlungen über die genannten Pseudomorphosen in dem Verein für Naturwissenschaft in Halle (Ztschr. f. die ges. Naturw. v. Giebel, 12) mag ein zwanzigjähriger Aufenthalt in entlegenen Theilen Süd-Amerikas, der einen Contact mit deutscher wissenschaftlicher Literatur auf mikroskopische Dimensionen reducirt, neben der Unmöglichkeit, diesen Contact in kurzer Zeit nach der Rückkehr wieder so herzustellen, dass auch keine Notiz übersehen wird, als Entschuldigung dienen.



Die Handstücke, welche bisher von Douglashall in die Hände der verschiedenen Gelehrten gelangten, sind sämmtlich von mir (in 14 Suiten) geschlagen worden, und stammen aus den beiden Schächten, so dass also höchstens eine Entfernung von nicht ganz 60 m die Stellen der Entnahme getrennt haben kann.

Da sich nun auch in der Entwicklung des Glauberits ein grosser Unterschied in den beiden Schächten zeigt, so wäre es möglich, dass das in Halle untersuchte Stück aus Schacht I, das Berliner aus Schacht II stammt. Die Mutterlaugen sind aber dort nicht überall in gleicher Weise von den Thonen absorbirt worden und verschiedene Umsetzungen müssen dabei stattgefunden haben, wie schon S. 70 erwähnt worden ist.

Jedenfalls bildet die Gegenwart von Mutterlaugen in hinreichender Quantität, um Massenwirkung auszuüben, das Hauptmoment bei der Abscheidung des wasserfreien Calciumsulfates, und scheint diese zuweilen in inniger Vereinigung mit dem noch in den Mutterlaugen vorhandenen Chlornatrium vor sich zu gehen. Zu einer solchen Bildung gehört sicherlich das eigenthümliche Vorkommen des steinsalzhaltigen Anhydrits, welcher das Material für die Salinenarbeiten von Bex in Waadt liefert, indem er 25 Pfd. Chlornatrium in einem Cubikfuss enthält. In den Mutterlaugen (welche zu den Bädern von Lawey verwendet werden) sind alle die bekannten Salze vertreten; der gangförmige Anhydrit-Stock ist daher als ein Theil des Endproductes einer normal verlaufenen Salzbildung anzusehen.

Ein weiteres Moment ist der Druck, von dem Heidenhain (in der Ztschr. d. d. Geol. Ges. 1874, S. 278) sagt: „Die neueren Forschungen haben dargethan, dass, wenn die Abscheidung von schwefelsaurem Kalk aus einer Lösung unter einem Drucke von zehn Atmosphären geschieht, sich dieses Salz nicht wasserhaltig, sondern wasserfrei zeigt“.

Der Druck allein scheint aber nicht hinreichend zu sein; denn sonst müsste auch das Liegende jedes Salzlagers, das sich zur Zeit der Bildung 100 m unter dem Spiegel des Meerbusens befunden hat, Anhydrit sein, was doch mit der Wirklichkeit nicht übereinstimmt.

Wärme und Zeit als weitere Momente können in diesem concreten Falle nur beschränkte Anwendung finden, da die Wärme wohl dem Gypse das Wasser entzieht, aber viel weniger Rückbildungen von Gyps zu Anhydrit,

als umgekehrt, Umwandlungen von Anhydrit in Gyps durch allmähliche Aufnahme von Wasser in langen Zeiträumen als geologische Facta zu verzeichnen sind.

Was nun die so häufig beobachtete Unregelmässigkeit in dem Absatze des schwefelsauren Kalkes betrifft, so wäre hier Folgendes zu bemerken.

Bekanntlich wird der Gyps von Kochsalzlösung in viel grösserer Menge aufgenommen, als von reinem Wasser und zwar nimmt eine zu einem Drittel gesättigte Chlornatriumlösung ebensoviel — 1 gr in 150 Cc. bei 13,5 ° — auf, als eine vollständig gesättigte, während eine schwächere, z. B. eine nur zum fünften Theile gesättigte 1 gr in 244 Cc. zu halten vermag.<sup>1)</sup>

Diese grössere Löslichkeit kann herrühren von der Bildung leicht löslicher Doppelverbindungen, wahrscheinlicher aber setzen sich beide Stoffe theilweise um, die Lösung aus vier Salzen besteht: Chlornatrium und Chlorcalcium mit Natrium- und Calciumsulfat, so dass die grössere Löslichkeit des Gypses in der Kochsalzlösung von der Bildung des leicht löslicheren Chlorcalciums herrührt, wobei die gleichzeitige Bildung von Doppelsalzen nicht gerade ausgeschlossen ist.

Besteht nun zwischen den vier Salzen Gleichgewicht und man vermehrt die Menge des Chlorcalciums oder Natriumsulfates, so muss in beiden Fällen eine Vermehrung von Calciumsulfat eintreten, und reicht die Wassermenge nicht aus, um allen Gyps gelöst zu halten, so findet Abscheidung statt. In der That fällt aus einer kochsalzhaltigen Gypslösung auf Zusatz von Natriumsulfat Gyps heraus, und mehr und noch schneller auf Zusatz von Chlorcalcium.<sup>2)</sup>

Der aus einem Salzbusen strömende Mutterlaugenfluss muss also bei der Vermischung mit dem Oceanwasser jedenfalls Verbindungen hervorrufen, die auch die Sulfate und Chloride von Natrium, Calcium und Magnesium enthalten, welche als solche noch nicht in einer der beiden Flüssigkeiten als direct vorhanden angenommen werden, z. B. schwefelsaures Natron.

Je nachdem nun die Mutterlaugen mit den Wassern des Aussenmeeres rasch vermischt und von der Busenmündung abgetrieben oder zurückgehalten werden, oder in regelmässigen Intervallen durch Fluth, herrschende Winde, oder

---

<sup>1)</sup> J. Hover Droeze Ztschr. d. chem. Gs. Nr. 4, 1877.

<sup>2)</sup> J. Lemberg in Ztschr. d. d. Geol. Gs. 1876.

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 Buseninhalte wieder eingeführt wird, ein anderer Gypsniederschlag stattfinden, als wenn normal zusammengesetztes Meerwasser allein Zutritt, welches letztere namentlich besonders dann die Regel sein wird, wenn der herrschende Wind unter etwa  $45^{\circ}$  vom Küstenlande nach der See weht. Der auf vorhin erwähnte Weise modificirte bezw. verstärkte Niederschlag von Gyps, bei dem noch die Massenwirkung des Bittersalzwassers sehr zu berücksichtigen ist, wird sich natürlicherweise nicht über alle Busentheile gleichmässig erstrecken, und daher sind Unregelmässigkeiten in der äusseren Form der sich bildenden Niederschläge sehr begreiflich. So begreift man sehr einfach das Vorkommen von Gypsmassen, welche zuweilen in den Strecken von Steinsalzwerken u. a. in dem von Wilhelmsglück dem Bergmanne entgegentreten, nach deren Durchfahren er aber wieder reines Steinsalz antrifft.

ad 2. Aber auch die mechanischen Sedimente, z. B. thonige, werden nicht in regelmässigen Lagen abgesondert; es stehen dabei die Resultate chemischer Wirkungen in Verbindung mit mechanischen. So schlägt sich Thonschlamm nach den Untersuchungen von W. Ramsay<sup>1)</sup> aus reinem warmem Wasser rascher nieder, als aus kaltem. Dies ist zwar leicht erklärlich durch die Differenz der specifischen Schwere des Wassers in verschiedenen Temperaturen; aber er fällt auch schneller zu Boden aus concentrirten Salzlösungen, als aus schwachen, trotz des grösseren specifischen Gewichtes von ersteren, und er bleibt weniger lange suspendirt in Lösungen von Natronsalzen, als in solchen gleich starken von Kalisalzen.

