

---

**Paragenetische Verhältnisse und Bildungsweise der  
Mineralien und Pseudomorphosen des Wendelsteiner  
Höhenzuges bei Nürnberg.**

Von **S. Klein**, München.

Mit 3 Textabbildungen.

**I. Einführung.**

Eine der auffälligsten Erscheinungen im oberen bunten Keuper Frankens ist das inselartige Auftreten carbonatfreier typischer Arkoseschichten südlich von Nürnberg. Sie bilden einen Hauptbestandteil des etwa 4 km langen (in früherer Zeit Komberg genannten), SO—NW verlaufenden Burgsandstein-Hügelzuges, an dessen Südseite der Donau-Main-Kanal entlang führt und an dem die Orte Worzeldorf und Wendelstein liegen (s. Topograph. Atlas von Bayern, Blatt Nürnberg-O und Geolog. Karte des Stadtgebietes von Nürnberg von K. FICKENSCHER 1930). Die Arkoseschichten selbst zeichnen sich durch folgende Besonderheiten aus, welche ihnen seit langem teils technisch-wirtschaftliche Bedeutung, teils geologisch-mineralogische Beachtung verschafft haben:

1. Reiche Kluftmineralabsätze, die von P. DORN (1926) ausführlich beschrieben und als hydrothermale Bildungen gedeutet wurden.

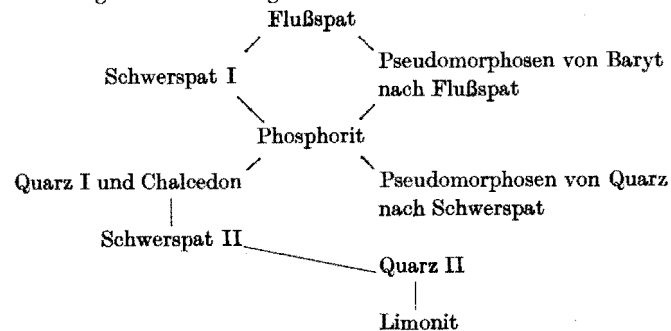
2. Anscheinend in enger Verknüpfung damit ausgedehnte Silifizierungserscheinungen, die P. DORN (1926) und nochmals G. KNETSCH (1929) beschrieben und als Wirkungen kieselsäurehaltiger Thermen deuteten. Die in verschiedenen hohem Grade eingekieselte Arkose wird seit Jahrhunderten als wertvoller Baustoff geschätzt und in ausgedehnten Brüchen gewonnen.

3. Zahlreiche kleintektonische Störungen, die den Gesamteindruck einer ungefähr SO—NW streichenden längeren Zerrüttungszone erwecken. Sie wurden von P. DORN (1926) kluftektonisch bearbeitet (vgl. auch B. WELHÖFER 1929, S. 16) und von ihm teilweise in ursächlichen, intratellurischen vulkanischen Zusammenhang mit der Mineralbildung und der Silifizierung gebracht.

Ein Versuch, die Wendelsteiner Feldspatsandstein- und Arkoseschichten selbst durch die Wirkung von Verwitterungsvorgängen in exogenetische Beziehung zu der Mineralbildung und Silifizierung zu bringen, ist dagegen bis jetzt noch nicht gemacht worden, da die hydrothermale Entstehungsweise eine ebenso einfache wie augenfällige Erklärung darzubieten schien.

P. DORN (1926, S. 564) kam hinsichtlich der Mineralbildung in der Wendelsteiner Arkose zu folgendem Ergebnis:

„Die in den Klüften auftretenden Mineralien ... (s. untenstehendes Schema. D. V.) dürften hydrothermalen Entstehung sein. Ebenfalls auf aufsteigende kieselsäurehaltige Thermalwässer ist die Silifizierung der Wendelsteiner Arkosegesteine zurückzuführen. Die Mineralausscheidung ging wohl in folgender Reihenfolge vor sich:



Die Entstehung der Harnische und diejenige der Kluftmineralien deutet also auf gewisse intratellurische vulkanische Beziehungen hin. Über das geologische Alter der Harnischbildungen und der Kluftausfüllungen lassen sich genauere Angaben nicht machen. Doch geht man wohl nicht allzu fehl, wenn man sie in die Zeit verlegt, in welcher in Nordbayern die basaltischen Eruptionen erfolgten, also ins Tertiär.“

Zur Zeit der Veröffentlichung von DORN's „Geologie des Wendelsteiner Höhenzuges bei Nürnberg“ mit Vorstudien über Verkieselungserscheinungen im fränkischen Keuper beschäftigt (S. KLEIN, 1932 a),

beobachtete ich schon damals in der Wendelsteiner Arkose Verkieselungserscheinungen in ungestörten Schichten und in ausgedehnter horizontaler Richtung und hielt dort die chemisch-geologischen Bedingungen auch für exogene Silifikation für gegeben. Zudem hatte ich in benachbarten Gebieten der Oberpfalz bereits gefunden (S. KLEIN 1932 b), daß die bis dahin von A. STAHL (1912) und A. WURM (1925) als endogen angesehenen und mit dem Tertiärvulkanismus in Verbindung gebrachten Kaolinlagerstätten exogene Bildungen in Wannen und Flußfurchen alter Landoberflächen darstellten, wobei auch Liegendes siallitiert und enteisent wurde. Es erschien mir nach Kenntnisnahme der DORN'schen Veröffentlichung daher ziemlich unwahrscheinlich, daß in verhältnismäßig noch größerer Entfernung von basaltischen Ergüssen (auch die benachbarten fränkischen Verwerfungslinien ließen keine hydrothermalen Bildungen erkennen), in einer anscheinend nur örtlichen Zerrüttungszone hydrothermale Absätze größeren Ausmaßes vorkommen sollten. Allerdings trugen diese lokaltektonischen Erscheinungen einen recht auffälligen Charakter, den ich jedoch zu einem beträchtlichen Teil der Starrheit und Sprödigkeit der eingelagerten, etwa SO—NW streichenden, bereits vor der Hauptbeanspruchung  $\pm$  silifizierten Arkose, ferner den Verstürzen und Rutschungen der mit sandigen bis leetigen Schichten wechsellagernden, seit Jahrhunderten mit Pulver und Pickel abgebauten Feldspatsandsteine und Arkosen zuschrieb. Spätere Angaben von G. KNETSCH (1929) bestärkten mich nur noch mehr in meiner Auffassung.

Bezüglich der Kluftmineralien hatte ich schon, als ich mich zu einer planmäßigen Untersuchung entschloß, auf Grund der DORN'schen Angaben folgende, mir wesentlich erscheinende Einwendungen zu machen:

1. Fluorit und Phosphorit, gerade diejenigen Mineralien, welche, wenn sie paragenetisch in entsprechender Verbreitung und größerer Menge vorkommen, am meisten für hydrothermalen Absatz sprechen, fanden sich nach DORN nur an einer Stelle des etwa 4 km langen Steinbruchgebietes (in den Jegelsbrüchen), dabei nur in winzigen Mengen. Diese Tatsache sprach eher gegen als für eine authigen-hydrothermale Entstehung dieser Mineralien.

2. Von den Kristallnegativen, die DORN wohl als ausschlaggebend für das ehemals häufige Auftreten von Fluorit ansah, zeigten die in der Mineraliensammlung der Naturhistorischen Gesellschaft in Nürnberg aufbewahrten Stufen bei Betrachtung der Innenflächen keine Würfelform, sondern erinnerten häufig an Rhomboeder-negative, etwa von Braunspat oder Eisenspat herrührend, oder an eine ähnlich aussehende Flächenkombination von Baryt.

