©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Archiv für Lagerstättenforschung in den Ostalpen	Sonderband 2 Festschrift O. M. FRIEDRICH	17—49	Leoben 1974

Syngenetisch-stratiforme Hämatit- und Pyrit-Vererzungen mit Chlorit und Imprägnationen von Kupfer-Sulfiden in der Quarten-Serie (Keuper) des Schilstales (St. Galler Oberland)

Von Kurt BÄCHTIGER (Zürich)

Herrn Prof. Dr.-Ing. O. M. FRIEDRICH herzlich gewidmet zum siebzigsten Geburtstag in Dankbarkeit vom Verfasser!

Inhaltsverzeichnis

Einleitung
I. Kurzer historischer Überblick
II. Geologische Übersicht und Stratigraphie des Erzhorizontes
III. Lage und Mineralisation des Erzaufschlusses
IV. Die Nebengesteine
Trias
1. Der Röti-Dolomit aus der Röti-Serie (Muschelkalk)
2. Der Quarten-Sandstein (Keuper)
V. Die Vererzungen
A. Die stratiform-syngenetische, chloritführende Hämatit-Pyrit-Vererzung
a) Die Chlorit-Gesteine
1. Der Chlorit-Sandstein
2. Der Chlorit-Karbonat-Schiefer
3. Der Chlorit-Fels
b) Die Hämatit-Gesteine
1. Das „Gebänderte Eisenerz"
2. Das „Schlierige Eisenerz"
B. Die Eisen- und Kupfer-Sulfidvererzung
a) Allgemeines
b) Die Erzmineralien
1. Der Chalcopyrit
2. Der Bornit
3. Der Chalcosin
VI. Zerrkluftähnliche Bildungen
VII. Überlegungen zur Genese der Schilstaler Eisen- und Kupfer-Vererzungen
Literatur

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

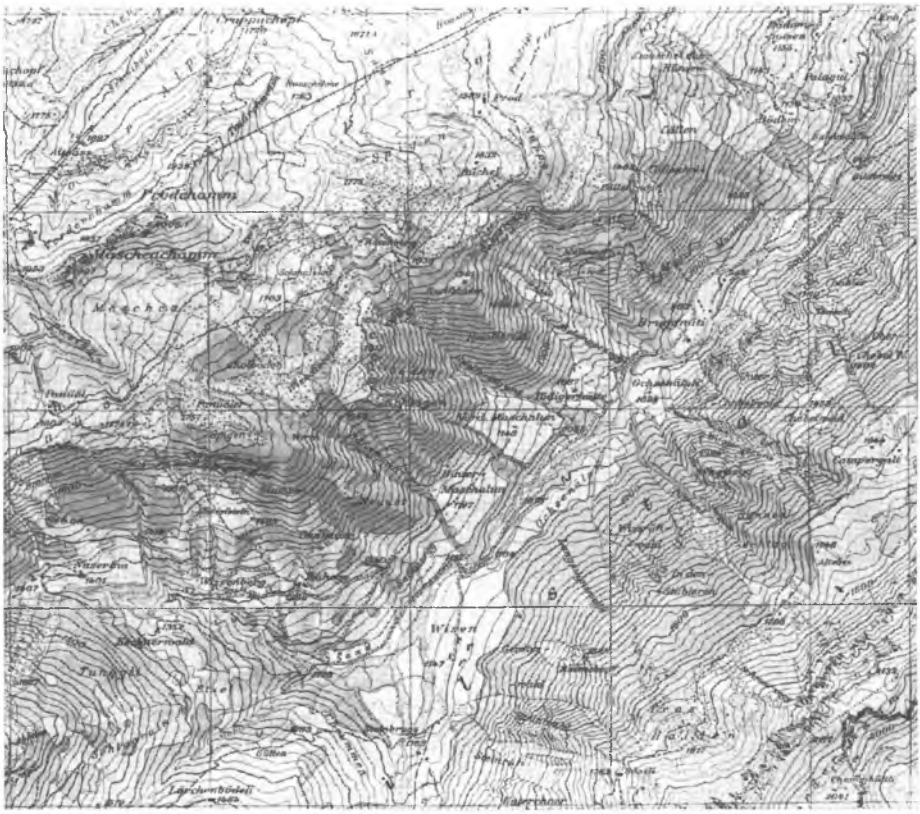

Abb. 1. Ausschnitt aus der „Landeskarte der Schweiz" (Blatt 1154: Spitzmeilen) des gesamten Untersuchungsgebietes. Reproduziert mit Bewilligung der Eidg. Landestopographie vom 14. 6. 1974

Im Verlaufe der Felduntersuchungen für seine Dissertation hat MARKUS (1967) E von der *Alp Panüöl*[1]) (Abb. 1) unmittelbar am Weg nach der *Alp Prod*[1]) im Schilstal in der *Quarten-Serie* einen stark *chlorithaltigen* und quarzdurchtränkten, leicht verschieferten grünen *Sandstein* gefunden, der bis anhin in dieser Serie der Helvetischen Decken einerseits fremdartig wirkte als auch anderseits in bezug auf die Genese gewisse Rätsel aufgab. Anläßlich einer gemeinsamen Feldbegehung im Herbst 1963 hatten Dr. K. BÄCHTIGER und Dipl.-Geol. J. MARKUS auch das Abbruchmaterial des kurze Zeit vor-

[1]) Schreibweise sämtlicher Flurnamen nach der „Landeskarte der Schweiz" (LK) 1 : 25 000, Blatt 1154: Spitzmeilen, 1963.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

her von den sog. *Chessisteinschöpf*[1]) niedergegangenen Bergsturzes oberhalb der *Ruhegg* im Schilstal näher untersucht und dabei noch weitere interessante Feststellungen machen können, die sich infolge ihrer Einzigartigkeit in bezug auf die Lithologie der obersten Trias und des untersten Lias des Helvetikums als durchaus publikationswürdig erwiesen. Da aber seither immer wieder andere, noch dringender zu bearbeitende, neue Mineral- und Erzfunde dazu gekommen sind, mußten genauere Untersuchungen leider immer wieder zurückgestellt werden. Weil aber ein Teil dieser von BÄCHTIGER et al. (1968, 1972) einstweilen nur kurz beschriebenen neuen Erzfunde ebenfalls in der mittleren und oberen Trias liegt, könnte ein vorläufig rein *formaler Vergleich dieser drei Erzvorkommen im Helvetikum (Schilstal: Fe-Cu-Ba; Calanda:* Fe-*W*-As-Au-F, und *Tobelwald:* Cu-As-*Hg)* mit den bereits bekannten Cu-As-Mo-Ag- und den ihnen vorangegangenen Fe-Zn-Pb-Ti-U-Mineralisationen im Raume der Mürtschenalp (Kt. Glarus) interessante neue geochemische Aspekte und eventuell mögliche genetische Beziehungen zueinander ergeben.

Als markantestes Merkmal der *Vererzung im Schilstal* darf wohl die intensive sattgrüne Farbe einzelner Horizonte der Quarten-Serie bezeichnet werden, die sofort den Verdacht aufkommen ließ, daß diese Chloritisierung *von Kupfererzen begleitet* sein könnte, wie dies von STÖHR (1865) und BÄCHTIGER (1960 a, 1963) fast immer bei den Kupfer-Vererzungen der Mürtschen Alp festgestellt worden ist. Tatsächlich konnten nach kurzem Suchen im Schutt des Bergsturzmateriales Blöcke von Quarten-Sandstein gefunden werden, welche reichlich Krusten von *Malachit* und *Azurit* und feindispers verteilten *Kupferkies* und *Bornit* enthielten. Daneben fanden sich Bruchstücke von kleinen *Quarzgängchen* mit nesterweise oder aderartig eingesprengtem *Kupferglanz*. Die eigentliche Überraschung brachten aber *konkordante Lagen von kryptokristallinem hämatitischem Eisenerz* im obersten Horizont des Sandsteines, teilweise sogar mit ihm wechsellagernd, und darüber als Hangendes dunkelgrüne *Chloritschiefer*, die ebenfalls feindispers oder schlierenartig angereichert *Hämatit* und *Eisenjaspis* sowie vereinzelt oder aggregiert idiomorphe *Pyritkristalle* enthalten. Schon rein makroskopisch erinnern diese Eisenerze stark an die von EPPRECHT (146) als *submarin-exhalative Absätze gedeuteten Hämatit- und Mangan-Erze im obersten Malm des Gonzen bei Sargans* (Kt. St. Gallen). Trotz eifriger Suche konnten aber leider bis heute im Schilstal noch keine eigentlichen Manganerze gefunden werden. Hingegen ist weiterhin erwähnenswert, daß gleichzeitig mit der Förderung von kryptokristallinem Roteisenstein zumindest auch eine gewisse H_2S-Zufuhr (Umwandlung von Hämatit zu Pyrit!) — wenn nicht schon eine eigentliche FeS-Zufuhr stattgefunden haben muß. Diese dürfte sich außerdem über einen längeren geologischen Zeitraum erstreckt haben, denn im gleichen Bergsturzmaterial findet sich auch eine große Zahl von Blöcken von ebenfalls *verquarztem und teilweise stark pyritisiertem Sandstein des untersten Lias* (Hettangian). Auch diese Pyrit-Mineralisation ist für den helvetischen Lias

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

in der Ostschweiz *eher außergewöhnlich* und wohl kaum als rein sedimentäre Konzentration zu deuten, sondern sie dürfte infolge ihrer lokalen Anreicherung über dem Horizont der Eisen- und Kupfererze ziemlich sicher auch genetisch eng mit jenen zusammenhängen.

Während es sich bei den *chloritischen Hämatiterzen mit Pyrit* im Schilstal sicher um eine mit der Ablagerung des Quarten-Sandsteines *syngenetisch* verlaufende Vererzung handelt, und die darunter vorkommenden *Imprägnationen und Adern von Kupfererzen* vermutlich als *epigenetische* Erscheinungen im Zusammenhang mit der noch länger andauernden FeS-Zufuhr zu erklären sind, ebenso die feinen Adern aus *quecksilberhaltigem Enargit* (BÄCHTIGER et al. 1968) im Röti-Dolomit der nur ca. 4,7 km entfernten Alp Tobelwald im nordwestlich gelegenen Murgtal, muß die eventuelle Regeneration von alpidisch abgesetztem Scheelit mit Pyrit und Bergkristallen in Schichten der Quarten-Serie und des untersten Doggers (ev. sogar noch Lias?) im Raume des alten Goldbergwerkes „Goldene Sonne" am Calanda (CADISCH, 1939; BÄCHTIGER, 1967; BÄCHTIGER et al. 1972) aus detritisch oder ebenfalls syngenetisch abgelagertem Scheelit in der Quarten-Serie dort in diesem Zusammenhang ebenfalls noch einmal genau überprüft werden, da auch bei der *Schilstaler Vererzung* infolge der alpinen Dislokation sich feine Klüfte mit kleinen *Bergkristallen* und kleinen Kristallen von *Karbonaten, Baryt* und sogar *Hämatit* entwickeln konnten.

Da diese Schilstaler Eisen- und Kupfer-Vererzungen in der obersten Trias aber auch neue genetische und chronologische Aspekte zu den vom Verfasser (1958, 1963) beschriebenen, vorwiegend epigenetischen, vereinzelt syngenetischen Uran-Zink-Blei- und Kupfer-Molybdän-Silber-Erzen im Raume der Mürtschenalp bringen, war eine genauere Untersuchung dieser Vererzungen fast eine Notwendigkeit!

I. KURZER HISTORISCHER ÜBERBLICK

Da aus zeitlichen Gründen weder umfangreiche bergbaugeschichtliche Felduntersuchungen noch längere Archivstudien möglich waren, die nach Ansicht des Verfassers allein erschöpfende Auskünfte zu diesem Aspekt bringen können, kann vorläufig leider nur eine Zusammenfassung in der Literatur verstreuter Hinweise gegeben werden unter Zusatz der Diskussion einer bis heute als *verschollen angesehenen Mineralstufe von gediegen Kupfer* und einiger *bergbauverdächtiger Flurnamen aus den Flumser Bergen.* Eine umfangreiche und ausführliche Arbeit zur Bergbaugeschichte der Ostschweiz steht aber vom Verfasser in Aussicht.

