

Anhydritgesteine mit Pseudomorphosengefüge¹

Ein Beitrag zum Werdegang ozeaner Salzlagerstätten

Von H. BORCHERT, Clausthal², und E. BAIER, Mainz³

Kommen bei stofflichen Umsetzungen im Mineralreich Kristalle zum Verschwinden, aber doch so, dass die ihnen eigentümliche Gestalt auf irgendeine Weise erkennbar aufgezeichnet bleibt, so spricht man von Pseudomorphosen. In jedem Mineralogielehrbuch findet man eine Menge Beispiele; das Charakteristische ist in jedem Fall, dass die Gestalt, weil ja relikтив, nicht mehr dem Stoffbestand bzw. dem inneren Bauplan (Kristallgitter) entspricht. Die Umstände, die dabei das Hinüberretten der alten Gestalt ermöglichen, können jeweils recht verschieden sein. Oft ist der Ablauf sogar durchaus trivial und kann dann als solcher kaum tieferes Interesse beanspruchen, zum Beispiel wenn Kristalle einer leichtlöslichen Art aus einem resistenteren Gesamtverband ausgelöst werden und die Hohlformen in einem späteren Akt sich mit irgend etwas anderem füllen.

Indessen hat diese Pseudomorphosenbildung nicht ohne Grund gelegentlich auch weit ausserhalb des Fachgebietes Beachtung gefunden. So zieht sie beispielsweise OSWALD SPENGLER (Untergang des Abendlandes, II) heran, um – seiner Ansicht nach entsprechende – Beziehungen zwischen Kulturen zu verdeutlichen. Wir wollen hier natürlich nicht entscheiden, ob und inwieweit in diesen und anderen Beispielen der Vergleich zulässig ist. Was aber zu ihm geführt hat und was an dieser Pseudomorphosenbildung überhaupt allgemein auffällt, ist dies, dass im Endeffekt die reine Gestalt in aller Realität ein Eigendasein führt. Und eben daraus leitet sich ihre Bedeutung für die Geschichts-, im besonderen also für die Erdgeschichtsforschung her. Es sei uns erlaubt, dies im folgenden an einem der grossartigsten Beispiele von Pseudomorphosenbildung zu erläutern. Doch müssen dabei einige allgemeine Betrachtungen vorangestellt werden.

Bei kristallisierter Materie von vorgegebenem Chemismus müssen wir allgemein damit rechnen, dass sie in Anpassung an geänderte Druck- und Temperaturver-

hältnisse ganz oder teilweise in neue Gitterzustände übergeht (von dem Übergang in den ungeordneten Zustand, Schmelzen, sei hier abgesehen). Die Lehre von der Gesteinsmetamorphose, eine wichtige petrologische Arbeitsrichtung, beschäftigt sich überwiegend mit solchen Änderungen der Gitterzustände innerhalb bestimmter Erdkrustenbereiche.

Es ist nun zu beachten, dass die jeweils realisierten homogenen Gitterordnungen als solche weitgehend unabhängig sind von der Vorgeschichte. Diese lässt sich also grundsätzlich nur ablesen aus der Aussengestalt der einzelnen Kristallkörper, aus ihrer absoluten und relativen Grösse sowie ihrer gegenseitigen räumlichen Anordnung und Ausrichtung, also aus dem Korngefüge. Natürlich werden alle diese morphologischen Gegebenheiten bei durchgreifenden Stoffumsetzungen und atomaren Umordnungen im Gestein gewöhnlich entsprechend in Mitleidenschaft gezogen werden; so erklärt sich die verhängnisvolle, vorgeschiedtsverwischende Wirkung der Gesteinsmetamorphose. Immerhin können unter günstigen Voraussetzungen Form- und Gefügerelikte, wie wir sie in den Pseudomorphosen schon kennenlernten, doch wichtige Anhaltspunkte für Aussagen über den Zustand vor der Metamorphose übermitteln.

Wenden wir uns nunmehr dem Sedimentmantel der Erde zu, so zeigt sich, dass durchgreifende Metamorphose im wesentlichen beschränkt ist auf solche Bereiche, die zeitweilig in beträchtliche Tiefe gerückt waren, und andererseits solche, die im Rahmen gebirgsbildender (tektonischer) Vorgänge kräftig mechanisch durchbewegt wurden. Doch gibt es einige Sedimente von ungewöhnlichem Chemismus, die so empfindlich auf Bedingungsänderungen ansprechen, dass sie, auch als Einschaltung in sonst ganz ungestörten Sedimentserien, meist schon den Charakter metamorpher Gesteine angenommen haben. Mindestens hat man bei ihnen nie die Gewähr, in ihnen noch einigermassen den ursprünglichen Zustand der Ablagerung vor sich zu haben. Hierher gehören in erster Linie die ozeanischen Salzlager, einschliesslich der gewaltigen Mengen Kalziumsulfats, die in ihrem Verband, insbesondere aber als Vorphase ihrer Entstehung, abgesetzt wurden.