Noch rascher als aus einer gesättigten Kochsalzlösung von 1,1975 spec. Gew. fällt er aus einer gesättigten Bittersalzlösung von 1,265 spec. Gew. Hieraus ergibt sich eine Potenzirung der Mächtigkeit der Einlagerungen an Stellen, wo der Buseninhalte am concentrirtesten ist, wobei wieder Inseln und Untiefen, in deren Nähe stärkere Verdunstung, höhere Erwärmung etc. stattfindet, gewiss eine grössere Rolle spielen, als man auf den ersten Blick glauben

---

<sup>1)</sup> Quart. Journ. of the Geol. Soc. XXII.

sollte. Die Unregelmässigkeiten in den grösseren Thoneinlagerungen, Bänken und Bändern (welche sich weniger häufig auskeilen, als sich noch auf weite Strecken immer schwächer fortsetzen und zuletzt nur durch schwache Trübungen der Salzlager angedeutet sind), soweit sie nicht von der Gestalt der jedesmaligen Grundfläche abhängen, werden gewiss hierdurch am natürlichsten gedeutet.

Wahrscheinlich findet aber auch umgekehrt eine Wirkung des Niedergehens von Thonschlamm auf die Ausscheidung von einzelnen Salzen aus einer Mischung statt, wie nachstehende Beobachtungen erkennen lassen. Die acht unter Nr. 2 erwähnten Analysen von Steinsalz mit Magnesiumsulfat sind folgende:

	Chlor- natrium.	Chlor- magnesium.	Calcium- sulfat.	Magnesium- sulfat.	Thon u. Un- lösliches.	
Weisses Steinsalz v. Djebel Sa- hari nach Simon . . .	98,34	0,05	0,60	0,03	0,98	
Graues ebendaher nach Ville	91,70	0,13	2,31	0,16	5,41	
Von Neyba auf St. Domingo nach Goessmann . . .	98,33	0,04	1,48	0,06	0,01	
Weiss	} von Varennes nach Berthier . . .	97,2	0,4	1,2	0,5	0,7
Roth		96,78	0,68	1,09	0,60	0,85
Gelb		96,70	0,23	1,21	0,66	1,20
Grün		96,27	0,27	1,09	0,80	1,57.

Alle diese und besonders die vier letzten, welche aus einem und demselben Flötz stammen, drängen die Vermuthung auf, dass zwischen Thon- und Bittersalzgehalt eine Beziehung stattfindet; dass gewissermassen der Thonabsatz ein die Abscheidung von Bittersalz begünstigendes Moment ist. Auch drei Analysen des Steinsalzes von Vic nach Berthier, in denen nur Spuren von Bittersalz verzeichnet sind, enthalten bituminösen Thon.<sup>1)</sup>

Die achte Analyse ist eine von Stassfurter Salz nach Rammelsberg mit 0,23 % Magnesiumsulfat, aber ohne Angabe von Thon. Ihre Summe beträgt 99,54<sup>2)</sup>; es wäre also möglich, dass der Rest von 0,46 unlösliche

<sup>1)</sup> Karsten, Sal. I. 79.

<sup>2)</sup> Einen Druckfehler 5,01 Gyps (Will, Jahresb.) statt 1,01, wie Dana anführt, vorausgesetzt.

Substanzen (Thon etc.) repräsentire. Dasselbe muss gesagt werden von der neunten, Steinsalz von Kansas nach C. A. Goesmann, die 0,1794 Magnesiumsulfat neben 0,24 Natriumsulfat angiebt, während der Ausfall von 0,2473 nicht näher bezeichnet ist.

Einen Zusammenhang zwischen erdigen Bodenbestandtheilen und Magnesiumsulfatniederschlag betont auch Wanklyn (in Will, Jahresb. 1874) bei Gelegenheit der Besprechung von portugiesischen Seesalzsorten.

Es werden bei Lissabon, Setubal und Aveiro zwei Ernten gemacht. Die erste entspringt der Füllungsperiode von Herbst bis Juni und die zweite der von Juni bis Herbst. Das dortige Salz enthält:

	Von Lissabon		von Setubal		von Aveiro			
	1. Ernte	2. Ernte	1. Ernte	2. Ernte	1. Ernte	2. Ernte		
Unlöslich . . .	0,045	0,008	0,015	0,022	0,030	0,047	0,067	0,396
Magnesiumsulfat	0,565	2,337	0,268	0,477	1,881	1,789	0,903	0,165
Chlormagnesium	0,777	2,151	0,097	0,434	1,824	2,000	1,134	0,181

Wanklyn erklärt die ihm auffallende Thatsache, dass in Setubal und Lissabon die zweite Ernte reicher an Magnesiasalzen ist, als die erste, obgleich bei der ersten der Gesamtrückstand des Seewassers, bei der zweiten aber eine von den Mutterlaugen getrennte Krystallisation genommen wird, dadurch, dass der poröse Boden der Salzgärten in Lissabon und Setubal die Magnesiasalze in höherem Grade durch Diffusion aufnahm, als das Kochsalz, und dass der mit Magnesiasalzen beladene Boden der zweiten Ernte nicht so reinigend wirken könne, als der frische Boden bei der ersten Ernte.

Es hat diese Ansicht viel Wahrscheinlichkeit für sich, obschon nicht anzunehmen ist, dass die Magnesiasalze in so flachen Vertiefungen, wie die Salzgärten sind, nur die obersten Schichten der stagnirenden Flüssigkeit bilden, und so seitwärts von den Uferändern der Bassins, mit Zurücklassung des grössten Theiles vom Chlornatrium, absorbirt werden.

Die Richtigkeit der oben ausgesprochenen Ansicht über die Relation zwischen Thon- und Bittersalzgehalt des Steinsalzes wurde durch folgende Versuche bestätigt.

Eine Magnesiumsulfatlösung von 1,265 spec. Gew. bei 12,5 ° wurde mit 12 gr plastischen Thons angerührt, so dass das ganze Quantum der

Flüssigkeit 200 ccm betrug und in dem benutzen graduirten Glasylinder eine Höhe von 19,05 cm einnahm.

Hierauf wurde, um etwaige Veränderungen des specifischen Gewichts ohne Bewegung der Flüssigkeit beobachten zu können, ein cylindrischer graduirter Glasschwimmer von 2,90 cm äusserem Durchmesser eingeführt, welcher 11 cm tief eintauchte und dadurch die Höhe der Flüssigkeitssäule auf 25,6 cm brachte.

Zugleich wurde eine Kochsalzlösung von 1,1975 spec. Gew. ebenso in gleichem Gefäss etc. vorbereitet, und beide Cylinder täglich observirt.

Der Thonschlamm erreichte beim Sinken in der Magnesiumsulfatlösung schon nach  $11\frac{1}{4}$  Tagen das Niveau, auf dem der in der Chlornatriumlösung befindliche erst nach  $28\frac{3}{4}$  Tagen anlangte und stehen blieb.

Er sank in ersterer bis zu 74,21 % der Höhe herab, in letzterer erreichte er nur 64,96 %. Ueberhaupt schien er in der Bittersalzlösung viel beweglicher zu sein, als in der anderen, was sich namentlich dadurch bemerklich machte, dass seine Oberfläche in der letzteren noch mehrere Tage, nachdem sie das untere halbkugelförmige Ende des Schwimmers verlassen hatte, eine diesem entsprechende Concavität beibehielt, die sich erst nach und nach ausglich, wogegen die Oberfläche des Absatzes aus der Bittersalzlösung stets horizontal blieb.

Ein durchweg gleiches Verhältniss der Zeitdauer des Niederschlages aus genannten beiden Salzlösungen scheint jedoch nicht immer stattzufinden.

Eine Veränderung des specifischen Gewichtes wurde an den offenbar nicht empfindlich genug construirten Schwimmern nicht bemerkt, ebensowenig eine Verminderung der Flüssigkeit durch Verdunstungsverlust aus den mit Glasplatten bedeckten Cylindern; die Magnesiumsulfatlösung muss aber gegen Ende des Versuches doch etwas leichter geworden sein; denn mit dem Eintritt der Stabilität des Absatzes fanden sich aus dem Thon etwas nach oben hervorragend, Bittersalzkrystalle, die bis zu 1 cm Länge besaßen und in drei Gruppen vereinigt waren. Ihr Gewicht nach möglichster Entfernung des z. Th. eingeschlossenen Thonschlammes betrug 0,72 gr.

Da dem specifischen Gewichte gemäss in den 200 ccm Flüssigkeit 279 gr Bittersalz gelöst waren, entspricht jene Quantität etwa  $\frac{1}{4}$  % (0,257).

In dem Thonabsatze der Chlornatriumsolution war keine Spur von Krystallbildung zu entdecken. Wenn nun auch ein Niederschlag erwartet worden war, so überraschte doch die ausgeprägte Form, in der er stattgefunden hatte. Der Versuch wurde in folgender Weise wiederholt.

