

## JUNGALPIDISCHE KUPFERVERERZUNGEN IM MONTAFON (VORARLBERG)

von J.G. HADITSCH, Graz, & H. MOSTLER, Innsbruck

### Zusammenfassung

Die Vererzungen des Montafons sind keineswegs, wie bisher angenommen, nur an die spätalpidischen Deckenbewegungen gebunden, sondern reichen teilweise bis in das Unterperm zurück. Teils sind die Montafoner Mineralisationen an den unterpermischen Vulkanismus gebunden, teils an oberskythische Quarzite, teils an jungalpidische tektonische Flächen.

Die jungalpidischen Cu-Ag-(Pb-Zn-) Gangvererzungen werden durch Flächen verschiedenster Größenordnung (Klüfte, Brüche, Schuppengrenzen, Aufschiebungsflächen) kontrolliert. Ihr Metallinhalt kann nicht von den bekannten älteren Metallisationen abgeleitet werden. Die erzbringenden Lösungen sind magmatischen oder sekundär-hydrothermalen Ursprungs (im zuletzt genannten Fall wäre die primäre Vererzung noch nicht bekannt).

### Summary

By no means the Montafon mineralizations are just bound to the late Alpidic movements, as it was supposed until now. On the contrary, these mineralizations partly reach back to lower Permian rocks. To some extent they are bound to quartzites of Upper Scythian age, and partly they are connected with young Alpidic tectonic planes.

The young Alpidic Cu-Ag-(Pb-Zn-) vein mineralizations are controlled by most different faulting planes, such as ruptures, faults, imbrication boundaries, overthrusting faults etc. The metal content of these veins does not originate in the pre-existing metallizations. The hydrothermal salutions are of magmatic or of remobilized-hydrothermal origin. In the latter case the primary mineralization could not be proved until now.

## 1. Einleitung und Problemstellung

Die seit langem in der wissenschaftlichen Literatur bekannten und seit dem Mittelalter (mit Unterbrechungen) bebauten Lagerstätten des Montafoner Raumes wurden - angeregt durch den Fund eines im Zuge des Straßenbaus von Schruns nach Bartholomäberg aufgeschlossenen Kupferkiesganges (von 1 m Mächtigkeit) - einer neuerlichen Bearbeitung unterzogen. Im Rahmen dieser Arbeiten konnte eine Reihe bisher unbekannter Vererzungen nachgewiesen werden, deren Genese und zeitliche Einordnung bereits in einigen Arbeiten (ANGERER et al. 1976; HADITSCH et al. 1978; HADITSCH et al. 1979) dargelegt wurden.

Mit Ausnahme der neugefundenen wurden bisher die Erzmineralisationen dieses Raumes ausschließlich in Verbindung mit einem tektonischen Großereignis, nämlich der spätalpidischen Deckenbewegung, gesehen (z. B. MATTHIASS, 1961). Wie die nachstehenden Ausführungen noch zeigen werden, handelt es sich aber bei den in Rede stehenden Metallisationen nur z.T. um tektonisch kontrollierte.

Durch die auf einem relativ engen Gebiet nachgewiesenen komplexen Mineralisationen unterschiedlicher Genese und verschiedenen Alters wurde es notwendig, die bisherigen Anschaulungen über die Metallogenese dieses Raumes neu zu überdenken, die Bindung der Vererzung an magmatische Ereignisse bzw. deren Unabhängigkeit von diesen klarzustellen.

Ein weiteres Ziel dieser Studie war es, nachzuweisen, inwieweit die jungen Gangvererzungen als Produkte lateralsekretionärer Vorgänge anzusehen sind, oder auf primär- oder sekundär-hydrothermale Prozesse zurückgeführt werden müssen.

## 2. Kurzer Beitrag zur Bergbaugeschichte

Die ältesten Urkunden über einen Bergbau in Vorarlberg und damit die ältesten historisch beglaubigten Belege für einen Erzabbau in den Nordalpen finden sich für die Jahre 814 und 820 im Kloster St. Gallen und im rhätischen Reichsurbar aus dem Jahre 842. Die Hinweise betreffen Eisenerzabbau bei Bürs (Purie) und Rankweil (Vinomma), einen Eisenbezirk ("ministerium ferraires") zwischen Bürs und dem Arlberg.

Auf frühe bergbauliche Tätigkeiten in Vorarlberg, speziell im Montafon, und die dortige Besiedlung im 12. Jahrhundert weisen auch einige Orts- und Flurnamen hin, so z.B. Vens (vielleicht auf "ad venas", d.h. "bei den Gängen" zurückgehend), die Venser Flur "Bleiboden" und die Flur Ferrara bei St. Agatha-Kristberg. Für das 12. Jahrhundert ist jedenfalls auch eine Kirche in Bartholomäberg verbürgt.

Vom 13.10.1319 stammt eine Urkunde, nach der Graf Albrecht von Werdenberg im Falle seines Ablebens seinem Bruder Hugo "argentifodinam seu montem dictum Montafune", d.h. die Silbergrube oder den Berg genannt Montafune = Montafon, vermache. Damit taucht zum ersten Mal der Name auf, der früher nur das Gebiet des Kristberges, heute das obere Illtal bezeichnet. Über die etymologische Herleitung des Namens Montafon herrscht Uneinigkeit. Er könnte von der rhätoromanischen Bezeichnung "munt davon" (= Berg dahinten, d. h. hinter den letzten Siedlungen) oder vom gleichfalls rhätoromanischen "munt tovun" (= durchlöcherter Berg, Grubenberg) herrühren.

Auf die relativ frühe und starke Besiedlung der an und für sich abgelegenen Talschaften und damit auf eine beachtliche Bedeutung bergbaulicher Aktivitäten in diesem Raum deuten auch die Kirchenbauten hin. So ist beispielsweise schon für das Jahr 1332 die Kirche St. Nikolaus in dem Tal (auch "im Silberberg" genannt; heute Silbertal) belegt, welche auch bereits 1375 zur Pfarrei erhoben wurde.

Vom Mai 1355 stammen Nachrichten über "Silberer" (Knappen) und den Eisenberg zu Bürs. Es ist auch bekannt, daß die zugezogenen Walser um 1300 im Bergbau einen Nebenverdienst suchten.

Welche Bedeutung der (Ag-Cu-Pb-) Bergbau damals gehabt haben muß, geht aus der Tatsache hervor, daß schon 1382 der Grundherr Graf Albrecht III. von Werdenberg alle Hörigen aus der Leibeigenschaft entließ, und auch daraus, daß schon am 29.9.1383 die älteste Siedlung des Montafons (Bartholomäberg), für die eine Seelsorge schon für die Zeit um 1100 verbürgt ist, zur Pfarre erhoben wurde. Diese Kirche birgt übrigens auch beachtliche Kunstschatze, so neben dem um 1525 geschaffenen Knappenaltar (mit den Bergbauheiligen Anna, Barbara und Eligius und dem Walserheiligen Theodul) vor allem auch ein romanisches (um ca. 1150 geschaffenes) Vortragekreuz aus Limoges.

Aus der Zeit der Blüte des Silberbergbaues im Montafon, d. h. zwischen 1402 und 1569, gibt es mehrere Bestätigungen der besonderen Freiheiten der Silberer. Auf die damaligen Aktivitäten weisen auch ein Gehöft "zum Schmelzhof" in Schaanwald (1413), die Belehnung des Hans Ulrich von Enns mit einem Ag-Pb-Bergwerk bei Ems (bei der Alpe Schönenmann bei Ebnet ?) vom 7.11.1430, die Erwähnung eines Kupferhammerwerkes in Feldkirch (1470) und der "Kupferleite" in Bartholomäberg (1473) und die Arbeiten in Alpgnoß (Alpguß, Alpgueß, Alkuß), d. h. zwischen Fresch und dem Dorf Silbertal, im Jahre 1489 hin. Rund 1200 Knappen aus dem Montafon (und aus Tirol) nahmen auch an der verlustreichen Schlacht von Frastanz am 20.4.1499 (gegen die Schweizer) teil.

