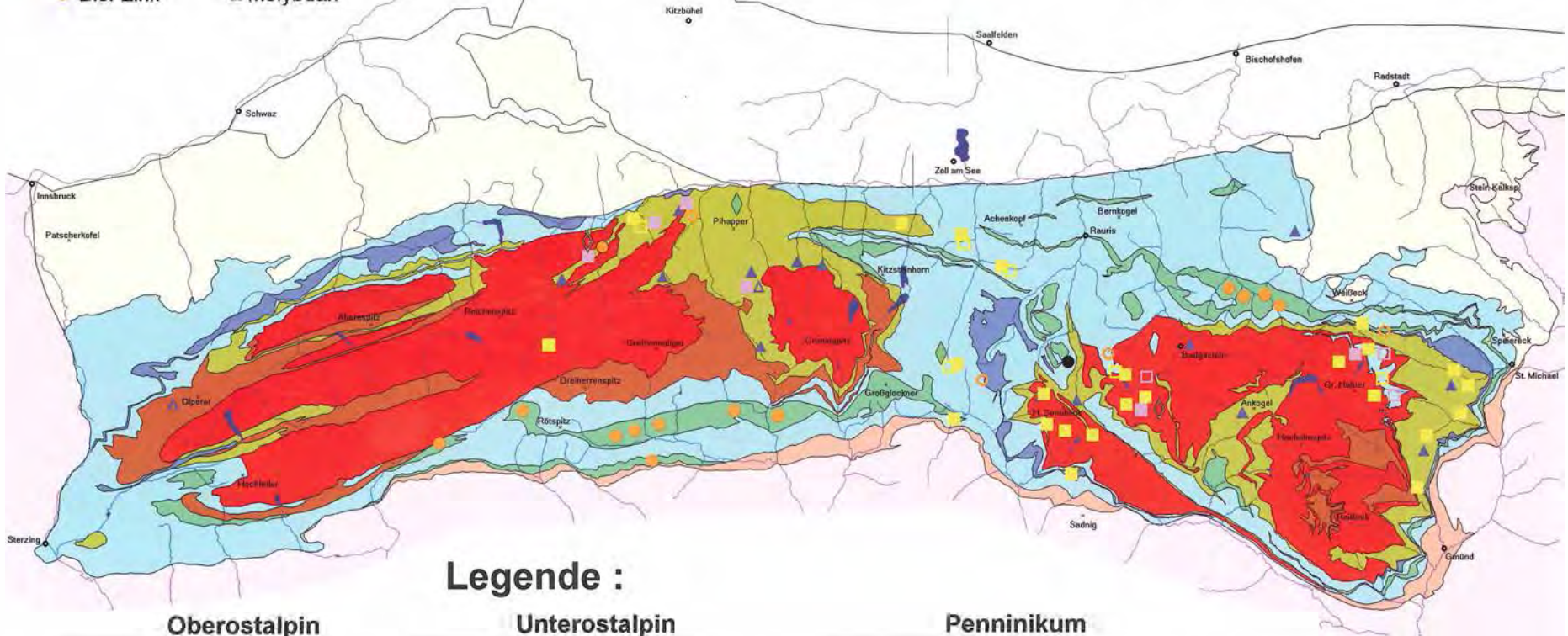


Erzvorkommen im Tauernfenster (geol. Kartengrundlage: GEO-DATA GmbH. 93')

- | | | |
|-------------|------------|----------|
| ■ Gold | ◆ Nickel | □ Arsen |
| ■ Silber | ◆ Kobalt | ■ Wismut |
| ● Kupfer | ▲ Wolfram | ● Uran |
| ○ Blei-Zink | △ Molybdän | |

20 km



Legende :

- | | | |
|-----------------------|--|-------------------------|
| Oberostalpin | Unterostalpin | Penninikum |
| □ Nördliche Kalkalpen | □ Radstädter Tauern (Osten)
Quarzphyllitzone (Westen) | ■ Bündnerschiefer |
| □ Grauwackenzone | ■ Matreier Zone
Katschbergzone | ■ Grüngesteine |
| □ Altkristallin | | ■ Triaskarbonatgesteine |
| | | ■ Zentralgneise |
| | | ■ Habachformation |
| | | ■ Altkristallin |

Abb. 1: Übersicht über die wichtigsten Metall-Erzlagerstätten im Tauernfenster.

Erze und Lagerstätten

Einleitung

Im Verlauf der komplexen geologischen Entwicklungsgeschichte des Tauernfensters, so wie sie ja in den vergangenen Abschnitten erläutert worden ist, wurde eine Vielzahl und Vielfalt von Metall-erz-Vorkommen gebildet. Nahezu alle der heute bekannten Vorkommen haben den Charakter von Klein- und Kleinlagerstätten. Es gilt für die Tauern dasselbe, was ganz allgemein für die Ostalpen gilt: Sie sind reich an armen Lagerstätten! Der Großteil dieser „Lagerstätten“, die man eigentlich besser als Mineralvorkommen bezeichnen müßte, ist heute ohne jede wirtschaftliche Bedeutung.

Sehr viele dieser Rohstoff-Vorkommen wurden in den vergangenen Jahrhunderten mit wechselndem Erfolg abgebaut. Kurzwährende Blütezeiten wechselten oft mit lange andauernden Zubeuß- und Stillstandszeiten ab. Dies war in erster Linie eine Folge der Kleinräumigkeit und damit Absetzbarkeit der Vererzungen. Die oft schwierige Lage im Hochgebirge (die höchsten Goldbergbaue befanden sich am Grieswies-Schwarzkogel in mehr als 3.000 m Seehöhe), der Preisverfall bei manchen Rohstoffen, klimatische und auch religiöse Faktoren erschwerten zusätzlich den alpinen Bergbau.

1993 stand nur mehr der Wolframbergbau im Felbertal in Betrieb. Aber auch dieser mußte Ende März infolge wirtschaftlicher Schwierigkeiten eingestellt werden.

Die meisten Erzvorkommen im Tauernfenster wurden prävariszisch¹⁾ gebildet und waren damit den Ereignissen der variszischen und alpidischen Orogenese²⁾ mit Metamorphosen³⁾ und Tektonik⁴⁾ ausgesetzt. Dies führte fast ausnahmslos zu einer Zerstückelung/Zersplitterung

der ohnehin meist kleinen Erzvorkommen. Generell fällt die Armut oder sogar Abwesenheit bestimmter Lagerstättentypen des postvariszischen⁵⁾ Zyklus auf. Bedeutendere Vertreter dieser Ära sind nur die jurassischen Kies(Kupfer)-Vorkommen und die alpidisch metamorphogenen⁶⁾ Goldvererzungen.

Folgende Erzvorkommen sind im Tauernfenster nach ihrem Hauptmetall zu nennen:

1. Gold- und Silbervorkommen;
2. Kupfervorkommen;
3. Blei-Zinkvorkommen;
4. Nickel-Kobalt- und Eisenvorkommen;
5. Wolfram- und Molybdänvorkommen;
6. Arsen- und Bismutvorkommen und
7. Uranvorkommen.

Die Lage der bekanntesten Vorkommen ist der beigegebenen Übersichtskarte (Abb. 1) zu entnehmen.

1. Gold- und Silbervorkommen

Den Edelmetallvorkommen im Tauernraum kam in der Vergangenheit die größte Bedeutung zu. Folgende Lagerstättentypen können grundsätzlich unterschieden werden:

a) Schichtgebundene, z. T. auch schichtige (stratiforme) Vererzungen des **Schellgaden-Typus** (FRIEDRICH, 1935, 1953) in spätpräkambrischen bis mittelordovizischen vulkanosedimentären Abfolgen, die mit der Habachformation parallelisiert werden. Sie wurden von der variszischen und alpidischen Metamorphose und Tektonik erfaßt. Diese Goldvererzungen sind aus dem Ostabschnitt der Hohen Tauern bekannt, wo sie – den Ostrand der Hochalm-Hafner-Reißeckgruppe begleitend – einen Zug von Edelmetall-Lagerstätten repräsentieren, der etwa bei **Muhr im Lungau** beginnt und sich über den Weiler

Schellgaden, wo die bekanntesten Lagerstätten dieser Gruppe liegen, über **Katsch- und Maltatal** bis **N Spital a. d. Drau**, das sind über 30 km Luftlinie, verfolgen lassen.