Über das Vorkommen von *Kupfererzen in den Flumser Bergen* konnten präzisere Angaben lediglich bei KENNGOTT (1866) gefunden werden. Er erwähnt, daß *unterhalb Prod*[1]) (Koord. ca. 740'375/215'550/1589 m) SW von

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Flums am Flumser Großberg *gediegenes Kupfer* mit etwas *gediegenem Silber, Azurit, Malachit, Chrysokoll* und *Rotkupfererz* (?) auf rotbraunen, feinkörnigen Quarzitstückchen gefunden worden sei. Das gediegene Silber soll z. T. mit dem Kupfer innig verwachsen gewesen sein oder undeutliche kristalline Körner und verästelte Partien gebildet haben. Ebenso soll auch das gediegene Kupfer in kleinen derben oder verästelten körnigen Aggregaten aufgetreten sein und beides soll stark an die Vererzungen vom Oberen See in Nordamerika erinnert haben. Nach Ansicht eines Herrn TRÖGER in KENNGOTT (1866) — es war derselbe Direktor TRÖGER (1860), der auf den Kupfererzen der Mürtschenalp als erster Uranglimmer festgestellt hat — sollen diese Quarzitrollstücke aus einem *„Kupfergang" im Sernifit* (grobe silikatische Brekzie des permischen Verrucano; cf. HEER, 1865) herzuleiten sein. Zwecks Überprüfung dieser Angaben wurde vom Verfasser auch die klassische *WISER-Sammlung* am Institut für Kristallographie und Petrographie der Eidg. Techn. Hochschule in Zürich einmal näher durchgesehen[2]), in der erfahrungsgemäß die meisten Angaben von KENNGOTT (1866) durch Mineralstufen belegt sind, und die Überraschung war groß, als tatsächlich ein ca. 4,6 × 3,0 × 0,9 cm und 20,682 g schweres und ein wenig verwittertes *Handstück*[3]) *mit den erwähnten Mineralien* in dieser Kollektion aufgefunden werden konnte. In der Tat wurde diese Stufe mit anderen Stücken laut eines beigelegten Zettels „unterhalb Brod in einer Wiese gefunden, die schönsten beim Ausroden eines Ahornstrunkes". Dadurch erhielten nun die vom Verfasser weiter unten als „bergbauverdächtig" angesehenen *Flurnamen „Näpper"*[1]) *ca. 400 m und „Näpperchöpf"*[1]) *ca. 700 m S der Alp Prod* auch einen bergbaugeschichtlichen Sinn, indem sich wohl in dieser Gegend die Fundstelle(n) dieser Kupferkörner befunden haben muß. Der Genauigkeit halber für weitere bergbaugeschichtliche Studien muß in diesem Zusammenhang noch darauf hingewiesen werden, daß auf dem „Topographischen Atlas der Schweiz"[4]) (abgek. TA) die Bezeichnung „Näperkopf" aber an der Stelle steht, wo heute auf der LK der Flurname „Cällenchöpf"[5]) eingetragen ist.

Aber auch für das *Eisen* fehlen diesbezügliche Hinweise nicht. Nach Plattner (1878, p. 14) soll laut einer *Urkunde aus dem Jahre 1410* neben dem vermutlich schon seit römischen oder sogar prähistorischen Zeiten betriebenen Eisenbergbau am Gonzen bei Sargans *auch in den Flumser Bergen Bergbau auf Eisen* betrieben worden sein. Nachdem bis heute aber jegliche Vererzungen und Spuren eines Bergbaues auf Eisen in den Flumser Bergen unbekannt waren, erscheint es nach den neuesten Beobachtungen des Verfassers

[2]) Der Verfasser dankt an dieser Stelle von Herzen dem Konservator, Herrn Dr. W. OBERHOLZER, für das Auffinden dieses Belegstückes.
[3]) Mit einem 6 mm großen Korn von ged. Kupfer ohne Verwachsung mit anderen Sulfiden damit absolut erstmalig für die Schweiz!
[4]) *TA* Blatt *265:* Blatt *Schilsbach*, 1 : 25 000, 1933.
[5]) Herkunft der Bezeichnung vermutlich von der mundartlichen Verballhornung des Ausdruckes „Gelbe Köpfe" für die dort gelb anwitternde Rauhwacke und Röti-Dolomit der Trias.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at
durchaus möglich, daß dieser auf den Roteisenvererzungen an den *Chessisteinchöpf* (Koord. ca. 738'550—739'300/213'650—750/1570—1660 m) oder in deren Umgebung stattgefunden haben muß. Im östlichen Anriß des Bergsturzes ist durch den Abbruch zwischen zwei Sandsteinhorizonten in einem sehr hämatitreichen Horizont roter Quartenschiefer ein mehrere m³ großer und nach N einfallender, heute noch z. T. durch Gehängeschutt verschütteter Hohlraum freigelegt worden, der ganz das Aussehen einer *großen Pinge oder eines kleinen abgesenkten Abbaues* erweckt. Obwohl die Stelle schwer zugänglich ist, wird die ganze Gegend in nächster Zeit auf Spuren eines alten Bergbaues näher abgesucht.

Da der Verfasser schon weiter oben die Flurnamen „Näpper" bzw. „Näpperchöpf" mit tatsächlich noch vorhandenen Erzfunden (das gediegene Kupfer der WISER-Sammlung!) in Beziehung bringen konnte, erscheint das Auffinden weiterer Relikte eines alten Bergbaues in den Flumser Bergen und im Sarganserland auf der Grundlage gewisser verdächtiger Flurnamen auf dem TA und der LK durchaus möglich. Dazu könnten beispielsweise noch folgende Überlegungen angeführt werden:

1. Da wir dem Flurnamen *„Gnapperchopf"*[6]) im St. Galler Oberland nämlich nochmals begegnen können und zwar auf ca. 1121 m *NE von Vättis im Taminatal*, am Weg nach Untersäß (1393 m) (hinter dem Calanda!), an einem Orte *alten Kupfer-, Silber- und Bleibergbaues* (DEICKE 1859, 1860), liegt die Vermutung nahe, daß es sich auch bei den *Flurnamen S der Alp Prod* ursprünglich um die Bezeichnung „Gnapper" bzw. „Gnapperchöpf", d. h. *„Knappen" und „Knappenköpfe"*, gehandelt hat, wobei die heutige Bezeichnung und Schreibweise lediglich auf eine gewisse Sprachträgheit zurückzuführen wäre.

2. Der Name *„Schmidswerch"* (vgl. dazu auch den nachfolgenden Absatz 5!) etwa in der Mitte des Schilstales S der Lokalität „Bildbrugg", auf der SE Talseite, könnte vielleicht auf eine *alte Eisenschmiede* (?) zurückzuführen sein, da anhand der Schlackenhalde von Mādris und auch von anderswo örtlich die Erze gleich in der nächsten Umgebung der Vererzung verhüttet worden zu sein scheinen. Es ist in diesem Zusammenhang außerdem erwähnenswert, daß dem Verfasser (1963) gegenüber von Einheimischen an der Grenze der Kantone St. Gallen und Glarus auch für die *alten Bergbauanlagen S der Lokalität Gspon*[1]) (Koord. ca. 733'050/214'625/1384 m) am Eingang zur *Mürtschenalp* im Murgtal die Bezeichnung *„Lochwerch"* geäußert worden ist. Ein weiterer Flurname *„Werch"* kann nämlich *NE unweit der Chessisteinchöpf* an einem kleinen Wasserlauf von den *Cholböden* zur Schils hinunter gefunden werden und könnte entweder mit einem kleinen *Pochwerk* (?) oder dann mit der oben erwähnten *Schürf- und Abbaustelle*, ev. sogar noch heute verschütteten Stollenanlagen, in

[6]) *TA* Blatt *402*, Blatt *Vättis*, 1 : 50 000, 1932.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Verbindung gebracht werden. Der dort vorbeiführende, von der Alp Prod sanft abfallende Weg zur Geröllhalde der Chessisteinchöpf könnte dabei als alter Knappenweg interpretiert werden, da seine Wegführung alpwirtschaftlich wenig begründet erscheint. Der Name *„Cholböden"* ist sicher mit einem alten Köhlerplatz in Beziehung zu bringen.

3. Da außerdem auch die Käsekessel für die Alpwirtschaft bis in die neueste Zeit hinein bekanntlich aus Kupfer bestanden haben, wäre in diesem Zusammenhang auch die Herkunft des Flurnamens *„Chessistein"* für die Lokalität des *kupferhaltigen Sandsteines* einmal volkskundlich und bergbaugeschichtlich abzuklären.

4. Da in manchen österreichischen Bergbaugebieten für den Wohnort von Bergknappen auch häufig der Ortsname „Knappenstube" gebräuchlich war, müßten auch die Flurnamen *„Stübler"* oberhalb „Schmalzlad" am SE-Fuß des Prodchamm (2006,1 m) und *„In den Stübleren"*, E der „Ruhegg" auf der SE-Talseite des Schilstales am NW-Fuße des Guscha (2132,3 m) im Feld und in alten Urkunden auf eine mögliche Bergbauunterkunft hin untersucht werden.

5. Als weiterer realer Beweis eines *alten Bergbaues im Verrucano oder der Trias* (OBERHOLZER, 1920) *zwischen dem Weißtannental*[7]) *und den Flumser Bergen*, wofür die dazugehörigen Erzvorkommen einstweilen erst teilweise bekannt zu sein scheinen, kann eine weitere interessante Angabe bei PLATTNER (1878) dienen. Dieser schreibt nämlich von großen Massen von Schlacken, etwa 3/4 Std. von Mels am Berge bei *Mädris* (ca. 700—800 m ü. M.) *oberhalb Plons* (490 m) im Seeztal, wo früher auch Roteisenerze des Gonzen von der gegenüberliegenden Talseite her verhüttet worden sein sollen (EPPRECHT, 1957). Diese Schlacken sollen einem Bergbache entlang einen über 110 Fuß langen und etwa 12—14 Fuß hohen Hügel gebildet haben. Vor Zeiten soll diese Gegend zudem laut Urkunden *„Bei den Schmitten"*[8]) geheißen haben, obwohl zur Zeit der Fertigung dieser Urkunde dort bereits keine Schmiede mehr bestanden haben soll. PLATTNER (1878) schreibt dazu wörtlich: „Gegenwärtig sind keine Erzgänge von irgendwelchem Belange an gedachtem Berge bekannt, mit Ausnahme der *Lager* auf den mehrere Stunden weit entfernten *Flumser-* (erst heute z. T. wieder bekannt durch die Schilstaler Vererzung) und noch viel weiter entfernten *Mürtschen-Alpen.*" — Es ist in diesem Zusammenhang wohl kaum anzunehmen, daß Eisenerze des benachbarten Gonzen zur Verhüttung auf den gegenüberliegenden Berghang hinauf geschleppt worden sind, sondern die Erze dürften aus den dort vorwiegend anstehenden Gesteinen des Verrucano oder der Trias, nebst etwas Lias, stammen. Als sehr bergbauverdächtig erscheinen dabei für diese Angaben die Flurnamen

[7]) LK, 1 : 25 000, Blatt 1155: Sargans, 1956.
[8]) TA, 1 : 25 000, Blatt 267: Blatt Mels, 1942.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

„*Gstollenwald*“[7]) und „*Gstollenberg*“[7]) auf ca. 1300 m und ca. 3 km W von Mädris sowie „*Oefeliwald*“[7]) auf ca. 1100—1200 m und ca. 2 km SW von Mädris, und der „*Oefelibach*“[7]) SE davon. Da von WEBER (1940) vor einiger Zeit schon im *permischen Verrucano von St. Martin* (574 m) bei Meis[7]) den Schilstaler Erzen sehr ähnliche, ebenfalls *konkordant eingelagerte Roteisenerze mit Chlorit und Pyrit* gefunden worden sind — die dort indessen nirgends am Tage aufgeschlossen sind! —, bestehen große Möglichkeiten, daß analoge Eisenvererzungen auch in den von dort nur ca. 1,5 km entfernten Berglagen von Mädris und darüber anstehen können. Die Nachforschungen zu diesem Fragenkreis werden sowohl im Gelände als auch in den Archiven fortgesetzt.

II. GEOLOGISCHE ÜBERSICHT UND STRATIGRAPHIE DES ERZHORIZONTES[9])

In den Flumser Bergen ist das *Verrucano(Perm)/Trias/Lias-Stockwerk in zwei größere tektonische Einheiten* unterteilt. Die *Trennung* der beiden Einheiten ist durch einen *Trias-Zug* (Melser-, Röti- und Quarten-Serie) gegeben, der sich jeweils zwischen zwei Verrucano-Abfolgen einstellt. Er bildet das stratigraphisch Hangende des sandig-schiefrigen Verrucano *der unteren Decke* und wird von rein schiefrigem Verrucano der oberen überfahren. Diese Trias ist am Rußlabach, S von Flums, sowie am Weg nach Alp Fursch *oberhalb der Ruhegg* und Naserina aufgeschlossen (OBERHOLZER, 1933; MARKUS, 1967, Profile 1—8, S. 56—57). Auch weiter gegen W und NW, im Gebiet des Ziger und des Stellikopf, sowie bei Tannenboden ist die tektonische Trennung wieder zu finden. In dieser Zone enthält auch die untere Deckeneinheit Gesteine des Lias (Infra-Lias und Cardinien-Schichten).

Während die obere Einheit NW der Linie Tannenboden-Stelli-Zigerlücke fehlt, kann die *untere* nach NW bis ins Murgtal verfolgt werden und überlagert dort mit tektonischem Kontakt die Glarner-Decke. Sie gehört somit der nächst höheren, der *Mürtschen-Decke* an (OBERHOLZER, 1933).

Die *obere Einheit,* die auf die Mürtschen-Decke überschoben worden ist, dürfte demnach der *Axen-Decke gleichgesetzt* werden, wie dies eingehend in der Dissertation von Markus (1967) behandelt worden ist.

Das neu gefundene *Erzvorkommen an den Chessisteinchöpf* oberhalb der Ruhegg liegt somit *in der Axen-Decke.* Die größte Anreicherung von Erz-

[9]) Ein Teil dieser Angaben ist mir in verdankenswerter Weise von Herrn Dr. J. MARKUS zur Verfügung gestellt worden.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at
mineralien scheint einstweilen im Aufschluß, der durch den jungen Bergsturz oberhalb der Ruhegg entstanden ist, vorhanden zu sein.

In der untersuchten Zone setzt sich der *Triaszug* aus *Melser Sandstein* (ev. ein Äquivalent des mitteltriassischen Muschelsandstein), vorherrschender *Rauhwacke der Röti-Serie* (Muschelkalk) und der *Quarten-Serie* des Keupers sowie etwas *Lias* zusammen.

Die *erzhaltigen Schichten* gehören der *Quarten-Serie* an, die in den Flumser Bergen eine recht variable Ausbildung zeigt. Letztere kann in ihrer in der Glarner-, Mürtschen- und Axen-Decke üblichen Ausbildung im wesentlichen *dreigeteilt* werden und besteht aus *zwei Schiefer-Horizonten,* den unteren und oberen Tonschiefern, petrographisch auch *„Quartenschiefer"* genannt, die durch eine *grobdetritische Lage,* den *„Geröllhorizont"* von BRUNNSCHWEILER (1948), voneinander getrennt sind.