Hatte zwar schon im Jahre 1405 auf dem Kristberg eine Kirche gestanden, so wurde 1507 von aus einem Verbruch geretteten Bergleuten das Kirchlein St. Agatha erbaut, das älteste derzeit noch stehende Gotteshaus des Montafons. Seine Altarflügel zieren die Patroninnen Agatha und Barbara.

Am 31.3.1516 wurde einem Gewerken die Fron erleichtert und der Wechsel erlassen, was auf die damals bereits bestehende schwierige wirtschaftliche Lage des Montafoner Bergbaues schließen läßt. Die Bergwerksordnung Karls V. vom 18.10.1522, zu der 1530 Erläuterungen erschienen, teilte die Montafoner Bergwerke in hohe und niedere ein (Kristberg, Alpe Fresch, Alpe Alpgueß bzw. Bartholomäberg) und legte damit deren unterschiedliche Rechte fest.

Um 1530 war in Bludenz noch eine Kupferhütte in Betrieb, aber schon bald darauf, zwischen 1545 und 1570, führten neben den früher schon angedeuteten Schwierigkeiten noch Religionsstreitigkeiten unter den Knappen zu einem starken Niedergang des Bergbaues. Für die folgende Zeit gibt es nur mehr spärliche Nachrichten: so etwa findet man 1567 nur die

Unsere Frauen-Grube im Valfamanka-Tobel am Bartholomäberg erwähnt, oder daß es 1589 nur mehr einen Bau im Montafon gegeben habe. Schon 1610 lag auch der Silberbergbau im Lobinger (Loburger) unweit des Kristbergsattels im Dalaaser Wald still. Der Dreißigjährige Krieg bedeutete das Ende jeglicher bergbaulichen Tätigkeit.

Erst um 1730 kam es am Bartholomäberg zu einer Wiederbelebung. Für die Jahre 1748 und 1751 sind von dort Arbeiten belegt. 1744 wurde auf der Freschalpe ("Frescha" oder "Fräsch") im hintersten Silbertal (unter dem Muttberg und Gaflunakopf) nach Kupfererzen geschürft. Alle diese Arbeiten scheinen aber nur von kurzer Dauer und geringer Bedeutung gewesen zu sein. Es besagt nämlich schon eine Handschrift aus dem Jahre 1792, daß es in Vorarlberg keinen Bergbau mehr gäbe.

Zwischen 1806 und 1814 soll das Schmelzwerk Bäumle bei Lochau auch mit Eisenerzen aus dem Montafon versorgt worden sein, was auf einen Abbau der dortigen jungen Eisenspat- (Ag-Cu-) Gänge hinweisen könnte.

Vom 14.12.1815 stammt ein Ansuchen um die Belehnung für den Ag-Cu-Schurf von Alpgueß. Aus unserem Jahrhundert röhren verschiedene auf Veranlassung der Vorarlberger Landesregierung zwischen 1920 und 1926 durchgeführte Schurfarbeiten her und ein zwischen 1934 und 1938 durch den Obersteiger E. Hundertpfund im Fritzentobel (Bartholomäberg) auf 220 m Länge vorgetriebener Stollen.

### 3. Überblick über den Metallisationsablauf im Montafon und in angrenzenden Gebieten

Die Erzmineralisation des Montafoner Raumes setzt zeitgleich mit dem permischen Vulkanismus ein. Ältere Vererzungen sind bisher unbekannt. In unterpermischen Ignimbriten treten disseminierte Kupfervererzungen auf, wobei die Erzminerale entweder Zwickelfüller zwischen den einzelnen Glasscherben darstellen oder diese Scherben z.T. sogar verdrängen. Die Kupfer-Molybdän-Gehalte entsprechen völlig denen typischer porphyrischer Kupferlagerstätten. Diese Kupfererze gehen auf eine intrapermische mehrphasige Protoerzbildung (Vergrünung der Pyroklastite und erste Pyritbildung, darauffolgende Kupfervererzung unter Anhalten der Pyritauscheidung bzw. eine etwas zeitverschobene Bornitbildung usw.) zurück, nach der es mit einer deutlichen zeitlichen Verschiebung, d. h. in alpidischer Zeit, zu einer starken Kataklase und einer Metallanreicherung infolge der Umsetzung des Protoerzes kam (ANGERER et al., 1976).

In Verbindung mit einem Subvulkan unterpermischen Alters konnte auch eine Bäriummineralisation nachgewiesen werden, bei der es sich nicht um eine synsedimentäre, sondern um eine lagergangartige in Tonsteinen handelt. Das unterpermische Alter des Baryts ist, da er noch vor der Förderung des dritten Quarzporphyrs gebildet wurde, gesichert. Die Bindung des Baryts an einen Subvulkan läßt an der hydrothermalen Entstehung keinen Zweifel. Nach dem Ba/Sr-Verhältnis muß der Schwerspat im mittleren Bereich der hydrothermalen Abfolge gebildet worden sein (HADITSCH et al., 1979).

Intraskythisch gibt es in Arkosen eine eindeutig auf eine Aufarbeitung vererzter permischer Quarzporphyre zurückführbare Cu-Mineralisation. Durch das Auftreten von vererzten Schachbrettalbiten gelang der Nachweis, daß diese Vererzung aus dem mittleren QuarzporphyrhORIZONT herührt.