Die Goldvererzung ist an konkordante cm- bis mehrere dm-mächtige quarzitisches Lagen gebunden, die in Muskovit-Albit-Gneisen und karbonatführenden Glimmerschiefern eingeschaltet sind. Durch tektonische Vervielfachung können dabei Lagermächtigkeiten bis zu einigen Metern vorgetäuscht werden. Die größte derartige Lagerstätte wurde im Stüblbau W des Katschberges abgebaut. In den ausgedehnten Grubenbauen (noch heute sind ca. 5 km Stollen und Strecken befahrbar) finden sich auch diskordante Quarzgänge (Abb. 2), die eine sehr ähnliche Erzparagenese⁷⁾ wie der schichtige Typus zeigen (Abb. 3). Der Mineralbestand dieser Lagerstätten ist durch *silberarmes Gold* in Begleitung von *Pyrit, Galenit, Chalkopyrit, Scheelit* und *Turmalin* gekennzeichnet. In geringen Mengen wurden mikroskopisch verschiedene Telluride wie *Altait, Melonit, Hessit* und *Nagyagit* nachgewiesen. Letzterer bildet nur einige μm ⁸⁾ dünne, dafür aber bis zu 50 μm lange orientierte Einlagerungen in Galenit (PAAR, 1982).

¹⁾ Vor der variszischen Gebirgsbildung, d. h. älter als ca. 300 Millionen Jahre.

²⁾ Orogenese = Gebirgsbildung.

³⁾ Gesteinsumwandlung durch Druck, Temperatur und Bewegung bei der Gebirgsbildung.

⁴⁾ Versetzung und Verformung von Gesteinskörpern bei der Gebirgsbildung.

⁵⁾ Nach der variszischen Gebirgsbildung.

⁶⁾ Erzbildung (Anreicherung) im Zuge einer Gebirgsbildung.

⁷⁾ Erzparagenesen = Erzvergesellschaftung.

⁸⁾ 1 μm = ein tausendstel Millimeter!



Abb. 2: Diskordanter Quarzgang mit Sulfiden (Galenit, Chalkopyrit) und gediegen Gold. Stüblbau (Barbaralager), Schellgaden. (Foto: W. H. Paar)



Abb. 3: Körniges Freigold mit Galenit in zuckerkörnigem Quarzit. Stüblbau, Schellgaden. (Foto: J. Burgstaller)

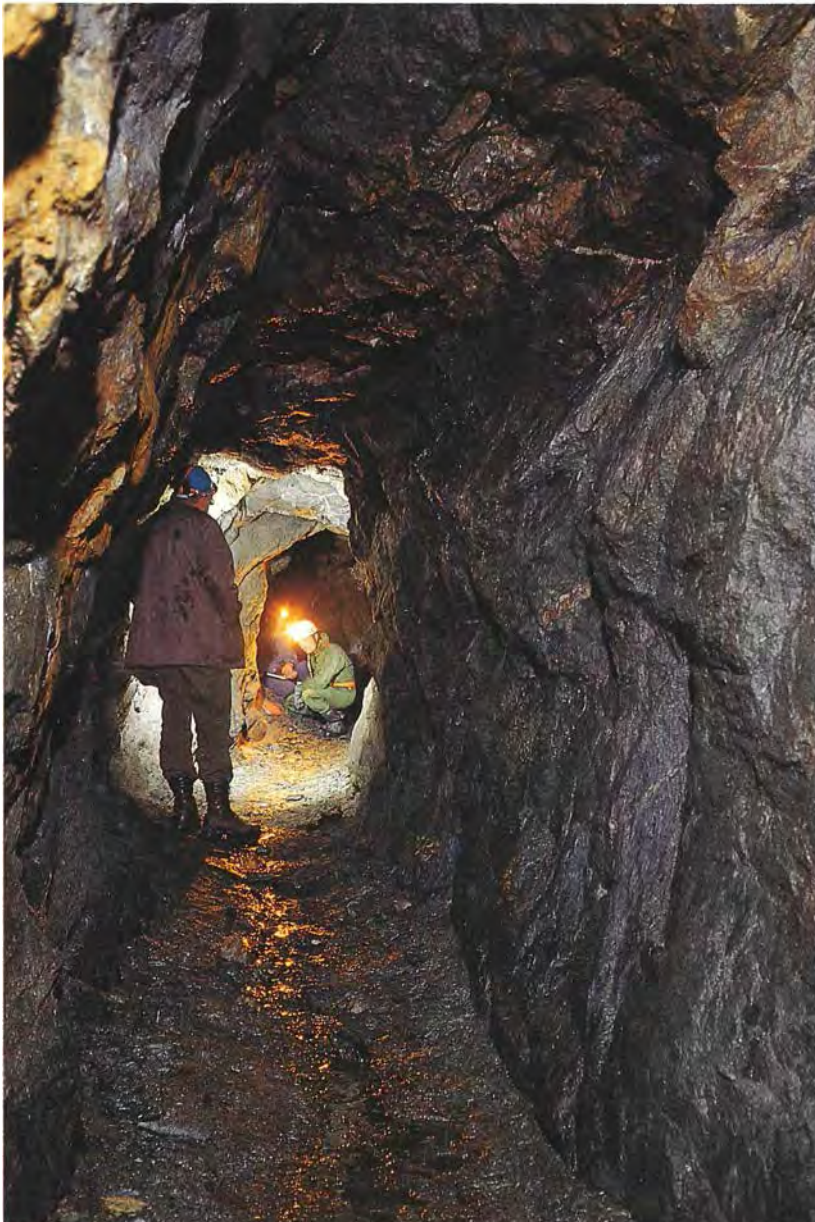


Abb. 4: Hl. Theresiastollen, Bergbaugebiet Peitingalm (Gamskogel), Habachtal. (Foto: R. Seemann)

Nagyagit ist das bisher einzige Goldtel- lurid in österreichischen Lagerstätten! Dieser seit Friedrich von den jungalpidi- schen Tauerngoldgängen abgetrennte Vererzungstypus kommt möglicher- weise auch im westlichen Abschnitt des Tauernfensters im Bereich der **Peiting- alm (Gamskogel)** (Abb. 4) an der West- flanke des Habachtales und der **Grub- alpe** westlich des Kaprunertales vor. Quarzlagen und -linsen in Glimmer- und Chloritschiefern enthalten eine massige bis disseminierte Sulfidvererzung (Pyrit, Chalkopyrit, Bornit, Sphalerit und Fahlerz), die mikroskopisch reich- lich Freigold führt. Sulfidreiche Einzel- proben lieferten >40 ppm Au und 160 ppm Ag!

Abb. 5: Steilstehender Erzgang und Halden des Goldbergbaues am Nordabhang des Silberecks. Siglitz-Bockhart-Bergbaurevier, nördlich des oberen Bockhartsees. (Foto: W. H. Paar)



Abb. 6: Erzurücklaß in einer abgebauten Reicherzzone („Bonanza“) des Dionys-Ganges (Grundsohle, Imhof-Unterbau, Naßfeld, Gasteinertal. (Foto: W. H. Paar)

b) Von den zahlreichen Goldvorkommen der Hohen Tauern stellen die strukturgebundenen **Tauerngoldgänge** den mit Abstand wichtigsten Mineralisationstypus dieses Edelmetalles dar (PAAR, 1993/94; FEITZINGER und PAAR, 1991; FEITZINGER, 1989). Die bedeutendste Konzentration dieser Lagerstätten, die vielfach auch als Silbervorkommen wichtig waren, findet sich im Bereich der Sonnblick- und der Hafnergruppe. Im **Gasteiner- und Raurisertal** wurde in vier großen Revieren (**Radhausberg, Siglitz-Bockhart-Erzwies, Hoher Goldberg** und **Goldzeche**) Bergbau betrieben (Abb. 5).

Der Großteil dieser Vererzungen ist an die Zentralgneise (variszische Grani-

toide) und die darüberliegenden Schieferhüllgesteine gebunden. Die Gänge und Gangschwärme streichen generell zwischen N und NNE und besitzen ein variables, meist steiles Einfallen nach West oder Ost. Die größte Streichenderstreckung⁹⁾ erreichen sie mit über 5 km im Siglitz-Erzwies-Distrikt. Die Teufenerstreckung¹⁰⁾ ist mit mindestens 1000 m nachgewiesen.

