

## II. Besprechungen.

A. Unter der Redaktion der Geologischen Vereinigung.

### Die Entwicklung der Lehre von den Salzlagerstätten.

R. Görgey (Wien.)

Mit 4 Figuren.

#### Benutzte Literatur.

1. F. BEYSCHLAG, Allgemeine geologische Einführung. Deutschlands Kalibergbau. Festschrift zum X. Allgemeinen Bergmannstage in Eisenach. 1907.
2. W. BILTZ und E. MARKUS, Über das Vorkommen von Ammoniak und Nitrat in den Kalisalzlagerstätten. Zeitschr. f. anorg. Chemie 1909. **62**. 183.
3. Dieselben, Über das Vorkommen von Kupfer in dem Stassfurter Kalisalz-lager. Zeitschr. f. anorg. Chemie 1909. **64**. 236.
4. Dieselben, Über die chemische Zusammensetzung der Stassfurter Salztone. Zeitschr. f. anorg. Chemie. 1910. **68**. 91.
5. F. BISCHOF, Steinsalzwerke bei Stassfurt. Halle 1864. (II. Auflage 1875.)
6. H. E. BOEKE, Über das Kristallisationsschema der Chloride, Bromide, Jodide von Natrium, Kalium und Magnesium, sowie über das Vorkommen des Broms und Fehlen von Jod in den Kalisalz-lagerstätten. Zeitschr. f. Kristallographie. 1908. **45**. 346.
7. Derselbe, Das Rinneitvorkommen von Wolframshausen am Südharz. Ein Beitrag zur Salzpetrographie. Neues Jahrb. f. Min. etc. 1909. **2**. 19.
8. Derselbe, Übersicht der Mineralogie, Petrographie und Geologie der Kalisalz-lagerstätten. 1909. Verlag von Stange, Berlin.
9. Derselbe, Eine einfache graphische Anwendungsmethode der Zahlen-ergebnisse bei VAN'T HOFFS Untersuchungen. Zeitschr. f. Kristallographie. 1910. **47**. 273.
10. Derselbe, Über die Borate der Kalisalz-lagerstätten. Zentralbl. f. Min. etc. 1910. 531.
11. Derselbe, Über die Eisensalze in den Kalisalz-lagerstätten. Neues Jahrb. f. Min. etc. 1911. **1**. 48.
12. F. CORNU, Mineralogische und minerogenetische Beobachtungen. Neues Jahrb. f. Min. etc. 1908. **1**. 32.
13. E. ERDMANN, Die Chemie und Industrie der Kalisalze. Deutschlands Kali-bergbau. Festschrift zum X. Allgemeinen Bergmannstage in Eisenach. 1907.
14. Derselbe, Die Entstehung der Kalisalz-lagerstätten. Kali 1908. 362.
15. Derselbe, Über das Vorkommen von Jod in Salzmineralien. Zeitschr. f. angew. Chemie. 1910. **23**. 342.

16. H. EVERDING, Zur Geologie der deutschen Zechsteinsalze. Deutschlands Kalibergbau. Festschrift zum X. Allgemeinen Bergmannstage in Eisenach 1907.
17. W. FEIT und K. PRZIBYLLA, Die Löslichkeit von Chlorkalium und Chlor-natrium nebeneinander in Chlormagnesiumlösungen. Kali 1909. 393.
18. B. FÖRSTER, Vorläufige Mitteilung über die Ergebnisse der Untersuchung der Bohrproben aus den seit 1904 im Gange befindlichen Tiefbohrungen im Oligocän des Ober-Elsass. Mitt. d. geol. Landesanst. v. Elsass-Lothringen. 1909. 7. 127.
19. E. FULDA, Die Oberflächengestaltung in der Umgebung des Kyffhäusers als Folge der Auslaugung der Zechsteinsalze. Zeitschr. f. prakt. Geologie 1909. 25.
20. R. GÖRGEY, Minerale alpiner Salzlagerstätten. Tschermaks min.-petr. Mitt. 1910. 29. 148.
21. Derselbe, Zur Kenntnis der Minerale der Salzlagerstätten. Tschermaks min.-petr. Mitt. 1910. 29. 192.
22. Derselbe, Minerale tertiärer Salzlagerstätten. Tschermaks min.-petr. Mitt. 1910. 29. 517.
23. E. GRAEFE, Zwei Erdöle aus Kalisalzbergwerken. Zentralbl. f. Min. etc. 1910. 1.
24. E. HARBORT, Zur Geologie der nordhannoverschen Salzhorste. Monatsber. d. deutsch. geol. Ges. 1910. 62. 326.
25. J. H. VAN'T HOFF, Zur Bildung der ozeanischen Salzablagerungen. I. Heft. Braunschweig 1905.
26. Derselbe, Zur Bildung der ozeanischen Salzablagerungen. II. Heft. Braunschweig 1909.
27. E. JÄNECKE, Die Untersuchungen VAN'T HOFF'S über die Bildung der ozeanischen Salzablagerungen in einer neuen Darstellungsform. Kali. 1907. 201.
28. A. JOHNSEN, Regelmässige Verwachsung von Carnallit und Eisenglanz. Zentralbl. f. Min. etc. 1909. 168.
29. A. V. KALESCINSKY, Über die ungarischen warmen und heissen Kochsalzseen. Föltani Körzlöni 1901. 31. 409,
30. R. LACHMANN, Studien über den Bau von Salzmassen, Kali 1910. 161, 185, 477, 497, 517.
31. L. LÖWE, Über sekundäre Mineralbildungen auf Kalisalzlagern. Zeitschr. f. prakt. Geologie. 1903. 331.
32. O. MÜGGE, Über die Kristallform und Deformationen des Bischofites und der verwandten Chlorüre von Kobalt und Nickel. Neues Jahrb. f. Min. etc. 1906. 1. 91.
33. R. NACKEN, Über die Bildung und Umwandlung von Mischkristallen und Doppelsalzen in den binären Systemen der dimorphen Sulfate von Lithium, Natrium, Kalium und Silber. Neues Jahrb. f. Min. etc. 1906. 24. Beil. Bd. 1.
34. Derselbe, Über die Mischfähigkeit des Glaserits mit Natriumsulfat und ihre Abhängigkeit von der Temperatur. Sitzber. d. k. preuss. Akad. der Wiss. 1910. 51. 1016.
35. C. OCHSENIUS, Die Bildung der Steinsalzlager und ihrer Mutterlaugensalze, unter spezieller Berücksichtigung der Flötze von Douglasshall in der Egelschen Mulde. Halle 1877.
36. H. PRECHT, Über Vorkommen und Verarbeitung von Salzton aus dem Stassfurter Salzlager. Chemiker-Zeitung 1882. 6. 197.
37. Derselbe, Die Norddeutsche Kaliindustrie. 7. Aufl. herausg. v. R. EHRHARDT, Stassfurt 1907.
38. Derselbe, Über die Bildung des jüngeren Steinsalzes der Zechsteinformation mit einem Nachwort von E. ERDMANN. Kali 1909. 223.



39. F. RINNE, Über die Umformung von Carnallit unter allseitigem Druck im Vergleiche mit Steinsalz, Sylvin und Kalkspat. Koenen-Festschrift. Stuttgart 1907. 369.
40. H. SIEDENTOPF, Ultramikroskopische Untersuchungen über Steinsalzfärbungen. Phys. Zeitschr. 1905. 6. 855.
41. J. WALTHER, Das Gesetz der Wüstenbildung in Gegenwart und Vorzeit.
42. E. ZIMMERMANN, Marine Versteinerungen aus der Kaliregion des norddeutschen Zechsteins. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1904. 56. 47.
43. Derselbe, Über den Pegmatitanhydrit. Kali 1909. 309.

### Einleitung.

Mit der Erschliessung des Salzlagers von Stassfurt im Jahre 1843 wurde eine neue Epoche der Salzlagerstättenlehre angebahnt. Das immer grössere Interesse, welches der ins Ungeheure wachsende Verbreitungsbezirk der deutschen Zechsteinsalze auf sich zog, zeitigte eine Fülle von Detailarbeiten auf den Gebieten der Mineralogie, Geologie und Chemie. So wurden in den anfangs ganz vernachlässigten und als unangenehme Beigabe empfundenen „Abraumsalzen“ eine Reihe neuer Mineralarten entdeckt, die heute wissenschaftlich wie technisch von grösster Wichtigkeit sind: Kieserit (1845), Carnallit (1856), Kainit (1865) u. a. m. Im Jahre 1864 verfasste F. BISCHOF seine grundlegende Schrift: „Steinsalzwerke bei Stassfurt“, in welcher er die Einteilung der Salzsichten in verschiedene „Regionen“ in die Literatur einführte. Die letzten Jahrzehnte des vorigen Jahrhunderts haben eine beträchtliche Anzahl, allerdings meist kleinerer Arbeiten gebracht (H. PRECHT, E. PFEIFFER, C. OCHSENIUS und viele andere) und in den neunziger Jahren setzten die Forschungen VAN'T HOFF's und seiner Schüler ein, deren glänzende Resultate die lückenlose Basis für jegliche weitere Arbeit auf dem Gebiete der Lehre von den Salzlagerstätten lieferten. Die Ergebnisse der zahlreichen in der Berliner Akademie der Wissenschaften publizierten Detailarbeiten hat VAN'T HOFF in zwei Schriften: „Zur Bildung der ozeanischen Salzablagerungen“ (25, 26) zusammengefasst. Mit seinen Untersuchungen begann eine Periode lebhaftester wissenschaftlicher Betätigung auf unserem Gebiete, die gegenwärtig noch ungeschwächt fort dauert.

Im Jahre 1907 erschien als Festschrift zum X. Allgemeinen Bergmannstag in Eisenach das Werk „Deutschlands Kalibergbau“, welches unter anderem die Arbeit: „Zur Geologie der deutschen Zechsteinsalze“ von H. EVERDING enthält, welche die erste zusammenfassende Behandlung dieses Themas in grösserem Stile darstellt. Von demselben Jahre an wird vom Vereine der deutschen Kali-Interessenten die Zeitschrift „Kali“ herausgegeben, die neben technischen und bergwirtschaftlichen Fragen auch viele rein wissenschaftliche Aufsätze bringt.

Petrographische Untersuchungen der Salzgesteine nach Art und Methode der Eruptivgesteinslehre haben in letzter Zeit mit den Arbeiten H. E. BOEKE'S (7, 8) begonnen.