Allerdings wird dieses vereinfachte Schema durch schiefrige Einlagerungen im Geröllhorizont einerseits und sandsteinartige bis konglomeratische Einschaltungen in den Schiefern anderseits oft durchbrochen.

Bei den *unteren Quartenschiefern* handelt es sich um mehr oder weniger sandige rote Tonschiefer, die einen großen Gehalt an Karbonat aufweisen. Das Karbonat kommt sowohl dispers in der Grundmasse als auch in Form von Knollen von über 15 cm ⌀ vor. Die Mächtigkeit der unteren Schiefer ist im Raum der Vererzung indessen stark reduziert.

Der *Geröllhorizont* besteht zur Hauptsache aus Komponenten von Quarziten, Sandsteinen und Dolomit-Brekzien und erreicht eine mittlere Mächtigkeit von ca. 20 m.

Die *oberen Schiefer* sind in ihrer Ausbildung den unteren recht ähnlich. Sie enthalten ebenfalls Karbonatknollen und Dolomit-Brekzien, meist zudem in Form von Linsen. Die Mächtigkeit der oberen Schiefer variiert ziemlich stark und erreicht in den Flumser Bergen max. 30 m.

Dazu kommen *im oberen Schilstal und bei Alp Panüöl* die für diesen Horizont in den erwähnten Decken bis anhin nicht bekannten und somit etwas fremdartig wirkenden *chemischen Sedimente aus Chlorit und Karbonatvarietäten* mit unterschiedlichen Beimengungen von detritischem Quarz, *Eisenjaspis* und kryptokristallinem *Hämatit.*

Im Gebiet von *Hagegg* sowie am *Narggenkopf* scheinen nach MARKUS (1967) im oberen Teil der Quartenschiefer möglicherweise noch etwas *Tuffite* und fragliche *Tuffe des Rhät (?)* enthalten zu sein.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

III. LAGE UND MINERALISATION DES ERZAUFSCHLUSSES[1])

Die Erzfundstelle ist von *Flums* aus zum größten Teil mit dem Auto erreichbar, indem erst bei der Lokalität *„Sand"* (ca. 1150 m) im Schilstal das allg. Fahrverbot beginnt. Von dort ist die letzte Straßenkehre oberhalb der *Alp „Ruhegg/Wissenberg"* (ca. 1300 m) relativ schnell zu Fuß erreichbar, von wo ein anfänglich schlecht sichtbarer Fußweg gegen NW zur *Alp Panüöl* (ca. 1800 m) hinaufzieht. Ab ca. 1500 m Höhe läuft dieser Alpweg auf eine kurze Distanz W vom Bergsturzmaterial vorbei. Etwas weiter oben ist als *erstes anstehendes Gestein Rauhwacke* erkennbar, die je nach Ort auf eine Höhe von 30—40 m aufgeschlossen ist.

Felduntersuchungen zeigten, daß die *Vererzung zur Hauptsache auf das Anrißgebiet des Bergsturzes beschränkt* ist, indem seitlich davon, d. h. im NE und SW die Erzmineralien immer spärlicher werden. Zuerst verschwinden die Kupfererzmineralien, während die Eisenerzlagen noch über eine größere Distanz verfolgt werden können, dann aber, bereits ca. 300 m vom Bergsturz entfernt im W, im Einschnitt des Chessisteinbaches, sind nur noch Spuren von Eisenerz zu finden.

Im E-Anriß des Bergsturzes konnten vom Verfasser über der Rauhwacke einige m[10]), im frischen Bruch grau und dicht erscheinender *Röti-Dolomit* festgestellt werden, der noch von einigen m grünlichgelb anwitterndem *mergeligem Dolomit* überlagert wird. Dann folgt bereits ein etwas *knollig* abgesonderter *Dolomit* (ca. 5 m), dessen dunkelrote Farbe stellenweise wesentliche *Hämatitbeimengungen* annehmen läßt. In den darüber folgenden, tektonisch stark verwalzten und damit auf 3—5 m reduzierten, dunkelroten, *hämatitreichen Unteren Quartenschiefer*, die örtlich fast das Aussehen eines geschieferten Roteisensteines haben können, liegt infolgedessen die oben erwähnte vermutete alte Eisenschürf-/Abbaustelle. Ob im Bergsturzmaterial entdeckte und vermutlich *chemisch gefällte Linsen* von grauviolett-weiß gesprenkeltem, *hämatitführendem und marmorisiertem* $CaCO_3$ bereits aus diesem karbonatreichen Tonschieferhorizont mit Linsen von Dolomitbrekzien stammen oder erst aus den Oberen, z. T. ebenfalls chemisch abgesetzten Quartenschiefern (siehe unten), konnte noch nicht abgeklärt werden.

Der anschließende *„Geröllhorizont"* führt an der Basis ca. 4—8 m mächtige helle *Sandsteine bis Quarzite* (IV. 2.), in denen die ersten Kupfererze (Sulfide und Hydrokarbonate) beobachtet werden können. Darüber folgt nun der durch die alpine Dislokation etwas verschieferte *lagige Horizont des „Gebänderten Eisenerzes"* (V. A. b. 1), der in einer 1,5—3 m mächtigen *Wechsellagerung* von weißlichem und rotem *Sandstein* mit konkordanten Lagen von hämatitischem Eisenerz in Form von *quarzreichem Roteisenstein* (Abb. 4)

[10]) Die Mächtigkeit ist infolge unterschiedlicher tektonischer Beanspruchung bereits auf kurze Distanz sehr variabel!

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

entwickelt ist und von einer ½—1 m mächtigen Schicht von *Chlorit-Gesteinen* (V. A. a. 1.—3.) mit örtlich reichlicher *Pyritführung* abgeschlossen wird. Darüber folgen nach MARKUS (1967) nochmals 4—6 m grüne *serizit- und chlorit-führende Sandsteine bis Quarzite* (V. A. a. 1.) mit weiteren Einlagerungen von grünen *Chloritschiefern* und sporadischen *Kupfererzen.*

In den *Oberen Quartenschiefern* (ca. 10 m) finden sich im *roten Tonschiefer* weitere Anreicherungen von *hämatitischem Eisenerz* und Einschaltungen von *Chloritgesteinen.*

Das sog. *„Schlierige Eisenerz"* (V. A. b. 2.) im Bergsturzmaterial kann daher sowohl zu einem großen Teil *aus dem 1. Chlorit-Horizont* über dem „Gebänderten Eisenerz" stammen als auch aus den anderen Chloritschichten mit Einschlüssen von *Eisenjaspiliten.*

Zwischen den Oberen Quartenschiefern und den Infra-Lias-Quarziten (TRÜMPY, 1949), in denen stellenweise noch starke *Anreicherungen von Pyrit* in bis zu 10 cm großen Nestern beobachtet werden können, stellen sich örtlich noch grünlichgelbe Dolomit-Mergel-Schiefer ein, die sog. *„Laui-Schiefer"* von BRUNNSCHWEILER (1948).

IV. DIE NEBENGESTEINE

Die *Eisenerze* treten zur Hauptsache im Grenzhorizont zwischen Quarten-Sandstein und den grünen Chlorit-Gesteinen auf (lokal, wie oben dargestellt, auch als Anreicherung in einer dunkelroten Schieferlage innerhalb des Sandsteines, wo die vermutete alte Abbaustelle liegt!) und erstrecken sich auf beide Gesteine, so daß demnach auch *zwei Erztypen* unterschieden werden

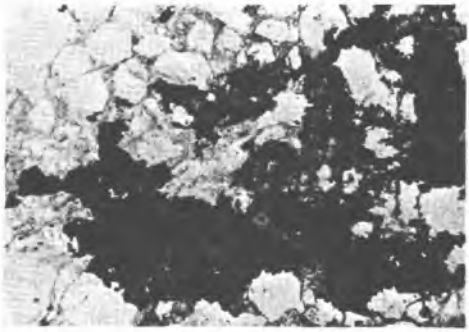

Abb. 2. *Quarten-Sandstein mit Imprägnation von Bornit;* sog. *„Kupfererz".* Die hellgrauen, wenig gerundeten Körner sind detritischer *Quarz,* die mittel- bis dunkelgraue Grundmasse ist feinschuppiger *Serizit.* Das *Buntkupfererz* (Bornit) bildet xenomorphe Aggregate (schwarz) im Zement. Nicols //, Vergr. ca. 52 ×

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

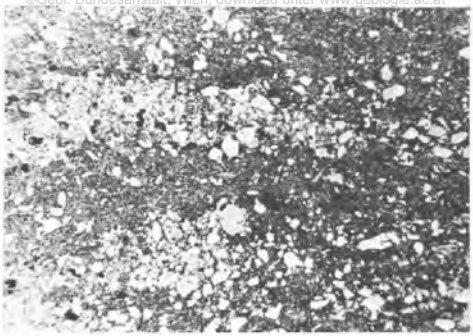

Abb. 3. *Lagiger Chlorit-Sandstein* (Quarten-Sandstein mit zyklischer Fällung von Chlorit). Die hellgrauen, wenig gerundeten Körner sind vorwiegend detritischer *Quarz* mit etwas *Plagioklas* und *Orthoklas*. Die mittelgraue Grundmasse ist feinschuppiger *Chlorit*. Dunkelgraue bis schwarze Körner sind *Zirkon*. Nicols //, Vergr. ca. 42 ×

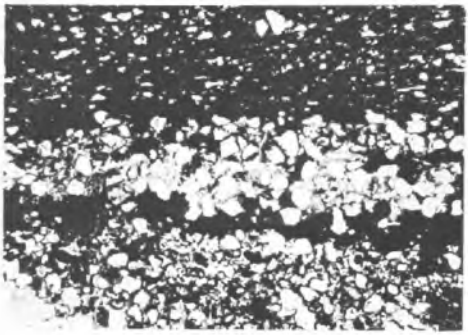

Abb. 4. *Quarten-Sandstein* mit syngenetischer zyklischer Fällung von kryptokristallinem *Hämatit* (Roteisenstein), sog. „*Gebändertes Eisenerz*". Die hellgrauen, wenig gerundeten Körner sind vorwiegend detritischer *Quarz* mit etwas *Plagioklas* und *Orthoklas*. Die mittelgrauen schummrigen Körner sind vorwiegend *Zirkon* mit etwas *Augit* (? tuffogen). Die hell- bis dunkelgraue Grundmasse im mittleren und unteren Bildteil ist chemisch abgesetzter *Chlorit*. Die schwarze Grundmasse ist Roteisenerz in Form von kryptokristallinem bis feinkörnigem Hämatit. Nicols //, Vergr. ca. 42 ×

können, nämlich einerseits das „*Gebänderte Eisenerz*" (Wechsellagerungen von hämatitarmen und -reichen Sandsteinstraten; Abb. 3 und 4) und anderseits ein „*Schlieriges Eisenerz*" (Kolloidalgefüge von Quarz, z. T. noch detritisch, Chlorit, Karbonaten und Hämatit; Abb. 5—9).

Die Kupfererzmineralien *Kupferkies* und *Bornit* finden sich vor allem im liegenden *Quarten-Sandstein* (Abb. 2) unter den Eisenerzen sowie als Anreicherungen von *Kupferglanz* in eigentlichen *epigenetischen*, örtlich etwas *Baryt* führenden kleinen *Quarzadern* im gleichen Sandstein (Abb. 10).

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

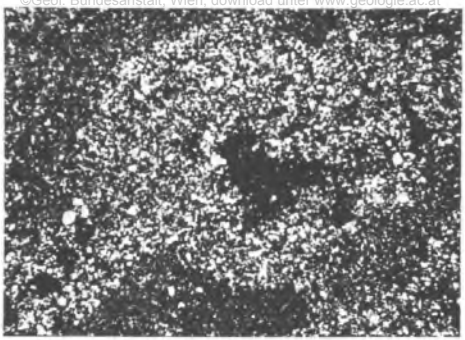

Abb. 5. *Hämatit-Siltstein bis quarzführender Hämatit-Karbonat-Fels.* Die hellen, wenig gerundeten Körner sind vorwiegend detritischer *Quarz.* Die graue Grundmasse ist ein feinkörniges Gemenge von *Karbonat* und *Hämatit.* Die schwarze Grundmasse ist kryptokristalliner bis feinkörniger Hämatit in Form von Roteisenerz. Nicols //, Vergr. ca. 48 ×

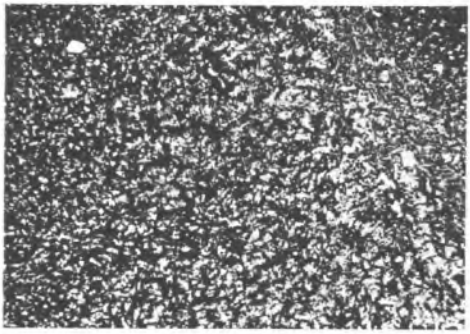

Abb. 6. *Hämatitführender Kalzit-Chlorit-Fels;* sog. *„Schlieriges Eisenerz".* Die hellgrauen Körner und „Sternchen" bestehen aus einem feinkörnigen Gemenge von *Kalzit* und *Chlorit* mit sehr spärlichem *Quarz.* Die schwarze Grundmasse ist krytokristalliner bis feinkörniger *Hämatit.* Nicols //, Vergr. ca. 48 ×

