

BEITRÄGE ZUR GEOLOGIE DER SCHWEIZ
KLEINERE MITTEILUNGEN

Nr. 27

**Die Vererzungen im Kristallin der Errdecke
im Gebiet von Grevasalvas am Julierpass**

von

R. SAAGER

Vorwort der Schweizerischen Geotechnischen Kommission

Herr R. Saager behandelte in einer Diplomarbeit an der ETH die Vererzungen im Kristallin der Errdecke im Gebiet von Grevasalvas am Julierpass, über die bisher nur zum kleinen Teil Veröffentlichungen vorlagen. Die wesentlicheren Ergebnisse stellte er der Schweizerischen Geotechnischen Kommission für die Serie „Kleinere Mitteilungen“ zur Verfügung. Dafür sei dem Autor der beste Dank ausgesprochen.

Für den Inhalt von Text und Figuren ist der Autor allein verantwortlich.

Zürich, Oktober 1962.

Der Präsident: Prof. F. DE QUERVAIN

Die Vererzungen im Kristallin der Errdecke im Gebiet von Grevasalvas am Julierpass¹⁾

Von *R. Saager* (Zürich)

Mit 7 Textfiguren

I. Geographische Lage

Das Untersuchungsgebiet umfasst im wesentlichen das Hochtal des Val Grevasalvas, ein typisches Kar, mit dem 2390 m hohen Lej Grevasalvas als Zentrum, ungefähr 1,5 km südwestlich der Julierpasshöhe (Fig. 1). Den randlichen Abschluss dieses Kessels bilden im Osten der Piz dellas Colonnas und die steile Westwand des Piz Lagrev, im Westen die beiden Gipfel des Piz d'Emmat Dadaint und des Piz d'Emmat Dadora. Im Süden bilden der Passübergang ins Engadin und im Norden die Steilstufe ins Juliertal den Abschluss. Im Talkessel findet sich eine ausgeprägte Glaziallandschaft mit Rundhöckern, Moränenwällen, vielen kleinen Seen und Sumpfflächen, die verlandeten Seen entsprechen. Der Lej Grevasalvas lässt sich über den Saumpfad, der die Julierstrasse auf der Alp Surganda verlässt, in etwa 50 Minuten erreichen; vom See sind es noch etwa 20 Minuten zu den Vererzungen, die direkt rechts am Weg zur Fuorela Grevasalvas auf rund 2460 m Höhe liegen. Ein anderer, etwas kürzerer Weg führt von der Veduta unterhalb der Julierpasshöhe über Schutthalden und Moränenhügel einem Hauptdolomitband entlang in etwa 30 Minuten zum See.

II. Historisches

Vererzungen im Val Grevasalvas wurden erstmals von CORNELIUS in der 1912 erschienenen Dissertation „Petrographische Untersuchungen

¹⁾ Erscheint gleichzeitig als „Beiträge zur Geologie der Schweiz, Kleinere Mitteilungen, Nr. 27“.

in den Bergen zwischen Septimer- und Julierpass“ beschrieben. Er erwähnte dort einen von Pyritkörnern reich durchsetzten Quarzit. Eine genetische Deutung gab CORNELIUS erst 1935 in der Monographie „Geologie der Err-Julier-Gruppe“, wo er den Pyritquarzit als ein umgewandeltes klastisches Produkt eines Pyritganges auffasste.

Als in der Folge des zweiten Weltkrieges dann die Prospektion schweizerischer Erzlager wieder aktiviert wurde, unterbreitete BURFORD im Jahre 1942 dem Bureau für Bergbau den Vorschlag, die von CORNELIUS kartierten Pyritquarzitvorkommen nach bergmännischen Gesichtspunkten zu untersuchen. BURFORD entdeckte bald darauf das Pyrit-Zinkblende-Bleiglanzvorkommen oberhalb des Grevasalvassees, welches aber mit den von CORNELIUS erwähnten Vorkommen nicht identisch ist. In den Monaten August bis Oktober unternahm BURFORD mit einigen Arbeitern Probeschürfungen an den Erzblockfundstellen. Die Schürfungen legten jedoch nur die Verwitterungszone (Limonit) frei, so dass es ihm nicht möglich war, hier eine Durchschnittsprobe sulfidischer Erze zu entnehmen. Infolge Schneefalls und wegen der fortgeschrittenen Jahreszeit wurden dann die Arbeiten im Oktober eingestellt und nicht mehr aufgenommen. Interessant ist in diesem Zusammenhang noch ein Hinweis von ALTHAUS, er stiess in einer schmalen, gewundenen, höhlenähnlichen Spalte von 6 Metern Länge beim Ausräumen des Schuttmaterials auf ein ca. 60 cm langes Brett aus Lärchenholz. ALTHAUS und BURFORD lassen dabei die Frage offen, ob es sich dabei um den Anfang eines alten Schürfstollens oder nur um ein Erosionsloch handle. Bei meinen Gelandearbeiten im Sommer 1960, der durch seine nasse und kalte Witterung ausgezeichnet war, traf ich die Spalte vollkommen mit Wasser ausgefüllt, so dass mir weitere genaue Nachforschungen verunmöglicht wurden. In Bivio war auch nichts über Schürfungen oder einen Erzabbau in früheren Zeiten zu erfahren.

III. Geologie und Tektonik

Am Aufbau des Gebietes um den Grevasalvassee nimmt die Errdecke den grössten Teil ein. Sie umfasst hier fast nur kristalline Gesteine, an der Basis Granit (Piz Grevasalvas und Piz Nalar), er unterscheidet sich nicht wesentlich von den üblichen grünen Juliergraniten. Über dem Granit liegen paläozoische Quarzphyllite, die die Blei-Zinkvererzungen enthalten, und Nairporphyroid, ein epimetamorpher Quarzporphyr. Paläozoisch sind auch die rötlich violetten, feinklastischen Sericitschiefer