Anlässlich des zweiten deutschen Kalitages in Stassfurt am 13./V. 1906 ist unter den Auspizien von RINNE, PRECHT und VAN'T HOFF der „Verband für die wissenschaftliche Erforschung der deutschen Kalisalzlagertstätten“ ins Leben getreten, welcher einen Zusammenschluss aller auf einschlägigen Gebieten wissenschaftlich Arbeitender und Aufstellung und Verteilung wichtiger Arbeitsprobleme zum Ziele hat. Mit dem umfangreichen Programm dieses Verbandes erscheint eine gedeihliche Fortentwicklung der Lehre von den Salzlagerstätten für die Zukunft gesichert.

Die ungeheure Literatur macht eine Besprechung, ja sogar eine Erwähnung aller hierher gehörigen Arbeiten unmöglich. Es wurde unter den allgemein interessierenden Publikationen nach bestem Ermessen eine geeignete Auswahl getroffen.

### Chemische Forschungen.

Durch seine Untersuchung über die Bildung und Spaltung von Doppelsalzen ist VAN'T HOFF auf Forschungen über das Problem der Salzlagerbildung gekommen, welche er mit zahlreichen Mitarbeitern in einer Reihe von Arbeiten zum Abschluss gebracht hat.

Sein Untersuchungsprinzip war folgendes: er bestimmte die Zusammensetzung der gesättigten Lösungen aller hier in Betracht kommenden Verbindungen und deren Kombinationen. Mit Hilfe einer geeigneten graphischen Darstellung lassen sich dann die Lösungsgruppen ermitteln, die mit einer bestimmten Verbindung im Gleichgewichte sind, aus denen also beim Einengen die betreffende Verbindung auskristallisiert.

VAN'T HOFF ging von den einfachsten Fällen aus, indem er den Einfluss der Faktoren, welche beim Eindampfen komplexer Lösungen in Betracht kommen: Löslichkeit, Mengenverhältnis der Komponenten, Zeit, Temperatur und Druck, dahin vereinfachte, dass er bei bestimmter Temperatur ( $25^{\circ}$ ) und bei Atmosphärendruck arbeitete: er wählte zunächst nur einen Bodenkörper, komplizierte dann die Verhältnisse durch Hinzufügen eines zweiten, dann eines dritten u. s. w. Schliesslich verfolgte er den Einfluss der Temperatur, Zeit etc.

Von den beiden zusammenfassenden Arbeiten (25, 26) beschäftigt sich die erste mit den Chloriden und Sulfaten von Natrium, Kalium und Magnesium, die zweite umfasst auch noch die Kalziumsalze und Borate.

Die Löslichkeit eines Bodenkörpers bei bestimmter Temperatur und Konzentration ergibt sich einfach durch eine Zahl. Wie sich die Verhältnisse bei Hinzufügen einer zweiten Komponente ändern



und wie die graphische Darstellung die Anschauung erleichtert, sei an dem einfachen Beispiele Steinsalz-Sylvin dargetan.

Löslichkeit von NaCl bei 25° C: 1000 H<sub>2</sub>O 111 NaCl<sup>1)</sup>

Löslichkeit von KCl bei 25° C: 1000 H<sub>2</sub>O . 88 KCl.

Trägt man in eine an NaCl gesättigte Lösung solange KCl ein, bis auch dieses als Bodenkörper überschüssig bleibt, so enthält die Lösung:

1000 H<sub>2</sub>O . 89 NaCl 39 KCl.

A und B stellen die Sättigungspunkte an NaCl resp. KCl dar (Fig. 1). Die Verbindungsstücke A C (und B C) — der Einfachheit

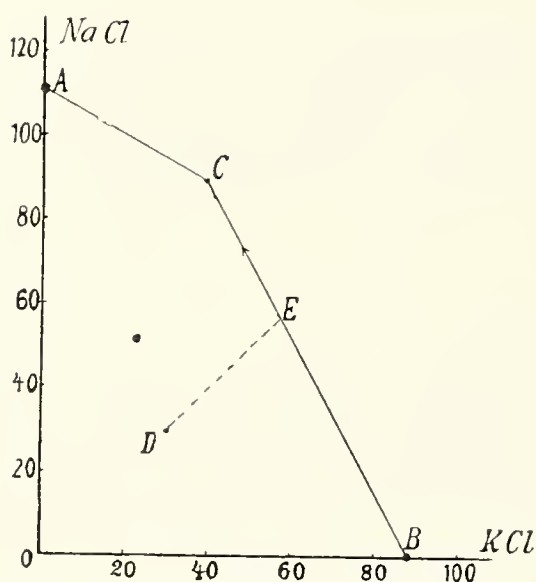


Fig. 1.

halber als Gerade gezeichnet — bedeuten Sättigung an NaCl (resp. KCl) bei zunehmendem Gehalt an KCl (resp. NaCl). Die Lösungen innerhalb des Feldes A C B O sind nicht gesättigt. Gehen wir nun von einer ungesättigten Lösung aus, die NaCl und KCl in äquimolekularen Mengen enthält (etwa Punkt D). Beim Einengen bewegt sich dann der darstellende Punkt der Lösung geradlinig von D gegen E hin. Im Punkte E ist Sättigung erreicht und es beginnt die Ausscheidung von KCl; hierdurch reichert sich die Lösung dem Verhältnis nach an NaCl an, entsprechend der Strecke E C.

In C, dem Sättigungspunkte an beiden Bodenkörpern, scheidet sich NaCl u. KCl bis zum völligen Eintrocknen der Lösung gleichmässig im Molekularverhältnis 89 : 39 ab; der Punkt C heisst der Kristallisationsendpunkt; seine Analogie zum eutektischen Punkt gemischter Schmelzen ist unverkennbar.

Bei Hinzufügung weiterer Bodenkörper werden die Verhältnisse natürlich immer komplizierter, doch gestattet der allmähliche Aufbau aus dem Einfachsten stets einen klaren Einblick in die Kristallisationsvorgänge. Eine Vereinfachung war insoweit geboten, als das Steinsalz stets als im Überschuss in der Lösung vorhanden angenommen wurde, wie es durch die natürlichen Salzbildungen gegeben erscheint. Die graphische Darstellung wird mit Hilfe eines Dreiachsensystems durchgeführt. Es resultiert ein kompliziertes räumliches Modell, dessen Oberfläche von den Sättigungsfeldern der einzelnen Verbindungen gebildet wird. Die Kanten, das sind die Grenzen je zweier solcher Sättigungsfelder, stellen die Sättigungslinien an je zwei Salzen dar. Der Kristallisationsgang jeder beliebigen Lösung ergibt sich daraus, dass sich die Lösung beim Auskristallisieren von

<sup>1)</sup> Die Gewichtsprocente sind auf Molekularprocente umgerechnet und auf 1000 Mol. Wasser bezogen.

dem Punkte entfernt, der das Ausfallende allein enthält, ferner aus der Verfolgung der „Kristallisationsbahnen“, das sind die Grenzlinien je zweier Felder, längs welcher sich die Zusammensetzung der Lösung unter Abscheidung der entsprechenden Verbindungen ändert.

Es lässt sich aus der graphischen Darstellung unmittelbar ablesen, welche Salze zusammen auskristallisieren können. Sieht man von der zahlenmässigen Fixierung der Umgrenzung der Felder ab und bringt man die möglichen Paragenesen durch Verwendung eines rechtwinkligen Schemas zur Anschauung, so ergibt sich für eine Temperatur von 25° (bei Ausschluss der Kalziumsalze und Borate) das Bild der Fig. 2. (Nach VAN'T HOFF.)

<i>Bischofit</i> $Mg Cl_2 \cdot 6H_2O$		
<i>Kieserit</i> $Mg SO_4 \cdot H_2O$		<i>Carnallit</i> $Mg Cl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$
<i>Magnesiumsulfat-hexahydrat</i> $Mg SO_4 \cdot 6H_2O$	<i>Kainit</i> $Mg SO_4 \cdot KCl \cdot 3H_2O$	<i>Sylvin</i> $K Cl$
<i>Epsomit</i> $Mg SO_4 \cdot 7H_2O$		
<i>Leonit</i> $Mg SO_4 \cdot K_2 SO_4 \cdot 4H_2O$		
<i>Blödit</i> $Mg SO_4 \cdot Na_2 SO_4 \cdot 4H_2O$		
<i>Pikromerit</i> $Mg SO_4 \cdot K_2 SO_4 \cdot 6H_2O$		
<i>Thenardit</i> $Na_2 SO_4$	<i>Glaserit</i> $(K_2 Na)_2 SO_4$	

Fig. 2.

Die Rolle, welche die Zeit spielt, ist eine sehr grosse, indem Übersättigungen oft nur sehr langsam aufgehoben werden, was bisweilen einen Zeitraum von einigen Monaten beansprucht. Das Vorhandensein solcher Verbindungen, deren Auftreten stark verzögert ist und welche beim direkten Einengen nicht erhalten werden, wurde durch Tensionsbestimmungen ermittelt. Es liegt in dieser Verzögerungserscheinung die Ursache, dass USIGLIO, der um die Mitte des vorigen Jahrhunderts die natürliche Salzbildung durch direktes Einengen von Meerwasser und Untersuchung der sukzessiven Abscheidungen zu klären suchte, so wichtige Salze wie Kieserit, Kainit etc. nicht erhielt.



Der Einfluss der Temperatur ist ebenfalls ein ausserordentlich grosser; vor allem verschieben sich durch die veränderten Löslichkeitsverhältnisse die Grenzen der einzelnen Felder gegeneinander und es treten vielfach neue Paragenesen auf. Auch lässt sich das Auftauchen neuer Verbindungen und das Verschwinden vorhandener konstatieren und zwar in der Weise, dass bei Temperaturerhöhung die wasserreicheren Verbindungen den wasserärmeren Platz machen. Es lassen sich so für einzelne Salzminerale die oberen, für andere die unteren, für einige beide Existenzgrenzen bestimmen: Langbeinit z. B. tritt (bei Anwesenheit von NaCl) von  $37^{\circ}$ , Löweit von  $43^{\circ}$ , Vanthoffit von  $46^{\circ}$  an auf, Blödit ist von  $4,5^{\circ}$  an existenzfähig und verschwindet bei  $60^{\circ}$ .

