

## **Pseudomorphosen nach Pyrit aus der Dachstein-Mammuthöhle bei Obertraun.**

Von  
Fridtjof Bauer (Wien).

Im Jahre 1952 wurde der Verfasser durch Herrn Sektionschef Dr. R. Saar, Vorstand des Speläologischen Institutes, darauf aufmerksam gemacht, daß in der Dachstein-Mammuthöhle bei Obertraun während der Ersterforschung in der Zeit vom 10. bis 12. September 1911 Limonitpseudomorphosen nach Pyrit gefunden worden wären. Dieser Fund wurde von H. Bock bereits im Jahre 1913 in dem Band „Höhlen im Dachstein“, S. 78, an Hand einer Lageskizze beiläufig erwähnt, blieb aber bisher unbeachtet. So hätte man danach am Ostende des Hauptganges im sogenannten „Alten Teil“ der Mammuthöhle in einer südlich abzweigenden Spalte „in einem reinlichen Tropfwasserbecken eine größere Stufe von Brauneisenerz mit Pseudomorphosen nach Pyrit“ gefunden, welche für das Landesmuseum in Linz mitgenommen worden wäre.

Kustos Dr. W. Freh stellte diese Stufe noch im Jahre 1952 dem Verfasser zwecks Untersuchung zur Verfügung.

Es handelt sich um ein zirka  $14 \times 7 \times 7$  cm großes Stück eines Konglomerates, aus dessen Oberseite einige Aggregate von scharfkantigen, dunkelbraunen Würfeln mit Kantenlängen bis 1,6 cm herausragen (durchschnittliche Kantenlänge 5 mm). Der größte beobachtete Abstand zweier gegenüberliegender Würfelflächen eines Individuums beträgt 2 cm. Im ganzen sind 5 Stück größer als 1 cm. Die Würfel sind teils etwas verzerrt, teils ineinandergewachsen, sie können auch quadratische Ausnehmungen in den Flächen führen, lassen aber immer ganz deutlich die dyakisdodekaedrische Symmetrie durch die wechselnde Kombinationsstreifung auf den einzelnen Flächen erkennen, wodurch die Herkunft von Pyrit bestätigt wird. Sie sind fast idiomorph ausgebildet und zeigen keinerlei Aufwachsflächen. Wie die von Herrn Dr. Preisinger (Mineralogisches Institut der Universität Wien) freundlicherweise durchgeführten Röntgenuntersuchungen ergaben, bestehen sie durchwegs aus Goethit [ $\alpha$ -FeO(OH)].

Diese Pseudomorphosen sitzen auf einem Konglomerat von Augensteinen (gut gerollten kleinen Quarzen bis 1 cm Durchmesser), kantigen Quarzstücken (zerbrochenen Augensteinen), gelben Limonitgeröllen (tonig, bis etwa  $\frac{1}{2}$  cm Durchmesser), dunklen „Bohnerzen“ (durchwegs abgerollten Pseudomorphosen mit oft noch zu beobachtenden Kantenresten) und mehr

oder weniger gut erhaltenen pseudomorphisierten Pyritwürfeln. Verkittet sind diese Komponenten durch ein feinsandiges Bindemittel mit Korngrößen kleiner als 0,1 mm, welches an der Oberseite des Konglomerates um die großen Würfel herum als jüngere Generation besonders angereichert ist. Der Eindruck einer gewissen Schichtung wird in diesem durch lagenweise Korrosion hervorgerufen. Im unteren Teil der Stufe, unterhalb der großen Würfel, treten zwischen den Augensteinen nur kleinere Würfel von maximal 7 mm Kantenlänge auf (überwiegend 2—3 mm). Neben ungleichförmigen, in der Regel allseitig entwickelten Würfelaggregaten (auch hier ohne Aufwachsflächen), ist auch eine kugelige Form (1 cm Durchmesser) mit durch Pyritflächen (1 mm Kantenlänge) skulpturierter Oberfläche eingelagert. Quer zur oberen Feinmaterialschiichtung sind im Konglomerat auch einige (z. T. gerundete) Brauneisensteinkrusten enthalten, die bei maximal 1 cm Dicke 5 cm im Durchmesser erreichen können und mit Pyritflächen besetzte Oberflächen haben (bei 2 mm großen Individuen neben Würfel- auch Oktaederflächen!). Ein münzengroßes Stück einer 3 mm dicken Kruste führt (wie auch zwei weitere erbsengroße Stücke) als Ausnahmefall überwiegend Pseudomorphosen nach Markasit, neben welchen untergeordnet auch solche nach Pyrit (1 mm, Würfel und Oktaeder) auftreten.

