

## Die transversalen Erzgänge im Gefolge der herzynischen Granitintrusionen in Südtirol

Von HERBERT W. FUCHS\*)

Mit 3 Abbildungen und 5 Diagrammen

*Italien  
Ostalpen  
Metallogenese  
Gangvererzungen  
Herzynischer Magmatismus  
Karbon – Perm  
Pb-Zn-F-Lagerstätten*

*Carta Geologica d'Italia  
Fogli 1 e 4<sup>a</sup> (Passo del Brennero e Bressanone), 4 (Merano)*

### Inhalt

Zusammenfassung .....	19
Abstract .....	19
1. Einführung .....	20
2. Geologisch-petrographischer Überblick .....	20
3. Die Lagerstätten .....	22
3.1 . Tagwaldhorn .....	23
3.2 . Schönjoch .....	23
3.3 . Puntleider Alm .....	23
3.4 . Grasstein – Sacker Alm .....	23
3.5 . Pfulters .....	23
3.6 . Tatschspitze und Eggertal .....	23
3.7 . Seebergalm .....	24
3.8 . Paulswand .....	24
3.9 . Asten .....	24
3.10. Naiftal – Alfreiderwald .....	24
3.11. Kreuzjoch .....	24
3.12. Rabenstein .....	25
3.13. Wieserbach – Ultental .....	25
4. Ausbildung der Gänge .....	25
5. Mineralführung und erzmikroskopische Beobachtungen .....	26
6. Schlußdiskussion .....	28
Literatur .....	31

### Zusammenfassung

Von den zahlreichen Erzvorkommen der Sarntaler Alpen wurden subparallele, diskordant die Gesteinsverbände schneidende Erzgangscharen untersucht, die im Grenzbereich „Brixner Granit“/Brixner Quarzphyllit liegen. Ursache für ihre räumliche Anordnung ist ihre direkte Beziehung zu dieser geologischen Struktur und zum Intrusivkörper. Die Gänge sind mit wenigen Ausnahmen zwar nur über Zehnermeter beobachtbar, konstruktiv lassen sich aber zusammenhängende Gangsysteme erkennen. Die Paragenese besteht hauptsächlich aus Bleiglanz, Zinkblende, Pyrit, Kupferkies, Fluorit und läßt keine topomineralischen Parageneseänderungen beim Übergang in die verschiedenen Gesteinsverbände erkennen. Paragenese und erzmikroskopische Details lassen eine mittel- bis eventu-

ell schwachtemperierte hydrothermale Entstehung annehmen, wobei nachkristallin eine Durchbewegung erfolgte. Es kann der Schluß einer völlig einheitlichen Entstehung dieser Lagerstätten im Gefolge des spätherzynischen Magmatismus gezogen werden, wie dies zuletzt von BRIGO (1971) und BRIGO & OMENETTO (1979) angenommen wurde.

### Summary

There are numerous ore occurrences in the Sarntal Alps. In this paper subparallel, the rocks discordantly intersecting veins in the boundary area of "Brixner Granit" and "Brixner Quarzphyllit" are studied. Their direct connection with this geological structure and the intrusive body are the reasons for their three-dimensional arrangement. With a few exceptions the lodes can be observed only over approximately several ten meters. However constructively a coherent cluster of veins can be recognized.

The paragenesis consists mainly of galena, sphalerite, pyrite, chalcocopyrite and fluorite. There is no evidence of topomi-

\*) Anschrift des Verfassers: Dr. HERBERT W. FUCHS, Institut für Mineralogie und Petrographie, Abt. Lagerstättenlehre, Universität Innsbruck, Innrain 52, A-6020 Innsbruck.

neralic changes of the mineral associations in the different rock beds. Paragenesis and ore microscopical details suggest a middle- to low-temperature hydrothermal genesis with deformation having taken place in the post-crystalline. This confirms the conclusions drawn by BRIGO (1971) and BRIGO & OMENETTO (1979) that these ores were formed uniformly following the late Variscan magmatism.

## 1. Einführung

Im Bereich der Sarntaler Alpen in Südtirol ist eine große Anzahl von Ganglagerstätten bekannt, die einst Anlaß zu intensiver bergbaulicher Tätigkeit gaben: so etwa die Erzgangscharen des ehemaligen Pfunderer Bergbaus, deren Pb-Zn-Cu-Fe-Ag-Mineralisation in Verbindung mit dem Gabbrodiorit = „Klausenit“ nordwestlich von Klausen steht, aber auch die in vorliegender Arbeit untersuchten Serien von stoffdiskordanten Erzgängen, die am primären Intrusionskontakt der herzynischen Granodiorit-Plutone im Raum Brixen bis Meran und darüber hinaus auftreten und von denen der Fluorit-Pb-Zn-Bergbau Rabenstein im Pensertal wohl am bekanntesten geworden ist.

Zusammenfassende Arbeiten darüber stammen von BRIGO (1968, 1971, 1976), OMENETTO & BRIGO (1974), BRIGO & OMENETTO (1979). Detailgebiete werden in den Arbeiten von COMIN-CHIARAMONTI (1970), DESSAU & PERNA (1966), FAVRETTO & NARDI (1961), FAVRETTO (1963), MORGANTE (1933, 1937, 1939, 1940) behandelt.

Die Vorkommen liegen teils in den granitischen Gesteinskörpern des Granodiorit-Plutons von Brixen („Brixener Granit“), der Iffinger Masse (Tonalitgneis, Granodiorit, Granit) und der Kreuzberg-Masse (Tonalit, Granodiorit) selbst, teils im daran angrenzenden Gesteinskomplex des altpaläozoischen Brixner Quarzphyllits, was einen Vergleich der Paragenesen aus diesen beiden Bereichen sehr interessant erscheinen läßt. Deshalb wurde in Fortsetzung der oben genannten Arbeiten eine detaillierte erzmikroskopische Untersuchung durchgeführt, um Hinweise auf die Verteilung der Erzparagenesen auf die verschiedenen Gänge in ihrem geologisch-tektonischen Rahmen zu finden, um die Metall- bzw. Elementverteilung besser zu verstehen und um eventuelle Beeinflussungen durch die verschiedenen Nebengesteine der Gangscharen zu klären. Auch die Suche nach eventuellen Teufenunterschieden bei Annäherung an den Pluton und die Beobachtung von lateralsekretionären Bildungen war Aufgabe dieser Arbeit.

Die bearbeiteten Lagerstätten reihen sich von der Gegend Franzensfeste im Eisacktal über das Penserjoch bis Meran und weiter bis in das äußere Ultental in unterbrochener Kette aneinander, also über ein Gebiet von etwa 45 km Länge. Über alle neu bearbeiteten Lokalitäten liegen auch schon von vergangener, zum Teil bis auf das 11. Jahrhundert zurückgehender Bergbautätigkeit Berichte vor (PICHLER, 1882; KLEIN, 1891; GRUBENMANN, 1897; ISSER, 1888, 1909a,b; WOLFSTRIGL-WOLFSKRON, 1903; KRAHMANN, 1906, KRAUS, 1916; GASSER, 1913, 1921, 1923; PFERSCHY, 1929, SRBIK, 1929; EXEL, 1980); „Magnet in Flaggen“ wurde bereits im Tiroler Landreim aus dem Jahre 1558 erwähnt. Allerdings kam die Bergbautätigkeit bei den meisten dieser Vorkommen über einen Probeschurf nicht hinaus. Die abgebaute Erzmineralparagenese umfaßt Zinkblende, Bleiglanz mit Silbergehalt, Kupferkies, Pyrit und teilwei-

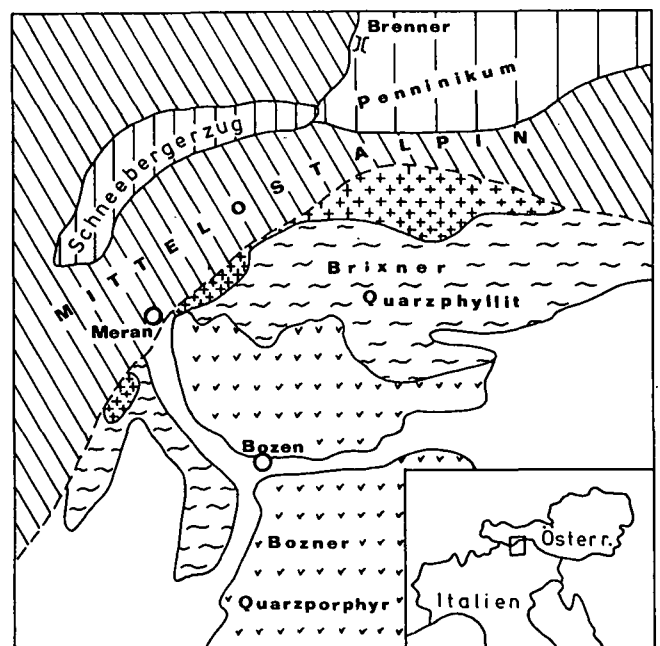
se auch Fluorit, der aber noch Ende des vorigen Jahrhunderts so wenig genutzt wurde, daß er in Rabenstein sogar größtenteils nur auf Halde gestürzt wurde bzw. als Straßenschotter Verwendung fand. Nach meinen durch diese Arbeit erworbenen Lokalkenntnissen scheinen hinsichtlich der Lagerstätteninhalte in der älteren Literatur allerdings beträchtliche Übertreibungen vorzuliegen.

## 2. Geologisch-petrographischer Überblick

(Abb. 1, 2)

Die Zone der herzynischen Granodiorit-Plutone schaltet sich längs der periadriatischen Naht, also der Grenzzone zwischen den Zentralalpen im geologischen Sinn und den Südalpen, ein (BÖGEL, 1975; EXNER, 1976). Sie beginnt SSW von Meran im äußersten Ultental mit der Kreuzberg-Masse (Monte Croce), die etwa 8 km lang und 3,3 km breit ist. Hauptgestein ist ein grob- bis mittelkörniger Granodiorit (Mineralbestand Plagioklas, wenig Orthoklas, Quarz, Biotit, etwas Hornblende), der zahlreiche dioritische Schollen enthält und dessen westlicher Rand in stark verschiefelter, tonalitischer Ausbildung vorliegt (ANDREATTA, 1937, DAL PIAZ, 1942).

Getrennt durch das Etschtal mit seinen Alluvionen folgt E Meran die Iffinger Masse (Ivigna) mit etwa 20 km Länge und etwas über 2 km Breite. Ihr südöstlicher Teil besteht ebenfalls aus Granodiorit und Granit, der nordwestliche Rand aus Tonalitgneis ((BAGGIO, 1971; MOELLE, 1961; SANDER, 1929). Von dieser Intrusivmasse abstammende Ganggesteine verschiedenster Art (pegmatitisch, aplitisch, klausenitisch bis fast diabasartig) sind in die Umgebungsgesteine eingedrungen. Während die Iffinger Masse im Süden durch die



herzynische Plutonite

Abb. 1.  
Übersichtskarte.

