

## Die Entstehung der kieseritischen Sylvinalite durch geothermale Pressungsmetamorphose.

Von

**F. Rinne** in Leipzig.

Mit 1 farbigen Tafel (I) und 1 Lichtdrucktafel (II) sowie 3 Textfiguren.

Das Interesse, welches den Kalisalzgesteinen in petrographischer und geologischer Hinsicht entgegengebracht wird, beruht wesentlich auf dreierlei Ergebnissen der bisherigen einschlägigen Forschung.

An Hand physikalisch-chemischer Überlegungen und Versuche ist es gelungen, den allgemeinen Vorgang des Absatzes dieser Gesteine weit exakter zu erläutern, als es bei irgend-einer anderen Gesteinsgruppe erreicht ist, nämlich in Form präziser Diagramme.

Als zweites Interessemoment liegt die Erkenntnis sehr merkwürdiger Metamorphosen vor, welche die Kalisalze in Lagerung, textureller und stofflicher Art erfahren haben.

Schließlich besteht die Bedeutung der Studien an Salzgesteinen darin, daß die Ergebnisse der Forschung nicht nur der Erkenntnis dieser Materialien selber zugute kommen, daß vielmehr die Resultate der Salzgesteinsuntersuchungen für die Beurteilung der Genese aller drei großen Gruppen der Gesteinswelt zu verwerten sind: viele Gesetze der Kristallisation solcher Ausscheidungssedimente sind auf die magmatischen Bildungen übertragbar, und auch zwischen den Metamorphosen von Salz- und Silikatgesteinen sind lehrhafte Analogien zu erkennen.

Verf. hat in zwei Abhandlungen auf die Vorteile dieser Bezugnahme zwischen Salzpetrographie und der Erforschung der magmatischen sowie metamorphen Gesteine hingewiesen<sup>1</sup>. Hier seien entsprechende Erwägungen über den speziellen und besonders bedeutsamen Fall der kieseritischen Sylvinalite (Hartsalze) durch weitere Beobachtungen und Versuche gestützt.

Alle drei wichtigen Motive der Gesteinsmetamorphose spielten bei diesen Salzmassen eine Rolle: sowohl eine gegenüber den Bedingungen bei der Entstehung eingetretene Veränderung der chemischen Umgebung als auch der Temperatur und des Druckes.

Das erste mit dem zweiten eng verknüpfte Moment liegt in der Durchtränkung der Salzkörper mit wässrigen Lösungen. Ihre Entstehung soweit sie auf Abspaltung von Wasser aus den hydratischen Salzen beruht und die Tendenz der sich abspielenden chemischen Umsetzungen im Gestein wurde durch die herrschende Temperatur bestimmt. Weiterhin sind die Produkte des Vorganges wie die Relikte des ehemaligen Materials durch Gebirgsdruck bald mehr bald weniger einflußt.

Entsprechend der Auffassung, daß durch die Wärme einer tieferen Erdkrustenzone geheizte Lösungen den in Rede stehenden Vorgang ins Werk setzten, läßt er sich als geothermale Metamorphose bezeichnen<sup>2</sup>, und sofern Druckwirkungen ersichtlich mit im Spiele waren als geothermale Pressungsmetamorphose.

Ohne Annahme einer Durchtränkung sind die Salzmetamorphosen nicht zu erklären. Daß dabei durch die Wärmerhöhung abgespaltenes Wasser als Lösungs- und Umsetzungsmittel wirksam war, ist bei den so leicht entwässerbaren

<sup>1</sup> F. RINNE, Salzpetrographie und Metallographie im Dienste der Eruptivgesteinskunde. Fortschritte der Mineralogie. I. p. 181. 1911; — Metamorphosen an Salzen und Silikatgesteinen. Niedersächs. geol. Ver. 1914. p. 252.

<sup>2</sup> Die Chloritisierung der Diabase, Hämatitisierung der paläozoischen Eisenerze, deren einst limonitische Natur als an der Erdoberfläche entstandener Absätze doch wahrscheinlich ist, die mehr kristalline Art paläozoischer Kalksteine darf man mit gutem geologischen Rückhalt als weitere Beispiele der geothermalen Metamorphose nennen.

Salzmineralen durchaus verständlich, indes sprechen manche geologische Verbände der Gesteine auch für die Wirkung eingesickerten, vadosen Wassers. Es kann im Laufe der geosynklinalen Absenkung sowie zur Zeit orogenetischer Ereignisse Zugang zu den bedeckten Massen gefunden haben, wenn sie auch jetzt staubtrocken erscheinen.