¹ Eine ausführliche Darstellung erscheint im Rahmen einer Arbeit *Zur Metamorphose ozeaner Gipsablagerungen* im N. Jb. Mineral. Abh. 1953.

² Institut für Mineralogie, Petrographie und Lagerstättenkunde, Bergakademie Clausthal.

³ Institut für Mineralogie und Petrographie, Johannes-Gutenberg-Universität, Mainz.

Infolge der ungewöhnlichen Anfälligkeit dieser Gesteine fehlen die Schwierigkeiten für die Rekonstruktion des genetischen Ablaufs (bis zurück zum Sedimentationsakt) bei ihnen fast nie; dies ist hier besonders schmerzlich, denn eine genaue Kenntnis des ursprünglichen Zustandes dieser ungewöhnlichen Ablagerungen käme vielen Nachbarwissenschaften, so der Meeres- und Klimakunde, Paläogeographie u.a., zugute, ganz abgesehen von bisweilen bedeutenden lagerstättenkundlichen und bergbaulichen Konsequenzen.

Schon die Kalziumsulfatgesteine für sich allein bieten genug derartige Probleme, die aber zudem in engem Zusammenhang stehen mit der Beurteilung der gesamten Lagerstättenverbände. In einigen Formationen wurde das Kalziumsulfat nachweislich als Gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$, monoklin) abgesetzt und ist auch als solcher erhalten geblieben. In den ausgedehnten deutschen Zechsteinlagern liegt es heute dagegen als Anhydrit (wasserfreies CaSO_4 , orthorhomatisch) vor; ob es auch dort zunächst als Gips abgesetzt und erst nachträglich bei fortschreitendem Absinken und Überdecktwerden der Sedimente entwässert wurde, darüber stand eine Entscheidung bis jetzt noch aus. Sie schien aus einem besonderen Grunde – wie wir noch zeigen werden – höchst wünschenswert.

Nicht nur die Gleichgewichtsbedingungen im binären System $\text{CaSO}_4 - \text{H}_2\text{O}$, sondern auch die Ausscheidung von Kalziumsulfat aus Meerwasserlösung in Abhängigkeit von Temperatur und Konzentrationsverhältnissen wurden schon mehrfach¹ im Laboratorium eingehend untersucht. Leider aber lassen solche Experimente kaum bindende Schlüsse für das Naturgeschehen zu. So herrscht schon hinsichtlich der Temperaturen, mit denen man in den einzelnen Phasen dieser räumlich wie zeitlich stark gegliederten Ausscheidungsfolge zu rechnen hat, keine Einigkeit. Vor allem aber ist es, bei offensichtlich sehr trägем Ablauf der Reaktionen, unmöglich, die Experimente im zeitlichen Verlauf den Naturvorgängen einigermassen anzupassen. Immerhin scheinen die Ergebnisse mit der Annahme durchaus verträglich, dass aus eingeengten Meeresräumen, auch noch bei sehr extremen Bedingungen (Sättigung an NaCl , relativ hohe Temperatur), nur Gips ausfällt und sich zunächst auch hält.

Um so dringender wird das Bedürfnis nach einem direkten Nachweis der ursprünglichen Abscheidung des Kalziumsulfats als Gips, auch dort, wo – wie innerhalb der Zechsteinfolge – heute Anhydrit vorliegt. Wir dürfen nach dem oben Ausgeföhrten diesen Nachweis nur aus Form- bzw. Gefügerelikten erhoffen. Auf den ersten Blick erscheinen die Aussichten gering, denn die sali-