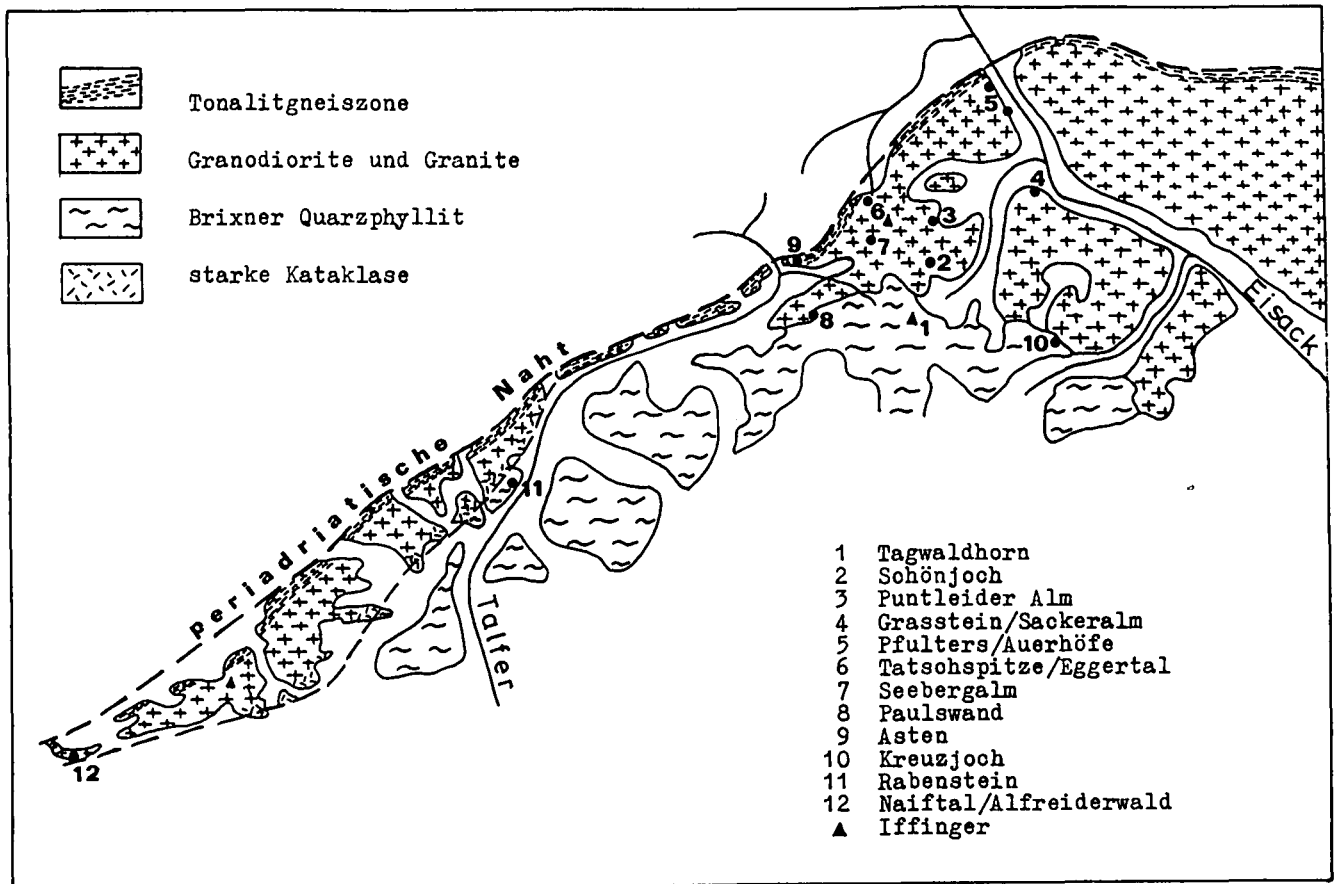


Abb. 2.  
Geologie und Lage der Vorkommen.

Naiftal-Störung abgeschnitten ist und dadurch an die jüngeren Einheiten Bozner Quarzporphyr und Grödner Sandstein angrenzt, sind an ihren anderen Umrißflächen die Anzeichen des primären Intrusionskontaktes häufig erhalten (etwa angezeigt durch die thermometamorphe Bildung von Sillimanit und von mineralreichen Staurolith-Granat-Zweiglimmerschiefern).

Im weiteren Verlauf der Periadriatischen Naht, die bis hier in judikarischer Richtung, also SW-NE streicht, ist die Iffinger Masse durch eine bei Pens nur mehr wenige 100 m breite Zone mit dem Brixner Granodiorit-Pluton verbunden. Dieser Körper, dessen Breite im Bereich des Eisacktal-Durchbruchs bis auf 13 km anwächst, erstreckt sich linsenförmig in W-E-Richtung auf etwa 45 km Länge und läuft zwischen den sich nähernden Alten Gneisen im N und dem Brixner Quarzphyllit im S gegen das Südtiroler Ahrntal hin aus.

Der „Brixner Granit“ ist bekanntlich ein mittel- bis grobkörniges Gestein (Hauptgemengteile Plagioklas, stark wechselnde Anteile von Orthoklas, Quarz, Biotit, in Randlagen mit Hornblende = tonalitische Ausbildung; Nebengemengteile Chlorit, Epidot, Hellglimmer), das Überwiegen des Plagioklases über den Alkalifeldspat zeigt den ebenfalls granodioritischen Charakter an. Einzelne Partien zeigen aber sehr wohl Kalifeldspat-Vormacht und stellen also echte Granite dar; aber auch basische Differenziate treten innerhalb der Granodioritmasse auf, sowie als Besonderheit eine Varietät mit reichlichem Calcitgehalt (Flagger Kalkgranit). Im ehemaligen Bergbauggebiet der Puntleider Alm ist eine

porphyrische Ausbildung des Granodiorits („Porphyrganit“) entwickelt.

Während im Süden der Primärkontakt zum Brixner Quarzphyllit mit Migmatitbildung und Kontaktmetamorphose-Erscheinungen in einer etwa 100 m breiten „feinkörnigen Randfazies“ (SANDER, 1906) erhalten ist, ist der Nordteil der Brixner Granodioritmasse als Tonalitgneiszone entwickelt (PETRASCHECK, 1905; SANDER, 1906, 1929; KLEBELSBERG, 1935; BAGGIO et al., 1969; EXNER, 1976), die direkt an der periadriatischen Naht liegt und mit der Tonalitzone der Iffinger Masse Verbindung besitzt. Dieses Gestein zeigt eine deutliche Schieferung und intensive postkristalline Deformation; es stellt petrographisch einen Hornblende-Biotit-Quarzdiorit dar, der bis cm-große Hornblendes enthält. Die Hauptgemengteile sind zerbrochen, die Quarze stark ausgewalzt, die Glimmer lagenweise zur Schieferung angereichert. Die Mächtigkeit kann mehrere 100 m erreichen, an einzelnen Stellen aber fehlt der Tonalitgneis auch völlig. Vom Granodiorit ist er meist durch eine dunkelgefärbte Mylonitzone mit bis 30 m Mächtigkeit getrennt (gute Aufschlüsse im Eggertal).

An allen diesen Gesteinen wurden mehrfach radiometrische Altersmessungen durchgeführt (BORSI et al., 1972, 1973, 1978; DEL MORO & VISONA, 1982, FRISCH et al., 1984). Dabei ergab sich ein Gesamtgesteinsalter des Brixner Granodiorits von  $281 \pm 6$  my und ein Biotitabkühlungsalter (Rb/Sr-Methode) von  $273 \pm 24$  my. Für das Iffinger Massiv liegen die entsprechenden Werte bei  $291 \pm 2$  my bzw.  $182-258 \pm 11$  my; das Gesamtge-

steinsalter der Kreuzberg-Masse wird mit  $285 \pm 4$  my angegeben. Es handelt sich demnach um spätvariszische Erstarrungsalter. KÖPPEL & SCHROLL (1985) haben durch bleiisotopengeochemische Untersuchungen nachgewiesen, daß auch die Modellalter von Gesteins- und Erzblei diesen Vorstellungen entsprechen.

Dagegen liegen die Werte der radiometrischen Altersbestimmungen (Biotit-Abkühlungsalter) an den Tonalitgneisen bei  $31 \pm 10$  my (BORSI et al., 1972), was als Scheinalter und Rejuvenation entlang der periadriatischen Naht gedeutet wird und womit auch die Schieferung der Tonalitgneise in Zusammenhang gebracht wird. Deutlich wird dadurch auch, daß Bewegungen am periadriatischen Lineament einerseits schon zum Ende des Variszikums, andererseits aber auch noch während der jungalpidischen Gebirgsbildungsphase magmatische Ereignisse verursachten (BÖGEL, 1975).

Während der N-Rand der Granodiorit-Massen also durch die Tektonik an der periadriatischen Naht geprägt ist, treten am S-Rand nur in der Gegend von Meran tektonisch gebildete Grenzen auf: die Völlaner Linie im Südosten des Kreuzberges und der Naiftal-Bruch südlich vom Iffinger. Der in weiterer Folge südlich angrenzende Brixner Quarzphyllit liegt den Granodioriten als Dach auf. Diese ausgedehnte Zone von altpaläozoischen kristallinen Schiefen (Hauptgestein sind Quarzphyllite, z.T. granatführend, eingeschaltet sind aber auch Paragneise, Glimmerschiefer, Augengneise, Quarzite; die Übergänge sind unscharf) zeigt mit Annäherung an die Plutone deutlich kontaktmetamorphe Erscheinungen in einer 100–300 m breiten Zone sowie die Bildung von Bändergneisen, verursacht durch das Eindringen des sauren Magmas in den aufblätternen Quarzphyllit. An Kontaktmineralen treten Andalusit, Cordierit, Biotit, Granat, Ilmenit, Turmalin auf. Außerdem wird diese Zone reichlich von Gängen, die z.T. Erzführung zeigen, durchsetzt.

Tektonisch besteht ein deutlicher Gegensatz des Brixner Quarzphyllites zu den anschließenden Granodioritzonen: während diese außer den Reißkluftscharen, die eine deutliche Übereinstimmung mit dem judikarischen NNE-Streichen zeigen, kaum symmetrologisch verwertbare Merkmale enthalten, ist die Tektonik des Brixner Quarzphyllits durch vorherrschendes NW- bis NNW-Streichen bei meist sehr flachem SW-Fallen gekennzeichnet. Der Kontakt mit den Granodioritkörpern zeigt, daß diese Tektonik älter, also vorherzynisch sein muß.

### 3. Die Lagerstätten

(Abb. 3)

Bei den bearbeiteten Vorkommen handelt es sich durchwegs um Gangvererzungen, die entsprechend dem Verlauf der Plutonitkontakte scharenweise subparallel verlaufen, aber nur zu geringem Teil durch große Ausdehnung und Mächtigkeit ausgezeichnet sind. Sie liegen alle in den Randbereichen der Intrusionsmassen Kreuzberg – Iffinger – Brixner Granodiorit (M. Croce – Ivigna – Bressanone) bzw. in den diese Granite umgebenden Metamorphiten und werden deshalb in der neueren Literatur zu einem einheitlichen Typ gerechnet (BRIGO, 1971; OMENETTO & BRIGO, 1974; BRIGO & OMENETTO, 1979; SCHULZ & BRIGO, 1977). Charakterisiert sind sie durch starkes Hervortreten der Gangartminera-

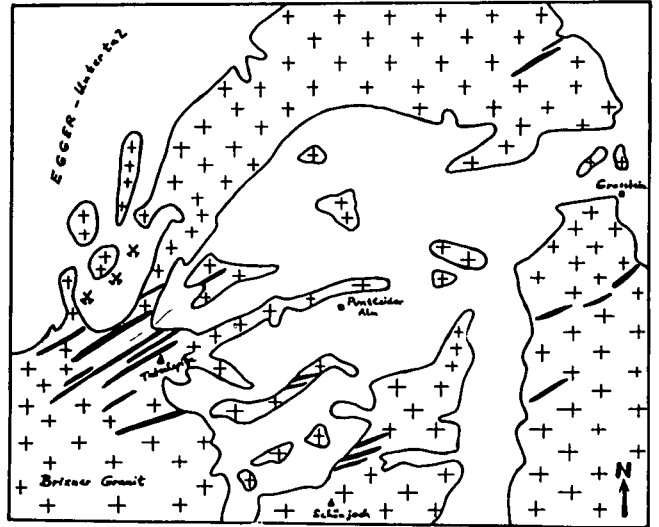


Abb. 3. Streichrichtungen der Gänge (nach FAVRETTO).

le Quarz, Fluorit, Calcit, Dolomit und Siderit, seltener auch Baryt und lokalen Anreicherungen von Feldspäten, zusammen mit einer metallischen Fraktion aus vorwiegend Sulfiden von Zn, Pb, Fe, Cu, Sb, As, Ag.