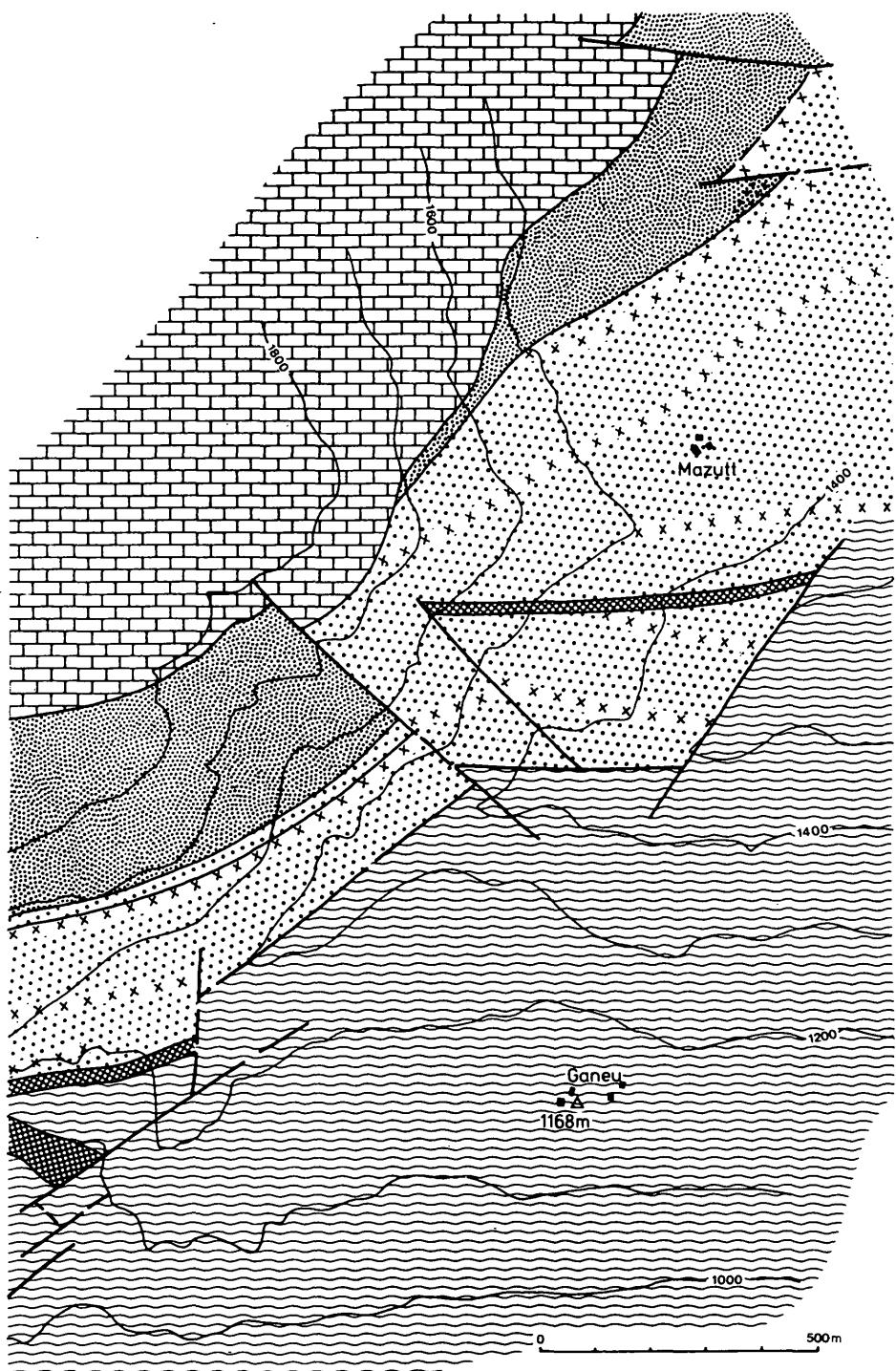


Abb. 1

Diese exogen-sedimentär vererzten Arkosen treten innerhalb der ober-skythischen Hangendquarze auf, die aufgrund sedimentologischer Untersuchungen als Flachselsedimente angesehen werden müssen, die durch eine Aufarbeitung in einem strand- oder küstennahen Milieu entstanden sind. Die vererzten Arkosen stellen dabei Rinnensedimente dar, sind also als episodische Bildungen in mariner Umgebung zu betrachten (HADITSCH et al., 1978).

Zeitgleich mit den zuvor genannten Vererzungen in den Arkosen treten im Stanzertal (Arlberggebiet) disseminierte Fahlerzmineralisationen in Quarziten auf, die als Deltasedimente im Übergangsbereich zwischen fluviatil-terrestrischer und mariner Sedimentation aufzufassen sind. Die Erzminerale füllen intergranulare Porenräume, verdrängen aber auch randlich die detritären Komponenten. Es wurde versucht, diese Vererzung als eine syn-diagenetische bis epigenetische Ausfällung aus zirkulierenden, relativ tief-temperierten hydrothermalen Lösungen zu erklären (MOSTLER et al., 1982).

Als jüngste Bildung treten Gangvererzungen auf, auf die sich seinerzeit hauptsächlich die Bergbauaktivitäten konzentrierten.

#### 4. Jungalpidische Gangvererzungen

Die Mineralisationen dieser Art treten in drei verschiedenen Bereichen auf, nämlich:

- a) Filifau, Ganeu und Golmerbach (im Rellstal)
- b) Bartholomäberg
- c) Kristbergsattel

Die Vererzung von Filifau liegt im Altkristallin und besteht aus Siderit, dem ein eisenarmes Karbonat, Quarz, Fahlerz und Pyrit folgen.

In Ganeu werden Schiefer des Altkristallins von quergreifenden Klüften (mit Quarz und wenig Kupferkies) und Sideritgängen durchschlagen. Jünger als die Eisenspatgänge sind Rupturen mit einem grobspäten hellen Karbonat, dem ein feinkörniges mit Quarz folgt.

In der unmittelbaren Nachbarschaft von Ganeu lassen sich zwei kupferreiche Gänge bis in den Golmerbach und sogar über ihn hinweg verfolgen. Die hauptsächlich aus Quarz, verschiedenen Karbonatphasen, Kupferkies und Pyrit aufgebauten Gänge durchschlagen den hangendsten Bereich des Kristallins und die Liegendanteile der (karbonischen) Kristbergschichten (van AMEROM et al., 1982) (Abb. 1).

Am Bartholomäberg treten mehrere an Störungen und Schuppengrenzen gebundene Gänge auf, von denen die wichtigsten im Fritzentobel und nordöstlich der Ortschaft Bartholomäberg liegen. Die meisten dieser Vererzungen wurden bergmännisch aufgeschlossen (Abb. 2).

Im Fritzentobel durchschlagen Erzgänge unterschiedlicher Mächtigkeit nur randlich das Altkristallin der Phyllitgneiszone (Abb. 3), folgen aber hauptsächlich der Aufschiebung des Altkristallins auf die oberkarbonischen Sedimente. Diese Gänge führen Ankerit, Siderit und Calcit, einen jüngeren Quarz, Pyrit, Kupferkies und Fahlerz, und sind manchmal zonar aufgebaut.

Nordöstlich der Ortschaft Bartholomäberg wurden die Einbauten zwar durchwegs im Kristallin angeschlagen, sie verfolgten jedoch die Vererzungen längs der quergreifenden Störungen über die Kristbergschichten bis in die unterrotliegenden Ablagerungen hinein. Die Haldenfunde geben leider nur

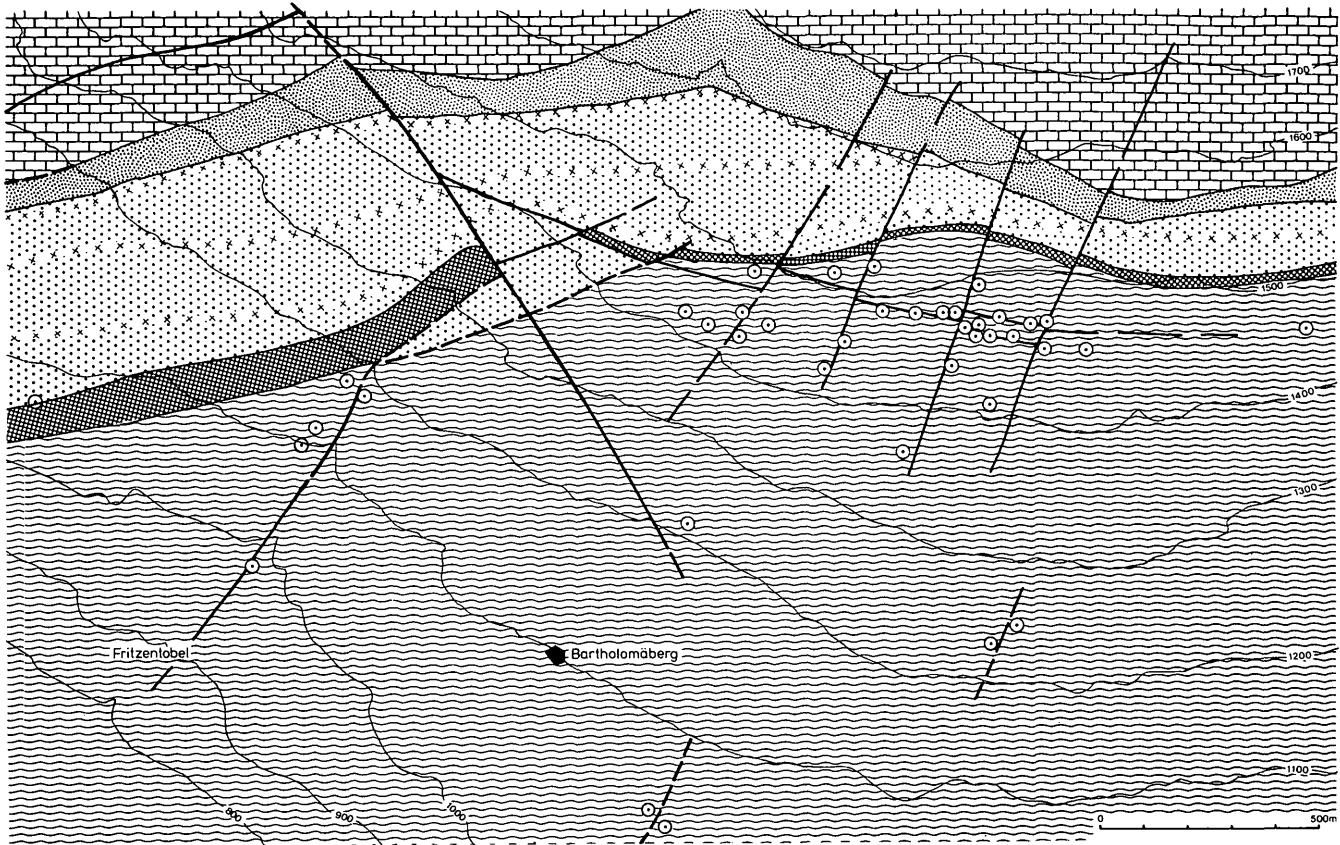
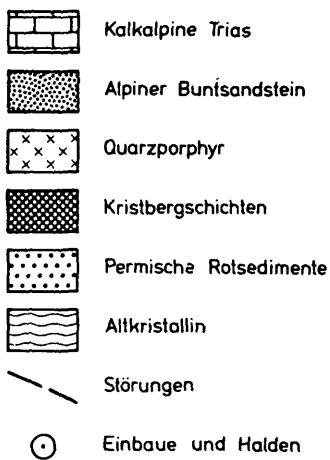