Über meine diesbezüglichen späteren Beobachtungen an selbst gesammeltem Material werde ich nachstehend berichten. An Hand desselben und der an den Fundstellen sonst gemachten Beobachtungen,

sowie von Laboratoriumsuntersuchungen möchte ich nunmehr, unter steter Berücksichtigung des DORN'schen Mineralfolgeschemas, die einzelnen Mineralien nach genetischen Gesichtspunkten besprechen. Ich glaube hierdurch ihre Entstehung ebenfalls sehr einheitlich, jedoch als exogen erklären<sup>1</sup> und außerdem etwas zur chemischen Erkenntnis der Pseudomorphosenbildung von Quarz nach Baryt beitragen zu können.

## II. Vorkommen und Bildungsweise der einzelnen Mineralien und Pseudomorphosen.

Es soll zunächst das Auftreten der beiden Mineralien Fluorit und Phosphorit besprochen werden, deren Verbreitung und örtliche Menge, relatives Alter und Sukzessionsart für die Beurteilung der hydrothermalen Deutung der Wendelsteiner Kluftmineralien besonders wichtig sind.

### 1. Fluorit.

Zum erstenmal hat DORN Flußspat im Wendelsteiner Höhenzug beobachtet. Er schreibt darüber (S. 549):

„In einer mir zur Untersuchung vorliegenden Gesteinsstufe von den Jegelsbrüchen konnte ich kleine, etwa 0,5 cm große Flußspatwürfel feststellen. Leider fand ich sonst nirgends auf den zahlreichen Klüften des Wendelsteiner Höhenzuges Fluoritkristalle. Die Würfel sind z. T. von Schwerspat überwachsen.“ (Hierauf folgt eine Beschreibung dieser Kristalle.)

Trotz aller Bemühungen gelang es mir nicht, derartige Flußspatkriställchen nochmals aufzufinden. Nachdem DORN von einer „Gesteins“-Stufe aus den Jegelsbrüchen spricht, in der auch Baryt vorkommt, liegt die Vermutung nahe, daß es sich um zugleich mit den Arkosegemengteilen zugeführte und mit ihnen zusammen abgelagerte Fluoritspaltstückchen handeln dürfte, die vielleicht aus dem gleichen, anscheinend ungestörten, verquarzten Schichtenverband stammen, in dem ich etwa ebenso große Einsprenglinge von Kupferkies mit Bleiglanz neben Baryt aufgefunden habe und in dem allein auch der grünliche Phosphorit auftritt (siehe S. 238 ff.). Da letztere Mineralien (mit Ausnahme des Baryts) nur einmal und nur in den Jegelsbrüchen gefunden wurden, von mir außerdem nicht auf echten Klüften, sondern in Spältchen und mit Quarzdrusen ausgekleideten Hohlräumen des Schichtgesteins, so kann der Fluorit DORN's (eine chemische Prüfung konnte anscheinend nicht vorgenommen werden) wohl für sich allein nicht endogen gedeutet werden, sondern am ehesten als eines der letzten Merkmale eines Seifentransportes aus dem Osten oder Südosten mit den übrigen

<sup>1</sup> Anmerkung während des Druckes: Auf den diesbezüglichen Prioritätsanspruch von L. KRUMBECK (siehe Z. deutsch. geol. Ges. 87, H. 6, S. 373/374) werde ich bei passender Gelegenheit näher eingehen.

Sedimentgesteinsbestandteilen. Nicht ganz auszuschließen wäre auch die Annahme, daß es sich bei diesen geringen Fluoritmengen um eine Neubildung handelt, da die Dünnschliffuntersuchung Kristallfragmente von Apatit aufzeigte.

### 2. Pseudomorphosen nach Fluorit.

DORN's Deutung der zahlreichen, auf Mineralstufen mehrerer Fundplätze vorkommenden, öfters an kubische Formen erinnernde Kristallnegative als Pseudomorphosen von Baryt oder Quarz nach Flußspat ist größeres Gewicht beizulegen, als den hie und da geäußerten Vermutungen, es könne sich um Negative von Pyrit oder Bleiglanz handeln. Obwohl auch sehr vereinzelt Bildungen dieser Art wahrscheinlich sind, kann hierdurch, ebenso wenig wie durch das häufigere Auftreten von rhomboedrisch aussehenden Negativen, die vielleicht von Carbonaten herrühren, die Gesamterscheinung auch nur einigermaßen befriedigend erklärt werden.

Auf Grund vieler, immer wieder von neuem angestellter Beobachtungen und Vergleiche hinsichtlich dieser für die genetische Gesamtbeurteilung wichtigen Frage kam ich zu dem Ergebnis, daß auch die DORN'sche Deutung der Negative höchstens ausnahmsweise zutreffen könnte, daß dagegen andere Entstehungsarten teils sicher nachweisbar, teils höchst wahrscheinlich sind. Zum objektiven Vergleich der Beobachtungen und Deutungen ist es jedoch nicht zu umgehen, zunächst das Wesentlichste der DORN'schen Angaben (1926, S. 550) wörtlich wiederzugeben:

„Neben diesen Flußspatwürfeln treten in großer Verbreitung auf den hercynisch sich hinziehenden Klüften Würfelnegative auf, die, wie ich im folgenden zeigen werde, als Pseudomorphosen nach Flußspat anzusehen sind. Eine Übrindung hat stattgefunden bei verschiedenen Individuen durch Schwerspat, bei den meisten jedoch durch Quarz. Während Pseudomorphosen von Schwerspat nach Flußspat mir nur von den Jegelsbrüchen vorliegen, fand ich solche von Quarz nach Fluorit sowohl in diesen Aufschlüssen wie auch am Glasersberg und im Hoffmannsbruch. Die Länge der Würfelkanten kann bis zu 3 cm betragen. Die gewöhnlich im Innern hohlen Übrindungswürfel sind zumeist nicht mehr vollständig erhalten. Bei den meisten Pseudomorphosen ist es so, daß eine Hexaederfläche in ihrer vollen Größe noch zu beobachten ist, zwei oder drei nur noch z. T. und die übrigen man sich ergänzen muß. Bei beiden Pseudomorphosenarten sind die übrindenden Quarz- bzw. Barytkristalle nach außen gerichtet. Die Innenflächen der Pseudomorphosen von Quarz nach Flußspat sind meist spiegelglatt, die Ecken und Kanten gewöhnlich scharf ausgeprägt. Zuweilen jedoch ist dies auch nicht der Fall, was wohl auf eine bei der Pseudomorphosierung entstandene Deformation zurückzuführen ist. Die Kantenwinkel betragen bei beiden Pseudomorphosenarten durchweg 90°. Nicht so eben sind die meisten Übrindungspseudomorphosen von Schwerspat nach Fluorit, zumal manche derselben von würfelförmigen

Subindividuen wie parkettiert erscheinen. Anzeichen von Spaltrissen konnte ich auf den Abdruckflächen nicht beobachten. Durchkreuzungszwillinge nach dem Oktaeder, wie sie für Flußspat so charakteristisch sind, konnten bei beiden Pseudomorphosenarten in großer Verbreitung beobachtet werden. Diese Durchwachsung nach (111) spricht unzweifelhaft für ehemalige Fluorite.“

Paragenetisch betrachtete DORN den Flußspat als das älteste der in den Klüften des Wendelsteiner Höhenzuges vorkommenden endogenen Mineralien, dem als nächste Abscheidung Baryt folgte. — Zu diesen Mitteilungen DORN's möchte ich zunächst folgendes bemerken:

a) Sukzession. Pseudomorphosen von Schwerspat nach Flußspat konnte ich trotz aller Nachforschungen nirgends entdecken. Ich vermute, daß es sich dabei um Eindrücke quadratisch ausgebildeter Prismenflächen von Quarzkristallen handelte, in denen sich nachträglich Baryt ansiedelte. Auf die Entstehungsweise solcher Negative werde ich gleich zurückkommen. Ferner tritt nach meinen Beobachtungen der Baryt im Wendelsteiner Höhenzug — entgegen dem DORN'schen Schema — überall erst nach der letzt erkennbaren Kieselsäureabscheidung auf. Es wäre daher schwer erklärbar, wenn Fluorit ohne vorherige Verdrängung bzw. Überkrustung durch Quarz von Baryt überwachsen worden sein sollte.

b) Form der Negative: DORN gibt an, daß meist nur eine Hexaederfläche in ihrer vollen Größe noch zu beobachten ist, bzw. daß die Kantenwinkel durchwegs  $90^\circ$  betragen. Solche Flächen kommen natürlich auch beim rhombischen Baryt vor; bei genauer Betrachtung des Innern der Negative beobachtet man aber außerdem meistens, daß zwei oder mehr Flächen spitz- oder stumpfwinkelig zusammenstoßen.