Die Tatsache, daß sie also in zwei verschiedenen Gesteinseinheiten auftreten und daß sie außerdem teils am tektonischen Kontakt, teils am Primärkontakt dieser beiden Einheiten liegen, ließ einen detaillierten mineralogisch-paragenetischen und gefügemäßigen Vergleich dieser Vorkommen interessant erscheinen.

Es handelt sich dabei um folgende Lokalitäten (siehe auch „Memoria illustrativa della Carta Mineraria d'Italia“, 1975):

- An Granite gebunden
  - Tagwaldhorn (zum Teil)
  - Schönjoch
  - Puntleider Alm
  - Grasstein – Sacker Alm
  - Pfulters
  - Tatschspitze – Eggertal
  - Seebergalm
  - Paulswand (zum Teil)
  - Asten
  - Naiftal – Alfreider Wald
- An Metamorphite gebunden
  - Kreuzjoch – Flaggertal
  - Tagwaldhorn (zum Teil)
  - Paulswand (zum Teil)
  - Rabenstein
  - Wieserbach – Ultental

Bei den zu den einzelnen Vorkommen angegebenen topographischen Kartenunterlagen handelt es sich um die Blätter des italienischen Militärgeographischen Instituts, Florenz (I.G.M.) im Maßstab 1 : 25.000, die im Handel erhältlich sind.

#### 3.1. Tagwaldhorn

(Corno di Tramin, Filnisgalm, Alpe Valnisca)  
Blatt 4a, III, N.O. Mezzaselva

Erreichbar von Grasstein/Eisacktal: dem Bergler Bach entlang zur Bergler Alm (1540 m), weiter in Richtung Traminer Scharte zur Sulzen Alm (1930 m) und

von dort in südlicher Richtung den Höhenweg zur Ziegenscharte, der den nach NE auslaufenden Kamm des Tagwaldhorns quert. Dort sind Vererzungen und Versuchsschürfe in Höhen zwischen 2050 bis 2200 m über N.N. erkennbar.

Die gangförmige Vererzung befindet sich unmittelbar am Kontakt des Brixner Granits mit der Randzone des Brixner Quarzphyllits, die hier aus granatführenden Glimmerschiefern mit großen neu gesproßten Biotiten aufgebaut ist und bei einem WNW-ESE-Streichen mit 30° nach SW fällt. Der Gang selbst streicht NW-SE bei einem Einfallen von 55-60° nach NE und führt neben Quarz, Bleiglanz und Fluorit auch Baryt. Mikroskopisch ist auch Arsenkies nachgewiesen.

### 3.2. Schönjoch

(Giogo Bello)

Blatt 4a, III, N.O., Mezzaselva

Aufstieg von Grasstein/Eisacktal zum Verbindungsweg zwischen Puntleider Alm (1780 m) und Sulzen-Alm (1930 m), auf dem man den NE-Grat des Schönjochs quert. Hier finden sich in 2080 m über N.N. noch einige Spuren eines Kupferbergbaues, der nach ISSER (1888) bereits im Jahre 1713 aufgelassen wurde.

Die Mineralführung des NE-SW-streichenden Erzgangs im Brixner Granit besteht aus Bleiglanz, Zinkblende, Kupferkies, mikroskopisch auch etwas Arsenkies; Fluorit und Quarz treten eher zurück.

### 3.3. Puntleider Alm

(Ponteletto, Mga. di Ponteletto, Tatschspitze-Puntleider)

Blatt 4a, III, N.O., Mezzaselva

Nach dem Aufstieg von Grasstein/Eisacktal zur Puntleider Alm (1780 m) erreicht man das südwestlich davon gelegene Kar unterhalb der Tatschspitze, in dessen südlicher Felsbegrenzung sich in 2100 bis 2200 m über N.N. einige alte Knappenlöcher befinden. Der dadurch beschürfte Gang liegt im Brixner Granit und streicht NE-SW und führt vorwiegend Bleiglanz und Kupferkies neben wenig Fluorit. Nach ISSER (1919) wurde hier gefördertes Erz in Grasstein verhüttet. Mikroskopisch auffällig ist auch hier das Auftreten von geringen Mengen Arsenkies.

### 3.4. Grasstein – Sacker Alm

(Le Cave)

Blatt 4a, III, N.O., Mezzaselva

Im Raum Grasstein sind am orographisch rechten Hang des Eisacktales verschiedene kleine Probeschürfe und Erzausbisse bekannt, die früher auf Kupfer- und Bleierze beschürft wurden (ISSER, 1919). Vor allem knapp oberhalb der Sacker Alm (1250 m), am besten erreichbar von Mittewald/Eisacktal aus, steht ein etwa 3 m mächtiger Gang im Brixner Granit, der hauptsächlich Pyrit und Kupferkies, aber auch etwas Fluorit und Bleiglanz führt. Er streicht ebenfalls NE-SW.

Bei Mittewald bestand auch ein Steinbruch mit teilweise pegmatitisch entwickeltem Brixner Granit, der akzessorisch ebenfalls Pyrit, Kupferkies, aber auch Fluorit geführt haben soll.

### 3.5. Pfulters

(Fuldres)

Blatt 4a, IV, S.O., Campo di Trens

Südöstlich der Ortschaft Pfulters (980 m) bei Mauls im Eisacktal liegt in 1020 m Höhe ein unbedeutender Versuchsstollen (Lokalname „Platzer Mähder“ = Prati di Piazza), der einen NE-SW-streichenden Gang aufschließt, der innerhalb des Brixner Granits liegt.

Noch etwas weiter südöstlich, bei den Auerhöfen (Masi d'Ora), ist ein weiterer NE-SW-streichender Gang ebenfalls im Brixner Granit aufgeschlossen.

Die Mineralisation beider Gänge besteht aus Bleiglanz und Zinkblende, die zum Teil als Derberz vorliegen, mit makroskopisch nur wenig auffallenden Anteilen an Pyrit und Kupferkies. Die Gänge erinnern in ihrer Erzführung an die des Reviereggertal – Tatschspitze, mit denen sie auch rein konstruktiv in Zusammenhang stehen könnten. Allerdings fällt die starke Abnahme des Fluorits zugunsten von Quarz als Gangart auf.

### 3.6. Tatschspitze und Eggertal

(Montaccio di Pennes, Valle di Dosso, Val die Dosso)

Blatt 4a, III, N.O., Mezzaselva

Das Eggertal teilt sich in ein Ober- und Untertal, das Egger-Untertal endet am Fuß der Tatschspitze. Es ist erreichbar von Pfulters (980 m) bei Mauls im Eisacktal aus in südwestlicher Richtung, bzw. von Egg (= Dosso, 1500 m über N.N.) an der Nordrampe der Penserjoch-Straße, von wo aus man direkt das Egger-Untertal erreichen kann und damit die im NW-Abhang der Tatschspitze gelegenen gangförmigen Mineralisationen. Zusätzlich beißen in der Gipfelregion der Tatschspitze (2526 m über N.N.) zahlreiche weitere Gänge an der Geländeoberfläche aus. Sie liegen alle im Brixner Granit und wurden vielfach, zum Teil aber nur probeweise, beschürft.

Es sind drei Gangsysteme mit insgesamt 10 bedeutenderen Gängen vorhanden, die zwischen 1800 und 2400 m über N.N. ausbeissen: System I enthält die meisten der bekannten Vererzungen, streicht generell NE-SW bei 70-80°-Fallen nach NW. Es sind das die Gänge, die vor allem nahe der Gipfelregion der Tatschspitze auftreten und Mächtigkeiten zwischen 0,5 und 3 m zeigen. System II ist in seiner Streichrichtung etwas mehr nach E-W gedreht, etwa gleich steil wie System I, aber nach N zu fallend. Seine Gänge sind weniger zahlreich und, soweit erschlossen, weniger mächtig, aber dafür im km-Bereich verfolgbar. System III enthält N-S-streichende und steil E-fallende kleine Gänge ohne nennenswerte Erzanreicherung.

Knapp vor dem 1. Weltkrieg wurde sogar ein neuer Bergbaubetrieb auf Bleiglanz und Zinkblende hier eröffnet, der durch Unterfangsstollen vor allem die NE-SW-streichenden Gänge des Systems I aufschließen sollte. Diese Stollen (Berta-Unterbau in 1650 m über N.N., Johanni-Stollen auf 1870 m über N.N. im Villwancktal, einem weiteren Seitental des Eggertales) haben aber die Gangvererzungen nicht erreicht, weil die Vortriebsarbeiten wegen der Kriegsereignisse zu früh, nämlich ehe sie die errechneten Kreuzungsstellen mit den Gängen durchörterten, eingestellt werden mußten. Nur der Schurfbau „Carl“ in 2020 m über N.N. hat die Vererzung erschlossen. Man hoffte insgesamt auf die Gewinnung von 130.000 t Erzkonzentrat, bei einem

Verhältnis von ZnS zu PbS wie 80 zu 20 (KRAUS, 1916). Die Stollenmundlöcher sind heute verschüttet.

Die höher gelegenen Gänge zeigen als Gangart reichlich Calcit, in dem der Quarz nesterartig eingelagert ist, sowie Baryt und Fluorit, dazu als Erzparagenese helle Zinkblende, Bleiglanz und etwas Kupferkies und Pyrit. Auffallend ist, daß die Erze im Gang nicht wie sonst unregelmäßig verteilt sind, sondern daß der Bleiglanz nur am Salband angereichert ist.

In den tiefer gelegenen Gängen dominiert der Quarz als Gangartmineral neben Fluorit, die Erze bestehen aus viel Bleiglanz und Zinkblende, auch Kupferkies und Pyrit treten makroskopisch stärker in Erscheinung, außerdem auch etwas Magnetkies.

### 3.7. Seebergalm

(Alpe Montelago, Monte del Lago, Niedalpe)

Blatt 4a, III, N.O., Mezzaselva

Die Seebergalm (Gebäude verfallen, in 2200 m über N.N.) liegt an den SW-Hängen der Tatschspitze und ist über den Höhenweg vom Penserjoch her (über Astenberg und Niedeck) gut erreichbar. Es sind aber nur Spuren von Bergbautätigkeit erhalten, die in den hier zahlreichen kleinen Gängen mit roter, prophyrtartiger Füllung zusammen mit Erzen im Brixner Granit ansetzen. Der Verlauf dieser Gänge ist NE-SW mit 70–80° Einfallen nach NW. Makroskopisch treten Pyrit, Zinkblende, Bleiglanz und Kupferkies in Erscheinung, dazu die Gangartminerale Quarz, Calcit, Fluorit und auch etwas Baryt.

### 3.8. Paulswand

(Croda di Paolo)

Blatt 4a, III, N.O., Mezzaselva

Zugang von Asten im innersten Pensertal nach Osten zur Traminalm (1980 m über N.N.), hinter der man den Tramin-Bach nach S überquert und weglos, etwa auf gleicher Höhe bleibend, zum NE-Fuß der Paulswand geht. Etwa 30 m von der Felswand entfernt finden sich verfallene Versuchsschürfe mit Halden (1960 m, 1980 m über N.N.), in der ausgewaschenen Rinne zwischen Schuttkegel und Felswand ist der Gang selbst aufgeschlossen. Er verläuft ENE-WSW mit einem Einfallen von etwa 60° SSE und liegt genau an der Grenze zwischen Brixner Granit und Granat- und Biotit-führenden Glimmerschiefern der Brixner Quarzphyllitzone.