Die Edelmetallführung dieser Gänge ist im Streichen und Einfallen sehr unregelmäßig entwickelt. Die alleine bauwürdigen Reicherze sind auf Erzfälle („Bonanzas“) beschränkt, deren Dimensionen stark schwanken können. Der größte Reicherzkörper (Radhausberg) hatte Abmessungen von 720 × 190 × 1–2 m.

Im Durchschnitt lagen die Dimensionen wesentlich darunter (150 × 100 × 1–2 m) (Abb. 6).

Die Edelmetallgehalte der Gänge waren in früherer Zeit z. T. beträchtlich. Der reichste Erztypus, das sogenannte „Glaserz“, ein Gemenge von *ged. Gold, Tetradymit, Galenit, Cosalit* u. a. *Sulfosalzen* (STIEGL, 1951), enthielt bis zu 3800 g Gold + Silber je Tonne Erz (Abb. 7). Heute geht man aufgrund detaillierter Bemusterungen im Gasteiner Lagerstättengebiet von 6–8 g Gold und 30 g Silber je Tonne Erz aus. Sehr viel höhere

⁹⁾ Ausdehnung im Schichtverlauf der Gesteine.

¹⁰⁾ Ausdehnung in die Tiefe.



Abb. 7: „Glaserz“. Christoph-Revier, Radhausberg, Gasteinertal. Handstück. (Foto: J. Burgstaller)



Abb. 8: Erzmikroskopische Aufnahme: Gediegen Gold, Tetradymit (weiß), Cobaltit (rosa, xenomorphe Körner) in Cosalit-Galenit-Matrix. Christoph-Revier, Radhausberg. Erzanschliff. Bildbreite: ca. 1,5 mm. (Foto: W. H. Paar)



Abb. 10: Freigold und Gersdorffit in Quarz. Beim Glück, Brennkogel. Bildbreite: ca. 1 cm. (Foto: J. Burgstaller)



Abb. 9: Goldführende Quarzgänge in Serpentin. Brennkogel, Glocknergruppe. (Foto: W. H. Paar)

Werte mit bis zu 20 g Gold und über 600 g Silber/t enthalten *Chalkopyrit-Pyrrhotin*-Reicherze, die erst vor wenigen Jahren im stillgelegten Arsenbergbau **Rotgülden** nachgewiesen werden konnten (Abb. 8).

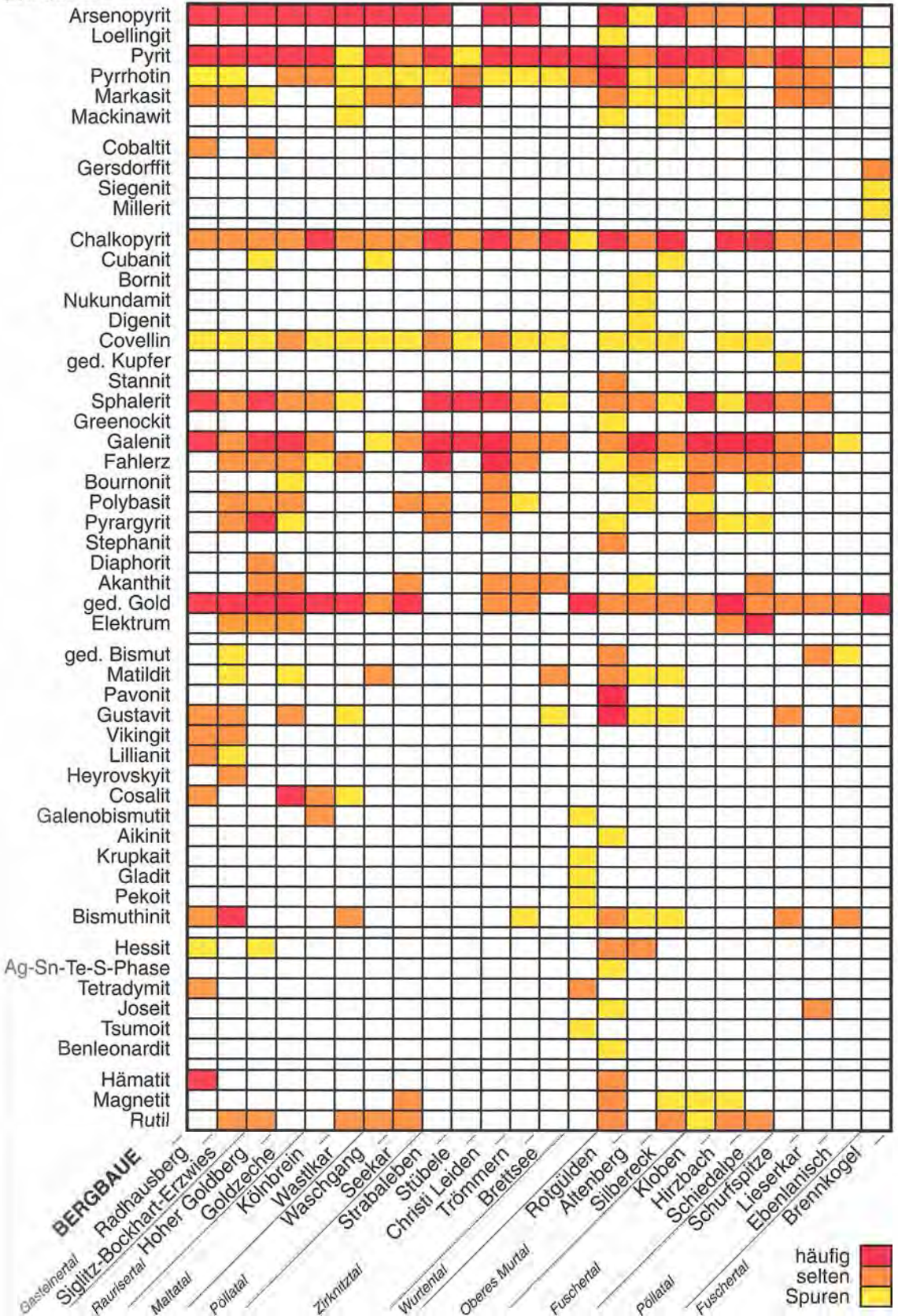
Auch die mesozoischen Metasedimente der Oberen Schieferhülle beherbergen etliche Gold-Silber-Vorkommen. In der **Glocknergruppe** wurden edelmetallführende Quarzgänge in Phylliten und Kalkglimmerschiefern im **Hirzbachtal**, auf der **Schiedalpe** und am **Kloben** ausgebeutet. Besonders reiche Goldvorkommen in dieser Gebirgsgruppe wur-

den am **Brennkogel** in über 2700 m SH abgebaut (Abb. 9, 10). Hier durchschlagen mehrere Quarz-Karbonat-Gänge einen Serpentinkörper, der als Teil eines mesozoischen Ophiolithkomplexes angesehen wird (HÖCK, 1983).

Die **Hafnergruppe** im E-Abschnitt der Hohen Tauern enthält im Zentralgneis und in der darüberlagernden Silberockserie vielfach arsenreiche silber- und goldführende Vererzungen, die hauptsächlich an Marmor und Schiefer gebunden sind (FRIEDRICH, 1934; LANG und WEIDINGER, 1989, 1991; HORNER, 1993; PAAR, 1993/94). Im Salzburger

Anteil der Silberockserie gibt es Edelmetall-Vorkommen in **Rotgülden**, im **Gfreerkerkar** (an beiden Stellen in Verbindung mit *Arsenopyrit*, *Chalkopyrit*) und im **Altenberg** (in Begleitung von *silberreichem Fahlerz*) (Abb. 11, 12). In Kärnten (Pöllatal) kennt man ähnliche Vorkommen von der **Schurfspitze**, vom **Waschgang** und im **Lieserker**. Goldführende Arsenopyritgänge mit bismuthaltigen Sulfosalzen setzen auch im **Kölnbreinkar** (Kalte Wandspitze) auf. Die erzmineralogische Zusammensetzung der Tauerngoldgänge ist äußerst komplex. Umfangreiche Untersuchun-

ERZMINERALIEN



Tab. 1: Erzmineralbestand einiger Edelmetall-Lagerstätten im Tauernfenster (PAAR, 1993/94).