Die für die charakteristischen Umsetzungen nötigen hohen Wärmegrade stellten sich nach der Auffassung von ARRHENIUS, LACHMANN, M. NAUMANN und des Verf.'s<sup>1</sup> ein, als die Überlagerung der überschütteten Salzschiefer in der Geosynklinale so stark geworden war, daß die Wärmequellen selbst von über 72° bis zu dem Zechsteinhorizont hinauf reichten. Das war bei einer Mächtigkeit der Überlagerung von 2000 m der Fall; hat man doch im 2240 m tiefen Bohrloch von Czuchow in Oberschlesien bei 2221 m eine Temperatur 83,4° C gemessen.

Die auf das Produkt der Umwandlung und die Überbleibsel des ursprünglichen Materials ausgeübte Pressung ist teils auf den Hangenddruck teils auf die gewaltigen orogenetischen Kräfte zurückzuführen, deren Wirkung sich gerade an den Salzgesteinen oft in so ungemein drastischer Art zeigt.

Als allgemeines Moment der Wandlung tritt schließlich bei den kieseritischen Sylviniten wie bei den Salzgesteinen überhaupt in den Vordergrund die besonders beim Hauptmaterial der Salzlager, dem Steinsalz, sich intensiv geltend machende Sammelkristallisation, also die Bildung großer Individuen; eine Tendenz, die ja durchgehend für alle hydrothermalen Gesteinsmetamorphosen charakteristisch ist, sei es also hier oder bei der Entstehung der Kontaktgesteine und der „kristallinen“ Schiefer.

<sup>1</sup> Zuerst erwähnt bei F. RINNE, Gesteinskunde. 1. Aufl. 1901. p. 164, ferner unabhängig davon bei S. ARRHENIUS, Über die physikalischen Bedingungen bei den Salzablagerungen zur Zeit ihrer Bildung und Entwicklung. Kali. 1912. Heft 15. — S. ARRHENIUS und R. LACHMANN, Die physikalisch-chemischen Bedingungen bei der Bildung der Salzlagerstätten und ihre Anwendung auf geologische Probleme. Geol. Rundschau. 1912. p. 139. — M. NAUMANN, Die Entstehung des „konglomeratischen“ Carnallitgesteins und des Hartsalzes sowie die einheitliche Bildung der deutschen Zechsteinlager ohne Deszendenzperioden. Kali. 1913. Heft 4.

Über das Ausgangsmaterial der kieseritischen Sylvinalite geben die physikalisch-chemischen Kristallisationsdiagramme und geologische Beobachtungen einen Anhalt.

In ersterer Hinsicht sind zu dem großen Schatz von Erfahrungen, wie er von VAN'T HOFF hinterlassen ist, neuerdings die sehr bedeutsamen Ergebnisse der Untersuchungen von J. D'ANS<sup>1</sup> hinzugekommen. Nimmt man mit ihm als Temperatur des ursprünglichen Kristallisationsvorganges 25—30° an, so führt der Weg bei normalem<sup>2</sup> Meerwasser (die Kalksalze seien hier ausgelassen) zur Abscheidung von Steinsalz, Natrium-magnesiumsulfat in Form von Astrakanit und der Kombination von Magnesiumsulfatheptahydrat, Hexahydrat sowie schließlich Monohydrat (Kieserit) mit Kainit, um dann die Paragenese Carnallit mit Kieserit zuwege zu bringen.

Dieser durch die D'ANS'schen Untersuchungen erneute Hinweis auf das einstige Vorhandensein in der normalen Folge jetzt nicht zu beobachtender Minerale bzw. Paragenesen gibt starke Veranlassung, die bislang petrographisch-chemisch, trotz einiger verdienstvollen Arbeiten, zu wenig erforschte Kieseritregion genauer zu ergründen. Man kann mit D'ANS auf Grund seiner physikalisch-chemischen Diagramme erwarten, daß sich in ihr ein Beispiel weitgehender geothermaler Metamorphose ergibt.

Daß die auch petrographisch vielfach gut erkundeten Hartsalze Produkte geothermaler Metamorphose sind, ist durch die D'ANS'schen Untersuchungen noch mehr als früher gesichert. Sie sind chemisch-geologisch mit Carnallitgesteinen verknüpft, mit denen sie ja noch im Verbande getroffen werden. Das geht aus der insbesondere von SCHÜNEMANN erkannten und auch von ROZSA und LÜCK betonten Identität der Steinsalzbänke im carnallitischen Gestein und im Hartsalz hervor. In der Hinsicht sei hier noch auf ein schönes Beispiel hingewiesen, das sich im Salzlager von Schierstedt bei Aschersleben beobachten läßt und von mir in Gemeinschaft mit F. KOSSMAT

<sup>1</sup> J. D'ANS, Untersuchungen über die Salzsysteme ozeanischer Salzablagerungen. Zeitschrift Kali 1915.