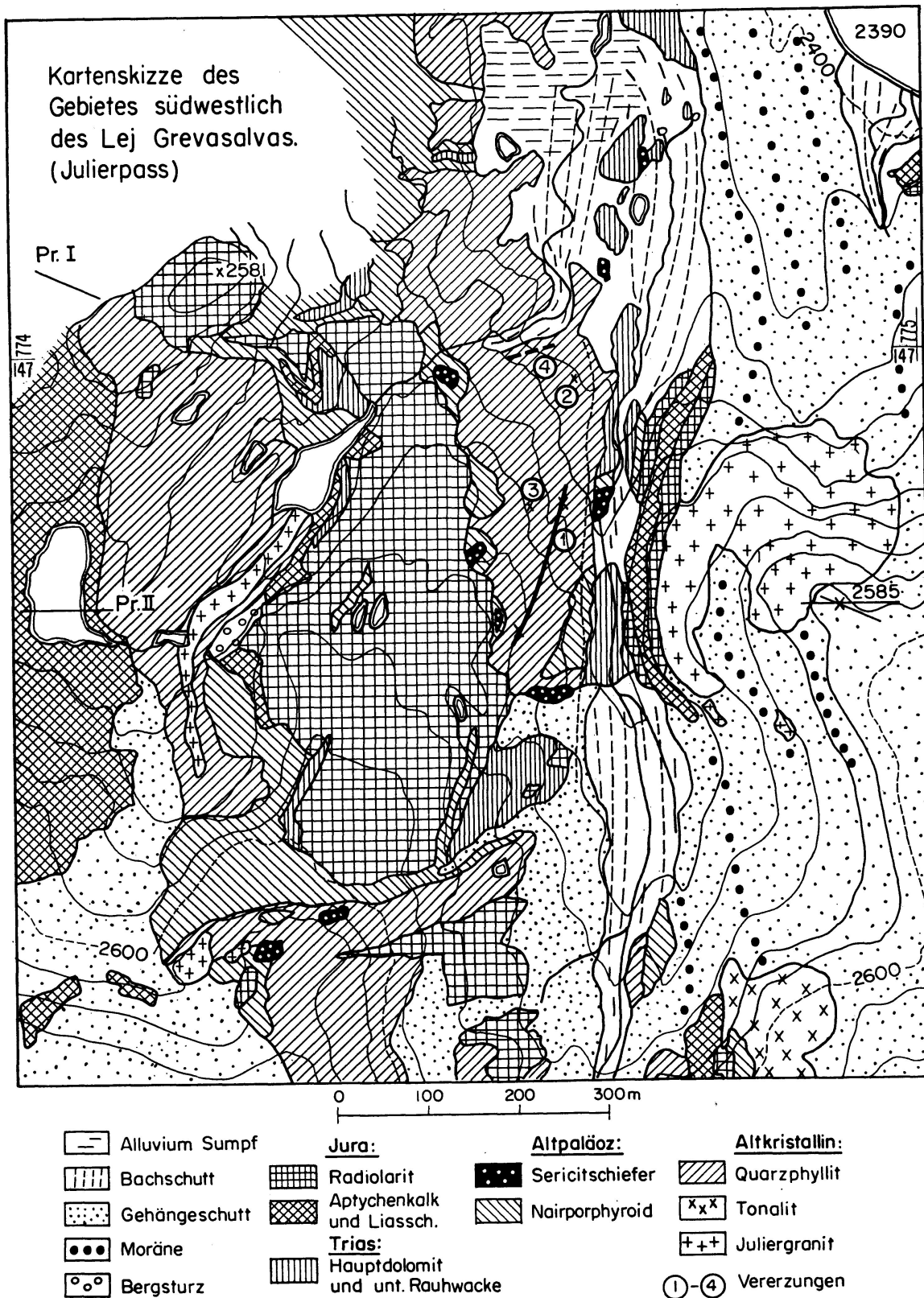


Fig. 1. Kartenskizze des Gebietes südwestlich des Lej Grevasalvas (Julierpass).

im Hangenden des Nairporphyroides, wahrscheinlich ein Aufbereitungsprodukt desselben. Im Bereiche des Talkessels treten noch triadische Sedimente auf, hauptsächlich Hauptdolomit und Rauhwacke, die CORNELIUS als Obere See-Synklinale bezeichnet.

Über die Errdecke schiebt sich am Ostrand des Grevasalvaskessels die Berninadecke mit einer östlich einfallenden Schubfläche. Der unmittelbare Kontakt zwischen der Err- und der Berninadecke wird hier durch eine liegende, Nord-Süd streichende Antiklinale, den Oberen Grevasalvas-Keil, getrennt. Die Antiklinale enthält Liasschiefer im Kern, im Hangenden und Liegenden Aptychenkalk und Radiolarit als umhüllender Mantel, alles isoklinal nach Osten einfallend. Ebenfalls zum oberen Grevasalvas-Keil gehört das diskordant auf Quarzphyllit und Nairporphyroid liegende Radiolaritplateau westlich der Vererzungszone. Kleine Synklinalen von Nairporphyroid mit rötlichbraunem Sericitschiefer im Zentrum liegen hier auf der Ostseite des Plateaus am Kontakt zwischen Oberem Grevasalvas-Keil und Errdecke. Im Westen wird das Plateau von Aptychenkalk, Triasdolomit und Nairporphyroid unterlagert. CORNELIUS deutet den Oberen Grevasalvas-Keil als eingewickelter Element der tieferen Carungasdecke. Die Schubfläche zwischen Err- und Carungasdecke finden wir direkt östlich des oberen Seeleins, wo der steil nach Osten einfallende Aptychenkalk, der die Ostwand des Piz d'Emmat Dadora aufbaut, mit einer Zwischenschaltung von etwas Lias-schiefer unter den Quarzphyllit taucht und mit ihm einen deutlichen Kontakt bildet, der hier ziemlich genau Nord-Süd verläuft (Fig. 1 und 2). Die wichtigsten Arbeiten über die unterostalpinen Decken des Untersuchungsgebietes sind die Dissertation und die Monographie von CORNELIUS über die Err-Julier-Gruppe aus den Jahren 1912, 1935 und 1950 und die 1948 erschienene Arbeit von STAUB über den Bau der Gebirge zwischen Samaden und Julierpass.

IV. Die Vererzungen

a) Situation

Die Vererzungszone bildet ein langgestrecktes Rechteck von ungefähr 400 Meter Länge und 100 Meter Breite, auf einer mittleren Höhe von 2460 m, etwa 600 Meter südwestlich des Lej Grevasalvas. Die mittlere Koordinate beträgt 774.725/146.950. Im Felde konnten vier Fundstellen

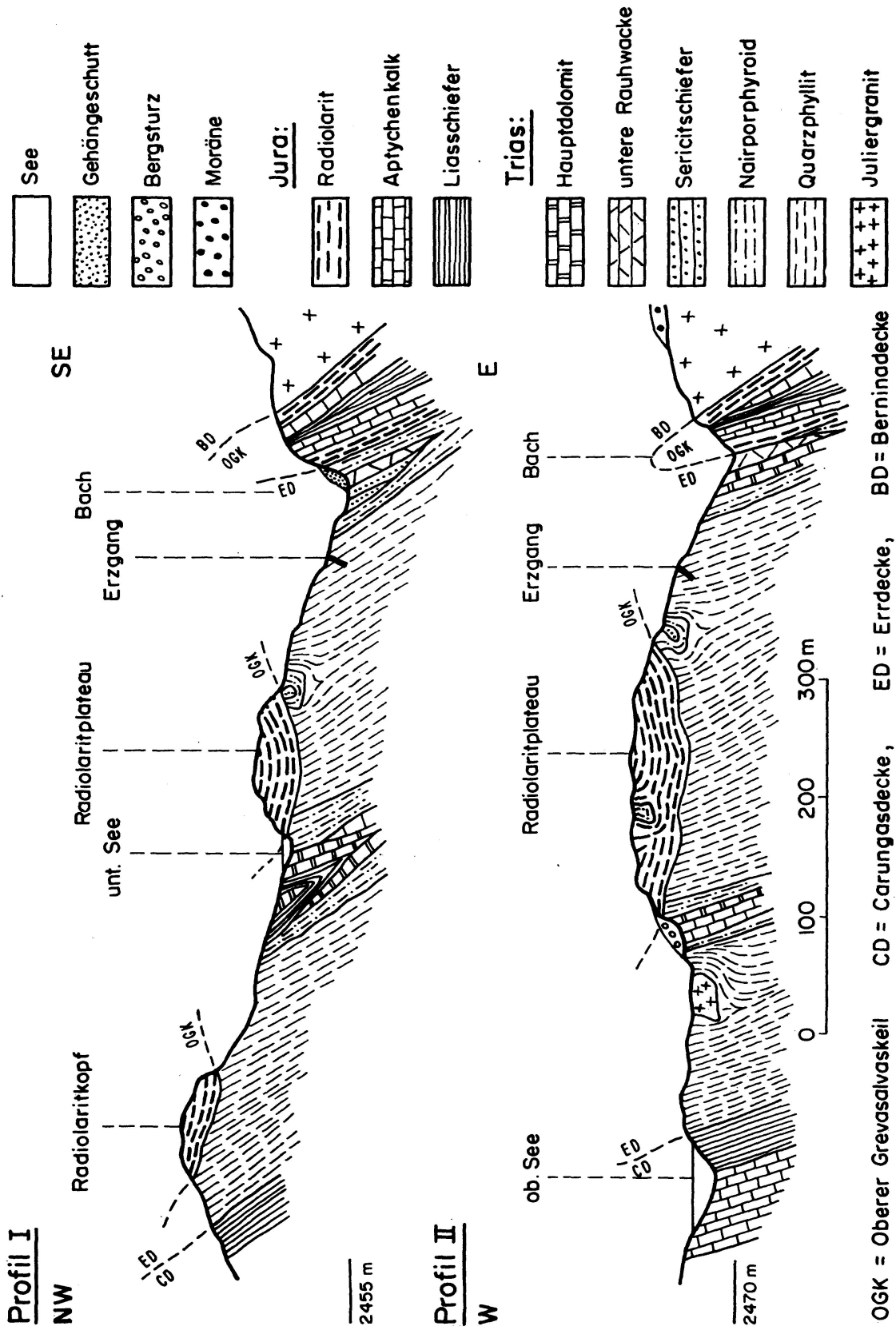


Fig. 2. Profile durch das Radiolaritplateau im Grevasalvasgebiet.

unterschieden werden, die in den Skizzen und im weitem Text mit den Ziffern eins bis vier bezeichnet werden (Fig. 1 und 3).