Der Gang ist etwa 1 m mächtig und führt eine Quarzgangart mit etwas Baryt und Siderit, Fluorit ist spärlich vertreten, an Erzmineralen fällt nur derber Bleiglanz auf, die Anwesenheit von Zinkblende und Kupferkies kann durch das Auftreten der entsprechenden Sekundärminerale erschlossen werden.

### 3.9. Asten

(Laste)

Blatt 4, II, N.E., Pennes

Von Asten im innersten Pensertal nach Osten den Fahrweg am Traminer Bach aufwärts (Schranke mit Parkplatz in 1580 m über N.N.). Nach der 1. Brücke

dem zuerst flach, dann sehr steil nach N führenden Weg folgen. Knapp unter mehreren verfallenden Heustadeln liegt eine große Halde und ein offener Einbau im Steilgelände in 1810 m Seehöhe. Dieser Versuchsschurf ist 115 m lang und wurde auf einen bis 3 m mächtigen NE-SW-streichenden und NW-fallenden Gang angesetzt. Er liegt im Tonalitgneis, also im stark verschieferten Randbereich des Brixner Granits. Ebenso wie dieses Gestein jungalpidisch aufgeheizt und dann noch postkristallin stark deformiert wurde, zeigt auch die Gangfüllung auffällige Kataklyse. Das Resthaufwerk bzw. das Anstehende weist nur sehr geringen Metallgehalt auf und erlaubt deshalb keine sehr befriedigenden Aussagen. In der Paragenese dominieren Karbonat (Calcit und Ankerit) und Quarz neben unbedeutenden Mengen an Fluorit, an Erzmineralen enthält sie Bleiglanz und derbe braune Zinkblende sowie Spuren von Kupferkies, wobei diese Minerale äußerst unregelmäßig und absätzig verteilt sind.

### 3.10. Naiftal – Alfreiderwald

(Val di Nova, Iffinger-Alfreiderwald)

Blatt 4, II, S.O., Punta Cervina

Von der Straße Schenna – St. Georgen NE Meran abzweigend erreicht man auf serpentinenreichem Forstweg den Gasthof Kiendl in 1370 m Seehöhe an der orographisch rechten Seite des Naiftales. In 250 m Entfernung nördlich dieses Gasthofes sind alte Einbaue auf Gänge im Iffinger Granodiorit vorhanden, von denen ein Schurfstollen in 1490 m über N.N. auf etwa 7 m Länge noch begehbar ist. Der Gangverlauf ist NE-SW bei steilem NW-Fallen.

Es handelt sich dabei um das einzige bekannte Erzvorkommen, das innerhalb der Iffinger Masse liegt. Die Gangarten sind neben Quarz blaßgrüner Fluorit und Baryt, an Erzen sollen silberhaltiger Bleiglanz und Fahlerze gewonnen worden sein; makroskopisch fallen aber Fahlerze nicht auf, dafür sind Zinkblende und Kupferkies feststellbar.

### 3.11. Kreuzjoch

(M. Casura; Flaggertal, Val di Vallağa)

Blatt 4a, III, N.O., Mezzaselva

Das Flaggertal liegt S von Mittewald/Eisacktal. In den Hängen NNW der unteren Flaggeralm (1620 m über N.N.) liegt etwas oberhalb von 2200 m über N.N. ein kleiner Schurfbau auf Blei und Kupfer (ISSER, 1888).

Es handelt sich um ein gangförmiges Vorkommen innerhalb des Brixner Quarzphyllits, das aber nur etwa 300 m in Luftlinie vom Brixner Granit entfernt ist. Der Gang verläuft NE-SW und fällt steil nach NW ein, die Flächen des Brixner Quarzphyllits hingegen streichen fast genau E-W bei Südfallen mit 20°. Die Mineralisation besteht aus Bleiglanz und Zinkblende mit Pyrit und viel Kupferkies, als Gangartminerale treten Quarz und Siderit auf.

### 3.12. Rabenstein

(Corvara)

Blatt 4, II, S.E., Sonvigo

Der Bergbau Rabenstein im Pensertal, an der orographisch rechten Seite des Talferbachs 3 km NNE der Ortschaft Aberstückl (Sonvigo) gelegen, ist wohl der bekannteste der hier behandelten gangförmigen Vererzungen. Die Lagerstätte besteht im wesentlichen aus einem einzigen mächtigen Gang, der ENE-WSW streicht und mit 75–80° NNW fällt. Er ist, umgeben von den metamorphen Serien des Brixner Quarzphyllits, über eine Länge von etwa 1200 m verfolgbar und, zum Teil durch die bergbaulichen Aufschlüsse, über eine Teufe von 240 m bekannt. In der Richtung gegen Aberstückl hin wird der Fluoritgang durch einen augitporphyritischen Gang geschnitten und verworfen. Andererseits finden sich in der Nähe des tektonischen Kontaktes zur Iffinger Masse auch zahlreiche aplitische Gänge sehr begrenzter Dimension, die ihrerseits wieder vom Fluoritgang geschnitten werden. Die Mächtigkeit des Gangs beträgt durchschnittlich 1,25 m, in einzelnen Linsen ist er bis auf 3–4 m Breite ausgebaucht; mehrfach wird er auch von kleineren Gängen und Adern begleitet.

Ursprünglich auf silberhaltigen Bleiglanz betrieben, wurde ab dem Ende des vorigen Jahrhunderts auch auf Zinkblende und Fluorit gebaut. Da mit zunehmender Teufe der Flußspatgehalt gegenüber den Erzmineralen zunahm, wurde der Überschuß an Fluorit auf Halde geschüttet bzw. zur Wegeschotterung verwendet. Im Jahr 1930 sprechen Schätzungen von mehreren 100.000 t Fluorit-Vorräten (EINECKE, 1956), es wurden aber etwa 1938 nur 6400 t Fluorit gefördert. Eine Besonderheit ist die Verwendung des Flußspats von Rabenstein als optischer Fluorit zur Herstellung von Apochromat-Linsen in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts. Nach längerer Stilllegung wurde bis vor kurzem durch die Gesellschaft „Bergbau Rabenstein AG“ der Abbau wieder betrieben, 1978 wurden 7342 t gefördert, von denen 3474 t Fluorit waren (Archiv: Amt für Bergbau, Bozen; EXEL, 1980). Die bleiglanzhaltigen Partien des Fördererzes enthielten bis 450 g Ag/t, die Zinkblende ist Cadmium-haltig. Die Lagerstätte war zuletzt durch sieben übereinanderliegende Sohlen erschlossen.

Der Fluoritgang steht, obwohl in der Randfazies des Brixner Quarzphyllits, nämlich in Gneisen gelegen, offensichtlich in Zusammenhang mit der granodioritischen Iffinger-Masse: er folgt genau dem Streichen des hier tektonischen Kontaktes zwischen dieser spätherzynischen Intrusivmasse mit den Paragneisen und Glimmerschiefern, liegt also diskordant im Brixner Quarzphyllit, der im Bereich dieser Lagerstätte zwar ebenfalls überwiegendes NE-SW-Streichen zeigt, sein Einfallen ist aber flach bis mittelsteil SE und auch NW, sodaß sich ein deutliches  $\beta$ , das mit 5° nach SW abtaucht, ergibt.

Die Mineralisation setzt sich hauptsächlich aus Fluorit zusammen, der zum Teil in perfekten Kristallen respektabler Größe (Würfel mit bis über 20 cm Kantenlänge wurden beschrieben) auftritt. Quarz als Gangart ist so wie Calcit, Ankerit, Dolomit und Siderit nur von untergeordneter Bedeutung. Von der Erzparagenese tritt der Bleiglanz grobkörnig in Nestern, aber auch feinkörnig verteilt auf, oft bildet er zusammen mit der Zinkblende Schnüre. Sein Anteil überwiegt deutlich den der Zinkblende, die Menge der Blei- und Zinksulfide ist

aber allgemein sehr variabel. Makroskopisch fallen noch Pyrit, Magnetkies und Kupferkies auf.

### 3.13. Wieserbach – Ultental

(Rio dei Prati, Kreuzberg/Ulental, Val d'Ultimo)

Blatt 10, IV, S.E., Tesimo

Der Wieserbach ist ein orographisch rechter Nebenbach im Ultental, der 1,5 km SW von St. Pankraz in den Valschauer Bach mündet. Am Wieserbach aufwärts befindet sich zwischen 800 und 1150 m über N.N. das ehemalige Bergbauggebiet, dessen alte Baue bis auf das 17. Jahrhundert zurückgehen und das bis in die 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts im Tage- und Untertagebau beschürft wurde. Ende des Bergbaubetriebs war noch vor der Jahrhundertwende.

Beschürft wurde ein etwa 1 m mächtiger, WNW-ESE-streichender und mit 55°N fallender Gang, der den hier fast E-W-streichenden, mit 30°nach S einfallenden Quarzphyllit nahe am Kontakt zum Kreuzberg-Granodiorit durchsetzt. Es handelt sich um eine Bleiglanz-Zinkblende-Mineralisation mit starken Anteilen von Kupferkies und Pyrit. Gangart ist überwiegend Quarz, zum Teil auch Siderit.

## 4. Ausbildung der Gänge

Eine generelle Planübersicht (Abb. 3) zeigt in ausgeprägter Form eine statistische Lagenbevorzugung und eine regionale Bündelung zu Kluftscharen. Die Hauptstreichrichtung der vererzten Gänge scheint auch bei erzfreien Reißklüften des gesamten Gebietes vorzuherrschen und ist unabhängig davon, ob sich die Erzgänge in den Granodioritintrusionen selbst, in ihren Randbereichen oder im angrenzenden Nebengesteinsverband befinden.

Diese Richtung variiert von ENE-WSW als Hauptrichtung bis NE-SW. Nur in seltenen Fällen weichen die Gänge von dieser Richtung ab: am Tagwaldhorn zeigen sie NW-SE-Streichen, an der Tatschspitze im System II verlaufen sie mehr E-W, sehr untergeordnet auch N-S, und am Vorkommen Wieserbach/Ulental WNW-ESE.

Die Dimensionen sind hingegen sehr variabel: während viele der Mineralisationen nur an der Erdoberfläche bekannt und oft nur im Meter- bis Zehnermeterbereich zu verfolgen sind, bei Mächtigkeiten von wenigen cm bis etwas über 1 m, kennt man die Gangsysteme an der Tatschspitze oder in Rabenstein horizontal über km-Länge, vertikal über mehrere 100 m, bei Mächtigkeiten, die, allerdings durch seitliche Ausweitungen und Zusammenlegung von Gangscharen, bis 4 m erreichen können.

Gegen das Nebengestein setzen die Gänge mit sehr scharfen Grenzkonturen ab, eine hydrothermale Beeinflussung mit Zersetzung des Nebengesteins, wie etwa eine Pyritisierung oder Propylitisierung, sonst häufig als Effekt einer epigenetischen Stoffzufuhr zu beobachten, ist offenbar nirgends feststellbar. Allerdings ist eine Verquarzung des Nebengesteins teilweise auffällig.

Die Gangfüllung selbst zeigt im allgemeinen deutlich Salbänder, in denen sich meist die Erzminerale der Sulfidparagenese angereichert haben, aber auch Quarz als Palisadenquarz gehäuft auftritt, während zur Gangmitte

hin häufig rhythmische Wechsellagerung der diversen Gangartminerale mit unregelmäßiger und absätziger Einlagerung weiterer Sulfide zu beobachten ist. Bei einem Teil der Gänge fehlt aber dieser bilateralsymmetrische Bau und massige Ausbildung des Ganginhalts ist vertreten. Eher selten sind drusenartige Hohlräume in der Gangmitte mit gut ausgebildeten Kristallflächen entwickelt.