Die Markasite treten durchwegs in maximal 4 mm großen Zwillingen nach M mit den Formen P, M, r, und l bei tafeliger Entwicklung nach P auf. Auf P sind bei den größeren Kristallen häufig mit den Würfelflächen Pyrite (Würfel und Oktaeder, maximal 0,7 mm) aufgewachsen, von welchen eine Würfelfläche zu M parallel ist. Daneben finden sich auch 1 mm große Speerkieste und 0,5 mm große zyklische Verwachsungen.

Die einzelnen Pseudomorphosen der Stufe zeigen einen verschiedenen Grad der Erhaltung. Während ein Teil ziemlich scharfe Kanten aufweist (große Würfel der Oberfläche!), sind andere Stücke stark kantengerundet und zeigen so sämtliche Übergangsformen zu den „Bohnerzen“ der Kalkplateaus. Die Erhaltung oder Zurundung ist aber nicht von der jetzigen Lage im Handstück abhängig, da in diesem eingeschlossene oder in sekundär ausgelaugten Nischen freigelegte Individuen zum Teil auch eine deutliche Abrollung zeigen. Daraus ergibt sich, daß der heute zu beobachtende Grad der Abrollung schon bei der Einbettung im Konglomerat vorgelegen hat, die einzelnen Stücke also einen verschieden weiten Transportweg zurückgelegt hatten, wobei allerdings nicht zu erkennen ist, ob die Einbettung noch als Pyrit oder bereits als Pseudomorphose erfolgte.

Von besonderer Bedeutung ist eine rostbraune, tonig-limonitische, löcherige Kruste an der (den großen Pseudomorphosen entgegengesetzten) Unterseite des Konglomerates. Die Löcher in dieser Kruste, die bei maximal 2 cm Dicke eine Fläche von 12 cm<sup>2</sup> einnimmt, stellen Reste von gut aus-