Die Annahme hoher Temperaturen bei der Bildung der Salzlager, wie sie durch das Auftreten mancher Minerale und Paragenesen gefordert wird, erregt keinerlei Bedenken mehr, seit KALESCINSKY (29) durch Messungen an siebenbürgischen Salzseen hohe Temperaturen nachgewiesen hat.

Am Mineral Tachhydrit zeigte VAN'T HOFF, dass der Einfluss des Druckes bezüglich Verschiebung der Löslichkeitsverhältnisse nur eine untergeordnete Bedeutung hat.

Es ist also die Zusammensetzung eines jeden unter ungestörten Verhältnissen aus einer beliebigen Lösung direkt sich bildenden Salzgesteines bei bestimmter Temperatur gegeben und kann zahlenmässig festgelegt werden. Wie man praktisch aus den VAN'T HOFF'schen Zahlen mit Hilfe einer vereinfachten graphischen Darstellung den quantitativen Kristallisationsgang einer Lösung ermitteln kann, haben JAENEKE (27) und BOEKE (9) gezeigt. Ferner sind die Paragenesen der Salzminerale für verschiedene Temperaturen vorausbestimmt, so dass man aus dem Auftreten bestimmter Minerale oder Mineralkombinationen Schlüsse ziehen kann auf die Bildungstemperatur des betreffenden Materiales (wieder ungestörtes Auskristallisieren vorausgesetzt). Auch ist die künstliche Darstellung der verschiedenen Verbindungen leicht gemacht durch die genaue Abgrenzung der Lösungen, mit denen die darzustellenden Salzminerale bei bestimmter Temperatur im Gleichgewicht sind.

Es ist leicht einzusehen, dass die durch die natürlichen Bildungen gegebenen Daten vielfach von den VAN'T HOFF'schen abweichen werden. Die Laboratoriumsbedingungen (konstante Temperatur, Homogenität der Lösung etc.) sind in der Natur wohl nur in Ausnahmefällen verwirklicht; doch liegt gerade in den sich ergebenden Differenzen der Angriffspunkt zur Weiterforschung nach deren Gründen, und Schlüsse, welche diesbezüglich auf Zusammensetzung der ursprünglichen Lösung, des ursprünglichen Salzgesteins, auf etwaige geologische Änderungen und Störungen und dergl. gezogen werden, stehen auf einer streng wissenschaftlichen Basis.

Einige Beispiele sollen das eben Gesagte erläutern:

Viele Salzgesteine zeigen einen grösseren Gehalt an Anhydrit, als die geringe Löslichkeit des Kalziumsulfates erwarten liesse. Es ist also nicht möglich, ein derartiges Salzgestein als Resultat einer direkten Abscheidung anzusehen. Man muss Zuführung von Material durch Salzbäche, Absinken von ausgeschiedener Substanz aus höheren Regionen der Lösung, oder dergl. je nach dem speziellen Fall annehmen.

Das wichtige Salzmineral Kainit fehlt in der Kieserit- und Carnallitregion und ist nur in den darüberliegenden Umlagerungszonen (Hüten) in grossen Massen aufzufinden. Eine Lösung von der Zusammensetzung des heutigen Meerwassers müsste aber eine beträchtliche Abscheidung von Kainit liefern. Die VAN'T HOFF'schen Diagramme lehren, dass bei niedrigerer Temperatur und hohem Chlormagnesiumgehalt der Lösung Kainitbildung nicht stattfindet; bei höherer Temperatur wird sie immer unwahrscheinlicher und bei 83° C hört Kainit auf, existenzfähig zu sein. Es ist also bei der Bildung der Kieserit- und Carnallitregion entweder eine hohe Temperatur oder ein starker Überschuss von Chlormagnesium in der Lauge anzunehmen.

Ein Beispiel, welches an das einfache Kristallisationsschema des Systems NaCl—KCl anknüpft, ist folgendes<sup>1)</sup>: Im Kalilager von Wittelsheim bei Mühlhausen im Ober-Elsass alternieren Lagen von Steinsalz mit einem durch Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> rot gefärbten, mittelkörnigen Salzgesteine, welches aus Sylvin und Steinsalz (neben Spuren von Anhydrit) besteht. Eine Analyse ergab eine Zusammensetzung von 86% KCl und 14% NaCl. Eine eintrocknende Lösung, die Steinsalz (im Überschuss) und Sylvin enthält, müsste nach VAN'T HOFF zuerst eine Schichte Steinsalz, dann ein Gemenge von Steinsalz und Sylvin ergeben von folgender Zusammensetzung (in Gewichtsprozenten):

bei 25° : 36% KCl    64% NaCl

bei 83° : 55% KCl    45% NaCl

Aus den Löslichkeitsdiagrammen ergibt sich, dass bei steigendem Chlormagnesiumgehalt der Lösung sich das Verhältnis Sylvin zu Steinsalz zugunsten des ersteren verschiebt, wie es auch unser Beispiel fordert (vergl. 17). Supponiert man ein direkt abgeschiedenes Salzgestein, bestehend aus Steinsalz, Sylvin und Carnallit, nimmt man ferner an, dass neu einbrechende Laugen das Chlormagnesium aus dem Gemenge fortführten (ein Fall, der sich sicher oftmals ereignete) und dass die ungelöst zurückbleibenden Alkalichloride zusammensanken und sich verfestigten, so resultiert ein Salzgestein, welches dem unseren völlig entspricht.

Die Rolle des Broms, welches extensiv in den deutschen Zechsteinlagern sehr verbreitet ist, und die des Jod hat H. E. BOEKE (6)

<sup>1)</sup> Das Beispiel ist einer im Gange befindlichen Untersuchung des Referenten entnommen.



durch Ausarbeitung der Kristallisationsschemata und durch zahlreiche Untersuchungen an natürlichen Salzvorkommen eingehend durchforscht. Er kommt zu folgenden interessanten Resultaten: Magnesiumchlorid und Magnesiumbromid, ebenso Kaliumchlorid und Kaliumbromid bilden lückenlose Mischungsreihen. Entsprechend dem Carnallit ( $\text{MgCl}_2 \cdot \text{KCl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) gibt es ein Doppelsalz  $\text{MgBr}_2 \cdot \text{KBr} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (Bromcarnallit), zwischen welchen beiden gleichfalls isomorphe Mischungen möglich sind. Natriumchlorid hat nur in geringem Masse die Fähigkeit, Natriumbromid in fester Lösung aufzunehmen. Bei der systematischen Durchforschung einiger Salzprofile zeigte sich dementsprechend, dass der Bromgehalt mit der Carnallitführung des Salzgesteins steigt und fällt, und zwar zeigen die Carnallite der Kieseritregion einen grösseren Bromgehalt als die der Carnallitregion, was auf eine in den höheren Lagen erfolgende Zersetzung der Bromide durch Atmosphärien hindeutet. Eine ähnliche Erklärung verlangt die Tatsache, dass Carnallitproben aus dem zentralen Teil des Verbreitungsbezirkes der Zechsteinsalze einen höheren Bromgehalt ergeben, als solche aus den peripheren Gebieten (Zersetzung der Bromide in den randlichen Untiefen des Zechsteinmeeres).

Was die Jodide anlangt, so ergab sich, dass Jod nicht die Fähigkeit hat, in die chemische Konstitution der Chlorsalze einzugehen, woraus sich das Fehlen (resp. nur spurenweise Auftreten [15]) von Jodiden in den Salzlagern erklärt.

Auch seine Untersuchungen über die Eisensalze hat BOEKE zu Ende geführt (11). Ausser den bereits aufgefundenen Salzen: Rinneit und Eisenchlorid sind noch die Verbindungen  $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{FeCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , das bisher unbekannte trikline Doppelsalz  $\text{FeCl}_2 \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  und das Doppelsalz  $\text{FeCl}_2 \cdot \text{KCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  existenzfähig und in den Salzlagern zu erwarten. Die von SCHABUS beschriebene Verbindung  $\text{FeCl}_2 \cdot 2\text{KCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , welche PRECHT in einem Salzgemenge vermutete und Douglasit benannte, hat BOEKE nicht erhalten, weshalb sie als unwahrscheinlich anzusehen ist. Carnallit kann sich, wenn auch nur in geringem Masse, mit dem entsprechenden Eisensalze ( $\text{FeCl}_2 \cdot \text{KCl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) isomorph mischen. Eisenchlorid kann aber von Carnallit (ebensowenig wie von Steinsalz und Sylvin) nicht in fester Lösung aufgenommen werden. Schliesslich sind für das System Eisenchlorür-Chlorkalium - Chlormagnesium die Löslichkeitsdiagramme für verschiedene Temperaturen genau ausgearbeitet und die Paragenesen der einzelnen Salze festgestellt.

Es wäre noch darauf hinzuweisen, dass mehrere hier noch nicht erwähnte, zum Teil sehr seltene Elemente in den Salzablagerungen nachgewiesen sind; über einige derselben liegen kleinere Detailarbeiten vor. So wurden im Carnallit geringe Mengen der Alkalimetalle Rubidium, Cäsium, Thallium, Lithium aufgefunden, letzteres auch in den sogenannten „Urtaugen“. Auch das Vorhandensein von Cu (3), Gold und Silber konnte konstatiert werden. Das spurenweise Auf-

treten von Jod, welches neben dem verhältnismässig reichlich vorhandenen und wichtigen Brom ganz zurücktritt, hat ERDMANN (15) verfolgt.

Interessant ist die Verbreitung des Ammoniaks (2) in den deutschen Zechsteinlagern, dessen Menge von der des Carnallit abhängig erscheint (es scheint sich ein Ammoniumcarnallit zu bilden). Ein Maximum an Ammoniak, sowie Spuren von Nitrat ( $N_2 O_5$ ) wurde in den mittleren Schichten des Salztons gefunden, was deshalb besonders bemerkenswert ist, weil bisher nur in dieser Schicht Versteinerungen entdeckt werden konnten. Ebenfalls auf organische Reste weisen die in letzter Zeit gemachten Petroleumfunde hin (23).

Schliesslich wären noch die Gasausströmungen in Salzlagerstätten zu erwähnen; in erster Linie kommt hier Wasserstoff, dann noch Stickstoff, Kohlendioxyd, Schwefelwasserstoff und Kohlenwasserstoffe in Betracht.