<sup>2</sup> Die Unsicherheit in der Hinsicht überträgt sich natürlich auf alle rein chemischen Überlegungen bezüglich der Entstehung und Metamorphose der Kalisalzlager.

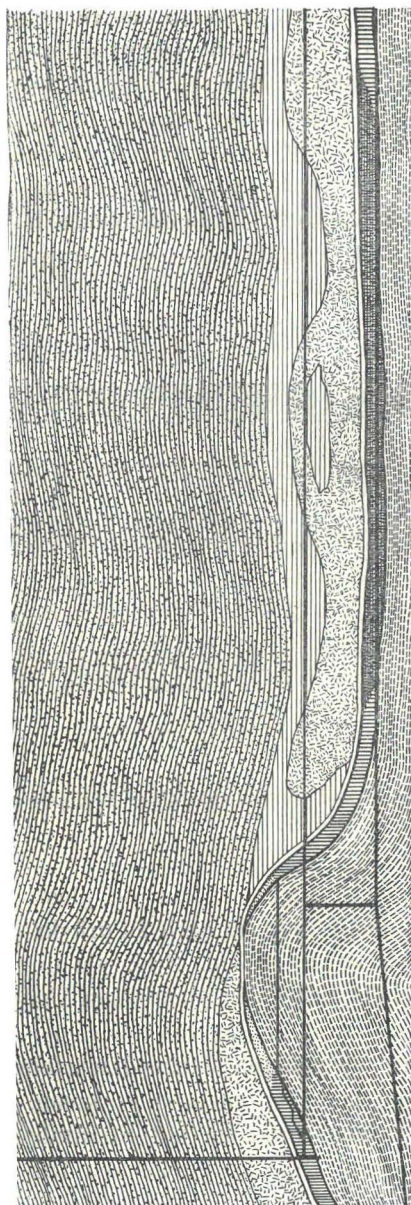


Fig. 1. Carnallitgestein und Hartsalz ineinander übergehend. Kalisalzagerstätte von Schierstedt bei Aschersleben.

studiert wurde. Auf dies Vorkommen bezieht sich das schematische Profil der Fig. 1, welche durch ihre Signatur genügend erläutert wird.

Kainitgesteine können sich an der Entstehung der kieseritischen Sylviniten beteiligt haben.

Daß es sich aber bei der Hartsalzbildung nicht nur um eine hydrothermale Metamorphose handelt, vielmehr eine Pressung dem bei der chemischen Umsetzung entstandenen bzw. noch verbliebenen und durch Sammelkristallisation sich vergrößernden Material seine Textur gab, sei hier betont. Der Sylvinit, das Steinsalz und die Kieserite wurden zwischen den Banken der erhalten gebliebenen Steinsalzbänke durch Hangendstreif zusammengedrückt und im übrigen haben sich die bei den Gesteinsdislokationen wirkenden Kräfte am Hartsalz als mächtige Pressungen merklich

studiert wurde. Auf dies Vorkommen bezieht sich das schematische Profil der Fig. 1, welche durch ihre Signatur genügend erläutert wird.

gemacht haben. Ganz besonders in den glocken- und rückenartig hochgetriebenen Salzkörpern sind solche Deformationen von oft erstaunlicher Art ja zu Hause: schlierige Faltung und Abschnürung, Stauung zu splitterigen Salzmassen in den Umbiegungszonen, Zerrungen zu festen Salzgesteinen an den Sattelflanken, mylonitische Zerstückelung, zerrissene und zerfetzte Lagen, gelegentliche mechanische Gesteinsdifferenzierungen sind Zeugen davon. Ein Beispiel, das von mir und F. KOSSMAT im Berlepschbergwerk studiert wurde, sei hier in Fig. 2 hingestellt.



Fig. 2. Ineinandergequetschte Hartsalz- und Carnallitgesteine. Berlepschbergwerk bei Staßfurt.