Bei längerem Studium dieser Erscheinungen lassen sich nun für folgende drei Entstehungsarten Belege auffinden. (Die Belegstücke habe ich der Sammlung der Bayerischen Geologischen Landesuntersuchung in München übergeben.)

1. Namentlich die älteste Phase der Verdrängung von Baryt durch Quarz, die zu unterst auf dem stets silifizierten Gestein oder in einer schon darüber abgeschiedenen kristallinen Quarzmasse zu erkennen ist, ist in der Weise ausgebildet, daß häufig große, dünne Baryt tafeln, oft büschelförmig, aber auch vereinzelt,  $\pm$  senkrecht zur Gesteinsfläche stehend, in dieser Quarzmasse pseudomorphosiert eingelagert sind, so daß manchmal ein zellenartiger Charakter entsteht. Diese Bildungen machen den Eindruck großer Wachstumsgeschwindigkeit des ursprünglichen Baryts in einer noch sehr lockeren Kieselsäuremasse, die z. T. vielleicht erst nachher durch die Zufuhr entsprechend zusammengesetzter Lösungen eine Verdichtung und Kristallisation erfuhr, wobei auch die Schwerspatlamellen durch

Quarz pseudomorphosiert wurden. Nach der später gegebenen chemischen Deutung dieser Kluftmineralbildungen ist eine annähernd gleichzeitige Kristallisation von Quarz und Baryt durchaus möglich und hierdurch ist nun eine sehr einfache Lösung für einen großen Teil der Negativbildungen gefunden. Zum Teil sind es geometrisch begrenzte Hohlräume, deren ursprünglicher Barytinhalt wohl vor der Verdrängung durch Quarz geschützt blieb und erst später aufgelöst wurde, recht häufig handelt es sich jedoch um herausgebrochene kristallisierte Quarzmasse, die zwischen ehemaligen Baryt lamellen eingebettet war. Die anfängliche Erhaltung von Barytkristallen innerhalb der Quarzmasse ist einfach zu erklären. Die Entstehung derselben setzt vorherige Umsetzung löslicher Bariumsalze mit Sulfaten voraus, also eine gewisse Zeit der Diffusion, während der auch feine unlösliche Stoffe mit einwandern konnten, die beim Wachsen der Kristalle in zunehmender Menge nach außen geschoben wurden und schließlich eine Schutzhülle bilden halfen; daher auch die so häufige Erhaltung feiner roter eisenoxydartiger Einlagerungen und Überzüge bei den Pseudomorphosen von Quarz nach Baryt und in vielen Negativen. Eine weitere Bestätigung hierfür dürfte auch folgende, damit verwandte Entstehungsweise sein.

2. In manchen Negativen, die von Quarzkrusten geometrisch begrenzt sind, fand ich unregelmäßige warzen- oder drusenartige Erhöhungen, mit Quarzkriställchen besetzt, vor, so daß der Eindruck entstand, daß hier ursprünglich lockeres Kieselsäuregel zurückgeblieben war, später zusammensank und kristallinisch wurde („umstand“). In seltenen Fällen fand ich nun beim Zerschlagen von Kluftausfüllungen Negative noch teilweise mit einer lockeren, rissigen Tonmasse erfüllt, wobei die an Luft grenzende Tonschicht vollständig eben war, was kaum von später erst eingeschwemmtem Schlamm herrühren konnte. All dies weist darauf hin, daß inmitten einer noch beweglichen Kieselsäuremasse nicht nur Baryt, sondern hie und da auch sehr stark verunreinigte Kristalle, vielleicht von leicht löslichen Chloriden oder Sulfaten, ausgeschieden worden waren. Es wäre auch leicht verständlich, daß die bei dem Lösungsumsatz von Bariumsalzen mit Sulfaten kurz vor dem völligen Abdunsten entstandenen löslicheren Salze idiomorph auskristallisieren konnten. An deren Begrenzungsflächen dürfte sich nachträglich auch Baryt angesetzt haben, der später verquarzte und die Schärfe und Glätte mancher Negativflächen besonders gut erhielt.

3. Eine weitere Entstehungsweise konnte unmittelbar erwiesen werden. Sie ist geeignet, die von DORN angenommenen Durchkreuzungszwillinge nach dem Oktaeder und andere anscheinend reguläre Teilformen leicht zu erklären. Beim Auseinanderschlagen eines mit Limonit wie durchtränkt erscheinenden silifizierten Gesteinsstückes aus dem Gebiet der barytführenden Klüfte im Fischleinsberg bemerkte ich die Erscheinung der gegenseitigen Abbildung

von Kristallteilen auf einander gegenüberliegenden Flächen, entstanden durch Gegeneinanderwachsen zahlreicher Quarzkristalle in kleinen Gesteinsspalten. Diese teilweise starken Eindrücke konnten nur dadurch zustande kommen, daß in die Spalte bereits zu der Zeit weichere Substanzen eingewandert waren, als sich die Kristalle durch Wachstum einander vollständig näherten. Es entstanden so quadratische und rechteckige Eindrücke von Prismenflächen, aber auch unregelmäßige und spitzwinklig zulaufende, an Oktaeder-negative erinnernde Ränder mit verquarzten rippenartigen Zwischenwänden, bei deren Bildung auch ursprünglich Baryt beteiligt gewesen sein kann. Auch fanden sich in quadratischen Negativen, die mit tiefbraunen tonigen Limonithäutchen bedeckt waren, Barytblättchen als Neubildung vor. Hierzu sei noch erwähnt, daß der Quarz im Wendelsteiner Höhenzug häufig sehr regelmäßig ausgebildete Prismen- und Rhomboederflächen aufweist, aber auch öfters so ausgebildet ist, daß drei alternierende Zonen fast ganz verschwinden können und beinahe der Eindruck kubischer Formen entsteht.

Nach diesen ausführlichen Erörterungen dürfte es verständlich sein, wenn ich ein Auftreten von Pseudomorphosen nach Fluorit und damit auch eine ursprünglich beachtenswerte Fluoritbildung nicht annehmen kann.

### 3. Phosphorit (Kupferkies, Bleiglanz).

Auf einer „eng zu begrenzenden Stelle“ des Jegelbruches treten nach DORN (1926, S. 545) auf den Kluftflächen einer in hercynischem Streichen verlaufenden Spalte stenglige, radialstrahlige angeordnete Mineralien auf, die DORN analytisch als Phosphorit bestimmen konnte. Die Länge der einzelnen Individuen geht nach DORN in den seltensten Fällen bis über 5 mm, ihre Breite ist etwa 0,25 mm. Schon DORN fand es eigenartig, daß der Phosphorit in den Wendelsteiner Brüchen nur an einer einzigen Stelle und nur „als Kluftbelag des hier stark silifizierten Gesteins“ sowie in kleinen Drusen aufzufinden war. Auch in den Steinbrüchen im Fischleinsberg glaube ich Anflüge von schwach gelblichgrau gefärbten zarten Phosphoritnadelchen beobachtet zu haben, jedoch ist auch nach meiner Untersuchung das Auftreten des grünlichen Phosphorits, und zwar in beachtlicher Menge bzw. in gehäufte Weise, nur auf die bereits von DORN angegebene (auch früher schon für das noch nicht als Phosphorit bestimmte Mineral bekannte) Stelle am Ende des hinteren Wernloches in der Gegend des heutigen Neubruches beschränkt. In Abb. 1 ist mit einem Pfeil auf die Schichtlage bzw. Stelle hingewiesen, in der Phosphorit auftritt und von der im Frühjahr 1930 durch Frostwirkung sich Teile ablösten, so daß weitere Untersuchungen bequem an den auf dem Erdboden liegenden größeren und kleineren Felsstrümmern (auf Abb. 1 vor der Figur) vorgenommen werden konnten. Sie hatten ein für die genetische Gesamtdeutung sehr wertvolles

Ergebnis. Ehe ich auf die aufgefundenen Mineralien eingehe, halte ich es daher für notwendig, den Gesteins- und Schichtcharakter zu besprechen.