naren Anhydritgesteine zeigen im allgemeinen ein recht monotones, feinkörniges Gefüge. Zum Glück gibt es aber einige auffällige Ausnahmen, wenn auch weniger bei den reinen Anhydrit-, so doch bei den Anhydrit-Steinsalz-Gesteinen. So kennt man seit langem einen weit durchgreifenden, in vielen Gruben erschlossenen Horizont, den sogenannten *Pegmatitanhydrit*. Sein höchst eigenartig grobkörniges Gefüge hat dem Gestein sogar den Namen gegeben. Freilich trifft der Vergleich mit Pegmatiten, diesen Kristallisaten magmatischer Restschmelzen, nichts Wesentliches. Auch wenn der Name von vornherein nur aufs Gefüge gemünzt war, ist er doch wenig glücklich, ja geradezu irreführend. Schon ZIMMERMANN, der das Gestein als erster beschrieben hat¹, erkannte es als das, was es ist, nämlich als grossartige Pseudomorphose. Leider lagen in seinem Falle, wie seine Beschreibungen und Fotos zeigen, bei unübersichtlicher Aggregierung spissiger Scheinkristalle die Verhältnisse für eine Ermittlung des Urminerals recht ungünstig. Und so versagte sich ZIMMERMANN eine Entscheidung.



Abb. 1. Pegmatitanhydrit, Vienenburg. Scheinkristalle aus vorherrschend Steinsalz (dunkel), in dichtem Anhydrit (hell).

Von anderen Vorkommen kennt man nun aber viel klarere Bilder, und überhaupt sind derartige Gefüge keineswegs auf diesen einen Horizont beschränkt. Die Verfasser haben es daher unternommen, eine umfangreiche Aufsammlung von Anhydritgesteinen der verschiedensten Vorkommen und Horizonte zu sichten, zur vergleichenden Untersuchung der Gefügerelikte.

Ziehen wir zunächst nur diejenigen Belegstücke heran, die ganz einwandfrei als Kristallformen ansprechbare Relikte aufweisen, so kann man in der stofflichen Ausbildung folgende Typen unterscheiden:

1. Räumlich isolierte Scheinkristalle aus klarem, grob-

¹ J. H. VAN'T HOFF und Mitarbeiter: *Untersuchungen über die Bildungsverhältnisse der ozeanischen Salzablagerungen, insbesondere des Stassfurter Salzlagers*, hg. v. H. PRECHT und E. COHEN (Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig 1912). – E. POSNIAK, Amer. J. Sci. 5. Ser. 35, A, 247 (1938); 238, 559 (1940). – T. TORIUMI und R. HARA, Technol. Rep. 12, 72 (1938), Tohoku Imper. Univ. Sendai, Japan, 1938.

¹ E. ZIMMERMANN, Z. dtsch. geol. Ges. 59, Mbr. 136 (1907); 61, 10 (1909), ... Kali 3, 14 (1909).

körnigem Steinsalz in weissem, dichtem Anhydrit gebettet (Abb. 1). Bei zunehmendem Einbau vorwiegend lamellarer, zonarer oder fiederförmiger anhydritischer Partien im Innern der Scheinkristalle ergeben sich Übergänge zu 2. Die Scheinkristalle sind nur mehr als

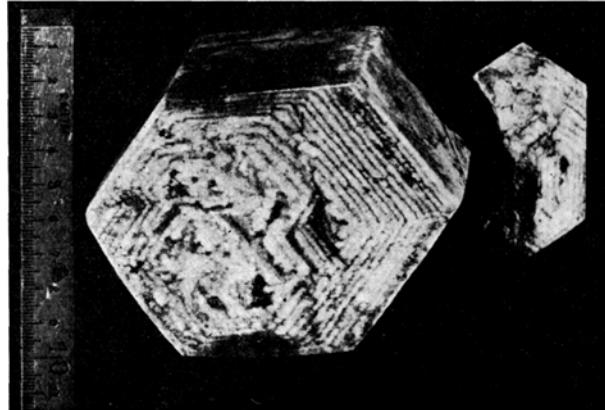


Abb. 2. Basalanhydrit von Volkenroda. Querschnitt durch herauspräparierte, zonar gebaute Scheinkristalle. Hell: Anhydrit, dunkel: Steinsalz.

zarte Zonenfolgen aus Steinsalz aufgezeichnet (Abb. 2). In reinem, steinsalzfreiem Anhydritgestein sind die Umrisse der ehemaligen Kristalle lediglich durch eine etwas abweichende Transparenz angedeutet (Abb. 3).