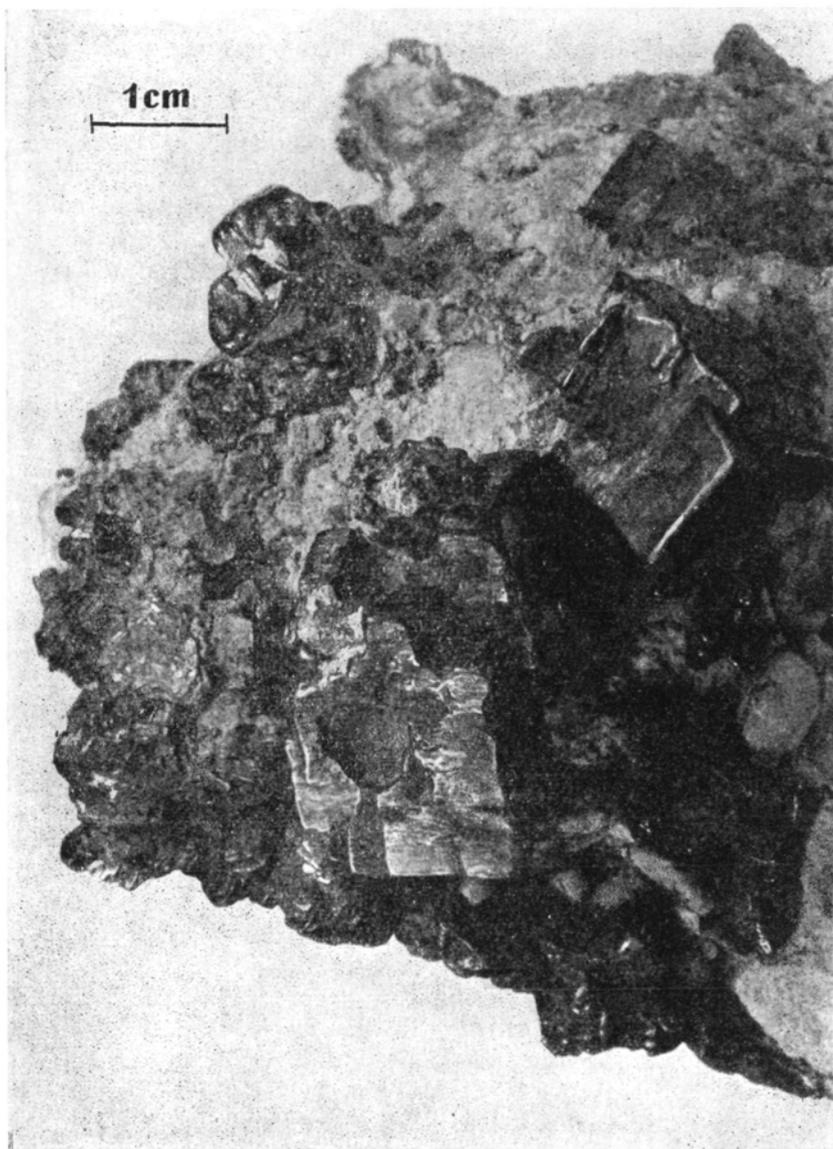


Abb. 1: Die Oberseite der Konglomeratstufe aus der Dachstein-Mammuthöhle mit den teils herauspräparierten Pseudomorphosen. Während die 1 bis 2 cm großen Pseudomorphosen ziemlich gut mit allen Details erhalten sind, zeigen kleinere Aggregate (im Bild links oben 5 mm große Würfel) eine stärkere Zurundung. Rechts des großen Würfels ein Augensteingeröll, rechts unten Sandsteinmaterial, in welchem die großen Pseudomorphosen liegen.

gebildeten Gipsabdrücken dar. Abgenommene Positive zeigen bis 8 mm lange, nach der Z-Achse mehr oder weniger dickstengelig ausgebildete Individuen, welche die Formen [110], [010] und [111] erkennen lassen. Tafelige Ausbildung nach [010] ist selten zu beobachten. An einer [010]-Fläche ist eine Riefung durch Wiederholung der Form [111] angedeutet.

Aus diesen Beobachtungen an der Stufe ergibt sich folgende Bildungsabfolge: Das älteste nachweisbare Glied waren — wahrscheinlich direkt auf Kalk aufgewachsene — Gipskristalle.

Gips kann sich in Kalkhohlräumen entweder durch Auskristallisation aus (von Gipslagern stammenden) zirkulierenden Lösungen bilden oder durch Zusammentreffen von Kalk mit Sulfatlaugen. Diese können von aszendenten Wässern hergeleitet werden, können sich aber auch bei der Zersetzung von Sulfiden oder durch direkte Oxydation des in organischen Substanzen enthaltenen Schwefels bei deren Zersetzung bilden. In jedem dieser Fälle herrscht aber oxydierendes Milieu.

In der gipsbedeckenden Limonitkruste ist deutlich die folgende Einbringung von Eisen zu erkennen, welches sich vorerst (auch noch in oxydierendem Milieu) als Sauerstoffverbindung absetzte.