Das Gestein der Felsbrocken ist völlig silifiziert, ebenso das noch anstehende unter der Ablösungsstelle befindliche massige Gestein. Auch das über der phosphoritführenden Lage befindliche geschichtete Gestein ist noch silifiziert, während in das teils geschieferte, teils gebankte Hangende hinein keine diesbezügliche Untersuchung mehr angestellt werden konnte; jedenfalls sind auch



Abb. 1. Bisher einziges Vorkommen von Phosphorit, Kupferkies und Bleiglanz (neben Baryt und Bergkristall) in einer verbogenen Schicht des hintersten Wernloches (nördliche Fortsetzung des Neubruches).

in diesem, von tektonischen Klüften freien Profil mindestens 10 m mächtige Schichten in nur etwas verbogener, gepreßter, im allgemeinen aber schwebender Lagerung silifiziert anzutreffen. Bei näherer Untersuchung des Gesteins unter Zuhilfenahme des Binokulars und von Dünnschliffen ergibt sich hier eine sehr unruhige Sedimentation, wie sie mit bloßem Auge, auch infolge der starken Verquarzung, nicht vermutet wurde (petrographisch erinnert dieser Schichtenkomplex sehr an Beobachtungen und deren fluvio-äolische Deutung von G. KNETSCH 1929, S. 115/116). Die abgeplatzten Felstrümmer zeigten in der Farbe einen vorherrschend graugrünen Ton, teilweise auch noch blaßhimbeerrote Färbung, was auf die Gegenwart reduzierend wirkender Wässer vor oder während der Silifikation hinweist. Es ist ein vorwiegend feinkörniges bis pelitisches Gestein (z. T. von alphaltischem Charakter), jedoch finden sich darin auch zahlreiche Quarzkörner der verschiedensten Größenordnung vor. Beim Versuch, die größten abgestürzten Felstrümmer

weiter zu zerschlagen, zeigte sich, daß dieselben von zahlreichen Spalten und Spältchen, auch von größeren Hohlräumen unregelmäßiger, meist länglicher Gestalt durchzogen waren, welche zu tektonischen Ursachen nicht in unmittelbarer Beziehung stehen konnten. Ihre Entstehung muß vornehmlich auf die Eintrocknung schlammiger Massen, z. T. auch auf späteren Substanzentzug zurückgeführt werden; in der Silifizierungszeit könnte hier auch eine Schichtquelle verlaufen sein.

Die größte Anhäufung von Phosphoritaggregaten fand sich nun in einer wohl über 1 m langen, schlierenartigen Einlagerung von weißlich- bis dunkelgrauer, z. T. körnig-kristallinen, silifizierten Gesteinsmasse von teilweise lockerer Beschaffenheit und zahlreichen, von Quarzdrusen und hellgrünlichen Chalcedonkrusten erfüllten Hohlräumen vor. Schon der erste Anblick erweckte den Verdacht metasomatischer Verkieselung einer ehemals stärker carbonatischen Einlagerung. Ich glaube diese Deutung festhalten zu können, da unter dem Binokular zahlreiche Diffusionskanäle erkennbar wurden, in denen Salzsäure noch starkes Aufbrausen erzeugte, qualitativ chemisch im Salzsäureauszug außer Eisen und Spuren von Calcium auffallend starke Spuren von Magnesium nachzuweisen waren, und im Dünnschliff dichter Gesteinsmasse, allerdings selten, Rhomboederfragmente mit einem Spaltflächenwinkel von ca. 72° auftraten (außerdem auch dichroitische Apatitkriställchen). Auf den reichen Bestand dieses Schichtgesteins an Quarzkristallen, Pseudomorphosen von Quarz nach Baryt und das Vorkommen von Baryt selbst gehe ich bei der Einzelbesprechung dieser Mineralien ein; hier muß vor allem noch das Zusammenvorkommen des Phosphorits mit sedimentiertem Derberz erwähnt werden.

Ausschließlich in dieser soeben beschriebenen Einlagerung fanden sich, meist ziemlich dicht nebeneinander lagernd, Einsprenglinge von selten noch frisch erscheinendem, zumeist mehr oder weniger in Zersetzung begriffenem Kupferkies vor, der z. T. wegen der dunkelstahlgrauen Verwitterungsfarbe an Antimonfahlerz erinnerte. Genaue qualitative Analysen von an verschiedenen Stellen entnommenen Erzbrocken, wie auch der physikalische Befund, zeigten mir aber, daß neben Kupferkies von ursprünglichem Erz nur noch Bleiglanz in geringerer Menge vorkam. Die Erzteilchen sind in der Mehrzahl über ca. 0,3 cm bis über 1 cm lang; öfters zeigt sich bei benachbarten, aber durch silifizierte Zwischenmasse voneinander getrennten Brocken, daß sie ursprünglich aus einem Stück bestanden. Durch Zersetzung des Kupferkieses entstanden vor allem Malachit und Limonit, welche z. T. Negative von Erzbrocken noch ausfüllten. Einige Negative mit ein oder zwei ziemlich ebenen Flächen deuten wahrscheinlich unvollkommene Spaltbarkeit an und erinnern manchmal an Fragmente von Tetraedern. Auf den Oberflächen der Erzstückchen konnte außerdem, durch Verwitterung entstanden, Kupfer-

glanz, anscheinend auch Kupferpecherz, beobachtet werden. Obwohl manche Erzstückchen nicht oder kaum angewittert eingekieselt wurden, beobachtet man bei anderen starken Verwitterungsangriff vor der Einkieselung. Außerdem ist das umgebende Gestein diffusionsgangartig mit z. T. carbonatischen Zersetzungsprodukten der Erze infiltriert und mit oft beträchtlichen Malachitanflügen versehen. Zwischen der kristallinen sekundären Kieselsäure finden sich ferner Lamellen von sekundär entstandenem Kupferglanz, seltener auch feine Pyritkriställchen. Die Kupferglanzlamellen wurden großenteils in Malachit übergeführt. So entsteht im ganzen der Eindruck, daß hier der wohl aus einer Barytformation der östlich bis südöstlich gelegenen böhmischen Masse mit Schlammströmen herbeigeführte Kupferkies ursprünglich ganz oder teilweise in carbonatisches Gestein eingebettet war, das wohl schon vor aber auch noch während der Verkieselung zersetzt wurde und ferner, daß während der Verkieselung sekundär Kupferglanz und etwas Eisenkies mit auskristallisierten. Solche Carbonatrete, außerdem vielleicht noch viel später durch Sickerwässer zugeführter kohlensaurer Kalk, dürften die eine Ursache sein, warum in der sonst praktisch carbonatfreien Wendelsteiner Arkose gerade und nur hier sekundär Phosphorit entstand und erhalten bleiben konnte. Die erforderliche Phosphorsäure stammt hier wohl hauptsächlich aus den im Sedimentgestein eingestreuten Apatitkriställchen. Es wäre auch möglich, daß gerade hier auch geringe Reste von sedimentärem Flußspat an der Neubildung von Phosphorit beteiligt gewesen sein können. Unter dem Mikroskop konnte auch beobachtet werden, wie bei einem warzenförmigen, auffallend grünen Phosphoritgebilde durch Salzsäure die mikrokristalline Oberfläche unter Entfärbung gelöst wurde und darunter ein Haufwerk trüber gelblicher Kriställchen zum Vorschein kam, die allmählich unter Entwicklung größerer Gasblasen aufgelöst wurden. Auch dies weist darauf hin, daß es sich um eine, wohl meist jugendliche Bildung von Phosphorit durch Einwirkung sehr geringer Mengen von Phosphorsäure auf Kalkspat handelt. Die grüngefärbten Individuen dürften äußerst geringe Mengen von Kupfer enthalten, denn ich erhielt aus der salzsauren Lösung der grünen Aggregate auf dem Objektträger mit Ferrozyankalium nach dem Eintrocknen einen feinen roten Saum. Vielleicht hängt die von Dorn beobachtete Empfindlichkeit der grünen Farbe gegen Sonnenlicht hiermit zusammen, doch dürfte die Entfärbung eher durch Wärme bzw. Feuchtigkeitsentzug veranlaßt worden sein.

