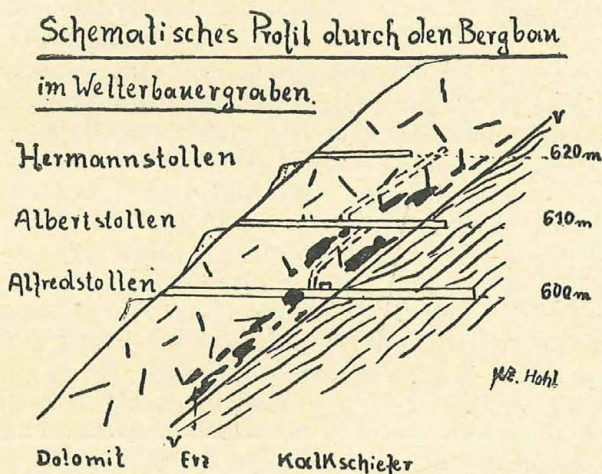


Die Fahlerzlagerstätte im Wetterbauergraben bei Mixnitz (Steiermark).

Von cand. ing. Otto Hohl (Graz).

Geographische Lage. Die Erzlagerstätte liegt im paläozoischen Bergland von Graz. Die Aufschlüsse finden sich rund 3 Kilometer SSO von Mixnitz, am oberen Ende des sogenannten Wetterbauergrabens, westlich vom Wetterbauersattel (Kote 769 der top. Karte 1 : 25.000, Blatt Pernegg-Mixnitz-Pas-

I.



seil). In einer Höhe von ca. 600 m über dem Meere bestehen heute noch drei sehr gut aufgeschlossene Einbaue, die einen Einblick in die Lagerstätte gewähren und welche von oben nach unten als Hermann-, Adalbert- und Alfredstollen bezeichnet werden. Der 100 m tiefer gelegene Marinestollen ist verbrochen; man sieht nur mehr die alten Halden, auch schon stark von Vegetation bedeckt.

Geschichtliches. Die ersten Freischürfe auf das Kupferfahlerz gehen bis auf das Jahr 1880 zurück und wurden von einer französischen Gesellschaft aufrecht erhalten, trotzdem die geringe Menge vorhandenen Erzes einen Abbau kaum lohnend erscheinen läßt. In der Literatur wurde das Erzvorkom-

men zuerst von A. Sigmund genannt, welcher zwei kleine Notizen^{1 2} veröffentlichte, in denen er auf das Vorkommen von Fahlerz, Malachit, Azurit und Zinnober hinweist, ohne auf den Bau der Lagerstätte selbst einzugehen.

Geologische Beobachtungen. Soweit die überaus schlechten Aufschlüsse eine Beurteilung zulassen, nehmen am Aufbau der Umgebung der Lagerstätte nur paläozoische Sedimente teil. Am Wege von der Mündung des Wetterbauergrabens (Kote 280, Bahnwächterhaus) bis zum ersten Parallelgraben nördlich stehen überall blaugraue-blauschwarze Kalkschiefer an, die öfters das Aussehen von Kalkphylliten bezw. von kalkigen Graphit-Serizitschiefern haben. Diese Kalkschiefer führen manchmal Crinoidenstielglieder und werden gewöhnlich dem Schöckelkalk gleichgestellt³. Über diesen Kalkschiefern kann man, örtlich aufgeschlossen durch Schürfbau, einen gelblich-grauen Dolomit beobachten, der am Kontakt mit dem Kalkschiefer zertrümmert erscheint und eine Breccie bildet, in der das Fahlerz sitzt. Die Bildung der Breccie ist auf eine Störung zurückzuführen, in deren Umgebung das Gestein meist stark verwittert ist. Der eben erwähnte Hangenddolomit der Lagerstätte hat eine große Ähnlichkeit mit dem Dolomit südlich des Heuberggrabens und des Türnauergrabens, welcher in das Unterdevon gestellt wird (3). Auch südlich vom Wetterbauernsattel stehen die gleichen Dolomite an. Möglicherweise bilden diese Dolomite Fetzen eines ursprünglich zusammengehörigen Dolomithorizontes, der durch spätere tektonische Bewegungen zerlegt worden ist. Am Kreßkogel (Kote 952) stehen über den Dolomiten blaugraue Kalke an, welche reich an *Heliolites Barrandei* *Cyathophyllum* sp. und Crinoiden sind, also Unterdevon vertreten. Allgemein herrscht Streichen N 45 W und mittleres bis steiles Einfallen gegen SSO. Besonders nördlich der Lagerstätte scheint die normale Lagerung durch eine Reihe von ONO-Verwerfungen gestört zu sein.

Die Aufschlüsse im Stollen. Betritt man den Alfredstollen (600 m ü. d. M.), so trifft man bis zur Abzweigung des ersten linken Querschlages gelbliche, stark mylonitisierte Dolomite anstehend, welche beim Beklopfen mit dem Hammer meist zu Grus zerfallen. Der Querschlag zeigt dunkle Kalkschiefer, N 45 W streichend. Sie sind das Liegende des Dolomites. Verfolgt man den Stollen weiter, so trifft man an der Grenze gegen Dolomit-Kalkschiefer eine große Abbaustelle, nach der nur mehr

¹ Mitteilungen d. Nat.-wiss. Ver. f. Stmk., Bd. 49, pag. 115.