### Mineralogischer und petrographischer Teil.

Die Minerale, welche den Salzlagerstätten ihr charakteristisches Gepräge verleihen, sind die Chloride und Sulfate von Natrium, Kalium, Magnesium und Kalzium in ihren mannigfachen Verbindungen. Dazu kommen noch als sehr wichtig und verbreitet tonige Bestandteile (wasserhaltige Alumosilikate) und Karbonate von Kalzium und Magnesium, endlich als weniger wichtig eine geringe Anzahl anderer Minerale wie Quarz, Schwefel, Pyrit, Hämatit, Rutil, Cölestin. In den deutschen Zechsteinlagern spielen Borate eine eigentümliche, wenn auch untergeordnete Rolle.

Die Chloride und Sulfate von Natrium, Kalium, Magnesium und Kalzium bilden folgende Minerale <sup>1)</sup>:

Steinsalz  $NaCl$ , weitaus das verbreitetste und wichtigste Salzmineral.

Sylvin $KCl$	} die wichtigsten Kalisalze. Für die Industrie kommen untergeordnet höchstens noch Langbeinit und Pikromerit in Betracht.
Carnallit $KClMgCl_2 \cdot 6H_2O$	
Kainit $MgSO_4 \cdot KCl \cdot 3H_2O$	

Anhydrit $CaSO_4$	} Ausserordentlich wichtige Bestandteile vieler Salzgesteine
Kieserit $MgSO_4 \cdot H_2O$	

Gips  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ . Im Hangenden der Salzbergbaue oft in gewaltigen Massen; meist sekundär hervorgegangen durch Einwirkung von Wasser auf Anhydrit und Polyhalit.

Polyhalit $K_2SO_4 MgSO_4 \cdot 2CaSO_4 \cdot 2H_2O$	} Häufig und für manche Zonen sehr charakteristisch.
Langbeinit $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$	

<sup>1)</sup> Das Mineral Thenardit  $Na_2SO_4$  ist bisher noch nicht in Salzlagerstätten aufgefunden worden.



Bischofit $\text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	} Ziemlich verbreitet, aber nur lokal in grösseren Mengen vorhanden.
Epsomit $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	
Glauberit $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{CaSO}_4$	
Pikromerit (Schönit) $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	
Blödit (Astrakanit) $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$	} Seltene und sehr seltene Minerale
Tachhydrit $2 \text{MgCl}_2 \cdot \text{CaCl}_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$	
Glaserit $(\text{K}_2\text{Na})_2 \text{SO}_4$	
Vanthoffit $3 \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4$	
Löweit $2 \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 2 \text{MgSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$	
Syngenit $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	
Leonit $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$	
Krugit $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 4 \text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	
Glaubersalz $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ kommt nur als sekundäres Um-	
bildungsprodukt in Grubenbauen vor.	

Nach VAN'T HOFF sind in den Salzlagerstätten noch zu erwarten:

Magnesiumsulfathexahydrat  $\text{MgSO}_4 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ ,

Kaliumpentakalziumsulfat  $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 5 \text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ .

Von Boraten, die bisher nur in den deutschen Zechsteinlagern aufgefunden wurden, kommen folgende vor (vgl. 10):

Borazit  $\text{Mg}_7\text{Cl}_2\text{B}_{16}\text{O}_{30}$  in schönen Kristallen und als dichte, weisse Masse (Stassfurtit) häufig.

Ascharit  $\text{MgBO}_3\text{H}$  lokal mitunter ziemlich reichlich vorhanden.

Heintzite (Kaliborit)  $\text{KMg}_2\text{B}_{11}\text{O}_{16} \cdot 9 \text{H}_2\text{O}$

Pinnoit  $\text{MgB}_2\text{O}_4 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$

Sulfoborit  $\text{Mg}_6\text{B}_4\text{O}_{10}(\text{SO}_4)_2 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}$

Nach VAN'T HOFF ist noch eine Verbindung  $\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$  in den Salzlagern möglich.

Eisen- und Alumoverbindungen sind nur spärlich vorhanden  
Nachgewiesen sind bisher:

Koenenit $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3 \text{MgO} \cdot 2 \text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	} Seltene Minerale, erst im letzten Jahr- zehnt entdeckt (RINNE u. BOEKE).
Rinneit $\text{FeCl}_2 \cdot 3 \text{KClNaCl}$	

Eisenchlorid  $\text{FeCl}_3$  als färbender Bestandteil.

Eine genaue systematische Durcharbeitung der Salzminerale im Sinne einer mikroskopischen Physiographie, wie sie zu Dünnschliffuntersuchungen notwendig ist, liegt noch nicht vor, doch ist sie durch mancherlei Arbeiten (9, 13, 21) angebahnt, und es ist ihr durch eine Anzahl genauer optischer Bestimmungen vorgearbeitet.

Es ist wohl nicht überflüssig, einige interessante Untersuchungen der letzten Zeit an einzelnen Mineralen (von rein kristallographischen und optischen Studien abgesehen) kurz zu besprechen.

Eine viel diskutierte Frage ist die nach der Herkunft der Farbe beim blauen Steinsalz. Es haben die gründlichen Forschungen von SIEDENTOPF (50) und CORNU (12) sehr wahrscheinlich gemacht,

dass metallisches Natrium das Färbemittel darstelle, doch haben SPEZIA und DÖLTER mancherlei Einwände dagegen erhoben.

Zur wichtigen Frage nach der Verbreitung und Bedeutung isomorpher Mischungen bei den Salzmineralen haben die VAN'T HOFF'SCHEN Untersuchungen so manches gebracht. Es zeigte sich, dass (ausser den Doppelsalzen vom Typus des Carnallit) nur die Systeme:  $K_2SO_4 - Na_2SO_4$  und  $Na_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 4H_2O$  (Blödit) —  $K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 4H_2O$  (Leonit) in Betracht kommen. Besonders durch die eingehenden Arbeiten R. NACKEN'S (33,34) ergab sich bezüglich des ersten Systems die Existenz eines trigonalen Doppelsalzes  $Na_2SO_4 \cdot 2K_2SO_4$  (Glaserit), welches  $Na_2SO_4$  isomorph aufzunehmen vermag (bis zu 61,8 %  $Na_2SO_4$ , entsprechend dem Naturvorkommen Arcanit),  $K_2SO_4$  hingegen nicht. Blödit kann nur wenig der analogen Kaliumverbindung in fester Lösung aufnehmen, Leonit hingegen relativ viel der Blöditsubstanz (etwa bis zum Molekularverhältnis Kaliumsulfat zu Natriumsulfat wie 3:1).

Die Rotfärbung, welche viele Carnallite zeigen, war schon lange durch Einschlüsse von Hämatitschuppen erklärt worden. JOHNSEN (28) hat nun, anknüpfend an Arbeiten von PRECHT und RUFF die kristallographische Orientierung dieser zonar eingelagerten Hämatitblättchen im Carnallit und die Erklärung der ganzen Erscheinung (ähnlich wie PRECHT) gegeben. Zumeist sind die Basisflächen von Hämatit und Carnallit parallel und die Kante  $[01\bar{1}2:0001]$  des Hämatits parallel der Kante  $[100:001]$ , oder  $[\bar{1}00:001]$  des Carnallits, doch kommen auch andere Orientierungen vor. Die Bildung des Eisenglanzes im Inneren des Carnallits erklärt sich am besten, wenn man annimmt, dass dem Carnallit schichtenweise ein Eisenkarnallit isomorph beigemischt war. Durch Entmischung und Oxydation des Eisenchlorürs erfolgte die Bildung des Hämatits. Die neuesten Studien BOEKE'S über die Eisensalze (11) machen auch diese Erklärung wahrscheinlich.

Die eigentümlichen Deformationserscheinungen am Bischofit, entsprechend einer sehr leicht erfolgenden Gleitung nach (110), hat MÜGGE (32) genau untersucht. F. RINNE verdanken wir Untersuchungen über die bruchlose Umformung von Steinsalz, Carnallit und Sylvit (39) durch allseitigen Druck.

Von den genannten Salzmineralen treten einige für sich allein mitunter in solchen Mengen auf, dass sie als „einfache Salzgesteine“ zu bezeichnen sind. Steinsalz, Gips, Anhydrit sind häufige Beispiele hierfür, seltener sind es Minerale wie Carnallit, Polyhalit, Glauberit und einige andere. Zumeist aber haben wir „gemengte Salzgesteine“ vor uns und deren Untersuchung ist die Aufgabe der Salzpetrographie, eines Zweiges der Gesteinspetrographie, der sich gegenwärtig noch im Anfange der Entwicklung befindet.



Die Methoden, welche der Salzpetrographie zu Gebote stehen, sind dieselben, wie sie bei Untersuchung von Eruptivgesteinen gebräuchlich sind: Dünnschliffbeobachtung und quantitative Analyse liefern, sich gegenseitig ergänzend und klärend, auch hier die wesentlichsten Resultate. Von grossem Vorteil ist die leichte Löslichkeit vieler Komponenten in Wasser, einiger in Alkohol. So kann man z. B. durch Auslaugen mit Alkohol Carnallit vollständig aus einem Salzgesteine entfernen, ohne dass die anderen Chlormagnesiumfreien Begleitsalze erheblich angegriffen werden. Weiters ergibt sich unmittelbar die Scheidung der Bestandteile in wasserlösliche und wasserunlösliche (resp. schwerlösliche). Auch leicht wasserlösliche Salze kann man unschwer von ebensolchen anderen trennen, mit Hilfe einer Lösung, welche an den Bestandteilen, die das zu isolierende Mineral enthält, gesättigt ist. Besonders die Entfernung von umhüllendem Steinsalz gelingt auf diese Weise leicht. Bei grobkörnigen Salzgesteinen ist die Scheidung der Gemengteile nach dem spezifischen Gewicht mit schweren Flüssigkeiten gut zu verwenden.