Neben einer Anzahl bekannter Erzminerale sind auch einige ausgefallene und seltene Spezies aufgelistet, darunter eine Phase, die noch exakter, vielleicht als neues Mineral definiert werden muß.

Erläuterungen zu den Erzmineralien in Tabelle 1:

AKTUELLE BEZEICHNUNG	HISTORISCHER NAME	CHEMISCHE FORMEL
Ag-Sn-Te-S-Phase		
Aikinit		PbCuBiS_3
Akanthit	Silberglanz	Ag_2S
Arsenopyrit	Arsenkies	FeAsS
Benleonardit		$\text{Ag}_8(\text{Sb,As})\text{Te}_2\text{S}_3$
Bismut, gediegen	Wismut	Bi
Bismuthinit	Wismutglanz	Bi_2S_3
Bornit	Buntkupferkies	Cu_5FeS_4
Bournonit	Rädelerz	PbCuSbS_3
Chalkopyrit	Kupferkies	CuFeS_2
Cobaltit	Kobaltglanz	CoAsS
Cosalit		$\text{Pb}_2\text{Bi}_2\text{S}_5$
Covellin	Kupferindig	CuS
Cubanit		CuFe_2S_3
Diaphorit		$\text{Pb}_2\text{Ag}_3\text{Sb}_3\text{S}_8$
Digenit		Cu_9S_5
Elektrum		(Au,Ag)
Galenit	Bleiglanz	PbS
Galenobismutit		PbBi_2S_4
Gersdorffit	Nickelarsenkies	NiAsS
Gladit		$\text{PbCuBi}_5\text{S}_9$
Gold, gediegen		Au
Greenockit		CdS
Gustavit		$\text{PbAgBi}_3\text{S}_6$
Hämatit	Roteisenstein	Fe_2O_3
Hessit		Ag_2Te
Heyrovskytit		$\text{Pb}_5\text{AgBi}_5\text{S}_{18}$
Joseit		$\text{Bi}_4\text{Te}_2\text{S}$
Krupkait		$\text{PbCuBi}_3\text{S}_6$
Kupfer, gediegen		Cu
Lillianit		$\text{Pb}_3\text{Bi}_2\text{S}_6$
Löllingit	Arseneisen	FeAs_2
Mackinawit		$(\text{Fe,Ni,Co})_9\text{S}_8$
Magnetit	Magneteisenstein	Fe_3O_4
Markasit		FeS_2
Matildit		AgBiS_2
Millerit	Nickelkies	NiS
Nukundamit		$(\text{Cu,Fe})_4\text{S}_4$
Pavonit		$(\text{Ag,Cu})(\text{Bi,Pb})_3\text{S}_5$
Pekoit		$\text{PbCuBi}_{11}(\text{S,Se})_{18}$
Polybasit		$(\text{Ag,Cu})_{16}\text{Sb}_2\text{S}_{11}$
Pyrargyrit	dkl. Rotgültigerz	Ag_3SbS_3
Pyrit	Schwefelkies	FeS_2
Pyrrhotin	Magnetkies	FeS
Rutil		TiO_2
Siegenit		$(\text{Ni,Co})_3\text{S}_4$
Sphalerit	Zinkblende	ZnS
Stannit	Zinnkies	$\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$
Stephanit		Ag_5SbS_4
Tennantit	Arsenfahlerz	$\text{Cu}_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$
Tetradymit		$\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{S}$
Tetraedrit	Antimonfahlerz	$\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$
Tsumoit		BiTe
Vikingit		$\text{Pb}_8\text{Ag}_5\text{Bi}_{14}\text{S}_{30}$

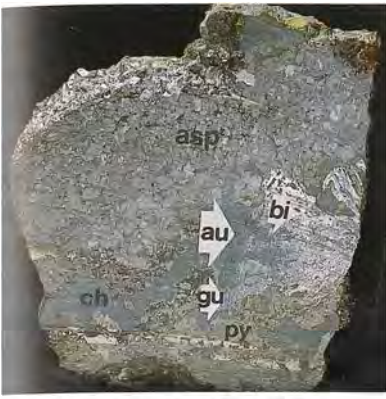


Abb. 11: Freigold (Au), Gustavit (Gu), gediegenes Bismut (Bi), Arsenopyrit (Asp) und Pyrit (Py) in chloritführender Brekzie, Rotgülden („Kupferkies-Kaverne“). Objektbreite: ca. 7 cm. (Foto: J. Burgstaller)



Abb. 12: Freigoldkristalle (1–3 mm) mit Quarzkristallen und Calcit in freiberigüthföhrenden Gängen, Silbereck, Lungau. (Foto: J. Burgstaller)

gen (PAAR, 1993/94), vor allem mit der Elektronenstrahl-Mikrosonde und röntgenographischen Methoden, führten zu ganz neuen Erkenntnissen über den Mineralbestand dieser Goldvererzungen. Er ist überblicksmäßig in Tabelle 1 zusammengefaßt. Das alleinige Goldmineral dieser epigenetischen Vererzungen ist *gediegenes Gold*, dessen Chemismus in weiten Grenzen von silberhaltigem Gold über Elektrum (20 Gew.-% Ag) bis hin zu silberreichem Gold („Küstelit“) variieren kann (PAAR, 1993/94). Goldtelluride fehlen vollkommen. Es tritt meist in Körnern unregelmäßiger Gestalt, in feinen Schüppchen, selten in gestrickten fiedrigen Blechen und kleinen Kristallen in Erscheinung. Die Goldbegleiter sind *Arsenopyrit* und *Pyrit*, in Lagerstätten des Rotgüldentypus auch *Pyrrhotin*. *Chalkopyrit*, *Sphalerit* und *Galenit* sind in oberflächennahen Gangabschnitten konzentriert (Abb. 14), wobei höhere Silbergehalte in Form mikroskopischer Einschlüsse von *Ag-hältigem Fahlerz*, *Freibergit*, *Pyrrargyrit*, *Polybasit* und *Diaphorit* an *Galenit* gebunden sind (Hoher Goldberg, Goldzeche, Erz-

wies, Gangzüge im Zirknitztal). Als besonders typische Indikatorminerale für die Goldführung der Erzgänge haben *bismuthältige Phasen* zu gelten. Dazu gehören verschiedene Telluride (*Tetradymit*, *Joseit*-ähnliche Minerale, *Tsumoït*) sowie Sulfosalze der *Aikinit-Bismuthinit*- bzw. der *Lillianit-homologen* Reihe (PAAR, 1993/94). Vertreter der letztgenannten Sulfosalzgruppe sind *Gustavit-Lillianit-Mischkristalle*, *Vikingit* und *Ag-Heyrovskyit*, die zusammen

mit *Cosalit* und teilweise *Galenobismutit* in den Lagerstätten des **Gasteinertales** (Radhausberg, Siglitz), vor allem aber in jenen der **Silbereckserie** (Rotgülden, Schurfspitze) weitverbreitet sind. **Rotgülden** hat die weltweit besten Kristalle des ansonsten eher seltenen und nur von wenigen Lagerstätten bekannten Minerals *Gustavit* geliefert (PAAR, 1993/94) (Abb. 13).

Andersartig ist die Erzparagenese des **Brennkogels**, wo silberarmes Freigold



Abb. 13: Gustavitkristalle (10 cm) in Chalkopyrit-Pyrrhotin-Derberg, Rotgülden („Kupferkies-Kaverne“). (Foto: J. Burgstaller)



Abb. 14: Gustavitkristalle (10 mm) in Drusen mit Chalkopyrit, Arsenopyrit und Calcit. Rotgülden („Kupferkies-Kaverne“). (Foto: J. Burgstaller)



Abb. 15: Das Ober- und Untersulzbachtal, zwei Seitentäler des oberen Salzachtales. Im vorderen Bereich des Untersulzbachtales (links) befindet sich die Kupferlagerstätte Hochfeld. Den Talschluß bildet der Groß- und Kleinvenediger. (Foto: R. Seemann)



Abb. 16: Reicherz aus der Kupferlagerstätte Hochfeld. Das goldgelbe Erz besteht vorwiegend aus Chalkopyrit, Pyrit und Pyrrhotin. Das Trägergestein ist Biotit-Chloritschiefer. Objektbreite: ca. 15 cm. (Foto: A. Schumacher)

Abb. 17: Kupfer-Reicherz an der Stollenfirse. Bis zu 70 cm mächtige, erzführende Lagen in der Tiefbausohle im Morgenrevier des Bergbaues Hochfeld. (Foto: R. Seemann)

von verschiedenen Nickelerzen (*Gersdorffit*, *Siegenit* und *Millerit*) begleitet wird.