² Mitteilungen d. Nat.-wiss. Ver. f. Stmk., Bd. 60, pag. 10.

³ Die geol. Karte d. Hochlantschgruppe (9 Autoren), Mitt. d. Nat.-wiss. Ver. f. Stmk., Bd. 64/65, pag. 16. Dort auch ältere Lit. F. Heritsch: Eine neue Stratigraphie Verh. geol. B. A. Wien 1917. R. Schwinner: Bergland nördl. v. Graz: Sitzber. Wiener Akad. d. Wiss. Wien 1925.

der hangende Dolomit ansteht. Eine scharf ausgeprägte Verwerfung mit Streichen ONO trennt den Kalkschiefer vom Dolomit, der eine Reibungsbreccie bildet. In der 6—8 cm mächtigen Brecciezone im Dolomit tritt nun das Erz in Form kleiner Nester oder ganz schmaler Schnüre auf, die meist an eine Schar von Klüften gebunden sind, welche den Dolomit netzartig durchsetzen. Nirgends ist das Kupferfahlerz in den liegenden Kalkschiefern zu beobachten. Da das Auftreten von Erz an die schon mehrfach erwähnte Störung gebunden ist, wurde der 610 Meter hoch gelegene Adalbertstollen danach ausgerichtet. Hierbei wurden die hangenden Dolomite in größerer Mächtigkeit verquert, so daß die Kalkschiefer erst am Ende des etwa 60 Meter langen Vortriebes angefahren wurden. Die Störung streicht hier nach Stunde 5 und bildet die Fortsetzung des schon im Alfredstollen beschriebenen Bewegungshorizontes im Verflächen nach oben. Der 620 Meter hoch gelegene Hermannstollen zeigt überhaupt nur mehr den hangenden Dolomit, der gegen die Kalkschiefer zu das Erz führt. Dieses ist auch hier an Klüfte gebunden, die oft parallel zur Hauptstörung die Breccie durchsetzen. (Vergl. das Grubenprofil.)

Die Mineralien der Lagerstätte. Nachfolgend seien die Mineralien, bzw. Gesteine beschrieben, welche die eigentliche Lagerstätte zusammensetzen.

1. **D o l o m i t.** Der Dolomit muß als Gestein und als Lagerstättengangart gesondert betrachtet werden. Zur Unterscheidung soll das Gestein stets als „grauer“, die Gangart als „spätiger“ Dolomit bezeichnet werden. a) Grauer Dolomit. Die geologische Stellung wurde bereits beschrieben. In der Erzlagerstätte kann man ihn nur in Form eckiger Trümmer beobachten, welche durch einen spätigen Dolomit verkittet sind. Diese Breccie findet man auch im Kleinen in jedem Schlift wieder. Der graue Dolomit ist i. H. meist dunkel, körnig-dicht und ziemlich fest. U. d. M. erscheint er feinkörnig und zeigt nur bei starker Vergrößerung deutlich kristallines Gefüge. Er enthält ziemlich viel dunkles Pigment, das jedoch bei der Umkristallisation zu spätigem Dolomit verloren geht.⁴ Das Pigment wird dann an den Rand der grobspätigen Kristalle geschoben. Der Dolomit erhält so eine pinolitische Struktur. b) Spätiger Dolomit. Durch Umkristallisation aus dem grauen Dolomit hervorgegangen. Farbe meist schwach gelblich. Er bildet gewöhnlich dichte Aggregate von ungefähr zwei bis drei Millimeter großen Einzelindividuen mit schwach gebogenen Rhomboederflächen. Pinolitische Struktur ist selten. Dichte Massen dieses spätigen Dolomites hielt ich anfangs für

⁴ E. Clar: Zur Frage der Bänderung von Kalken. Geol. Archiv, 4. 1926. Derselbe: Zum Kapitel Lösungsumsatz in Kalk. N. Jb. f. Min. etc. BB. LX. Abt. B. 1928, pag. 167.

einen lichten Ankerit oder Braunspat, wie er von der Veitsch oder vom Erzberg bekannt ist. L e i t m e i e^{r5} unterscheidet die einzelnen Dolomite nach dem Eisengehalt und bezeichnet als Ankerite, Braunspat usw. Dolomite mit über 5 Prozent Feo. Da auch die reinsten Dolomite immer etwas Eisen enthalten, erscheint eine Abtrennung eisenfreier Dolomite unzweckmäßig. Die von mir durchgeführte Analyse des spätigen Dolomites vom Wetterbauergraben zeigt, daß es sich hier um einen gewöhnlichen eisenarmen Dolomit handelt.

Dolomitspat vom Wetterbauergraben:

SiO ₂	. . . . .	0,28
SO ₄	. . . . .	Spur
H ₂ O	. . . . .	0,14
CO ₂	. . . . .	47,21
FeO	. . . . .	3,85
MnO	. . . . .	0,07
Al ₂ O ₃	. . . . .	Spur
MgO	. . . . .	19,66
CaO	. . . . .	29,22
Summe	. . . . .	100,43

U. d. M. ist der spätige Dolomit meist trüb, zeigt Zwillinglamellierung und gebogene Spaltrisse.

2. Q u a r z. In der Lagerstätte kommen drei verschieden alte Quarze vor, welche sich im Dünnschliff nicht immer sicher unterscheiden lassen, da das Bild der Lagerstätte durch eine Reihe von Bewegungen etwa gestört worden ist. Die Unterschiede in Korn, Größe, im optischen Verhalten und in der Art des Vorkommens mit anderen Lagerstättenmineralien (zum Beispiel Fahlerz) erlauben jedoch in den meisten Fällen eine Trennung voneinander. In den folgenden Ausführungen wollen wir die Bezeichnungen: Quarz a, b, c verwenden.

