Mineralfunde im Taminatal SG – 2. Teil

Les gisements de minéraux du val Tamina SG – 2ème partie

Peter Kürsteiner, Michael Soom, Beda Hofmann

Im Februar-Heft 2015 des Schweizer Strahlers erschien der erste Teil der Arbeit über einige bedeutende Mineralfundstellen wie auch über die Mineralien des Taminatals. Im vorliegenden zweiten Teil werden nun noch einige weitere Mineralfundstellen beschrieben. Die Mineralvorkommen des Calfeisentals werden in einer späteren Ausgabe des Schweizer Strahlers behandelt.

La première partie de cet article consacré aux principaux gisements et les minéraux du val Tamina, a été publiée dans l'édition du Cristallier Suisse de février 2015. Voici la deuxième partie avec la suite de la description des gisements de minéraux. Nous aborderons les gisements du val Calfeisen dans une édition ultérieure du Cristallier Suisse.

Bergwerk Gnapperchopf und Umgebung

Gnapperchopf wird ein markanter Felskopf genannt, der sich auf der rechten Talseite unterhalb von Vättis auf ca. 1100 m Höhe befindet und im Nordosten an das Gnapperchopftöbeli grenzt. Der Gnapperchopf ist aus Dolomit der Röti-Formation (Rötidolomit) aufgebaut, der über einer Schicht aus Melser Sandstein ansteht, welcher in diesem Gebiet das Vättiser Kristallin überlagert (Oberholzer 1920). Der Rötidolomit taucht gegen Norden ab und bildet südwestlich des Gnapperchopftöbelis eine Faltenstruktur, in deren Scheitel das ehemalige Bergwerk Gnapperchopf liegt.
Vier nahe beieinander gelegene Stollen in 1178 bis 1199 m Höhe belegen, dass an dieser Stelle einst ein Abbau von Kupfer- und Silbererzen betrieben wurde (Cadisch 1939). Ein früher Abbau ist in den 1710-er Jahren dokumentiert. Der letzte Abbau fand 1860 – 1861 und 1865 – 1866 statt (Schmidt 1920). Die gewonnenen Kupfer- und Silbererze wurden nach Deutschland gesandt. Deicke (1862) erwähnt das Erzvorkommen, schreibt über dieses jedoch: «Bei Vättis

La mine du Gnapperchopf et ses environs

Le Gnapperchopf est un éperon rocheux qui se situe sur le flanc droit de la vallée, en-dessous de Vättis, à une altitude d'environ 1100 m; il est limité au nord-est par le Gnapperchopftöbeli (ravin du Gnapperchopf). Le Gnapperchopf est composé de dolomie de la formation de Röti (Rötidolomie) qui surmonte une couche de grès de Mels qui, dans cette région, recouvre le cristallin de Vättis (Oberholzer 1920). La dolomie de Röti plonge en direction du nord et, au sud-ouest du Gnapperchopftöbeli, forme une structure en pli. L'ancienne mine du Gnapperchopf se situe dans la partie frontale de ce pli.
La présence de quatre galeries situées entre 1178 et 1199 m d'altitude, témoigne qu'à cet endroit des minerais de cuivre et d'argent ont été exploités (Cadisch 1939). Les premières exploitations documentées datent des années 1710. Les dernières phases d'exploitation ont eu lieu en 1860 – 1861 et 1865 – 1866 (Schmidt 1920). Les minerais de cuivre et d'argent extraits étaient alors expédiés en Alle-



Erzführende Quarz- und Karbonatader in Rötidolomit mit den Sekundärmineralien Malachit und Azurit. Bergwerk Gnapperchopf.

Dolomie de Röti avec veine de quartz et carbonates contenant les minerais, ainsi que les minéraux secondaires, malachite et azurite. Mine du Gnapperchopf.

M. Soom



Tetraedrit (metallisch grau) in weissem Gangquarz mit Malachit (grün) und Azurit (blau). Bergwerk Gnapperchopf. Breite der Mineralprobe 8 cm.

Tétraédrite (gris métallisé) dans une gangue de quartz blanc avec malachite (vert) et azurite (bleu). Mine du Gnapperchopf. Largeur de l'échantillon 8 cm.

P. Kürsteiner
Th. Schüpbach

finden sich allerdings Malachit, Buntkupfererz und Kupferkies, bisher hat man sie aber nur nesterweise oder so sehr zerstreut in dem Muttergesteine getroffen, dass die Ausbeute nicht lohnend sein könnte.» Der alte Erzabbau ist auch in der Sagenwelt des Taminatales überliefert (Zimmermann 2006).

Cadisch (1939) gibt zu den Stollen nähere Angaben: «Der unterste der vier Stollen, die im Hang schief übereinander liegen, ist zugefallen. Die drei anderen Stollen sind deutlich auf Quarzadern angesetzt, die durchschnittlich einige Dezimeter stark sind. Beim obersten Stolleneingang sind zwei Quarzadern sichtbar, von denen die obere ca. 1 dm, die untere 1 bis 5 dm stark ist. Letztere führt sulfidisches und karbonatisches Erz. Stollen 3 ist noch befahrbar. Er wurde zunächst 10 m in Richtung N110°E vorgetrieben. Unmittelbar hinter dem Mundloch kommt man an einem wassererfüllten Gesenk vorbei, das möglicherweise nach Stollen 1 hinab ging. Stollen 3 fährt dann bei 8 m unter dem Mundloch 2 vorbei, mit dem früher Verbindung bestand, dann wendet er nach Richtung N135°E (8 m) und weitere 10 m sind in Richtung N047°E aufgefahren. Die gesamte Stollenlänge beträgt somit nur 28 m. An Ort und Stelle sind jetzt ohne Sprengarbeit keine guten Erzproben mehr zu finden.»

Heute ist der unterste Stollen nach einer kurzen Kriechstrecke begehbar; er endet aber bereits nach einer Distanz von 4 m. Der Stollen Nr. 3 weitet sich nach wenigen Metern beidseitig auf und endet bereits nach rund 10 m. Die von Cadisch beschriebene Verlängerung ist heute verschüttet, hingegen besteht vom ehemaligen Stollen Nr. 2 eine durchgehende Verbindung, wodurch an zwei Stellen von oben das Tageslicht zutritt. Der am höchsten gelegene Stollen Nr. 4 ist ebenfalls verschüttet und zeigt eher das Aussehen eines oberflächennahen Schürfschlitzes.

Die Stollen wurden im Rötidolomit angelegt, der in diesem Bereich stark verschiefert ist. Cadisch (1939) stellte fest, dass das Gestein mit N095°E streicht und mit 57° gegen Norden einfällt. Die erzführenden Quarz- und Karbonatadern sind im hinteren, heute noch zugänglichen Bereich der Stollen Nr. 2 und 3 aufgeschlossen. Sie streichen NW-SE und fallen mit 20 – 50° gegen SW ein (Fallazimut N220°E). Es handelt sich um einzelne, in der Gangart eingesprengte Erz-

magne. Deicke (1862) mentionne le gisement et écrit: «Près de Vättis on a découvert de la malachite, de la bornite et de la chalcopyrite mais, jusqu'à présent, que sous forme de nids ou alors extrêmement disséminé dans la roche mère, tel qu'une exploitation ne peut être rentable». L'ancienne exploitation est également mentionnée dans les contes et légendes du val Tamina (Zimmermann 2006).