b) Das Nebengestein

Das Nebengestein aller anstehenden Fundstellen ist der stark beanspruchte, knorrig-schiefrige *Quarzphyllit*. In der Nähe der Fundstellen ist er durch die Verwitterung vollkommen dunkelschokoladebraun gefärbt; sonst zeigt er jedoch makroskopisch eine unscheinbare grünlich-graue Farbe. Er ist mit Chlorit- und Muskowithäutchen durchsetzt und infolge des hohen Sericitgehaltes seidig glänzend. Am Handstück ist, abgesehen von der rostigen Verwitterungsfarbe, kein Unterschied zum Quarzphyllit anderer Aufschlüsse festzustellen. Im Dünnschliff beobachtet man folgendes:

Mineralbestand	Hauptgemengteile: Quarz, Sericit, Muskovit
	Nebengemengteile: Chlorit, Turmalin
	Akzessorien: Zirkon, Apatit, Graphit
	Sek. Bildungen: Limonit, Calcit

Der Quarz ist hypidiomorph bis vorwiegend xenomorph. Er ist stark tektonisch beansprucht, kataklastisch zerbrochen und löscht undulös aus. Hauptsächlich kommt er in stark verfäلتelten Lagen vor, die zwischen Sericit, Muskovit und Chlorit liegen. Die Quarzindividuen sind nach der Lagentextur gestreckt, passen sich etwas der Faltung an und sind schwach verbogen. In den Quarzlagen sind die Individuen stark verzahnt, häufig findet man in den Faltenbogen eine Zerreiſsung des spröden Quarzes, in die Risse wurde dann der plastischere Glimmer hineingepresst. Sericit und Muskovit sind die häufigsten Gemengteile. Der Sericit liegt in fasrig dünnen Schuppen schlierig zwischen den Quarzlagen, in der Sericitmasse sind grössere Pakete von Muskovit, die häufig völlig schief zur Schieferung abgeschert sind. Diese Muskovitpakete sind farblos und stechen neben den grünlich gefärbten Sericitschuppen deutlich hervor. Chlorit ist schwach pleochroitisch von gelb- nach hellgrün; er ist optisch negativ und besitzt einen Achsenwinkel von wenigen Graden, es handelt sich bei ihm wahrscheinlich um Pennin. Der Turmalin kommt in idiomorphen, sehr schön ausgebildeten Stengelchen vor, die meistens nach der Schieferung gerichtet im Glimmer schwimmen. Basisquerschnitte zeigen deutlich hexagonale Formen von Pinakoiden. Der Pleochroismus ist sehr ausgeprägt von grün in der stärksten Absorptions-

stellung zu beinahe farblos bis gelblich in der schwächsten, es handelt sich wohl um Schörl. Limonit ist häufig, meistens in pseudomorphen Würfel- und Pentagondodekaeder-Querschnitten des Pyrites. Er kommt in Nestern, aber auch schnurartig aneinandergereiht vorwiegend im Sericit vor. Frische Pyritkörner konnten nur vereinzelt beobachtet werden. In grossen Fetzen kommt Calcit vor, meistens in typischen Rhomboedern, es sind wahrscheinlich sekundäre Bildungen. Apatit und Zirkon beobachtet man vereinzelt, der Zirkon bildet dabei häufig im Chlorit braune, pleochroitische Höfe. Sehr häufig fand ich in gewissen Dünnschliffen ein dunkles, graphitisches Pigment, manchmal sehr fein wolkig verteilt, aber auch in relativ grossen, opaken, im Auflicht weissgeblich reflektierenden Schuppen im Glimmer schwimmend. Struktur: Lepidoblastisch mit granoblastischen Quarzlagen. Textur: Immer lagig, verworren gefaltet.

Das Alter des Quarzphyllites deutet CORNELIUS als altpaläozoisch bis vorpaläozoisch. Als Gründe gibt er die Lagerungsverhältnisse im Grevasalvaskessel an, wo Nairporphyroid, ein paläozoischer, epimetamorpher Quarzporphyr, auf Quarzphyllit auflagert, und das Vorkommen von Bruchstücken und Geröllen von Quarzphyllit in der paläozoischen Lavatèra-Brekzie südöstlich des Piz Materdell sowie in wahrscheinlich karbonischen Konglomeraten in der Albulagegend. Sicher haben die oberkarbonischen bis unterpermischen Eruptiva — STAUB wies Schollenkontakte mit karbonischen Schieferen, Arkosen und Konglomeraten nach — den Quarzphyllit durchbrochen; sie sind ähnlich wie der Aaregranit in eine alt- bis vorpaläozoische Schieferhülle eingedrungen.

c) Fundstelle 1

Direkt rechts neben dem Pfad zur Fuorcla Grevasalvas befindet sich das ausgedehnteste Vorkommen der Vererzungszone. Es handelt sich um einen Gang, der den 50° bis 60° nach Osten einfallenden, verschuppten Quarzphyllit diskordant durchzieht und 80° nach Westen einfällt; sein Streichen beträgt 15° bis 20° über Osten. Der Gang bildet eine ungefähr 1,5 m breite Furche, die sich im Gelände morphologisch deutlich abzeichnet und sich dabei auf einer Länge von 200 m verfolgen lässt. Die Furche überwindet dabei eine Höhendifferenz von 70 m und endet direkt nördlich des Radiolarites (Fig. 1 und 3). Unter der Bedeckung eines lockeren, stark zerfressenen Materials — die Handstücke zeigen dabei Hohlräume von vollständig herausgewitterten Pyritindividuen —

folgt eine zähe, limonitische Masse mit viel Quarz. Trotz Sprengungen erreichte BURFORD die sulfidische Zone nicht, so dass heute nur die Verwitterungszone, der Eiserne Hut eines sulfidischen, Pyrit, Bleiglanz und wahrscheinlich Zinkblende führenden Ganges, mit vorwiegend Quarz als Gangart bekannt ist. Leider war es unmöglich aus den zu stark verwitterten Proben erfolgversprechende Schliffe herzustellen.

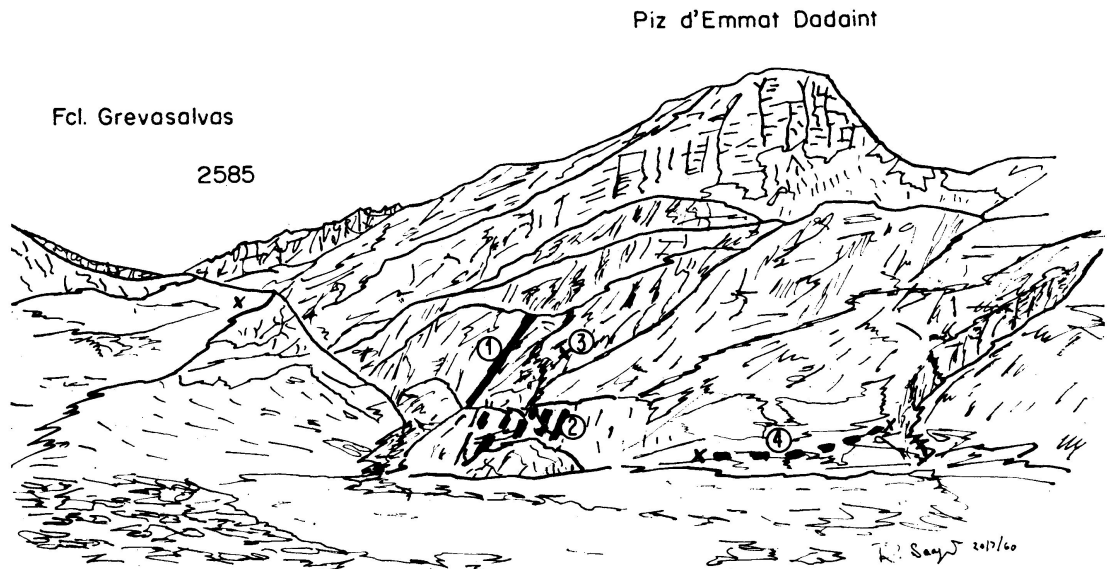


Fig. 3. Skizze von einem Triaskopf oberhalb des Grevasalvassees südlich gegen die Fuorcla Grevasalvas mit den Erzfundstellen 1 bis 4 im Zentrum.