Quarz a bildet meist einzelne Körner oder kleine Gänge, die im grauen Dolomit sitzen. U. d. M. zeigen sie immer wellige Auslöschung. Diese Quarze haben schon vor der Überschiebung des Dolomites auf den Kalkschiefer bestanden und haben mit der Vererzung nichts zu tun.

Quarz b zeigt zum Unterschied von den eben besprochenen Quarzen vor allem ein viel größeres Korn, auch sind die einzelnen Individuen klarer. U. d. M. löschen sie bei gekreuzten Nikols normal aus, ausgenommen an Bewegungsbahnen. Sie sind jedoch meist durch ihre Größe und die Stellung zu den sie umgebenden anderen Mineralien zu erkennen.

Quarz c findet sich immer in der unmittelbaren Umgebung des Fahlerzes, wenn er überhaupt vorkommt. U. d. M. normal auslöschend, Korngröße gering.

3. **Kupfer-Antimon-Fahlerz**, i. H. eisengrau, dicht, feinkristallin. Als Pulver braunschwarz mit rötlichem Stich. U. d. M. meist unregelmäßige Formen bildend. Deutliche Kristallflächen sind selten (Tetraederflächen?). Sehr oft sieht man auch eine körnige, bei starker Vergrößerung oolithische Struktur, die vielleicht auf einen ursprünglich kolloidalen Absatz des Erzes schließen läßt.

Über die chemische Zusammensetzung des Erzes macht A. Sigmund^{1 2} bereits einige Andeutungen, die sich auf qualitative Versuche und technische Hauwerksanalysen stützen, die jedoch ziemlich unvollständig sind. Der Freundlichkeit des Herrn Priv.-Doz. Dr. E. Clar verdanke ich die Kenntnis einer von der landwirtschaftlich-chemischen Versuchsanstalt in Wien ausgeführten Analyse Nr. 3849 von Hauwerkdurchschnitt aus dem Jahre 1918. Aus den Analysendaten sieht man sofort, daß es sich in der Hauptsache um analysierten Dolomit handelt, dem geringe Mengen von Fahlerz beigemischt waren. Die einzelnen Werte für Cu, Sb, Fe stimmen, auch innerhalb der bei technischen Analysen üblichen weiten Fehlergrenzen, mit den Angaben von A. Sigmund nur schlecht überein, was ja bei der Möglichkeit einer ungleichen Probenahme nicht weiter verwundert. Die Analyse Nr. 3849 weist einen beträchtlichen Gehalt an Mangan auf. Sowohl der von mir untersuchte spätinge Dolomit, als auch das Fahlerz vom Wetterbauergraben zeigten aber nur einen geringen Mangangehalt. Da sich das Mangan teils als Karbonat in der Gangart, teils als Sulfid im Erz vorfinden dürfte, habe ich dieses Element im Gegensatz zu diesen Analysen nicht als Mn_3O_4 , sondern als %Mn und MnO angegeben. Bei den Schliiffuntersuchungen konnte auch kein oxydisches Manganmineral nachgewiesen werden. Die Elemente Zn und As wurden von mir zuerst aufgefunden. Die Tabelle gibt die Analysen wieder:

Analytiker	P ₂ O ₅	SiO ₂	CO ₂	MgO	CaO	FeO	Fe	Mn ₃ O ₄	Cu	Sb	S
Landwirtschaftliche chemische Versuchsanstalt Wien	0,1	9,4	35,8	14,3	24,6	3,8	—	2,9	3,0	2,6	3,1
A. Sigmund	—	—	—	—	—	—	2,87	—	2,38	0,37	—
A. Sigmund	—	—	—	—	—	—	3,07	—	3,12	1,43	—

(¹) (²) loco cit.

Um die Zusammensetzung des Erzes zu klären, wurden mehrere quantitative Analysen ausgeführt. Das zur Analyse verwendete Material wurde vorher äußerst sorgfältig mit der Lupe ausgesucht und so gut als möglich von Gangart befreit. Trotzdem enthält das Erz immer noch fein verteilt wenig Verunreinigungen, zum Beispiel Dolomit oder Zersetzungsprodukte des Erzes, die unmöglich entfernt werden konnten. Das im Achatmörser äußerst fein gepulverte Erz wurde nach einem Versuch im Chlorstrom mit Brom aufgeschlossen, wobei die vollständige Zersetzung des Fahlerzes nur die halbe Zeit in Anspruch nahm.⁶ Die angeführte Analyse ist das Mittel aus drei Bestimmungen:

H ₂ O	. . . . .	—
P ₂ O ₅	. . . . .	—
SiO ₂	. . . . .	1,74
CO ₂	. . . . .	9,06
MgO	. . . . .	3,68
CaO	. . . . .	5,42
FeO	. . . . .	0,72
MnO	. . . . .	0,013
Fe	. . . . .	1,99
Mn	. . . . .	0,28
Cu	. . . . .	33,50
Zn	. . . . .	2,25
Hg	. . . . .	0,87
As	. . . . .	Spur
Sb	. . . . .	21,55
S	. . . . .	19,54
Summe	. . . . .	100,603

Bei der Analyse des Fahlerzes wurde ein Gesamtwert von 2,54% Fe und 0,29% Mn erhalten, welche Mengen nicht zur Gänze aus dem Erz stammen können, da das Analysenergebnis deutlich auf das Vorhandensein von Dolomitsubstanz hinweist. Welche Mengen von Fe bzw. Mn entsprechen nun dem reinen Fahlerz? Die Zusammensetzung des spätigen Dolomites kennen wir (vergl. die Analyse). Durch einfache Umrechnung kann man daher feststellen, daß dem unseren Erz als Gangart beigemengten Dolomit 0,714% Fe O (=0,555% Fe) und 0,013% Mn O (= 0,010%Mn) entsprechen müssen. Zieht man nun diese Werte von obigen Gesamtsummen ab, so erhält man die in der Analyse angegebenen Werte 1,99% Fe und 0,28% Mn, die aus dem Fahlerz stammen. Selbstverständlich müssen dieselben als Grenzwerte angesehen werden, wel-

⁶ Treadwell, Lehrbuch d. anal. Chemie II (1923), pag. 307.

che den wirklichen Verhältnissen jedoch ziemlich entsprechen dürften.

Versucht man aus den Analysendaten das Atomverhältnis auszurechnen, in welchem die verschiedenen Elemente im Fahlerz vorkommen, so erhält man folgende Werte:

Cu	Fe	Zn	Mn	Hg	Sb	As	S
5270	358	344	51	43	1767	—	6093

Vergleicht man nun diese Zahlen mit den bisher bekanntem Fahlerze⁷, so sieht man, daß es sich um ein gewöhnliches Antimonfahlerz handelt, in dem ein Teil des Kupfers durch Eisen, Zink, Mangan und Quecksilber ersetzt erscheint. Ein derartiger Ersatz von Atomen einwertiger Elemente im Fahlerzgitter durch solche zweiwertigen Metalle, vor allem durch Zink und Eisen, scheint durch die neueren Untersuchungen von F. Machatschki⁸ sehr wahrscheinlich zu sein, da die Wirkungsradien von Cu, Fe, Zn nach V. Goldschmidt⁹ nur sehr wenig von einander abweichen. Die Frage, ob es sich bei manchen Fahlerzen nicht doch um ein mechanisches Gemenge einzelner Sulfide handelt, erscheint durch die Röntgenaufnahmen von Fahlerzen widerlegt. Die Analysenergebnisse weisen auch beim Fahlerz vom Wetterbauergraben mit großer Wahrscheinlichkeit auf eine Verbindung $R^I_3 R^{III} S_3$, welche von F. Machatschki als Träger des Kristalltypus von Fahlerz angenommen wird. Darin bedeuten R^I wesentlich Cu, R^{III} in der Hauptsache Sb oder As.

4. Zinner. Zuweilen als scharlachroter Überzug an Klüften beobachtbar. Er ist sicher jünger als das Fahlerz, da er öfters auf letzterem sitzend angetroffen wurde. Die Fahlerzanalyse weist einen geringen Hg-gehalt auf. Es ist daher nahe liegend, das Quecksilbersulfid als Zersetzungsprodukt des Erzes aufzufassen, ähnlich wie dies F. Czermak vom Polster bei Eisenerz¹⁰ beschrieb. Für eine selbständige Stellung in der Lagerstätte spricht jedoch das Vorkommen größerer Mengen von Zinner weiter südlich in den devonischen Kalken der Umgebung von Gratwein und am Hausberg bei Gratkorn^{11 12}, wo das Fahlerz nur mehr in Spuren nachweisbar ist.

⁷ Handbuch der Min. Chemie IV. 1926. p. 173. F. Machatski. Ztschr. f. Kristallographie. Bd. 68, Heft 2/3, 1928.

⁸ Derselbe: loco cit.

⁹ V. M. Goldschmidt, geol. Vert. Ges. 7, 20 und 26.

¹⁰ vgl. E. Hatle. Minerale d. Steiermark. 1885. pag. 24.

¹¹ Mitt. d. Naturw. Ver. f. Steiermark. Bd. 60. pag. 10.

¹² E. Hatle. Minerale d. Steiermark. 1885. pag. 31.

K. A. Redlich¹³ erwähnt ein ähnliches Vorkommen von Fahlerz und Zinnober am Knappenberg bei Payerbach-Reichenau in N.-Oe., wo das Quecksilbersulfid ebenfalls einen jüngeren Nachschub vorzustellen scheint. Für das Vorkommen im Wetterbauergraben muß die Frage nach der Entstehung des Zinnobers jedenfalls noch offen gelassen werden.