Cadisch (1939) donne des informations plus précises à propos des galeries: «Les galeries ont été creusées en quinconce, les unes au-dessus des autres. La galerie inférieure est éboulée, les trois autres ont été creusées le long de veines de quartz ne mesurant en moyenne que quelques décimètres d'épaisseur. Près de l'entrée de la galerie supérieure on aperçoit deux veines de quartz, celle du haut montre une épaisseur de 1 dm et celle du bas de 1 à 5 dm. Cette dernière renferme des minerais (sulfures et carbonates). La galerie 3 est encore praticable: tout d'abord, on a creusé 10 m dans la direction N110°E; juste après l'entrée on passe à côté d'un trou d'eau, qui peut-être menait vers la galerie 1 située plus bas; à 8 m la galerie 3 passe sous l'entrée de la galerie 2, avec laquelle elle était reliée. On a ensuite creusé 8 m dans la direction N135°E et finalement 10 m dans la direction N047°E. La longueur totale de la galerie n'est en fin de compte que de 28 m. Sans l'utilisation d'explosifs il n'est actuellement plus possible d'obtenir de bon échantillons de minerais.»

Aujourd'hui, la galerie inférieure est encore praticable: après un court passage où il faut ramper, elle se termine après une distance de 4 mètres seulement. La galerie 3 s'élargit des deux côtés après quelques mètres et se termine après 10 m environ. La prolongation décrite par Cadisch est éboulée, par contre le passage rejoignant la galerie 2 est toujours praticable, à deux endroits on aperçoit la lumière du jour. La galerie supérieure 4 est également éboulée et ressemble plutôt à une tranchée de prospection superficielle.

Les galeries ont été creusées dans la dolomie de Röti qui dans cette zone est fortement schisteuse. Selon Cadisch (1939) les couches ont une direction N095°E avec un pendage de 57° vers le nord. Les veines de quartz et de carbonates qui renferment les minerais se trouvent au fond des galeries 2 et 3, qui sont encore praticables. Elles sont orientées NW-SE et pendent de 20° – 50° vers le sud-ouest

Blaue Azuritkristalle auf weissem Gangquarz. Bergwerk Gnapperchopf. Länge der Kristalle bis 1,5 mm.

Cristaux d'azurite bleus sur quartz. Mine de Gnapperchopf. Longueur des cristaux 1,5 mm au maximum.

P. Kürsteiner
Th. Schüpbach



körner sowie nestartige Ansammlungen von Erzmineralien, die von Malachit und Azurit begleitet werden.
Ca. 250 m südwestlich des Bergwerkes gegen das Chrummlauizugtobel hin befindet sich in der Fortsetzung des Rötidolomitzuges im steilen, unwegsamen Gelände ein weiterer Sondierstollen, der ebenfalls von Cadisch (1939) erwähnt wird. Der Stollen verläuft an der Basis des Rötidolomits. Cadisch beschreibt in dessen Nähe «unregelmässige, annähernd senkrecht verlaufende Quarzadern (…), die spärlich sulfidisches und karbonatisches Erz führen». Der Stollen wurde in östlicher Richtung vorgetrieben (N115°E) und weist eine Länge von 18 m auf. Gemäss Angaben von Karl Kühne standen früher beim Stolleneingang Quarzadern mit Kupfersekundärmineralien an. Im Schutt unterhalb der Stollenmündung konnten im August 2014 Gesteinsbruchstücke mit Tetraedrit und Malachit gesammelt werden. In der Umgebung des Stollens treten im Rötidolomit kleine Klüfte mit Quarz auf. Die Mineralparagenese ist weitgehend identisch mit derjenigen des Bergwerkes Gnapperchopf.



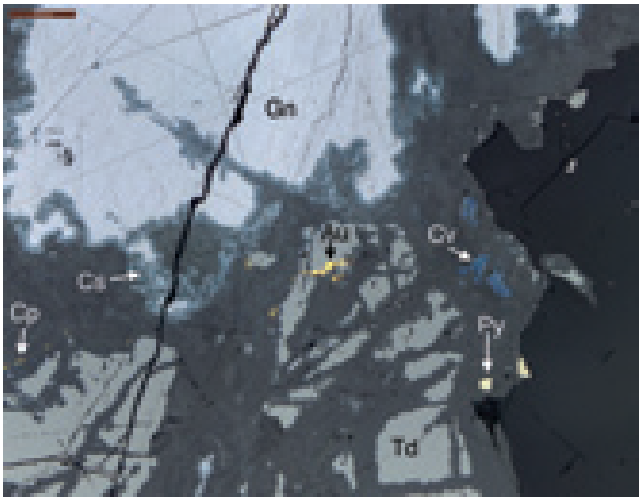
Galenit in weissem Gangquarz eingeschlossen. Bergwerk Gnapperchopf. Bildbreite 5,5 cm.

Galène dans une gangue de quartz blanc. Mine de Gnapperchopf. Largeur de l'image 5,5 cm.

P. Kürsteiner *Th. Schüpbach*

Am Gnapperchopf kommen als Silber- und Bleierze hauptsächlich Tetraedrit (Fahlerz) und Galenit vor. Cadisch (1939) erwähnt die folgenden Mineralarten: Fahlerz, Bleiglanz (Galenit), Kupferglanz (Chalkosin), Kupferkies (Chalkopyrit), Kupferindig (Covellin), Malachit und Azurit. Die Gangart besteht aus Quarz, Dolomit und Calcit. Gemäss Cabalzar (1977) sind zudem Fluorit, Brochantit, Wulfenit und Cerussit vorhanden. Tetraedrit und Galenit treten in der Form derber Massen auf, welche in einem weissen, milchigen Quarzband eingeschlossen sind.

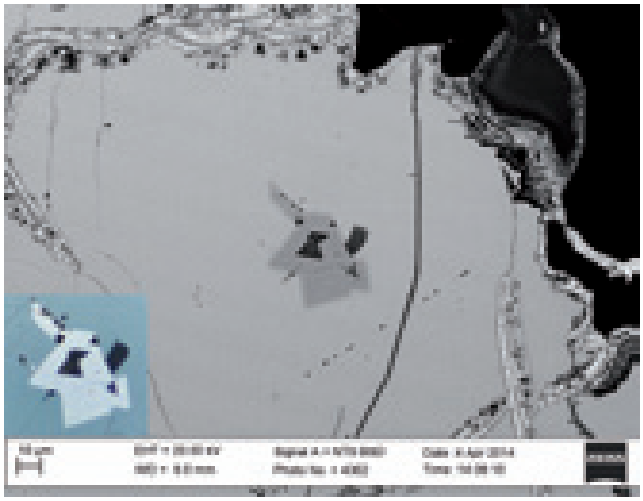
(sens du pendage N220°E). Il s'agit de quelques grains de minerai disséminés dans la gangue de quartz et d'assemblages de minerai en forme de nids, ils sont accompagnés de malachite et d'azurite.
A environ 250 m au sud-ouest de la mine, en direction du Chrummlauizugtobel, se trouve une autre galerie de prospection que Cadisch (1939) a également mentionnée. Elle a été creusée à la base des couches de dolomie de Röti, dans un terrain accidenté et raide. Non loin de là, Cadisch décrit «Des veines irrégulières de quartz pratiquement verticales (…) qui renferment des minerais (sulfures et de carbonates) en faible quantité». La galerie a été creusée en direction de l'est (N115°E) et mesure 18 m de long. D'après Karl Kühne il y avait en son temps, près de l'entrée, des veines de quartz contenant des minéraux secondaires de cuivre. Dans les éboulis situés au-dessous de l'entrée, on a récolté en 2014 des échantillons de roche avec de la tétraédrite et de la malachite. Aux alentours, dans la dolomie de Röti, on trouve des petites fissures renfermant du quartz. La paragenèse minérale est pratiquement identique à celle de la mine du Gnapperchopf.
Au Gnapperchopf, les minerais d'argent et de plomb apparaissent principalement sous forme de tétraédrite et de galène. Cadisch (1939) évoque les minéraux suivant: tétraédrite, galène, chalcosine, chalcopyrite, covelline, malachite et azurite. La gangue est composée de quartz, dolomite et calcite. D'après Cabalzar (1977) on trouve également de la fluorite, brochantite, wulfénite et cérusite.
Tétraédrite et galène apparaissent sous forme de masse non cristallisée prise dans une veine de quartz blanc laiteux, qui



Erzmikroskopische Aufnahme von Gnapperchopf-Erz mit Galenit Gn, Tetraedrit Td, Chalkosin Cs, Gold Au, Chalkopyrit Cp, Pyrit Py. Mittelgrau ist ein Gemenge verschiedener Verwitterungsmineralien, fast schwarz ist Quarz. Galenit und Tetraedrit sind stark korrodiert.