Um von vornherein eine einheitliche Nomenklatur der Salzgesteine einzuführen, hat F. RINNE (bei BOEKE [7]) folgenden Vorschlag gemacht: Das Salzmineral, welches perzentuell (am besten molekularperzentisch) vorherrscht, gibt dem Salzgestein den Grundstock des Namens, an den sich dann die übrigen Mineralnamen der Reihe nach angliedern. Ein Gestein, das aus 60 % Steinsalz und 40 % Sylvin besteht, soll „Sylvinhalit“ heissen. Tritt Anhydrit dazu, so liegt ein „anhydritischer Sylvinhalit“ vor. Bei Anwesenheit von etwas Kieserit in dieser Mineralkombination haben wir einen „kieseritisch-anhydritischen Sylvinhalit“. Diese Bezeichnungsweise hat vor den früher vorgeschlagenen (16) den grossen Vorteil der wissenschaftlichen Einheitlichkeit und Anpassungsfähigkeit an alle möglichen Änderungen. Die bei den Bergleuten gebräuchlichen Namen, wie „Hartsalz“ (Steinsalz + Sylvin + Anhydrit, oder Kieserit), Sylvinit (Steinsalz + Sylvin) etc. können, wo es zweckmässig erscheint, nebenher geführt werden.

Mitunter wird man wohl noch strukturelle Eigentümlichkeiten bei der Namengebung mitberücksichtigen müssen.

Eine praktische graphische Darstellungsweise der Salzgesteinsanalysen hat BOEKE vorgeschlagen (Fig. 3). Zur Darstellung kommen nur die Hauptbestandteile Na, K, Mg, Ca, SO<sub>4</sub>; der Chlorgehalt resultiert als Differenz der Metalläquivalente und der Schwefelsäure aus der chemischen Neutralität. Der Magnesium- und Kaliumgehalt wird in einen alkohollöslichen und -unlöslichen geschieden (entsprechend der Menge an Carnallit).

1.  $c =$  Atome alkohollöslichen Mg (mole Carnallit).
2.  $s =$  mole  $\text{SO}_4$ .
3.  $ma =$  Atome Mg-  $c +$  Atome Ca.
4.  $a =$  Ca.
5.  $K =$  Atome K  $- c$ .
6.  $n =$  Atome Na.

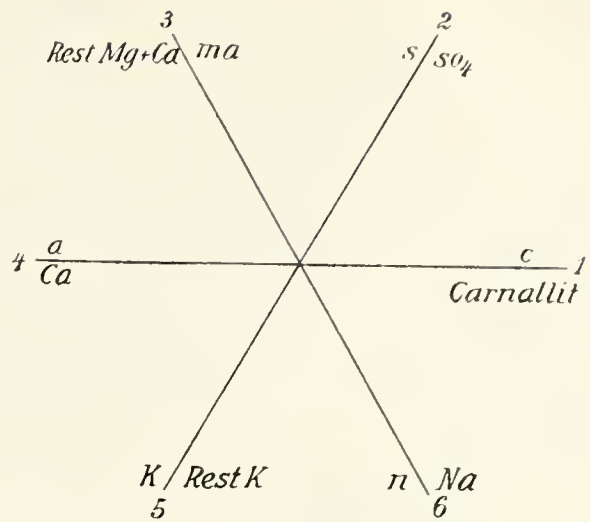


Fig. 3.

Die durch die Analyse ermittelten Gewichtspersente Na, K, Ca,  $\text{SO}_4$  und  $\text{H}_2\text{O}$  werden durch die Atom- resp. Molekulargewichte dividiert und die erhaltenen Zahlen mit einem derartigen Faktor multipliziert, dass  $c + m + a + k + n = 100$  ist. Die gefundenen Werte werden linear auf den entsprechenden Strahlen des sechsstrahligen Sternes aufgetragen und die so ermittelten Punkte durch Gerade verbunden. Ausserdem ergibt sich eine „Wasserzahl“ (W) aus:

$$W = \text{Mole } \text{H}_2\text{O} - 6c - m.$$

Als Beispiel sei die Darstellung eines normalen Carnallitgesteines (Fig. 4) gegeben (nach BOEKE 8).

Na	8,67	$c = 29,5$
K	8,31	$s = 18,1$
Mg (Alk.l.)	5,17	$m = 16,0$
Mg (Alk.unl)	2,82	$a = 2,1$
Ca	0,59	$k = 0,0$
Cl	35,91	$n = 52,4$
$\text{SO}_3$	12,51	
Ton	0,86	$W = 1,3$
$\text{H}_2\text{O}$	25,17	
	<hr/>	
	100,01	

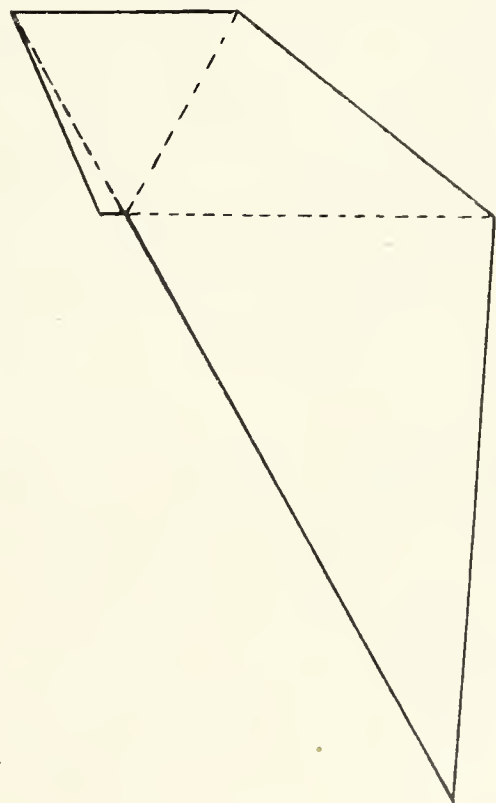


Fig. 4.

Man hat aus einer solchen Figur sofort zahlreiche Anhaltspunkte über den Mineralbestand des Salzgesteins. So gibt z. B. der horizontale Verlauf der Linie  $e-ma$  an, dass die ganze Schwefelsäure an Ca und Mg gebunden ist, dass also keinerlei Alkalisulfate zugegen sind. Die Wasserzahl ist, wenn nur Carnallit und Kieserit als wasserhaltige Bestandteile vorhanden sind, gleich Null. Eine positive Wasserzahl lässt auf Anwesenheit von Polyhalit, Blödit, Kainit oder dergl. schliessen, eine negative auf Langbeinit, Glaserit usw.

Eine Systematik der Salzgesteine lässt sich zurzeit noch nicht geben.



### Geologischer Teil.

Es steht heute unzweifelhaft fest, dass die Salzlager Niederschläge präexistierender Meere sind. Die Berechnung der Tiefe eines solchen Meeres unter Zugrundelegung der Konzentration des heutigen Meerwassers und der Mächtigkeit der Salzlager ergibt eine so ungeheure Zahl, dass man genötigt ist, die Annahme des direkten Eintrocknens eines Meeres zu modifizieren. So sind denn mancherlei Ansichten laut geworden, die sich mit der Erklärung dieses Problems befassen.

Im Anschlusse an MILLER, LYELL, G. BISCHOF hat C. OCHSENIUS [35] eine Deutung gegeben, die unter dem Namen „Barrentheorie“ bekannt ist und etwa folgendes besagt: Ein Meeresteil wird durch eine Untiefe, eine „Barre“ vom offenen Ozean abgeschnitten. Das Vorherrschen einer heissen, trockenen Zeitperiode begünstigt das Verdunsten des Wassers im abgeschnürten Becken unter fortwährendem Zufließen neuen Meerwassers über die Barre, so dass die Konzentration der Lauge in diesem Meeresteil immer mehr zunimmt, da die Höhe der Barre das Zustandekommen einer Gegenströmung verhindert. Es kommen Karbonate, Anhydrit und Steinsalz zur Abscheidung, mit welchen sich das Meeresbecken bis zur Höhe der Barre füllt; die an Magnesium- und Kaliumsalzen stark angereicherte Mutterlauge kann wieder in den offenen Ozean zurückströmen. Hat sich jedoch, ehe dies Zurückströmen stattfinden konnte, die Barre gehoben und so die Verbindung mit dem offenen Meere abgeschlossen, so ist durch völliges Eintrocknen der Mutterlauge die Möglichkeit zur Bildung von Kalilagern vorhanden.

J. WALTHER [41] verzichtet auf die Annahme dieser hypothetischen Barre und nimmt an (bezüglich der deutschen Zechsteinsalze), dass ein Binnenmeer, welches den grössten Teil des heutigen Europa bedeckte, bei herrschendem Wüstenklima eintrocknete. An den randlichen Partien konnten sich mächtige Absätze von Anhydrit, Gips, Steinsalz, wohl auch lokal kleinere Kalilager bilden, die Hauptmenge des Ganzen kam aber im tiefsten Teile (Mittel- und Norddeutschland) zur Abscheidung, wohin Salzflüsse und Salzbäche fortwährend neues Material aus den randlichen Teilen des Gebietes brachten. [14] Die „Wüstentheorie“ WALTHERS, welche zwanglos ein klares und einheitliches Bild der Entstehung der Salzlager gibt, hat die „Barrentheorie“ OCHSENIUS', gegen die auch gewichtige chemische Gründe sprechen [38], grösstenteils verdrängt.

Beim Studium der stratigraphischen und tektonischen Verhältnisse der Salzlagerstätten ergeben sich wesentlich andere Hauptfaktoren, als gewöhnlich bei dem der anderen Sedimente. Dies ist hauptsächlich durch die chemischen und physikalischen Eigenheiten der Salzgesteine bedingt; auch macht der Umstand, dass Fossilien mit Ausnahme vereinzelter Fälle, fehlen, die wichtige Beihilfe der

Paläontologie illusorisch, und es treten bei der Gliederung der Salzschiechten charakteristische Minerale und Mineralkombinationen an die Stelle der Leitfossilien.

Das Material der Salzlager, wie es uns heute vorliegt, hat vielfach unverkennbare Zeichen intensiver Umwandlung an sich, und die Beurteilung der Art und des Zeitpunktes der Metamorphose sind von besonderer Wichtigkeit. Die Ausdrücke „primär“ und „sekundär“, die bisher mit Vorliebe für Salzbildungen angewendet wurden, führen mitunter zu Ungenauigkeiten, welche EVERDING ]16] durch Einführung neuer Ausdrücke mit klarer präziser Bedeutung behoben hat. Er bezeichnet die Salzablagerungen, welche uns so überliefert sind, wie sie sich seinerzeit aus der Lösung abgeschieden haben, als *Mutterbildungen* (Muttersteinsalz, Mutterkalisalz, Muttersalzfolge.) An vielen Salzgesteinen kann man mit Sicherheit erkennen, dass sie unmittelbar aus dem Muttermaterial entstanden durch Zerstörung desselben gleich nach seiner Bildung und sofort erfolgtem Wiederabsatz (eventuell unter Fortführung von Material); solche Produkte nennt EVERDING *deszendente Bildungen* (Deszendenzsalze, Deszendenzperiode); er gebraucht zwar diese Ausdrücke nur für die Zechsteinsalze (seine Deszendenzperiode fällt also in die Zechsteinzeit), doch ist eine Verallgemeinerung wohl geboten.