Zur goniometrischen Vermessung: Bei der Ausbildung 1 liegt ein Herauslaugen und nachheriges Ausgiessen der Hohlfärmen nahe (Abb. 4). Bei 2 und 3 empfiehlt es sich dagegen, die Scheinkristalle durch einige willkürlich, aber günstig, das heißt möglichst quer zu den Grenzflächen geführte Schnittflächen zu zerteilen. Man kann dann die gegenseitige Lage der Kristallflächen aus dem Verlauf ihrer Spuren auf diesen künstlichen Schnittebenen errechnen oder in der stereographischen Projektion graphisch ermitteln. Dieses Vorgehen wird bei der Untersuchung eingewachsener Formen dem Versuch direkten Isolierens häufig vorzuziehen sein, denn zarte Vorzeichnungen lassen sich oft

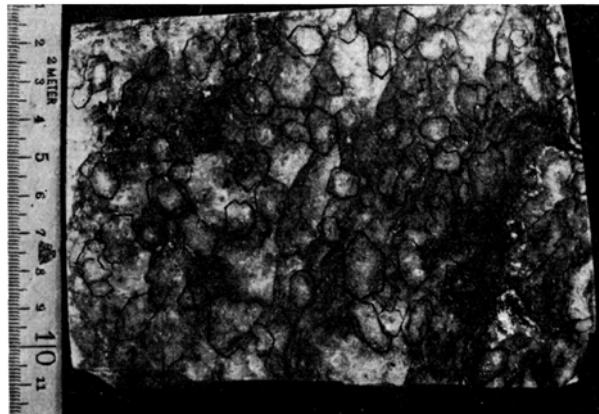


Abb. 3. Hauptanhydrit, Gewerkschaft Hildesia. NaCl-frei, wolzig, mit feinen polygonalen Umrissen (durch Nachzeichnen verstärkt!).

nur im Querschnitt erfassen, bei zonarer Schichtung kann man zwecks Mittelwertbildung die Spuren sämtlicher Flächen vermessen; auch lassen sich alle Abweichungen vom ebenen Verlauf (Verkrümmungen, Verwerfungen, Stufen, Riefen) im Detail verfolgen.

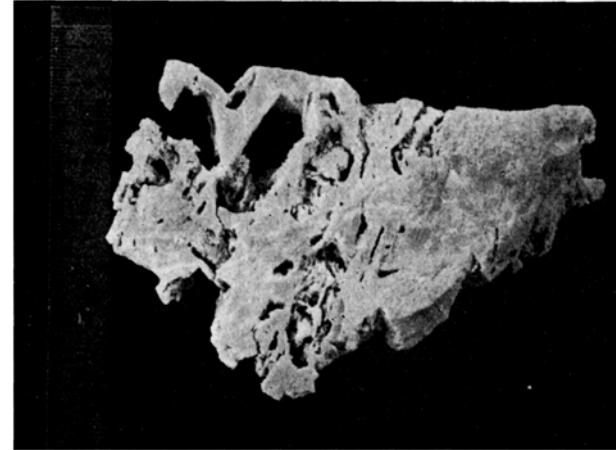


Abb. 4. Pegmatitanhydrit, Vienenburg. Steinsalz ausgelöst.

Das Gesamtergebnis der Untersuchung war folgendes: Obwohl die Scheinkristalle unterschiedlicher Fundpunkte im Habitus oft stark voneinander abweichen, so besteht doch kein Zweifel, dass allen ein und dasselbe *monokline* Urmineral zugrunde liegt. Und zwar entsprechen die Winkel – soweit man es bei dem Erhaltungszustand der Gestalten jeweils überhaupt verlangen kann – durchaus dem Gips. Am verbreitetsten sind dicktafelige, als Kombinationen von {010}, {110}, {111} mit zurücktretendem {111} zu deutende Gestalten. Paarige Verwachsungen, die ganz Zwillingen nach [001] entsprechen, sind reichlich anzutreffen und bei günstiger Ausbildung noch durch fiederig gestellte anhydritische Sparren im Kristallinnern als solche betont (Abb. 5).



Abb. 5. Pegmatitanhydrit, Vienenburg. Pseudomorphose nach einem Zwilling. Man beachte das anhydritische Sparrenwerk (weiss) im Steinsalz.

Man darf nun gewiss nicht annehmen, dass die den Pseudomorphosen zugrunde liegenden, zum Teil riesigen Gipskristalle (Säulen von mehr als 10 cm Ø) als solche unmittelbar aus dem Meer abgeschieden wurden. Es liegen hier ausgesprochene *Porphyroblasten* (genauer *Idioblasten*), da von kristallgemässer Eigen-

gestalt) vor, das heisst um einsprenglingsartig in feinkörniger Grundmasse schwebende Kristalle, wie sie durch Stoffsammlung um einzelne Zentren bei metamorphen Vorgängen vielfach entstehen.