Surface polie d'un échantillon de minerai du Gnapperchopf avec galène Gn, tétraédrite Td, chalcosine Cs, or Au, chalcopyrite Cp et pyrite Py. Les surfaces grises correspondent à un assemblage de divers minéraux d'altération, celles qui sont presque noires à du quartz. Galène et tétraédrite sont fortement corrodées.

B. Hofmann



Backscatter-Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme von Cobaltit (deutlich zoniert) als Einschluss in Tetraedrit. Das eingesetzte Farbbild ist eine auflichtmikroskopische Aufnahme desselben Cobaltits. Hell erscheinende Risse im Tetraedrit sind mit Blei-reichen Sekundärmineralien gefüllt. Gnapperchopf.

Photo, prise au microscope électronique à balayage en mode retrodiffusé, de cobaltite (nettement zonée) en inclusion dans de la tétraédrite. La petite image en couleur est une photo de la même cobaltite prise sous lumière réfléchie. Les fractures dans la tétraédrite apparaissant en clair, sont remplies de minéraux secondaires riches en plomb. Gnapperchopf.

N. Greber / B. Hofmann

sprengt sind, das stellenweise Dolomit und Nebengesteins-Bruchstücke enthält. In kleinen Hohlräumen finden sich einzelne, klare Quarzkristalle, welche teilweise im Dauphiné-Habitus ausgebildet sind und selten länger als 1 cm sind. Die Mineralart Dolomit ist in derber Ausbildung sowie in der Form sattelförmig verbogener, hellbrauner Aggregate vertreten. Daneben kommen bis 5 mm grosse Aggregate von feinschuppigem Muskovit vor.

Tetraedrit ist an seiner grauen bis schwarzen Farbe und dem metallischen Glanz erkennbar. Die einzelnen Erzkörner und Mineralaggregate sind unregelmässig im Gangquarz eingesprengt und erreichen selten einen Durchmesser von mehr als 2 cm. Sie sind teilweise mit Galenit verwachsen. Vom Tetraedrit des Gnapperchopfes lag bisher nur eine chemische Analyse aus dem Jahr 1861 vor. Diese ergab 9,5 % Kupfer und bescheidene 0,1 % Silber (Bolley 1861). Die Analysen wurden an mehreren Gesteinsproben mit «Kupfererzen vom Calanda» ohne genauere Herkunftsangaben vorgenommen. Aus der Beschreibung des Probenmaterials kann aber angenommen werden, dass diese vom Bergwerk Gnapperchopf stammen.

Für eine detaillierte Abklärung der mineralogischen Beschaffenheit der Erze wurden sieben polierte Erzanschliffe untersucht. Als primäre Erzmineralien konnten als Hauptbestandteile Tetraedrit (Antimonfahlerz) und Galenit, daneben in bescheideneren Mengen Chalkopyrit, Pyrit, gediegen Gold und Cobaltit festgestellt werden. Tetraedrit ist homogen und zeigt eine mittlere Zusammensetzung entsprechend $Cu_{9.61}Ag_{0.22}Zn_{1.18}Fe_{0.87}Sb_{3.10}As_{1.09}S_{13}$ (Mittel von 12 Punktanalysen mittels energiedispersiver Elektronenstrahl-Mikroanalytik, Rasterelektronenmikroskop des Instituts für Geologie, Universität Bern). Der mittlere Silbergehalt beträgt 1,5 Gewichtsprozent. Überraschend ist der Nachweis des bisher von der Fundstelle nicht als eigenständige Mineralart bekannten Goldes.

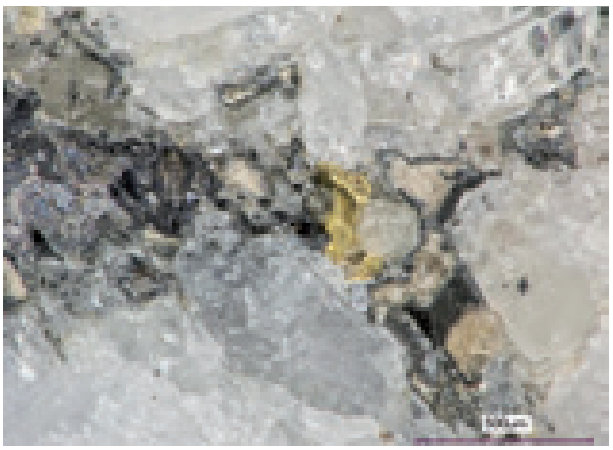
par endroit renferme de la dolomite ainsi que des morceaux de roche encaissante. Dans de petites cavités on trouve quelques cristaux de quartz clairs, dont certains montrent l'habitus du Dauphiné et qui ne dépassent que rarement le centimètre. La dolomite de couleur brun-clair apparait sous forme d'agrégats en forme de selle ou sans structure cristalline distincte. De plus on trouve des agrégats de fines paillettes de muscovite, pouvant atteindre 5 mm.

On reconnait la tétraédrite à sa couleur grise à noire et à son éclat métallique. Les grains de minerai et les agrégats sont disséminés de façon irrégulière dans la veine de quartz, ils atteignent rarement un diamètre de plus de 2 cm. Ils sont en partie mélangés à de la galène. Jusqu'à présent il n'existait qu'une seule analyse chimique de la tétraédrite du Gnapperchopf datant de 1861. Celle-ci révéla 9,5 % de cuivre et seulement 0,1 % d'argent (Bolley 1861). Les analyses ont été effectuées sur plusieurs échantillons contenant «des minerais de cuivre du Calanda» sans indication précise de leur provenance. Cependant, d'après la description des échantillons, on peut admettre qu'ils provenaient de la mine du Gnapperchopf.

Pour obtenir une analyse détaillée de la composition minéralogique des minerais, les surfaces polies de 7 échantillons de minerai ont été étudiées. Il en ressort que la tétraédrite (cuivre gris riche en antimoine) et la galène représentent les minerais primaires, accompagnés d'une faible quantité de chalcopyrite, pyrite, or natif et cobaltite. La tétraédrite est homogène et possède une composition correspondant à $Cu_{9.61}Ag_{0.22}Zn_{1.18}Fe_{0.87}Sb_{3.10}As_{1.09}S_{13}$ (moyenne de 12 analyses ponctuelles, méthode de microanalyse en énergie dispersive (EDS), microscope électronique à balayage de l'Institut de Géologie de Berne). La teneur moyenne en argent correspond à 1,5 % du poids. La présence d'or, minéral qui jusqu'à présent n'a jamais été mis en relation avec ce

Mit diesem Ergebnis können die semiquantitativen Bestimmungen von Hügi & Meier (1949) bestätigt werden, welche bereits vor Jahren an einer Erzprobe vom Gnapperchopf das Element Gold mittels Emissionspektrographie nachgewiesen haben. Das Gold ist silberarm (3 – 5 Gewichtsprozent Ag) und tritt in Körnern mit bis 70 µm maximaler Dimension vorwiegend in Assoziation mit Tetraedrit und Chalkopyrit auf. Gold wurde in drei von sieben untersuchten Schliffen nachgewiesen. Anhand der Schliff-Fläche, Kornanzahl und Korngrösse kann der Goldgehalt der untersuchten Proben grob auf 10 – 20 ppm abgeschätzt werden.