Die pseudomorphosierten Pyrite in dem darauf aufgewachsenen Konglomerat zeigen uns ferner, daß dem Gips- und Limonitstadium einmal ein Pyritstadium gefolgt ist. Die Pyrite der Stufe können den bis zu zehnfachen Rauminhalt der größten Augensteine im Konglomerat erreichen. Die großen, meist auch gut erhaltenen Pyrite, bzw. deren Pseudomorphosen können daher nicht mit den Augensteinen zusammen von weiter transportiert worden sein, da dann auch größeres Geröllmaterial vorhanden sein müßte. Manche kleinere Pyrite zeigen dagegen eine gute Zurollung. Es muß daher angenommen werden, daß sich ein Teil der Pyrite (vor allem die großen) mindestens in nächster Nähe des Konglomeratverfestigungsortes gebildet hatte, während andere einen weiteren Transport (wohl aber auch noch aus dem Bereich des Dachsteinstockes) durchgemacht haben müssen. Zweifellos wurden alle aber erst nach Abschluß der Pyritphase zugleich mit der folgenden Umlagerung und Einschwemmung der Augensteine an den Ort des Konglomerates gebracht. Da aber das Konglomerat als Ganzes auch nicht weit transportiert worden sein konnte, muß die Bildung sowohl des Gipses wie auch eines Teiles der Pyrite in unmittelbarer Nähe des Fundortes der lose aufgesammelten Stufe angenommen werden.

In den Jahren 1953 und 1954 wurden die „Bohnerze“ verschiedener Höhlen, wie auch der Plateaus, soweit Material davon in verschiedenen Sammlungen vorlag, systematisch untersucht und viele Fundorte auf zahlreichen Exkursionen besucht<sup>1)</sup>.

Untersuchungen in der Mammuthöhle zeigten, daß dort die pseudo-

morphosierten Pyrite vor allem an Schächte und senkrechte Spalten im Gebirge gebunden sind, in denen sie entweder selbst aufgewachsen sind (wie limonitisierte Pyritkrusten mit Gipsabdrücken an der Unterseite, sowie kaum bleistiftdicke Limonitstalaktiten mit Pyritflächen aus der Brauneisenhalle) oder von oben eingeschwemmt wurden und auch heute noch werden. Während die autochthonen Krusten und Stalaktiten in ihrem Innern keine klastischen Einschlüsse enthalten, sind an ihre Oberfläche häufig Quarzsande angekittet. Die verschwemmten Pseudomorphosen sind dagegen bei oft guter Erhaltung meist in Augensteinkonglomerate eingelagert und können abgerollt oft fälschlich als „Bohnerze“ bezeichnet werden<sup>2)</sup>. Im Anschluß bei auflichtmikroskopischer Betrachtung zeigen letztere aber nie einen radialstrahligen oder schaligen Bau, sondern lassen immer Reststrukturen nach Pyrit, wie sie in eindeutigen Pseudomorphosen charakteristisch auftreten, erkennen. Damit ist ein Mittel gegeben, um für „Bohnerze“ in vielen Fällen die Herkunft von Pyrit nachzuweisen. Verschwemmte, isoliert oder in Konglomerate eingebettet vorliegende Pseudomorphosen sind der allgemeinste Fall, während einwandfrei als autochthon zu bezeichnende Funde seltene Sonderfälle darstellen.

Bisher sind mit Ausnahme der genannten Vorkommen in der Mammuthöhle und von ½-cm-dicken Limonitstalaktiten aus der Buchkogelhöhle<sup>3)</sup> bei Graz, welche auch Anzeichen einer pyritischen Entstehung erkennen lassen, aus ostalpinen Höhlen nur verschwemmte Pseudomorphosen bekannt geworden.

Weitere Pseudomorphosenfunde aus Höhlen:

Dachstein-Mammuthöhle: Hauptgangende (9)<sup>4)</sup>, Brauneisenhalle (6).

Dachstein: Goldbrünnl bei Hallstatt (3).

Tennengebirge: Eisriesenwelt - Oberes Wasserberglabyrinth (0,8); Eisriesenwelt-Regenkluft (1); Eisriesenwelt-Erosionsgang (2); Eisriesenwelt - Alter Gang (9); Brunneckerhöhle (0,8); Brunneckerhöhle-Zackenammer (2); Wienerfallhöhle (1).

Hagengebirge: Hochwandlhöhle (3); Bärenhöhle (1); Tantalhöhle (9).