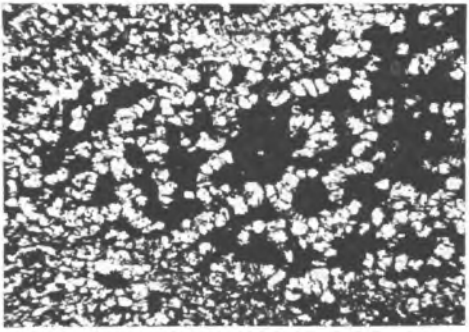

Abb. 7. *Hämatitreicher Kalzit-Chlorit-Fels* im „Schlierigen Eisenerz". Die hellen Körner sind *Kalzit* mit etwas *Chlorit* und *Hämatit.* Die graue Grundmasse besteht aus feinschuppigem *Chlorit.* Die schwarze Grundmasse ist vorwiegend *Hämatit* und etwas *Eisenjaspis.* Nicols //, Vergr. ca. 54 ×

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

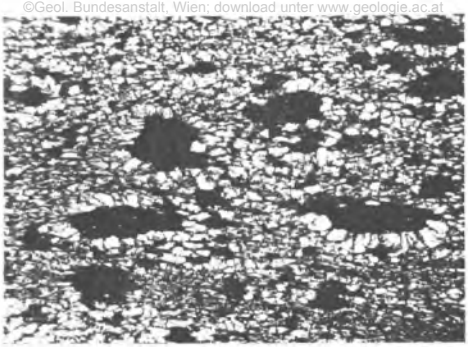

Abb. 8. *Lagiger Chlorit-Kalzit-Fels* im „Schlierigen Eisenerz". Die hellen Körner sind *Kalzit*, die dunkelgraue Grundmasse besteht aus feinschuppigem *Chlorit*. Die dunklen kugeligen bis ovalen *Chlorit-Aggregate* könnten unter Umständen *entglaste Lapilli* eines diagenetisch etwas gepreßten *vulkanischen Tuffes* oder *Tuffites (?)* sein. Nicols //, Vergr. ca. 42 ×

Abb. 9. *Aufnahme eines polierten Anschliffes einer diffus-wolkigen Absonderung von chlorithaltigem Eisenjaspilit bis Roteisenstein.* Dunkle Partien sind Aggregate von *Chlorit, Karbonat* und *Quarz*, die heller reflektierenden Flächen enthalten Anreicherungen von kryptokristallinem bis feinschuppigem *Hämatit*. Die *Textur* könnte entweder durch *Turbulenzen* infolge austretender Gase und Lösungen oder dann durch *subaquatische Gleitungen* (Wellenschlag, Setzungserscheinungen?) im diagenetisch noch wenig verfestigten chemischen Sediment entstanden sein. Aufnahme Zuber, Geol. Institut ETH Zürich.

Im folgenden sollen zuerst die Grundgesteine, Quarten-Sandstein und Chlorit-Gesteine, hernach die aus ihnen hervorgegangenen beiden Erztypen beschrieben werden.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Abb. 10. Serizitführender *Gangquarz* mit Einschlüssen von hypidiomorphem *Baryt*. Die hellgraue Grundmasse besteht aus xenomorph verwachsenem *Gangquarz*. Die grauen Flecken mit hohem Relief sind Aggregate aus feinschuppigem *Serizit*. Die dunkelgrauen bis schwarzen nadelig, tafeligen Querschnitte mit hohem Relief rühren von den Einschlüssen von *Baryt* her. Nicols //, Vergr. ca. 55 ×

Trias

1. Der Röti-Dolomit aus der Röti-Serie (Muschelkalk)

Im Dünnschliff ist stellenweise eine zuckerkörnige Ausbildung festzustellen und die bis 5 mm großen Dolomitkristalle können z. T. undulös (radial) auslöschen. Daneben konnten aber auch bis 2 mm große Quarzkristalle beobachtet werden. Die Schweremineralanalyse[11]) ergab *Zirkon* und kleine Kristalle einer strahlsteinartigen *Hornblende*. Größere Körner von *Brookit* könnten autigener Herkunft sein (vgl. BÄCHTIGER, 1965 a). Dieses Gestein scheint durch eine hydrothermale Metamorphose beim Durchgang der erzführenden Lösungen, ev. sogar durch teilweise Metasomatose, in seinen heute vorliegenden Zustand gebracht worden zu sein.

2. Der Quarten-Sandstein (Keuper)

Es handelt sich um einen hellgrauen Sandstein, der durch fein verteilten *Serizit* im Zement eine grünliche Tönung erhalten hat. Er ist vielfach von *Quarz- und Karbonatadern* unterschiedlicher Häufung und Mächtigkeit durchzogen, in denen ähnlich alpiner Zerrkluftbildungen mehrere mm große glasklare und idiomorphe *Bergkristalle*, kleine Eisenrosen von *Hämatit* und z. T. als Aufwachsungen auf dem Quarz auch kleine Täfelchen von *Baryt* beobachtet werden konnten.

Es wurden Dünnschliffe des Bornit und Kupferkies führenden Sandsteines und des liegenden Sandsteines der „Gebänderten Eisenerze" untersucht.

[11]) Freundl. Angabe von Dr. J. MARKUS nach einer Analyse von Dr. F. HOFMANN, c/o Georg FISCHER AG, Schaffhausen.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Die *Struktur des Bornit führenden Sandsteines* kann als *psammitisch* bezeichnet werden. Die *Textur* ist *massig bis leicht geschiefert.* Die Hauptgemengteile sind *Quarz* und *Serizit,* als Nebengemengteil wurde *Plagioklas* gefunden, als Übergemengteil das Erzmineral *Bornit, Zirkon* und *Leukoxen.*

Der *Quarz* liegt als eckige, deutlich bis gut gerundete detritische Körner vor, während der *Serizit* fast ausnahmsweise im Zement feinblättrige Massen bildet. Verzwillingter *Plagioklas* ist nur vereinzelt anzutreffen und oft von Serizit und Bornit durchsetzt. Der *Zement* baut sich außer Serizit aus spärlichen detritischen Zirkon- und Leukoxenkörnern und etwas autigenem Quarz auf, wobei der *Bornit* als feine bis grobe, runde oder xenomorphe Körner weitgehend im Zement diffus eingesprengt ist (Abb. 2). Außer dem Absatz von *Bornit* dürfte kaum eine nennenswerte *Zufuhr* anderer Mineralien stattgefunden haben.

Die *Struktur des Kupferkies führenden Sandsteines* kann als *Mosaikstruktur bis amöbenartiges Implikationsgefüge* aufgefaßt werden. Die *Textur* ist ebenfalls *massig bis leicht geschiefert.* Mineralbestand und Verteilung sind außer *Kupferkies* gleich wie beim vorhergehenden Gestein, hingegen ist die Ausbildung der einzelnen Mineralien etwas anders.

Der *Quarz* zeigt außer den rundlichen detritischen Körnern auch vielfach amöbenartige Formen, die auf eine Umkristallisation zurückzuführen sind. Der *Serizit* ist leicht grünlich und durchzieht mit feinkristallinem Quarz den Zement netzartig. Auch der Schachbrettbau der spärlichen *Plagioklas*-Körner läßt auf eine hydrothermale Umkristallisation schließen. Der *Leukoxen* ist etwas reichlicher und bildet außer xenomorphen Körnern bisweilen auch Schnüre um detritischen Quarz, was ebenfalls auf eine Umlagerung und nicht nur auf eine in situ-Verwitterung hinweist. Der *Kupferkies* hat fast immer eine Umkrustung von *Limonit* und ist wie der Bornit als xenomorphe Körner diffus eingesprengt. Verstreut sind auch kleine, nadelige Aggregate von grünem *Malachit* erkennbar. Sowohl die *Rekristallisation des Quarzes* als auch der Kupferkies selbst deuten auf eine *höhere Temperatur des Erzabsatzes als beim Bornit* hin. Infolge der Rekristallisation des Quarzes müßte dieser Sandstein fast als *Quarzit* bezeichnet werden.

Der *Sandstein im Liegenden des „Gebänderten Eisenerzes"* hat eine *Maschenstruktur,* indem detritische Körner von Quarz und etwas Plagioklas und Orthoklas in einem Karbonatzement eingebettet sind, zudem eine leicht *lagige Textur.* Die Hauptgemengteile sind *Quarz und Karbonate,* die Nebengemengteile *Chlorit, Plagioklas* und *Orthoklas.* Als Übergemengteile wurden spärlich *Zirkon, Turmalin, Pyrit* und *Hämatit* gefunden.

Der *Quarz* zeigt außer leicht bis gut gerundeten detritischen Körnern auch xenomorphe Gebilde aus einem feinkristallinen Aggregat, die wohl autigen durch Verdrängung des Zementes und vielleicht aus Feldspäten, aber auch

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

direkt als chemisches Sediment entstanden sein dürften (vgl. dazu auch die Karbonatabsätze weiter unten!). Die *Karbonate* setzen sich aus mindestens zwei Komponenten zusammen: Stark verzwillingte Körner sind *Kalzit*, feinkristalline, manchmal fast tafelig-stengelige Massen ohne Zwillingsbildung dürften *Dolomit-Varietäten* sein. Während der *Chlorit* in größerer Entfernung von den Hämatitstraten nur fetzenweise im Karbonat-Zement auftritt, bildet er gegen die Erzschicht mit Karbonat und Quarz auch häufig ein nach P. NIGGLI (1948) *intergranulares Implikationsgefüge. Plagioklas* und *Orthoklas* sind meist stark zersetzt, wobei der erstere eher durch Karbonat, der zweite durch Serizit und Chlorit verdrängt wird. *Zirkon* und *Turmalin* wurden als spärliche runde detritische Körner gefunden, der letztere deutlich grau mit starkem Pleochroismus. Relikte von *Pyrit mit Hämatiträndern* weisen bereits auf die darüber liegende Vererzung hin, ebenso wolkenartig eingestreute, feine diffuse Körner bis xenomorphe Gebilde von *Hämatit*. Das Verhältnis von detritischem Material zu aszendent im Zusammenhang mit der Vererzung zugeführten Stoffen dürfte hier vielleicht bereits 1 : 1 sein.

Die primären *Quartenschiefer* und der *Sandstein/Quarzit des Lias* (Hettangian) wurden einstweilen noch *nicht näher untersucht*.

V. DIE VERERZUNGEN

A. Die stratiform-syngenetische, chloritführende Hämatit-Pyrit-Vererzung

a) Die Chlorit-Gesteine

Der Begriff dieses Gesteins wurde absichtlich so weit gefaßt, da sich im Dünnschliff eine starke Variation makroskopisch ähnlicher Proben sowohl hinsichtlich Mineralbestand als auch Genese zeigte. Die drei Hauptvarietäten wurden als *Chlorit-Sandstein, Chlorit-Karbonat-Schiefer* und *Chlorit-Fels* mit gegenseitigen, kontinuierlichen Übergängen differenziert.

1. Der Chlorit-Sandstein

Er hat im Mikroskop eine *siltig-porphyroklastische Struktur* (Abb. 3). Seine *Textur* ist *massig*, örtlich *schwach lagig*. Einer der Porphyroklasten und Hauptgemengteil ist wenig gerundeter *Quarz*, der vorwiegend als Einkristalltrümmer und weniger als Aggregat mehrerer Körner vorliegt. Ein weiterer HGT ist weitgehend feinkörniger *Chlorit*, der vereinzelt in größeren Einsprenglingen vorkommen kann. Er bildet den Zement. Als Nebengemengteil und weiterer Porphyroklast findet sich schwach bis stark von Chlorit und bisweilen auch von Hämatit durchsetzter *Plagioklas*. Stark gerollte Körner von *Zirkon*, in den Quarzlagen angereichert, aber auch dispers im Chloritzement eingestreut, sind die einzigen Übergemengteile.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

2. Der Chlorit-Karbonat-Schiefer

Er zeigt eine *Mosaikstruktur* bis ein *Implikationsgefüge;* die *Textur* ist *geschiefert.* Die erwähnten Gefüge beziehen sich vor allem auf den Zement der von den Hauptgemengteilen *Chlorit und Karbonat* aufgebaut wird. Das *Karbonat* kann infolge brauner Limonitüberzüge und fehlender Zwillingsbildung als *Ferrodolomit* betrachtet werden. Der *Chlorit* ist meist feinkörnig, xenomorph und innig mit den Karbonaten verwachsen (ähnlich Abb. 6 und 8). Als Nebengemengteil finden sich einerseits detritische, wenig bis stark gerundete Porphyroklasten von *Quarz,* anderseits dispers eingestreute, amöbenartige Quarzkörner — größere Gebilde haben vielfach einen Karbonatkern und einen Rand von tieftemperiertem Pflockquarz, wobei sich hier Primär- und Sekundärstrukturen zu verwischen scheinen. Als Übergemengteil wurden Porphyroblasten von hypidiomorphem Pyrit festgestellt, der oft einen durch die Dislokation bedingten Saum von *Kalzit* und *Pflockquarz* zeigt. Als weitere Übergemengteile erscheinen infolge der Nähe der Eisenerze vereinzelte, rotbraun durchscheinende Körner und Blättchen von *Hämatit.* Der Übergang vom vorhergehenden Gestein geschieht durch kontinuierliche Abnahme von Quarz-Porphyroklasten und Zunahme des Karbonates.