Durch den erzmikroskopischen Nachweis angeregt, wurden ca. 90 Erzproben systematisch nach Gold abgesucht. Dabei wurde auf einer Mineralstufe aus derbem Gangquarz mit einzelnen, mm-langen Quarzkristallen und Einschlüssen von Galenit ein 0,4 mm langes Aggregat von frei auskristallisiertem Gold entdeckt, das randlich mit Galenit verwachsen ist. Diese Mineralprobe wurde von Karl Kühne beim Stollen nahe des Chrummlauizugtobels gefunden. Es handelt sich dabei nach unseren Kenntnissen um den Erstfund von frei auskristallisiertem Gold aus diesem Gebiet.



Gold-Aggregat in Galenit (metallisch grau, teilweise in hellbeigen Cerussit umgewandelt) und Quarz. Stollen nahe des Chrummlauizugtobel. Multifokus-Digitalaufnahme Keyence, B. Hofmann.

Agrégat d'or dans de la galène (gris métallisé, en partie transformé en cérusite de couleur beige clair) et du quartz. Galerie près du Chrummlauizugtobel. Photo digitale à multifocus Keyence, B. Hofmann.

P. Kürsteiner

Pyrit tritt untergeordnet auf zahlreichen Erzstufen in der Form würfeliger Kristalle auf, die im Gangquarz eingeschlossen sind und deren Kantenlänge in der Regel weniger als 3 mm beträgt. Daneben kommen ebenfalls in geringen Mengen Chalkopyrit und Cobaltit (Atomverhältnis Co:Ni:Fe ca. 3:2:1) als idiomorphe, zonierte Kristalle bis ca. 50 µm Grösse als Einschluss in Tetraedrit vor. In den untersuchten Schliffen kommen die Erzmineralaggregate als Einschlüsse in Quarz vor, teils auch assoziiert mit Dolomit und feinschuppigem Muskovit.

Vor allem Tetraedrit und Galenit sind durch die Oberflächenverwitterung stark korrodiert. An der Oberfläche des Galenits bildeten sich sekundär zementativer Chalkosin und Covellin. Diese Mineralphasen mit der Zusammensetzung $Cu_{1-2}S$ bildeten sich durch die Reaktion von durch Verwitterung gelösten Kupferionen mit den primären Sulfidmineralien. Als weitere sekundäre Mineralien wurden die Oxidationsprodukte Malachit und Azurit röntgendiffraktometrisch nachgewiesen. Gesichert ist auch das Vorhandensein von Cerussit anhand von EDS-Analysen mit dominant Pb-C-O. EDS-Analysen und elektronenmikroskopische Aufnahmen im Backscatter-Modus (BSE) zeigen das Vorhandensein von feinkörnigen Assoziationen sekundärer Mineralphasen mit den Elementen Pb-Cu-Sb-S-C.

Unter den Sekundärmineralien sind Malachit und Azurit die weitaus häufigsten. Malachit bildet grüne Krusten und Überzüge oder faserige Aggregate ohne erkennbare Kristallformen. Azurit tritt in der gleichen Ausbildung auf, erscheint aber auch selten in der Form tafeliger Kristalle, welche in kleinen Hohlräumen des Quarzbandes eingebettet sind.

Beim Brochantit, einem sekundär gebildeten Mineral, handelt es sich um kleine, intensiv grüne Plättchen. Im Quarz oder im Fluorit eingeschlossen, teilweise mit Phantom-Bil-

gisement, a été une réelle surprise. L'or ne contient que peu d'argent (3 – 5 % du poids), il apparait sous forme de grains d'une dimension maximum de 70 µm, le plus souvent en association avec la tétraédrite et la chalcopyrite. La présence d'or a été détectée dans trois sections polies sur sept. En tenant compte des observations faites sur les sections polies ainsi que du nombre et de la taille des grains, il est possible d'estimer la teneur en or des échantillons étudiés à 10 – 20 ppm. Ce résultat permet de confirmer les analyses semi-quantitatives effectuées par Hügi-Meier (1949) qui, il y a plusieurs années déjà, ont révélé, au moyen de la spectrométrie d'émission, la présence d'or sur un échantillon de minerai du Gnapperchopf.

Encouragé par ces résultats positifs, environ 90 échantillons de minerais ont été passés au peigne fin dans le but de trouver d'autres traces de ce minéral rare qu'est l'or. Finalement, sur un échantillon de gangue quartzeuse avec cristaux de quartz de quelques millimètres et inclusions de galène, on a découvert un agrégat d'or cristallisé de 0,4 mm de long, qui dans les bords est mélangé à de la galène. Cet échantillon, récolté par Karl Kühne près de la galerie qui est proche du Chrummlauizugtobel, représente probablement la première trouvaille d'or cristallisé dans cette région.

La pyrite apparait sur de nombreux échantillons, ce sont des cristaux cubiques inclus dans le quartz, avec une longueur d'arrête en général inférieure à 3 mm. On trouve également, en faible quantité, de la chalcopyrite et de la cobaltite (rapport atomique Co:Ni:Fe env. 3 : 2 : 1) sous forme de cristaux idiomorphes zonés inclus dans la tétraédrite, atteignant 50 µm. Dans les lames-minces étudiées, les agrégats de minerais sont inclus dans du quartz, ils sont parfois associés à de la dolomite et à de fines paillettes de muscovite.

Ce sont avant tout la tétraédrite et la galène qui sont fortement corrodées sous l'effet de l'altération de surface. De la chalcosine et de la covelline secondaires se sont développées à la surface de la galène. Ces phases minérales de composition $Cu_{1-2}S$ se sont formées à la suite de réactions entre des ions de cuivre libérés par altération avec les sulfures primaires. Les minéraux secondaires, malachite et azurite, qui sont des produits d'oxydation, ont également été déterminés à l'aide d'analyses radiodiffractométriques. La présence de cérusite a été confirmée à l'aide d'analyses EDS indiquant les éléments principaux Pb-C-O. Des analyses EDS ainsi que des photos faites à l'aide d'un microscope électronique (mode retrodiffusé) montrent la présence d'associations de phases minérales secondaires à grains fins, renfermant les éléments Pb-Cu-Sb-S-C.

Malachite et azurite sont les minéraux secondaires les plus représentés. La malachite, de couleur verte, forme des croûtes, des revêtements ou des agrégats fibreux sans structure cristalline reconnaissable. L'azurite apparait sous des formes identiques et rarement également sous forme de cristaux tabulaires lovés dans de petites cavités, dans la gangue de quartz.



Quarz in der normalprismatischen Form mit zahlreichen Kristallkeimlingen. Gnapperchopf. Breite der Mineralstufe 9,5 cm.

Quartz de forme prismatique courante recouvert de nombreux petits cristaux embryonnaires. Gnapperchopf. Largeur de la pièce 9,5 cm.

P. Kürsteiner Th. Schüpbach



Quarz in der normalprismatischen Form, an der Basis mit braunem Dolomit. Gnapperchopf. Breite der Mineralstufe 17,5 cm.

Quartz de forme prismatique courante avec à la base, de la dolomite brune. Gnapperchopf. Largeur de la pièce 17,5 cm.