Hochkönig: Teufelskirche (10).

Untersberg: Quellschacht im Grüntal (1); Eiskeller-Bohnerzschacht (5).

Sarstein: Windloch (2).

Schafberg: Wetterloch (1).

Ötscher: Geldlochschacht (0,75).

Tonionalpe: Teufelskessel (2).

Jedoch nicht nur aus Höhlen, sondern auch von den tertiären Landoberflächen der Kalkplateaus wurden zahlreiche Fundpunkte pseudomorphosierter Pyrite bekannt. Auch hier handelt es sich meist um vollflächig entwickelte Aggregate oder idiomorphe Einzelindividuen, die oft flächenhaft auftreten.

Das größte Vorkommen des Dachsteingebietes liegt in den „Bohnerzen“ des Gjaidsteinplateaus vor, welche in der Geologischen Dachsteinkarte (herausgegeben von E. S p e n g l e r) eingezeichnet sind. Die allseitig entwickelten Konkretionen können Faustgröße erreichen und zeigen gut ausgeprägte, bis über 1 cm lange Würfelkanten<sup>4a</sup>). Auf einigen eng begrenzten Stellen ist dort der Boden fast vollkommen von diesen Bildungen bedeckt. Spärlicher sind die Vorkommen auf den übrigen Gipfeln des östlichen Dachsteinstockes, wie am Sinabel (6), nördlich der Feisterscharte am Weg zum Kratzer (1), am Weg Feisterscharte—Landfriedtal (2), am Lackner Miesberg (7), am Großen Miesberg (14), am Kleinen Miesberg (9), am Kufstein (5), am Stoderzinken (5), am Hohen Krippenstein (1), beim Däumelsee (1,5), am Margschief (0,7), am Hirberg (0,2) und am Speikberg (2). Ein am Gosaugletscher unter dem Mitterspitz-Nordfuß gefundenes Stück (ohne Größenangabe) dürfte von letzterem auf den Gletscher gefallen sein<sup>5</sup>). Aus den Niederungen des Plateaus „Am Stein“ ist bisher ein einziger Fund von der N-Mulde der Blankenalp (2) bekannt.

Wie ein Vorkommen am Großen Miesberg zeigt, können die dort bis 14 mm groß werdenden Würfel ganz unabhängig von Augensteinen, mit welchen sie sonst umgelagert zusammen vorkommen, auftreten, was mit der Erfahrung aus den Höhlen (autochthone Vorkommen in der Brauneisensteinhalle) übereinstimmt. Andererseits ist vom Gjaidstein ein Stück eines Augenstein-Grobsandsteines bekannt geworden, das von Limonitadern durchzogen ist und an dessen Oberfläche deutliche Pyritflächen (Würfel mit Oktaeder, bis 1,5 mm) zu erkennen sind. Wenn beide Arten des Vorkommens dem gleichen Bildungsprozeß zugehören, muß die Pyritbildung zwar nach Ablagerung der Augensteine angenommen werden, aber (wie oben ausgeführt) von letzterer unabhängig erfolgt sein.

Außer vom Dachsteinplateau wurden Pseudomorphosen noch von folgenden Oberflächenfundpunkten bekannt:

Kaisergebirge (Scheffauer): Nur Pyritstruktur im Auflicht erkennbar, undeutliche Kanten, zirka 5 mm.

Hochkönig: Birgkar (10).

Hagengebirge: Schneibstein (10).

Tennengebirge: Scheiblingbühel (5); Bleikogel (8); südlich Bleikogel (12); Langwand (10); Fritzerkogel (6); Fritzerkessel (1); Knallstein (15); Knallstein-Wasserbretter (5).

Grimming: Gipfel (7).

Sarstein: Plateau, 2000 m (2)<sup>5</sup>).

Traunstein: Naturfreundesteig, 1500 m (3)<sup>5</sup>).

Dürrenstein: Lechnergraben (0,3).