3. Der Chlorit-Fels

Er weist ein nach P. NIGGLI (1948) *phlebitisches Implikationsgefüge* und eine *massige Textur* auf. Die Hauptgemengteile sind xenomorpher bis hypidiomorpher *Chlorit* und *Quarz,* wobei der erstere bedeutend reichlicher ist und eine Art Grundmasse bildet, der andere sowohl als Porphyroklasten als auch Porphyroblasten auftreten kann. In den *Adern* ist der *Chlorit* als Würmchen in einer Mosaikstruktur von *Quarz* eingesprengt. Die Zentralpartien sind oft von verzwillingtem *Kalzit* erfüllt. Als Übergemengteil wurde in der Grundmasse nur feinkörniger und dispers verstreuter *Leukoxen* gefunden.

b) Die Hämatit-Gesteine

1. Das „Gebänderte Eisenerz"

Es besteht, wie erwähnt, aus Wechsellagerungen von hämatitarmen mit -reichen Sandsteinstraten im obersten Horizont des Quarten-Sandsteines und hat somit eine charakteristische *Lagentextur* (Abb. 4). Seine Bildung erfolgte durch *diskontinuierlichen Absatz von chemischen und detritischen Stoffen.* Die Mächtigkeit der Straten bewegt sich in der Größenordnung von mm bis cm, wobei die max. Schichtmächtigkeit der Wechsellagerung ca. 0,3 m betragen dürfte. Die *Struktur* entspricht in größeren Bereichen einem *Retikulargefüge* im Sinne von P. NIGGLI (1948). Die Hauptgemengteile sind demnach *Quarz* und *Hämatit.* Als Nebengemengteile wurden *Chlorit, Karbonat, Plagio-*

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

klas und *Orthoklas* gefunden. Übergemengteile sind *Zirkon* und weitere, schlecht bestimmbare Schwerermineralien sowie fraglicher *Stilpnomelan* (?) und *Baryt*. Der Dünnschliff ließ erkennen, daß *in den höchsten Partien des Sandsteines* unter dem Erzhorizont eine *seifenartige Anreicherung von Zirkonkörnern* stattgefunden hat. Der *Erzabsatz* äußerte sich anfänglich in einer *Umkrustung* der Körner *des Quarzes* und in einer Verdrängung der Feldspäte durch Hämatit mit erhöhter *Chlorit- und Leukoxenbildung im Zement* der obersten Sandsteinzone, wobei eigentliche Chloritlagen eine Trennschicht zwischen dem Sandstein und dem Eisenerz bilden können (Abb. 3).

Der *Quarz* liegt in *drei* gut unterscheidbaren *Komponenten* vor. Am häufigsten sind wenig bis gut gerundete *detritische Körner*, die den Sandstein im Liegenden des Erzes aufbauen, aber auch in den erzreichen und -armen Lagen locker eingestreut sind. Etwas seltener findet sich besonders in den hämatitreichen Schichten *splitterartiger Quarz*, der überhaupt keine Abrollung aufweist und damit im Gegensatz zum Zirkon auch kaum über größere Distanzen im Wasser transportiert worden sein dürfte. Anhand von Vergleichen mit Strukturbildern von sauren vulkanischen Tuffen darf für diese Quarzvarietät wohl eine *tuffogene Herkunft* angenommen werden. Die dritte Art des Auftretens von Quarz stellen wir als sporadische, *xenomorphe Partien mit feinkörniger Mosaikstruktur* vor allem im Zement des liegenden Sandsteines fest und dürfte entweder auf *Umkristallisation oder aszendente Herkunft* zurückzuführen sein.

Der *Hämatit* bildet außer den Umkrustungen der detritischen Quarzkörner in der Chlorit-Grenzzone *in den Erzlagen einen fast monomineralischen Zement*, der stellenweise durch feinsten, bis submikroskopischen Detritus und auch aszendenten Absatz von Quarz und Tonmineralien verunreinigt sein kann. In den erzarmen Zwischenlagen ist der Hämatit feindispers-wolkig eingestreut.

Der *Chlorit* tritt selbst in den eigentlichen Chloritlagen meist feinkörnig auf und ist auch als größere Individuen xenomorph. Im liegenden Sandstein und den erzarmen Zwischenlagen ist er dispers und fleckenweise eingesprengt. Runde und ovale Gebilde von Chlorit mit netzartigem bis dispersem Hämatit könnten als *entglaste Lapilli* aufgefaßt werden. Sie wurden wie die wahrscheinlich tuffogenen Quarzsplitter nur in den erzreichen Lagen angetroffen.

Das *Karbonat* bildet mit etwas Chlorit vor allem den Zement des liegenden Sandsteines. Da es kaum verzwillingt und meist auch etwas trübe ist, kann *Dolomit* angenommen werden, wobei klare, verzwillingte Einsprenglinge von *Kalzit* allerdings vorkommen können.

Der *Plagioklas*, an seiner Zwillingsbildung nach dem Albitgesetz gut erkennbar, ist nicht allzu häufig und zeigt neben gut gerundeten detritischen Körnern auch vielfach durch Zersetzung und hydrothermale Resorption bedingte xenomorphe Umrisse.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Als *Orthoklas* wurden spärliche Komponenten von trübem Aussehen und nahezu fehlender Zwillingsbildung, oft von Chlorit durchsetzt, bestimmt. Der *Zirkon* ist etwas weniger deutlich auch in den erzarmen Zwischenlagen angereichert und zeigt meist runde bis ovale, selten kantige Körner.

Spärlich eingestreute, hell- bis dunkelbraun pleochroitische, größere Einsprenglinge mit hoher Doppelbrechung könnten *Stilpnomelan* sein, während farblose Tafeln mit hoher Licht- und geringer Doppelbrechung aufgrund des Vorkommens auch in Quarzadern und alpinen Zerrklüften als *Baryt* angesehen werden.

Unter den schlecht bestimmbaren Schweremineralien gehören halbdurchsichtige, leukoxenartige Körner sicher dem *Ilmenit* und *Rutil* in unterschiedlichem Zersetzungszustand an.

Vor allem *in den erzreichen Straten* finden sich auch *siltartige Schmitzen und Lagen*, die nur schwer als *echter Silt oder* aszendent zugeführter *Eisenjaspis* unterscheidbar sind.

Diskordante *Adern* mit Kalzit und Quarz sind wohl weitgehend ein Produkt der alpinen Dislokation der Schichten.

2. Das „Schlierige Eisenerz"

Es ist durch eine kontinuierliche Anreicherung von anfänglich dispers verteiltem Hämatit und Eisenjaspis im Chlorit-Gestein entstanden und hat deshalb auch fließende Übergänge zu dem zuletzt erwähnten Gestein. Bei den *Fe-armen Varietäten* ist es dann allerdings auch korrekter von einem *Chlorit-Hämatit-Jaspilit* bzw. chloritführenden *Eisenjaspilit* zu sprechen.

Die Beobachtungen im Dünnschliff haben gezeigt, daß prinzipiell *zwei Gesteinskomponenten* am Aufbau des Erzes beteiligt sind. Die eine ist teilweise *detritischen* Ursprungs und entspricht einem *Hämatit-Sandstein bis -Siltstein* (Abb. 5). Die andere darf wohl als fast vollständig *chemischer Absatz* betrachtet werden und kann demnach als *Hämatit-Chlorit-Karbonat-Fels bis -Schiefer* (Abb. 6—8) bezeichnet werden. Beide Komponenten sind ziemlich unregelmäßig und diffus miteinander verwachsen, so daß das Gestein in bezug auf die *Textur* im Sinne von P. NIGGLI (1948) am ehesten als *nebulitischer Merismit bis Stromatit* aufgefaßt werden kann. Stellenweise zeigt es auch eine gewisse Ähnlichkeit mit dem von EPPRECHT (1946) vom Gonzen beschriebenen *ophthalmitischen Melierterz*, indem vorwiegend *knollenartige*, dann aber auch *wolkige bis schlierige dunkelrote Partien von Eisenjaspis* mit diffus verteiltem Hämatit im umliegenden *Chlorit-Gestein* — oft noch durch grüne *Chlorit-Säume* voneinander getrennt — unregelmäßig eingelagert sind. Durch die alpine Dislokation entstand lokal sekundär eine stärkere Verschieferung.

Die *Struktur* ist nicht gerade einheitlich und geht von poikiloklastisch beim Siltstein über *sperrige und intergranulare Implikationsgefüge* beim Fels bis

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at
zu eigentlichen *Emulsionsstrukturen* in den *Eisenjaspis*-Partien. Wie durch die Untersuchung der Dünnschliffe ersichtlich geworden ist, handelt es sich bei den letzten Fällen sehr wahrscheinlich um ein primäres *Kolloidalgefüge*, dessen einzelne Komponenten vermutlich erst bei der Diagenese des Gesteins kristallisierten und sogar noch heute teilweise in *amorphem bis kryptokristallinem* Zustand vorliegen können, wie bei gekreuzten Nicols deutlich wird. Merkwürdige *Verfältelungen von Eisenjaspis-Lagen* im Dezimeterbereich (Faltenartiger Stromatit) könnten als *primäre Setzungstexturen* gedeutet werden, wobei Wellenbewegungen, Gleitungen oder Aufstülpungen durch austretende Gase und Wässer die Ursache dafür gewesen sein könnten (Abb. 9).

Das „Schlierige Eisenerz" setzt sich demnach aus den *Mineralkomponenten Quarz, Kalzit, Chlorit* und *Hämatit* zusammen.

Der *Quarz* kommt als Hauptgemengteil sowohl in den Partien von Hämatit-Sandstein/-Siltstein in *detritischer* Form als auch anderseits im Eisenjaspis als *chemische* Komponente vor.

Der *detritische Quarz* zeigt im Sandstein wenig gerundete, xenomorphe und oft resorbierte Formen mit Einbuchtungen, während im Siltstein die Umrisse kantig sind und die Trennung zwischen detritischem und autigenem Quarz bereits schwierig wird.

Der *chemisch gefällte, aszendente Quarz* ist im Sandstein durch seine xenomorphen Umrisse und Einlagerungen von Chlorit und Kalzit an Korngrenzen sowie den amöbenartigen Implikationsgefügen erkennbar. Im Fels finden sich bereits xeno- bis hypidimorphe *Quarz-Porphyroblasten* neben feinkristallinen Gefügen mit Chlorit und intergranularen bis kryptokristallinen Implikationsgefügen von Hämatit und Kalzit im Eisenjaspis. Größere Körner wurden schwarmweise auch im Hämatit-Kalzit-Gefüge angetroffen.

Der *Kalzit* ist meist relativ grobkörnig, deutlich verzwillingt und damit eindeutig diagnostiziert. Weitere Karbonate wie Dolomit dürften nur spärlich anwesend sein. Mit Hämatit bildet er charakteristische Gefüge, wobei jener in Form von runden Körnern, feinen Blättchen und nur vereinzelt größeren Tafeln ein feinfilziges Gewebe bildet. Innerhalb größerer Kalzitkörner können die Hämatitblättchen oft radialstrahlig angeordnet sein und als „sternchenförmige" Aggregate (Abb. 6) zur Geltung kommen. Spärlich wurde er noch als Füllung rechteckiger Umrisse, mit einem Rand von dichtem Hämatit und Chlorit-Zwischenlagen, und als ovaler Kern mit randlichem Saum von Quarz in Mosaik-Struktur angetroffen. Während die erste Erscheinungsform auf vermutlich *weggelösten Pyrit* hinweist, könnten die letzteren Gebilde als *gefüllte Vakuolen* gedeutet werden.

Der *Chlorit* tritt ebenfalls in verschiedenen Gefügen auf. Im *Zement des Siltsteines* bildet er feinkristalline Verwachsungen mit Hämatit in wechselndem Mengenverhältnis, u. a. auch als Füllung von Kristallumrissen (ev. Quarz?).

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Im *Fels* wird es als unregelmäßige *Schmitzen,* seltener randliche *Säume* vielfach *um Eisenjaspis-Partien* angetroffen, wobei er auch selbst mit Quarz verwachsen sein kann. In sonstigen eisenreichen wolkigen Anreicherungen ist er vielfach *mosaikartig* mit Kalzit und Quarz verwachsen, in den eisenarmen Partien ist der Chlorit reichlicher, dafür der Quarz spärlicher. Gleiche *Maschenstrukturen* wie der Hämatit bildet auch der Chlorit, indem der Hämatit des Netzes kontinuierlich durch Chlorit, und die Chloritkerne durch Kalzit ersetzt werden mit gleichen xenomorphen Fetzen aus Chloritaggregat und diffus eingesprengten Hämatitkörnern. Sie können wie beim Hämatit Lagen bilden.

Der *Hämatit* bildet in den *Sandstein/Silstein-Partien* einen fast monomineralischen, dichten *Zement,* so daß jene erzreicher erscheinen als der eigentliche Hämatit-Chlorit-Karbonat-Fels, da dort eher wolkige, diffuse Anreicherungen auftreten. Lediglich um die Sandstein-Partien herum finden sich im Fels dichte schwarze Säume von Hämatit.