NOLL¹ hat sich eingehend mit der Porphyroblastese in Gipssteinen befasst. Er stellt eine generelle Neigung zur Bildung solcher Einsprenglinge entlang von Schichtfugen und Klüftchen (Wasserführung!) fest, wobei sich die mehr oder weniger langprismatischen Idioblasten einigermassen senkrecht zu den Kluft- (bzw. Schicht-) Flächen ausrichten. Isoliert in der Grundmasse schwebende Kristalle bevorzugen dagegen einen mehr dicktafeligen Habitus. Unreine Anwachszenen bzw. Sekturen kann man an Gipskristallen häufig beobachten; solche sind ja zur bleibenden Markierung gestaltlicher Elemente besonders geeignet.



Abb. 6. Pegmatitanhydrit, Bohrloch Lossa E. bei Wiehe. Zeichnung nach einer Photographie von ZIMMERMANN.

Überhaupt stimmen die Beobachtungen an unveränderten, Idioblasten führenden Gipsgesteinen ausgezeichnet mit den unsrigen, an Anhydriten festgestellten überein. So wird man die mehr spiessig aggregierten, deutlich an Strukturlinien aufgereihten Scheinkristalle – besonders schön auf den Zimmermannschen Fotos zu sehen (Abb. 6) – in Schichten einweisen müssen, in denen durch Wechsellegerung, Klüftung und dergleichen die Wasserführung stark inhomogen war, dagegen die Durchschwärmung mit tafeligen Idioblasten in mächtige, relativ ungegliederte, gleichmässig durchfeuchtete Gipsmassen.

Alles in allem ergibt sich so, unter Heranziehung der Dünnschliffuntersuchung, ein ganz befriedigendes Bild vom Werdegang unserer Pseudomorphosen: 1. *Abscheidung* von feinkristallinem, lockerem Gips. 2. Nach *Verfestigung* zu eigentlichem Gipsgestein bei fortschreitender Überdeckung *Idioblastese* in örtlich verschiedener Ausbildung und Intensität. 3. Bei stark angewachsener Belastung und erhöhter Temperatur *Entwässerung*, zunächst der anfälligeren, feinkörnigen *Grundmasse*. 4. Übergreifen der Umwandlung auch auf die durch

Verunreinigung, Translationen u.a. *weniger resistenten* Partien der *Idioblasten*. Im 5. und letzten Akt fallen auch die bis jetzt *überlebenden Kristallbereiche* dem Angriff der warmen, oft steinsalzgesättigten Lösungen zum Opfer, und gerade sie werden dann unter Umständen ganz durch NaCl ersetzt.

Entscheidend hinsichtlich der weiteren Konsequenzen ist die Frage nach der Generalisierbarkeit dieser aus Einzelbeobachtungen abgeleiteten genetischen Vorstellungen. Wenn wir diese Generalisierbarkeit hier in aller Strenge behaupten, so wird man von uns mit Recht den Nachweis verlangen, dass es sich bei den beschriebenen Bildungen nicht um Einzelfunde, vielleicht ganz anomaler Entstehung, handelt. Der Hinweis, dass an Proben von rund 60 räumlich getrennten Entnahmepunkten einwandfrei solche Gestaltrelikte festgestellt werden konnten, wird vielleicht nicht befriedigen, selbst dann nicht, wenn wir beifügen, dass die Handstücke gar nicht im Hinblick auf das vorliegende Problem aufgesammelt wurden und fast alle wichtigen Grubenreviere und Anhydrithorizonte repräsentierten. Man wird uns entgegenhalten, dass die grosse Masse der Anhydritgesteine eben doch frei von irgendwelchen deutlichen Relikten sei.

Dies soll natürlich nicht bestritten werden. Berücksichtigt man aber die grosse Zahl unabhängiger Bedingungen, die zur Ausbildung von Pseudomorphosen in unserem Fall nötig sind, so wird man doch zugeben müssen, dass die Ausbeute reicher ist, als man überhaupt erwarten darf. Denn in weiten Bereichen der Gipslager, besonders in mächtigen, ungegliederten Massen, wird es nur zu einer gleichmässigen Kornvergrößerung kommen – wie es für monomineralische Gesteine ja an sich die Regel ist. Bilden sich aber unter günstigen Bedingungen doch irgendwo Porphyroblasten, so fehlt ihnen meist eine charakteristische «Eigengestalt»: Knoten und Knötchen oder unregelmässig lappig-zackige Körner sind, sowohl nach NOLL wie nach unseren eigenen Beobachtungen, die Regel. Aber selbst da, wo sich grosse, charakteristisch begrenzte Kristalle ausgeschieden haben, wird ihre Gestalt nur bei ganz subtilem Ablauf der Umwandlung aufgezeichnet bleiben. Man denke daran, dass Gipskristalle auf Grund vorzüglicher Spaltbarkeiten und Translatierbarkeit besonders empfindlich gegen mechanische Beanspruchung sind, und solche sind bei einer Umwandlung mit bedeutendem Volumeneffekt unausbleiblich. Tatsache ist nun, dass im Handstück durchaus einförmig wirkende, dichte Anhydrite auf ebener Anschlifffläche bei aufmerksamer Betrachtung oft wolkige, brekziöse, wabenartige Zeichnungen erkennen lassen, Zeichnungen, die übrigens mitunter durch alle Übergänge mit ausgesprochen polygonalen Scheinkristallen verbunden sind.