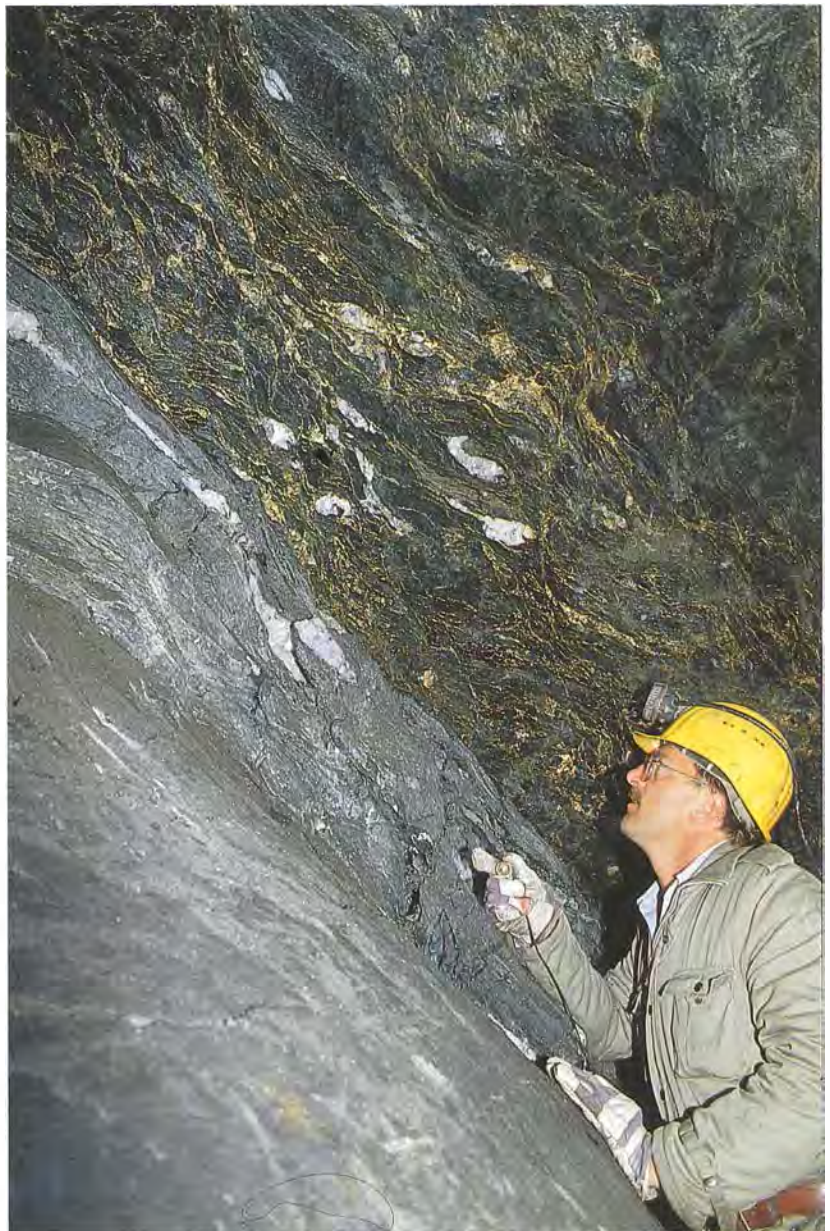
c) Eines der berühmtesten Goldvorkommen **Oberkärntens** ist der **Waschgang** nördlich der Kluidscharte, einem der wichtigsten Übergänge vom Asten- in das Zirknitztal. Hier waren besonders reiche Goldvorkommen an einen ca. 50 m mächtigen, in Kalkphylliten eingeschalteten kiesführenden Prasinit-horizont gebunden. Ähnliche Goldvererzungen sind auch im vorderen **Göbnitztal** abgebaut worden.

Der Bergbau am **Waschgang** zeigte, daß große Massen an *Freigold*, welches in Körnern bis zu Haselnußgröße und Plättchen von 1–2 cm vorkam, an ein Störungsbündel („Lettenkluff“) geknüpft war, das die Grüngesteinslage diskordant durchschlägt.

Bis noch vor einigen Jahren konnte man trotz mehrfacher Überkuttung¹⁾ der alten Halden schöne Stücke mit Freigold finden.

Die Goldbegleiter sind vor allem *Calcit* und *Chalkopyrit*, der einschlußartig seltene Minerale wie verschiedene *Cu-Pb-Bi-Sulfosalze* (*Gladit*, *Pekoit*, *Krupkait*), *Pavonit*, *Benjaminit*, *Tetradymit*, *Hessit* und *Matildit* enthält (PAAR, 1982).

Die Entstehung der Tauerngoldgänge und damit verwandter Vererzungen erfolgte nach dem Höhepunkt der alpidischen Regionalmetamorphose. Man nimmt an, daß die Erze aus wäßrigen Lösungen größtenteils metamorphen Ursprungs entlang von Störungen abgelagert wurden. Die Bildungstemperaturen haben aufgrund von Untersuchungen an Flüssigkeitseinschlüssen in der Siglitz 420 °C erreicht (BELOCKY und POHL, 1993), dürften aber in anderen Gebieten deutlich unter 300 °C gelegen haben. Der Mineralisationsprozeß lief mehrphasig ab, der Erzabsatz erfolgte größtenteils in Hohlräumen („open space filling“) mit den dafür typischen Texturen. Metasomatische Verdrängungserscheinungen sind in Lagerstätten des Rotgülden-Typus verbreitet.



2. Kupfervorkommen

Große Kupfervorkommen sind aus dem Tauernfenster nicht bekannt. Generell fällt die Abwesenheit wichtiger Lagerstättentypen dieses Buntmetalles (z. B. porphyrischer oder Massivlagerstätten des Kuroko-Typus) auf. Dies hat geologische Gründe und hängt mit dem geringen Ausmaß an Vulkanismus kalkalkalischer Natur während der alpinen Orogenese zusammen.

Die wichtigeren Kupfervorkommen im Tauernfenster sind dem Typus der stratiformen Kiesvererzungen in Grüngesteinen zuzuordnen. Dazu zählen z. B. die Kupfervererzungen im **vorderen Untersulzbachtal** (Abb. 15) unweit der

berühmten Epidotfundstelle, die an variationsreiche Gesteine, insbesondere an Biotit-Chlorit-Schiefer, der Knappenwandmulde als Anteil der Habachformation gebunden sind (SEEMANN und BRANDSTÄTTER, 1987; SEEMANN und KOLLER, 1989; SEEMANN et al., 1990, 1993). Die Lagerstätte „Hochfeld“ enthält die größte derartige Kupferkonzentration (Abb. 16, 17). Die fein disseminierten Cu-Fe-Sulfiderze der Erzschiefer im Martinstollen des Kupferbergbaues enthalten nach SEEMANN et al. (1993) ca. 50 % *Chalkopyrit*, 35 % *Pyrit*/Mar-

¹⁾ Neuaufbereitung.



Abb. 18: Prettau, von Kasern aus gesehen; Ahrntal, Südtirol. Im Vordergrund das Vorfeld des St. Ignaz-Erbstollens sowie die Schmelze des Kupferbergbaues Prettau. (Foto: Bergbaumuseum Sterzing)

Abb. 19: Derberz vom Bergbau Achselalm, Hollersbachtal. Vorwiegend Fluorit: weiß-grau, Sphalerit: gelb und Galenit: silbriggrau. Handstück. (Foto: J. Burgstaller)



kasit, 15 % Pyrrhotin, 1 % Galenit/Sphalerit und 1 % spurenhafte Beimengungen von *ged. Gold*, *ged. Bismut*, Silber- und Bleitelluriden (*Stützit*, *Hessit*; *Altaït*), *Tellurobismutit* und diversen Sulfosalzen (*Cosalit*, *Gustavit-Lillianit*-Mischkristalle). Eine ähnliche Vererzung ist im sogenannten **Blauwandstollen** in enger Nachbarschaft zur Knappenwand (SEEMANN und BRANDSTÄTTER, 1987) beschürft worden. Auch hier konnten Telluride (*Altaït*) und seltene Kobalterze (*Glaukodot*) einschlußartig in Kupfererzen nachgewiesen werden.