Im *Fels* selbst tritt der *Hämatit* in verschiedenen Verwachsungen auf. Mit Chlorit bildet er in lagigen Partien die erwähnten *Maschenstrukturen,* wobei das Netz aus kryptokristallinem bis feinkörnigem Hämatit und die Maschen als ovale bis xenomorphe Gebilde aus einem feinkörnigen Chloritaggregat oder Kalzit, oft sternchenförmig entwickelt sind. Das Netz kann sich dabei ebenfalls zu xenomorphen Gebilden vergrößern, die vorwiegend aus Hämatit, lokal Eisenjaspis und etwas krytokristallinem Quarz und Chlorit bestehen. Die sternchenförmigen Kalzitkörner, die vielfach mit etwas Chlorit verwachsen sind, weisen neben einzelnen Tröpfchen und Lamellen auch häufig *radialstrahlige Interpositionen von Hämatit* auf, die im Dünnschliff als rotbraun durchscheinende Täfelchen zu erkennen sind. Ebenso ist der Hämatit auch vielfach radialstrahlig um einzelne Chlorit-, Hämatit- oder Eisenjaspis-Partien auskristallisiert. *Im Eisenjaspis* selbst bildet er mit Quarz und etwas Karbonat ein *intergranulares Implikationsgefüge.* Der hell- bis dunkelrote Eisenjaspis erscheint bei gekreuzten Nicols weitgehend dunkel und besteht aus einem äußerst feinkörnigen bis submikroskopischen Gemenge von *Hämatit* und kryptokristallinem bis amorphem *Quarz.* Im Erzanschliff ist erkennbar, daß das Innere des Eisenjaspis meistens relativ erzarm ist und nur vereinzelte Körner und Blättchen von Hämatit enthält; häufig können hingegen an den Rändern der ovalen bis kugeligen Jaspis-Absonderungen girlandenförmige Anreicherungen von Hämatit festgestellt werden, die in ihrer Ausbildung stark an die vom Verfasser (1963) von der Mürtschenalp beschriebenen nierig-schaligen Fällungsprodukte von Pechblende erinnern und auch dadurch eine tieftemperierte, kolloidale Ausscheidung wahrscheinlich machen.

Das *eigentliche Eisenerz* setzt sich aus einer dunkelweinroten, hämatitreichen Grundmasse mit kleineren und größeren, hellroten Einschlüssen von Eisenjaspis zusammen. Kleine schwarze Schmitzen könnten von *Spuren von Manganerzen* herrühren.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Sowohl der chloritführende Eisenjaspis als auch das Hämatiterz des „Schlierigen Eisenerzes" sind oft von *Nestern* und diskordanten *Adern* aus poikilitisch verwachsenen Gemengen von hauptsächlich *Chlorit* und *Quarz* mit etwas *Karbonat* und *Hämatit* in wechselnder Zusammensetzung durchsetzt. Die alpine Dislokation hat zudem noch oft eine starke *Verfältelung* bewirkt.

B. Die Eisen- und Kupfer-Sulfidvererzung

a) Allgemeines

Wie aus dem stratigraphischen Auftreten von Pyrit im Chloritschiefer über dem „Gebänderten Eisenerz" und im Lias-Sandstein ersichtlich ist, sind *Eisensulfide zu verschiedenen Zeiten gefördert* worden.

Da die spärlichen *Kupfererze* fast ausschließlich im Bergsturzmaterial gefunden worden sind, lediglich etwas Malachit im untersten Sandsteinhorizont besteht über die *altersmäßige Stellung* gegenüber den Hämatit-Anreicherungen einstweilen *noch keine Klarheit.*

Am auffälligsten und schon von weitem infolge ihrer Größe — max. über 10 mm ⌀ —, eines gewissen *Glanzes* und ihrer charakteristischen *bläulichgrauen* Farbe in die Augen springend waren derbe Körner und netzartige Aggregate eines Kupferminerales, das meist von *Malachit* begleitet vorwiegend in derbem Gangquarz auftritt. Obwohl diese Eigenschaften und insbesondere ein muscheliger Bruch ein eigentliches Fahlerz erwarten ließen, haben Erzanschliffe sofort die Existenz von *Kupferglanz*[12]) gezeigt. Verwachsungen mit anderen Erzmineralien ließen sich indessen ebenfalls erst unter dem Mikroskop nachweisen. Interessanterweise war Kupferglanz jedoch höchstens noch in unmittelbarer Nähe der Quarzadern im sandsteinartigen Nebengestein anzutreffen, so daß die Zufuhr dieses Kupfersulfides wohl als eine rein *aszendente Bildung* angesehen werden darf.

Weniger augenfällig, aber dennoch deutlich zu erkennen, sind insbesondere im gebleichten Sandstein max. 1 mm große dunkelgelbe Körner von *Kupferkies.* Er ist nicht selten begleitet von derben Anflügen von etwas *Azurit* und reichlich *Malachit,* wobei der letztere in kleinen Poren und feinsten Klüften bisweilen auch als frei gewachsene Nädelchen und kleine Tafeln entwickelt sein kann.

Sehr wenig auffällig sind indessen die feindispers eingestreuten, max. 2 mm großen rötlichvioletten bis tombakbraunen derben Körner von *Buntkupfererz* (Bornit), die anderseits so reichlich anwesend sein können, daß von einem eigentlichen Erz gesprochen werden darf. Der Quarten-Sandstein erhielt da-

[12]) Im erzmikroskopischen Sinne von RAMDOHR (1960).

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at
durch einen grünlichgrauen Aspekt im frischen Bruch mit brauner limonitischer Verwitterungskruste an der Oberfläche.

Da die eisenhaltigen Kupfersulfide *Chalkopyrit* und *Bornit* praktisch ausschließlich in dem als Pigment auch etwas Eisenhydroxyde führenden Sandstein zu finden sind, besteht die Möglichkeit, daß die Bildung eines Teiles dieser Sulfide vielleicht auch durch Aufnahme von Fe aus dem Nebengestein durch die kupferhaltigen Lösungen verursacht worden sein kann, obwohl Bornit als unmittelbare hydrothermale Ausscheidung aus einem keratophyrischen Magma (BÄCHTIGER, 1960) aus dem Kärpfgebiet ebenfalls feststeht.

Da der Zement des Sandsteines, insbesondere die Quarzmatrix, in der Umgebung des Kupferkieses stärker umkristallisiert ist als bei den übrigen Kupfersulfiden, und damit offensichtlich einer höheren Kristallisationstemperatur des Kupferkieses entspricht, der Kupferglanz zudem fast ausschließlich in epigenetischen Quarzadern erscheint, ist die vom Gandstock und der Mürtschenalp beobachtete *Ausscheidungsfolge* (Siderit-Ankerit-)*Hämatit-Pyrit-Kupferkies-Bornit-Chalcosin* bei abnehmender Temperatur auch hier sehr wahrscheinlich.

Da der *Pyrit* bis jetzt noch nie in Verwachsung mit anderen Sulfiden beobachtet worden ist, ist seine paragenetische Stellung gegenüber dem Kupfer nicht ganz eindeutig. Infolge seines Auftretens im liegenden *Sandstein* des Eisenerzes, im *Chloritschiefer und chloritführenden Eisenjaspilit* darüber sowie im Sandstein bis Quarzit des Hettangian sind auf jeden Fall *mehrere Generationen* anzunehmen.

Die *Pyrite* und Relikte von ihnen mit Hämatiträndern *unter dem „Gebänderten Eisenerz"* dürften wohl in erster Linie als *autigene Bildung* des Sandsteines angesehen werden.

Die bis 1 cm großen, meist hypidiomorphen und stark deformierten Würfel und Pentagondekaeder mit ausgeprägter Riefung *im Chlorit-, seltener Serizitschiefer* über den Eisenerzen sind sicher jüngere *hydrothermale Absätze,* was noch durch Aggregate von Hämatit in Idioblasten von Pyrit bestätigt wird. Anflüge von Malachit daneben könnten von chemisch beigemengtem Kupfer im Pyrit oder Spuren von Kupfersulfiden in und außerhalb des Pyrites herstammen.

Der *Pyrit im Lias* ist i. a. eher feinkörnig, 1/100—1 mm ⌀, dafür aber nicht selten in Aggregaten bis zu 10 cm ⌀ angereichert. Der ursprüngliche Sandstein ist dabei weitgehend zu einem hell- bis dunkelgrauen *Quarzit* umkristallisiert worden mit Nestern und kreuz und quer verlaufenden Adern (bis 1 cm) von Quarz, in deren spärlichen Hohlräumen bisweilen feinste, aber milchige *Bergkristalle* zu finden sind. Schwarze rußartige Anflüge, Imprägnationen, Nester und Adern eines bisweilen direkt graphitähnlich auskristallisierten Materiales erwiesen sich röntgenographisch als *kohlige Substanz.* Auch für diese großen *Pyritausscheidungen* erscheint eine *hydrothermale Herkunft* gesichert.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Von Auge nicht besonders deutlich, dafür unter der Lupe und im Dünnschliff, sind neben dem weißen, milchigen *Gangquarz* spärliche Einsprenglinge von etwas weißem Karbonat und eines weiteren, tafelig-blätterigen Minerales von weißer bis rötlicherweißer Farbe zu erkennen. Beim Karbonat handelt es sich wohl weitgehend um *Kalzit*, während das andere anhand seiner charakteristischen Eigenschaften unter dem Mikroskop als *Baryt* (Abb. 10) bestimmt werden konnte.

b) *Die Erzmineralien*

1. Der Chalcopyrit

Er tritt fast immer als kleine, isolierte, kaum 1 mm große Körner fein dispers oder aggregiert auf und ist meist stark von Limonit umkrustet. Die erzmikroskopische Untersuchung offenbarte zusätzlich kleinere, xenomorphe, hellgraue und isotrope Einschlüsse, die aufgrund ihrer optischen Eigenschaften und paragenetischer Überlegungen als *Fahlerz* gedeutet werden. Isolierte, hell gelblich reflektierende und isotrope fünfeckige Umrisse rühren von früher ausgeschiedenen Pentagondodekaedern von *Pyrit* her.

2. Der Bornit

Er ist das zweithäufigste Kupfermineral und weist in sehr feindispersen, selten einige mm großen, aber immer xenomorphen Körnern die charakteristischen Tombakfarben auf. Intensiv blaue Spaltflächen könnten indessen von feinsten *Covellin*filmen herrühren. Der Bornit fand sich nie mit Pyrit, Kupferkies, Kupferglanz oder gar Eisenerzen makroskopisch sichtbar verwachsen, erst unter dem Mikroskop können Spindeln und keilförmige Einschlüsse von *Kupferkies*, von runden Körnern von *Fahlerz* sowie randliche Säume und Verdrängungen von *Covellin* von Spaltrissen aus festgestellt werden.

3. Der Chalcosin

Er wurde am häufigsten gefunden, fein eingesprengt, nesterweise angehäuft oder in mehrere cm mächtigen Quarzgängen. Bei stärkerer Anreicherung bildet er eine eigentliche Gangbrekzie mit leuchtenden Überzügen von grünem *Malachit* und seltener blauem *Azurit* (erfahrungsgemäß nur aus Fahlerz möglich!). Unter dem Mikroskop zeigte sich, daß der Chalcosin anisotrop ist, was sich schon an der unterschiedlichen Lichtätzung der polierten Oberfläche und nicht erst bei gekreuzten Nicols äußerte. Beim inneren Bau handelt es sich einerseits um ein relativ grobkörniges Gefüge, anderseits konnten auch deutliche Lamellen festgestellt werden. Als Einschlüsse im Kupferglanz wurden nur Entmischungströpfchen und -lamellen von Bornit beobachtet, und zwar sowohl im Zentrum von Aggregaten als auch merkwürdigerweise oft randlich. Der Kupferglanz wird vielfach nach kristallographisch ausgezeichneten Richtungen von Covellin verdrängt, der seinerseits der Verdrängung durch radialstrahlige Aggregate von Malachit unterliegt.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

VI. ZERRKLUFTÄHNLICHE BILDUNGEN

Obwohl das Gebiet des Schilstales und der Flumser Berge im Raume der Helvetischen Decken noch nicht eigentlich zur Region der alpinen Zerrkluftmineralisation zu rechnen ist, sind infolge größerer Überlagerung während der Überschiebung in bestimmten Horizonten gewisse Exsudationserscheinungen zu beobachten. Im weiteren Raume der Flumser Berge können besonders im Horizont des Melser Sandsteines, in der Umgebung der Chessisteinchöpf aber auch in den silikatischen Ablagerungen der Quarten-Serie, je nach den Gegebenheiten der örtlichen Tektonik in unterschiedlichem Maße konzentriert, Klüfte, kleine Drusen und Quarzadern mit mannigfachen Hohlräumen festgestellt werden, in denen je nach der Zusammensetzung des Nebengesteins frei gewachsene und idiomorphe Einzelkristalle auskristallisiert werden konnten.

In den *Sandsteinen* sind es besonders kleine *Bergkristalle*, die aber höchstens 10 mm groß geworden sind. Sie sind vielfach von etwas trüber Beschaffenheit, können aber örtlich bisweilen auch glasklar sein. Außer dem hexagonalen Prisma und den beiden Grundrhomboedern sind kaum andere Kristallformen zu beobachten. Dazu kommen, wie überall schon bei reiner Diagenese festzustellen ist, die üblichen Absätze von Karbonaten, unter denen hauptsächlich der *Kalzit* anzutreffen ist.

Im Raume der Chessisteinchöpf konnten sich insbesondere infolge örtlich größerer Konzentration an Eisen und Barium in der Quarten-Serie auf den Klüften auch vereinzelte Kristalle von *Hämatit* und *Baryt* entwickeln.

Der *Hämatit* tritt in max. 3 mm großen schwarzen, metallisch glänzenden Schuppen auf, die bisweilen sogar eisenrosenartig aggregiert sein können. *Baryt* wurde in der Form eines weißen milchigen Kristalles, der auf einem kleinen Bergkristall aufgewachsen war, dem Verfasser von Herrn Dr. J. Markus aus dessen Dissertationssammlung vorgewiesen. Frei gewachsene Kristalle von Pyrit, Dolomit und Chlorit — den übrigen die Eisen-Paragenese aufbauenden Mitgliedern — konnten an dieser Lokalität in den Klüften und drusenartigen Hohlräumen bis heute indessen noch keine festgestellt werden.