Dies alles nur, um zu zeigen, wie ungerechtfertigt es wäre, zu verlangen, dass nun sämtliche Anhydritgesteine deutliche Pseudomorphosen nach Gips aufweisen. Was uns aber am meisten unsere Behauptung zu

¹ W. NOLL, Chem. Erde 9, 1 (1934).

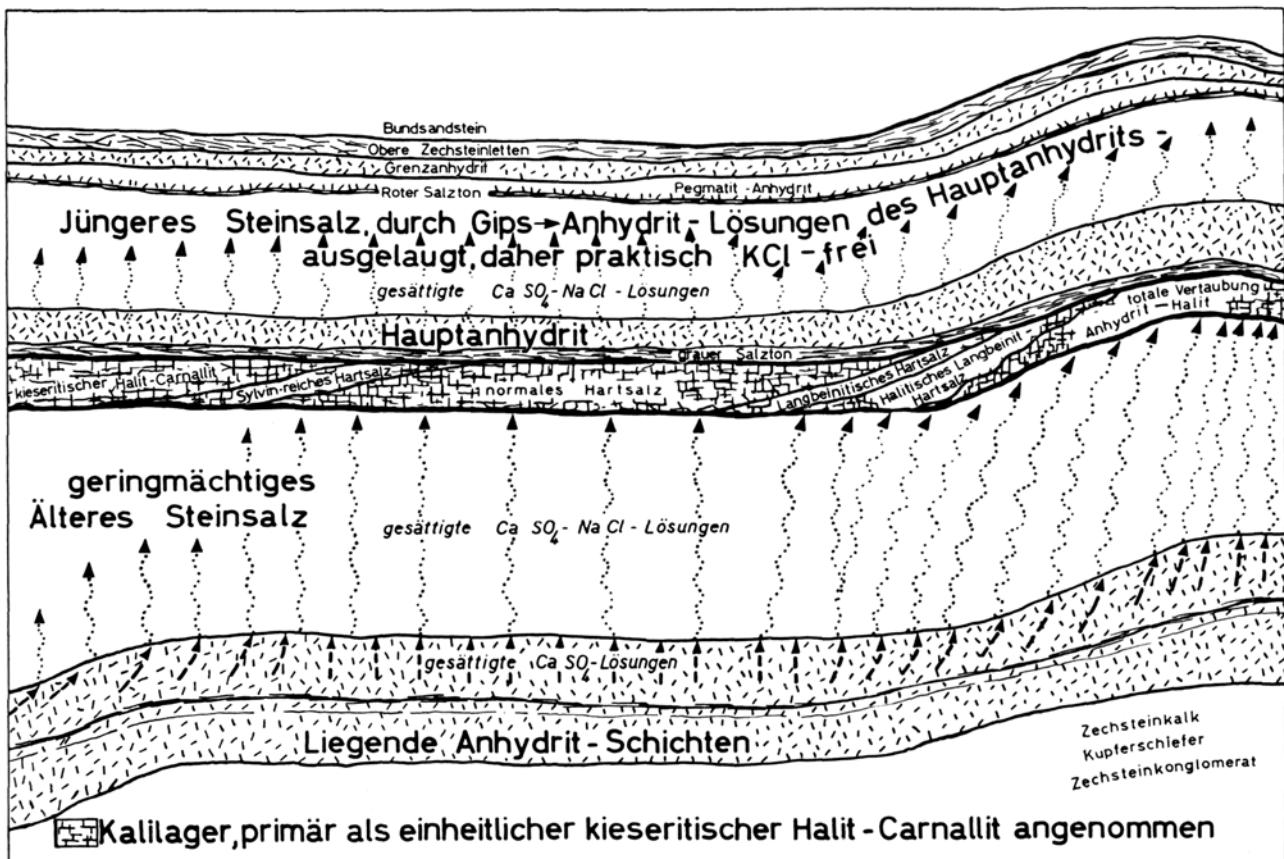


Abb. 7. Schema der Fazieswechsel und Vertaubungen der Zechstein-Kalilager, verursacht durch Gips-Anhydrit-Metamorphose-Lösungen (dargestellt für die Verhältnisse im Kalirevier des östlichen Südharpes).