d) Fundstelle 2

Es ist eine mylonitische Zone, ungefähr zwei Meter breit und acht Meter lang, die konkordant lagergangartig im Quarzphyllit liegt und gegen Nordosten einfällt. Die Zone geht oben in ein Felsband über und verschwindet unten unter dem Gehängeschutt (Fig. 1 und 3). Die Dünnschliffe des Quarzphyllites zeigen hier einen sehr hohen Gehalt an graphitischem Pigment. 1942 wurden hier ungefähr 10 m³ Oberflächenbedeckung weggeschafft und eine stark limonitisierte, erzführende Schicht erreicht, die zur Hauptsache aus schwammähnlichen, porösen Quarzlinsen bestand. Etwas tiefer finden sich dann Bleiglanzknauer von einer Länge bis zu 12 cm. Heute sind diese Schürfstellen wieder fast vollkommen verschüttet, was die Probennahme natürlich sehr erschwert. Die Knauer sind poröse, mit schönen Hohlräumen, die Pyritformen verraten, durchsetzte Blöcke, die viel Limonit und Bleiglanz in Nestern

enthalten. Pyrit und Zinkblende sind fast vollkommen wegelaugt, da sie ja nicht so resistent wie der Bleiglanz sind. Einzelne Linsen von hohem Quarzgehalt sind unregelmässig in der Zone verteilt und gegeneinander etwas verstellt.

e) Fundstelle 3

Es ist dies die schon weiter oben erwähnte höhlenähnliche, stark gewundene Spalte, ungefähr 6 m lang und 147° nach Nordosten verlaufend (Fig. 1 und 3). Etwa 2 m in der Spalte liegt eine fremd anmutende Linse im Quarzphyllit, die unter einer dünnen Oxydationsschicht eine hellgraue, von vielen Pyritkörnern durchsetzte, weiche Masse enthält. Der Dünnschliff zeigt, dass es sich dabei eindeutig um den von CORNELIUS an der Roccabella und am Piz Nair schon kartierten Pyritquarzit handelt. Eventuell könnte die Spalte weitgehend mit diesem Pyritquarzit aufgefüllt gewesen sein, der dann zum grossen Teil aufgelöst wurde und verwitterte. Ich fand einige Blöcke dieses Pyritquarzites unterhalb der Spalte, vollkommen ausgelaugt und zerstört, so dass nur eine schaumig poröse, bimssteinartige Masse zurückblieb, die dem ursprünglichen Quarzitgrundgewebe entspricht.

f) Fundstelle 4

Dieses Vorkommen liegt rechts vom Vorkommen 2, wenige Meter über dem Bachbett des Ausflusses aus den beiden Seelein östlich des Piz d'Emmat Dadora. Es finden sich im Gehängeschutt auf einer Strecke von ca. 100 m scharfkantige Erzblöcke, die einen Maximaldurchmesser von 30 cm besitzen und immer von einer dünnen, intensiv gefärbten Verwitterungskruste bedeckt sind (Fig. 1 und 3). Die Blöcke bestehen vorwiegend aus Pyrit, Zinkblende und Bleiglanz und sind die frischesten Erzstücke, die ich in der Vererzungszone fand; Anstehendes konnte ich leider nicht finden. Eine mögliche Herkunft der Blöcke werde ich später noch diskutieren. BURFORD vermutete zunächst einen Gang unter dem Gehängeschutt und liess deshalb einen Schürfgraben ausheben. Er fand zahlreiche dieser Erzblöcke im obersten Teil des Grabens, nach der Tiefe zu nahm die Anzahl der Blöcke ab, so dass BURFORD es als wenig wahrscheinlich erachtete, auf einen Gang oder ein Lager zu stossen und die Schürfungen aufgab.

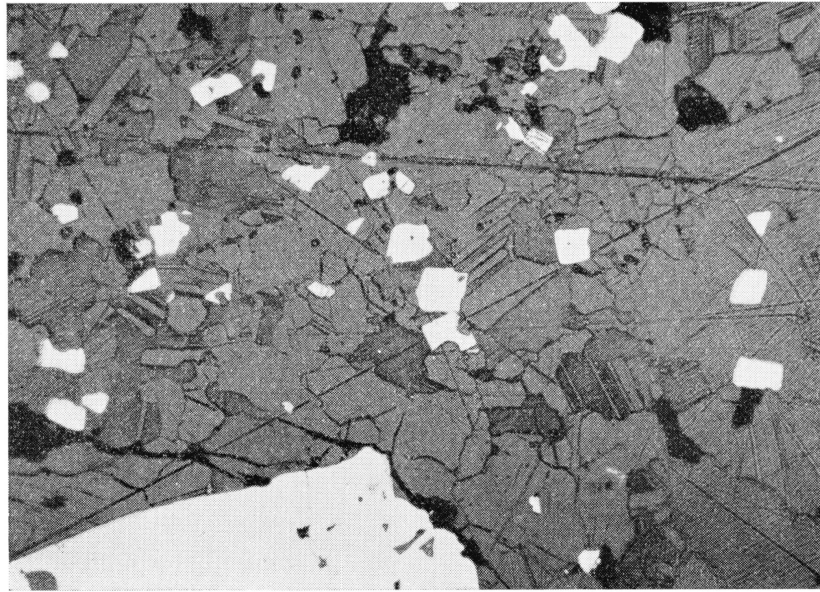


Fig. 4. Geätzte, lamellierte Zinkblende (dunkel) mit Pyrit II (hell) als kleinere rechteckige Einschlüsse und Pyrit I (grosses Korn am untern Rand). Fundstelle 4. $280\times$.

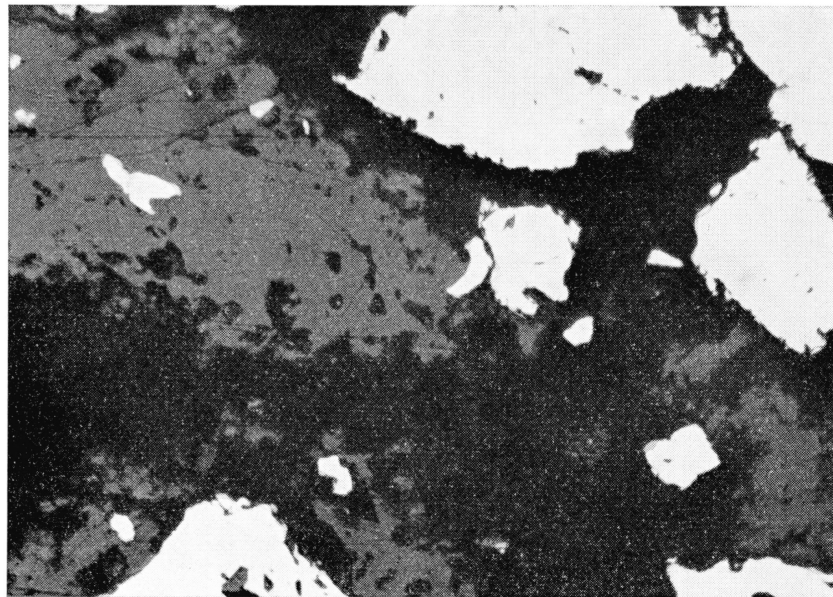


Fig. 5. Pyritquarzit. Pyritidioblasten (hell) vergesellschaftet mit Faserquarz (schwarz) und Zinkblende (dunkelgrau) mit Pyriteinschlüssen. Fundstelle 3. $280\times$.

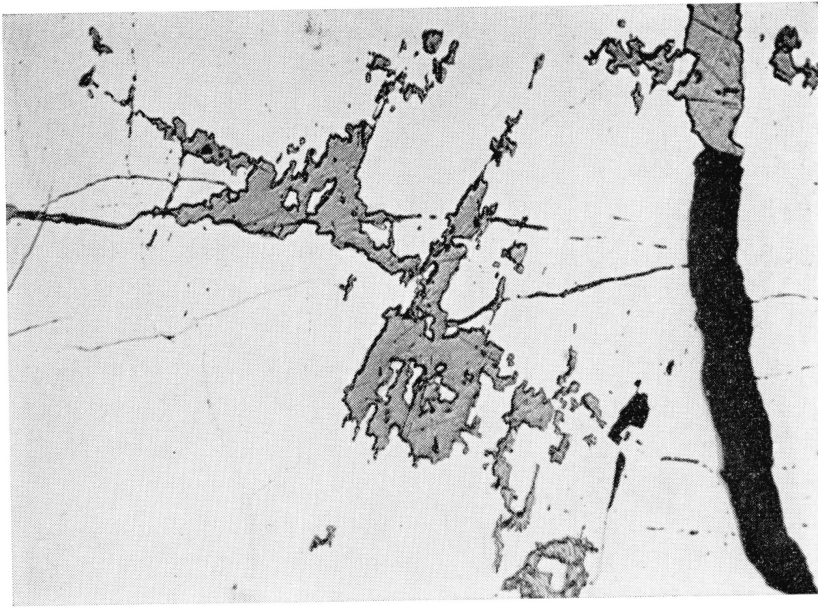


Fig. 6. Intensive Verdrängung von Pyrit (hell) durch Bleiglanz (grau). Fundstelle 2.
340 $\times$.