Eine gesättigte Lösung von Magnesiumsulfat wurde aus einer übersättigten durch Stehenlassen mit erfolgter Ausscheidung des Ueberschüssigen durch Krystallisation bei 22 ° (gewöhnlicher Zimmertemperatur) hergestellt. Sie zeigte ein specifisches Gewicht von 1,285 und wurde in zwei Glasgefässe gleicher Form gleichmässig vertheilt.

Das erste enthielt 1595,67 gr, das zweite 1602,08 gr. In jenes wurden 95,74 gr (entsprechend dem früher angewandten Verhältniss) lufttrockenen gepulverten Thons rasch eingeknetet und eingerührt, dann beide Gefässe luftdicht verschlossen und täglich bei gleichbleibender Temperatur observirt.

Die thonfreie Lösung zeigte durchaus keine weitere Veränderung, als einen beweglichen, schwachen Absatz von Unreinigkeiten des angewandten käuflichen Salzes; die thonhaltige aber wies die erwartete Krystallbildung am 28. Tage, nachdem das Niveau des Thonabsatzes nahezu stabil geworden war, auf. Kleine, glashelle Kryställchen fanden sich an der Oberfläche des Schlammes. Dieselben nahmen an Zahl und Grösse zu und sanken etwas unter, so dass die Oberfläche des Absatzes ein verworren rissiges, netzartiges Ansehen erhielt.

Am 34. Tage wurde der Versuch als beendet betrachtet und die Trennung der Krystalle von dem sie porphyrartig, nicht lagenweise einschliessenden Thonschlamm, soweit es möglich war, mechanisch vorgenommen. Die grösseren der ausgesuchten hatten eine Länge von 2 cm, und das Gewicht des ganzen Haufwerkes stellte sich auf 4 gr.

Da nun nach dem specifischen Gewicht der Lösung zu urtheilen 830 gr Bittersalz in dieser enthalten waren, so ergibt sich ein Verhältniss von 0,482 %. Da aber das specifische Gewicht der Flüssigkeit von 1,285 auf 1,280 gesunken war, so muss die ganze Ausscheidung von Magnesiumsulfat 0,823 % d. h. 6,83 gr betragen haben; hiernach würde also über ein Drittel der Krystalle sich durch ihre Kleinheit dem Aussuchen entzogen haben und in dem Thonschlamm geblieben sein.

Eine Abschlammung des Thones durch grosse Mengen hochgradigen Alkohols, wodurch wohl ein genaueres Resultat erzielt worden wäre, wurde nicht angewendet, weil es sich weniger um Zahlen, als um das Constatiren des Factums einer Ausscheidung handelte. Nach diesem scheint es unverkennbar, dass der Durchgang von Thonschlamm durch eine gesättigte Schicht von Magnesiumsulfatlösung einen schwachen, aber immerhin sehr ausgeprägten Niederschlag von Bittersalz bewirkt, und einen solchen auch in das unterliegende Steinsalz mitführen kann.<sup>1)</sup>

Schon mehr im Grossen durch Beobachtungen grossartiger Verhältnisse in ausgedehnteren Landstrichen hat auch C. A. Goessmann in einem Vortrag<sup>2)</sup> theoretische Betrachtungen über die Bildung des Steinsalzes und über seinen Gehalt an leichtlöslichen Salzen niedergelegt.

Er deutet auf die Unwahrscheinlichkeit hin, viel vollständig entwickelte, d. h. mit Mutterlaugensalzen versehene und intact gebliebene Salzlager an-

1) Ob diese Wirkung nur darauf beruht, dass der Thon der Salzlösung Wasser entzieht und mechanisch bindet, wodurch eine Uebersättigung und ein damit verbundener Niederschlag erzeugt wird, lässt sich noch nicht entscheiden. Das Ausbleiben eines solchen in der Chlornatriumlösung und das Auftreten erst gegen Ende der Absatzperiode in der Bittersalzflüssigkeit sprechen scheinbar gegen eine solche Auffassung. Ob nur Salze mit reichlichem, bezw. lose gebundenem Krystallwasser einer Fällung durch Thon unterworfen sind, oder ob auch andere in Lösung befindliche Mineralsubstanzen, z. B. Kieselsäure, einer partiellen Fällung durch Thon unterliegen, ist noch zu ermitteln.

Stellt sich die Gegenwart von Thonschlamm als ausgedehnt wirksamer Krystallisationsimpuls heraus, so wäre allerdings ganz gewiss Vieles erklärlich, z. B. bei den Thonsandsteinen der Triasperiode das eigenthümliche Vorkommen von isolirten Quarzkrystallen, die als Kern ein Kieselkorn, gleich den Körnern der Sandsteinmasse, einschliessen, während andere Quarzkrystalle (ohne Einschlüsse) offenbar in nachträglicher Bildung einzelne Zwischenräume der Sandsteinmasse ausfüllen. Ein Theil der gelösten Kieselsäure wurde nämlich schon im Anfang der Bildung durch den Thonschlamm veranlasst, zu krystallisiren, legte sich z. Th. um noch schwebende Quarzkörner und trat porphyrtartig in die Grundmasse ein, wogegen der gelöst bleibende Theil der Kieselsäure erst später in den Zwischenräumen des Magmas zum Festwerden gelangte.

Nach Obigem würde hier die Annahme nahe liegen, dass die untersten Lagen einer Thonsandsteinbildung solche Quarzkrystalle nur in geringer, wo nicht verschwindender, Menge enthalten.

Unleugbar wird hiermit ein Gebiet betreten, das für die Genesis vieler Einschlüsse von Thongesteinen eine Bedeutung besitzt.

2) Contributions to the Chemistry of Common Salt in Am. Journ. of Sc. V. 49. 78.



zutreffen, und seine Erfahrungen führen ihn u. A. zu der Annahme, dass vor-tertiäre Oceane eine vom heutigen Meerwasser wesentlich verschiedene Zusammensetzung gehabt haben müssen, welche besonders durch das Auftreten von Chlorcalcium charakterisirt ist, während die jüngeren Meerwasser an leicht-löslichen Sulfaten einen Ueberschuss enthalten haben und noch enthalten. Parallel zu diesen Annahmen theilt er sowohl die Steinsalze, als auch die Soolen und ihre Sudproducte in zwei Klassen, nämlich

1. in solche, die Chlorcalcium und Chlormagnesium neben Kalksulfat enthalten, und
2. solche, die frei von Chlorcalcium, nur Chlormagnesium und neben Kalksulfat die Sulfate der Magnesia und des Natrons aufweisen.

Er führt hierauf bezügliche Analysen (6 von Soolen und 2 von Steinsalz) auf, als zur ersten Klasse gehörig und östlich vom Mississippi vorkommend, und eben solche (eine von Soole und 2 von Steinsalz), die Calciumsulfat neben Natrium- oder Magnesiumsulfat enthalten und westlich vom Mississippi vorkommen.

Dagegen weist die Analyse des Wassers vom grossen Salzsee (vom Mississippi westwärts) nach Gale doch neben schwefelsaurem Natron und Chlormagnesium auch eine Spur von Chlorcalcium auf.<sup>1)</sup>

Es ist nicht zu läugnen, dass, bevor sämtliche Salzlager der Erde abgesetzt wurden, die Wasser eine etwas andere Zusammensetzung gehabt haben müssen; denn wenn heute etwa 20 % (in ganzen Zahlen ausgedrückt) leicht löslicher Verbindungen auf 75 % Chlornatrium und 5 % Gyps kommen und die gebildeten Salzlager die entsprechenden Quantitäten Mutterlaugen wieder in den Ocean gesandt haben, so müsste die in der Erdrinde in Lagerform existirende Steinsalzmasse erst noch in die Mischungsberechnung eingeführt werden, um eine nicht allzu vage Uebersicht über die Zusammensetzung der früheren Oceane zu gewinnen.