Da in dieser Region der Anchimetamorphose (FREY, 1969) bis heute im Gestein noch keine richtigen Mineralien der Epimetamorphose festgestellt werden konnten, ergeben sich daraus interessante Überlegungen zur Bildungstemperatur und Sukzession dieser wohl *reinen Exsudationsmineralien Quarz, Karbonat, Hämatit und Baryt;* Thermen oder besonders gehaltvolle Mineralquellen sind in weitem Umkreise nicht bekannt.

Da zur Eisenvererzung im Schilstal während des Exsudationsprozesses auch nachweisbar keine neuen Elemente zugeführt worden sind, wie dies anderseits durch vagabundierende Thermalwässer eindeutig am Calanda in der Wurzelzone der Helvetischen Decken zumindest für Silizium und Fluor, z. T. ev. auch für Eisen, Schwefel, Arsen, Wolfram und Gold der Fall gewesen ist (BÄCH-

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

TIGER, 1967, 1971; BÄCHTIGER et al. 1972), kann die Temperatur im Raume der Eisenlagerstätte auch während der alpinen Deckenüberschiebung kaum größer gewesen sein als in den umgebenden Nebengesteinen, d. h. es mußte sich somit um ein *geschlossenes chemisches und thermisches System* etwa unterhalb 200° C gehandelt haben. Da von NIGGLI et al. (1940, Hauptdiagramm 2, S. 484) aufgrund umfangreicher Feldbeobachtungen für die *Kristallisation des Barytes* in alpinen Zerrklüften ein Temperaturintervall von ca. 140—175° C angenommen worden ist, müßte für den ihm in der Sukzession als Wirtskristall vorangegangenen *Bergkristall* mindestens eine Temperatur von ca. 150—170° C angenommen werden. Die stimmt nun mit der von BÄCHTIGER (1965a) für die Bergkristalle in Paragenese mit Papierspat und Brookit von Mastrils (Nordostfuß des Calanda in der Nähe der Therme von Bad Ragaz/Pfäfers) geschätzten Bildungstemperatur von ca. 160° C relativ gut überein, wobei die nach denselben Autoren *notwendige Bildungstemperatur von mind. 160° C für den Hämatit* im Schilstal mit derjenigen von ca. 160—190° C für den Brookit mit Papierspat in der Kluft im oligozänen Siltstein bei Mastrils zu korrelieren wäre.

VII. ÜBERLEGUNGEN ZUR GENESE DER SCHILSTALER EISEN- UND KUPFER-VERERZUNGEN

Da schon von mehreren Autoren (STÖHR, 1865; AMSTUTZ, 1949, 1950; BÄCHTIGER, 1960a, b; 1963; BÄCHTIGER et al. 1968) auf Art und Genese verschiedener *Kupfer-Vorkommen in der mittleren Trias* (Melser- und Röti-Serie) des Helvetikums hingewiesen worden ist, bestehen auch für die Erklärung der Sulfide in der obertriassischen *Quarten-Serie* und im Lias des Schilstales keine besonderen Schwierigkeiten.

Syngenetisch-kolloidale Hämatiterze in Form von stratiformem *Roteisenstein* mit Chlorit waren aber bis heute *aus der Trias des östlichen Helvetikums nicht bekannt,* sondern erst aus einzelnen weiter im S liegenden penninischen *Syngenetisch-kolloidale Hämatiterze* in Form von stratiformem *Roteisenstein* und ostalpinen Decken (EUGSTER, 1923; GRÜNENFELDER, 1956; STUCKY, 1960). Wohl liegen die längst bekannten, monographisch letztmals von EPPRECHT (1946) beschriebenen *submarin-exhalativen Roteisen- und Manganerzlager des Gonzen bei Sargans* ziemlich in der Nähe und ebenfalls im Helvetikum. Da der Erzabsatz aber im obersten Malm (Kimmeridge) erfolgte und als telemagmatisches Derivat tiefpenninischer mesozoischer Ophiolithintrusionen aufgefaßt wird, besteht zu den viel älteren Schilstaler Eisenerzen wohl nur eine formale genetische Beziehung in bezug auf Erzlösung und -absatz.

Interessante *Vergleichsmöglichkeiten* bieten aber bis heute schwer erklärbare *konkordante Hämatitlinsen* über einem hellen permischen Konglomerat, das nach WEBER (1940) stark dem Melser Sandstein gleichen und nur ca. 35 m unter

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at
dem Kontakt Verrucano-Melser Sandstein liegen soll. Da der mehr als 7000 m² große Erzhorizont bei *St. Martin bei Mels* (ca. 11,0 km von den Chessisstein-chöpf entfernt) nur durch Stollenbauten, die heute nicht mehr öffentlich zugänglich sind, erschlossen worden ist, ist für eine neue Erklärung des Eisenerzabsatzes an dieser Stelle sowie im Schilstal eine kurze Rekapitulation der Angaben von WEBER (1940) unumgänglich:

Die *drei* angefahrenen *Erzlinsen* haben einen nahezu kreisförmigen Durchmesser von höchstens 10 m Ausdehnung und 0,4 m Höhe. Obwohl bei allen Linsen Anzeichen starker tektonischer Beanspruchung vorhanden waren, indem die Erzmasse durch Klüfte und Scherflächen in meist faustgroße Stücke zerlegt worden war, erscheint eine ursprünglich völlig *konkordante Einlagerung im Verrucano* nach WEBER (1940) gesichert. Jener will aber keinen Unterschied zwischen dem Hangenden und dem Liegenden sowie eine scharfe Grenze Erz/Nebengestein festgestellt haben. Obwohl nach ihm auch keine seitlichen Vertaubungen der Erzlinsen vorkommen sollen, erwähnt er an *erzfreien Stellen des Erzhorizontes* bezeichnenderweise doch *Chloritmassen mit idiomorphen Pyrit-Kristallen,* also ganz ähnlich wie im Schilstal! Die *Struktur des Erzes* war in allen Linsen gleich, nämlich unvollkommen *faserig;* jenes selbst setzte sich vorwiegend aus *Hämatit,* etwas *Magnetit* und Spuren von kristallin-körnigem, bräunlichschwarzem *Hausmannit* zusammen. Ebenso war auf Klüften und Scherflächen überall *Pyrit* erkennbar, der nach Ansicht des Verfassers aber wohl zur Hauptsache als eine Folge der alpinen Überschiebung und einer gleichzeitig verlaufenden Anchimetamorphose regenerativ aus dem Erzhorizont dorthin verfrachtet worden sein dürfte. Obwohl sich WEBER (1940) nicht weiter zu Alter und Genese (ev. mechanische Einschiebung der Erzlinsen!?) dieser Roteisenerze im Verrucano geäußert hat, glaubte EPPRECHT (1946) darin trotz konkordanter Einlagerung Teilstücke von zerrissenen Erzgängen (Zufuhrkanälen) der Gonzenvererzung zu sehen, was vom Verfasser (1965b) schon vor einigen Jahren bezweifelt worden ist.

Anhand der eigenen Beobachtungen im Schilstal und dieser Angaben von WEBER (1940) könnte man sich an den *Erzabsatz im Schilstal* etwa in folgender Weise vorstellen:

Im Gefolge und als Nachhall der unterpermischen basischen Eruptiva, die heute noch im Kärpfgebiet (Kt. Glarus; AMSTUTZ, 1954, 1957; SCHIELLY, 1964) und am Calanda (Kt. Graubünden; BÄCHTIGER, 1965b) als Spilite und Keratophyre anstehen, zirkulierten innerhalb (AMSTUTZ, 1950; BÄCHTIGER, 1960b) und außerhalb (BÄCHTIGER, 1963) dieser Gesteine erzführende und erzleere Thermen und Mineralwässer, die sowohl die mit ihnen in Berührung kommenden Gesteine und ev. Erzvorkommen verändern als auch bei einem wesentlichen Stoffinhalt eigentliche neue chemische Absätze (ev. ein Teil des Trias-Dolomites?) bilden konnten. Da insbesondere für basische vulkanische Schmelzen chlorit- und sulfidhaltige Lösungen charakteristisch sind, könnten die *konkordanten Ausscheidungen von Chlorit mit Pyrit über dem gebleichten Verrucano bei*

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Mels gut als solche hydrothermale Absätze vulkanischer Herkunft gedeutet werden. Obwohl schon in manchen Spiliten, z. B. den Hämatit-Spiliten, wesentliche Mengen von Hämatit zur Ausfällung gelangen können, könnten die den Horizont aus Chlorit mit Pyrit begleitenden Linsen aus Roteisenstein durch einfache Auslaugung des Verrucanopigmentes entstanden sein, wobei die kreisrunde Form eine relativ gleichmäßige Diffusion von einem punktförmigen Zentrum aus voraussetzt, wofür eigentlich nur ein wässeriges Medium in Frage kommt — d. h.: Es handelt sich vermutlich auch bei St. Martin *um einen subaquatischen Erzabsatz* an der Erdoberfläche wie bei den ähnlichen Gonzenerzen. Während für jene aber von EPPRECHT (1946) wie von anderen Autoren für ähnliche Vererzungen weitgehend Exhalationen verantwortlich gemacht werden, hat HARDER (1964) in neuerer Zeit bereits auf die Möglichkeit der Herkunft aus *Eisensäuerlingen (?)* hingewiesen, wobei unter Umständen auch bei den semiterrestrischen bis subaquatischen Ablagerungen der obersten Trias ein ähnlicher Fall vorliegen könnte.

Etwa auf *dieselbe Weise* dürfte es auch zur Bildung der *zyklischen Roteisenvererzungen mit und ohne Chlorit und Eisensulfide* im Schilstal gekommen sein, wo vor allem die *Eisen/Kupfer-Sulfide* und die zeitweise reichen Absätze von *Chlorit* eine direkte Beziehung zu einem nicht allzu weit entfernten *Magmaherd* vermuten lassen. Der von KENNGOTT (1866) gemachte *Vergleich des gediegenen Kupfers* der Alp Prod mit den Vererzungen vom *Oberen See* in Nordamerika (ged. Kupfer in Felsitagglomeraten zwischen Basaltströmen) ist insofern *ganz zutreffend, als auch im Schilstal wie dort die sulfidischen Kupferlösungen erst durch die Anwesenheit von feinstverteiltem Hämatit reduziert und das Kupfer gediegen ausgefällt werden konnte.*

Eine völlig unerwartete und ganz überraschende *Beziehung* scheint sich nach Ansicht des Verfassers allmählich *zur Pyrit-Scheelit-Vererzung in der Quarten-Serie, im fraglichen Lias und im untersten Dogger am Calanda* (BÄCHTIGER et al. 1972) abzuzeichnen, indem einige frappante petrographisch-mineralogische Koinzidenzen an beiden Fundstellen *auch für die metallische Mineralisation am Calanda eine wohl telemagmatische, aber hydrothermal-sedimentäre, primäre Enstehung der Lagerstätte im Zeitraume oberste Trias — unterer Dogger annehmen lassen, die im Gefolge der alpinen Dislokation und Epimetamorphose unter Bildung von alpinen Zerrklüften regenerativ umgelagert worden wäre.*

Als *Kriterien* dafür können bis heute die folgenden Beobachtungen angeführt werden:

1. Der vom Verfasser (1969b, S. 277) erwähnte *rotgefärbte Dolomit* (dessen Entstehung mit alpinen Zerrklüften bis heute Rätsel aufgab!) mit der sicher *epigenetischen triassischen Kupfer-Vererzung von Fahlerz, Bournonit, gediegen Gold und Wulfenit im Röti-Dolomit* des Lascheintobels am Calanda entspricht ganz dem durch Hämatitbeimengungen stellenweise *dunkelrot* gefärbten knolligen *Röti-Dolomit* an den Chessisteinchöpf im Schilstal und

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

den in den Quarten-Sandsteinen eingesprengten Kupfersulfiden *Chalcopyrit, Bornit und Chalcosin.*

2. Der vom Verfasser (1969b, S. 287) erwähnte, nahezu *monomineralische Serizit-Schiefer* (richtigerweise Serizitit!) mit Lagen von sehr feinkörnigem *Pyrit* und reichlich *Leukoxen* im Querschlag der Grube „Tschengels" am Calanda könnte unter Berücksichtigung der Einwirkung der Epimetamorphose (z. B. Abwanderung der Karbonatkomponente und ev. von Fe!) ganz dem sicher chemisch und ev. auch hydrothermal abgesetzten karbonatreichen *Chloritschiefer mit Pyrit an den Chessisteinchöpf im Schilstal* entsprechen.

3. Die (vereinzelt noch *gelartig) vorliegenden „Pyrite" in der „Tschengelser Schiefer-Serie"* (± Kalkreiche Serizitschiefer mit Spatkalken und Echinodermen-Brekzien; BÄCHTIGER, 1969b, S. 279) von der Grube „Tschengels" bis zum mehrere 100 m entfernten „Taminser Grüebli" *sprechen infolge ihrer Horizontbeständigkeit eher für eine syn- bis epigenetische als rein alpidische Zufuhr.*

4. Der mit dieser *Pyrit-Mineralisation räumlich eng verknüpfte,* in Nestern und Lagen derb, in alpinen Zerrklüften auch idiomorph abgesetzte *Scheelit* könnte in diesem Falle *genetisch kaum gut verantwortbar von der syn- bis epigenetischen Pyrit-Mineralisation im Raume der Grube „Tschengels" abgetrennt werden und würde damit ebenfalls auf primärer, wenn auch regenerierter Lagerstätte vorliegen.*

5. Im Prinzip könnte nun *damit* auch die räumlich einige 100 m davon entfernte und getrennte *Arsenkies-gediegen Gold-Pyrit-Vererzung im Opalinusschiefer der Grube „Fliden" in Verbindung gebracht werden, da* trotz des heutigen Fehlens von Arsenkies in der darunter liegenden *„Tschengelser Schiefer-Serie"* dennoch stellenweise *Pseudomorphosen von Chlorit nach Arsenopyrit* festgestellt werden konnten. Die genauen Verhältnisse werden in nächster Zeit grundlegend abgeklärt.