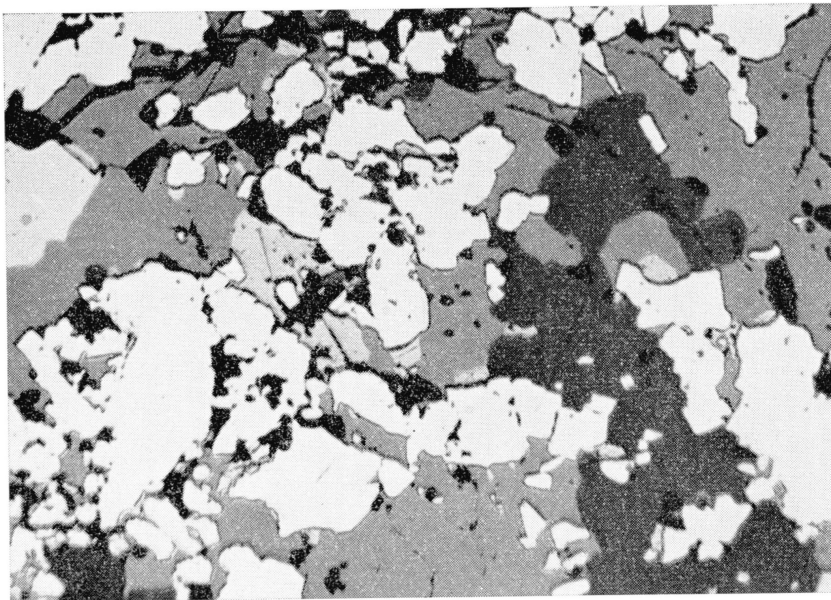


Fig. 7. Vergesellschaftung von Pyrit (weiss), Bleiglanz (hellgrau), Fahlerz (grau) und Zinkblende (dunkelgrau). Gangart (schwarz). Fundstelle 4. 280 $\times$.

g) Die Erzminerale

Die Fundstellen 1, 2 und 4 besitzen zur Hauptsache die gleiche Mineralvergesellschaftung, so dass sie hier zusammen besprochen werden können. Die Fundstelle 3, der Pyritquarzit, wird gesondert besprochen, da seine Ausbildung vom sonstigen Typus abweicht.

In der Reihenfolge ihrer Häufigkeit kommen vor: Pyrit, Zinkblende, Bleiglanz, Fahlerz, Arsenkies, als Einschlüsse Magnetkies und Kupferkies und als Verwitterungsprodukt der sulfidischen Erze Nadeleisenerz und Covellin.

Pyrit

Er besitzt eine stark unterschiedliche Korngrösse. Die sehr kleinen Individuen, die hauptsächlich in der Zinkblende als Einschlüsse anzutreffen sind, sind 0,01 bis 0,05 mm, maximal 0,1 mm gross. Selbständige Körner besitzen eine Grösse bis 4 mm. Die Körner zeigen Querschnitte von Würfeln oder Bruchstücken von Würfeln, seltener von Pentagondodekaedern (Fig. 4). Mit Arsenkies zusammen zeigt Pyrit den grössten Hang zur Idiomorphie. Die grösseren Körner sind immer kataklastisch beansprucht und häufig vollkommen zerrissen. Als Ausheilung in den Rissen ist Bleiglanz, Fahlerz, Zinkblende oder am häufigsten Gangart zu beobachten. Bleiglanz, Zinkblende und Fahlerz verdrängen den Pyrit stark, Gangart in den meisten Fällen weniger stark. Pyritindividuen als Einsprenglinge in Fahlerz und Bleiglanz zeigen eine starke randliche Korrosion, so dass die Würfecken teilweise stark gerundet erscheinen (Fig. 7). Pyrit kann Einschlüsse von Magnetkies und Kupferkies enthalten, beide erscheinen in winzigen Tröpfchen, unregelmässig verteilt. In Schliffen aus der Fundstelle 4 konnte eine Verwachsung mit Arsenkies festgestellt werden. Fahlerz, Bleiglanz, Zinkblende und Gangart sind wohl meistens keine echten Einschlüsse, sondern schief oder senkrecht angeschnittene Verdrängungsschläuche (Fig. 6). Anisotroper Pyrit konnte nicht beobachtet werden, obwohl ausgesprochen schlecht polierte Pyritindividuen eine gewisse Anisotropie zeigten. Sehr häufig tritt an den Korngrenzen eine randliche Verwitterung zu Nadeleisenerz auf.

Zinkblende

Sie tritt in grösseren, unregelmässig begrenzten Flächen oder auch in kleinen Fetzen auf und zeigt speziell gegenüber Bleiglanz und Fahlerz eine hypidiomorphe Ausbildung. Im Auflicht erweist sie sich als eine

dunkelbraune Zinkblende, und bei gekreuzten Nicols zeigt sie massenhaft gelbe bis bräunliche Innenreflexe. Man kann sie daher als eine eisenreiche Blende bezeichnen, was auf eine herzynische Folge weisen mag, denn in alpinen Folgen tritt ja meistens die eisenarme Honigblende auf. Als Einschlüsse treffen wir Pyrit, Bleiglanz und Fahlerz. Die mehr oder weniger xenomorphen Pyriteinschlüsse sind Verdrängungsrelikte neben einer zweiten Generation von eher idiomorphen Pyritindividuen. Die Zinkblende liess sich mit schwefelsaurer Kaliumpermanganatlösung gut ätzen und zeigte eine vollständige Lamellierung der Körner, die stark ineinander verzahnt sind (Fig. 4). Eine Rekristallisation konnte ich nicht oder in zwei Anschliffen nur fraglich feststellen.

Bleiglanz

Tritt immer xenomorph auf. Arsenkies und Pyrit werden stark durch Bleiglanz verdrängt. Teilweise konnte ich eine geregelte Verdrängung nach der Spaltbarkeit des Pyrites feststellen (Fig. 6). Das Fahlerz scheint syngenetisch mit Bleiglanz zu sein. Einschlüsse sind häufig, Fahlerz bildet meistens völlig ovale Formen. Andere Einschlüsse ausser den Verdrängungsrelikten sind selten, insbesondere konnte ich nie Silbererze beobachten.

Fahlerz

Fahlerz kommt völlig xenomorph vor, gegenüber Bleiglanz ist in Luft nur ein kleiner Farbunterschied festzustellen, der dann in Öl ausgesprochen verstärkt wird (Fig. 7). Die Farbe gegen Bleiglanz ist olivgrün bis olivbraun; ich schloss daraus auf Tetraedrit, das Cu-Sb-Fahlerz, das sicher zum Teil Sb durch As ersetzt hat, was durch die Spektralanalyse dann bestätigt wurde. Innenreflexe konnte ich keine beobachten. Einschlüsse sind im grossen ganzen selten, meistens sind es Verdrängungsreste. Fahlerz verdrängt Pyrit sehr deutlich, seine Stellung gegenüber dem Bleiglanz ist nicht sehr klar, es scheint syngenetisch zu sein. Pyriteinschlüsse zeigen immer die gleichen Korrosionsformen wie wir sie vom Bleiglanz bereits schon kennen. Eine Ätzung des Fahlerzes gelang nicht.

Arsenkies

Arsenkies fand sich nur in den Schliffen der Fundstelle 4. Die Körner sind durchschnittlich etwas grösser als bei Pyrit, obwohl sie keine solchen Maximalwerte erreichen. Die Kataklase ist sehr intensiv und scheint eher stärker als beim Pyrit zu sein. Die Risse werden auch hier von Gangart,

Bleiglanz und Zinkblende ausgeheilt. Die Verdrängung von Arsenkies durch Gangart und Bleiglanz ist sehr deutlich, wobei erstere so stark sein kann, dass nur noch reliktsche Strukturen des Arsenkieses zurückbleiben. Der Bleiglanz verdrängt den Arsenkies oft deutlich nach der pseudorhombischen Zwillingsbildung. Einschlüsse von Bleiglanz und Zinkblende sind auch hier unecht. Einige Arsenkieskörner zeigen Verwachsungen mit Pyrit. Auffallend ist, dass Arsenkies immer in Lagen vorkommt, in denen sich die Arsenkieskörner bandartig durch den Anschliff verfolgen lassen. Reflexionspleochroismus konnte auch an Korngrenzen nicht beobachtet werden. Lamellen fand ich keine.