Besondere Gefügetypen sind die in Rabenstein auftretenden Gangteile aus Nebengesteinsbreccien, wobei Flußspat als zementierendes Bindemittel auftritt. Diese Breccienzonen werden in der genannten Lagerstätte bis m-mächtig. Außerordentlich selten hingegen sind mit Flußspat neuerlich verkittete Erzbreccien, die als Beweis dafür anzusehen sind, daß die Gänge mehrfach durch tektonische Bewegungen aufgerissen wurden und die Mineralisation sich offenbar über einen langen Zeitraum erstreckte, ohne daß sich dabei deutliche Paragenesänderungen ergaben. Hingegen haben jüngere tektonische Bewegungen, etwa an den Erzen des Vorkommens Paulswand besonders gut sichtbar, intensive Zergleitung mit Längung und auch Kataklase der Minerale hervorgerufen, ohne daß es zur Entwicklung von Breccien im Gesteinsverband gekommen ist.

Das Mengenverhältnis der Minerale zueinander ist sehr wechselnd. Neben Gangabschnitten, die fast nur Gangart enthalten, treten Partien mit sehr reichen Pb-Zn-Mineralisationen auf, auch pyritreiche Teile (mit Kupferkies) kommen mehrfach vor. Soweit die Gänge aber über eine größere Erstreckung aufgeschlossen sind oder sich konstruktiv zusammenhängen lassen, scheint der gesamte Mineralinhalt im Schnitt doch sehr gleichmäßig zu sein, und für alle bearbeiteten Mineralisationen gilt, daß die Gangart weitaus vorherrscht.

Das Überwiegen des einen oder anderen Minerals scheint mit Ausnahme des Fluorits nicht an bestimmte Teufen gebunden zu sein: nur in Rabenstein nimmt der Fluorit zuungunsten der Erzparagenese mit der Teufe zu, in den Revieren Eggertal, Pfulters, Grasstein nimmt Quarz zuungunsten der in höheren Niveaus stärker vertretenen Gangartminerale Calcit und Fluorit ebenfalls zu. Die Sulfiderzparagenese zeigt hingegen keine eindeutigen primären Teufenunterschiede.

## 5. Mineralführung und erzmikroskopische Beobachtungen

Die Paragenese der Gangvererzungen ist generell in allen Vorkommen nicht übermäßig mineralreich und zeigt, zwar nicht im Handstückbereich, wohl aber innerhalb eines größeren Gangabschnitts, recht große Gleichmäßigkeit der Zusammensetzung:

- Gangartminerale  
Quarz, Fluorit, Calcit, Dolomit, Ankerit, Siderit, Baryt, Feldspäte.
- Primäre Erzminerale  
Bleiglanz, Zinkblende, Pyrit, Kupferkies, Magnetkies, Fahlerz, Bournonit, Boulangerit, Arsenkies, Hämatit.  
Die in der Literatur beschriebenen Minerale Markasit und Dyskrasit konnte ich nicht identifizieren, ebenfalls keinen Silberträger im Bleiglanz.

- Sekundäre Erzminerale  
sind größtenteils schon makroskopisch feststellbar, wurden aber nicht speziell untersucht. Am häufigsten treten auf:  
Malachit, Azurit, Kupferglanz, Covellin, Wulfenit, Cerussit, Greenockit, Hemimorphit, Hydrozinkit, Smithsonit, Goethit, Lepidokrokit.

Die untersuchten Erzproben stammen überwiegend aus den Ausbissen selbst bzw. aus noch zugänglichen Grubenteilen, nur wenige wurden auf den alten Halden von Wieserbach/Ultental, Paulswand (zum Teil), Schönjoch, Pfulters gesammelt.

### Fluorit

Wie erwähnt, ist das Vorherrschen der Gangartminerale eine charakteristische Eigenschaft aller hier untersuchten Mineralisationen. Während allgemein die Quarzgangart am stärksten vertreten ist, dominiert in Rabenstein sehr auffallend der Fluorit.

Seine makroskopisch vorherrschende Farbe ist grünlichgrau, aber auch andere helle Farben (grau, milchweiß, gelblich, selten rosa bis bläulich) treten auf. Völlig wasserklarer Fluorit gab Anlaß zur Verwendung in der optischen Industrie.

Obwohl die Hauptmasse derb ausgebildet ist, sind freigewachsene Kristalle relativ häufig, machen aber an der Gesamtmenge des Fluorits nur wenig aus. Sie haben zum Teil Quarzumkrustungen, aber auch Überzüge von Calcit und Dolomit.

Fluorit tritt in mehreren Generationen auf, die sich meist auch durch etwas verschiedene Färbung voneinander unterscheiden: es handelt sich hierbei um eine rhythmische Wechsellagerung, die Stärke dieser Lagen liegt im mm- bis dm-Bereich. Entstanden sind diese Lagenbaue durch zeitlich aufeinanderfolgende mehrfache Reaktivierung der Gangspalten mit jeweiligem Stoffnachschieb und rhythmischer, chemischer Internanlagerung. Sichtbar und verständlich ist die Folge von ruptueller Deformation und neuerlicher Kristallisation besonders dann, wenn die älteren Generationen Zerbrechung zeigen, dann neuerdings angelagerter zementierender Flußspat die Fugen verheilt. In diesem Fall entsteht das Bild einer Erzbreccie bzw. im speziellen Fall einer Fluoritdeformationsbreccie.

Häufigste Einschlüsse im Fluorit sind Calcit und Dolomit. Diese Art der Interngefüge und die blassen Farben der Flußspate werden allgemein als Hinweis auf nur mittlere bis niedere Bildungstemperaturen gedeutet (BAUMANN & LEDERER, 1969; BARBIER, 1976).

### Quarz

Quarz ist in hydrothermalen Lagerstätten aller Art gewöhnlich eine der Hauptgangarten und meist älter als die Sulfide, daher oft gut idiomorph. Abgesehen von Rabenstein ist er auch bei allen hier erwähnten Vorkommen die häufigste Gangart, wenn auch meist als quarz-fluoritische Gangart dicht verwachsen. Wie erwähnt, durchsetzt er aber in einigen Fällen auch das Nebengestein imprägnationsartig, ohne daß dabei die Sulfiderzparagenese mit in Erscheinung tritt.

Er zeigt meist ein geschlossenes Gefüge, doch treten auch Gangbereiche auf, in denen andere Gangartminerale vorherrschen und in denen Quarz als offenes Gefüge idioblastische Körner bildet. Wo mehrere Gangartminerale in der Paragenese auftreten, erscheint Quarz auf das Salband beschränkt. Quarzidioblasten findet man auch eingeschlossen in Zinkblende und in Pyrit.



Undulöse Auslöschung ist selten, Kataklyse mit anschließender Wiederausheilung der Spaltrisse häufig.

Nach der Teufe zu nimmt Quarz, soweit beobachtbar, allgemein zu.

### **Karbonate**

Karbonate treten häufiger auf, als man nach Durchsicht der vorhandenen Literatur für diese Gänge annehmen würde. Es handelt sich dabei um Calcit oder Dolomit, um Ankerit und auch um Siderit.

In mächtigen Gangpartien ist vor allem feinkristalliner Dolomit vertreten, während Calcit allgemein als Gangartmineral zwar häufig, aber mengenmäßig unbedeutend ist. Calcit verdrängt manchmal den Quarz und es liegen auch Pseudomorphosen nach Quarz vor.

Der Calcit ist stark zwillinglamelliert, zeigt also deutlich Anzeichen einer Druckbeeinflussung, außerdem auch viele Merkmale einer Rekristallisation. Zahlreich sind Verdrängungen durch verschiedene Sulfide.

Das häufige Auftreten von Siderit kann ebenfalls als Anzeichen für mittleren bis niederthermalen Bildungsbereich gedeutet werden.

### **Baryt**

Als Gangart sehr untergeordnet, tritt er meist nur als zementierendes Mineral auf. Häufig erscheint er in der Gangmitte, konnte aber vereinzelt auch nahe dem Salband beobachtet werden. Er enthält oft Einschlüsse von Fluorit, die beweisen, daß er jünger ist als dieser.

### **Feldspäte**

Sie sind als Gangart ebenfalls unauffällig, lassen sich aber mikroskopisch sehr häufig, wenn auch in unbedeutender Menge, nachweisen.

### **Bleiglanz**

Bleiglanz ist das wichtigste Erzmineral der Sulfidparagenese und auch mengenmäßig am stärksten vertreten. Er zeigt sich teilweise in idiomorphen Formen, in Drusen Hohlräumen gewachsene Einzelkristalle erreichen Größen von mehreren cm, die – etwa in Rabenstein – zum Teil Wulfenit-Überzüge getragen haben sollen. Über die angeblich hohen Silbergehalte liegen keine neuen Analysen vor; Silberträger im Bleiglanz konnten außerdem mikroskopisch nicht identifiziert werden.

Die Hauptmenge des Bleiglanzes ist auf das Salband beschränkt. Außer in unregelmäßiger Verwachsung mit Zinkblende ist er dort häufig auch in geschlossenen Gefügen angeordnet und bildet so derbe Massen.

Bleiglanz kann alle anderen Erzminerale verdrängen, erscheint demnach als relativ junge Kristallisation der primären Paragenese, möglicherweise auch bereits nach einer Mobilisation. Einen Hinweis darauf bilden auch die zahlreichen Einschlüsse von Fahlerz und Bournonit im Bleiglanz, die, außer durch ihre Reflexionswerte, vor allem auch durch ihre Form als Reste dieser Minerale angesprochen werden können.

Außerdem treten im Bleiglanz zahlreiche, oft allerdings sehr feine Intergefüge von Kupferkies auf; weitere Einschlüsse sind Quarz und auch Pyrit in idioblastischer Ausbildung.

Das gleichmäßig körnige Gefüge des Bleiglanzes in den derben Partien kann als Zeichen für eine sekundäre Sammelkristallisation gedeutet werden.

### **Zinkblende**

Sie ist das zweithäufigste Mineral der Sulfidparagenese. Honiggelbe bis dunkelbraune Farben sind fest-

stellbar, die Färbung der Zinkblende ist in den diversen Gängen nicht einheitlich: es überwiegen aber die rotbraunen bis braunen Farben, also eine eisenführende Zinkblende.

Während die gelbliche Zinkblende meist grobkristalline Gefüge bildet, deren einzelne Körner hypidiomorph entwickelt sind, erscheint die dunklere, eisenreichere Zinkblende durchschnittlich feinkristalliner als die helle.

Selten sind Drusen mit ausgebildeten Kristallformen zu finden, in den Gangartmineralen eingeschlossene Zinkblendekristalle kristallisieren mit guter Formentwicklung. In Rabenstein kommt Zinkblende zusammen mit Bleiglanz auch manchmal in kolloformen Reliktgefügen vor, die aus äußerst feinkörnigen Kriställchen zusammengesetzt sind.

Die Zinkblende enthält oft feine Einlagerungen von idiomorphen Pyriten, also eine deutlich jüngere Bildung, die vor allem in eisenreicher Zinkblende zu finden ist. Es sind aber auch Verwachsungen mit Pyrit beobachtbar, an denen sich erkennen läßt, daß der Pyrit durch Zinkblende verdrängt wird, da diese den kristallographischen Richtungen im Pyrit folgt. Ebenfalls häufig sind orientierte Verwachsungen mit Kupferkies. Daneben – und nicht auf bestimmte Lagerstätten dieses Gebiets verteilt – treten auch größere Zinkblendeaggregate auf, die so gut wie frei von Einschlüssen sind.

Seltener ist in der Zinkblende xenomorpher Bleiglanz mit tröpfchenartiger Form eingeschlossen.

Oft erscheint Zinkblende stark kataklastisch, was auf mechanische Beanspruchung hinweist. Die entstandenen Haarrisse sind häufig durch Bleiglanz verheilt worden.

Als weitere Einschlüsse sind Fahlerz und Bournonit zu identifizieren, in Einzelfällen idiomorpher Fluorit und Quarz.