Phosphorit fand sich nun außerhalb dieser verkieselten Einlagerung auch sonst fast in jedem Drusenraum dieser Felsstücke, aber stets als letztes Ausscheidungsprodukt auf kristallinem Quarz oder unmittelbar auf der Gesteinsmasse. Er macht so oft den Eindruck einer rezenten Bildung, und ich nehme dies auch teilweise an. Wenn ich noch anfüge, daß etwa 25 m weiter südlich, dort, wo auf

Abb. 3 die Steinbrucharbeiter stehen, in größerer Menge bis zu 10 cm lange fettglänzende, muschelrig brechende, milchig getrübte, bunte, kaum kantengerundete Quarze in die grobkörnige quarzitisches Arkose eingestreut sind, die ihrem Charakter nach unzweifelhaft dem Gebiet der östlichen Phosphatpegmatite entstammen, so dürften folgende Folgerungen berechtigt sein:

Phosphorit kann hier keine thermale Bildung sein; auch ist er (ebenso wie der Baryt) jünger als sämtliche Quarzausscheidungen. Seine Entstehung verdankt er im wesentlichen Bestandteilen des Schichtgesteins, die Phosphorsäure kann z. T. aber auch durch Sickerwässer aus dem Vegetationsboden zugeführt worden sein. Bezüglich seines Alters ist oft kaum festzustellen, ob das in den Drusenräumen entstandene Mineral sofort nach der Verkieselung sich abgeschieden hat oder eine rezente Bildung darstellt. Manches spricht auch für letztere Möglichkeit.

(Fortsetzung folgt!)

## Abhandlungen.

### Paragenetische Verhältnisse und Bildungsweise der Mineralien und Pseudomorphosen des Wendelsteiner Höhenzuges bei Nürnberg.

Von S. Klein, München.

(Schluß.)

#### 4. Quarzausscheidungen auf Klüften.

Nach DORN (1926, S. 558) gewinnt man im Wendelsteiner Höhenzug unwillkürlich den Eindruck, daß „eine Stelle, je stärker tektonisch zerrüttet sie ist, in um so stärkerem Maße auch einer Verkieselung ausgesetzt war“. G. KNETSCH (1929, S. 133/134) sagt über die genetischen Beziehungen sehr deutlich:

„Bei der Frage nach der Herkunft der verkittenden Kieselsäure scheidet nun eine Ableitung ihre Entstehung aus der Verwitterung der Aluminosilikate hier völlig aus, die für andere Vorkommen eine sehr große Bedeutung hat. Das beweist schon das Gebundensein ihres Auftretens an einzelne und noch jetzt genau zu fixierende Zonen tektonischer Zerrüttung, die gerade die krassesten Beispiele von Silifizierung zeigen. Weiterhin die Vergesellschaftung der Kieselsäure mit anderen Mineralien, die, hier gleichzeitig auftretend, einmal ebenfalls nur an die Kluft gebunden, z. T. wenigstens früher als Bindemittel relativ weit in die Gesteinsmassen übergreifen.“

Ein gründliches Eingehen auf die bei Wendelstein auftretende Gesteinssilifizierung — etwa unter Zugrundelegung des von M. STORZ (1928) vervollkommenen Schemas und der hierfür in Frage kommenden differenzialdiagnostischen Kennzeichen — kann hier nicht erfolgen; keinesfalls liegen diesbezüglich die Dinge so einfach, wie dies DORN angenommen hat. Gegenüber der auch noch von KNETSCH vertretenen endogenen Auffassung kann ich deshalb hier nur einige besonders auffallende Gegenbeispiele anführen und außerdem auf nicht damit in Einklang zu bringende Erscheinungen in den Klüften selbst hinweisen. Unterscheidet man zwischen verschiedenen Möglichkeiten der flächenhaften Schichtgesteins- und solchen der Kluftflächen-silifikation, so lassen sich die angeführten Beobachtungen von DORN und KNETSCH in bezug auf die Klüfte sowohl als Wirkungen aufsteigender wie absteigender kiesel-säurehaltiger (oder auch nur alkalischer) Lösungen deuten, sind also für die Thermaltheorie nicht beweisend.



Flächenhaft silifizierte Schichten ohne tektonische Zerrüttungserscheinungen bzw. ohne ausgeprägte Kluftbildungen oder Ruschelzonen sind heute besonders gut aufgeschlossen in den Hoffmannsbrüchen im Worzeldorfer Berg und in dem sog. Neubruch der Jegelsbrüche. Abb. 2 und 3 stellen nebeneinanderliegende Teile des Neubruches dar. Die auf Abb. 2 im Mittelgrund sichtbare, im Abbau befindliche Anhöhe besteht aus wechsellagernden Schichten von oft sehr grobkörniger Arkose mit meist schieferigen tonig-sandigen



Abb. 2. Neubruch der Jegelsbrüche mit zerklüfteten „Feuerwänden“ an der Nordseite.

Zwischenlagen. Nicht bloß dieser zurzeit etwa 25 m mächtige Aufschluß, sondern das ganze Gebiet, von der im Hintergrund von Abb. 2 noch sichtbaren überwaldeten Gesteinswand im Süden an, bis zu den im Norden wegen zu großer Härte und Sprödigkeit stehengelassenen zerklüfteten „Feuerwänden“ der Steinbrucharbeiter (auf beiden Abbildungen rechts) ist ziemlich gleich stark silifiziert; dies geht schon aus den gleichen Verwendungszwecken der hier abgebauten quarzitischen Arkose hervor. Die „übersilifizierten“ Feuerwände stellen demgegenüber nur eine kleine Insel kräftiger Spaltenbildung in etwa hercynischer Richtung dar. Es ist durchaus nicht zu erweisen, ja aus verschiedenen Gründen — so wegen der nach dem Liegenden zu meistens zu schmalen Rissen zusammenschumpfenden Klüfte — nicht einmal wahrscheinlich, daß diese Zerrüttungserscheinung sehr tiefgreifend ist; sie scheint eher mit einer einseitigen, möglicherweise auch stoßartigen tangentialen Gesteins-

beanspruchung zusammenzuhängen. Es ist aber undenkbar, daß von diesem kleinen Spaltengebiet aus, senkrecht dazu, durch aufsteigende oder auch durch absteigende Wässer, eine so gleichmäßig durchgreifende Silifizierung des über 100 m breit erkennbaren, längeren und ziemlich mächtigen, im wesentlichen ungestörten wechsellagernden Schichtenverbandes erfolgt sein kann. Deshalb richtet sich unser Augenmerk um so mehr auf etwaige spezifische Kennzeichen endogener Bildungen auf den hercynisch verlaufenden Klüften. Insbesondere müßten auf diesen nach dem DORN'schen Mineralfolgeschema Fluorit, Baryt, Phosphorit oder wenigstens



Abb. 3. Im nördlichen Teil des Neubruches.