Die Art und Verbreitung der bisher bekannten Fundpunkte von Pyritpseudomorphosen spricht für einen flächenhaften Bildungsprozeß. Die

meist vollflächig vorliegenden Aggregate oder idiomorphen Individuen deuten auf eine Bildung in einer weichen, wahrscheinlich tonigen Matrix hin, welche bei den folgenden Umlagerungen zerstört worden sein mußte, während die harten Pseudomorphosen erhalten geblieben sind. Durch das heutige Fehlen des Einbettungsmaterials wird die direkte Klärung der Bildungsbedingungen bedeutend erschwert. Wie jedoch Spektralanalysen, die Herr Dr. E. Schroll durchzuführen die Güte hatte, zeigten, ist die Ableitung von Faulschlammbildungen wegen des Fehlens dafür typischer Spurenelemente nicht anzunehmen<sup>6)</sup>. (Es bleibt nur zu berücksichtigen, daß der Spurengehalt der heute vorliegenden Pseudomorphosen nicht unbedingt ein klares Bild vom Spurengehalt der ursprünglichen Pyrite geben muß.) Es wäre aber auch denkbar, daß erlere aszendente Schwefelwässer<sup>7)</sup> beim Zusammentreffen mit eisenreichen Wässern des Abtragungs- und Verwitterungszyklus auf den Flächen der heutigen Kalkplateaus (zumal damals das Einzugsgebiet der letzteren noch weit in den Zentralalpen gelegen haben muß) in abgeschlossenen, nicht durchlüfteten See- oder Meeresbecken zur Pyritbildung geführt hätten. Die autochthonen Bildungen in den Höhlen könnten dann ebenfalls von den Oberflächenbildungen abgeleitet werden, was das Vorliegen bereits vorgebildeter, tiefgreifender Spaltensysteme zur Voraussetzung hätte. Dieser Deutung widerspricht allerdings die Tatsache, daß Pyrite auf Augensteinen aufgewachsen sein können und nach den bisherigen Annahmen die Kalkalpen nach der Augensteinablagerung ihre eigentliche Heraushebung zum Hochgebirge erfuhren. Die große Zahl der offenen oder nicht eindeutig gelösten Fragen (Ablauf der Heraushebung der Kalkalpen seit der Augensteinüberstreuung; Möglichkeit einer Bildung von Pyriten der hier beschriebenen Art) macht es daher vorläufig noch nicht möglich, eine mit allen bisherigen geologischen Forschungsergebnissen übereinstimmende Erklärung der Bildung dieser Pyrite zu geben. Vor allem ist noch die Untersuchung weiteren reichlichen Augenstein- und Pseudomorphosenmaterials aus den Kalkalpen nötig, da Einzeluntersuchungen noch keine allgemein verbindlichen Schlüsse zulassen. Es steht aber fest, daß die eigentlichen Großhöhlenräume genetisch mit den Pyritbildungen nichts zu tun haben und nur zufällig jene Spalten mit den autochthonen Vorkommen anschneiden.

Problematisch bleibt aber vor allem die außergewöhnliche Größe der pseudomorphosierten Pyritwürfel, wie sie sonst, vor allem aus sedimentären Bildungen, kaum bekannt ist.

Wenn auch die Frage nach der Genesis der Pyrite heute noch nicht eindeutig beantwortet werden kann, so ergibt sich doch als wichtigste Erkenntnis, daß es sich nicht nur um lokale, sondern um in den Kalkalpen regional verbreitete Bildungen handelt. Daß aber diese „Pyrit-

phase<sup>6</sup> als eigenes Stadium der jüngeren Entwicklung unserer Kalkalpen überhaupt erkannt wurde, geht nur auf die Untersuchung jenes jahrzehntelang vergessenen Zufallsfundes aus der Mammuthöhle zurück.

#### Literatur:

F. Bauer: Zur Bedeutung der Augensteine, Bohnerze und pseudomorphosierten Pyrite in den Kalkalpen. Anzeiger der Öst. Akad. d. Wiss., math. natw. Kl., 1954, Nr. 10.