---

1) Clornatrium . . .	201,96	}	nach Gale in Stansbury's report, erwähnt in Hayden, Geol. Survey 1871. 234.
Schwefels. Natron	18,34		
Chormagesium . . .	2,52		
Chlorcalcium . . .	Spur		
Verlust . . . . .	1,40		

Jedenfalls sind die Oceanwasser successive etwas bittersalzhaltiger geworden. Aus der Separation der Mutterlaugen bei der Bildung von Steinsalzlageru geht aber hervor, dass Steinsalzanalysen nicht maassgebend sein können, um auf die frühere Zusammensetzung sicher zu schliessen; denn es leuchtet aus der Erklärung der Steinsalzbildung ein, dass die Grösse des abfliessenden Mutterlaugenquantums keinen besonderen Einfluss auf die chemische Constitution des Chlornatriumabsatzes ausüben kann. Wäre dieses der Fall, so müssten die jüngeren Steinsalze magnesiumreicher sein, als die älteren. Das scheint aber keineswegs der Fall zu sein, und steht hiermit z. B. der sehr geringe Magnesiagehalt der Steinsalze des Karpathengebietes, die doch ausnahmslos der Tertiärformation des Karpathensandsteines angehören, nicht im Einklang.

Zwar hat solche Pošepny als qualitativ bittersalzhaltig bezeichnet; aber ihr Gehalt ist so unbedeutend, dass er nur in den künstlichen Soolen und Mutterlaugen aufzufinden ist; so z. B. in denen der Salinen von Stebnik, Lacko, Kaczyka und Kalucz. Die Klausenburger Analysen von Vizakna, Torda, Desakna, Maros Ujvár und Parajd, sowie die ungarischen von Szátina, Rónaszék und Sugatag<sup>1)</sup> zeigen nur schwefelsaures Natron und Chlorcalcium neben Gyps als Beimischung des Steinsalzes. Ueber die künstlichen Soolen derselben, die wohl auch Magnesiumsulfat in geringen Quantitäten ergeben würden, sind keine Analysen bekannt.

Das Vorkommen von Chlorcalcium und Natronsulfat in den verschiedenen Niveaus desselben Steinsalzflötzes beweist, dass obige Unterscheidung von A. C. Goessmann nicht durchführbar ist, weil in dem vorliegenden Falle meist eine geringe Teufendistanz genügt, um den einen oder den anderen Gehalt in den Steinsalzproben desselben Lagers hervortreten zu lassen.

Eine so ausgeprägte Uebereinstimmung in den Bestandtheilen des Salzes von acht verschiedenen siebenbürgischen und ungarischen Werken ist allerdings auffallend; es finden sich nur die fünf Rubriken für Chlornatrium, Chlorcalcium, schwefelsauren Kalk, schwefelsaures Natron und Unlösliches — Thon, ohne dass Chlormagnesium, Magnesiumsulfat auch nur einmal als Bestandtheil aufgeführt wäre.

---

<sup>1)</sup> 78 Analysen von v. Kripp in Jahrb. Reichsanst. 1869. 75.

Ebenso zeigt das Salz aus dem Lager von Petit Anse in Louisiana, das nach W. Hilgard in der Quartärformation unter 5 m mächtigen Diluvialmassen liegt, nur Spuren von Chlorcalcium und Chlormagnesium, aber kein Magnesiumsulfat. Es enthält neben 98,88 % Chlornatrium nur 0,79 % Gyps und 0,33 % Wasser.<sup>1)</sup>

Alle diese Untersuchungen liefern weitere Beweise dafür, dass die chemische Constitution eines Salzlagers weniger durch den geognostischen Horizont, als durch die bei seiner Bildung bestandenen hydrographischen und meteorologischen etc. Verhältnisse bestimmt wird.

Sicherere Anhaltspunkte dürften die natürlichen Soolen gewähren, wenn das Alter der Schichten, denen sie entstammen, bekannt ist.

Sie entspringen gewiss in den wenigsten Fällen aus ungestörten Salzflötzen, die ja durch ihre Gypsumhüllung gegen Auslaugung geschützt sind, sondern eher wohl aus porösen Schichten, deren Salzgehalt durch Infiltration von concentrirtem Meerwasser bei oder gleich nach ihrer Entstehung herrührt. Wenn sie auch auf ihrem weiteren Laufe noch andere Salze aufnehmen, so spricht doch ihr Jod- und Bromgehalt, der fast stets grösser als der des Steinsalzes ist, immer für diese Annahme.

Ueberhaupt dürfte die Anwendung der Auslaugungstheorie, nach welcher ganze Steinsalzlager in Gyps verwandelt oder gar weggeregnet und unterirdisch weggespült werden, in etwas zu beschränken sein.

Wo durch Dislocationen die schützende Gypsumhüllung gebrochen wird, tritt gewiss in den meisten Fällen der Salzthon als Absperrungsmittel gegen Wasser an dessen Stelle.<sup>2)</sup>

Ja selbst unvollständig bedeckte Salzflötze, wie das schon erwähnte von Petit Anse, haben sich in ansehnlicher Stärke in keineswegs regenlosem Gebiete (Louisiana) erhalten; zudem sind die meisten Salzbergwerke von Natur sehr trocken und bleiben es, so lange eine Communication zwischen den etwa wasserführenden Schichten der Umgebung, namentlich des Hangenden, und dem Steinsalzlager nicht hergestellt, bezw. offen gelassen wird.

---

<sup>1)</sup> A. C. Goessmann a. a. O.

<sup>2)</sup> Vergl. das über Linsenform der Steinsalzflötze Gesagte auf S. 41. Ochsenius a. a. O.

Das Vertrauen des Bergmannes, keine Wasser anzutreffen, so lange er in reinem Steinsalz mit ungestörter Lagerung vorgeht, ist vollkommen gerechtfertigt und entstanden durch die alte Erfahrung, dass keine bedeutenden Ansammlungen von Wassern in Salzflützen existiren; und solche müssten doch offenbar schon öfters angetroffen worden sein, wenn es partiell ausgelaugte Steinsalzlager gäbe. Nur das Anhauen und Durchfahren des Liegenden oder Hangenden ist gefährlich. (Wieliczka!)

Mit Bezug auf das unter 3 Gesagte hinsichtlich der oft von den Löslichkeitsverhältnissen verschiedenen Niederschlagsfolge mag die Erwähnung einiger Abweichungen von der Regel hier noch Platz finden. Zu diesen gehört u. A. die Beobachtung, dass aus den jodhaltigen Mutterlaugen des rohen Natronsalpeters in Tarapacá plötzlich und ganz zuletzt nur Kalisalpeter auskrystallisirt, während bei einem Gemenge von reinem Natronsalpeter und Kalisalpeter der letztere sich doch stets zuerst abscheidet.<sup>1)</sup>

Ebenso findet die Abscheidung der schwerlöslichen Borate aus den Mutterlaugen dort häufig erst statt, wenn ausserdem nur noch sehr leichtlösliche Salze in denselben vorhanden sind.

Die Abscheidung, die im Grossen stattgefunden haben muss, in Amerika von Atacama bis nach Oregon am Westabhange der Cordilleren und Rocky Mountains während der Salzbildung, welche in den durch das Emporsteigen gebildeten Buchten stattgefunden haben muss, deutet besonders durch die Knollenform, in denen die meisten Borfossilien sich dort finden, auf eine ähnliche Bildung hin, wie die der Manganconcremente der Tiefseebildungen. Das Vorkommen von concentrischen Wechsellagerungen mit anderen Salzen in den fast immer aus kryptokrystallinischen Boraten bestehenden Concretionen, findet ein Gegenstück in dem Manganoxyd, das Murray bereits in seinem ersten Bericht über die Expedition des Challenger als sehr interessanten Bestandtheil des Meeresgrundes hervorgehoben hat.

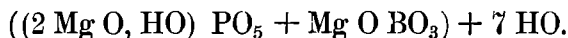
Alle diese Manganknoten bestehen aus concentrischen Ablagerungen von Manganoxyd, die meist in ihrem Innern einen fremden Kern zeigen, und so werden auch gewiss die Mandeln und Knollen von Boraten als eine Abscheidung des Borgehaltes des concentrirten Meerwassers während verschie-

---

<sup>1)</sup> Noellner, Journ. f. pr. Chem. C. II.

dener Perioden zu betrachten sein. Hierzu liefert der sog. Lüneburgit einen sehr treffenden Beleg. C. Noellner<sup>1)</sup> sagt u. A. darüber Folgendes: „Selbst eine dem Stassfurtit in Stassfurt und dem Boronatrocolit in Peru äusserst ähnliche, offenbar durch Verdampfen von Meerwasser abgeschiedene borsaure Verbindung zeigte sich in abgeplatteten sphäroidischen Stücken, tauben- und hühnereiergross. Sie enthält constant grösseren Phosphorgehalt und wurde deshalb Lüneburgit genannt.