P. Kürsteiner Th. Schüpbach

dung, finden sich zuweilen Galenit und fraglicher Boulangerit. Der Fluorit ist würfelförmig auskristallisiert (Angaben nach Cabalzar 1977). In den Randbereichen des Galenits und Tetraedrits treten zudem selten wenige mm grosse Körner von orange-braunem, derbem Wulfenit auf.

Im Rötidolomit unmittelbar oberhalb des Hauptstollens des Bergwerks – noch in Kontakt zu diesem, aber räumlich getrennt – konnten von Karl Kühne in mehreren engen, schräg stehenden Klüften Quarze ausgebeutet werden. Diese Klüfte streichen NW-SE und fallen mit 60 ° gegen SW ein (Fallazimut N240°E). Es fanden sich meist Stufen und Kristall-Aggregate, Einzelkristalle waren selten. Die Kristalle sind farblos, haben einen starken Oberflächenglanz und sind bis 4 cm lang. Zuweilen kamen Stufen mit mehreren Quarzgenerationen vor: eine frühere Kristallbildung, aus normalprismatischem Quarz bestehend, auf deren Oberseite am Ende des Wachstums zahlreiche Quarzkeimlinge abgelagert wurden, und eine spätere Bildung aus schlankprismatisch-nadeligem Quarz im Muzo-Habitus.

Aus einer kleineren Kluft oberhalb des weiter südwestlich gelegenen einzelnen Stollens konnte derselbe Strahler eine grössere Anzahl Mineralstufen bergen. Die Mineralstufen lagen von den Kluftwänden losgelöst im Kluftraum. Die Quarze sind farblos bis weiss und weisen Längen bis 10 cm auf. Auch Doppelender und Kristalle im Dauphiné-Habitus kamen vor. Als weiteres Mineral fand sich Dolomit in sattelförmig gebogener Ausbildung. Dieser ist zu kleineren und grösseren Grüppchen aggregiert oder erscheint rasenartig dem Quarz aufgelagert. Der Dolomit ist von beige-brauner Farbe; die Aggregate erreichen eine Grösse von bis zu 2 cm.

Auch in der weiteren Umgebung des Gnapperchopfs kommen an verschiedenen Stellen Quarzgänge vor, die ebenfalls Klüfte enthalten. In diesen Quarzgängen finden sich Klüfte mit glasklaren Bergkristallen, welche von verschiedenen Strahlern über Jahre ausgebeutet wurden. Der Bergkristall ist meist im Normal-Habitus, seltener im Dauphiné-Habitus ausgebildet. Nach Stalder et al. (1973) enthielten die Klüfte zuweilen auch Galenit.

La brochantite, un minéral de formation secondaire, apparait sous forme de petits feuillets de couleur vert intense. De la galène et éventuellement de la boulangérite se trouvent en inclusion dans le quartz ou dans la fluorite, parfois en tant que structure fantôme. La fluorite présente une forme cubique (selon Cabalzar 1977). Quelques rares grains non cristallisés de wulfénite de couleur orange-brun atteignant quelques millimètres ont été observés à la périphérie de la galène et de la tétraédrite.

Dans la dolomie de Röti, au-dessus de la galerie principale de la mine, Karl Kühne a pu extraire des cristaux de quartz qui se trouvaient dans plusieurs fissures étroites subverticales. Ces fissures ont une direction NW-SE avec un pendage de 60° vers le SW (sens du pendage N240°E). Il s'agit principalement de groupes et d'agrégats de quartz, les monocristaux sont rares. Les cristaux sont incolores, ils possèdent un éclat intense et atteignent 4 cm de long. Quelques pièces sont composées de quartz de différentes générations: les quartz primaires, avec un habitus prismatique courant, sur la surface desquels se sont déposés, à la fin de la période de croissance, une multitude de petits quartz embryonnaires et plus tard, des quartz prismatique élancé avec l'habitus Muzo.

Au-dessus de la galerie isolée située au sud-ouest, Karl Kühne a en son temps extrait d'une petite fissure, de nombreuses pièces de quartz qui s'étaient détachées de la paroi et reposaient au fond du four; quelques cristaux sont bi-terminés et certains montrent l'habitus du Dauphiné. Les quartz sont incolores à blancs et atteignent une longueur de 10 cm. On y a aussi découvert de la dolomite avec une structure en selle. Elle forme des agrégats plus ou moins grands ou recouvre le quartz comme un gazon. La dolomite est de couleur beige-brune, les agrégats atteignent au maximum 2 cm.

À plusieurs endroits aux alentours du Gnapperchopf, des veines de quartz avec des fissures ont depuis longtemps été exploitées par les cristalliers; les cristaux de quartz limpides possèdent généralement l'habitus prismatique courant, rarement l'habitus du Dauphiné. D'après Stalder et al. (1973) on y a aussi trouvé de la galène.



Quarzstufe mit braunem, sattelförmigem Aggregat aus Dolomit. Gnapperchopf. Breite der Mineralstufe 5,6 cm.

Groupe de quartz avec agrégat de dolomite en forme de selle. Gnapperchopf. Largeur de la pièce 5,6 cm.

P. Kürsteiner Th. Schüpbach



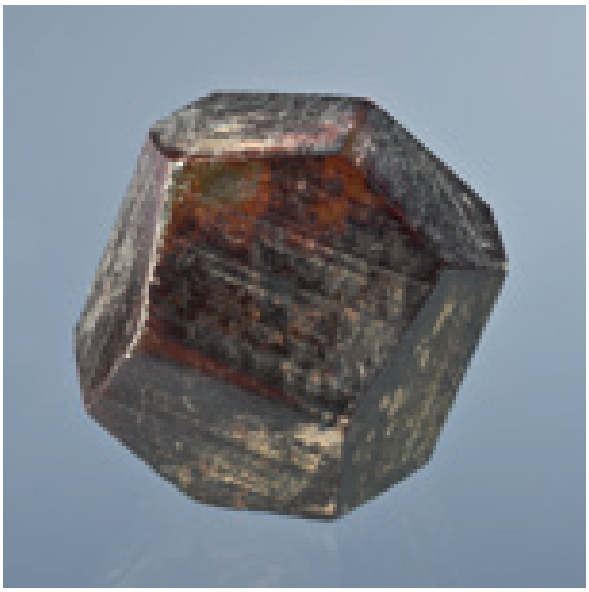
Würfelförmiger Pyrit, eingesprengt in Quartenschiefer. Gonscherauswald. Breite der Mineralprobe 8 cm.

Cristaux de pyrite de forme cubique, pris dans des schistes de Quarten. Gonscherauswald. Largeur de l'échantillon 8 cm.

P. Kürsteiner Th. Schüpbach

Gonscherauswald

Im unteren Teil des Gonscherauswaldes befindet sich ein aus Rötidolomit und rötlichen Quartenschiefern bestehender Felskopf. In den Quartenschiefern und untergeordnet in den eingelagerten Quarzsandsteinen treten zahlreiche Pyritkristalle auf. Der Pyrit ist meist würfelförmig ausgebildet, selten finden sich Kristalle in der Form des Pentagondodekaeders. Die Kristalle haben Kantenlängen bis 1 cm, die Oberflächen sind meist oxydiert und daher braun.



Pyrit-Pentagondodekaeder. Gonscherauswald. Durchmesser 6 mm.

Pyrite sous forme de dodécaèdre pentagonal. Gonscherauswald. Diamètre 6 mm.