5. Antimonblende (Rotes Spießglanzerz.)¹⁴ Es bildet büschelförmige oder flach sternförmige Aggregate von nadelförmigen Kristallen mit kirschroter Farbe, fast metallisch glänzend, Strich rotbraun. Eine Probe des Minerals enthielt kein Quecksilber. Es ist nur an jungen Klüften, meist auf Fahlerz sitzend, anzutreffen. Wir müssen die Antimonblende als ein Zersetzungsprodukt des Fahlerzes betrachten.

6. Malachit und Azurit, in den bekannten Formen an jungen Klüften und auf den alten Halden auftretend. Als Verwitterungsprodukt des Erzes bildet es manchmal Pseudomorphosen nach ersterem¹⁵.

Beobachtungen an Erzschliffen. Ganz kurz sollen nun einige Schliffe beschrieben werden, welche für die Genesis der Lagerstätte von Wichtigkeit sind. Da die Begleitmineralien des Erzes durchsichtig sind und eine nahezu gleiche Anschliffarbe zeigen, mußte die Untersuchung im auffallenden Lichte¹⁶, welche sich in anderen Fällen so gut bewährte, nahezu ganz zurücktreten.

Schliff 1: In einer Grundmasse von grobspätigem Dolomit liegen meist eckige Trümmer von grauem, feinkörnigem Dolomit, der randlich sehr oft schon in Umkristallisation begriffen ist; die ursprünglich scharfe Grenze gegen den spätigen Dolomit verwischt sich dann. Das Ganze bietet das Bild einer groben Breccie, die wir als „Hauptbreccie“ bezeichnen wollen. Quer durch diese Hauptbreccie zieht eine Reihe von scharf begrenzten Bewegungsbahnen, an denen die Komponenten der Hauptbreccie zerbrochen und teilweise zu feinem Grus zermahlen werden. In diese neue Breccie, wir wollen sie als „Verzugsbreccie“ bezeichnen, dringt nun das Fahlerz vor und wandert von hier aus an Spaltrissen und zwischen den Begrenzungsflächen der Dolomitkristalle in die alte Hauptbreccie ein. Auffällig ist dabei, daß größere Erzanhäufungen meist nur in der Nähe des grauen Dolomites stattfinden, dessen Bitumengehalt scheinbar diese Adsorptionserscheinungen hervorruft.

¹³ Bergbaue Steiermarks, VIII. Die Eisensteinbergbaue v. Payerbach-Reichenau, Leoben 1907 — Berg-Hüttenw. Jahrb. 1907. pag. 26, 27 — Ztschr. f. prakt. Geol. 25, 1917. pag. 48.

¹⁴ Hintze. Handb. d. Min. I. 1904, pag. 1201.

¹⁵ A. Sigmond. loc. cit.

¹⁶ vgl. H. Schneiderhöhn... Anleitung zur mikr. Untersuchung von Erzen i. auffall. Licht. 1922.

Das Erz macht hier den Eindruck eines amorphen, feinkörnigen, schwarzen Niederschlags, der hier und da zu größeren Klumpen zusammengeballt erscheint. Manchmal sieht man, wie das Erz von irgend einer Bewegungsbahn aus in feinen, schlangenförmigen Bändern an den Begrenzungsflächen der Dolomitkristalle in die Hauptbreccie eindringt.

Schliff 2: Bietet in den Hauptzügen wieder das Bild der Hauptbreccie, durch welche mehrere parallele Bewegungsbahnen führen, die ein früher deutlich zusammengehöriges Bruchstück grauen Dolomits nach Art der Staffelbrüche in drei Teile zerlegten. An diesen Bewegungshorizonten ist wieder die Vererzungsbreccie zu beobachten. Das Erz ist hier von wenig Quarz (C) begleitet und dringt in stark verästelten, unregelmäßigen Formen in den spätigen Dolomit ein. Sehr selten sieht man scharfe Umgrenzungen, welche als Tetraederflächen gedeutet werden könnten. In Bruchstücken grauen Dolomits kann man alte, feinkörnige Quarzgänge (a) beobachten, die scharf an der Grenze gegen den umgebenden spätigen Dolomit aufhören. Sie löschen unter + Nikols wellig aus und sind vor der Bildung der Hauptbreccie entstanden.

Schliff 3: Zeigt bereits kompliziertere Verhältnisse. Große, eckige Trümmer des grauen Dolomits in der Hauptbreccie enthalten einige größere alte Quarzfüllungen und Gänge (a), die unter dem Mikroskop deutliche Spuren mechanischer Pressung zeigen. In den grobspätigen Dolomit, der den grauen Dolomit umschließt, dringen nun jüngere, ziemlich grobkörnige Quarze (b) ein, welche an der unregelmäßig angelösten Oberfläche des spätigen Dolomits aufsitzen. U. d. M. löschen sie bei gekreuzten Nikols meist normal aus. Sie sind jünger als der spätige Dolomit. Quer durch diese verschiedenen alten Quarzfüllungen und den sie umgebenden Dolomit zieht eine scharf ausgeprägte Bewegungsbahn, welche die Quarze auseinanderreißt und zwischen sie eine neue Breccie, die schon erwähnte Vererzungsbreccie schiebt. Sie besteht auch hier wieder aus zerdrücktem grauen und spätigen Dolomit, zwischen denen einzelne wenige Quarzsplinter liegen. Wie in allen vorhergehenden Schliffen sehen wir auch hier das Erz an diesen Ruschelzonen eindringen, begleitet von wenig jungem, feinkörnigen Quarz (c), der bald mitten im Erz sitzt, bald von Erz umgeben ist. Er unterscheidet sich von den in die Vererzungsbreccie hineingepreßten älteren Quarzen vor allem durch seine äußere Begrenzung und vorwiegend normale Auslöschung.