Abb. 2



Legende zu den Abbildungen

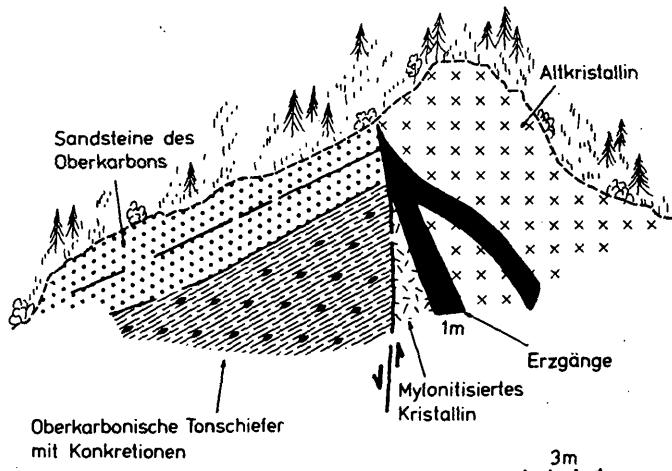


Abb. 3

ein sehr unvollkommenes Bild über die Verteilung, die Zusammensetzung und die Abfolge der Vererzung wieder. So gelingen heute nur mehr selten Funde silberreicher Fahlerze und von Zinkblende. Beispielsweise wurde beim Aushub einer Baugrube in der Nähe der Kirche eine alte, stark überwachsene Halde angeschnitten, die derbe Fahlerzbrocken (mit feinstem Bleiglanz und etwas Kupferkies) enthielt. Die Gangarten waren hier Quarz und Karbonat.

Von einem Stollen in rund 1400 m SH, oberhalb der Ortschaft Bartholomäberg, beschrieb MATTHIAS (1960: 31) aus der Phyllitgneiszone Zinkblende (mit einer Kupferkiesentmischung), Magnetkies und Fahlerz, und als Gangarten Karbonate und Quarz.

Erzstücke aus dieser Gegend enthielten 8.2 % Cu, 0.01-0.29 % Zn und 25-747 g Ag/t.

Aufgrund der oben erwähnten Schwierigkeit, die Metallogenese umfassend darzustellen, und um vor allem die Pb- und Zn-Verteilung besser zu erfassen, wurden Boden- und Bachsedimentproben untersucht. Diese Arbeiten ergaben im Bereich des in der Einleitung erwähnten Kupferkiesganges im vermuteten Gangstreichen relativ hohe Zinkwerte (bis über 1000 ppm), wogegen die Pb-Werte, mit wenigen Ausnahmen, unter 100 ppm liegen (Abb. 4). Dieser Befund kann so interpretiert werden, daß im Gegensatz zum Zink, von dem einige Minerale bekannt sind, beim Blei offensichtlich, mit Ausnahme der vorhin erwähnten seltenen Bleiglanztröpfchen, keine weitere eigene Pb-Mineralisation auftritt. Andererseits beweist die weite Dispersion des Bleis, daß dieses Element diskret in anderen Mineralen enthalten ist.

Der schon mehrfach erwähnte Kupferkiesgang wurde seinerzeit (1966) an der Straße von Bartholomäberg nach Schruns, nahe der Abzweigung zum Haus Ganahl, aufgeschlossen. Er durchschnitt hier spitzwinkelig die Schiefergneise, war rund 1 m mächtig und bestand megaskopisch nahezu ausschließlich aus Kupferkies. Die Salbänder waren durch einen zellig angewitterten limonitischen Bereich charakterisiert. Anschliffuntersuchungen ergaben, daß im Kupferkies Magnetkiesreste schwammen, die größtenteils bereits in Limonit übergegangen waren. Der Kupferkies selbst war unregelmäßig und schwach zerbrochen, die Klüfte waren durch Quarz und Karbonat ausgeheilt. ESMA-Untersuchungen wiesen einen reinen Kupferkies nach.

Ein weiteres, quarzreicheres Rollstück, das unterhalb dieses Aufschlusses aufgelesen wurde, enthielt 19.9 % Cu, 0.04 % Zn und 168 g Ag/t.

Weitere Haldenfunde im Raum des Bartholomäberges zeigen Gangverzungen mit Kupferkies, Fahlerz und Pyrit, mit eisenreichen Karbonaten und Quarz als Gangarten in karbonischen Sedimenten, und ebensolche Mineralisationen in Gangbreccien aus karbonischem Material; in den zuletzt genannten können die Erzminerale auch in Form größerer Butzen auftreten.

Am Kristberg (Abb. 5) führen die Gänge, die die Phyllitgneiszone durchschlagen, hauptsächlich Siderit, der von unterschiedlich reichen Kupferkies- und Fahlerztrümmern wechselnder Mächtigkeit durchsetzt wird. Daneben treten in diesen Vererzungen noch Pyrit, Markasit und Quarz auf.

Gänge, die an der Karbon/Perm-Grenze niedersetzen, zeigen eine Kupferkiesvererzung (zusammen mit Quarz und Siderit) in einem älteren Ankerit. Die Gangverzungen in permischen Sandsteinen zeigen eisenreiche

Karbonate mit Fahlerz und Kupferkies. Fallweise werden diese Sedimente vom Salband der Gänge aus imprägniert.