P. Kürsteiner Th. Schüpbach

Chrüzbachtobel und Kalkofen

Beim Chrüzbachtobel stehen Gesteine des Vättiser Kristallins an, welche diskordant von Quarzsandstein und Rötidolomit überlagert werden. Der Kontakt vom Kristallin mit den überlagernden Sedimentgesteinen liegt auf rund 1100 m ü. M. (Hügi 1941). Das Chrüzbachtobel ist schon lange als Fundlokalität von Quarz bekannt. Die Funde konzentrieren sich auf den Ausgang des Chrüzbachtobels – diese Lokalität wird von den Einheimischen Kalkofen genannt (auf der Landeskarte nicht angegeben) – und den höher gelegenen Bereich des Tobels.
Unweit des markanten Wasserfalls auf etwa 1040 m ü. M. (Kalkofen) sind Gneise aufgeschlossen, welche mehrere bis 20 cm breite Quarzbänder enthalten und Klufthohlräume aufweisen, in welchen früher Bergkristall ausgebeutet wurde. Die Quarzbänder streichen ungefähr NW-SE und fallen mit rund 65° gegen SW ein (Fallazimut N245°E). Die im Chrüzbachtobel oberhalb etwa 1100 m ü. M. gelegenen Klüfte liegen im Rötidolomit und weisen ein gleiches Streichen und Fallen auf wie diejenigen beim Kalkofen.

Gonscherauswald

Dans la partie inférieure du Gonscherauswald (forêt de Gonscheraus) se trouve un éperon rocheux composé de dolomie de Röti et de schistes de Quarten. Dans les schistes de Quarten et, en moindre quantité, dans les grès siliceux intercalés, on trouve de nombreux cristaux de pyrite. La pyrite est en général de forme cubique, rarement sous forme de dodécaèdre pentagonal. Les cristaux ont une longueur d'arrête qui ne dépasse pas le centimètre, leur surface est généralement oxydée, ce qui leur confère une couleur brune.

Chrüzbachtobel et Kalkofen

Dans le Chrüzbachtobel (ravin de Chrüzbach) on trouve des roches appartenant au cristallin de Vättis surmontées en discordance par des grès siliceux et de la dolomie de Röti. Le contact entre le cristallin et les roches sédimentaires le recouvrant, se situe à une altitude d'environ 1100 m (Hügi 1941). Le Chrüzbachtobel est depuis longtemps connu pour ses gisements de quartz. Ceux-ci sont concentrés dans les régions supérieures du Chrüzbachtobel ainsi que dans la partie inférieure du ravin, localité que les habitants de la région désignent comme «Kalkofen» (four à chaux; n'est pas indiqué sur la carte topographique).
Près de la marquante chute d'eau, à une altitude de 1040 m environ (Kalkofen), se trouvent des gneiss parcourus de plusieurs veines de quartz pouvant atteindre 20 cm de largeur. Celles-ci renferment des cavités dans lesquelles des cristaux de quartz ont été trouvé autrefois . Les veines de quartz ont une orientation NO-SE et sont inclinées de 65° vers le SO (sens du pendage N245°E). Dans le Chrüzbachtobel, les fissures situées à une altitude supérieure à 1100 m environ



Steilstehende Kluft mit Quarzband im Gneis des Vättiser Kristallins. Kalkofen, Chrüzbachtobel.

Fissures subverticales avec veine de quartz dans le gneiss du cristallin de Vättis. Kalkofen, Chrüzbachtobel.

M. Soom



Quarzstufe, schlankprismatische Form. Kalkofen. Breite der Mineralstufe 13,5 cm.

Spécimen avec des cristaux de quartz prismatiques allongés. Kalkofen. Largeur de la pièce 13,5 cm.

P. Kürsteiner Th. Schüpbach

In der Literatur werden verschiedene Angaben zu Mineralfunden dieses Gebietes angegeben, ohne genaue Unterscheidung Kalkofen oder höher gelegener Teil. Weibel (1963) beschreibt durch Eisenhydroxid gelb gefärbte Quarzstufen. Die Quarzkistalle sind meist im Dauphiné-Habitus ausgebildet. Es handelt sich bei diesen um Lamellenquarze mit erhöhtem Spurenelement-Gehalt, die unter dem Polarisationsmikroskop einen Aufbau aus optisch zweiachsigen Lamellen erkennen lassen. In Bambauer (1961) sind die Werte von Spurenanalysen solcher Quarze von Vättis aufgeführt: pro 1 Million Silizium-Atome wurden 300 Aluminium-Atome, 125 Lithium-Atome, 25 Natrium-Atome und 130 Wasserstoff-Atome gemessen. Die Klüfte des Chrüzbachtobels enthalten nach Weibel (1963) neben Quarz wenig Pyrit und Chalkopyrit. Zusätzlich findet sich etwas Galenit, welcher auch als korrodierte idiomorphe Kristalle erscheint.

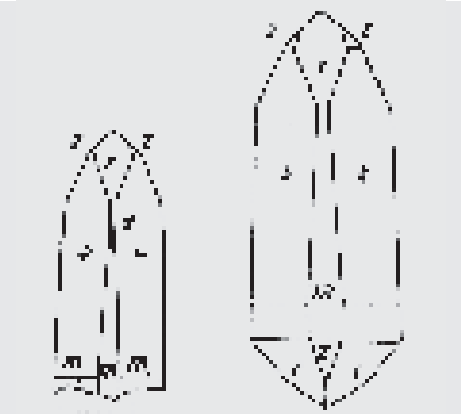
se trouvent dans la dolomie de Röti, elles possèdent une orientation et un pendage identique à celles situées dans la région du Kalkofen.
Divers renseignements concernant les gisements de cette région se trouvent dans la littérature, toutefois aucune distinction n'est faite entre la zone du Kalkofen et la partie supérieure du ravin. Weibel (1963) mentionne des pièces de quartz de couleur jaune due à la présence d'hydroxydes de fer. Les cristaux montrent en général l'habitus du Dauphiné, il s'agit de quartz lamellés qui, vu au microscope polarisant, laissent reconnaitre une alternance de lamelles optiquement orientées selon deux axes différents; ils possèdent une concentration élevée en éléments traces. Bambauer (1961) a publié des résultats d'analyses de traces effectuées sur des quartz en provenance de Vättis: sur 1 million d'atomes de silice on a déterminé 300 atomes d'aluminium, 125 atomes



Detailansicht obiger Stufe. Bildbreite 7 cm.

Détail de la pièce ci-dessus. Largeur de l'image 7 cm.

P. Kürsteiner
Th. Schüpbach



Bergkristalle vom Chrüzbachtobel: langgestreckter Kristall mit steilen Rhomboedern (links) sowie Zweispitzer mit unterschiedlich ausgebildeten Spitzen (rechts) (nach Stalder et al. 1973).

Cristaux de quartz du Chrüzbachtobel: cristal élancé avec faces de rhomboèdre très raides (à gauche) ainsi que cristal bi-terminés dont les deux extrémités sont différentes (à droite) (d'après Stalder et al. 1973).

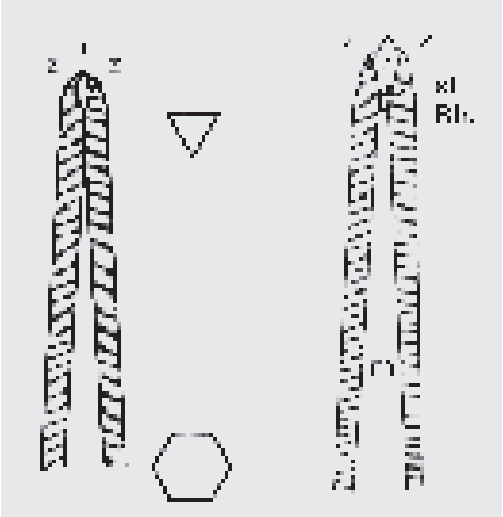


Quarzstufe, schlankprismatische bis nadelige Form, mit Überzügen aus Eisenhydroxid. Chrüzbachtobel. Breite der Mineralstufe 8,2 cm.