Analyse: Magnesia	25,3,	nach	Formal	25,10,
Phosphorsäure	29,8,	-	-	29,83,
Borsäure	12,7,	-	-	14,82,
Wasser	31,5,	-	-	30,25,
Fluorboron	0,7.			



Da diese schwerlösliche Verbindung sich in der Region der leichtlöslichen Salze findet, ist wohl anzunehmen, dass sie erst durch Umlagerung gebildet wurde, in ähnlicher Weise, wie in hiesiger Fabrik die alten Laugen der Kalisalpeter-Fabrikation aus Natronsalpeter mit Stassfurter Chlorkalium sich schwerlösliche künstliche Boracite in Krystallen abschieden, die ebenfalls Phosphorsäure und 19% Chlor enthalten, sich demnach erst durch Umlagerung der zerfliesslichen Salze der Salpetermutterlaugen gebildet haben müssen.

Der nur geringe Chlorgehalt des Lüneburgits zeigt, dass derselbe schon früher aus der Region der schwefelsauren Salze sich abgeschieden haben mag, während die auf der Spitze des Gypsberges gefundenen über 8% Chlor haltenden Boracite in der Region der zerfliesslichen Salze (Chlorverbindungen) gebildet wurden, und dem entsprechend auch nur eben noch deutlich nachweisbare Spuren von Phosphorsäure erkennen lassen.

Auch im Stassfurter Carnallit kommt z. B. Lüneburgit vor, aber noch nicht in ganzen selbständigen Haufwerken von Krystallen (Knollen), wie in Lüneburg, sondern nur in mikroskopischen vereinzelt Krystallen, die in manchen Carnalliten aber doch so häufig enthalten sind, dass, wenn man die wässerige Lösung vorsichtig schlämmt, nachdem der Eisenglimmer entfernt ist,

<sup>1)</sup> Jahresb. d. N. wiss. Verb. f. d. F. Lüneburg. VI. 1876.

nur die soliden monoklinischen Krystalle des Lüneburgits übrig bleiben, die dann in keiner Weise zu unterscheiden sind.

Es wird hiernach durch das Mikroskop erklärlich, wenn man in manchen Carnalliten vergeblich nach Borsäure und Phosphorsäure sucht, während andere so reichhaltig daran sind, dass die Borsäure selbst störend bei der Verbindung des daraus gewonnenen Chlorkaliums in der Salpeterfabrikation auftritt.

Auch nähere Beobachtungen von Tinkal aus Tibet zeigen, dass der Phosphorsäuregehalt weniger den reinen Tinkalkrystallen angehört, als vielmehr dem den Tinkal regelmässig begleitenden mikroskopisch krystallinischen Staub, der doch deutlich die Eigenschaften der Lüneburgitkrystalle erkennen lässt, weniger durch die Krystallform, als vielmehr deren Eigenthümlichkeit, mit unzähligen Schichtungsflächen zu krystallisiren, die unter dem Mikroskop als höchst feine, schwarze, sich kreuzende Linien erscheinen, wie sie bis jetzt noch kein anderer Körper in so auffallender Weise gezeigt hat.“

Darüber, dass die Borsäure im Meerwasser überall in gewisser und in der Nachbarschaft von vulkanischen Territorien in bedeutend grösserer Menge vorhanden ist, besteht kein Zweifel mehr; ebensowenig darüber, dass sie durch Fumarolen hineingelangt ist. Sie bildet mit Basen nicht nur selbständige Mineralspecies, sondern findet sich auch in nicht unbedeutenden Quantitäten in anderen, namentlich Mutterlaugensalzen.<sup>1)</sup>

Die Concremente von Boraten zeigen oft zwischen den einzelnen Lagen, gerade so wie die Manganknollen, Einschlüsse, die sich während der Schichtenbildung abgelagert haben oder mit ihnen innig verwachsen sind, wie z. B. der Ulexit mit Steinsalz, Gyps, Pickeringit, Glauberit etc.; Lagen finden sich von Steinsalz, Carnallit und Tachydril<sup>2)</sup> in den Boracitmandeln von Stassfurt; eine Kernbildung ist besonders deutlich beim Szajbelljit zu bemerken, bei welchem sich in der Mitte der Kugeln ein wasserhelles Körnchen von gleicher Zusammensetzung, aber mit 12,4 % Wasser befindet.

Man sieht deutlich hieraus, dass der Borgehalt sich nicht allmählich, sondern plötzlich aus dem Medium, das ihn enthielt, abgesondert hat; und

---

<sup>1)</sup> u. A. auch im Glauberit von Tarapacá mit 1—5 % (Ulex.).

<sup>2)</sup> Dieses Vorkommen beweist, dass nicht aller Tachydril secundärer Bildung ist.

hierin liegt ein Unterschied zwischen der Tiefseebildung des Manganoxydes und der der Borate. Jenes entsteht grösstentheils durch die Einwirkung der im Meerwasser befindlichen Kohlensäure auf die manganhaltigen Silikate, wodurch kohlen-saures Manganoxydul gebildet wird, das dann durch den Zutritt von Sauerstoff aus dem Oceanwasser in Manganoxyd übergeht.

Dieses schlägt sich als fast unlöslich, langsam, ehe der Niederschlag eines anderen Salzes beginnt, nieder und inkrustirt schon vorhandene Gegenstände, z. B. Muschelfragmente, Haifischzähne, Bimssteinstücke etc. Nicht so die Borate. Diese scheinen, einmal gelöst, sich ausserordentlich lange in diesem Zustande halten zu können, vorzüglich in zusammengesetzten Lösungen anderer Salze, bis irgend ein besonderer Anstoss zur Ausscheidung erfolgt, die dann aber besonders bei kryptokrystallinischer Bildung so rasch vor sich zu gehen scheint, dass nicht nur heterogene Verbindungen, wie Chlormagnesium, Phosphorsäure etc., in innige Mengung mit dem Concrement treten, sondern auch lagenweise eingeschlossen werden, wie z. B. verschiedene andere Salze.

Die Thatsache, dass sich die Borate bis in die Periode der Mutterlaugen überall suspendirt gehalten haben, ist wichtig für die Erklärung des Zusammenhanges zwischen Steinsalzflötzen und den Lagern anderer Salze, die als Endproducte der Phasen eines nicht in seiner Vollständigkeit entwickelten Salzbildungsprocesses zu betrachten sind, z. B. die Nitrate und Carbonate des Natriums, indem das Vorkommen von Boraten in entsprechender Menge ganz entschieden auf ein längeres Stagniren von Mutterlaugen hinweist, aus denen in Verbindung mit den liegenden Salzflötzen unter Einwirkung verschiedener Verhältnisse jene hervorgegangen sind.<sup>1)</sup>

Jedenfalls aber zeigt das Verhalten der Borate, dass der Satz: „Wer aber denkt, dass alle diese Vorgänge sich in eben der stetigen Reihenfolge und Ruhe vollzogen haben, wie man sie in der Abdampfschaale eines Laboratoriums, der Siedepfanne einer Saline oder dem Salzgarten einer Mittelmeerküste beobachten kann, der muss auch an eine Harmlosigkeit und Einfachheit der Hydrographie und besonders der damaligen tropischen glauben, für welche

---

<sup>1)</sup> Beiläufig sei hier bemerkt, dass ein der Borsäure ähnliches Verhalten in Bezug auf Ausdauer bis in die Mutterlaugenperiode auch der in Lösung befindlichen Titansäure zuzukommen scheint, indem sie in Stassfurt erst im Carnallit als schwarze mikroskopische Nadeln auftritt.

die Natur (wie Payer sagt) in keiner Sphäre Vorliebe zeigt!“ vollkommen berechtigt dasteht, und somit auch wohl die als zweifelhaft erwähnten Punkte als erklärt zu betrachten sind, weil weder das Fehlen noch das Auftreten eines Mischungsgehaltes von Calciumsulfat bezw. Magnesiumsulfat im Steinsalz unter Verhältnissen, wie sie geherrscht haben, einem chemischen Erfahrungssatz zuwiderläuft, und das spärliche Vorkommen von Magnesiumsulfat im Steinsalz eine nothwendige Folge der höheren Temperatur im Verein mit den hydrographischen Verhältnissen bei der Bildung der Steinsalzlager ist.