Aufgrund des megaskopischen und erzmikroskopischen Befundes und der ESMA-Untersuchungen ergeben sich für die einzelnen Mineralisationen die nachstehenden Abläufe.<sup>x)</sup>

#### Rellstal

Filifau: Siderit → Fe-armes Karbonat + Fahlerz + Pyrit + Quarz (Phototaf. 1, Abb. 1,2)

Ganeu: Kupferkies + Quarz → Siderit + Pyrit → Fe-armes Karbonat → Karbonat + Quarz (Phototaf. 1, Abb. 3)

Golmerbach: Pyrit → Kupferkies + Pyrit + Siderit + Quarz → Quarz (+ Calcit?) (Phototaf. 1, Abb. 4,5)

#### Bartholomäberg

Fritzentobel: Markasit → Pyrit + Quarz → Siderit + Ankerit → Kupferkies + Pyrit + Quarz → Kupferkies + Fahlerz + Pyrit + Quarz → Quarz (Phototaf. 1, Abb. 6; Phototaf. 2, Abb. 1 – 4)

Ortschaft Bartholomäberg: I) Ankerit + Pyrit → Kupferkies + Fahlerz + Bleiglanz + Quarz → Kupferkies + Quarz (Phototaf. 2, Abb. 5)  
II) Magnetkies → Kupferkies → Quarz + Ankerit → Kupferkies  
III) Siderit (+ Ankerit?) → Kupferkies + Fahlerz + Pyrit + Karbonat + Quarz → Quarz (+ Arsenkies?) → Kupferkies (Phototaf. 2, Abb. 6; Phototaf. 3, Abb. 1 – 6)

Kristberg: I) Quarz → Siderit → Kupferkies + Fahlerz + Arsenkies + Karbonat + Quarz → Pyrit → Quarz (Phototaf. 4, Abb. 1)  
II) Ankerit → Kupferkies + Siderit + Quarz → Kupferkies + Fahlerz + Pyrit + Ankerit + Quarz → Calcit (Phototaf. 4, Abb. 2)

Aus dieser Darstellung der Abfolge der einzelnen Vererzungsbereiche geht hervor, daß die Mineralsukzession offenbar stark von örtlichen Gegebenheiten abhängt. Generell lässt sich aber aus ihr ableiten, daß Fe-Karbonate durchgehend (meist zusammen mit Pyrit und Quarz) zu den frühen hydrothermalen Bildungen gehören. Die Hauptmineralisation, bestehend aus Magnetkies, Kupferkies, Fahlerz (Phototafel 5), Zinkblende (Bleiglanz, Arsenkies), wird begleitet von Quarz und von jüngeren Generationen der Fe-Karbonate. Die Mineralisation endet generell mit Quarz (+ Calcit).

#### Diskussion der Genese

Aufgrund der Entmischungen in der Zinkblende (Kupferkieströpfchen) (Phototaf. 4, Abb. 3 – 6) müssen für die entsprechenden Erzbildungen heißhydrothermale Lösungen angenommen werden. Die die Vererzung kontrollierenden Störungen durchschlagen die alpidischen Decken- und Schuppengrenzen, wobei die Bruchtektonik zumindest zweiphasig abläuft, wie die Versetzungs-muster zeigen. Die Vererzung nutzt zumindest diese zwei Bruchsysteme. Für diese Bruchsysteme ist eine jungalpidische Anlage evident. Zu dieser Zeit

<sup>x)</sup> Fragezeichen geben eine mögliche, aber nicht gesicherte Einstufung des betreffenden Minerals an.

|                 |                  |
|-----------------|------------------|
| ≥ 500 ppm       | a > 1000 ppm     |
| ● 300 - 499 ppm | b 901 - 1000 ppm |
| ○ 200 - 299 ppm | c 800 - 900 ppm  |
| ◎ 121 - 199 ppm | d 600 - 799 ppm  |
| ○ 100 - 120 ppm | Pb > 100 ppm Pb  |

BARTHOLOMÄBERG:  
GEOCHEMISCHE PROSPEKTION



Abb. 4

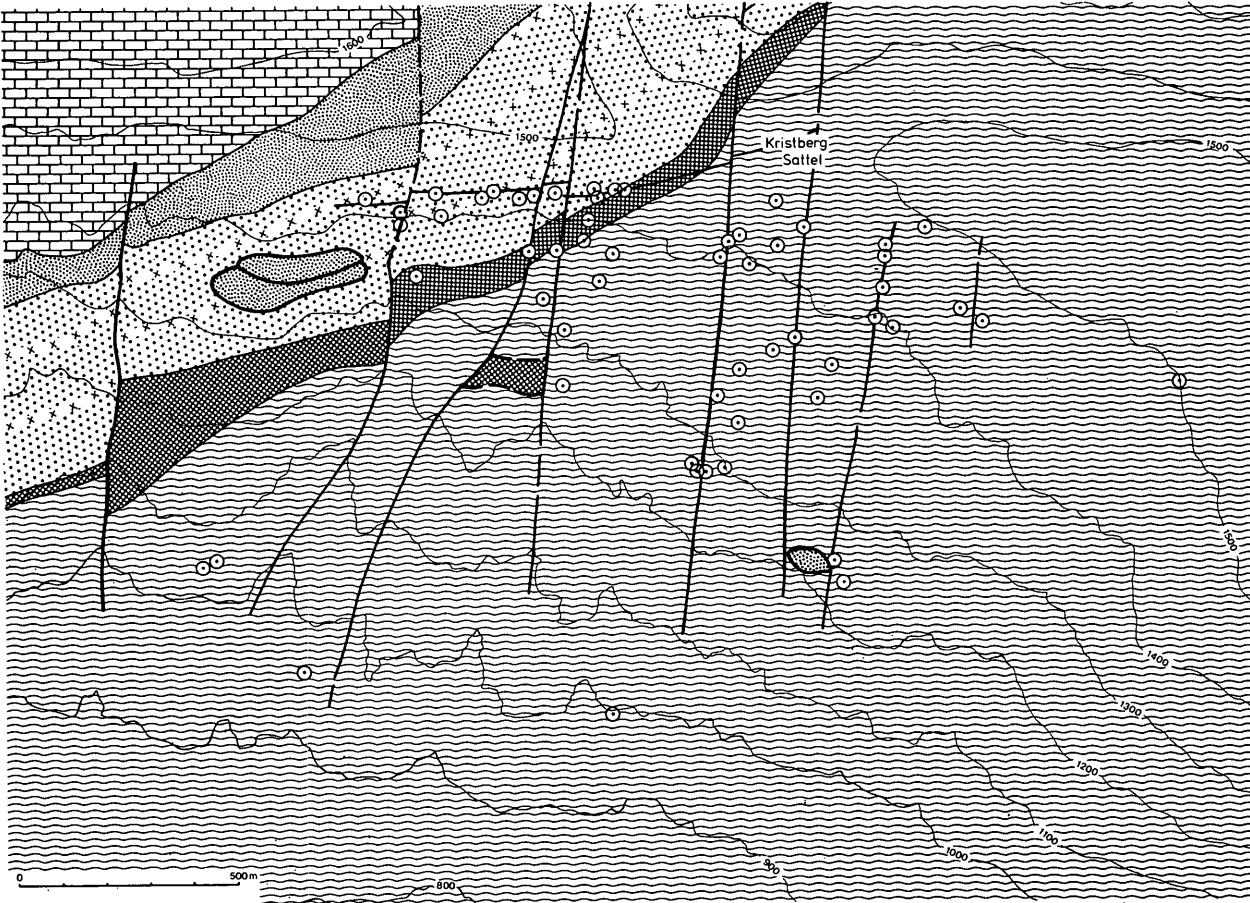


Abb. 5

sind die von THÖNI (1981) für das Altalpidikum ermittelten Temperaturen für den Montafoner Raum weitgehend abgebaut und werden auf etwa 250°C bis höchstens 300°C eingeschätzt. Diese Wärme reicht für die Erklärung heißhydrothermaler Bildungen nicht aus. Deshalb müssen für die Mineralisationen entweder eine andere Wärmequelle oder Wegsamkeiten, die die gleiche Quelle in einem tieferen Niveau erschließen, angenommen werden. Die hydrothermalen Lösungen haben an keiner Stelle die präexistierenden Vererzungen, wie die des Perms und der Untertrias, zu mobilisieren vermocht. Daher muß der Stoffbestand für die jungalpidischen Gangvererzungen aus tieferliegenden, nicht näher bekannten Krustenbereichen bezogen werden. Aus diesem Grund kann nicht entschieden werden, ob diese Lösungen magmatischen oder sekundär-hydrothermalen Ursprungs sind.