Schliff 4: In einer aus größeren Einzelindividuen bestehenden Quarzmasse (b) sieht man mehrere ziemlich abgerundete, randlich vom Quarz stark korrodierte Bruchstücke von grobspätigem Dolomit. Der unter gekreuzten Nikols nor-

mal auslöschende Quarz enthält hie und da kleinere Erzkörper, die entweder mitten im Quarz sitzen oder die Räume zwischen den einzelnen Quarzkörnern ausfüllen. Quarz und Erz scheinen gleich alt zu sein. Das Erz ist jedoch, wie aus anderen Stellen hervorgeht, jünger als der Quarz und füllt nur den Raum zwischen einzelnen Kristallen und Grübchen offensichtlich angelöster oder rissiger Quarze. Der eben besprochene Quarz (b) enthält jedoch auch Einschlüsse von grauem, teils schon in Umkristallisation begriffenen Dolomit. Durch einen solchen grauen Dolomittetzen zieht ein alter Quarzgang (a), der an der Grenze des Dolomits gegen den umgebenden jüngeren Quarz (b) scharf aufhört. Der Unterschied zwischen den beiden Quarzen ist hier besonders deutlich. Der alte Quarz hat feines Korn, löscht wellig aus, zeigt überhaupt die Spuren von mechanischer Pressung. Der jüngere Quarz dagegen besitzt grobes Korn und löscht normal aus. Am grobkörnigen Quarz, der, wie schon erwähnt, spätigen und grauen Dolomit eingeschlossen enthält, setzt mit scharfer Begrenzung die Vererzungsbreccie ab, welche in einer dolomitischen Grundmasse meist längliche Splitter von Quarz als Porphyroblasten führt. Auch hier erkennt man die alten und jungen Quarze wieder. Letztere zeigen nie wellige Auslöschung und sind nur zerbrochen. Allerdings führt die mechanische Zertrümmerung oft bis zu ausgesprochener Mörtelstruktur; dann ist eine Trennung natürlich nicht mehr durchführbar. Das Erz füllt meist fein verteilt die Hohlräume dieser Breccie. Im selben Schliff kann man weiters ein eckiges Bruchstück grauen Dolomits beobachten, der mitten durch in Form eines breiten Streifens zu weißgelbem, grobspätigen Dolomit umkristallisiert. Dieses Dolomitstück durchsetzt jedoch auch ein schmaler Quarzgang der ersten Generation a. Dabei ist interessant, daß dieser Quarzgang aus dem grauen Dolomit durch den spätigen Dolomit wieder in grauen Dolomit führt. Als Erklärung kann man nur annehmen, daß der alte Quarzgang bei der teilweisen Umkristallisierung des grauen Dolomits der Auflösung einen größeren Widerstand entgegengesetzte und so von jungem spätigen Dolomit umgeben wurde. Ganz ähnliche Erscheinungen führen oft bis zur vollständigen Auflösung des grauen Dolomits, so daß der alte Quarz a dann mitten in einer grobspätigen Dolomitmasse sitzt. Die Kennzeichen starker mechanischer Beanspruchung in einer meist schwach beanspruchten Grundmasse bilden dann einen Hinweis auf sein Alter.

Schliff 5: Auch hier läßt sich die Hauptbreccie wiedererkennen. Der spätige Dolomit zeigt überall Spuren mechanischer Beanspruchung. Zerbrechung und Abrundung der Kanten an den Berührungsflächen der einzelnen Kristalle sind am häufigsten. Zwischen die einzelnen Spatindividuen dringt

fast immer das Erz ein. Oft liegen mitten im spätigen Dolomit unregelmäßige Fahlerznester, die selten idiomorphe Quarze c einschließen. Hier und da wird auch das Erz von Quarz um-



II.

Die Fahlerzvererzung im Wetterbauergraben.

In einer Grundmasse von grobspatigem Dolomit sD liegt ein großes Bruchstück grauen Dolomits gD. Von links unten nach rechts oben ziehen 2 parallele Klüfte, an denen die Grundmasse zerbrochen wird unter Bildung der Vererzungsbreccie VE. In dieser Breccie liegt das schwarze Erz E und dringt von hier aus auch in den benachbarten spätigen Dolomit sD ein. In der Breccie liegen auch Trümmer von älterem Quarz b. Das Erz ist teilweise von jungem Quarz c begleitet.