noch die Pseudomorphosen nach ersteren besonders deutlich in Erscheinung treten. Aber überall dort, wo stark eingekieselte praktisch unverwitterte Arkose in größerer Mächtigkeit vorliegt, ist gerade das Gegenteil der Fall. In den „Feuerwänden“ des Neubruches fanden sich außer den fast immer bei Übersättigung durch Kieselsäure auftretenden chalcedonartigen Kluftüberzügen höchstens bescheidene Quarzkristallisationen vor, jedoch keinerlei andere der genannten Mineralien oder Pseudomorphosen. Dasselbe Bild finden wir in den gleichartigen Klüften im Fischleinsberg, was ich bereits unter Benützung von Abbildungen in meiner vorhergehenden Arbeit gezeigt habe. Ich halte es für notwendig, nochmals darauf hinzuweisen, daß gerade in den erwähnten Kluftgebieten nicht einmal Pseudomorphosen von Quarz nach Baryt auftreten. Da nun aber nach der Theorie von DORN und KNETSCH gerade hier thermale Absätze der verschiedenen Mineralien auftreten müßten, solche aber fehlen, so kann es sich an einigen dieser Stellen, wo bemerkenswerterweise



kein Quarz nach Baryt aber Baryt selbst auftritt, auch nicht um ältere Lateralsekretion handeln, sondern es müssen jugendliche Bildungen durch absteigende Verwitterungslösungen vorliegen und dies habe ich in der genannten Arbeit in der Tat nachweisen können.

Quarzkristalle auf Klüften kommen anscheinend im ganzen Gebiet der quarzitischen Arkose des Wendelsteiner Höhenzuges vor, doch lassen sich hierbei gewisse Unterschiede feststellen, die genetisches Interesse beanspruchen. In den Hoffmannsbrüchen fand ich nur in einer alten Steinbruchabteilung dünne Kluftbeläge von Bergkriställchen auf. Stärkere Kristallspiegel fanden sich noch auf Klüften des silifizierten Gesteins an der Nordseite des Glasersberg-Aufschlusses. Die Ausscheidungen an beiden Stellen sind der Kieselsäuremenge nach ziemlich unbedeutend und machen den Eindruck der allerorten auftretenden, wahrscheinlich durch eine gewisse Abdunstung von kieselensäurehaltigen Tropf- oder Sickerwässern hervorgerufenen Ausscheidungen.

Eine zweite Form der Abscheidung, welche z. T. sehr regelmäßig ausgebildete kleine Kristalle von dickerem Habitus lieferte, dürfte wesentlich durch langsame Diffusion entstanden sein. Sie findet sich in Hohlräumen und Spalten des Schichtgesteins vor, in besonders reichlicher Menge in den Gesteinstrümmern der in Abb. 3 aufgezeigten verkieselten Schichtlage, in welcher der Phosphorit vorkommt.

Die schönsten und reichsten Quarzkristallgruppen fanden sich jedoch zwischen und auf den großen Pseudomorphosen von Quarz nach Baryt, so wie sie DORN eingehend beschrieben hat. Es scheint hierbei die bemerkenswerte Tatsache zu bestehen, daß die bisher nur im hinteren Wernloch so ausgeprägt auftretenden Übrindungs-pseudomorphosen anscheinend an Klüfte gebunden sind, die mit Ruschelzonen zusammenhängen. Zum mindesten sitzen diese Ausscheidungen meistens auf stark kaolinisiertem Gestein auf, weshalb es höchst wahrscheinlich ist, daß hier sowohl der anfänglich ausgeschiedene Baryt wie der sogleich nachfolgende Quarz durch Feldspatzersetzung entstanden sind.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß auch für Quarzausscheidungen auf Klüften z. T. sichere Hinweise für exogene Bildung gegeben sind, solche für die Zuführung der Kieselsäure durch Thermalwässer aber fehlen. Nur im Gebiete des hinteren Wernloches könnte man die Hypothese berücksichtigen, daß vielleicht in der Zerrüttungszone in der tektonischen Phase Wässer aus größerer Tiefe aufsteigen konnten, die aus geothermischen Gründen etwas höhere Temperaturen aufwiesen und die starke Zersetzung der Arkose bewirkten; es ist dies aber eine kaum notwendige „Konzessionshypothese“.

##### 5. Baryt und Pseudomorphosen von Quarz nach Baryt.

In erschöpfender Weise hat DORN die auftretenden Formen von Baryt und den Pseudomorphosen von Quarz nach Baryt be-

schrieben. Ich beschränke mich hier auf die genetischen Gesichtspunkte. In meiner Untersuchung über Schwespatanreicherung durch alkalische Verwitterungslösungen (S. KLEIN 1935) konnte ich kürzlich zeigen, daß die stärkste Anreicherung von Baryt im Wendelsteiner Höhenzug auf bereits silifizierten Kluftwänden in der Steinbruchabteilung Fischleinsberg auftritt und eine wahrscheinlich völlig rezente Bildung darstellt. Das Barium stammt hier hauptsächlich aus dem darüberliegenden Gehängeschutt. Durch ähnlich geartete chemische und physikalische Vorgänge dürfte auch der größte Teil des fossilen, durch Quarz wieder verdrängten Baryts entstanden sein. Versucht man daher im exogenen Sinn eine historisch-genetische Übersicht zu gewinnen, so muß man annehmen, daß die Pseudomorphosen nach Baryt die ältesten Barytabscheidungen noch andeuten, bis zu dem Zeitpunkt, wo aus klimatischen und stofflichen Gründen keine genügende Einwanderung bzw. Erhaltung verdünnter Lösungen von Alkali und Kieselsäure mehr stattfinden konnte. Setzen wir letzteren Zeitpunkt versuchsweise ungefähr an das Ende der Tertiärzeit, so ist der Baryt selbst als jugendliche Neubildung anzusehen. Es soll weiter versucht werden, auf Grund der bisher gemachten Beobachtungen innerhalb dieser beiden zugleich zeitlich gedachten Abteilungen einige Mineralentstehungstypen festzuhalten. Auf diese Art könnte bis jetzt versuchsweise etwa folgendes Schema aufgestellt werden:

##### a) Pseudomorphosen von Quarz nach Baryt.

1. Pseudomorphosen auf tektonischen (etwa hercynisch verlaufenden) Klüften innerhalb eines unverwittert eingekieselten Arkosekomplexes wurden weder in den großen Jegelsbrüchen noch im Fischleinsberg aufgefunden; dies spricht gegen eine thermale Bildung des Baryts. Auf Kluftwänden an der Nordseite des Glasersberges fanden sich ziemlich geringfügige Anflüge von Quarz nach Baryt. Die dünnen Quarzkrusten, welche anscheinend größtenteils aus solchen Pseudomorphosen bestehen, lassen sich von ihrer Unterlage geradlinig abspalten. Es hinterbleibt hierbei auf der silifizierten Gesteinsunterlage etwas weißes, mehlartiges wasserunlösliches Pulver (vgl. S. 265). Anscheinend war dieses rissige mittelkörnige Arkosegestein vor der Silifizierung  $\pm$  stark angewittert. Es dürften daher die Mineralbestandteile für diese geringen Ausscheidungen von der nächsten Umgebung stammen, für eine endogene Deutung kann dieses kaum nennenswerte Vorkommen keinesfalls in Anspruch genommen werden.