Auch ein Vergleich mit benachbarten Lagerstätten erlaubt keine endgültige Schlußfolgerung, wie etwa ein solcher mit den Lagerstätten des Arlberggebietes, speziell mit St. Christoph am Arlberg. Die genannte Lagerstätte liegt gleichfalls in der Phyllitgneiszone. Ihre Gänge durchschlagen in gleicher Weise die bei der alpidischen Überschiebungstektonik erworbenen Strukturen und folgen jungen Störungen. Mineralogisch sind sie den Montafoner Gängen ähnlich, allerdings zeigen sie zu diesen markante Unterschiede hinsichtlich der mengenmäßigen Anteile der Kornsorten. Die Kupferkiesentmischungen in der Zinkblende belegen auch für die Lagerstätte St. Christoph am Arlberg die heißhydrothermale Bildung. Wenngleich im Arlberggebiet innerhalb der Phyllitgneiszone schieferungskonkordante Vererzungen (vor allem mit Magnetkies) auftreten, so kann für die benachbarten Ganglagerstätten eine Herkunft der Erze aus jenen nicht abgeleitet werden. Eine mehr oder minder umfassende Mobilisation wäre nur im Zuge einer Metamorphose denkbar. Hiefür käme nur die variskische Metamorphose in Frage, weil die alpidische nicht mehr die nötigen Temperaturen erreichte. Die alpidische Metamorphose würde auch deshalb ausscheiden, weil die Ganglagerstätten polymetamorphen Strukturen folgen. Deshalb kann für St. Christoph nur ein ähnlicher Bildungsmechanismus wie für die Montafoner Ganglagerstätten angenommen werden.

#### Danksagung

Für die Unterstützung der Arbeiten im Gelände und für die Bereitstellung von Sachmitteln sind die Autoren dem Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung in Österreich (Projekt Nr. 2145) sehr zu Dank verpflichtet.

Weiters danken wir Herrn Dr. R. TESSADRI für elektronenstrahlmikroanalytische Untersuchungen und Herrn Dr. K. KRAINER für Vergleichsproben aus Lagerstätten seines Arbeitsgebietes.

Dem Amt der Vorarlberger Landesregierung sind die Verfasser für einen Druckkostenbeitrag dankbar.

#### Literatur

AMEROM, H.W.J. van, ANGERER, H. & H. MOSTLER (1982): Über eine Autuno-Stephanische Flora aus den Kristbergschichten im Montafon, Vorarlberg (Österreich). - Jb. Geol. B.-A., 124, 2: 283-323.

ANGERER, H., HADITSCH, J.G., LEICHTFRIED, W. & H. MOSTLER (1976): Disseminierte Kupfererze im Perm des Montafon (Vorarlberg). - Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck, 6, 7/8: 1-57.

HADITSCH, J.G., LEICHTFRIED, W. & H. MOSTLER (1978): Intraskythische, exogen(mechanisch)-sedimentäre Cu-Vererzung im Montafon (Vorarlberg). - Geol.Paläont.Mitt.Innsbruck, 8 (Festschrift W. HEISSEL): 183-207.

HADITSCH, J.G., LEICHTFRIED, W. & H. MOSTLER (1979): Über ein stratiformes Schwerspatvorkommen in unterpermischen Schichten des Montafon (Vorarlberg). - Geol.Paläont.Mitt.Innsbruck, 7, 6: 1-14.

MATTHIASS, E. (1961): Die metallogenetische Stellung der Erzlagerstätten im Bereich Engadin und Arlberg.- BHM, 106: 1-13, 45-55.

MATTHIASS, E.P. (1960): Die metallogenetische Stellung der Erzlagerstätten im Bereich Engadin und Arlberg. - Unver. Diss. M.H. Leoben; 79 p.

MOSTLER, H., KRAINER, K. & V. STINGL (1982): Erzlagerstätten in der postvariszischen Transgressionsserie im Arlberggebiet. - Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., 2: 131-136.

THÖNI, M. (1981): Degree and Evolution of the Alpine Metamorphism in the Austroalpine Unit W of the Hohe Tauern in the light of K/Ar and Rb/Sr Age Determinations on Micas.- Jb.Geol. B.-A., 124, 1: 111-174.

#### ERLÄUTERUNG DER PHOTOTAFELN

##### Phototafel 1

Abb. 1: Filifau. Kupferkies (hellgrau, fast weiß), Pyrit (weiß, hart) und Quarz (grau, Relief!) verdrängten, von den Spaltrissen des Siderits ausgehend, diesen. Der Siderit ist inzwischen schon weitgehend limonitisiert (schwarz).  
1 Polarisator; Vergrößerung: 45 x.

Abb. 2: Filifau. Kupferkies (weiß), Calcit (hellgrau) und etwas älterer Quarz verdrängten den (inzwischen limonitisierten) Siderit (schwarz). Die Spaltbarkeit des vorbestandenen Eisenspates ist, wie in der Abb. 1, anhand des Kupferkies- und Calcitgeäders noch gut zu erkennen.  
1 Polarisator; Vergrößerung: 45 x.

Abb. 3: Ganeu. Kupferkies, etwas feinkörniger Pyrit und Quarz als Zwickel- und Rißfüller der Gangart.  
1 Polarisator; Vergrößerung: 113 x.

Abb. 4: Golmerbach. Anpoliertes Handstück. Die untere Kante dieser Aufnahme entspricht 3,5 cm. Pyritlagen mit geringen Mobilisationen längs eines Risses.

Abb. 5: Golmerbach. 5 cm mächtiger Gang mit wandständigem Quarz, Eisen-spat und etwas Kupferkies am Salband und in der Gangmitte.

Abb. 6: Fritzentobel. Typisches Gangstück (längster Durchmesser: 13 cm). Kristallinschollen, kokardenartig von Quarz umwachsen, schwimmen in einem z.T. schon stark limonitisierten Fe-reichen Karbonat (mit wenigen kleinen Kupferkieskörnern).

## Phototafel 2

Abb. 1: Fritzentobel. Gangstück (größter Durchmesser: 14 cm). Schiefer-schollen, von Quarz umwachsen, in einem Fe-reichen Karbonat, das auch die 1. Generation der Gangfüllung bildet (das Salband des Ganges liegt in der Abbildung unten). Wahrscheinlich liegt hier eine rhythmische Füllung von Quarz und Siderit vor.

Abb. 2: Fritzentobel. Handstück (ca. 14x10 cm) von einem Sideritgang.

Abb. 3: Fritzentobel. Gangbreccie ähnlich Abb. 1.

Abb. 4: Detail aus der Gangbreccie der Abb. 3. Jüngste, mit einem Fe-reichen Karbonat gefüllte Risse durchschlagen (in der Bildmitte) den Gang und das Nebengestein. Diese Mineralisationen zählen wohl zu den jüngsten Mobilisationen dieses Raumes.

Abb. 5: Bartholomäberg. Fahlerz (hellgrau) und Quarz (dunkelgrau, glatt) verdrängen die ältere Gangart (grau, porig).  
1 Polarisator; Vergrößerung 45 x.

\*Abb. 6: Bartholomäberg. Stück aus einer Gangbreccie, deren Komponenten Größen von bis über 1 cm zeigen, und die ebenso große Kupferkies-Pyrit-Butzen führt. Fahlerz und Kupferkies (beide hell) verdrängen Quarz und ein Fe-reiches Karbonat (nach E. MATTHIAS: Pistomesit).  
1 Polarisator; Vergrößerung: 45 x.

## Phototafel 3

Abb. 1: Bartholomäberg. Fahlerz (grau) mit offensichtlich kristallographisch orientierten Rissen, die mit Kupferkies und Arsenkies ausgeheilt wurden.  
1 Polarisator; Vergrößerung: 45 x.

Abb. 2: Bartholomäberg. Arsenkies und Kupferkies in Fahlerz.  
1 Polarisator; Vergrößerung: 113 x.