Nach vorliegenden Analysen enthält die Zinkblende viel Cd, was auch an angewitterten Stücken, vor allem aus dem Gebiet Tatschspitze und Seebergalm, durch die grünlich-gelben Greenockit-Überzüge deutlich wird.

Die in der Literatur (DESSAU & PERNA, 1966; SCHROLL, 1955, BRIGO, 1971) angegebenen relativ hohen Gehalte an Ga im Revier Rabenstein und Eggertal sowie Hg nur in Rabenstein bilden weitere Hinweise auf mittlere bis niedere Bildungstemperaturen.

### **Pyrit**

Pyritbegleitung ist zwar in allen Vorkommen festzustellen, von der Menge her tritt das Eisenbisulfid aber gegenüber der Pb-Zn-Paragenese völlig zurück. Pyrit ist meist mit millimetergroßen idiomorphen Kristallen in den Gangartmineralen eingewachsen, nur selten sind maximal cm-große Pyritbutzen angereichert. Seine Verteilung auf die verschiedenen Vorkommen ist aber, ebenso wie beim Kupferkies, eher als unregelmäßig zu bezeichnen. Jedoch ist auffallend, daß Erzgänge, die direkt in Granodioriten liegen, deutlich stärkere Pyritführung aufweisen als entferntere.

Der Pyrit ist zwar meist einschlußfrei, wurde aber auch in orientierter Verwachsung mit anderen Mineralen gefunden: vor allem mit Zinkblende, aber auch feine Verwachsungen mit Kupferkies sind häufig.

Pyrit selbst ist vielfach in Fluorit, Dolomit und Calcit eingewachsen.

### **Kupferkies**

Auch dieses Erzmineral tritt mengenmäßig nicht sehr in Erscheinung, ist aber doch überall vertreten, wenn

auch makroskopisch nicht immer sichtbar. Sein Auftreten scheint in Zusammenhang mit dem Auftreten von Pb und Zn zu stehen, er kommt nirgends isoliert von Mineralen dieser Metalle vor, kleine Einsprenglinge in den Gangarten Quarz und Fluorit sind nur sehr selten.

Häufig dagegen sind orientierte Verwachsungen mit Zinkblende zu beobachten, was auf Grund der Gitterähnlichkeit im Falle gleichzeitiger Bildung nichts außergewöhnliches ist, ebenso die orientierten Verwachsungen mit Fahlerz. Von Bedeutung scheint mir das Fehlen von Zinkblendesternchen im Kupferkies zu sein, weil dieses Nichtvorhandensein als Hinweis auf mittlere Bildungstemperaturen bewertet werden kann.

#### **Fahlerz**

Entsprechend erzmikroskopischen Befunden einschließlich der Reflexionswerte sowie bestätigt durch qualitative Analysen mit der Elektronenstrahl-Mikrosonde handelt es sich um Tetraedrit, also Cu-Sb-Fahlerz, das auch Zn eingebaut enthält. Tetraedrit ist mikroskopisch in fast allen Gängen nachzuweisen, besonders häufig tritt er im Gebiet Paulswand und im Vorkommen Naiftal/Alfreider Wald auf. Er verheilt häufig kataklastische Sprünge in anderen Erzmineralen und manchmal sogar in Gangartmineralen, und enthält selbst oft kleine Einschlüsse von Kupferkies. Über die orientierten Verwachsungen mit Zinkblende wurde schon berichtet.

#### **Bourbonit**

Er scheint sich aus dem Fahlerz zu entwickeln, da er immer eng mit diesem gemeinsam auftritt; es ist aber nicht zu entscheiden, ob eventuell nur gleichzeitige Kristallisation vorliegt.

Bourbonit zeigt sehr häufig Andeutungen von Kataklase und ist dann immer verheilt. Von Bleiglanz wird er oft verdrängt, typisch sind auch Reaktionssäume von Bourbonit zwischen Bleiglanz und Tetraedrit. Die weite, mengenmäßig aber nicht auffallende Verbreitung des Bourbonits wird allgemein als typisch für hydrothermale Pb-Zn-Lagerstätten, die bei mittleren bis tiefen Temperaturen gebildet wurden, angesehen.

#### **Boulangerit**

Er bildet annähernd stengelige Einzelkörner sowie auch kleine Aggregate, die den Gangsalbändern subparallel eingelagert erscheinen. Häufig gibt es auch Verwachsungen mit Bleiglanz, der ja ebenfalls meist den Albändern folgt.

#### **Arsenkies**

Er wurde nur in wenigen Vorkommen, vor allem im östlichen Bereich (Puntleid, Tagwaldhorn, Schönjoch) in gangquarzreichen Partien festgestellt, und zwar nur in wenigen Körnern.

## **6. Schlußdiskussion**

In den Erörterungen über die Genese ostalpiner Erz-lagerstätten spielen in den vergangenen zwei Jahrzehnten stoffkonkordante Erzkörper eine vorherrschende Rolle, zumal sie als Zeugen für syngenetische marine Metallkonzentrationen gesehen werden. Im Zuge dieser, auf eine Revision früherer konventioneller Ansichten ausgerichteten Forschungsziele, trat eine Vernachlässigung von Untersuchungen typischer transversaler Ganglagerstätten ein. Wenn auch zumindest in

Kurzform verschiedentlich an die Existenz von Erzgängen mit Paragenesen wie z.B. Kupfererze (Mitterberg/Mühlbach, Schwaz/Brixlegg, Klausein), Blei-Zink (Klausein, Nassereith), Gold (Gastein-Rauris), Antimon (Schlaining) erinnert wird, so standen doch deren Beziehungen zu einem magmatischen Herd in einigen Fällen in Frage. Außer Zweifel aber bestehen räumliche Zusammenhänge der Gangscharen im Brixener Lagerstättenbezirk in Südtirol mit dem Verlauf saurer Plutonitkörper.

Die Vererzungen entlang dieser herzynischen Granitintrusionen sind an stoffdiskordante Gänge gebunden, die in ihrer Lage außerordentlich große Konstanz und Übereinstimmung zeigen: sie sind nämlich streng gebunden an die Granitkörper selbst, bzw. an die unmittelbar umgebende Nachbargesteinsabfolge. Bezogen auf die aus der breiten E-W-verlaufenden Magmatitzone zwischen Mauls und Franzensfeste in SW-Richtung einschwenkende, gegen Meran zu sich verjüngende Zone nehmen die Gangscharen überwiegend eine typische ENE-WSW-Verlauf ein. Im gesamten betrachtet sind die mineralisierten Gangzonen auf eine Länge von nahezu 40 km in Gruppen verteilt.

Von Interesse ist die genetische Beziehung der Ganggruppen zu den Gesteinsverbänden. Symmetrologisch läßt sich aber insofern keine klare Aussage machen, als im Plutonitkörper kaum flächige und lineare Gefügeelemente entwickelt sind, die für eine kinematische Bezugnahme erforderlich wären. Außerdem sind die Gänge nicht gehäuft an den tektonischen Außenrand bzw. an die Primärkontakte der Bogen-Innenzone gebunden, sondern treten auch innerhalb der Granitmassen auf. Im Falle von Gangfortsetzungen aus dem Plutonitkörper in das dachförmig angrenzende Kontaktgestein des Brixner Quarzphyllits sind keine Lageveränderungen festzustellen. Die Ausdehnung der Gänge ist hingegen sehr variabel: während sie oft nur im Meter- bis Zehnermeterbereich bei Mächtigkeiten von einigen cm bis etwa 1 m verfolgbar sind, sind einzelne Gangsysteme horizontal über km-Länge, vertikal über mehrere 100 m bekannt und erreichen an Mächtigkeit maximal 4 m. Alle Gänge stehen fast saiger bzw. zeigen steiles NNW-Fallen.

Nach den topologischen und morphologischen Merkmalen der Gänge handelt es sich aber klar um Zerrklufscharen, die entsprechend ihrem Auftreten im Plutonit nur nach dessen Erstarrung aufgerissen sein können. Immerhin könnte man für primäre Kontaktzonen zum Hüllgestein an ein Durchpausen von Schwächezonen und an eine Beeinflussung durch Klufscharen des Brixener Quarzphyllits denken. Eine synoptische Betrachtung der tektonischen Gefügeelemente (Diagr. 5) läßt diese Möglichkeit der Erklärung mangels exakter symmetrologischer Zusammenhänge zwar nicht deutlich hervortreten, aber zumindest Überlegungen darüber erscheinen berechtigt.

Läßt man die Gänge im Plutonit zunächst außer Betracht und versucht man eine Deutung der den Quarzphyllit erreichenden oder nur in diesem geprägten Gänge, so ergeben sich folgende Möglichkeiten:

Im Bereich der Lagerstätte Rabenstein ergeben die auf der Lagenkugel zur Übersicht dargestellten s-Flächen eine klare  $\beta$ -Achse (= B-Faltung) mit NE-SW-Streichen, sehr flach nach SW geneigt. Der Fluoritgang mit seiner Orientierung ENE-WSW, 75–80° NNW-Fallen steht in so gut wie keiner symmetrologischen Beziehung zu diesem Faltenbau (Diagramm 1).

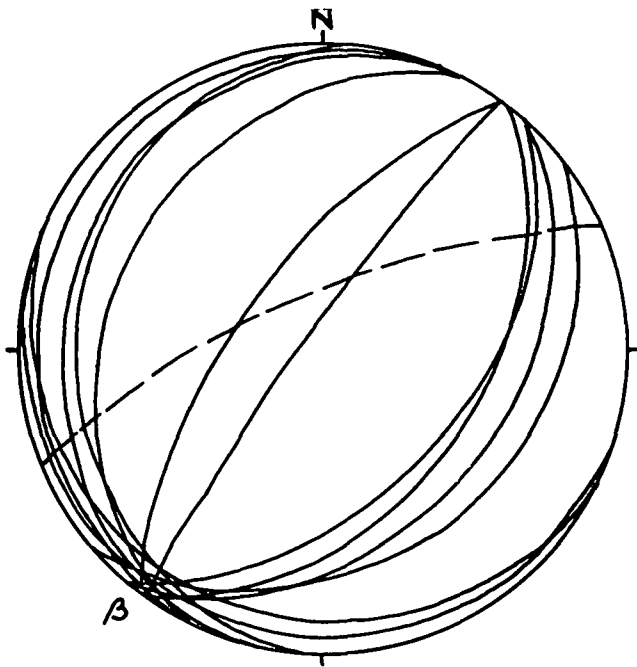


Diagramm 1.  
Rabenstein.  
12 s-Flächen im Brixner Quarzphyllit; Gangrichtung strichliert.

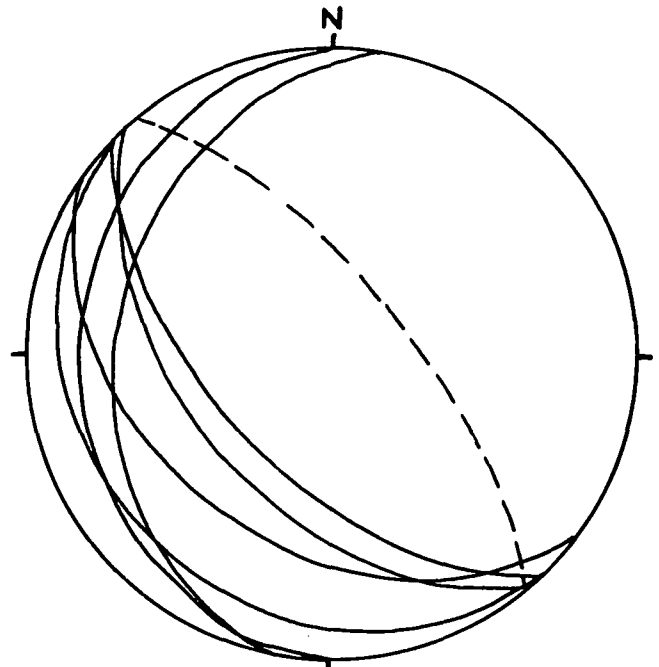


Diagramm 3.  
Tagwaldhorn.  
6 s-Flächen im Brixner Quarzphyllit; Gangrichtung strichliert.