rechtfertigen scheint, ist der Umstand, dass gerade die Gesteine mit besonders schönen Pseudomorphosen eng an Salz geknüpft, wenn nicht selbst NaCl-führend sind. Und da müssen wir uns, auf Grund unserer Kenntnis der Gleichgewichtsbedingungen, sagen: wenn schon aus NaCl-gesättigten Lösungen Gips ausfällt (wobei dieser sogar noch zur Idioblastese fähig ist), wieviel mehr muss dies dann für die Ausscheidung aus weniger konzentriertem Meerwasser gelten. Im übrigen haben in neuester Zeit DUNHAM¹ und STEWART² Strukturrelikte von Gips auch in englischen Zechstein-Anhydriten beobachtet und beschrieben und dabei auch klar Gips als Urmineral der Pseudomorphosen erkannt.

Da die unter der Salzfolge liegenden und ihr eingeschalteten Anhydrite mitunter Mächtigkeiten von mehreren hundert Metern aufweisen, müssen auch die bei ihrer Entstehung aus Gips freigesetzten Wassermengen ganz beträchtlich gewesen sein. Sie mögen, nach oben dringend, an den überlagernden Salzen bedeutende Veränderungen erwirkt – so etwa carnallitische Lager in

Hartsalz (ein Sylvan-Kieserit-Steinsalz-Gestein) –, verwandelt oder ganz weggelöst haben. In der Tat muss der Bergbau mancher Reviere sich mit zum Teil sehr unmotivierten örtlichen Veränderungen und Verarmungen der Kalilager abfinden. Vor der Deutung der Pseudomorphosengefüge und der Kenntnis ihrer allgemeinen Verbreitung neigten wir mehr dazu, die Ursache solcher Veränderungen und «Vertaubungen» in einem primären Wechsel des Abgelagerten zu suchen, und der eine von uns (BORCHERT) hat auch versucht, mit Unterbauung durch Experimente einen zur Erklärung dieses Wechsels dienlichen Abscheidungsmechanismus aufzuzeigen¹. Nunmehr wird man aber gezwungen sein, den bei der Gips-Anhydrit-Umwandlung frei werdenden Wässern eine massgebliche Rolle einzuräumen. Tatsächlich lassen sich interessante Beziehungen erwarten zwischen der Mächtigkeit der beteiligten Anhydrite, den die Wegsamkeit des Gebirges für aufsteigende Laugen bestimmenden Faktoren einerseits und dem Ausmass der Veränderungen in den Salzlagern andererseits. Abbildung 7 gibt eine schematische Über-

¹ K. C. DUNHAM, Proc. Yorks. Geol. Soc. 27, 217 (1948).

² F. H. STEWART, *The petrology of the evaporites of the Eskdale no. 2 boring, east Yorkshire*. Part I, *The lower evaporite bed*, Mineral. Mag. 28, 621 (1949); Part II, *The middle evaporite bed*, Mineral. Mag. 29, 445 (1951); Part III, *The upper evaporite bed*, Mineral. Mag. 29, 557 (1951).

¹ H. BORCHERT, *Die Vertaubungen der Salzlagerstätten und ihre Ursachen*, Teil I, Z. Kali 27, 97 (1933); Teil II, Z. Kali 28, 290 (1934); 29, 1 (1935); Teil III, Z. Kali 35, 33 (1941). – H. BORCHERT, Z. Kali 32, 132 (1938); Arch. Lagerstättenforsch., Berlin 1940, H. 67.

sicht der Vorgänge und Veränderungen eines Kalilagers, wobei die geologischen Verhältnisse im östlichen Süduhrzrevier zugrunde gelegt wurden und wobei für die primäre Ausbildung des Kalilagers einheitlich ein kieseritischer Halit-Carnallit angenommen worden ist. Es wird sich empfehlen, in sorgfältiger Kleinarbeit diesen Beziehungen weiter nachzuspüren.