Kupferkies und Magnetkies

Beide Mineralien treten als häufige kleine Tröpfchen immer im Pyrit auf. Sie besitzen eine Korngrösse von höchstens 0,02 mm. Kupferkies konnte ich ein einziges Mal als grösseres Individuum beobachten, als Ausheilung eines kleinen klastischen Risses in einem Pyritkorn zusammen mit Fahlerz. In der Zinkblende konnte ich nie Kupferkieseinschlüsse beobachten. Bei den beiden Mineralien muss es sich um Einschlüsse im Pyrit oder um nachträgliche mechanische Verunreinigungen desselben handeln.

Nadeleisenerz (Limonit)

Nach RAMDOHR gibt es nur zwei erzmikroskopisch und röntgenographisch wohl definierte Eisenhydroxyde, Nadeleisenerz und Rubinglimmer. Beide besitzen die gleiche Zusammensetzung $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$; alle andern unterscheiden sich nur durch verschiedene und zufällige Mengen Wassers. Die chalkographische Beschreibung stimmt eher auf Nadeleisenerz. Es ist in gewissen Proben ausserordentlich stark verbreitet, xenomorph und oft nach Pyrit pseudoidiomorph kubisch. Das Nadeleisenerz umgibt oft Pyrit oder Zinkblende mit schönen, rhythmisch wechselnden, konzentrischen Schalen, die besonders durch ihre verschiedene Korngrösse und ihren Unterschied im Polierverhalten sichtbar werden. Meistens macht das Nadeleisenerz einen sehr inhomogenen Eindruck und ist wolkig verteilt. Zinkblende und Pyrit zeigen eine starke rezente Umwandlung in Nadeleisenerz.

Covellin

Er kommt in vollkommen xenoblastischen Schüppchen und Büscheln, stark heterogen auf dem Nadeleisenerz liegend, vor. Der Reflexionspleochroismus konnte in typischer, auffallender Stärke beobachtet wer-

den. Die Covellinschuppen sind Verwitterungsprodukte des Fahlerzes und können mit dem Nadeleisenerz verglichen werden, das ja auch ein Verwitterungsprodukt von Pyrit und eisenreicher Zinkblende ist.

h) Geochemische Untersuchungen

Mikrochemisch wies ich mit Sicherheit Fe, Pb, Zn und As nach. Eine Spektralanalyse von Proben aus den Fundstellen 2 und 4 ergab folgendes Bild (Intensitäten der betreffenden Spektrallinien):

Pyrit:	Fe sehr stark, As und Pb mittel, Zn mittel, Cu schwach, Au sehr schwach?
Bleiglanz und Tetraedrit:	Pb sehr stark, Fe und Zn stark, Cu, Ag, As, Sb schwach
Bleiglanz	Pb sehr stark, Fe und Zn stark, Ag mittel, Cu und Sb schwach, Sn sehr schwach?
Zinkblende mit Pyriteinschlüssen:	Zn und Fe sehr stark, Pb stark, As mittel, Cu schwach, Ag, Mn und Sb sehr schwach

Die Spektralanalyse bestätigte im grossen ganzen das mikrochemische Ergebnis. Fe, Zn, Pb und As kommen in allen Proben vor, nur ist ihre Intensität dem vorherrschenden Mineral entsprechend verschieden. Als eigentliche Spurenelemente treten Ag, Cu, Sb, Mn, Sn? und Au? auf.

Kupferlinie

Sie entspricht den Kupferkieseinschlüssen im Pyrit und vor allen Dingen dem fast überall vorhandenen Tetraedrit (Fahlerz) und seinem Verwitterungsprodukt Covellin. Für Tetraedrit gibt RAMDOHR die Formel $\text{Cu}_8\text{Sb}_2\text{S}_7$ an.

Antimonlinie

Sie konnte nur in drei Proben beobachtet werden. Ich nehme daher an, dass ein grosser Teil des Sb im Tetraedrit durch As ersetzt ist. Ag, Zn, Fe können im Tetraedrit Cu ersetzen, das Fahlerz kommt daher auch als eventueller Silberträger in Frage.

Silberlinie

Wurde hauptsächlich in Bleiglanz und etwas schwächer in den Zinkblende führenden Proben beobachtet. Ich muss daher annehmen, dass

trotz der Möglichkeit, Fahlerz als Silberträger zu betrachten, doch eher Bleiglanz ins Auge zu fassen ist. Leider ist mir die Grösse des Ag-Gehaltes nicht bekannt, doch konnte ich in keinem Anschliff Silbererze nachweisen, so dass der Ag-Gehalt wahrscheinlich kleiner als 0,1% ist, da nach RAMDOHR nur Ag-Gehalte bis maximal 0,1% als gelöstes Ag_2S ins Molekül gehören, darüber hinausgehende Gehalte sind in grösser oder feiner verteilten mechanischen Beimengen anderer Erze vorhanden.

Manganlinie

Konnte nur in der Zinkblendeprobe beobachtet werden. Mn dürfte in der Zinkblende einen Teil des Zn ersetzen.

Goldlinie

Sie ist sehr fraglich, da gerade sie sehr ungünstig im Spektrum liegt und daher an und für sich schon sehr schwer auszuwerten ist. Eine Goldlinie konnte ich nur andeutungsweise in der Pyritprobe feststellen. Au kann als mechanische Verunreinigungen im Pyrit vorkommen; erzmikroskopisch konnte ich es aber in keinem Anschliff nachweisen. Ich möchte daher die Frage eines allfälligen Goldgehaltes offen lassen.

Zinnlinie

Erscheint in einer Bleiglanzprobe doch eher hypothetisch zu sein. Doch wäre ein Ersatz des Sb und As durch Sn im Fahlerz, das ja immer Bleiglanz begleitet, durchaus möglich. Auch hier fand ich das spektralanalytisch erhaltene Ergebnis erzmikroskopisch nicht bestätigt.

i) Strukturelle Beziehungen

Pyrit und Arsenkies werden beide deutlich von Bleiglanz, Zinkblende und Fahlerz verdrängt. Die Verdrängung des Pyrits durch Bleiglanz ist manchmal so intensiv, dass bei flüchtigem Betrachten der Anschliffe das Bild eines „bestäubten“ Pyrits entsteht. Die starke Kataklyse des spröden Pyrits begünstigt natürlich die Verdrängung sehr. Zinkblende wird von Fahlerz und Bleiglanz auf breiter Front verdrängt, wobei Zinkblende gegenüber Bleiglanz fast immer konvexe Formen aufweist. Die Strukturätzung der Zinkblende zeigt jedoch Formen, die eine Verdrängung von Bleiglanz und Fahlerz als wenig wahrscheinlich erscheinen lassen. So werden zum Beispiel Zinkblendelamellen von Bleiglanz durch-

wachsen, oder wenn Bleiglanz zusammen mit Zinkblende Pyrit verdrängt, so scheint der Bleiglanz deutlich jünger zu sein. Zinkblende wird von Karbonat verdrängt, denn es finden sich oft idiomorphe Karbonat-rhomboeder in den Zinkblendekörnern oder ragen in sie hinein. Quarz verdrängt eindeutig das Karbonat.