Im Norden und Süden des Tauernhauptkammes gibt es zahlreiche, an Metavulkanite der Oberen Schieferhülle gebun-

dene Kies(Pyrit)-Vorkommen. Sie waren mitunter als Kupferlagerstätten mit meist geringer Edelmetallführung von bergmännischem Interesse.

Die wichtigsten derartigen Vorkommen sind im **Großarlal** (FRIEDRICH, 1936), wo an vielen Stellen (Schwarzwand, Karteis, Asten-Tofern) Kieserze abgebaut worden sind. Die *pyrit*dominierte Mineralisation tritt in massigen Erzbändern oder lagigen Imprägnationen in feingebänderten Grünschiefern auf. Sie werden als ehemalige tuffitische Gesteine interpretiert (DERKMANN und KLEMM, 1977). Südlich der Hohen Tauern gibt es ähnliche Vorkommen, die an Prasinite (porphyrische Tholeiitbasalte) geknüpft

sind. Ein wichtiger Lagerstättenzug erstreckt sich von **Prettau im Ahrntal** (Abb. 18) über **Osttirol** bis nach **Oberkärnten**. Im Bereich des **Virgentales** wurden derartige Kiesvorkommen mit Kupfergehalten in der Gegend von **Prägraten-Hinterbichl**, am **Bergerkogel** sowie an mehreren Stellen im **Gemeindegebiet Kals** (Osttirol) beschürft.

Die Erzparagenese dieser alpinen Kieslager ist meist monoton. *Pyrit* ist das Hauptsulfid. Dazu kommen lokal stark variierende Anteile von *Pyrrhotin*, *Chalkopyrit*, *Magnetit*, *Hämatit*, *Titanit* und *Epidot*. *Bornit*, *Sphalerit*, *Galenit*, *Fahlerze* und *Arsenopyrit* sind nur in Spuren vorhanden.

3. Blei- und Zinkvorkommen

An vielen Stellen der Tauernregion sind kleine Blei-Zinkvorkommen bekannt. Auf die Pb-Zn-Führung der **Tauerngoldgänge** und den damit einhergehenden, oft beträchtlichen Silbergehalt wurde bereits hingewiesen. Ein größeres *Galenit*- und *Sphalerit*vorkommen befindet sich auf der **Achselalm** 4 km südlich des Ausganges des Hollersbachtals auf der westlichen Talseite in 1.550–1.680 m Seehöhe. Aufgrund der reichlichen Fluoritführung wurde es zuletzt noch 1944 beschürft (Abb. 19). Die Vererzung ist weitestgehend an Scherzonen mit Quarz-Calcit-Gängen in Metadioriten gebunden. Die genetischen Interpretationen reichen von einem synsedimentär-exhalativen Bildungsmodell (KREIS und UNGER, 1971), alpidischen Klüftbildungen (KWASNITSCHKA, 1983) bis zu Gangbildungen im Gefolge der Zentralgneisintrusion (PETRASCHECK, 1945).

Nach neueren Untersuchungen durch CARL (1988, 1990) handelt es sich bei diesen Erzvorkommen um eine spätvariszische bis frühalpide Ganglagerstätte, die während der alpidischen Orogenese z. T. deformiert und remobilisiert worden ist.

Die Hauptkomponenten dieser Vererzung sind *Fluorit*, *Sphalerit* und *Galenit*, die beiden letzteren im Volumenverhältnis 4:1. Die Zinkblende enthält bis zu 0,5 % Cadmium. *Chalkopyrit* ist selten, *Arsenopyrit* und *Pyrit* sind nur im Nebengestein und in Quarzmobilisaten nachgewiesen worden.

Silberreicher *Galenit* mit *Freibergit* und *Akanthit* kommt in geringer Menge in Kalkmarmoren der **Seidlwinkl-Trias** im Bereich der **Fuscher Wegscheide** und des N-Portals der Großglockner-Hochalpenstraße vor (PAAR et al., 1978).

Ein edelmetallführendes Blei-Zink-Vorkommen befindet sich in der „**Sprinzgasse**“ unweit der Rotschopfalm im **hinteren Murtal**. In vermutlich jungpaläozoischen Schwarzschiefern, dunklen

Phylliten und Graphitquarziten der Murtörlserie (EXNER, 1971) treten stratiforme *Sphalerit-Galenit*-Vererzungen auf, die etwas *Freigold* enthalten und silberführend sind (Abb. 20).

4. Nickel-Kobalt- und Eisenvorkommen

Nickelerz-Vorkommen sind von der **Gaiswand im Haidbachgraben** an der orographisch linken (westlichen) Flanke des Felbertales in 1.400 m SH bekannt. Die Vererzung tritt in Form von Imprägnationszonen in Amphiboliten und Chloritschiefern der Habachformation auf. Die im Zuge bergmännischer Aufschlußarbeiten 1910–1911 und 1916 bis 1917 aufgefahrene 300 m Explorationsstollen führten zur Abgrenzung eines linsenförmigen Erzkörpers (30 × 45 × 15 Meter), dessen Nickelmetall-Inhalt maximal nur einige hundert Tonnen betragen dürfte. Neue Analysen an reicher vererzten Handstücken zeigen bis 3 % Cu, 1,7 % Ni und geringe Platin- und Palladiumgehalte (je ca. 0,6 ppm).

Die Sulfidparagenese besteht i. w. aus *Pyrrhotin*, *Chalkopyrit* und *Pentlandit* (Ni-Träger), der z. T. in *Violarit* und/oder

Bravoit umgewandelt ist. *Arsenopyrit*, *Markasit* und *Molybdänit* sind in geringer Menge zugegen (PAAR, 1985).

Kobalthältige Mineralien kommen im Tauernfenster vereinzelt als Akzessorien mancher Mineralisationen vor. Die Goldquarzgänge des **Radhausberges** im Gasteinertal enthalten lokal reichlich *Cobaltin* als Begleiter des Goldes (PAAR, 1993/94), und *Glaukodot* wurde in Kupfererzen des **Untersulzbachtals** bestimmt (SEEMANN und BRANDSTÄTTER, 1987).

Vorkommen sulfidischer und oxidischer **Eisenmineralien** (*Pyrit*, *Markasit*, *Pyrrhotin*; *Magnetit*, *Hämatit* etc.) sind im Tauernfenster weit verbreitet. Eine größere Magnetit-Anreicherung, die auch bergbaumäßig genützt wurde, gibt es am **Dabernitzkogel** im Gemeindegebiet Matrei in Osttirol. Die Derberze treten in Verbindung mit *Chalkopyrit* und *Pyrit* im Verband von Kalkglimmerschiefern und Grünschiefern auf.

5. Wolfram- und Molybdänvorkommen

Die Habachformation enthält die größte Anreicherung von **Wolfram** im Tauern-



Abb. 20: Gold- und silberführendes *Sphalerit-Galenit*-Erz in stark verfalteten graphitführenden Quarziten, **Sprinzgasse**, Oberes Murtal. (Foto: J. Burgstaller)



Abb. 21: Wolframbergbau Mittersill. Tagbau am Brüntling im Felbertal. Die Vererzung ist hier an helle Quarzite gebunden. (Foto: R. Seemann)

fenster. Die bedeutendste wirtschaftliche Konzentration des Wolframereses Scheelit wurde 1967 im **Felbertal** 9 km Luftlinie südlich des Ortes Mittersill entdeckt (HÖLL, 1975; BERGMAIR et al., 1991).