Nach Bedeckung der Mutter- und Deszendenzsalze mit jüngeren Sedimenten sind durch tektonische Vorgänge (Faltung, Brüche etc.), welche intensive Wassereinwirkungen möglich machten, die Mutter- und Deszendenzbildungen zum Teil wieder umgewandelt worden; solche Ablagerungen nennt EVERDING *posthume Bildungen*.

Veränderungen, welche durch den Grubenbau selbst, also infolge Zersetzung durch feuchte Luft etc. stattfinden, z. B. Neubildungen von Pikromerit, Ausblühungen von Epsomit und Glaubersalz usw. kann man als *rezente Bildungen* bezeichnen.

Eine wenn auch noch so kurze systematische Darstellung der speziellen Verhältnisse aller wichtigen Salzlager der Welt würde hier zu weit führen. Es wird aber nicht überflüssig sein, als Beispiele eine Anzahl von Salzlagerstätten kurz zu besprechen, und es sollen in erster Linie die deutschen Zechsteinlager, dann noch die tertiären Kalisalzvorkommen aus dem Ober-Elsass und Ostgalizien, endlich die alpinen Salzbergbaue in aller Kürze behandelt werden.

### **Die deutschen Zechsteinsalze.** (1, 5, 8, 16, 31, 36, 37.)

Den Boden der deutschen Zechsteinsalze stellt die wenig mächtige (6—10 m) Bildung des Zechsteinkalkes dar, welcher unmittelbar auf die Kupferschieferschichte folgt, und auf der mit einer gewaltigen Anhydritlage die Ablagerung der Salzgesteine beginnt.

Erst in der Kreidezeit, also lange nach dem Niederschlage der Salze und der darüber liegenden Buntsandsteinschichten setzte die



herzynische Faltungsbewegung mit NW—SO Richtung ein, von der die Zechsteinsalze gefaltet, gepresst und vielfach zerrissen wurden. Die drei herzynisch streichenden Faltenkerne: Thüringer Wald, Harz und Flechtinger Höhenzug, durch Abrasion von ihrer ehemaligen Zechsteinsalzbedeckung befreit, teilen geographisch das Gebiet in mehrere Bezirke, die zwar geologisch und petrographisch einige Unterschiede zeigen, aber doch unverkennbar den Stempel inniger Zusammengehörigkeit tragen. Diese Bezirke sind:

Die Magdeburg-Halberstädter Mulde und in Verbindung mit ihr das Hannoverische Faltungs- und Schollengebiet,  
die Südharz-Thüringer Mulde,  
das Werra- und Fuldagebiet  
und das erst wenig aufgeschlossene Areal der Norddeutschen Tiefebene.

Die ersten Aufschlüsse wurden bekanntlich im Gebiete des berühmten Stassfurt-Egelter Sattels im Magdeburg-Halberstädter Becken gemacht, dann folgten Bohrungen am Nord- und Südrand des Harzes, endlich in den Gebieten der Werra, Fulda, Weser, Leine und in letzter Zeit an mehreren weit entlegenen Punkten der Norddeutschen Tiefebene. So ist denn heute eine enorme Zahl von Werken im Betriebe, die sich alljährlich noch um Beträchtliches vermehrt; das Kalisyndikat allein vereinigt 69 Werke (nach „Kali“ 1911. 5. S. 19.)

Am klarsten und am besten studiert sind die Verhältnisse der Salzablagerungen im Stassfurter Revier, welche auch EVERDING zum Ausgangspunkte seiner Untersuchungen machte. BISCHOF (5) hatte, fassend auf Studien eben in diesem Gebiete, seine bekannte, allgemein akzeptierte Gliederung der Schichtenfolge in eine Anhydrit-, Polyhalit-, Kieserit- und Carnallit-Region vorgenommen.

Im Detail stellt sich das „Stassfurter Normalprofil“ nach EVERDING (16) folgendermassen dar (von unten nach oben):

0,5—4 m } Zechsteinkonglomerat,  
                  } Kupferschiefer,

4—10 m Zechsteinkalk.

70—100 m älterer Anhydrit,

300 - 500 m Anhydritregion (älteres Steinsalz),

40—60 m Polyhalitregion,

20—40 m Kieseritregion,

30—40 m Carnallitregion (Kalimutterlager).

4—10 m Grauer Salzton.

40—50—100 m Hauptanhydrit,

100—150 m jüngeres Steinsalz.

5—15 m roter massiger Ton mit Anhydritknollen und Steinsalzschnitzen,

1—5 m „Pegmatitanhydrit“ (nach ZIMMERMANN),

50 m Steinsalz (jüngstes Steinsalz),

20—30 m massige rote Tone mit Anhydrit und Steinsalz.

Die mächtige Bank des „älteren Anhydrit“, dem mittleren Zechstein angehörig, bildet das Fundament der gesamten Salzfolge. Sie ist nur von wenigen Bohrungen durchteuft, daher nur wenig bekannt und enthält einige ziemlich mächtige Steinsalzlagen und Schichten eines bituminösen Dolomitschiefers. Der Komplex des „älteren Steinsalzes“ (Anhydritregion) zeigt nach jeder 8—10 cm mächtigen Schichte eines reinen, grobspätigen Steinsalzes eine 5—7 mm starke Lage von grauem feinkörnigem Anhydrit („Jahresringe“). EVERDING, der noch an der Barrentheorie OCHSENIUS' festhält, nimmt an, dass eine solche Anhydritschichte und eine Steinsalzlage zusammen den Salzgehalt der ins „Barrenmeer“ während einer bestimmten Zeit (1 Jahr?) eingetretenen Wassermenge darstelle; PRECHT (37) erklärt die Erscheinung so, dass die Anhydritlagen während der heißen, die Steinsalzbänke während der kälteren Jahreszeit entstanden seien. (Tatsächlich begünstigt höhere Temperatur die Anhydritbildung, niedere den Steinsalzabsatz.) Ohne scharfe Grenze folgt die Polyhalitregion, welche sich ganz analog der Anhydritregion aus abwechselnden Schichten von Steinsalz und feinkörnigem, grauem Polyhalit zusammensetzt. Auch die Kieserit- und Carnallitregion zeigen nach den Beobachtungen PRECHT's einen allmählichen Übergang; so weisen schon die untersten Lagen der Kieseritregion einen Gehalt an Carnallit auf. In der Carnallitregion selbst tritt das Steinsalz gegen Carnallit und Kieserit verhältnismässig stark zurück. Eine genaue chemisch petrographische Durchforschung dieses Profils steht übrigens noch aus.

EVERDING stellt die bisher besprochene Schichtenfolge als Typus einer Mutterbildung dar und gibt als Kennzeichen für eine solche an:

1. Lückenlose Entwicklung der Schichtenglieder vom schwerstlöslichen zum leichtestlöslichen.
2. Fehlen scharfer Übergänge.
3. Starkes Überwiegen des Carnallit in den obersten Partien.
4. Bankige Anordnung des ganzen Komplexes.

Für das Material des „Kalimutterlagers“, welches im wesentlichen aus Carnallit, Steinsalz und Kieserit (mit etwas Anhydrit und Borazit) besteht, gebraucht EVERDING den Namen „Hauptsalz“, dem aber die Bezeichnung „kieseritischer Halitcarnallit“ vorzuziehen ist.

Am Sattelkamme hatten die Tagewässer leicht Zutritt zum Salzlager; sie haben die leichtlöslichen Salze zerstört und fortgeführt, das schwerlösliche Kalziumsulfat als Gips zurückgelassen, welchen die Sattelbohrungen in mächtigen Lagern über dem älteren Steinsalz antrafen.



Wo in den höheren Regionen des Kalimutterlagers das Wasser eindringen konnte, hat es Carnallit, Kieserit und Steinsalz gelöst und den Absatz von Kainit (resp. Kainithalit) unter Fortführung des Chlormagnesiums veranlasst. Nach Analogie mit den Regionen der eisernen Hüte in Erzlagerstätten heissen solche Bildungen „Hutzonen“ der Kalilager oder „Kainithüte“. In den unmittelbar auf die Hutzonen folgenden tieferen Partien hat das Wasser nur den Chlormagnesiumgehalt des Carnallit entfernt, ohne Kieserit lösen zu können und so die Bildung von Hartsalz (kieseritischen Sylvinhalit) aus den restierenden Bestandteilen hervorgerufen (posthume Hartsalze im Gegensatz zu den weiter unten zu besprechenden deszendenden). Nesterartige Ansammlungen von grobkristallinem Sylvin, oft blau gefärbtem Kristallsteinsalz und reinem Carnallit sind für diese posthumen Zonen charakteristisch und können gleichsam als „posthume Leitminerale“ angesehen werden. Die sogenannten Urlaugen, das sind gesättigte Chlormagnesiumlösungen, die man bisweilen in Hohlräumen, Klüften und dergl. trifft, werden als Reste von Mutterlaugen aus der Zechsteinzeit angesehen; EVERDING hält sie für versprengte Reste der Mutterlauge der reinen posthumen Carnallite, wogegen allerdings der hohe Lithiumgehalt der Urlaugen spricht (8).

Der graue Salzton bildet die Scheidewand zwischen den älteren und jüngeren Salzfolgen und ist in grosser Regelmässigkeit durch das gesammte Zechsteingebiet zu verfolgen. Nach PRECHT (36, 37) gliedert er sich in drei Schichten, von denen die unterste neben Ton vorzugsweise Anhydrit, die mittlere Magnesia und Tonerdehydrat, die oberste 40—50% Magnesiumkarbonat enthält. Seit ZIMMERMANN (42) in der mittleren Schichte marine Fossilien nachgewiesen hat, ist die Deutung des Salztons als äolische Bildung (Ochsenius) nicht mehr möglich. In jüngster Zeit ist der Salzton von BIILZ und MARCUS chemisch genau untersucht worden (4).