Ja selbst, wenn hie und da einzelne Thatsachen im anscheinenden Widerspruch mit chemischen Erfahrungssätzen ständen, so würden ganz besonders anwendbar sein die treffenden Worte von O. Lang (S. 89 a. a. O.):

„Noch beschränkter als die der geologischen Beweiskraft ist die diesbezügliche der chemischen Erfahrungssätze . . . . , weil

1. die Erfahrungssätze der Chemie sich mit der Zeit ändern und mehr; 2. weil im chemischen Laboratorium sowohl wie in der Natur allerdings dieselben Naturgesetze die Reactionen bewirken, aber die Bildungen in der Natur meist unter anderen Verhältnissen (des Druckes, der Zeit, modificirender Gegenwart resp. Paragenesis anderer Stoffe) vor sich gehen, als wie sie der Chemiker bei seinen Experimenten darstellen kann.“

Hier muss ich noch bemerken, dass ich hinsichtlich der von mir in meiner Arbeit gebrauchten Ausdrücke „Anhydrosität“ und „anhydrosisch“ von O. Lang missverstanden worden bin. Da dasselbe auch stattgefunden hat in der Besprechung in Nr. 30 der in Halle erscheinenden Zeitschrift „die Natur“, wenn auch in verschiedenem Sinne, so möge Folgendes zur Aufklärung dienen.

Der Ausdruck ist gebraucht worden:

S. 11. Der zweite Fall ist der, dass ein Busen (immer dessen Lage in zuflusslosem bezw. -armem Terrain vorausgesetzt) seine Communication mit dem Ocean nicht ganz, sondern nur theilweise verliert oder von vornherein besessen hat. Meeresbusen mit hinlänglich bedeutender Tiefe und mit einer annähernd horizontalen Mündungsbarre . . . . liefern . . . . unter vollständig oder nahezu anhydrosischen Verhältnissen ein Salzlager etc.

S. 35. Aus einer Bucht, welche früher durch die Aufnahme des Amu Darja zu den Salzspendern des Kaspisees gehörte, ist mit dem Eintritt von



Anhydrosität durch den veränderten Lauf jenes Flusses . . . ein Salzentzieher des Kaspisees geworden.

S. 39. Wenn nun auch oben die Bedingung der Anhydrosität aufgestellt worden ist, so begreift diese doch nicht den Ausschluss jeder Zufuhr. Nahezu und für die Erfordernisse des Salzniederschlages hinreichend anhydrosisch bleibt das Gebiet, so lange die Verdunstung die Summe der Zuflüsse bedeutend überwiegt.

Unter anhydrosischen Verhältnissen bezw. Anhydrosität sind also nur die zu verstehen, bei denen eine Zufuhr von atmosphärischem Wasser, direct durch Niederschlag oder indirect durch Quellen oder fliessende Gewässer, nicht (oder wenigstens nicht in nennenswerther Quantität) stattfindet.

Diese Bedeutung geht auch aus der Wiederholung meines Satzes auf S. 43 hervor, wo dieser folgendermaassen gefasst ist:

„Alle Umstände beweisen, wenn richtig erkannt, den unumstösslichen Satz: Ein Busen mit entsprechender Barre (die entweder von vornherein vorhanden war oder erst später gebildet wurde), ein trockenes, hinreichend warmes Klima und eine süsswasserarme Umgebung — und die Bedingungen für alle mächtigeren Salzbildungen der Erde sind erfüllt.“

Man kann also unter Anhydrosität in dem von mir gebrauchten Sinne nicht das Verhältniss verstehen, in welchem der das Steinsalz einhüllende Gyps bezw. Anhydrit als Schutz gegen eindringende Wasser zu jenem steht, und ebensowenig möchte ich den Ausdruck „anhydrosischer Meerbusen“ mir zugeschrieben sehen.

Da ich bei der Salzbildung schwache Flötze bezw. Niederschläge, welche durch Austrocknen abgetrennter Meerestheile mit oder ohne wiederholte Füllungen entstehen, unterschieden habe von den reinen, eigentlichen (mächtigeren) Salzflötzen, welche durch dauernde Communication eines Busens über eine Barre mit dem Oceane entstehen, so dürfte es wohl angemessen sein, hier ein interessantes Beispiel eines der ersteren anzuführen, das zugleich eine, wenn auch schwache, doch deutliche Combination mit der letzten Bildungsweise zeigt.

Es sind die von mir schon früher kurz erwähnten Bitterseen von Suez. Diese enthalten nach den Nachrichten von H. Bader<sup>1)</sup> einen Salzblock

<sup>1)</sup> Verh. d. k. k. geol. Reichsanst. 1869, 287, 311.

von 13 km Länge, 6 km Breite und wohl bis 20 m Tiefe. Die Salzmasse besteht aus parallelen Schichten von verschiedener Dicke, die durch dünne Erdschichten und kleine Gypsprismen von einander getrennt sind.

Sondirungen bis zu 2,46 m ergaben 42 Schichten von derselben Zusammensetzung von 3 bis 18 cm Stärke, während die dazwischen liegenden Erdschichten nur einige Millimeter stark sind. Nur in 1,47 m Tiefe trifft man zwei starke Schichten von 0,112 m und 0,07 m, aus pulverigem Gyps und Thon die erste, und aus reinem pulverigen Gyps die letztere bestehend.

Die vielen Muschelgattungen, die in den Bitterseen gefunden werden, stimmen mit denen des Rothen Meeres überein.“

Man sieht deutlich, dass hier periodische Füllungen und Austrocknungen bis zu einem gewissen Grade stattgefunden haben. Das eingespülte Seewasser liess zuerst den Schlamm fallen mit gleichzeitig oder gleich darauf folgendem Gyps, und dann krystallisirte Steinsalz mit Magnesiumsulfatgehalt aus; bei der stattfindenden Concentration starben die eingedrungenen Seethiere. Die folgende Füllung löste die vielleicht fest gewordenen Bittersalze wieder auf, oder vermischte sich mit den Mutterlaugen, liess wieder Schlamm und Gyps fallen u. s. f.

Diese Vorgänge würden also ein Beispiel für die Hugh Miller'sche Theorie bilden, nach welcher langsam und stetig sinkende Küstenstriche über ein sandiges Absperrungsmittel neue Zufuhr von Seewasser erhalten, sobald die eingeschlossen gewesene Quantität verdampft ist; nur müsste statt der Wirkung einer stetigen Senkung die einfachere der periodischen Hochfluthen, z. B. der Aequinoctialhochwasser, eingeführt werden.

Hiermit steht aber noch im Widerspruch der Umstand, dass die Menge der in Lösung befindlichen Bittersalze (vor Eintritt der Suezkanalwasser und Lösung der Salzbänke durch dieselben) bei Weitem nicht der vorhandenen Steinsalzmassen entspricht, so dass also eine Hebung über den Meeresspiegel, ein dadurch bewirktes Auslaufen der Mutterlaugen und eine darauf folgende Senkung zu Hilfe genommen werden müsste, um diesen Ausfall und die jetzige Lage der Seen unter dem Meeresspiegel zu erklären. Es waren etwa 2 Milliarden Kubikmeter Wasser nöthig, um das Niveau des Suezkanales in den Seen herzustellen.

Dagegen würde die Existenz der beiden starken Gypsschichten gar nicht in die Theorie H. Miller's passen. Aber ebenso einfach und ungezwungen,

wie der erste Theil, d. h. die durch Schlamm getrennten Salzsichten mit etwas Gyps und mit Conchylien, lässt sich der folgende Theil mit den stärkeren Gypsschichten und der darauf eingetretene Zustand mit verhältnissmässig geringen Mengen von Bittersalzlösungen erklären, wenn man den von mir aufgestellten Satz hier anwendet.

Es hat nämlich zeitweilig eine dauernde Communication mit dem Rothen Meere und höchstwahrscheinlich östlich von Chalouf über eine Barre stattgefunden.