Bei der Paulswand könnte man aus dem unterschiedlich nach SE einfallenden s-Flächenbündel im Diagramm 2 für die Gangorientierung eine hOI-Lage herauslesen, wengleich die wenigen Daten keine klare Aussage erlauben.

Beim Vorkommen Tagwaldhorn läßt sich für den bankrecht im Gesteinspaket angelegten Gang ebenfalls angedeutet eine hOI-Lage ableiten (Diagramm 3).

Im Gebiet Kreuzjoch zeigt das Diagramm 4  $\beta$ -Häufungen im SSE-Sektor und im WSW-Abschnitt. Auf diese  $\beta$ -Lage ist der dort geprägte stark diskordante Gang mit einiger Sicherheit in hOI-Lage zu sehen.

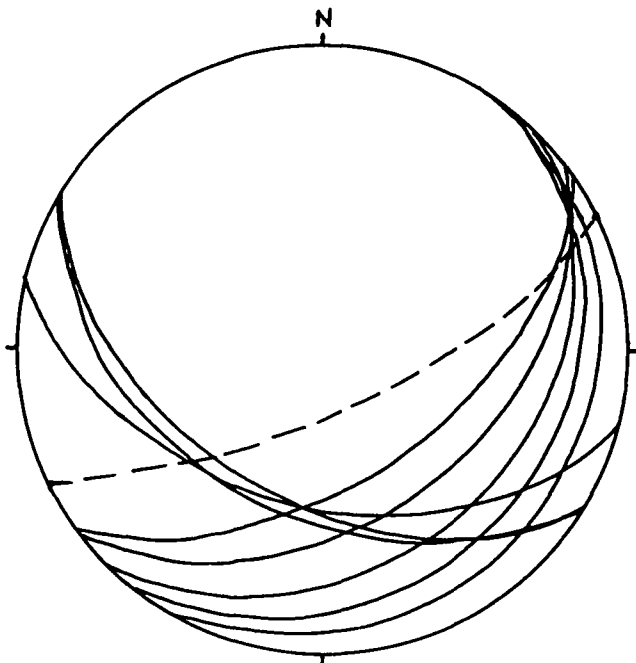


Diagramm 2.  
Paulswand.  
8 s-Flächen im Brixner Quarzphyllit; Gangrichtung strichliert.

Der Versuch einer Zuordnung der Erzgänge zu einem alten, im Quarzphyllit geprägten Kluftsystem scheint nach diesen Konstruktionen nicht ganz erfolglos zu sein, zumal auch die synoptische Betrachtung (Diagr. 5) der tektonischen Gefügeelemente mit der Betonung der Hauptgangrichtung NE-SW diesem Versuch nicht ganz widerspricht. Man könnte daraus also für einige Teilbereiche für die Anlage der Gänge als Zerrklüfte mit einiger Vorsicht an vom granodioritischen Magma vorgefundene Schwächezonen denken, die beim Ausklang der magmatischen Ereignisse von Hydrothermen als Wegsamkeit benutzt wurden.

Als Mineralparagenese tritt in allen untersuchten Fällen Quarz - Fluorit - Karbonat - Baryt zusammen mit den Sulfidmineralen Bleiglanz - Zinkblende - Kupferkies - Pyrit auf, was allgemein als charakteristisch für hydrothermale Stoffzufuhr bezeichnet werden kann. Zum Teil lassen sich mehrere Vererzungsphasen nachweisen; nämlich in jenen Fällen, in welchen Zertrümmerung schon bestehender Erzausscheidungen, gefolgt von einer zementierenden Erzkristallisation, vorliegt. Derartige vererzte „Erzbreccien“ bieten ein aussagereiches Gefüge. Es sind Merkmale dafür, daß die Gänge während der zeitlich offenbar lang ausgedehnten Mineralisation noch aktive Bewegungsflächen waren. Trotz dieser zeitlich auseinanderliegenden Phasen haben sich aber offenbar dabei keine merkbaren Änderungen in der Temperaturstufe der epigenetischen Ereignisse und damit auch keine Änderungen der Paragenesen ergeben. Die Mineralvergesellschaftung der Gänge entspricht am besten mesothermalen Bildungen im Übergangsbereich zu epithermaler Kristallisation: das zeigen ganz allgemein die Anwesenheit von viel PbS und ZnS, die Teilnahme von Kupferkies, Fahlerz, des Pb-Cu-Sb-Komplexsulfides Bournonit sowie des Pb-Sb-Sulfides Boulangerit, das fast völlige Fehlen von Arsenkies, Magnetit und Hämatit, Farbe und Tracht der Fluorite, und die relativ hohen Ga- und Hg-Gehalte der Zinkblende.

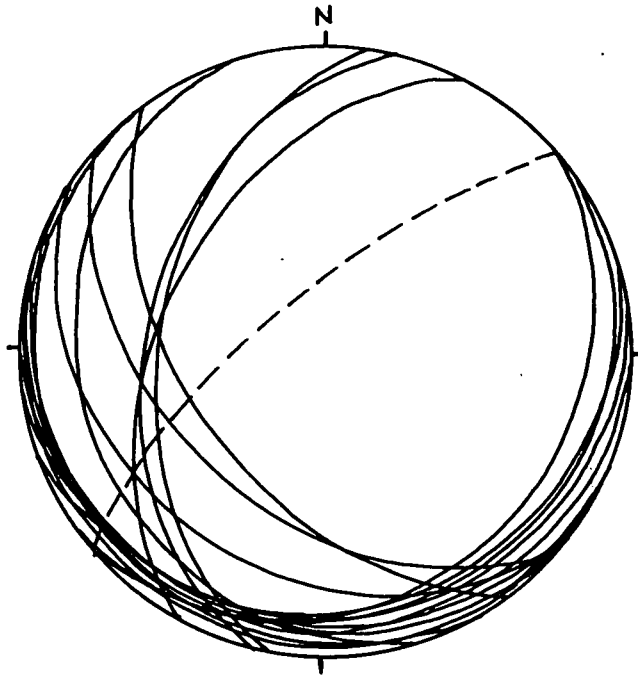


Diagramm 4.  
Kreuzjoch.  
16 s-Flächen im Brixner Quarzphyllit; Gangrichtung strichliert.

Prinzipiell sind postkristalline Zerscherungen der Gangparagenese nachweisbar. Große Verschiebungsbeträge an den Gängen scheinen aber nicht vorzuliegen, das beweist auch der Rabensteiner Gang, der ältere aplitische Gänge im Gefolge des Granodioritkörpers nur geringfügig, wenn auch deutlich verwirft. Für die Altersstellung der Mineralisation sehr bedeutsam ist, daß der Rabensteiner Hauptgang selbst von einem augitporphyrischen Gang, der als Nachhall des Plutonismus zu verstehen ist, noch geschnitten und verworfen wird.

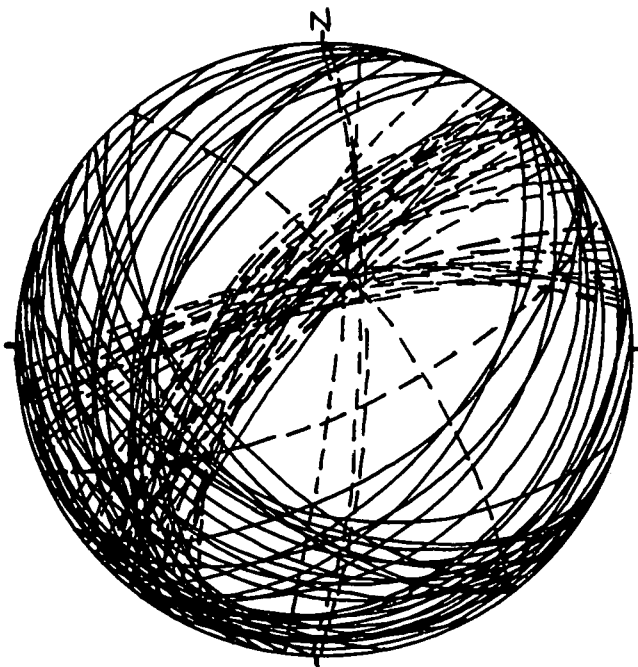


Diagramm 5.  
Synoptische Darstellung.  
62 s-Flächen (Linien); 30 Gangrichtungen (strichliert).

Nur im Bereich Tatschspitze – Eggertal und Rabenstein sind die Gänge regional über weite Distanz verfolgbare, so daß das Auftreten eventueller primärer Teufenunterschiede beurteilt werden kann: sie sind tatsächlich auch nachweisbar, doch betreffen sie kaum die Sulfidparagenese; aber der Flußspat- und Quarzgehalt verschieben sich merklich, so dominiert in den tiefergelegenen Gangteilen der Quarz, in den höhergelegenen Fluorit und Baryt.

Ein besonderer Fall ergibt sich im Bereich des Vorkommens Asten, das im jungalpidisch erneut magmatogen beeinflussten Tonalitgneis liegt und bei dem die Verschiebung auch im Gang ihre deformierenden Spuren hinterlassen hat. Es ist zwar anzunehmen, daß die Gangparagenese im Zug der tertiären dynamometamorphen Vorgänge ebenfalls eine Mobilisation und Umkristallisation erlitten hat, die aber durch jüngste postkristalline Deformation verwischt wurde. Offenbar erfolgte dabei aber keine Änderung des Stoffbestandes, weder was Gangart noch Erzminerale betrifft, da die Paragenese ja weitgehend dem der anderen Lagerstätten entspricht und keine neuen Elemente auftreten.

Zur Abklärung genetischer Fragen wurden nicht nur die Gangsysteme auf ihre Vererzung hin untersucht, sondern auch zahlreiche Proben der Nebengesteine durchmustert. Dabei konnte weder in den Geländeaufschlüssen noch in den Proben eine nennenswerte Metallvoranreicherung entdeckt werden. Somit ist zu behaupten, daß die Vererzung belteropor ausschließlich an die Gänge gebunden ist, die in ihrer Richtung mit nicht näher definierbaren Zerrklufsystemen der granodioritischen Magmatitkörper zusammenfallen. Ein Hinweis auf eine Beeinflussung der Gangkristallisationen durch das Nebengestein etwa im Sinne topomineralischer Parageneseänderungen, ergab sich in keinem Fall. Es scheint auch nicht möglich, nur einen Teil des Mineralinhalts durch Lateralsekretion aus dem Nebengestein zu beziehen.

Die Begrenzungskonturen der Gänge erscheinen in den Aufschlüssen überall, von Ausnahmen abgesehen, scharf und glatt, was auch noch bei mikroskopischer Untersuchung bestätigt wird. Nur in vereinzelt Fällen tritt die Quarzgangart auch in das den Gang begrenzende Nebengestein über, doch wurde im Zuge solcher Verquarzung ein Miteindringen von Erzmineralen nirgends beobachtet.