geben, so daß man auf Gleichzeitigkeit schließen muß. Manchmal erhält man den Eindruck, als ob der Quarz c das Erz vor sich herschieben würde. An einer anderen Stelle des Schiffs sieht man die Vererzungsbreccie: längliche Quarzsplitter b (meist nicht undulös, mit sehr scharfer Begrenzung) und unregelmäßige Dolomitbrocken sind vorherrschend, dazwischen unregelmäßig körnig bis kristallin das Fahlerz, welches meist

die Karbonatsplitter umgibt oder in sie eindringt. Deutlich treten auch einige große Quarze (b) hervor, deren früherer Zusammenhang ganz klar erscheint. Die Grenzflächen passen aneinander, die Auslöschung ist annähernd gleichzeitig. Einen besonders großen Quarz b durchsetzten fast normal deutliche Linien mechanischer Beanspruchung, an denen der Quarz dann stellenweise auseinanderreißt. In die nun entstehende Spalte wurde meist fein zerriebenes Karbonat- und Quarzmehl, hie und da auch Erz eingepreßt. An Stellen, wo die Beanspruchung nicht groß genug war, um eine Zerreißung hervorzurufen, kommt es nur zu Dehnungserscheinungen im Quarz, die sich durch wellige Auslöschung an scharf durch den Quarz laufenden Linien zu erkennen geben. In dieser Vererzungsbreccie schließt das Erz oft deutlich scharfkantige Bruchstücke von Quarz b oder grobspätigen Dolomit ein. Quer über das eben beschriebene Bild laufen ganz junge Risse, an denen das Fahlerz oft zersetzt erscheint. Es sieht dann so aus, als ob ein Netz von feinen blauen Malachitadern über das Ganze gebreitet wäre.

Ergebnisse der Schliffuntersuchungen. Das bisher untersuchte Material zeigt deutlich, wie das Eindringen von Fahlerz an das Vorhandensein von Zerrüttungszonen geknüpft ist, welche ihre Entstehung einer Reihe von hintereinander folgenden Bewegungen verdanken. Im allmeinen erhält man folgendes Bild:

1. Überschiebung des grauen Dolomits auf den Kalkschiefer, Bildung der sogenannten Hauptbreccie mit dem Bindemittel spätiger Dolomit.
2. Eindringen von Quarz b in die noch vorhandenen Hohlräume der Hauptbreccie.
3. Wiederaufleben der Bewegung; die schon verheilte Hauptbreccie wird neu zerrissen unter Bildung der Vererzungsbreccie.
4. Erz, begleitet von wenig Quarz, dringt in die Zerrüttungszone ein.
5. Ganz junge Bewegungen schaffen nochmals Klüfte, in denen das Erz unter Bildung von Malachit, Azurit-Antimonblende zersetzt wird. Vielleicht gehört auch die spärliche Entstehung von Zinnober hierher.

Alter der Vererzung. Am Schuppenbau in den nördlichen Teilen des Hochlantsch nehmen nach Heritsch¹⁷-Mohr¹⁸ außer devonischen Sedimenten noch karbonische Ablagerungen teil (vergl. auch ³). In jüngster Zeit ge-

¹⁷ Denkschriften der Wiener Akad. Wien, Math. n.w. Kl., Bd. 92 (1915) ff. F. Heritsch. Untersuch. z. Geol. des Paläoz. Graz I, II, III.

¹⁸ Mitt. Geol. Ges. Wien 1911, Bd. IV, pag. 304 ff.

lang es E. C l a r, im Gebiete der Rannach schwarze, matte, weiche Dachschiefer aufzufinden, die er auf Grund der Lagerung und ihres Aussehens ins Karbon stellt. Sie übergreifen dort einen älteren, varistischen Bau.¹⁹ Die Überschiebung des Schöckelkalkes auf die Unterlage ist daher jünger als Karbon und vorgosauisch, da der Schöckelkalk bereits von der Kainacher Gosau übergriffen wird. T o r n q u i s t²⁰ beschreibt bei Guggenbach eine Überschiebung von devonischen Dolomit auf Kalkschiefer, für die er mittelkretazisches Alters annimmt. Ob die Bildung der Hauptbreccie der Erzlagerstätte schon in die Zeit der Aufschiebung der Hochlantschmasse fällt, muß fraglich bleiben. Die Bildung der Vererzungsbreccie samt der Vererzung im Wetterbauergraben ist jedenfalls jünger als die Überschiebung. Die letzten größeren Störungen (3) scheinen jünger als die roten Konglomerate der Bärenschütz, für die gosauisches oder miozänes Alter vermutet wird, und älter als die diluviale Breccie der Bärenschütz zu sein. Vielleicht kann man die Störungen in der Umgebung des Wetterbauergrabens mit den weiter nördlich gelegenen parallelisieren. Für diesen Fall ist es naheliegend, die Vererzung im Wetterbauergraben ins Tertiär zu stellen. Ein miozänes Alter wurde bereits früher von T o r n q u i s t²¹ vermutet. Eine Verbindung mit irgendwelchen tertiären vulkanischen Erscheinungen läßt sich jedoch nicht herstellen. Nach N i g g l i²² müssen wir die Lagerstätte daher in die Gruppe der telemagmatischen stellen.

Zur Entstehung der Lagerstätte. Überblickt man die chemischen Elemente, die in der Erzlagerstätte auftreten; so findet man lauter chalkophile Elemente, welche für hydrothermale Lagerstätten charakteristisch sind. Ein Absatz des Fahlerzes aus wässriger Lösung scheint daher sehr wahrscheinlich zu sein. Am ehesten könnte man hier an eine alkalische Therme denken, ähnlich der von B e c k e r²³ beschriebenen Steamboat-spring. Diese heiße Quelle enthält unter anderem nachweisbare Mengen von Alkalisulfantimoniaten bezw. Sulfarseniaten, Alkalisulfiden, Alkalisilikaten und Spuren von Quecksilbersulfid. Durch einfache Umsetzung mit Kohlensäure scheidet sich aus dieser Lösung Kieselsäure und Zinnober aus. Durch doppelte Umsetzung mit irgend welchen Schwermetall-

¹⁹ Verh. d. Geol. B. A. Wien 1929, Nr. 9, pag. 194 ff.