Abb. 3: Bartholomäberg. Arsenkies- und Kupferkieseinschlüsse im Fahlerz bei stärkerer Vergrößerung.  
1 Polarisator; Vergrößerung 285 x; Ölimmersion.

Abb. 4: Bartholomäberg. Gröbere Arsenkieskörner in einem Fahlerz-Kupferkies-Gemenge.  
1 Polarisator; Vergrößerung: 45 x.

Abb. 5, 6: ESMA-Aufnahmen des Fahlerzes (tt) und Arsenkieses (asp).  
In Abbildung 5 (hell): Karbonat. Die Abbildung 6 zeigt die Arsenverteilung.  
Vergrößerung: 750 x.

## Phototafel 4

Abb. 1: Kristberg. Fahlerz (grau), Kupferkies (hellgrau) und Arsenkies (weiß). Karbonatidioblasten (schwarz) im Fahlerz.  
1 Polarisator; Vergrößerung: 45 x.

Abb. 2: Kristberg. Kupferkies (weiß) und Quarz (dunkelgrau) verdrängen Ankerit.  
1 Polarisator; Vergrößerung: 45 x.

Abb. 3: Bartholomäberg. Zinkblende mit einer regelmäßigen Kupferkies-entmischung und einigen Pyritkörnern.  
1 Polarisator; Vergrößerung: 45 x.

Abb. 4: Bartholomäberg. Zinkblende (mit feinkörniger Kupferkiesentmischung), deren Risse z.T. durch mobilisierten Kupferkies ausgeheilt wurden.  
1 Polarisator; Vergrößerung 45 x.

Abb. 5: Bartholomäberg. Kataklastische Zinkblende. Die Bruchstücke sind miteinander durch Quarz, Karbonat und Kupferkies verkittet.  
1 Polarisator; Vergrößerung. 63 x.

Abb. 6: Bartholomäberg. Der Kupferkies tritt hier in Form der Entmischungskörperchen und Rißfüller in der Zinkblende und als jüngeres Mobilisat (in Form größerer Körner) auf. Dunkel: Karbonat.  
1 Polarisator; Vergrößerung: 45 x.

#### Phototafel 5

ESMA-Aufnahmen von Fahlerz (tt) und Kupferkies (cp). Vergrößerung: 480 x.

Abb. 1: Übersichtsaufnahme

Abb. 2: Cu

Abb. 3: Sb

Abb. 4: As

Abb. 5: Zn

Abb. 6: Ag

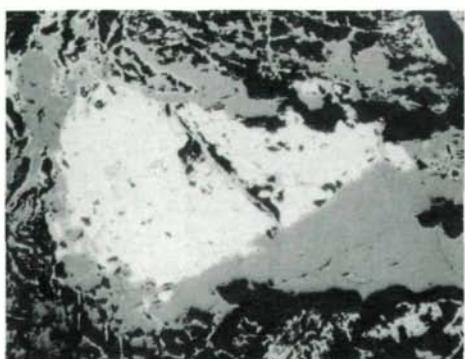
Nach den Analysen handelt es sich beim Fahlerz um einen As- und weniger Zn- und Ag-führenden Tetraedrit.

Anschriften der Verfasser: Univ.-Prof. Dr. Johann Georg HADITSCH,  
Mariatroster Straße 193, A-8043 Graz;  
Univ.-Prof. Dr. Helfried MOSTLER,  
Institut für Geologie und Paläontologie  
Innrain 52 (Sander-Haus), A-6020 Innsbruck.