Auch in den tieferen Regionen, in welchen posthume Wassereinwirkungen nicht mehr stattfanden, ist das Kalimutterlager nicht durchwegs in seiner ursprünglichen Gestalt, also als Mutterbildung vorhanden; so findet man nicht selten zwischen dem Mutterlager und dem Salzton mächtige linsen- oder beckenförmige Einlagerungen von Hartsalz, welches im Hangenden vielfach Carnallitgesteine und im Liegenden stets eine Steinsalzunterlage zeigt. Dieser letzteren ist das Fehlen einer ausgeprägten Streifung, ein wenn auch geringer Sylvinge halt und ein nach dem Hangenden hin steigender Kieseritgehalt eigentümlich; in den oberen Partien sind hier mitunter linsenförmige Lagen von Langbeinit eingeschaltet. --- Diese Hartsalzlager, die auch schon früher als Residuen, entstanden durch Auslaugung des Kalimutterlagers, gedeutet wurden, sind nach EVERDING als deszendente Bildungen zu erklären: In der nach Ablagerung des Kalilagers eintretenden Trockenperiode haben zahlreiche Laugenüberflutungen, lokale Beckenbildungen etc. stattgefunden, welche die direkt aus dem Meere



abgeschiedenen Salzgesteine zum Teil wieder lösten. In den flachen Mulden, die dadurch im Kalimutterlager entstanden, haben sich dann wieder als Unterlage Steinsalzschieften, hierauf infolge Fehlen des Kalziumsulfates, Langbeinit (an Stelle des Polyhalit), dann kieseritische Sylvinalite, endlich, durch Anreicherung der Lauge an Chlor-magnesium, Carallitgesteine abgeschieden. Je nachdem sich nun die Laugen mehr oder weniger tief eingefressen haben, findet man die Hartsalzlinsen in höheren oder tieferen Regionen des Mutterlagers.

In Gebieten ausserhalb des Stassfurter Reviers ist die Schichtung der Carnallitgesteine des Kalimutterlagers vielfach verloren gegangen, und es liegen konglomerat- und breccienartige Gesteine vor: Brocken von Steinsalz und Kieserit stecken in einer Grundmasse von feinkörnigem Carnallit. Nach EVERDING sind diese konglomeratischen Carnallitgesteine ebenfalls als deszendente Bildungen zu deuten, nur haben sich jene muldenförmigen Hartsalzeinlagerungen aus ungestört eintrocknenden Laugenseen abgeschieden, während die konglomeratischen Gesteine durch Laugenströme, die Gerölle von Kieserit, Salzion, Steinsalz mitrissen, in den Sammelbecken dieser Ströme zur Bildung gelangten.

Mit dem hohen Gehalte der obersten Salztionschichten an Magnesiumkarbonat ist der Übergang zu einer neuerlichen Salzbildung geschaffen, der sogenannten jüngeren Salzfolge, deren wichtigste Bestandteile der „Hauptanhydrit“ und das jüngere Steinsalz ist. Von dem älteren Steinsalz unterscheidet sich letzteres im allgemeinen durch grössere Reinheit (96 – 99 % NaCl gegenüber 93—94 %) und durch eine häufig auftretende schwache Rotfärbung, doch sind in vielen Fällen diese beiden Salzsarten nicht auseinanderzuerkennen. Die Genesis des jüngeren Steinsalzes ist viel umstritten: PRECHT, PFEIFFER, LÖWE (37, 38, 31) und andere nehmen an, dass es durch Auflösung und Wiederabsatz des älteren Steinsalzes entstand, während es EVERDING als Mutterbildung aus einer neuen Überflutung auffasst und als Hauptstütze seiner Ansicht die mächtige und einheitliche Bildung des „Hauptanhydrits“ anführt. In den Regionen des jüngeren Steinsalzes sind in den hannoverschen Salzwerken mächtige Kalilager (Sylvinalite, Kainithalite u. a.) angefahren worden, die EVERDING in seinem Sinne als deszendente Bildungen (jüngere Deszendenz) deutet. Zu erwähnen wäre noch eine eigentümliche Anhydritbildung im jüngeren Steinsalze: leistenförmige, geradlinig begrenzte Steinsalzkristalle durchsetzen den grauen feinkörnigen Anhydrit in der Weise, dass eine pegmatitähnliche Struktur zustande kommt. ZIMMERMANN (43), der dieses Gestein zuerst beschrieb, nannte es „Pegmatitanhydrit“ und erklärt es als eine Pseudomorphosenbildung nach einem vorläufig noch unbekanntem Mineral.

Im vorhergehenden wurden zumeist nur die Verhältnisse des Stassfurter Reviers besprochen, welches den besten Überblick über die geologische und petrographische Gliederung der Zechsteinsalze



gibt. Wie erwähnt, haben die anderen Zechsteinsalzbezirke keinen so übersichtlichen Aufbau und zeigen auch mancherlei Unterschiede; so sind z. B. für das Nordharz-Hannoversche Gebiet (24) und auch für die norddeutsche Tiefebene gewaltige Horstbildungen der Trias- und Zechsteinschichten charakteristisch.

Eine kurze Übersicht über die Verteilung der Salzgesteine innerhalb der deutschen Zechsteinsalze hat BOEKE (8) zusammengestellt:

1. Magdeburg-Halberstädtische Mulde: Anhydrit-, Polyhalit- und Kieserithalite; kieseritische Halite arnallite, Sylvinalite; Halitkainite einfache Steinsalz-, Anhydrit- und Carnallitgesteine.

2. Südharzgebiet: Toniganhydritische Sylvinalite, Konglomeratistische kieseritische Halitcarnallite.

3. Werra und Fuldagebiet: Kieseritsylvinalite, Halitsylvine; einfache Carnallitgesteine, Sylvincarnallite.

4. Nördliches und nordwestliches Harzvorland: kieseritische Sylvinalite und Halitcarnallite. Auch kieseritfreie Sylvinalite und Halitcarnallite; Langbeinithalite.

### **Tertiäre Kalilager: Wittelsheim bei Mülhausen im Ober-Elsass.**

Vom Jahre 1904 an waren im Ober-Elsässischen Tertiärbecken Tiefbohrungen vorgenommen worden, welche zahlreiche Steinsalzschiechten und auch zwei Kalisalzlager antrafen. B. FÖRSTER (18), welcher die Bohrkern untersuchte, teilt das Mitteloligocän, welches den Hauptbestandteil des Ober-Elsässischen Tertiärs ausmacht, in drei Abteilungen ein (von oben nach unten):

1. Kalksandstein-Fischschieferregion (Meeresbildung).
2. Bunte Mergel (limnische Bildung).
3. Plattige Steinmergel (Meeresbildung).

Die Salzföhrung beginnt in den untersten Zonen der plattigen Steinmergel (dem Liegenden) und reicht bis zum Anfange der bunten Mergel. Die oberen bituminösen Zonen der plattigen Steinmergel enthalten die beiden Kalisalzlager, die ungefähr 25 m voneinander abstehen, das untere von etwa 5<sup>1</sup>/<sub>2</sub> m und das obere von 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> m Mächtigkeit. Diese beiden Lager haben zu einem erfolgreichen Bergbau Anlass gegeben, und zwar geschah die Schachtabteufung und Förderanlage (Gewerkschaft Amélie) in der Nähe des Örtchens Wittelsheim.

An Salzmineralen treten auf (22): Steinsalz, Sylvin, Carnallit, Anhydrit und in sehr geringer Menge Kieserit, und zwar alternieren Lagen reinen Steinsalzes mit solchen von intensiv roten Halitsylvinen und reinen weiss bis rosa gefärbten Sylvinen. Zwischen diesen Lagen treten reichlich mehr oder weniger feine Tonschichten und sehr feine Kieseritbänder auf. In der Hangendregion des unteren Lagers ist

ein über  $\frac{1}{2}$  m mächtiges Carnallitband entwickelt, die Decke bildet ein graues grobspätiges Steinsalz und ein hartes plattiges Anhydritgestein. Sehr bemerkenswert ist die vollkommen horizontale Lagerung der Salzsichten und das Fehlen jeglicher tektonischen Störung. So lassen sich auch nur wenige Zentimeter mächtige Lagen auf mehrere hundert Meter hin in wunderbarer Regelmässigkeit verfolgen.

### **Kalusz und Stebnik in Ostgalizien.**

Der nördliche Karpatenrand ist reich an Salzlagerstätten, die dem unteren Miocän angehören und deren Material in 12 Salinen ausgebeutet wird. Die beiden ostgalizischen Salzbergbaue Kalusz und Stebnik lassen eine Führung an Kalisalzen erkennen. Es reten neben Steinsalz nicht unerhebliche Mengen von Sylvin und Kainit auf, ersterer mit Ton und Steinsalz verunreinigt, letzterer als Halitkainit in stockförmigen Massen. Gegenwärtig wird nur der grosse Kainitstock von Kalusz auf Kalisalzgewinnung bergmännisch verwertet.

An Salzmineralen (22) sind ausser den erwähnten aufgefunden worden:

Kalusz: Anhydrit, Gips, Carnallit, Blödit, Epsomit, Pikromerit und selten Kieserit, Syngenit, Glaserit und Glaubersalz.

Stebnik: Anhydrit, Gips, Carnallit, Polyhalit und selten Blödit Langbeinit und Pikromerit.

### **Die alpinen Salzlager.**

Die sechs alpinen Salzbergbaue: Ischl, Hallstadt, Aussee, Hallein, Hall und Berchtesgaden werden fast ausschliesslich auf Solgewinnung verwertet. Ihr Material, das sogenannte Haselgebirge besteht aus einem Salzton, der im Durchschnitt etwa 30% NaCl enthält. Geologisch gehören sie der älteren Trias an — sie dürften unmittelbar über dem Werfner Schiefer einzuordnen sein — und weisen ungemein stark gestörte Lagerungsverhältnisse auf. Es sind hauptsächlich zwei Faktoren, welche umbildend und deformierend gewirkt haben, die Alpenfaltung und die Eiszeit. Erstere hat die spröderen und härteren Gebilde der salinarischen Ablagerungen zertrümmert, das übrige Material intensiv gefaltet und wohl auch eine örtliche Trennung der einzelnen Teile hervorgerufen. Wo nicht hangende Decken schützend wirkten, hat die Erosion das leicht lösliche Material fortgeführt. Als zu Beginn der postglazialen Periode die Eismassen schmolzen, welche die Salzstöcke überdeckten, drangen die Schmelzwässer in die Salzlager ein, liessen die hygroskopischen Massen gewaltig aufquellen und kneteten förmlich das plastische Material durcheinander.