Groupe de quartz de forme prismatique allongée à aciculaire, avec encroûtement d'hydroxydes de fer. Chrüzbachtobel. Largeur de la pièce 8,2 cm.

Naturmuseum St. Gallen (Coll. 2185).
Th. Schüpbach

Die Quarze des Chrüzbachtobels weisen bei trigonaler Symmetrie eine langnadelige Ausbildung mit sehr steilstehendem Rhomboeder r als Endbegrenzung auf. Stalder et al. (1973) erwähnen zur besonderen Kristallform dieser Lokalität: «Eine äusserst feine, regelmässige Streifung erweckt den Eindruck, dass diese Form eher von Pseudocharakter ist und aus alternierendem Prisma und Normalrhomboeder zusammengesetzt ist. Ganz merkwürdig sind die zahlreichen Zweispitzer, deren eines Ende dem beschriebenen Typus entspricht, während das andere durchaus normal ist, der Kristall somit trigonal-hemimorphe Symmetrie zeigt.»



Quarz mit Muzo-Habitus (nach Rykart 1995).

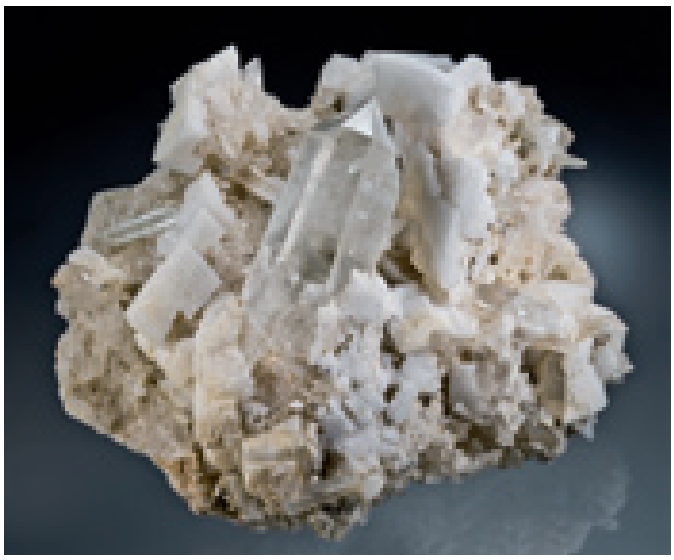
Quartz avec l'habitus Muzo (selon Rykart 1995).

Aus dem Chrüzbachtobel erwähnt Rykart (1979) Quarze mit Muzo-Habitus: «Für diese Kristalle charakteristisch ist der an der Kristallwurzel sechsseitige Prismenquerschnitt, der unterhalb der Kristallspitze nur noch dreiseitig oder nahezu dreiseitig ist. Zur Spitze hin verbreitern sich die Flächen unter dem Rhomboeder z, während dem die Flächen unter dem Rhomboeder r schmaler werden und zur Kristallspitze hin vollständig oder nahezu vollständig verschwinden.»
An derselben Lokalität gelang H. Vetsch im Jahre 1972 der Fund eines nach dem Japaner-Gesetz verzwillingten Bergkristalls (Vetsch 1975). Dieser Autor beutete eine Kluft im Rötidolomit aus, die neben Quarz im Dauphiné-Habitus noch etwas Calcit enthielt. An der Kluftdecke befand sich milchiger Quarz mit Spitzen bis zu 5 cm Dicke und 15 cm Länge. Die Stufe, welche den Japaner-Zwilling trägt, befindet sich heute in der Sammlung des Naturhistorischen Museums Bern. Die beiden Zwillingskristalle erreichen eine Länge von maximal 4 cm.

de lithium, 25 atomes de sodium et 130 atomes d'hydrogène. D'après Weibel (1963), dans les fissures du Chrüzbachtobel on trouve en plus du quartz, de la pyrite et de la chalcopyrite en moindre quantité, ainsi qu'un peu de galène sous forme de cristaux idiomorphes corrodés.

Les quartz du Chrüzbachtobel montrent une symétrie trigonale, ils ont un habitus aciculaire allongé avec des faces terminales de rhomboèdre r très raides. Stalder et al. (1973) mentionnent comme forme cristalline particulière de cette localité: «Des stries extrêmement fines et régulières donnent l'impression que cette forme est plutôt pseudo-caractéristique et résulte d'une alternance de prismes et de rhomboèdres normaux. Un fait singulier est la présence de nombreux cristaux bi-terminés, dont une extrémité correspond au type décrit plus haut tandis que l'autre est normale et montre une symétrie trigonale hémimorphique.»

Rykart (1979) mentionne des quartz avec l'habitus de Muzo provenant du Chrüzbachtobel: «Ce qui caractérise ces cristaux est le fait qu'à la base du cristal, le prisme possède une section hexagonale et juste au-dessous de la pointe, une section pratiquement trigonale. En s'approchant de la pointe du cristal, les faces situées en dessous des rhomboèdres z s'élargissent tandis que celles situées en dessous des rhomboèdres r deviennent de plus en plus minces, pour pratiquement disparaître complètement au sommet du cristal».
En 1972, H. Vetsch a découvert dans cette même localité, un cristal de quartz maclé selon les lois de la macle du



Quarz, normalprismatische Form mit schneeweissen, sattelförmigen Aggregaten aus Dolomit. Chrüzbachtobel. Breite der Mineralstufe 13 cm.

Photo NMSG-2194: Quartz de forme prismatique normale avec agrégats de dolomite en forme de selle, de couleur blanche. Chrüzbachtobel. Largeur de la pièce 13 cm.

Naturmuseum St. Gallen (Coll. 2194).
Th. Schüpbach

Ebenfalls in Klüften des Rötidolomits gelang Jakob Steiger ein Fund von Bergkristall, der von weissen, sattelförmigen Dolomit-Aggregaten und von einem weissen Schichtsilikat (feinschuppiger Muskovit) begleitet wird. Entsprechendes Fundmaterial wird in der Sammlung des Naturmuseums St. Gallen (Coll. Nr. 2193) aufbewahrt.

Auch in der näheren Umgebung des Chrüzbachtobels kommen Quarz enthaltende Klüfte vor. Karl Kühne konnte bei der Lokalität Steinchöpf Klüfte mit farblosen, hochglänzenden Bergkristallen ausbeuten. Die bis 3 cm langen Kristalle, oft igelförmig gewachsen, lagen frei im Lehm. Derselbe Strahler fand oberhalb Gauis bei Vättis feine Nadelquarze, welche kristallinem Gestein aufgewachsen sind. Weiter fand er im Rötidolomit bei Rütenen Klüfte mit feinen, bis 2 cm langen Bergkristallen. Diese sind zuweilen im Dauphiné-Habitus ausgebildet und meist von einer Eisenhydroxid-Schicht bedeckt.

Dank

An erster Stelle möchten wir uns bei Karl Kühne, Zürich, bedanken, welcher durch das Überlassen seiner grossen Sammlung an Mineralien des Taminatals sowie mit seinen zahlreichen Angaben zu Mineralfundstellen dieses Gebietes die vorliegende Arbeit überhaupt erst ermöglichte. Der Gemeinde Pfäfers verdanken wir die Erteilung einer Bewilligung zu diversen Geländebegehungen sowie Probeentnahmen. Nicolas Greber (Naturhistorisches Museum Bern und Institut für Geologie, Universität Bern) danken wir für die elektronenmikroskopischen und röntgenographischen Untersuchungen. Thomas Schüpbach, Ipsach, verdanken wir die vielen Mineralien-Aufnahmen und Joëlle Soom, Heimiswil, die graphische Überarbeitung der tektonischen Übersichtskarte. Janine Soom, Heimiswil, übersetzte den Text ins Französische, wofür wir uns herzlich bedanken.