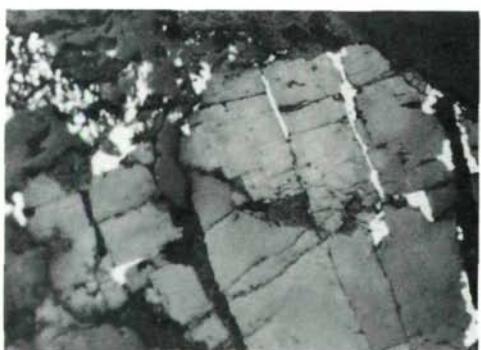
Tafel I



1



2



3



4

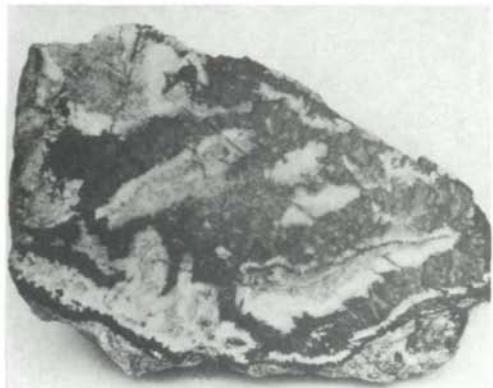


5

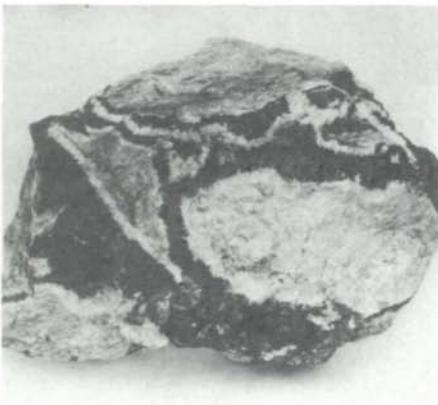


6

Tafel II



1



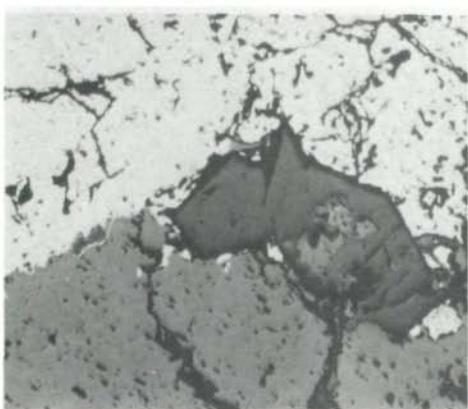
2



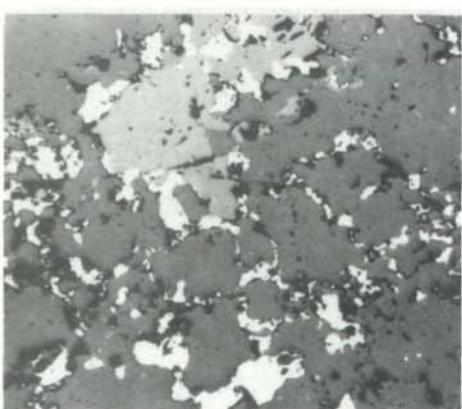
3



4

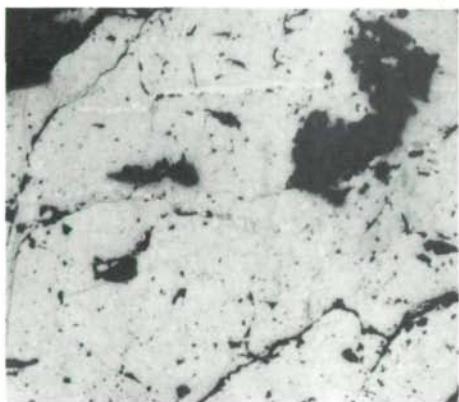


5

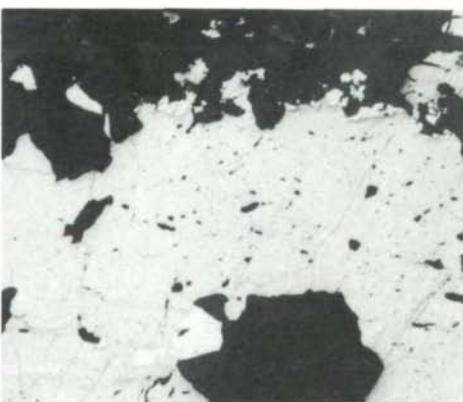


6

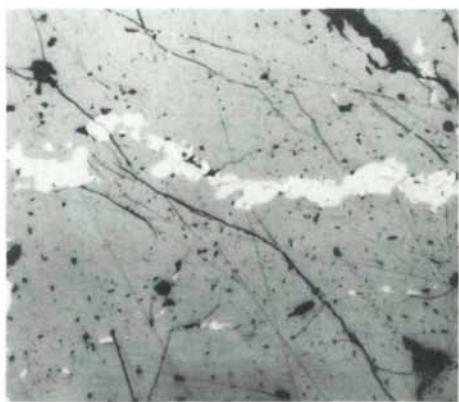
### Tafel III



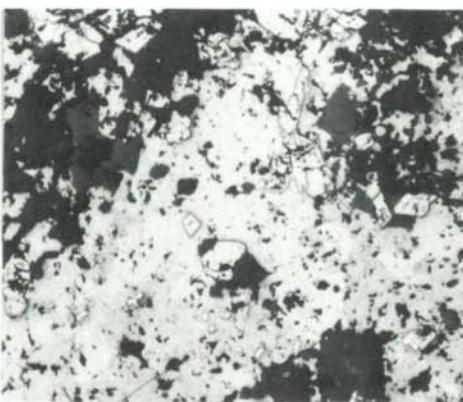
1



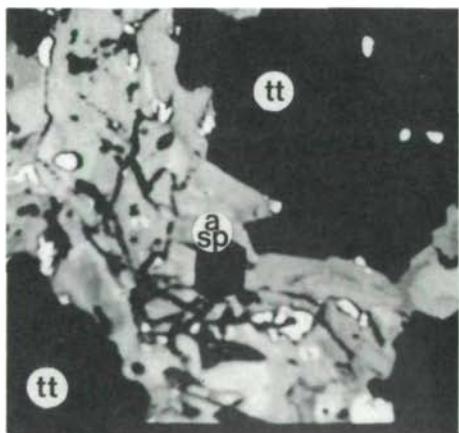
2



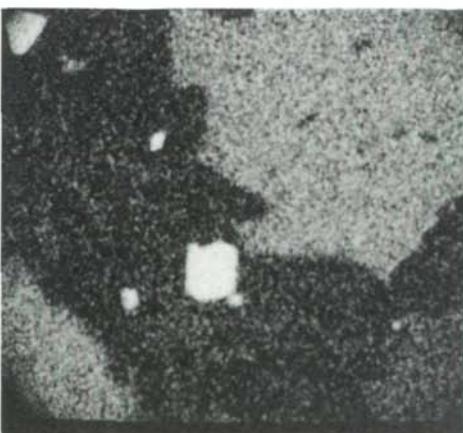
3



4

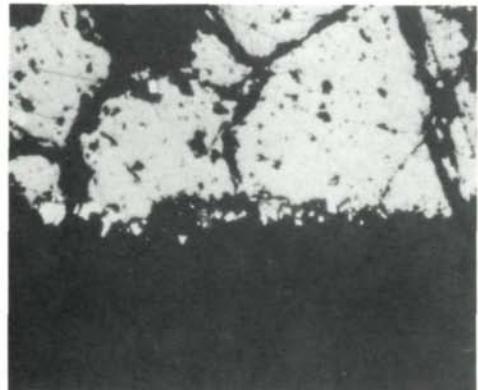


5

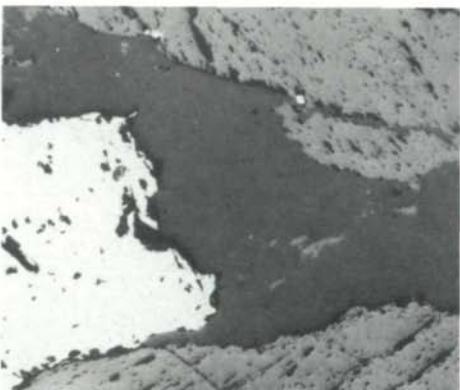


6

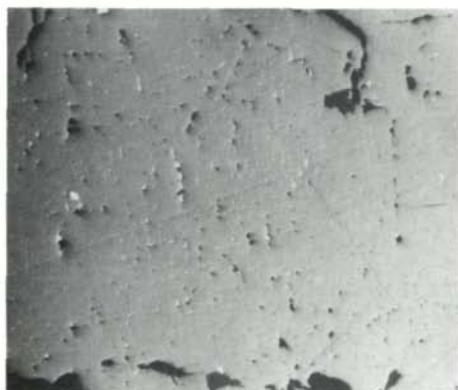
Tafel IV



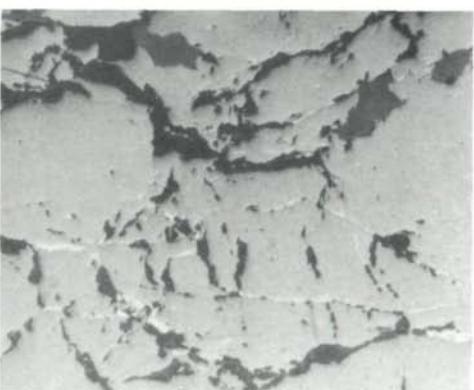
1



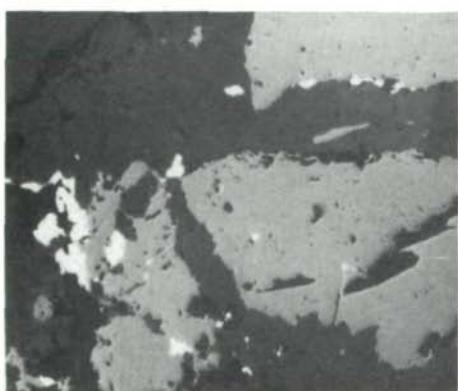
2



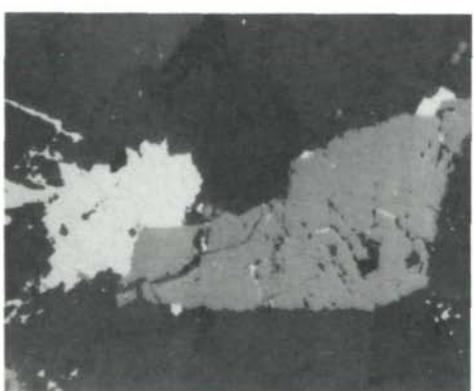
3



4

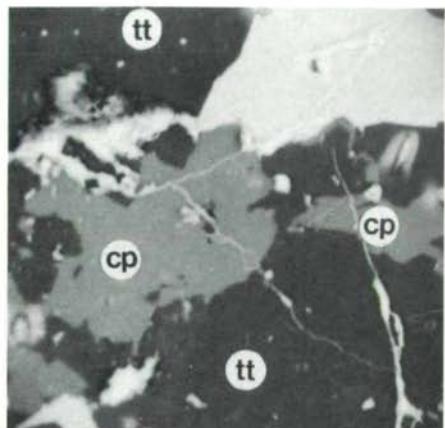


5



6

Tafel V



1



2



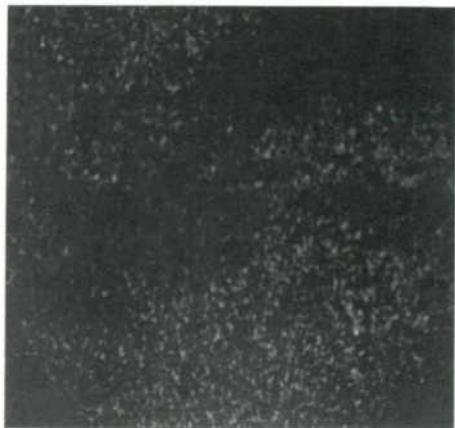
3



4



5



6