Diese Scheelitlagerstätte befindet sich an der Basis der mächtigen vulkanischen Abfolge der jungproterozoischen bis altpaläozoischen Habachformation auf beiden Seiten des Felbertales (Ostfeld und Westfeld). Die scheelitführende Serie ist eine schmale langgestreckte Zone von wenigen hundert Metern Mächtigkeit. Im Bereich der Lagerstätte sind feinkörnige Amphibolite (Hornblendeschiefer und Prasinite) und grobkörnige massige Hornblendefelse (Hornblendite) vorherrschend. Untergeordnet kommen auch verschiedene, z. T. deutlich diskordante Gneise, darunter ein Muskovit-Al-

bit-Mikroclin-Gneis mit stark anomalem Chemismus, vor („K 1-Gneis“). Die Scheelitvererzung tritt in Verbindung mit meist konkordanten, aber auch diskordanten Quarzgängen auf; Übergänge zu stockwerksartigen Vererzungen sind vorhanden. Die Mächtigkeit der Gänge beträgt meist nur einige mm bis cm, selten einige dm. Konkordante Quarzmassen („Quarzite“), die mehrere Meter Mächtigkeit erreichen können, kamen im Ostfeld und im Westfeld vor (Abb. 21). *Scheelit* tritt in Einzelkörnern und Konragregaten in den Quarzgängen, auch als Imprägnation im Nebengestein auf (Abb. 22). Man unterscheidet mehrere Scheelit-Generationen, darunter Mo-hältige und Mo-freie Scheelite. Die Scheelitbegleiter sind *Beryll*, *Phenakit*, *Flußspat*, *Apatit* und zahlreiche Sulfide und Sulfosalze (Abb. 23).

Nach Untersuchungen von HÖLL (1975), JAHODA (1985) und PAAR und CHEN (1983) sind dies *Pyrrhotin*, *Pyrit*, *Chalkopyrit*, *Molybdänit* sowie *ged. Bismut* und verschiedene Bi-Sulfosalze. Von diesen ist *Galenobismutit* das häufigste. *Cosalit*, *Heyrovskyt*, *Lillianit*, dann *Hammarit*, *Gladit*, *Pekoit* und *Bismuthinit* sind sporadisch vorhanden. *Ged. Gold*, *Ag-* und *Bi-Telluride* kommen nur in Spuren vor. Lokal sind *Arsenopyrit* und *Cassiterit* etwas angereichert.

Molybdänvorkommen sind von der **Alpeinerscharte** (MOSTLER, 1982) bekannt. *Molybdänit* tritt in durchschnittlich 1 cm großen schuppenförmigen Aggregaten in insgesamt 16, im günstigsten Falle 10 cm mächtigen Quarzgängen in Biotit-Granitgneisen auf. Explorationsarbeiten fanden zwischen 1938 und 1945 statt, blieben aber ohne Erfolg. Vorräte von kaum 3.000 t MoS₂ lohnen in der extremen Höhenlage (≈2.800 m Seehöhe) keinen Bergbau!

Abb. 22: Scheelit-Derberz aus dem Wolframbergbau Mittersill. Untertagebau Westfeld. Der Scheelit ist infolge feiner Einschlüsse von Molybdänit-Tungstenit grau gefärbt. Daneben Beryll (blau) und Fluorit (hellviolett) in Quarzgang. Handstück. (Foto: A. Schumacher)

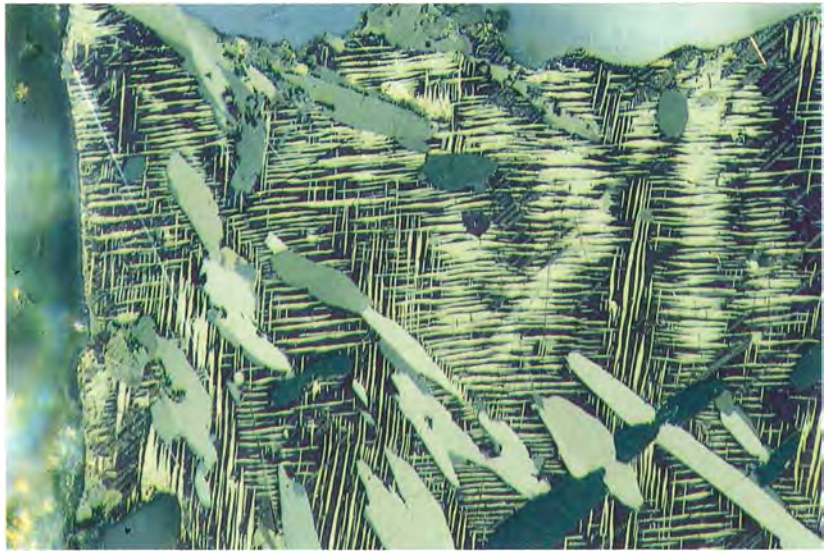


6. Arsen- und Bismutvorkommen

Arsen- und Bismuterze kommen an mehreren Stellen des Tauernfensters in meist nur geringer Menge vor. Ausnahmen bilden die z. T. größeren *Arsenopyrit*-Vorkommen in der permomesozoischen **Silberekserie** im Ostabschnitt des Tauernfensters (Lagerstätten des Rotgülden-Typus).

Auch die Golderzgänge des **Rauriser** und **Gasteinertales** enthalten *Arsenopyrit* als wichtigen Goldbegleiter.

Abb. 23: Erzmikroskopische Aufnahme.
Gediegen Bismut (zwillingslamelliert)
und Cosalit. Wolframbergbau
Mittersill, Westfeld.
Bildbreite ca. 3 mm. (Foto: W. H. Paar)



Bismutreiche Paragenesen sind von der Scheelitlagerstätte des **Felbertales** (Abb. 23), aber auch von anderen Stellen der Habachformation bekannt. Im **Habachtal** enthalten Augen- und Flasergrneise der Habachzunge Quarzgänge mit *Cosalit*, *Heyrovskiyit* und *Lillianit* (PAAR, 1979). Ähnliche Paragenesen haben NIEDERMAYR und KOLLER (1980) aus dem Gebiet südlich des **Beryllers** im Untersulzbachtal erkannt. Als weltweit neue Minerale wurden die bismuthältigen Sulfosalze *Friedrichit* vom **Habachtal** (CHEN et al., 1978), *Eclarit* vom **Hollersbachtal** (PAAR et al., 1983) und der mit Heyrovskiyit verwandte *Aschamalmüt* vom **Untersulzbachtal** (MUMME et al., 1983) charakterisiert.

Die jungalpidischen edelmetallführenden Lagerstätten des Gasteiner- und Rauriserales und von Rotgülden im Lungau enthalten eine Vielfalt an seltenen bismuthältigen Sulfosalzen in ausnahmsweise auch erzbildender Konzentration (*Gustavit*, **Rotgülden**).

Bismuthinit in langstrahligen Kristallen und *Cosalit* bilden Einwachsungen in Quarzgängen am **Seekopf** im **Siglitz-Goldbergbaurevier** und stellen die besten Funde dieser Minerale in Österreich dar (Abb. 24).

Abb. 24: Bismuthinitkristalle in
Gangquarz. Seekopf, Siglitz-Bockhart-
Bergbaurevier, Gasteinertal.
Bildbreite ca. 5 cm. (Foto: J. Burgstaller)

7. Uranvorkommen

In permoskythischen quarzreichen Phengitschiefern der Wustkogelserie im **Hüttwinkeltal** (Rauris) kommen verschiedene Uranerze (*Uraninit*, *Brannerit* und *Davidit*) mit Chalkopyrit und Bornit vor (KIRCHNER und STRASSER, 1983).

Anschrift des Verfassers:
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. W. H. PAAR,
Institut für Mineralogie der Universität,
Hellbrunner Str. 34, A-5020 Salzburg.