2. Pseudomorphosen in Verbindung mit reicher Quarzkristallbildung auf Klüften in der Gegend der Ruschelzonen des hinteren Wernloches:

a) Auf vorher wenig verwittertem, stark silifiziertem Gestein. Im Gegensatz zur Gruppe 1 fanden sich hier ausgebreitete Bildungen,

z. T. sehr großer Pseudomorphosen von Quarz nach schon vor und wahrscheinlich noch während der Kieselsäuremobilisierung ausgeschiedenem Baryt. Benachbarten Quarzkrusten sitzen Gruppen dicker, kurzer Bergkristalle auf. Es entstanden hier die prachtvollen großen Gruppen der von DORN beschriebenen „Überrindungs-pseudomorphosen, von denen wir öfters Stufen in bayerischen Sammlungen finden. Die Gesteinsunterlage dieser Bildungen entspricht in der Silifikationsstärke völlig den „Feuerwänden“, allein die Arkose war zu Beginn der Silifizierung bereits mindestens angewittert.

b) „Ruschelzonentypus“. Im Gegensatz zu a) ist die Gesteinsunterlage weniger stark silifiziert, aber außerordentlich stark kaolinisiert, daher völlig matt, von rauhem, sandsteinartigem Charakter. Die noch matt erscheinende kryptokristalline Quarzmasse ist nicht wie meist bei den typischen Kluftbildungen als zusammenhängende  $\pm$  dicke, der Gesteinsfläche parallel laufende Krustenunterlage abgesondert, sondern schießt plattenartig in die Höhe und steht anscheinend in Verbindung mit den Gesteinsrissen. Es finden sich auch in der chalcedonartigen Quarzmasse kleine Überkrustungs-pseudomorphosen eingewachsen, viel reichlicher aber darauf aufgewachsen. Dagegen sind keine gleichzeitig aufgewachsenen Quarzkristallgruppen mehr zu beobachten (wie bei a), seltener sind auch Verdrängungspseudomorphosen von Quarz nach Baryt. Auch hier ist der Eindruck annähernd gleichzeitiger Ausscheidung beider Mineralien vorhanden.

3. Nicht in Beziehung zu tektonischen Klüften stehende Ausscheidungen in Spalten, Spältchen und Drusenräumen des Schichtgesteins selbst. Sie wurden von mir nur in der auf Abb. 1 bezeichneten Schichtlage bzw. in den davon herrührenden Gesteinsblöcken beobachtet; sie enthalten reichlich Negative.

#### b) Neubildungen von Baryt.

1. Massige Kluftausfüllungen, stets zwischen völlig silifizierten Kluftwänden.

a) Alternierende Ausscheidung von Baryt und Limonit. Dieses Auftreten im Glasersberg, welches für eine jugendliche Bildung durch Sickerwässer spricht, ist in meiner vorangegangenen Arbeit (1935) beschrieben.

b) Wahrscheinlich noch jüngerer Entstehung (mindestens zu einem großen Teil rezent) sind die ebenfalls von mir schon früher beschriebenen bedeutendsten Barytvorkommen im Fischleinsberg, deren Bildung nur durch die Wirkung alkalischer Verwitterungslösungen zu erklären ist. Sie entsprechen in ihrem Ausscheidungscharakter dem „Schwerspat I“ von DORN, sind aber nicht, wie DORN annimmt, alte Bildungen, sondern jüngster Entstehung.

2. Neubildungen in Hohlräumen des Schichtgesteins. Klare dünne, tafelige, meist kleine Kristalle, auch Durchwachsungen

solcher, fanden sich auf Spalten und Spältchen des auf Abb. 3 bezeichneten silifizierten Schichtgesteins. Sie sind teilweise mit zarten braunen Ausscheidungen von Limonit wie bestäubt. Ich halte sie vorläufig für älter als die Ausscheidungen im Fischleinsberg.

3. Ausgedehntere Anflüge von dünnblättrigen fleischfarbenen, zahllosen leicht abfallenden Baryttäfelchen auf völlig unverkieselter lockerer oder weicher, vollkommen verwitterter Arkose waren lange Zeit Nürnberger Naturfreunden, auch mir, im vorderen Wernloch unter überhängendem Gestein an feuchter, bewaldeter Stelle bekannt.

Aus vorstehender Beschreibung geht deutlich hervor, daß auch die Barytabsätze im Wendelsteiner Höhenzug auf die Verwitterung dortiger Burgsandsteinarkose-Schichten zurückzuführen sind.

Anhangsweise möchte ich noch die von DORN (1926, S. 544/545) beschriebenen „blauen“ Barytstufen erwähnen, deren Färbung er auf organische Substanzen zurückführte. Die von mir beobachteten gefärbten Kristalle waren meist honiggelb oder blaugrau und besonders gut im Fischleinsberg bei einigen auf jungen Barytkrusten sitzenden Kristallaggregationen zu studieren. Hierbei fiel auf, daß mehrere honiggelbe Kristalle von den Kanten nach innen zu eine blaugraue Färbung angenommen hatten. Ich vermute daher, daß die gelbe Färbung von einer Eisenverbindung (basisches Eisenoxysulfat?) herrührt, die alsdann durch reduzierendes bzw. schwefelwasserstoffhaltiges Sickerwasser chemisch verändert wurde.

### III. Zusammenfassung der genetischen Einzelergebnisse und ihre chemische Deutung.

Aus den vorstehend beschriebenen Einzelbeobachtungen ergibt sich, daß auf tektonischen Klüften des Wendelsteiner Höhenzuges nur Quarz und Schwerspat auskristallisiert ist. Es liegen nunmehr auch genügend Beweise dafür vor, daß die zu deren Bildung benötigten Mineralkomponenten Barium und Kieselsäure aus den ehemals oder auch jetzt noch überlagernden oder umgebenden Gesteins-schichten stammen und durch Verwitterungsvorgänge in Lösung gebracht wurden. Entgegen der bisherigen „endogenen“ Auffassung von H. LAUBMANN (1924), P. DORN (1926) und G. KNETSCH (1929) müssen überhaupt alle im Wendelsteiner Höhenzug selbst entstandenen Mineralien als exogen bezeichnet werden. — Für die ehemalige Bildung von Fluorit (DORN) konnten keinerlei Belege erbracht werden. — Neu aufgefunden wurden Kupferkies und Bleiglanz, die nur als Seifenreste gedeutet werden können.

Bildungsweise des Schwerspates. Hinsichtlich der Herkunft des Bariums kann im wesentlichen auf die bereits in meiner vorhergehenden Arbeit (1935) gemachten Mitteilungen verwiesen werden. Eine typische, völlig eingekieselte Arkose aus dem Liegenden des Neubruches der Jegelsbrüche ergab folgende Durchschnittsbauanalyse:

| SiO <sub>2</sub> <sup>1)</sup> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2)</sup> | BaO  | CaO  | MgO  | K <sub>2</sub> O <sup>3)</sup> | Glühverlust |
|--------------------------------|--|------|------|------|--------------------------------|-------------|
| 91,81                          | 3,97   | 0,04 | 0,16 | 0,24 | 3,60                           | 0,18        |

<sup>1)</sup> Durch Differenz bestimmt. — <sup>2)</sup> Mit Spuren Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. — <sup>3)</sup> Alkalien als KCl gewogen.