Solche mechanischen Beanspruchungen wirken auf plastische Komponenten natürlich in dem Sinne, sie breit zu drücken und auszuwalzen, auf spröde, sie zu zergrusen. Steinsalz und Sylvin der Hartsalze sind in hohem Maße der plastischen Umformung fähig, wie das deutlichst z. B. an den von mir seinerzeit beschriebenen verdrückten ehemaligen Steinsalzwürfeln im Salton von Gräfentonna<sup>1</sup> und mancher anderen Vorkommnisse heraustritt. Weiterhin zeigen Versuche mit Steinsalz- und Sylvinstückchen, die in einer eng anschließenden Um-

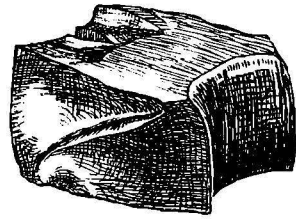
<sup>1</sup> F. RINNE, Natürliche Translationen von Steinsalzkristallen. Zeitschr. f. Krist. 50. p. 259. 1912. Der GÖRGEY'schen Meinung, daß es sich in den deformierten Gebilden um ursprüngliche Wachstumserscheinungen (Verzerrungen) handelt, konnte ich nicht beipflichten.



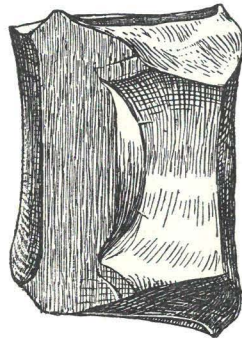
gebung z. B. von Paraffin in einer nachgiebigen Kupferhülse gepreßt werden, die nachgiebigste Deformierbarkeit. Ich habe diese Versuche<sup>1</sup> jetzt in dem Sinne wiederholt, um auch einige Zwischenstadien zwischen den kristallographisch unberührten und den früher von mir beschriebenen sehr weitgehend umgestalteten zu erhalten. Die Figuren 3 a, b, c geben einige Resultate wieder. Es ist bei ihnen von Interesse zu sehen, wie neben der plastischen Umformung der Spaltwürfel je nach ihrer Lage zum Streß in monoklin oder trigonal erscheinende Gebilde, auch regelmäßige Ribbildungen entstanden.

Weiterhin war es mir hinsichtlich der Hartsalzbildung von Wichtigkeit zu untersuchen, wie sich lose Haufwerke von Steinsalz und auch von Sylvin sowie Gemische beider unter starkem Streß verhalten. Dank der freundlichen Erlaubnis meines Kollegen DES COUDRES konnte ich in dessen physikalischem Laboratorium eine große Presse für den gedachten Zweck benutzen.

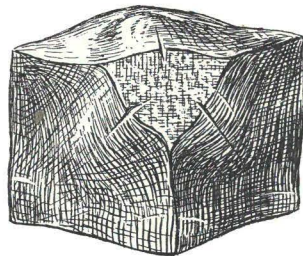
Ich verwandte zunächst klare Steinsalzsplattwürfel von etwa 2 cm Kantenlänge, die freistehend zwischen den Backen der Presse in verschiedener kristallographischer Orientierung zu den wirkenden Kräften gedrückt wurden. Bei den mit ihren Würfelflächen den Preßflächen parallel gestellten Steinsalz-



a



b



c

Fig. 3. Unter Umbüllung durch Pressung umgeformte einstige Steinsalzwürfel.

<sup>1</sup> F. RINNE, Plastische Umformung von Steinsalz und Sylvin unter allseitigem Druck. Dies. Jahrb. 1904. I. 114.

stücken bildeten sich zunächst die für solche Druckprobestkörper kennzeichnenden Doppelpyramiden heraus: die Seitenflächen der Würfel blättern aus, z. T. unter Krümmung der schaligen Stücke; auch ließen sich Translationsstreifen beobachten. Beim Weiterführen der Pressung brach alles noch Stehende allmählich zusammen. Bei den in Richtung einer Normalen zur Würfelkante gepreßten Stücken kam es z. T. zu einer Hälftentrennung nach  $\{110\}$ ; die in Richtung einer trigonalen Achse gepreßten Stücke zerbrachen allmählich ohne besonders kennzeichnende Umstände zu einem Häufchen von Spaltscherben. Setzt man nunmehr den Druck weiter fort, so preßt sich alles sehr geschmeidig zusammen unter gleichzeitiger radialer Wanderung der Teile. Der Schlußeffekt ist recht interessant: man erhält aus dem Scherbenhaufen eine recht gut zusammenhaltende durchsichtige oder durchscheinende, ganz flach linsenförmige Tafel vom Aussehen z. B. der Fig. 1 Taf. II. Natürlich liegen die zusammengeschweißten Teile nicht parallel, wie man am Wechsel des Verlaufes der Spaltspalten bemerkt, die im übrigen in den einzelnen Bezirken oft einen ausgeprägt krummen Verlauf nehmen.

Ganz ähnlich wie Steinsalz verhält sich Sylvin (Fig. 2), und auch ein gemischter Scherbenhaufen beider Minerale läßt sich ausgezeichnet leicht durch Pressen einheitlich zusammenschweißen.