Summary

The so-called "Pegmatitanhydrite" of the Germanic Permian formation owes its name to a peculiar graphic intergrowth of anhydrite with halite. As early as 1907 ZIMMERMANN recognized that this arrangement is the result of an extended pseudomorphic replacement. However ZIMMERMANN does not name a primitive mineral.

Later on similar pseudomorphs were found also in other anhydrite beds of the huge series of marine evap-

orites. The authors examined a numerous collection, representing all important beds. The results of goniometric measurements and morphological comparisons showed them in all cases to be pseudomorphs of porphyroblasts of gypsum.

The common distribution of shape relics of this kind is remarkable, especially considering the many different possibilities for their genesis and conservation. We are thus forced to suppose that calcium sulfate was precipitated as gypsum, even from saturated solutions of sodium chloride. The conversion of gypsum to anhydrite occurred only when the sediment was buried deeply by later rocks. The water set free by the different, and to a certain extent very thick, beds of anhydrite may have caused important changes upon the covering salt rocks. Especially rather sudden changes of chemical and mineralogical composition of the potassium salt bed (Kalilager), may thus be easily explained. As is known, such changes can lead to a complete lack of potassium (Ver- taubungen).

Fortschritte in der Isolierung und Untersuchung der Blutproteine

Von R. STRÄSSLE, Basel¹

Einleitung

Die von COHN und seiner Schule während der vergangenen Kriegsjahre ausgearbeiteten Verfahren zur Isolierung einer grossen Zahl von Blutproteinen² bildeten das Ergebnis jahrelanger Untersuchungen an einfacheren Systemen, nämlich an einzelnen Aminosäuren und Peptiden sowie an Gemischen dieser Stoffe³. Eine zusammenfassende Arbeit von COHN über Entdeckung, Eigenschaften sowie klinische Verwendbarkeit einzelner Blutproteine erschien im Jahre 1947 in dieser Zeitschrift⁴, und zwar befasste sich der Autor im wesentlichen mit den Plasmaproteinen, weniger mit den Blutkörperchen. Die intensive Entwicklung seit dieser Zeit hat auf dem gesamten Gebiet bedeutende Fortschritte gebracht, und die Cohnsche Schule ist auch weiterhin darin führend geblieben. Zwar erstrecken sich diese Fortschritte weniger auf die Isolierung neuer, noch unbekannter Blutproteine als vielmehr auf die Verbesserung der Methoden, so dass viele der damals nur schwierig oder unzugänglichen Komponenten heute in nativer Form für Forschung und klinische

Erprobung bereitstehen. Es ist vielleicht etwas verfrüht, die klinischen Ergebnisse, welche mit Hilfe der nach neueren Methoden isolierten Blutproteine erhalten wurden, bereits heute richtig abschätzen zu wollen. In der vorliegenden Arbeit sollen daher im wesentlichen die methodischen Neuerungen, die von der Cohnschen Arbeitsgruppe auf dem Gebiete der Blutfractionierung entwickelt wurden, erwähnt werden. Diesen Ausführungen sind einige grundlegende, theoretische Erläuterungen vorangestellt.

Zur Theorie der Cohnschen Fraktionierung

Um aus einem Proteingemisch einzelne Proteine in reiner Form isolieren zu können, ist zunächst eine Auftrennung in Hauptfraktionen nötig, deren Unteraufteilung in vielen Fällen reine Komponenten liefert. Die präparative Auftrennung in Hauptfraktionen geschieht heute meist nach zwei Verfahren:

- Fraktionierte Aussalzung bei hoher Neutralsalzkonzentration.
- Fraktionierte Fällung bzw. Extraktion bei sehr niedrigen Salzkonzentrationen unter Zusatz wasserlöslicher, organischer Lösungsmittel und unter genauer Kontrolle von pH, Ionenstärke, Temperatur und Konzentration der Zusätze.

Die Aussalzmethode wurde auf empirischer Grundlage bereits im 18. und 19. Jahrhundert entwickelt, doch ist ihre Anwendbarkeit nicht auf Proteine be-

¹ Wissenschaftliche Laboratorien der Hoffmann La Roche & Co., AG., Basel.

² E. J. COHN, L. E. STRONG, W. L. HUGHES, JR., D. J. MULFORD, J. N. ASHWORTH, M. MELIN und H. L. TAYLOR, J. Amer. Chem. Soc. 68, 459 (1946).

³ E. J. COHN und J. T. EDWARDS, *Proteins, Amino Acids and Peptides*, Amer. Chem. Soc. Monograph Series, Nr. 90 (Reinhold Publ. Corp., New York 1943).

⁴ E. J. COHN, Exper. 3, 125 (1947).