²⁰ Sitz.ber. Ak. Wiss. Wien, mat. n.w. Kl. Abt. I. 137. Bd. 4. Heft 1928, pag. 385.

²¹ Sitz.ber. Ak. Wiss. Wien, mat. n.w. Kl. Abt. I, 138. Bd., 1. u. 2. Heft 1929, pag. 68.

²² Einteilung u. Systematik der Minerallagerstätten, Schweiz. Min. u. Petr. Mitt. I, 1921 u. Niggli, Versuch einer natürl. Klass. d. i. weiteren Sinne magm. Lagerst., Abh. z. pr. Geol. u. Bergwirtschftslehre, 1925.

²³ U. S. Geol. Survey, Monographs XIII, 1888, pag. 349.

verbindungen, z. B. Kupfersalzen, wäre eine Bildung von Fahlerz, also Schwermetallsulfantimoniaten oder Sulfarseniaten jedenfalls denkbar. Einen Hinweis auf eine derartige Bildungsweise von Kupferfahlerz können wir aus einer rein chemischen Arbeit von M. Pougé²⁴ entnehmen, der durch Umsetzung von löslichen Alkalisulfosalzen mit Schwermetalllösungen Verbindungen erhielt, welche in ihrer chemischen Zusammensetzung manchen Fahlerzen sehr ähnlich sind. In den Thermen von Bourbonne-les Bains hat A. Daubre²⁵ bereits die Bildung von Kupferfahlerz nachgewiesen. Für die Frage nach der Entstehung des Fahlerzes vom Wetterbauergraben wäre es natürlich wichtig festzustellen, ob der Kupfer- bzw. Zinkgehalt des Erzes aus einer thermalen Lösung stammt oder ob nicht doch sekundäre Umsetzungen von Alkalisulfosalzen mit schon in den älteren Erzlagerstätten des Grazer paläozoischen Gebirges vorhandenen Kupfer- bzw. Zinkerzen in Frage kommen. Wegen des Fehlens anderer Minerale in der Lagerstätte erhält man hier eher den Eindruck primärer Entstehung des Fahlerzes. Trotzdem möchte ich aber ausdrücklich auf das folgende verweisen.

Weitere Vorkommen von Fahlerz in der Umgebung. In der engeren und weiteren Umgebung des Wetterbauernsattels gibt es eine Reihe kleinerer Fahlerzvorkommen, die teilweise schon in der Literatur erwähnt sind. Diese Vorkommen gewinnen deshalb an Bedeutung, weil sie zumindest teilweise, mit der Vererzung am Wetterbauernsattel zusammenhängen dürften. A. Sigmund²⁶ gibt Fahlerz von Hochleiten bei Mixnitz, vom Hausberg bei Gratkorn und von Burgstall im Schöckelgebiet an. Das letztere Vorkommen tritt im Hangenden, der nach der Auffassung Tornquists alttertiären²⁷ Bleiglanzlager auf²⁷. Auch in der Blei-Zinklagerstätte von Schrems im Talgraben, südlich des Wetterbauernsattels, ist Kupferfahlerz bekannt. Ein Erzschliff aus dieser Lagerstätte zeigt, wie in einer Hauptmasse von Kupferfahlerz kleine, unregelmäßige Fetzen von Kupferkies und Bleiglanz sitzen, die man nur als Verdrängungsreste deuten kann. Es ist also sehr wahrscheinlich, daß der Kupfergehalt des Fahlerzes in diesem Fall aus dem älteren Kupferkies der Lagerstätte stammt, wir daher ascendente Zementation an-

²⁴ Comptes rend. d. l'Acad. Sc. Paris. 129, pag. 103.

²⁵ Ebenda d. l'Acad. Sc. Paris. 80, pag. 463 (1875).

²⁶ Mitt. d. Naturw. Ver. f. Stmk., Bd. 52, 368 und Bd. 60, 10.

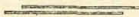
²⁷ vom Typus Rabenstein im Murtal, vgl. A. Tornquist. Mitt. d. Naturw. Ver. f. Steiermark. 1928.

²⁸ Mineralien der Steiermark 1885, pag. 28.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
nehmen können. Das südlichste Fahlerzvorkommen erwähnt
H a t l e²⁹ von Thal bei Graz.

Die vorstehende Untersuchung bildet ein Glied der im In-
stitut für Geologie und Lagerstättenforschung in Ausführung
begriffenen systematischen Untersuchung ostalpiner Erzlager-
stätten. Herrn Hofrat Dr. T o r n q u i s t bin ich für sein stän-
diges Interesse an der Arbeit zu Dank verpflichtet.

Institut für Geologie und Minerallagerstättenforschung
an der Technischen Hochschule Graz.



²⁹ Nach einer freundlichen persönl. Mitteilung von Hofrat Dr. A.
Tornquist.