Dr. Peter Kürsteiner
Naturmuseum St. Gallen, Museumstr. 32, 9000 St. Gallen

Dr. Michael Soom
Hanfgarten 93, 3412 Heimiswil

PD Dr. Beda Hofmann
Naturhistorisches Museum der Burgergemeinde Bern, Bernastrasse 15, 3005 Bern

Japon. L'auteur avait exploité une fissure dans la dolomie de Röti qui, en plus de quartz avec l'habitus du Dauphiné, renfermait également de la calcite. Le plafond du four était recouvert de quartz laiteux avec des pointes atteignant 5 cm d'épaisseur et 15 cm de longueur.
La pièce sur laquelle repose la macle du Japon est conservée dans la collection du Musée d'histoire naturelle de Berne. Les cristaux composant la macle atteignent une longueur maximale de 4 cm.

Dans des fissures situées dans la dolomie de Röti, Jakob Steiger a également découvert des cristaux de quartz accompagnés d'agrégats de dolomite blanche en forme de selle et de fines paillettes de muscovite blanche. Des échantillons de cette découverte se trouvent dans la collection du Musée de la Nature de Saint-Gall (Coll. 2193).

Dans les alentours du Chrüzbachtobel on trouve également des fissures qui renferment du quartz. Karl Kühne a découvert près de la localité Steinchopf, des fissures d'où il a extrait des cristaux de quartz limpide d'un éclat intense. Les cristaux qui étaient pris dans la glaise, atteignent 3 cm de long et sont souvent assemblés en forme d'hérisson. Le même cristallier a trouvé au-dessus de Gauis près de Vättis, des cristaux aciculaires de quartz reposant sur de la roche cristalline. D'autre part il a découvert dans la dolomie de Röti près de Rütenen, des fissures avec des cristaux de quartz atteignant 2 cm. Ceux-ci montrent en partie l'habitus du Dauphiné et sont en général recouverts d'une couche d'hydroxydes de fer.

Remerciements

En premier lieu nous tenons à remercier Karl Kühne, Zurich, qui, en nous remettant son importante collection de minéraux du val Tamina et en nous fournissant de nombreux renseignements concernant les gisements de cette région, nous a permis de rédiger cette publication. Nous remercions la commune de Pfäfers qui nous a donné l'autorisation de visiter les divers sites et de récolter quelques échantillons. Nos remerciements vont également à Nicolas Greber (Musée d'histoire naturelle de Berne et Institut de géologie, Université de Berne), pour les analyses effectuées (microscope électronique et rayon-X), à Thomas Schüpbach, pour les nombreuses photos des divers minéraux et finalement, à Joëlle Soom qui a effectué les diverses adaptations graphiques de la carte tectonique.

Traduction: Janine Soom-Flück

Japaner-Zwilling. Chrüzbachtobel. Breite 3,8 cm.

Macle du Japon. Chrüzbachtobel. Largeur 3,8 cm.

Naturhistorisches Museum Bern (Coll. 18203)
Th. Schüpbach



Literaturverzeichnis / Littérature

Bambauer, H. U. (1961): Spurenelemente und -Farbzentren in Quarzen aus Zerrklüften der Schweizer Alpen. Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen 41, 335 – 369.

Blumenthal, M. (1911): Geologie der Ringel-Segnesgruppe. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, N. F. 33. Lieferung, Bern.

Bolley, A.P. (1861): Analyse einer Suite von Kupfererzen vom Calanda. Schweizerische Polytechnische Zeitschrift 6, 95.

Cabalzar, W. (1977): Funde der letzten Jahre vom Calanda. Trouvailles de ces dernières années dans la région du Calanda. *Schweizer Strahler / Cristallier Suisse* 4, 328 – 333.

Cadisch, J. (1939): Die Erzvorkommen am Calanda, Kantone Graubünden und St. Gallen. Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen 19, 1 – 20.

Deicke, J.C. (1862): Die nutzbaren Mineralien der Kantone St. Gallen und Appenzell. Bericht über die Thätigkeit der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft während des Vereinsjahres 1861 – 1862, 90 – 112.

Hügi, T. (1941): Zur Petrographie des östlichen Aarmassivs (Bifertengletscher, Limmernboden, Vättis) und des Kristallins von Tamins. Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen 21/1, 1 – 120.

Hügi, T. & Meier, W. (1949): Spektographische Untersuchungen an schweizerischen Kupfererzen. Experientia 7, 283 – 285.

Imper, D. (2004): Der GeoPark Sarganserland-Walensee-Glarnerland. Berichte der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft 90, 101 – 136.

Michalski, I. & Soom, M. (1990): The Alpine thermo-tectonic evolution of the Aar and Gotthard massifs, Central Switzerland: Fission Track ages on zircon and apatite and K-Ar mica ages. Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen 70, 373 – 387.

Oberholzer, J. (1933): Geologie der Glarneralpen. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, N. F. 28. Lieferung.

Pfiffner, O. A. (1978): Der Falten- und Kleindeckenbau im Infrahelvetikum der Ostschweiz. Eclogae geologicae Helvetiae 71/1, 61 – 84.

Rahn, M., Mullis, J., Erdelbrock, K. & Frey, M. (1995): Alpine metamorphism in the North Helvetic Flysch oft the Glarus Alps, Switzerland. Eclogae geologicae Helvetiae 88/1, 157 – 178.

Rykart, R. (1979): Muzo-Habitus aufweisende Bergkristalle. Cristaux de roche: habitus de Muzo. *Schweizer Strahler / Cristallier Suisse* 5, 113 und 115.

Rykart, R. (1995): Quarz-Monographie. 2. Auflage. Ott-Verlag, Thun.

Schmidt, C. (1920): Texte explicatif de la Carte des Gisements des matières premières minérales de la Suisse 1: 500'000. Basel.

Stalder, H. A. (1963): Quarzfund vom Taminser Calanda. Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern, Neue Folge 20, 43 – 46.

Stalder, H. A., de Quervain, F., Niggli, E. & Graeser, S. (1973): Die Mineralfunde der Schweiz. Wepf & Co., Basel.

Vetsch, H. (1975): Ein aussergewöhnlicher Fund. Une découverte hors série. *Schweizer Strahler / Cristallier Suisse* 3, 404 – 406.

Weibel, M. (1963): Die Quarzfunde bei Tamins und Vättis. Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen 43, 479 – 483.

Weibel, M. (1966): Die Mineralien der Schweiz. Birkhäuser Verlag, Basel.

Zimmermann, A. (2006): Knappen und Geister auf Gnapperchopf und in Silberegg. Über die Vättner Bergwerke geben Sage und Wissenschaft Aufschluss. Bergknappe 108, 2 – 7.

Internet-Link

www.geopark.ch

Kartenverzeichnis / Liste des cartes consultées

Topographische Karten / Cartes topographiques

Landeskarte der Schweiz 1: 25'000: Blatt 1155 Sargans, Blatt 1174 Elm, Blatt 1175 Vättis.

Geologische Karten / Cartes géologiques

Landesgeologie LHG (2008): Tektonische Karte der Schweiz 1: 500'000, map.geo.admin.ch, Stand 22.05.2008.

Oberholzer, Jakob (1920): Geologische Karte der Alpen zwischen Linthgebiet und Rhein 1: 50'000. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, Spezialkarte Nr. 63.