So resultiert das heutige Bild: örtlich getrennte, mineralogisch und petrographisch zusammengehörige Salzlager, bestehend aus einem mit Anhydrit und Gips vermengten Salzton oft ohne Schichtung und Faltung. Im Salzton trifft man auf schwimmende Knollen und Blöcke bestehend aus Anhydrit, Polyhalit und anderen Mineralen, oft von gewaltigen Dimensionen. Auch grössere Einlagerungen von stark gefaltetem, meist ziemlich reinem Steinsalz sind nicht selten: vom Glazialwasser ungelöste Reste der durch die Alpenfaltung deformierten Salzmassen. Solche Einlagerungen sind meist nicht scharf gegen den Salzton abgegrenzt, sondern lassen alle möglichen Übergänge und Zwischenstufen erkennen.

An Mineralen wurden beobachtet (20): Steinsalz, Anhydrit, Gips, Polyhalit, Blödit, Glauberit; seltener: Kieserit, Langbeinit, Löweit, Vanthoffit, Epsomit und Glaubersalz.

Bemerkenswert ist das Fehlen von Sylvin, Carnallit und Kainit.

Einzelne der alpinen Salzlager sind noch durch interessante lokale Bildungen bemerkenswert: z. B. Hallstadt durch den das Haselgebirge durchsetzenden Melaphyrgang.

Anhangsweise sollen noch neuere Ideen über die tektonischen Verhältnisse der Salzlager besprochen werden. Es handelt sich darum, dass bei der Formung der Salzmassen andere Kräfte wirksam waren als der horizontale Druck, Kräfte, welche dem Steinsalz und den anderen Salzmineralen innewohnen, die also durch chemische und physikalische Wirkungen ausgelöst werden.

So hat BOEKE (8) darauf hingewiesen, dass chemische Reaktionen lokale Druckwirkungen hervorrufen können. R. LACHMANN (30) hat in einer Reihe von Aufsätzen in der Zeitschrift „Kali“ ausführlich dargetan, wie in Salzlager durch molekulare Umbildungen chemisch-physikalischer Art bedeutende Deformationen der ursprünglichen Ablagerungen zustande kommen können; er nennt derartige Wirkungen „autoplastische“. Seinen Ausführungen schickt er eine interessante historische Übersicht über die Entwicklung der Tektonik der Salzlager voraus: Um die Mitte des vorigen Jahrhunderts hatte ALBERTI in seiner „Halurgischen Geologie“, später POŠEPNY und andere die tektonischen Erscheinungen der Salzlager ganz im Sinne einer selbstformenden Kraft der Salzmassen gedeutet; weiter führt LACHMANN aus, dass die Alpentektonik Anlass gegeben habe, die Deformation in den Salzlagerstätten auf analoge Weise zu erklären und dass dadurch einerseits jene älteren Arbeiten in Vergessenheit gerieten, andererseits die wissenschaftlich-kritische Beschreibung der Salzlagergeologie durch diesen einseitigen Standpunkt gelitten habe.

Dann gibt LACHMANN, an Hand zahlreicher Beispiele eine Übersicht über die vielen Arten von Deformation und führt, vielleicht

nicht ganz zweckmässig, eine grosse Anzahl neuer Ausdrücke ein. So nennt er die Formeigenschaft tektonischer Senkungs- und Hebungsbilder „vertipolar“, die der Faltungsbilder „horipolar“ und dergl. FULDA (19) hat darauf hingewiesen, dass in zahlreichen, örtlich getrennten Gebieten das Salz nahezu in derselben Teufe erbohrt werde (im Mittel etwa 170 m); er erklärt dies dadurch, dass die Zechsteinsalze in einer nahezu horizontalen Fläche durch Grundwasser ausgelaugt seien und bezeichnet die Ebene mit dem Namen „Salzspiegel“. An diese Erscheinung knüpft LACHMANN an. Das wichtigste Agens bei der Deformation der Salzmassen soll die „Pegomose“ (oder der „Salzauftrieb“) sein, ein „passiver Rekristallisationsvorgang nach der hangenden Salzauflösungsfläche hin.“ (Wünschenswert wäre allerdings eine physikalische Fixierung und Begründung dieses Begriffes). Der Salzspiegel erklärt sich somit als eine Ebene, in der sich Salzauftrieb und auflösende Wirkung des Grundwassers das Gleichgewicht halten. Eine andere eigentümliche Vorstellung schliesst sich hieran: Der Salzspiegel erhält sich beim Eintritt kontinentaler Senkungen (Norddeutsche Tiefebene) in gleicher Höhe, die absinkenden Schichten richten sich um den Salzkern auf, und es setzen so die Salzmassen durch die hangenden Schichten, „ähnlich wie ein Geschwür in der tierischen Haut“; LACHMANN nennt derartige Gebilde „Ekzeme“. Die zahlreichen Zechsteinhorstbildungen im Hannoverschen und der norddeutschen Tiefebene wären solche Ekzeme.

Als Haupteinwände gegen die herrschenden Ansichten, dass die tektonischen Erscheinungen in den deutschen Zechsteinsalzlagern auf tertiäre, herzynisch gerichtete Faltungsprozesse zurückzuführen seien, führt LACHMANN an: dass die vom Kalibergbau erschlossenen Teile Deutschlands seit der Karbonzeit nicht gefaltet seien, dass die Salzmassen unter den herrschenden Umständen nicht plastisch, sondern ausserordentlich spröde seien, dass die „Falten“ älter wären, als jede tektonische Einwirkung und dass die Deformation ihrer Gestaltung nach gar nicht durch Faltung entstanden sein könne.

Inwieweit die zahlreichen Ideen LACHMANN'S durchdringen werden, ist vorläufig noch nicht abzusehen; als etwas unbefriedigend empfindet man wohl die Erklärung der Quelle der Energie, durch welche so gewaltige Leistungen vollbracht werden konnten; vielleicht ist ein vermittelnder Standpunkt zwischen mechanischen und autoplastischen Deutungen geboten. Es hat übrigens LACHMANN ein umfassendes Werk „Über den Bau von Salzmassen“ für die nächste Zeit in Aussicht gestellt, und auch das gegnerische Lager hat mit seinen Einwänden begonnen (24).

Zur Lösung der schwebenden Fragen und zur Fundierung der auf die Salzlagerstätten bezüglichen Zweige der Mineralogie, Petrographie, Geologie etc. ist vor allem die Sammlung eines umfangreichen Tatsachenmaterials nötig, welches allein zu allgemeinen und weitgehenden Schlüssen berechtigen kann. Die hierauf abzielende



systematische Detailuntersuchung einzelner Salzlager ist bereits von mehreren Seiten in Angriff genommen.

## Die Geologie Islands in ihrer Bedeutung für Fragen der allgemeinen Geologie.

Eine Übersicht über den Inhalt der wichtigsten Literatur des letzten Jahrzehnts.

Von **H. Reck** (Berlin)

### Literaturverzeichnis.

1. ANDERSON T., Volcanic Studies. London 1903.
2. BRAUN G., Über ein Vorkommen verkieselter Baumstämme an der Ostküste von Island. Zentr.-Bl. usw. 1908.
3. EBELING, Eine Reise durch das isländische Südland. Zeitschr. d. G. f. Erdk. 1910. p. 361—383.
4. ERKES H., Aus dem unbewohnten Innern Islands, Odádahraun und Askja, Dortmund 1909.
5. v. KNEBEL W., Studien in Island im Sommer 1905. Globus Bd. 88.
6. — Studien in den Thermengebieten Islands. Naturw. Rundschau XXI. Jahrg. Braunschweig 1906.
7. — Vorläufige Mitteilung über die Lagerungsverhältnisse glazialer Bildungen auf Island und deren Bedeutung zur Kenntnis der diluvialen Vergletscherungen. Zentr.-Bl. f. Min. usw. 1905. S. 535—546.
8. — Der Nachweis verschiedener Eiszeiten in den Hochflächen des inneren Islands. Zentr.-Bl. f. Min. usw. 1905. S. 546—553.
9. — Zur Frage der diluvialen Vergletscherungen auf der Insel Island. Zentr.-Bl. f. Min. usw. 1906. S. 232—237.
10. — Über Lavavulkane auf Island. Zeitschr. d. deutsch-geol. Ges. 1906.
11. — Lavaspalten und Kraterillen auf Island. Gaea 1907. 43. Jahrg. S. 547—562.
12. — (Herausgeg. und fortgeführt von H. RECK), Island. Eine naturwissenschaftliche Studie. Stuttgart 1911. (Im Druck.)
13. v. KOMOROWICZ, Ein Ritt durch Island. Globus 1907.
14. KÜCHLER C., Eine Überschreitung des Snaefellsjökulls auf Island. Pet. Mitt. 1911. p. 187.
15. DE LAPPARENT, Géologie générale. Paris 1906.
16. PJETURSS H., Om Islands Geologi. Kopenhagen 1905.
17. — Das Pleistocän Islands. Zentr.-Bl. f. Min. usw. 1905.
18. — Zur Forschungsgeschichte Islands. Zentr.-Bl. für Min. usw. 1905.
19. — Um loftslagsbreytingar á Islandi. Andvari. Reykjavik 1906.
20. — The Crag of Iceland. Quart. Journ. geolog. Soc. London 1906.
21. — Einige Ergebnisse einer Reise in Südisland im Sommer 1906. Zeitschr. d. Ges. für Erdk. 1907.
22. — Marines Interglazial in Südwestisland. Mon. Ber. d. deutsch. geol. Ges. 1908.
23. — Einige Hauptzüge der Geologie und Morphologie Islands. Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. 1908.
24. — Eine interessante Moränen-Insel bei Island. Zeitschr. f. Gletscherk. 2. Bd. 1907. p. 61.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Geologische Rundschau - Zeitschrift für allgemeine Geologie](#)

Jahr/Year: 1911

Band/Volume: [2](#)

Autor(en)/Author(s): Görgey Rolf von

Artikel/Article: [II. Besprechungen. A. Unter der Redaktion der Geologischen Vereinigung. Die Entwicklung der Lehre von den Salzlagerstätten 278-302](#)