- BERGMAIR, M., BRANDMEIER, P., BRIEGLEB, D., FEITZINGER, G., HÖCK, V., und PAAR, W. H. (1991): Geologie und Lagerstätten (Wolfram-Gold) der Hohen Tauern. – Exk. Führer, in: Beih. z. Europ. Journal of Mineralogy **3**, 41–75.
- CARL, R. R. B. (1988): Die Geologie der vorderen Hollersbachtal-Westseite (Scharntal), Bundesland Salzburg/Österreich. – Unveröffentl. Diplomarbeit Univ. München, 138 pp.
- CARL, R. R. B. (1990): Die Geologie des Fluoritvorkommens Achselalm/Hollersbachtal. – Mitt. d. Österr. Mineral. Ges. **135**, 14–15.
- CHEN, T. T., KIRCHNER, E., PAAR, W. H. (1978): Friedrichite, $Cu_5Pb_5Bi_7S_{18}$, a new member of the aikinite-bismuthinite series. – Canad. Min. **16**, 127–130.
- DERKMANN, K., KLEMM, D. D. (1977): Strata-bound kies-ore deposits in ophiolitic rocks of the "Tauernfenster" (Eastern Alps, Austria/Italy). – In: D. D. Klemm und H.-J. Schneider – Time- and strata-bound ore deposits. – Springer Verlag Berlin - Heidelberg - New York, 444 pp.
- EXNER, CH. (1971): Geologie der peripheren Hafnergruppe (Hohe Tauern). – Jahrb. Geol. B.-A. **114**, 1–119.
- FEITZINGER, G. (1989): Lagerstättenkundliche Untersuchungen an gangförmigen Gold-Silber-Vererzungen der Sonnblickgruppe (Hohe Tauern, Kärnten). – Unveröffentl. Diss. NW. Fak. Univ. Salzburg, 191 pp.
- FEITZINGER, G., PAAR, W. H. (1991): Gangförmige Gold-Silber-Vererzungen in der Sonnblickgruppe (Hohe Tauern, Kärnten). – Archiv f. Lagerstättenforsch. Geol. B.-A. **13**, 17–50.
- FRIEDRICH, O. M. (1934): Über den Vererzungstypus Rotgülden. – Sitz. Ber. Österr. Akad. d. Wiss., mathemat.-naturwiss. Kl., Abt. I, **143**, 95–108.
- FRIEDRICH, O. M. (1935): Zur Geologie der Goldlagerstättengruppe Schellgaden. – Berg- u. hüttenmänn. Monatshefte **83/2**, 46–60.
- FRIEDRICH, O. M. (1936): Zur Geologie der Kieslager des Großarltales. – Sitz. Ber. Österr. Akad. d. Wiss., mathemat.-naturwiss. Kl., Abt. I, **145**, 121–152.
- FRIEDRICH, O. M. (1953): Die Goldlagerstätte Schellgaden. – Carinthia II, **143/63**, 129–131.
- HÖCK, V. (1993): Mesozoic ophiolites and non-ophiolitic metabasites in the central part of the tauern window (Eastern Alps, Austria). – Ofioliti **8(1)**, 103–126.
- HÖLL, R. (1975): Die Scheelitlagerstätte Felbertal und der Vergleich mit anderen Scheelitvorkommen in den Ostalpen. – Bayr. Akad. d. Wiss., mathemat. – naturwiss. Kl., Abh., Neue Folge, H. 157 A.
- HORNER, H. (1993): Lagerstättenkundliche Untersuchungen an strukturgebundenen Au-As-Ag-Vererzungen in der Silbereckerie (östliches Tauernfenster). – Unveröffentl. Dipl. Arbeit Nw. Fak. Univ. Salzburg, 74 pp.
- KIRCHNER, E. CH., STRASSER, A. (1983): Vorläufige Mitteilung über eine schichtgebundene Uranvererzung in der Wustkogelserie des Hüttwinkeltales (Rauris), Salzburg. – Anzeiger Österr. Akad. d. Wiss. mathemat.-naturwiss. Kl., Nr. 2, 19–21.
- KREIS, H. H., UNGER, H. J. (1971): Die Bleiglanz-Zinkblende-Flußspat-Lagerstätte der Achsel- und Hinteren Flecktrogalm bei Hollersbach (Oberpinzgau/Salzburg). – Archiv f. Lagerst. forsch. i. d. Ostalpen **12**, 3–53.
- KWASNITSCHKA, U. (1983): Montangeologische Untersuchungen an der Blei-Zink-Flußspat-Vererzung der Achsel- und Flecktrogalm am Nordrand der Hohen Tauern, Land Salzburg, Österreich. – Unveröffentl. Dipl. Arb. Montanuniv. Leoben, 106 pp.
- LANG, M., WEIDINGER, J. (1989): Montangeologische Untersuchungen im As-Au-(Ag-) Bergbau Rotgülden im Lungau. – Unveröffentl. Dipl. Arb. Inst. f. Geowiss. d. Univ. Salzburg, 195 pp.
- LANG, M., WEIDINGER, J. (1991): Der As-Au-Ag-Bergbau Rotgülden im Lungau. – Arch. f. Lagerst. forsch. Geol. B.-A. **13**, 233–247.
- MOSTLER, H. (1982): Untersuchungen von Erzlagerstätten im Innsbrucker Quarzphyllit und auf der Alpeiner Scharte. – Arch. f. Lagerst. forsch. Geol. B.-A. **1**, 77–83.
- MUMME, W. G., NIEDERMAYR, G., KELLY, P. R., PAAR, W. H. (1983): Aschamalmit, $Pb_{5,92}Bi_{2,06}S_9$, from Untersulzbach Valley in Salzburg, Austria – "monoclinic heyrovskyite". – N. Jb. Miner. Mh. **10**, 433–444.
- NIEDERMAYR, G., KOLLER, F. (1979/80): Neue Mineralfunde aus dem Tauernfenster. – Mitt. Österr. Mineralog. Ges. **127**, 20–27.
- PAAR, W. H., CHEN, T. T., GÜNTHER, W. (1978): Extrem silberreicher Freibergit in Pb-Zn-Cu-Erzen des Bergbaues „Knappenstube“, Hochtort, Salzburg. – Car. II, **168/88**, 35–42.
- PAAR, W. H., CHEN, T. T., MEIXNER, H. (1979): Pb-Bi-(Cu) sulfosalze in Palaeozoic gneisses and schists from Oberpinzgau, Salzburg Province, Austria. – TPM (Tschermaks Min. Petr. Mitt.) **27**, 1–16.
- PAAR, W. H., CHEN, T. T. (1982): Telluride in Erzen der Gold-Lagerstätte Schellgaden und vom Katschberg-Autobahntunnel Nord. – Der Karinthin **87**, 371–381.
- PAAR, W. H., CHEN, T. T. (1982): Ore mineralogy of the Waschgang gold-copper deposit, Upper Carinthia, Austria. – TPM **30**, 157–175.
- PAAR, W. H., CHEN, T. T. (1983): Blei-Wismut-(Kupfer)-Sulfosalze vom Felber- und Hollersbachtal, Salzburg, Österreich. – Aufschluß **34**, 41–46.
- PAAR, W. H., CHEN, T. T., KUPCIK, V., HANKE, K. (1983): Eclarit (Cu, Fe) $Pb_9Bi_{12}S_{28}$, ein neues Sulfosalz von Bärenbad, Hollersbachtal, Salzburg, Österreich. – TPM **32**, 103–110.
- PAAR, W. H. (1985): Erzmineralisationen in der Habachserie. – Vortragsmanuskript, 7 p.
- PAAR, W. H. (1993/94): New data on the ore mineralogies of structurally controlled gold-silver mineralisation of Salzburg and Carinthia Provinces of Austria. – Mineralogy & Petrology, in Vorbereitung.
- PETRASCHECK, W. (1945): Die alpine Metallogenese. – Jahrb. Geol. B.-A. **90**, 129–149.
- POHL, W., BELOCKY, R. (1993): Alpidic metamorphic fluids and metallogenesis in the Eastern Alps. – Mineral. Deposita, in Druck.
- SEEMANN, R., BRANDSTÄTTER, F. (1987): Altaitführende Erzparagenesen aus dem Blauwandlstollen, Untersulzbachtal, Salzburg. – Ann. Naturhist. Mus. Wien **89**, A, 1–13.
- SEEMANN, R., KOLLER, F. (1989): Petrographic and geochemical investigations in the Knappenwand area, Habach Formation (Tauern Window, Salzburg). – Mitt. Österr. geol. Ges. **81**, 109–122.
- SEEMANN, R., KOLLER, F., GRUNDMANN, G., BRANDSTÄTTER, F., STEININGER, H. (1990): Historische Kupferlagerstätte „Hochfeld“ und Epidotfundstelle „Knappenwand“, Untersulzbachtal. – Exk. Führer, in: Mitt. d. Österr. Mineralog. Ges. **135**, 95–117.
- SEEMANN, R., KOLLER, F., GRUNDMANN, G., BRANDSTÄTTER, F., HEIL, M. (1993): Die Kupferlagerstätte „Hochfeld“, ein Teilprofil der Habachformation im Untersulzbachtal. – Abh. Geol. B.-A., **49**, 49–66.
- SIEGL, W. (1951): Erzmikroskopische Studie des Glaserzes vom Radhausberg bei Gastein. – TPM **2**, 375–388.