Das Vorkommen von idiomorphen Pyritkörnern in der Zinkblende ist typisch für alle Fundstellen im Val Grevasalvas. Es sind vorwiegend Querschnitte von Würfeln oder Kombinationen von Würfeln, daneben kommen auch noch grössere xenomorphe Einschlüsse vor. Die kleinen Pyritidioblasten sind manchmal schnurartig aneinandergereiht, wobei diese einzelnen Züge gerade oder leicht gekrümmt verlaufen können. Eine augenfällige Regelung unter diesen Zügen konnte nicht beobachtet werden. Die angeätzte Zinkblende zeigt auch hier das gewohnte Bild, sie ist verzwilligt und stark verzahnt. Die Pyriteinsprenglinge befinden sich immer an den Korngrenzen der Zinkblende. HUTTENLOCHER beschreibt ähnliche Erscheinungen aus dem Wallis. Er deutet sie als mechanisch eingewalzte und nachträglich rekristallisierte Pyrittrümmer, nur so kann er die weitgehende Idiomorphie des Pyrits erklären, die bedeutend stärker ist, als bei den grösseren kataklastisch zertrümmerten Pyritindividuen. Da nun aber Pyrit sehr schwer rekristallisiert und die viel leichter und schneller rekristallisierende Zinkblende bei allen Schliffen nie rekristallisiert auftritt, kann eine gleiche Annahme, wie HUTTENLOCHER sie aufstellte, für die Funde im Val Grevasalvas nicht in Frage kommen. Ich nehme als wahrscheinlicher eine mit der Zinkblende syngenetische Entstehung eines Pyrit II an. Man muss sich dabei eine stark eisenhaltige Lösung vorstellen. Bei der Auskristallisation konnte nicht alles Eisen in die Zinkblende eingebaut werden, und es bildete sich, da ein Überschuss an Schwefel vorhanden war, nicht Magnetkies, sondern Pyrit, der grobkristallin auskristallisierte. Der Pyrit mit seinem ausserordentlich starken Hang zur Idiomorphie bildete die kleinen Pyritidioblasten, die ja in allen untersuchten Anschliffen vorkommen. Die in einzelnen Proben sofort auffallende Regelung des Pyrits in einzelne Züge kann vielleicht auf tektonische Beanspruchung während der Auskristallisation zurückgeführt werden. Die Ausbildung dieser Züge ist aber viel weniger ausgeprägt als bei den von HUTTENLOCHER besprochenen Proben aus dem Wallis. Neben diesen Pyritidioblasten des Pyrit II finden sich noch eine grosse Zahl xenomorpher Pyriteinschlüsse in der Zinkblende, die bedeutend grösser sind, zum Teil in fleckenartigen Ansammlungen vorkommen und deutliche Verdrängungsrelikte eines Pyrit I sind.

k) Herkunft der Erzblöcke der Fundstelle 4

Wie weiter oben erwähnt, wurden die Erzblöcke der Fundstelle 4 nirgends anstehend gefunden und bereiten eine gewisse Schwierigkeit, da ihr Herkunftsort nicht bekannt ist. Die Erzblöcke besitzen, wie die Dünnschliffe zeigen, einen recht hohen Karbonatgehalt. Das Karbonat wird deutlich von Quarz verdrängt, eventuell stammt ein Teil des Quarzes aus der gleichen Phase wie der Quarz II im noch zu besprechenden Pyritquarzit. Andeutungsweise konnten auch die dort typischen Faserquarzhöfe beobachtet werden. Eine Färbung der Karbonate mit Alaunhämatoxylin zeigte deutlich, dass es sich beim Karbonat nicht um Dolomit handelt. Es wäre möglich, dass die Erzblöcke aus einer Verdrängungslagerstätte im Aptychenkalk des Piz d'Emmat stammen könnten, doch glaube ich aus Analogiegründen zu den anstehenden Fundstellen 1 und 2, die ja im Quarzphyllit liegen, dass sie eher irgendwo hier zu suchen sind. Die Blöcke könnten aus den Fundstellen 1 und 2 stammen und vom Gletscher, der von der Fuorcla Grevasalvas herunterkam, an dieser Stelle abgelagert worden sein. Dagegen spricht, dass an der Fundstelle kein Moränenmaterial und nur Gehängeschutt liegt, insbesondere aber keine Blöcke aus dem Kristallin der Berninadecke. Weiter ist es möglich, dass die Blöcke aus dem Quarzphyllit nördlich des Piz d'Emmat Dadaint stammen und vom Ausfluss aus den beiden Seelein an diese Stelle transportiert wurden. Dass bis heute keine Blöcke im Bach oder höher in der Schlucht gegen die beiden Seelein gefunden wurden und die Form der Blöcke sprechen gegen diese Annahme. Die Herkunft des Erzes der Fundstelle 4 ist also sehr unsicher, wahrscheinlich stammen die Blöcke, wie der umliegende Gehängeschutt aus dem darüberliegenden Quarzphyllit und daher aus einem mit den andern Vererzungen vollkommen identischen Vorkommen. Unerklärlich ist bei dieser Annahme, dass die Lokalität bei der relativ kleinen Ausdehnung der in Frage kommenden Quarzphyllitschuppe noch nicht gefunden wurde.

l) Pyritquarzit

Wie schon erwähnt, wurde an der Fundstelle 3 eine Linse eines hellen, von Pyritkörnern durchsetzten Quarzites gefunden, der den von CORNELIUS beschriebenen Pyritquarzitvorkommen sehr ähnlich ist. Im Dünnschliff konnte ich Quarz, Sericit, Epidot? und Erz feststellen. Der Quarz bildet zusammen mit dem Pyrit den überwiegenden Bestandteil

des Gesteins. Er löscht undulös aus und bildet xenomorphe bis hypidionomorphe Individuen, die fast immer faserig, strahlige Höfe um die Pyritkörner bilden, sogenannte Faserquarzhöfe, die zum Teil aus geschweiften Quarzstengeln aufgebaut sind. Wo solche Faserquarzhöfe sich gegenseitig überschneiden und stören, kommt eine Art Interferenz zustande. Der Sericit kommt in dünnen, leicht grünlich gefärbten Schuppen vor. Im Anschliff konnte man Pyrit, Zinkblende, Bleiglanz, Kupferkies und Nadeleisenerz beobachten (Fig. 5). Pyrit kommt in vorwiegend hypidionomorphen Körnern vor und wird durch Quarz verdrängt. Auch entmischungähnliche, tropfenförmige Einschlüsse von Kupferkies kommen im Pyrit vor. Nach RAMDOHR handelt es sich bei diesen Einschlüssen nie um Entmischungen, es muss also hier ein Einschluss des porphyroblastisch gewachsenen Pyrits oder eine nachträgliche Infiltration des Kupferkieses vorliegen. Zinkblende, Bleiglanz und Nadeleisenerz, hier auch als Verwitterungsprodukt, zeigen analoge Formen wie auf den andern Fundstellen, sind aber bedeutend seltener.

Auffallend ist der genau gleiche Mineralbestand, wie man ihn schon bei allen andern Vererzungen beobachten konnte. Ein Zusammenhang mit den benachbarten Vererzungszonen nehme ich daher als sicher an. Die Entstehung des Pyritquarzites kann etwa folgendermassen gedeutet werden: Als Anfangsprodukt wurden Quarz I und Sericit gebildet, die beide echte Einschlüsse im Pyrit bilden, sowie dann hauptsächlich Pyrit; ihm folgten spärlicher Zinkblende, Bleiglanz und eventuell Fahlerz, die heute als kleine Fetzen an den Pyrit grenzen oder unechte Einschlüsse bilden und ihn verdrängen. Über die gegenseitige Stellung von Bleiglanz und Fahlerz kann ich nichts Konkretes sagen, da beide Erze nie aneinander grenzen. Die Entstehung der Quarzfasern erklärt MÜGGE durch Abscheiden von Quarz aus der Lösung im Hohlraum, deren Öffnung langsamer erfolgte als das Wachstum der Fasern. Die Öffnung dieser Hohlräume erfolgte an scherungsfreien Stellen, hervorgerufen durch Scherung in der Nachbarschaft. Die Krümmung und Schweifbildung der Quarzstengel sind dabei ein sicheres Anzeichen für eine Drehung der Pyritidioblasten, die so eine Art Wirbel in der Quarzlösung hervorriefen. Die Quarzlösung, aus der die Faserquarzhöfe entstanden, muss also vor den abschliessenden tektonischen Bewegungen eingedrungen sein, als letzte Phase während der Beanspruchung, die den Pyrit kataklastisch zerrissen hat. Bleiglanz und Zinkblende wurden als plastischere Erze dabei nicht zerrissen, dass sie jedoch auch beansprucht wurden, beweisen die kleinen, unverzwilligten Rekristallisationskörner an den Korngrenzen der Zinkblende. Die Quarzlösung ist als Quarz II aus dem Nebengestein einge-

wandert, hat dabei die Erze schwach verdrängt und die Risse und Sprünge ausgeheilt; die letzten tektonischen Bewegungen führten dann zur Bildung der Faserquarzhöfe. Die Ausscheidungsfolge kann also entsprechend dem Bild, das aus den Schliffen gewonnen wurde, folgendermassen aufgestellt werden: Quarz I und Sericit – Pyrit – Zinkblende – Bleiglanz und eventuell Fahlerz (Beginn der tektonischen Beanspruchung, Mobilisierung von Quarz im Nebengestein) — Quarz II (als Lösung aus dem Nebengestein eingewandert, Faserquarzhöfe, Ende der tektonischen Beanspruchung). Der Pyritquarzit entstand also aus einem vorwiegend Pyrit enthaltenden hydrothermalen Pyrit-Zinkblende-Bleiglanzgang mit Quarz und Sericit als Gangart, der tektonisch beansprucht wurde. Den Quarzgehalt erhielt er dabei zum grössten Teil aus dem Nebengestein. Als Ganzes handelt es sich wohl um eine lokale, stärker gestörte Ruschelzone im Quarzphyllit.