Das analysierte Gestein enthielt nach der Dünnschliffuntersuchung nur praktisch unverwitterten Kalifeldspat, keine Plagioklase. Rechnet man Kalium und Barium nach der Orthoklasformel auf Feldspäte um, so würde in dieser quarzitisches Arkose rund 21,3 % Kalifeldspat und 0,18 % Bariumfeldspat enthalten sein. Aus je 1 cbm dieses völlig silifizierten Gesteins („Wendelsteiner Pflasterstein“) könnte etwa 1,5 kg Schwerspat entstehen. Selbst wenn nur ein Bruchteil hiervon in den Klüften zurückgehalten worden wäre, können auf diese Weise die Wendelsteiner Barytvorkommen allein erklärt werden, insbesondere auch im Gebiet der starken Pseudomorphosenbildung, denn gerade dort treten in größerem Maßstab in den Ruchelzonen Kaolinisierungserscheinungen auf. Auch ist die Annahme berechtigt, daß ein Teil des zum erstenmal „verdrängten“ Schwerspats in der Umgebung wiederholt (in stets verminderter Menge) zum Absatz gelangte, wodurch ein größeres Auftreten vorgetäuscht werden kann. Das Vorkommen von Kupferkies und Bleiglanz als ursprüngliche Sedimente, die auffällig starken Barytneubildungen im Fischleinsberg, die jetzt vorliegende Gewißheit der überaus raschen Zuführung der bariumhaltigen Arkose aus dem östlichen bis südöstlichen Grundgebirge, schließlich der nach meinen (unveröffentlichten) stratigraphischen Beobachtungen dem Barytsandstein der Hilpoltsteiner Gegend (DORN 1934) etwa gleichzusetzende höhere Kluftmineralhorizont des Wendelsteiner Burgsandsteins, lassen es als wahrscheinlich erachten, daß auch fein verteilte Seifenreste (Imprägnationen?) von Schwerspat in gewissen Schichten vorhanden waren, die durch alkalische Sickerwässer chemisch beweglich gemacht und auf Klüften mit angereichert wurden (S. KLEIN 1935). Ein unmittelbarer Beweis für eine solche Mitwirkung läßt sich allerdings noch nicht erbringen; doch mußte auch dieser Gesichtspunkt erwähnt und begründet werden.

Quarzkristallisationen. Die Kluftquarzkristallisation dürfte weitgehend mit der Verwitterung einer tertiären Landoberfläche in Zusammenhang zu bringen sein. Damals war das Hangende des heutigen Wendelsteiner Höhenzuges bereits so weit abgetragen, daß, sobald und soweit eine Kluftwasserzirkulation in den Arkoseschichten möglich wurde, alkali- und kieselsäurehaltige Sickerwässer in Klüfte und Spalten eintreten konnten. Ihr Gehalt ergab sich aus der damaligen reichen Vegetation und der ± tiefgründigen Verwitterung. Letztere war besonders dort möglich, wo in dieser Zeit Gesteinsmylonitisierung stattgefunden hatte, wie im Gebiet des hinteren Wernloches. Hier ist die enge Verknüpfung der Feldspatzersetzung mit örtlicher Kluftwasserzirkulation und hierdurch er-

möglicher Nahbildung von Bergkristallausscheidungen usw. unverkennbar. Auch die Bildung löslicher Kieselsäure durch Einwirkung von Alkali, welche besonders bei beginnender Feldspatzersetzung reichlich abgespalten und ausgeschwemmt werden konnte, dürfte nicht nur für die „interne“ Gesteinsilifikation (M. STORZ 1928), sondern auch für Kluftquarzausscheidungen mit in Anspruch zu nehmen sein. Einen gewissen Anhaltspunkt hierfür gibt vielleicht der erhebliche Unterschied in Menge und Art der Ausscheidungen innerhalb der unverwittert silifizierten Arkose, woselbst meist nur kristalline Krusten in den Klüften festzustellen sind, gegenüber der starken Pseudomorphosen- und Quarzkristallbildung im hinteren Wernloch.

Pseudomorphosen: Kehren wir nun diese Abscheidungsverhältnisse sozusagen um, so gelangen wir zu den veranlassenden bzw. begünstigenden Faktoren, welche den verschiedenen Formen der Pseudomorphosenbildung von Quarz nach Baryt zugrunde liegen. Sowohl die Wiederauflösung von Barytkristallen bei Umhüllungspseudomorphosen, wie die mit Barytauflösung verbundene „Verdrängung“ durch Quarz, auch vielleicht die darauffolgende Überkrustung und die evtl. benachbarte selbständige Ausscheidung kleiner Bergkristalle auf vorhergegangenen kristallinen Kieselsäureabscheidungen dürften verursacht worden sein durch die wachstumsverlangsamenden Einflüsse bei der Kieselsäurekristallisation und eine relative Wiederverstärkung des Hydroxylionen-Einflusses (meist wohl durch Alkalicarbonatzunahme) in abdunstenden, periodisch oder durch verschiedenartige Diffusionsvorgänge einen Stoffaustausch erleidenden Kluftlösungen. Wurde auf diese Weise z. B. weniger gelöste Kieselsäure, dagegen mehr Alkali zugeführt bzw. durch hydrolytische Vorgänge frei, ohne daß zugleich größere Mengen löslicher Sulfate aus den Oberflächenwässern zugeführt werden konnten, so konnte Baryt wieder in Lösung gehen und durch Kieselsäure passiv ersetzt werden, oder es konnte z. B. die Alkalikonzentration so groß geworden sein, daß die verhältnismäßig geringe Menge zugeführte Kieselsäure hierdurch lange gelöst blieb. Auf diese Weise konnten Negative bzw. Umhüllungspseudomorphosen entstehen. Auch waren jetzt die Bedingungen für eine verlangsamte Quarzkristallisation gegeben, wodurch die schönen Übrindungskristallisationen entstanden. Zu berücksichtigen ist ferner, daß das bei der Wiederauflösung von Baryt entstandene Alkalisulfat an Ort und Stelle flockende Wirkungen auf die Kieselsäure ausüben konnte, wodurch z. B. die Bildung der oft papierdünnen weißen Massen in den tafeligen Pseudomorphosen gut erklärt werden kann (vgl. auch S. 261).

Wir kommen durch diese Betrachtungsweise schließlich zu dem chemisch-geologisch bemerkenswerten Ergebnis, daß die verschiedenartigen Erscheinungen bei der Pseudomorphosenbildung von Quarz

nach Baryt sich auf die aktive Beteiligung des Alkalis der Verwitterungslösung und nicht, wie bisher, auch von DORN (1926, S. 549), angenommen wurde, auf die Massenwirkung gelöster (endogener) Kieselsäure zurückzuführen sind.

#### Angeführte Schriften.

- DORN, P.: Geologie des Wendelsteiner Höhenzuges bei Nürnberg. Zs. Deutsch. Geol. Ges. 78. 1926.
- Barytsandstein im oberen Burgsandstein von Hilpoltstein (Mittelfranken). Jber. Oberrhein. geol. Ver. N. F. 23. 1934.
- FICKENSCHER, K.: Erläuterungen zur geologischen Karte des Stadtgebietes von Nürnberg. Verlag des Stadtrates Nürnberg 1930.
- KLEIN, S.: Über Entstehung und Alter primärer Hornsteinvorkommen in Böden und im Untergrund der dem Frankenjura benachbarten Landoberflächen des oberen bunten Keupers. Jber. Oberrhein. geol. Ver. 1932 (a).
- Die Bildungsweise der nutzbaren sedimentären Kaolinfeldspatsandvorkommen der nördlichen Oberpfalz und ihr Zusammenhang mit einem cretacisch-tertiären Urab—Urvils-System. Zs. Deutsch. Geol. Ges. 84. 1932 (b).
- Schwerspat-Anreicherung durch alkalische Verwitterungslösungen in einer fränkischen Keuper-Arkose und ihre regionale und geochemische Bedeutung. Zs. Deutsch. Geol. Ges. 87. 1935.
- KNETSCH, G.: Der Keuper in der bayerischen Oberpfalz. N. Jb. Min. Beil.-Bd. 60. Abt. B. 1928.
- LAUBMANN, H.: Die Minerallagerstätten von Bayern r. d. Rh. München 1926.
- STAHL, A.: Die Verbreitung der Kaolinlagerstätten in Deutschland. Arch. Lagerstättenforsch. 12. 1912.
- STORZ, M.: Die sekundäre authigene Kieselsäure in ihrer petrogenetisch-geologischen Bedeutung. I. T. Verwitterung und authigene Kieselsäure führende Gesteine. Borntraeger, Berlin 1928.
- WELTHÖFER, B.: Klufftektonische Untersuchungen in der nördlichen Frankenalb. Abh. Naturhist. Ges. Nürnberg. 22. Nürnberg 1925.
- WURM, A.: Geologie von Bayern I. Berlin 1925.

Bei der Schriftleitung eingegangen am 12. April 1935.