Diese Fähigkeit geht anderen Salzen mehr und mehr ab. So zeigen aus Carnallitstücken durch Pressen hergestellte Platten nur noch leidliches Zusammenhalten<sup>1</sup>. Noch viel weniger fest sind entsprechend aus Kieserittrümmern und insbesondere aus Anhydritstückchen hergestellte Scheiben. Das entspricht ganz dem Verhalten der erwähnten Salze in der Natur.

Die Umstände der wechselnden Umformbarkeit dieser Mineralien gewinnen im Aussehen vieler Hartsalze ihren charakteristischen Ausdruck. Als Anhalt dafür diene die Abbildung zweier Stücke kieseritischen Sylvinalits von Schierstedt, der in seiner z. T. ausgeprägten Flaserstruktur und

<sup>1</sup> Vergl. auch F. RINNE, Über die Umformung von Carnallit unter allseitigem Druck im Vergleich mit Steinsalz, Sylvin und Kalkspat.

KÖNEN-Festschrift. 1907. p. 369.



auch im Dünnschliffe (Taf. II Fig. 3) an manche Gneise erinnert (Taf. I). Bei anderen Hartsalzen tritt dies Parallelgefüge mehr zurück, sei es wegen geringfügiger Pressung, sei es, daß die erwähnte Umkristallisation eine Neuprägung hat vor sich gehen lassen. Es läßt sich nicht verkennen, daß bei diesem Vorgang Gefügeverhältnisse des Salzmaterials wieder verloren gehen, gleich wie z. B. die porphyrische Struktur von Kalkspatpulver sich verliert, wenn es beim Glühen marmorisiert, oder wie der Bestand von Versteinerungen in einem hochgradig metamorphosierten Kalkstein verschwindet. Bei manchen Stoffen macht sich die Umkristallisation in Hartsalzen zuweilen porphyroblastisch geltend, so bei den schönen rundum ausgebildeten bis 1 cm großen Boraciten, die sich in manchen Vorkommnissen dieser Gesteine reichlich finden; sie entsprechen den Granatkristallen in Glimmerschiefern.

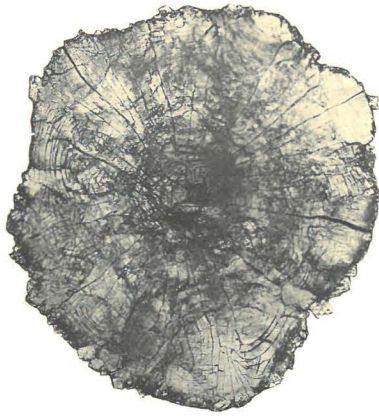
In Erwägung all dieser Verhältnisse wird die Vorstellung durchaus anschaulich, daß sich die in Rede stehenden kieseritischen Sylvinalite zufolge geothermaler Pressungsmetamorphose entwickelt haben.

Inst. f. Min. u. Petrogr. der Univ. Leipzig, 11. Juli 1915.

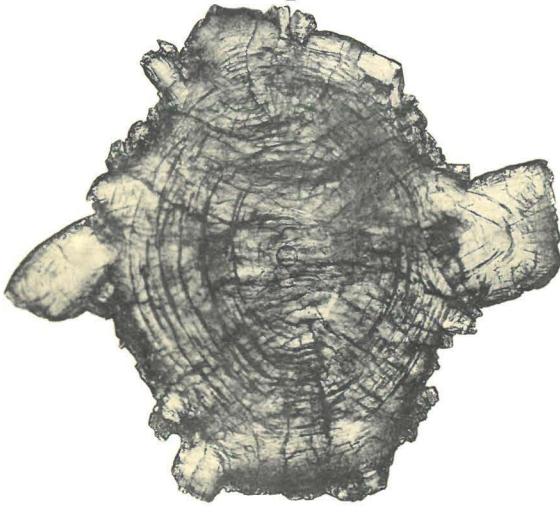


Kieseritische Sylvinalite von Schierstedt bei Aschersleben.  
Natürliche Grösse und Färbung.

F. Rinne: Geothermale Pressungsmetamorphose kieseritischer Sylvinalite.



1



3

1. Unter starker Pressung zusammengeschweißtes Steinsalz.  
2. In gleicher Weise behandelter Sylvin. 3. Dünnschliff eines kieseritischen  
Sylvinhalits von Schierstedt. Fig. 1 u. 2 etwa natürl. Grösse. Fig. 3 Vergr.  $1\frac{1}{2}$ .  
F. Rinne: Geothermale Pressungsmetamorphose kieseritischer  
Sylvinhalite