m) Zusammenfassung

Die Vererzungen im Val Grevasalvas besitzen neben den beiden Verwitterungsprodukten Covellin und Nadeleisenerz der Oxydationszone, sulfidische Erze, die für eine hydrothermale Abfolge charakteristisch sind. Der Arsenkies aus der Fundstelle 4 spricht für einen frühen hydrothermalen Bereich. Das auf allen Fundstellen beobachtete Fahlerz weist auf einen eher mittelthermalen Bereich. Ob ein solcher Temperaturgradient zwischen den einzelnen Vererzungen vorhanden war, kann nicht mit Sicherheit gesagt werden, da ja nur auf einer Fundstelle wirklich frisches Material gefunden wurde; die andern Proben stammen alle aus den mehr oder weniger stark verwitterten Partien der Oxydationszone. Die Fundstelle 1 ist ein typischer diskordanter Gang, die andern Vorkommen zeigen keine eigentliche gangartige Ausbildung und sind offenbar Imprägnationen, die alle genetisch miteinander im Zusammenhang stehen. Leider konnte die Fundstelle 4 nicht anstehend beobachtet werden, doch spricht die Ausbildung der untersuchten Erzblöcke gegen eine verschiedenartige Genese.

Den Hauptanteil am Erz hat Pyrit und Zinkblende. Bleiglanz, Fahlerz und Arsenkies sind in den meisten Fällen spärlicher. Pyrit besitzt gegenüber allen andern Erzen eine auffallende Korngrösse. Kleinere Pyritindividuen sind als Pyrit II mit grobkristalliner Zinkblende später auskristallisiert. Eine Rekristallisation von Zinkblende konnte nur im Pyritquarzit beobachtet werden, wo kleinere unverzwilligte Zinkblendekörner

neben grösseren verwilligten vorkommen, die ersteren betrachte ich als rekristallisierte Zinkblende. Auch deuten im Pyritquarzit verbogene Zinkblendelamellen, die in Anschliffen von andern Fundstellen nie beobachtet wurden, auf eine intensivere Beanspruchung. Quarz löscht immer undulös aus und ist offenbar im Pyritquarzit als mobiles Material aus dem Nebengestein eingedrungen, dabei wurden die Faserquarzhöfe gebildet, die vereinzelt, wenn auch nicht so typisch auch auf andern Fundstellen vorkommen. Eine Rekristallisation des Karbonates ist unsicher, da genaue Hinweise fehlen, doch nehme ich an, dass ein grosser Teil des Karbonates sekundär gebildet wurde und aus dem nahen Karbonatgestein stammt.

Die Ausscheidungsfolge für die ganze Lagerstätte, wie sie die untersuchten Anschliffe zeigen, kann folgendermassen angegeben werden: Als primäre Erze wurden Pyrit und Arsenkies gefördert, wobei Pyrit mengenmässig stark überwiegt und nach einigen Beobachtungen teilweise auf den Arsenkies folgte, im wesentlichen aber syngenetisch ist. Vor diesen beiden Erzen wurde der Gangquarz gefördert, der Einschlüsse im Pyrit bildet. Auf Pyrit und Arsenkies folgte wahrscheinlich Karbonat, darauf Zinkblende und Pyrit II. Während dieser Förderung wurde das Material stark beansprucht, die Pyrit- und Arsenkieskörner wurden kataklastisch zerrissen und zertrümmert, die kleinen Pyriteinsprenglinge des Pyrit II kristallisierten zusammen mit der Zinkblende aus und ordneten sich teilweise in die besprochenen Züge ein. Der Pyritquarzit entstand in einer stärker gestörten Zone, und es drang hauptsächlich hier Quarz II aus dem Nebengestein ein, der zusammen mit der tektonischen Bewegung zur Bildung der Faserquarzhöfe führte. Bleiglanz und Fahlerz folgten zum Schluss, wohl zur Hauptsache syngenetisch, da keine sicheren gegenseitigen Reaktionen beobachtet wurden. Die etwas schematisierte Abfolge Quarz I – Arsenkies – Pyrit – Zinkblende (Pyrit II und Quarz II) – Fahlerz – Bleiglanz bezeichnet SCHNEIDERHÖHN als eine normale mittelthermale Abfolge, und sie kann gut für die vorliegende Lagerstätte angenommen werden, denn sie erscheint als die einfachste Lösung der Abfolge, wie sie sich aus meinen Beobachtungen ergibt. Kupferkies und Magnetkies treten nur als Einschlüsse, das heisst mechanische Verunreinigungen im Pyrit auf. Nadeleisenerz und Covellin sind sekundäre Bildungen der Oxydationszone.

Über das Alter der Vererzungen kann nichts Sicheres ausgesagt werden. Die Vorkommen liegen alle im Quarzphyllit, dessen Alter von CORNELIUS als altpaläozoisch angegeben wird. Pyritquarzit wurde auch noch im jüngeren Nairporphyroid am Piz Nair und Piz d'Emmat Dadora

nicht sehr weit vom Val Grevasalvas beobachtet. Die Vererzungen sind also sicher jünger als der Nairporphyroid. Hydrothermale Blei-Zink-Lagerstätten in mesozoischen Gesteinen wurden in der näheren Umgebung bis jetzt nicht gefunden. Die Vererzungen könnten im Spätherzynikum entstanden sein, als abschliessender Vorgang der Granitintrusion des Julier- und Berninagranites. Diese Intrusion konnte ja STAUB an Kontakten mit karbonischen Schiefern und Arkosen im Diavolezzagebiet als oberkarbonisch bis eher unterpermisch nachweisen. Für die Vererzungen würde also ein unterpermisches Alter in Frage kommen. Genaueres über ihr Alter könnten noch Altersbestimmungen am Bleiglanz zutage bringen.

Literaturverzeichnis

- ALTHAUS, H. E. (1942): Bericht über das Bleiglanz-Pyrit-Erzvorkommen auf Grevasalvas. 23. 9. 42. Berichte Bureau für Bergbau, Schweiz. Geotechnische Kommission.
- CADISCH, J. (1943): Bericht über die im Herbst 1942 ausgeführten Untersuchungen eines Bleiglanz-Pyrit-Vorkommens im Val Grevasalvas bei Bivio. 20. 1. 43. Berichte Bureau für Bergbau. Schweiz. Geotechnische Kommission.
- CORNELIUS, H. P. (1912): Petrographische Untersuchungen in den Bergen zwischen Septimer- und Julierpass. Diss. Zürich. N. Jb. f. Min. Beil. Bd. 35, 1913.
- (1932): Geologische Karte der Err-Julier-Gruppe 1 : 25 000. Spez.-Karte 115 A, West-Blatt.
- (1935—1951): Geologie der Err-Julier-Gruppe. Beitr. Geol. Karte Schweiz, N.F. 70, Teile I—III.
- HUTTENLOCHER, H. (1925): Zur Kenntnis verschiedener Erzgänge aus dem Peninikum und ihre Metamorphose. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 5.
- RAMDOHR, P. (1960): Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. Akademie-Verlag, Berlin.
- SCHNEIDERHÖHN, H. (1941): Lehrbuch der Erzlagerstättenkunde, Bd. 1. Verlag Gustav Fischer, Jena.
- (1953): Erzmikroskopisches Praktikum. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- STAUB, R. (1948): Über den Bau der Gebirge zwischen Samaden und Julierpass. Beitr. Geol. Karte Schweiz, N.F. 93.
- (1948): Aktuelle Fragen im alpinen Grundgebirge. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 28.

Manuskript eingegangen am 22. Mai 1962.