H. Bock, G. Lahner und G. Gaunersdorfer: Höhlen im Dachstein. Graz 1913.

<sup>1)</sup> Für die freundliche Überlassung von Funden aus öffentlichen oder privaten Sammlungen zum Zwecke einer Untersuchung bin ich Herrn G. Abel (Salzburg, Haus der Natur), Herrn Dr. F. Bachmayer (Naturhistorisches Museum, Wien), Herrn Doz. Dr. J. Fink (Hochschule für Bodenkultur, Wien), Herrn Kustos Dr. W. Freh (Landesmuseum, Linz), Herrn L. Lindenbach (Wien), Herrn Dr. V. Maurin (Graz), Herrn Doz. Dr. G. Mutschlechner (Innsbruck) und Herrn Dr. A. Ruttner (Geologische Bundesanstalt, Wien) zu besonderem Dank verpflichtet.

<sup>2)</sup> Nicht hierher gehören die gelben oder roten, wohl alten Bodenbildungen entstammenden, tonreichen Gesteine, die abgerollt auf den Plateaus häufig mit den Pyrit-„Bohnerzen“ zusammen anzutreffen sind.

<sup>3)</sup> Es handelt sich wohl um die alten Eisenbergbaue.

<sup>4)</sup> In den Klammern sind in der Folge stets die Durchmesser der größten Individuen in Millimetern angegeben.

<sup>4a)</sup> Von diesem Fundpunkt werden von O. Ganss Pseudomorphosen nach Pyrit erwähnt (Erl. z. geol. Karte d. Dachsteingruppe, von O. Ganss, F. Kümel u. E. Spengler, Innsbruck 1954).

<sup>5)</sup> Mündliche Mitteilung von Herrn Dr. J. Schadler, Linz.

<sup>6)</sup> Herr Dr. Schroll lieferte mir folgenden kurzen Bericht: „Es wurden von mir zwei Goethitpseudomorphosen nach Pyrit aus der Dachstein-Mammuthöhle und vom Gjaidstein spektrographisch im Gleichstromdauerbogen auf Kohle untersucht. Es zeigte sich, daß die charakteristischen Spurenelemente, wie Vanadium, Molybdän, Nickel oder Kobalt bis zu den Nachweisgrenzkonzentrationen von 0,001 bis 0,003 nicht nachweisbar waren. Dagegen wurden Spurenkonzentrationen von Arsen gefunden: in der Probe aus der Mammuthöhle in der Größenordnung von 0,1 Prozent, in der vom Gjaidstein 0,01 Prozent.“

Die Goethitpseudomorphosen sind als sehr spurenarm zu bezeichnen. Obwohl bei der Oxydation oftmals eine Verarmung an Spurenelementen eintreten kann, gilt es als wahrscheinlich, daß auch die ursprünglichen Pyrite keine bedeutenden Spurengehalte, insbesondere an Nickel und Kobalt, besessen haben.

Es ist daher unwahrscheinlich, daß es sich bei diesen Pyriten um primäre Faulschlammbildungen handelt; solche Kiese sind nickelhaltig. Die Spurenarmut entspräche am ehesten Pyritbildungen des vadosen Kreislaufes. Arsen als Spurenelement in Limoniten ist adsorptiv gebunden; die Anreicherung dieses Elementes erfolgt stets sekundär bei der Bildung des Limonites.

Die spurenarmen Goethitpseudomorphosen stehen spurenchemisch im Gegensatz zu Bohnerzen oder Lateriten, welche meist merkliche Spurengehalte von Vanadium, Nickel oder Kobalt aufweisen.

Es ist natürlich noch notwendig, eine größere Zahl von solchen „Bohnerz“-Proben spektrochemisch zu untersuchen, um zu endgültigen Aussagen zu gelangen. Dies soll nun nachträglich in einer gemeinsamen Arbeit mit Herrn Dr. Bauer geschehen, nachdem jetzt umfangreiches Untersuchungsmaterial zur Verfügung steht.“

<sup>7)</sup> Auch heute sind in den Kalkalpen noch zahlreiche Schwefelquellen bekannt.