Eine solche konnte sehr leicht durch Durchbrechen des zwischen dem Meere und der Einsenkung der Bitterseen liegenden Terrains entstehen und nun konnten die Mutterlaugen, die sich bis dahin angesammelt hatten, mit dem hochstehenden Meereswasser vermischt, ausströmen, bezw. sich über das ganze unter Wasser gesetzte Terrain vertheilen, worauf die Versandung des Durchbruchkanales wieder begann, welche während einer gewissen Periode als Barre diente, deren erste Wirkung den Niederschlag von Gyps mit dem beim Durchbruch eingeschwemmten Thon hervorrief und erst dann die folgende Schicht reinen pulverigen Gypses lieferte.

Sei es nun, dass die Oberfläche der vom Meere hier bedeckten Fläche nicht die ganze Quantität des einströmenden Seewassers verdunsten konnte, oder sei es, dass der frühere Zustand, d. h. der Verlauf der Einspülungen durch Wiederherstellung der vorherigen Höhenverhältnisse der abgspülten Sandküste sehr bald wieder eintrat, keinesfalls konnte mehr, als der Anfang eines Salzniederschlages aus Meerwasser in dem Busen mit Barre erfolgen, d. h. es schlug sich nur Gyps nieder, und natürlicher Weise nicht blos in der Einsenkung der jetzigen Bitterseen, sondern auch auf dem ganzen überschwemmten Striche. Den Beweis hierfür findet man in den zahllosen Gypsfragmenten und Krystallen, die im Sandboden bei El Ferdan und in der Ebene zwischen Suez und Chalouf (Czörnig in Verh. d. k. k. geol. Reichsanst. 1869, 301) vorkommen. Und so entspricht die verhältnissmässig geringe Quantität von Mutterlaugen, welche (bis 1869) über den Steinsalzbänken stagnirt haben, nur den Vorgängen, die nach dem letzten Verschluss erfolgten. Der Fall der bald auf den Durchbruch folgenden Wiederherstellung des Verschlusses ist der wahrscheinlichere, weil bei längerem Bestehen des Barrenverhältnisses eine Steinsalzbildung von grösserer Mächtigkeit die Gypsschichten als Hangendes

begleiten müsste mit vorhergehender partieller Wiederauflösung des Steinsalzes im Grunde.

So giebt der erwähnte Gypsniederschlag Kunde von einem Einbruch, verschieden von dem periodischen Ueberfluthen des Dammes an der Küste von Suez, vom Verbleiben des grössten Theiles der Mutterlaugen und von der kurzen Existenz einer Barre.

Aber nicht nur bei der Steinsalzbildung scheint diesem oro- und hydrographischen Elemente, der Barre, ein grosser Wirkungskreis zugefallen zu sein.

Die Wichtigkeit des Einflusses einer Erhöhung des Meeresbodens von einem abgeschlossenen Becken in trockenem Klima ist sehr gross. Wie oben erläutert und erwiesen worden, beeinflusst die Barrenhöhe die Temperatur und Dichtigkeit des Wasserquantums, das durch sie vom Ocean abgeschlossen wird; hierdurch aber wird auch in erster Reihe die Löslichkeit der Kalksalze des Meerwassers modificirt, sodann der Salzgehalt im Allgemeinen und der an einzelnen Bestandtheilen des Oceanwassers im Besonderen, und hierdurch werden auch naturgemäss die Formen und das Auftreten der Repräsentanten der Flora und Fauna afficirt. Es erklären sich demnach manche Verschiedenheiten äquivalenter Sedimente derselben marinen Bildung auf diese ausserordentlich einfache Weise, sowohl in Bezug auf ihre Petrefacten, als auch in Hinsicht auf petrographische Verschiedenheiten ihrer Gesteine innerhalb gewisser Grenzen. Die Ablagerungen können unter Umständen sogar bis jetzt als zusammenhängend erscheinen, während die verschiedenen Strecken und Theile nur durch ein Riff oder eine Barre getrennt waren und daher verschiedene Species oder absolut verschiedene Höhen aufweisen.

So sind gewiss bisher beobachtete Unterschiede derselben Ablagerung leicht erklärlich; denn so scharfe Zonendifferenzen, wie die heutigen, gab es doch in vortertiären Zeiten noch nicht.

Aber mehr noch. Für die Erklärung des Auftretens von wechselagernden marinen, brakischen und Süsswasserschichten genügt die Verschiedenheit der Höhe des partiellen Abschlusses einer Bai, welche Süsswasserzuflüsse erhält, vollkommen; sie versetzt den Schlammabsatz mit seinen Thier- und Pflanzenresten in eine der drei Klassen dieser Sedimente.

Die Veränderlichkeit der Höhe einer Barre bewirkt dieses Alles mit oder ohne Uebergänge aus einer Süsswasserbildung in eine marine Ablagerung.

Möge sich die Aufmerksamkeit begabterer Forscher auf das von mir angedeutete und bei der Steinsalzbildung schon als höchst wirksam erkannte genetische Element, die Barre, richten, und es wird dann sicher ein Schritt weiter gethan werden in der Erkenntniss des Waltens der See, welche, um mit Huxley zu reden, für den Mann der Wissenschaft eine Isis ist, unter deren Schleier sich die Lösung vieler der wichtigsten und interessantesten wissenschaftlichen Probleme verbirgt, und welche, wie der Dichter Tennyson so schön sagt, überall jene Mineralstoffe, welche den Samen künftiger Contimente bilden, verbreitet, jenen Samen, von dem wir zu wissen wünschen, wie er geformt ist und woher er stammt!

---

- Mayer.** Ueber krankhafte Knochen vorweltlicher Thiere. (Bd. 24. Abth. 2. Nr. 4.) Breslau und Bonn 1854. 4°. 15 S. und 1 T. Pr. 2 Mk.
- Vortisch, L. C. H.** Ueber geologische Configuration. (Bd. 24. Abth. 2. Nr. 5.) Breslau und Bonn 1854. 4°. 28 S. und 1 Karte. Pr. 3 Mk.
- Glocker, E. F.** Ueber die Laukasteine. (Bd. 24. Abth. 2. Nr. 6.) Breslau und Bonn 1854. 4°. 24 S. und 2 T. Pr. 3 Mk.
- Stenzel, C. G.** Ueber die Staarsteine. (Bd. 24. Abth. 2. Nr. 7.) Breslau und Bonn 1854. 4°. 142 S. und 7 T. Pr. 9 Mk.
- Ackner, M. J.** Beitrag zur Geognosie und Petrefactenkunde des südöstlichen Siebenbürgens, vorzüglich der Schichten aus dem Bereich des Hermannstädter Bassins. (Bd. 24. 2. Abth. Nr. 8.) Breslau und Bonn 1854. 4°. 36 S. Pr. 2 Mk.
- Glocker, E. F.** Ueber einige Erscheinungen an Kalkspathformen. (Bd. 23. Abth. 2. Nr. 8.) Breslau und Bonn 1852. 4°. 18 S. und 2 T. Pr. 1 Mk. 50 Pf.
- Goldfuss, A.** Die Knochenreste eines in der Papierkohle des Siebengebirges aufgefundenen Moschusthieres. (Bd. 22. Abth. 1. Nr. 6.) Breslau und Bonn 1847. 4°. 6 S. und 2 T. Pr. 1 Mk. 50 Pf.
- Göppert, H. R.** Ueber die fossile Flora der Quadersandsteinformation in Schlesien, als erster Beitrag zur Flora der Tertiärgebilde. (Bd. 19. Abth. 2. Nr. 4.) Breslau und Bonn 1842. 4°. 38 S. und 8 T. Pr. 10 Mk. 50 Pf.
- Fossile Pflanzenreste des Eisensandes von Aachen, als zweiter Beitrag zur Flora der Tertiärgebilde. (Bd. 19. Abth. 2. Nr. 5.) Breslau und Bonn 1842. 4°. 26 S. und 1 T. Pr. 2 Mk.
- Ueber die fossile Flora der Gypsformation zu Dirschel in Oberschlesien als dritter Beitrag zur Kenntniss der Tertiärgebilde. (Bd. 19. Abth. 2. Nr. 12.) Breslau und Bonn 1842. 4°. 12 S. und 2 T. Pr. 2 Mk.
- Zur Flora des Quadersandsteins in Schlesien als Nachtrag zu der früher erschienenen Abhandlung über denselben Gegenstand. (Bd. 22. Abth. 1. Nr. 7.) Breslau und Bonn 1847. 4°. 10 S. und 4 T. Pr. 2 Mk.
- Carus, C. G.** Das Kopfskelet des Zeuglodon hydrarchus. (Bd. 22. Abth. 2. Nr. 1.) Breslau und Bonn 1850. 4°. 16 S. und 2 T. Pr. 2 Mk. 50 Pf.
- Berthold, A. A.** Ueber einen fossilen Elennschädel mit monströsen Geweihen. (Bd. 22. Abth. 2. Nr. 5.) Breslau und Bonn 1850. 4°. 6 S. und 4 T. Pr. 3 Mk.
- Krauss, Ferd.** Ueber einige Petrefacten aus der unteren Kreide des Kaplandes. (Bd. 22. Abth. 2. Nr. 6.) Breslau und Bonn 1850. 4°. 22 S. und 4 T. Pr. 2 Mk. 50 Pf.
- Stenzel, K. G.** Zwei Beiträge zur Kenntniss der fossilen Palmen. (Bd. 22. Abth. 2. Nr. 7.) Breslau und Bonn 1850. 4°. 40 S. und 3 T. Pr. 2 Mk. 50 Pf.
- Jaeger, G.** Uebersicht der fossilen Säugethiere, welche in Württemberg in verschiedenen Formationen aufgefunden worden sind, und nähere Beschreibung und Abbildung einzelner derselben. (Bd. 22. Abth. 2. Nr. 12.) Breslau und Bonn 1850. 4°. 166 S. und 5 T. Pr. 10 Mk.
- Glocker, E. F.** Ueber einige neue fossile Thierformen aus dem Gebiete des Karpathensandsteins. (Bd. 22. Abth. 2. Nr. 13.) Breslau und Bonn 1850. 4°. 8 S. und 1 T. Pr. 1 Mk.
- Göppert, H. R.** Fossile Flora des Uebergangsgebirges. (Bd. 22. Suppl.) Breslau und Bonn 1852. 4°. 299 S. und 44 T. Pr. 30 Mk.
- Goldfuss, A.** Der Schädelbau des Mosasaurus, durch Beschreibung einer neuen Art dieser Gattung erläutert. (Bd. 21. Abth. 1. Nr. 5.) Breslau und Bonn 1845. 4°. 24 S. und 4 T. Pr. 7 Mk.
- Glocker, E. F.** Bemerkungen über einige Terebrateln aus dem Jurakalk Mährens und Ungarns. (Bd. 21. Abth. 2. Nr. 3.) Breslau und Bonn 1845. 4°. 20 S. und 1 T. Pr. 1 Mk. 60 Pf.
- Zincken.** Systematische Uebersicht der Gänge und Lager des Harzes, welche metallführend sind. Ein Vortrag, gehalten im naturwissenschaftlichen Verein des Harzes. (Bd. 21. Abth. 2. Nr. 5.) Breslau und Bonn 1845. 4°. 10 S. Pr. 1 Mk.