Wie die vorliegende lokale Untersuchung der Eisen-Kupfer-Vererzung an den Chessisteinchöpf im hinteren Schilstal gezeigt hat, erfolgte durch sie völlig unbeabsichtigt und überraschend die teilweise Lösung einiger seit Jahren offenstehender Fragen, so z. B.

1. Das bereits von Kenngott (1866) erwähnte *gediegene Kupfer vom Flumser Großberg existiert in der WISER-Sammlung* der ETH Zürich und sein ungefährer Fundort konnte durch die bergbaugeschichtlichen Überlegungen in dieser Arbeit näher lokalisiert werden.

2. Der *bereits 1410 urkundlich erwähnte* und von Epprecht (1957) nicht näher lokalisierbare *Eisenbergbau in den Flumser Bergen* darf heute mit gutem Gewissen mit den Roteisenerzen im Raume der Chessisteinchöpf in Beziehung gebracht werden.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

3. Die noch bis vor kurzem als rein alpidische Zufuhr angesehene *Pyrit-Scheelit- und Pyrit-Arsenkies-gediegen Gold-Vererzung am Calanda könnte einer wohl telemagmatischen, aber syn- bis epigenetischen Primärlagerstättenbildung zur Zeit der obersten Trias bis untersten Doggers entsprechen.* Da noch viele Detailfragen ungeklärt sind, werden die Untersuchungen fortgesetzt.

Abschließend danke ich Herrn D. J. MARKUS für die seinerzeitige Einladung zu einer gemeinsamen Feldbegehung, Herrn E. SCHÄRLI (IKP-ETHZ) für die Herstellung der Präparate, Herrn R. GUBSER für die Mithilfe bei den Fotoaufnahmen und meiner Gattin für die mannigfache Hilfe im Gelände und im Labor.

Literatur

AMSTUTZ, Chr. (1949): Kupfererze in spilitischen Laven des Glarner Verrucano. Schweiz. Min. Petr. Mitt. (= SMPM) 29, 548—49.

AMSTUTZ, G. C. (1950): Kupfererze in den spilitischen Laven des Glarner Verrucano. SMPM 30, 182—91.

AMSTUTZ, G. C. (1954): Geologie und Petrographie der Ergußgesteine im Verrucano des Glarner Freiberges. 150 S., 69 Fig., 11 Tab., 12 Taf. Publ. Nr. 5 Stiftung „Vulkaninstitut Immanuel Friedlaender".

AMSTUTZ, G. C. (1957): Kleintektonische und stratigraphische Beobachtungen im Verrucano des Glarner Freiberges. Ecl. Geol. Helv. 50, 141—60.

BÄCHTIGER, K. (1958): Die Uranmineralisationen an der Mürtschenalp (Kt. Glarus, Schweiz). SMPM 38/2, 387—91.

BÄCHTIGER, K. (1960a): Die Kupfermineralisation an der Mürtschenalp (Kt. Glarus, Schweiz). N. Jb. Min. Abh. 94, 627—35.

BÄCHTIGER, K. (1960b): Ein neues intramagmatisches Kupfervorkommen in den Keratophyrlaven des Gandstock (Kt. Glarus, Schweiz). SMPM 40/2, 279—88.

BÄCHTIGER, K. (1963): Die Kupfer- und Uranmineralisationen der Mürtschenalp (Kt. Glarus, Schweiz). Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Ser. Lfg. 38. 113 S., 35 Fig., 2 Tab., 4 Taf., 1 geol. Karte. Bern. Kümmerly & Frey.

BÄCHTIGER, K. (1965a): Brookit aus einer alpinen Zerrkluft der oligozänen Dachschieferserie bei Mastrils (Kt. Graubünden). SMPM 45, 139—52.

BÄCHTIGER, K. (1965b): Intramagmatische Manganerze in einer permischen Eruptivserie des Taminser Kristallins bei Felsberg (GR). Verh. Schweiz. Natf. Ges. 102—6.

BÄCHTIGER, K. (1966): Pillow-Laven im „Taminser Kristallin" bei Felsberg (Kt. Graubünden). Vjschr. Natf. Ges. Zürich, Jg. 111/4, 319—29.

BÄCHTIGER, K. (1967): Die neuen Goldfunde aus dem alten Goldbergwerk „Goldene Sonne" am Calanda (Kt. Graubünden). SMPM 47/2, 643—57.

BÄCHTIGER, K. (1968/1969): Die alte Goldmine „Goldene Sonne" am Calanda (Kt. Graubünden) und der gegenwärtige Stand ihrer Erforschung. *1. Teil:* Historisches. Schweizer Strahler (SS), 2. Jg. Nr. 4, 170—78 (1968); *2. Teil:* Tektonik und Geologie (Allgemeines und „Taminser Kristallin"). SS, 3. Jg., Nr. 1, 202—12 (1969a); *3. Teil:* Tektonik und Geologie (Trias und Dogger). SS, 3. Jg., Nr. 3, 276—89 (1969b).

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at
BÄCHTIGER, K. (1971): On the origin of native gold, quartz crystals and thermal water in the surroundings of Calanda mountain (Kt. Graubünden and Kt. St. Gallen). SMPM Upper Mantle Project, Final Report of Switzerland 51, 2/3, 585—86.
BÄCHTIGER, K. (1974): Die alpidische Gold-Wolfram-Vererzung am Calanda bei Chur (Kt. Graubünden). Fortschr. Min. Bd. 52, Beih. 2, 3—5.
BÄCHTIGER, K., BAYER, G. und CORLETT, M. (1968): Komponenten der Enargit-Gruppe als paragenetische Bestandteile der Kupfervererzung im Röti-Dolomit der Alp Tobelwald im Murgtal (Kt. St. Gallen). SMPM 48/3, 832—35.
BÄCHTIGER, K., RÜDLINGER, G. und CABALZAR, W. (1972): Scheelit in Quarz- und Fluorit-Gängen am Calanda (Kt. Graubünden). SMPM 52/3, 561—63.
BRUNNSCHWEILER, R. O. (1948): Beiträge zur Kenntnis der Helvetischen Trias östlich des Klausenpasses. Zürich. Diss. Univ. 166 S., 12 Fig., 3 Taf.
BRUNNSCHWEILER, R. O. (1959): Zur Verrucano-Trias-Tektonik der Glarner Decken. Ecl. Geol. Helv. 52/2, 519—46.
CADISCH, J. (1939): Die Erzvorkommen am Calanda, Kantone Graubünden und St. Gallen. SMPM 19/1—20.
CADISCH, J. (1953): Geologie der Schweizer Alpen. 2. Aufl. Basel. Wepf & Co. 480 S., 59 Fig., div. Tab., 2 Taf.
DEICKE, J. C. (1858): Über das Vorkommen der Blei-, Kupfer-, Nickel- und Silbererze in der Schweiz. Berg- u. Hüttenm. Ztg., Freiberg, Nr. 20, 177—80.
DEICKE, J. C. (1860): Nachträge über das Vorkommen des Goldes im Goldbergwerk zur goldenen Sonne im Kanton Graubünden. Berg- u. Hüttenm. Ztg. Freiberg. Jg. 19, Nr. 12, 119—20.
EPPRECHT, W. (1946): Die Eisen- und Manganerze des Gonzen. Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Ser. Lfg. 24, 128 S., 34 Fig., 13 Tab., 1 Taf. Bern. Kümmerly & Frey.
EPPRECHT, W. (1957): Unbekannte schweizerische Eisenerzgruben sowie Inventar und Karte aller Eisen- und Manganerzvorkommen der Schweiz. SMPM 37, 217—46. Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Ser. Kl. Mitt. Nr. 19.
EUGSTER, H. (1923): Die Eisenerzlagerstätten im Val Tisch und Val Plazbi. In: Die Eisen- und Manganerze der Schweiz. Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Ser. Lfg. 13, Bd. 1.
FREY, M. (1969): Die Metamorphose des Keupers vom Tafeljura bis zum Lukmaniergebiet. Beitr. Geol. Karte Schweiz, NF. 137, 160 S., 51 Fig., 49 Tab.
FRIEDLAENDER, C. (1930): Erzvorkommnisse des Bündner Oberlandes und ihre Begleitgesteine. Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Ser. Lfg. 16, H. 1, 70 S., 9 Fig., 1 Tab., 3 Taf.
GRÜNENFELDER, M. (1956): Petrographie des Roffna-Kristallins in Mittelbünden und seine Eisenvererzung. Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Ser. Lfg. 35, 57 S., 29 Fig., 5 Tab., 3 Taf.
HARDER, H. (1964): Können Eisensäuerlinge die Genese der Lahn-Dill-Erze erklären? Beitr. Min. Petr. 9, 379—422.
HEER, O. (1865): Die Urwelt der Schweiz. Zürich. Schulthess. 622 S., 368 Fig., 18 Taf., 1 Karte.
KENNGOTT, A. (1866): Die Minerale der Schweiz nach ihren Eigenschaften und Fundorten ausführlich beschrieben. Leipzig. Engelmann. 460 S., 87 Holzschnitte.
KÜNDIG, E., u. de QUERVAIN, F. (1953): Fundstellen mineralischer Rohstoffe in der Schweiz. Kümmerly & Frey. 214 S., 3 Taf., 1 Karte.
MARKUS, J. (1967): Geologische Untersuchungen in den Flumserbergen (St. Galler Oberland). Uster. Zimmermann. Diss. Univ. Zürich. 117 S., 26 Fig.
NIGGLI, P. (1948): Gesteine und Minerallagerstätten. Basel. Birkhäuser. 540 S., 335 Fig., 43 Tab.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

NIGGLI, P., KOENIGSBERGER, J., u. PARKER, R. L. (1940): Die Mineralien der Schweizer Alpen. Basel. Wepf & Co. Bd. I. 300 S., 174 Fig., 15 Taf.; Bd. II. S. 305—661, Fig. 175—251, Taf. 16—21, 4 Photogravüren, div. Tab.

OBERHOLZER, J. (1933): Geologie der Glarner Alpen. Beitr. Geol. Karte Schweiz. NF 28, m. Atlasbd. 626 S., 90 Fig.

PLATTNER, P. (1878): Geschichte des Bergbaues der östlichen Schweiz. Chur.

RAMDOHR, P. (1960): Die Erzmineralien und ihre Verwachsungen. 3. Aufl. Berlin. Akademie. 1089 S., 688 Abb.

SCHIELLY, H. (1964): Geologische Untersuchungen im Deckengebiet des westlichen Freiberges (Kt. Glarus). Diss. Univ. Zürich. Mitt. Natf. Ges. Kt. Glarus, H. XII, 293 S., 57 Fig., 11 Taf., 4 Profiltaf.

SCHNEIDERHÖHN, H. (1941): Lehrbuch der Erzlagerstätten. Bd. I. Die Lagerstätten der magmatischen Abfolge. Jena. Gustav Fischer. 858 S., 264 Abb., 44 Tab.

SCHNEIDERHÖHN, H. (1955): Erzlagerstätten. Kurzvorles. z. Einführ. u. Wiederh. Stuttgart. Fischer. 3. Aufl. 375 S., 62 Tab.

STALDER, H. A., de QUERVAIN, F., NIGGLI, E. u. GRAESER, St. (1973): Die Mineralfunde der Schweiz. Neubearb. R. L. Parker „Die Mineralfunde der Schweizer Alpen". Basel. Wepf & Co. 433 S., 159 Fig., 53 Taf.

STÖHR, E. (1865): Die Kupfererze an der Mürtschenalp und der auf ihnen geführte Bergbau. N. Denkschr. Schweiz. Natf. Ges. 21. 36 S., 3 Tab., 4 Taf.

STUCKY, K. (1960): Die Eisen- und Manganerze in der Trias des Val Ferrera. Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Ser. Lfg. 37. 68 S., 20 Fig., 8 Tab., 3 Taf.

TRÖGER, G. (1860): Über den Kupfer- und Silberbergbau an der Mürtschenalp im Canton Glarus der Schweiz. Berg- u. Hüttenm. Ztg. Freiberg. 305—12.

TRÜMPY, R. (1949): Der Lias der Glarner Alpen. Denkschr. Schweiz. Natf. Ges. 192 S., 22 Fig., 1 Tab., 4 Taf.

WEBER, E. (1940): Eisenerzvorkommen im Verrucano westlich St. Martin bei Mels. Ecl. Geol. Helv. 33, 185—88.

Geol. Karten:

OBERHOLZER, J. (1920): Geol. Karte der Alpen zwischen Linthgebiet und Rhein (Flumser Alpen, Graue Hörner, Ringelspitz, Calanda). 1 : 50 000. Spez. Karte Nr. 63, Schweiz. Geol. Komm.

OBERHOLZER, J. (1942): Geol. Karte des Kt. Glarus. 1 : 50 000. Spez. Karte Nr. 117, Schweiz. Geol. Komm.

Anschrift des Verfassers: Dr. Kurt BÄCHTIGER
Institut für Kristallographie und Petrographie der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich (IKP-ETHZ)
CH-8006 Zürich, Schweiz

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Archiv für Lagerstättenforschung in den Ostalpen

Jahr/Year: 1974

Band/Volume: SB_2

Autor(en)/Author(s): Bächtiger Kurt

Artikel/Article: Syngenetisch-stratiforme Hämatit- und Pyrit-Vererzungen mit Chlorit und Imprägnationen von Kupfer-Sulfiden in der Quarten-Serie (Keuper) des Schilstales (St. Galler Oberland) 17-49