Die Gleichartigkeit der Gangparagenesen sowohl im Granodiorit, im Tonalitgneis und in den Varietäten des Brixner Quarzphyllits, das völlige Fehlen von Anzeichen einer Vererzung in den benachbarten Gesteinen der Phyllitgruppe und die Feststellung von postkristalliner Kataklyse und mechanischer Beanspruchung vieler Erzminerale, läßt den Schluß auf eine einheitliche Entstehung dieser Lagerstätten zu. Eine zeitliche Reihung der für die Lagerstätten maßgeblichen tektonischen und magmatischen bis hydrothermalen Ereignisse ist folgendermaßen zu geben: der spätherzynische saure Magmatismus erreicht die altpaläozoisch eingestufte Brixner Quarzphyllitzone und bildet in dieser Kontaktbereiche. In zentralen Teilen des erstarrten Plutons aber auch in Grenzbereichen zum Quarzphyllit bilden sich, möglicherweise durch vorgezeichnete Schwächezonen des Quarzphyllits der Lage nach beeinflusste Zerrfugensysteme, die durch hydrothermale Lösungen als Nachhall der magmatischen Intrusion eine hauptsächlich mesothermale, eventuell bis epithermale Mineralparagenese in diskordanten Gängen zur Kristallisa-

tion bringen. Alpidische Ereignisse sind zumindest als postkristalline Deformation der Erze nachzuweisen, doch werden auch zeitlich nicht einordenbare lokale Mobilisationen für möglich gehalten, wie aus dem Beispiel Asten zu vermuten ist.

Somit findet die zuletzt geltende Auffassung einer jungpaläozoischen Genese der Erzgänge als intrusiv-hydrothermal, paragenetisch einer sulfidischen Pb-(Ag-)Zn-Formation mit schwacher Cu-Beteiligung und z.T. auffallender Flußspatanreicherung zuordenbaren Mineralisation, wie sie schon BRIGO (1971) und BRIGO & OMENETTO (1979) angenommen hatten, eine Bestätigung.

#### Literatur

- ANDREATTA, C.: Studio petrografico del complesso eruttivo di Monte Croce in Alto Adige. – *Period. di Min.*, Vol. VIII, 1937.
- BAGGIO, P. et al.: Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1 : 100.000, Foglio 1, „Passo del Brennero“. – *Min. Ind. Comm. Art., Serv. Geol. d'Italia*, Roma 1969.
- BAGGIO, P. et al.: Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1 : 100.000, Foglio 4, „Merano“. – *Mind. Ind. Comm. Art., Serv. Geol. d'Italia*, Roma 1971.
- BARBIER, J.: Sur la signification paléogéographique de certaines minéralisations filoniennes à fluorine-barytine. – *Mém. h. sér. Soc. géol. France*, 7, 85–94, Paris 1976.
- BAUMANN, L. & LEDERER, O.: Paragenetische Zusammenhänge der mitteleuropäischen Fluorit-Baryt-Lagerstätten. – *Freiberger Forsch. Hefte*, C 262, 89–99, Freiberg 1969.
- BÖGEL, H.: Zur Literatur über die „Periadriatische Naht“. – *Verh. Geol. B.-A.*, 163–199, Wien 1976.
- BORSI, S., DEL MORO, A. & FERRARA, G.: Età radiometriche delle rocce intrusive del Massiccio di Bressanone – Ivigna – Monte Croce (Alto Adige). – *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 91, 387–406, Roma 1972.
- BORSI, S., DEL MORO, A., SASSI, F. & ZIRPOLI, G.: Metamorphic evolution of the Austridic rocks to the south of the Tauern Window (Eastern Alps): radiometric and geo-petrologic data. – *Mem. Soc. geol. ital.*, 12, 549–571, Pisa 1973.
- BORSI, S., DEL MORO, A., SASSI, F., ZANFERRARI, A. & ZIRPOLI, G.: New geopetrologic and radiometric data on the Alpine history of the Austridic continental margin south of the Tauern Window. – *Mem. Ist. Geol. Univ. Padova XXXII.*, 17 S., Padova 1978.
- BRIGO, L.: Ricerca geomineraria nella formazione della Fillade quarzifera di Bressanone delle Alpi Sarentine occidentali. – *Manoscritto*, presso Lab. Geomin. della Regione Trentino – Alto Adige, 1968.
- BRIGO, L.: Mineralizzazioni e metallogenese nell'area della Fillade quarzifera di Bressanone nelle Alpi Sarentine. – *Studi Trentini di Scienze Naturali*, Sez. A., vol. XLVIII, N. 1, 80–125, Trento 1971.
- BRIGO, L.: Quadro metallogenetico dell'Alto Adige. – *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 95, 1137–1159, Roma 1976.
- BRIGO, L. & OMENETTO, P.: Metallogenese der Italienischen Ostalpen. – *Verh. Geol. B.-A.*, Jg. 1978, 249–266, Wien 1979.
- COMIN CHIARAMONTI, P.: Il sistema filonino del Massiccio granodioritico di Ivigna nella parte prossima a Merano. – *Atti Accad. Roveretana Agiati Cl. fis. mat. nat.*, 218, s. 6 (1968), 57–72, Rovereto 1970.
- DAL PIAZ, G. B.: Geologia della bassa Valle d'Ultimo e del massiccio granitico di Monte Croce. – *Mem. Museo St. Nat. Ven. Trident.*, 5, 1–186, Trient 1942.
- DEL MORO, A. & VISONA, D.: The epiplutonic Hercynian Complex of Bressanone (Brixen, Eastern Alps, Italy): petrologic and radiometric data. – *N. Jb. Miner. Abh.*, 145, 66–85, 1982.
- DESSAU, G. & PERNA, G.: Le mineralizzazioni a galena e blenda del Trentino. – Alto Adige e loro contenuto in elementi accessori. – *Symp. Int. sui Giac. Min. delle Alpi*, vol. 3–4, 587–687, Trento 1966.
- EINECKE, G.: Die Flußspatlagerstätten der Welt. Ihr Vorkommen und ihre Verwertung. – Düsseldorf (Stahleisen) 1956.
- EXEL, R.: Die Mineralien Tirols, Band 1: Südtirol und Trentino. – 214 S., Bozen (Athesia-Verlag) 1980.
- EXNER, C.: Die geologische Position der Magmatite des periadriatischen Lineamentes. – *Verh. Geol. B.-A.*, 3–64, Wien 1976.
- FAVRETTO, L. & NARDI, M.: Il Granito di Bressanone nella zona compresa fra la Valle di Dosso e l'Alpe Valnasca. – *Boll. Soc. Adriatica Sc. Trieste*, 51 (1960), 1–41, Triest 1961.
- FAVRETTO, L.: Le mineralizzazioni del massiccio granitico di Bressanone fra la Valle di Dosso e l'Alpe Valnasca. – *Studi Trent. di Sc. Nat.*, a. LX, n. 1, 123–149, Trento 1963.
- FRISCH, W., NEUBAUER, F. & SATIR, M.: Concepts of the evolution of the Austroalpine basement complex (Eastern Alps) during the Caledonian-Variscan cycle. – *Geol. Rdsch.*, 73.1, 47–68, Stuttgart 1984.
- GASSER, G.: Die Mineralien Tirols einschließlich Vorarlbergs und der Hohen Tauern. – 545 S., Innsbruck 1913.
- GASSER, G.: Alte und neue Erzbergbaue in der Umgebung von Bozen. – *Der Schlern*, H. 8, Bozen 1921.
- GASSER, G.: Die Mineralien des Sarntaler Gebietes. – *Der Schlern*, H. 9, Bozen 1923.
- GRUBENMANN, U.: Über einige Ganggesteine aus der Gefolgschaft der Tonalite. – *TMPM*, 16, 185–196, Wien 1897.
- ISSER, M. v.: Die Montanwerke und Schurfbaue Tirols der Vergangenheit und Gegenwart. – *Berg- u. Hüttenm. Jb.*, 36, Wien 1888.
- ISSER, M. v.: Das Blei- und Zinkerzorkommen im Eggertal nächst Sterzing. – „Der Erzbergbau“, 1909.
- ISSER, M. v.: Wiederaufnahme des Bergwerksbetriebes in Rabenstein im Sarntal in Tirol. – *Österr. Z. f. Berg- und Hüttenw.*, 57, Wien 1909.
- ISSER, M. v.: Mitteilungen über neuerschlossene Erzorkommen in den Alpenländern. – *Bergbau u. Hütte*, Nr. 5, 1919.
- KLEBELSBERG, R. v.: Geologie von Tirol. – 872 S., Berlin (Borntraeger) 1935.
- KLEIN, K.: Flußspath von Rabenstein bei Sarntal. – *TMPM*, X, Wien 1891.
- KÖPPEL, V. & SCHROLL, E.: Herkunft des Pb der triassischen Pb-Zn-Vererzungen in den Ost- und Südalpen; Resultate bleiisotopengeochemischer Untersuchungen. – *Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A.*, 6, 215–222, Wien 1985.
- KRAHMANN, M.: Das Erz- und Flußspatorkommen am Rabenstein im Sarntal. – *Z. f. prakt. Geol.*, 14, Berlin 1906.
- KRAUS, M.: Über einige alpine Erzlagerstätten. Die Blei-, Zink- und Kupferorkommen des Eggertalgebietes bei Stilfes. – *Bergbau und Hütte*, 2. Jg., H. 13, Wien 1916.
- MEMORIA illustrativa della Carta Mineraria d'Italia, scala 1 : 1.000.000, Vol. XIV, G. CASTALDO & G. STAMPANONI (Hrsg.). – *Serv. Geol. d'Italia*, Roma 1975.
- MOELLE, K.: Petrographische und Tektonische Studien an den Gesteinen der westlichen Sarntaler Alpen. – *Unveröff. Diss. Univ. Ibk.*, Innsbruck 1961.
- MORGANTE, S.: La miniera di Corvara in Val di Pennes. – *Atti d. S. I. P. S.*, XXI, Vol. II, Rom 1933.
- MORGANTE, S.: La blenda di Corvara in Val di Pennes. – *Period. di Min.*, Roma, Vol. VIII, n. 1, Rom 1937.
- MORGANTE, S.: La fluorite di Corvara in Val Sarentino. – *Period. di Min.*, Roma, Vol. X, n. 3, Rom 1939.
- MORGANTE, S.: Il giacimento di Corvara in Val Sarentino. – *Mem. d. Ist. Geol. d. R. Univ. di Padova*, Vol. XIV, Padova 1940.
- OMENETTO, P. & BRIGO, L.: Metallogenese nel quadro dell'orogene ercinico delle Alpi (con particolare riguardo al versante italiano). – *Mem. Soc. Geol. Ital.*, 13/1, 339–362, Pisa 1974.
- PETRASCHECK, W.: Über Gesteine der Brixener Masse und ihrer Randbildungen. – *Jahrb. Geol. R.-A.*, 54, 47–74, Wien 1905.
- PFERSCHY, A.: Karte der nutzbaren Minerallagerstätten der Provinzen Bolzano (Bozen) und Trento. – *Berg- u. Hüttenmänn. Jb.*, 77, 97–104, Wien (Springer) 1929.
- PICHLER, A.: Flußspath von Sarntal. – *TMPM*, IV, Wien 1882.
- SANDER, B.: Geologische Beschreibung des Brixner Granits. – *Jb. Geol. R.-A.*, 56, 707–744, Wien 1906.

SANDER, B.: Erläuterungen zur geologischen Karte des Brixner und Meraner Gebietes. – Schlern-Schriften, **16**, 1–111, Innsbruck 1929.

SCHROLL, E.: Über das Vorkommen einiger Spurenmetalle in Blei-Zink-Erzen der ostalpinen Metallprovinz. – TMPM, **5**, 183–208, Wien 1955.

SCHULZ, O. & BRIGO, L.: Zusammenstellung der Lagerstätten mineralischer Rohstoffe in Nord-, Ost- und Südtirol. – Tirol-Atlas, Begleittexte IV, Tiroler Heimat, Jb. f. Geschichte u. Volkskunde, **41**, 25–38, Innsbruck (Univ.-Verlag Wagner) 1977.

SRBIK, R. R. v.: Überblick des Bergbaues von Tirol und Vorarlberg in Vergangenheit und Gegenwart. – Ber. Naturw.-mediz. Ver., **41**, Innsbruck 1929.

WOLFSTRIGL-WOLFSKRON, M. R., v.: Die Tiroler Erzbergbaue 1301–1665. – Innsbruck 1903.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 3. August 1987.