Folgende zuletzt von der Akademie herausgegebene Schriften mineralogisch-geologischen Inhalts sind durch die Buchhandlung von Wilh. Engelmann in Leipzig zu beziehen:

- Engelhardt**, Herm. Ueber die fossilen Pflanzen des Süsswassersandsteins von Tschernowitz. Ein neuer Beitrag zur Kenntniss der fossilen Pflanzen Böhmens. (Bd. 39. Nr. 7.) Dresden 1877. 8°. 44 S. und 5 T. Pr. 4 Mk. 40 Pf.
- Herm. Tertiärpflanzen aus dem Leitmeritzer Mittelgebirge. Ein Beitrag zur Kenntniss der fossilen Pflanzen Böhmens. (Bd. 38. Nr. 4.) Dresden 1876. 4°. 100 S. und 12 T. Pr. 10 Mk.
- Compter**, Gst. Ein Beitrag zur fossilen Keuperflora. (Bd. 37. Nr. 3.) Dresden 1875. 4°. 12 S. und 2 Dopp.-T. Preis 2 Mk.
- Mühl**, Heinr. Die Basalte und Phonolithe Sachsens. Mikroskopisch untersucht und beschrieben. (Bd. 36. Nr. 4.) Dresden 1873. 4°. 214 S. und 3 chromolith. T. Pr. 10 Mk. 80 Pf.
- Engelhardt**, Herm. Die Tertiärflora von Göhren. (Bd. 36. Nr. 3.) Dresden 1873. 4°. 42 S. und 6 T. Pr. 3 Mk. 60 Pf.
- Geinitz**, H. Br. Die Carbonformation der Dyas in Nebraska. (Bd. 33. Nr. 4.) Dresden 1866. 4°. 91 S. und 5 Tafeln. Preis 8 Mk. 40 Pf.
- Geinitz**, H. Br., und **Liebe**, K. Th. Ueber ein Aequivalent der takonischen Schiefer Nordamerikas in Deutschland und dessen geologische Stellung. (Bd. 33. Nr. 3.) Dresden 1866. 4°. 52 S. 8 T. und mehrere Holzschmitte. Pr. 8 Mk.
- Goepfert**, H. R. Ueber Aphylostachys, eine neue fossile Pflanzengattung aus der Gruppe der Calamarien, sowie über das Verhältniss der fossilen Flora zu Darwin's Transmutations-Theorie. (Bd. 32. 1. Abth. Nr. 3.) Dresden 1865. 4°. 16 S. und 2 T. Preis 2 Mk. 40 Pf.
- Scheerer**, Th. Beiträge zur Erklärung der Dolomitbildung. (Bd. 32. 1. Abth. Nr. 2.) Dresden 1865. 4°. 36 S. mit Holzschn. Pr. 2 Mk. 40 Pf.
- Schmid**, E. E. Die Fischzähne der Trias bei Jena. (Bd. 29. Nr. 9.) Jena 1861. 4°. 42 S. und 4 T. Pr. 6 Mk.
- Goepfert**, H. R. Ueber die Flora der Silurischen, Devonischen und unteren Kohlenformation oder des sogenannten Uebergangsgebirges. (Bd. 27. Nr. 8.) Jena 1860. 4°. 182 S. und 11 T. Pr. 20 Mk.
- Reichardt**, E. Beschreibung des Steinsalzbergwerkes zu Stassfurth in der königl. preussischen Provinz Sachsen. (Bd. 27. Nr. 9.) Jena 1860. 4°. 52 S. und 2 T. Pr. 8 Mk.
- Glocker**, E. F. Ueber den sulphatischen Eisensinter von Obergrund bei Zuckmantel. (Bd. 26. Abth. I. Nr. 8.) Breslau und Bonn 1858. 4°. 32 S. und 3 T. Pr. 5 Mk.
- Stenzel**, K. G. Ueber Farnwurzeln aus dem Rothen-Liegenden. (Bd. 26. Abth. 1. Nr. 9.) Breslau und Bonn 1858. 4°. 18 S. und 3 T. Pr. 4 Mk.
- Fiedler**, H. Die fossilen Früchte der Steinkohlenformation. (Bd. 26. Abth. 1. Nr. 10.) Breslau und Bonn 1858. 4°. 58 S. und 8 T. Pr. 10 Mk.
- Jaeger**, G. Ueber eine neue Species von Ichthyosauren (*Ichthyosaurus longirostris* Owen et Jäger). Nebst Bemerkungen über die übrigen in der Liasformation Württembergs aufgefundenen Reptilien. (Bd. 25. Abth. 2. Nr. 5.) Breslau und Bonn 1856. 4°. 27 S. und 1 T. Pr. 2 Mk.
- Hensel**, R. F. Ein Beitrag zur Kenntniss fossiler Ueberreste aus der Gattung *Arc-tomys*. (Bd. 24. Abth. 1. Nr. 8.) Breslau und Bonn 1854. 4°. 8 S. und 2 T. Pr. 1 Mk. 50 Pf.
- Glocker**, E. F. Ueber die nordischen Geschiebe der Oderebene um Breslau. (Bd. 24. Abth. 1. Nr. 10.) Breslau und Bonn 1854. 4°. 80 S. Pr. 4 Mk.
- Neue Beiträge zur Kenntniss der nordischen Geschiebe und ihres Vorkommens in der Oderebene um Breslau. (Bd. 25. Abth. 2. Nr. 3.) Breslau und Bonn 1856. 4°. 30 S. Pr. 2 Mk.