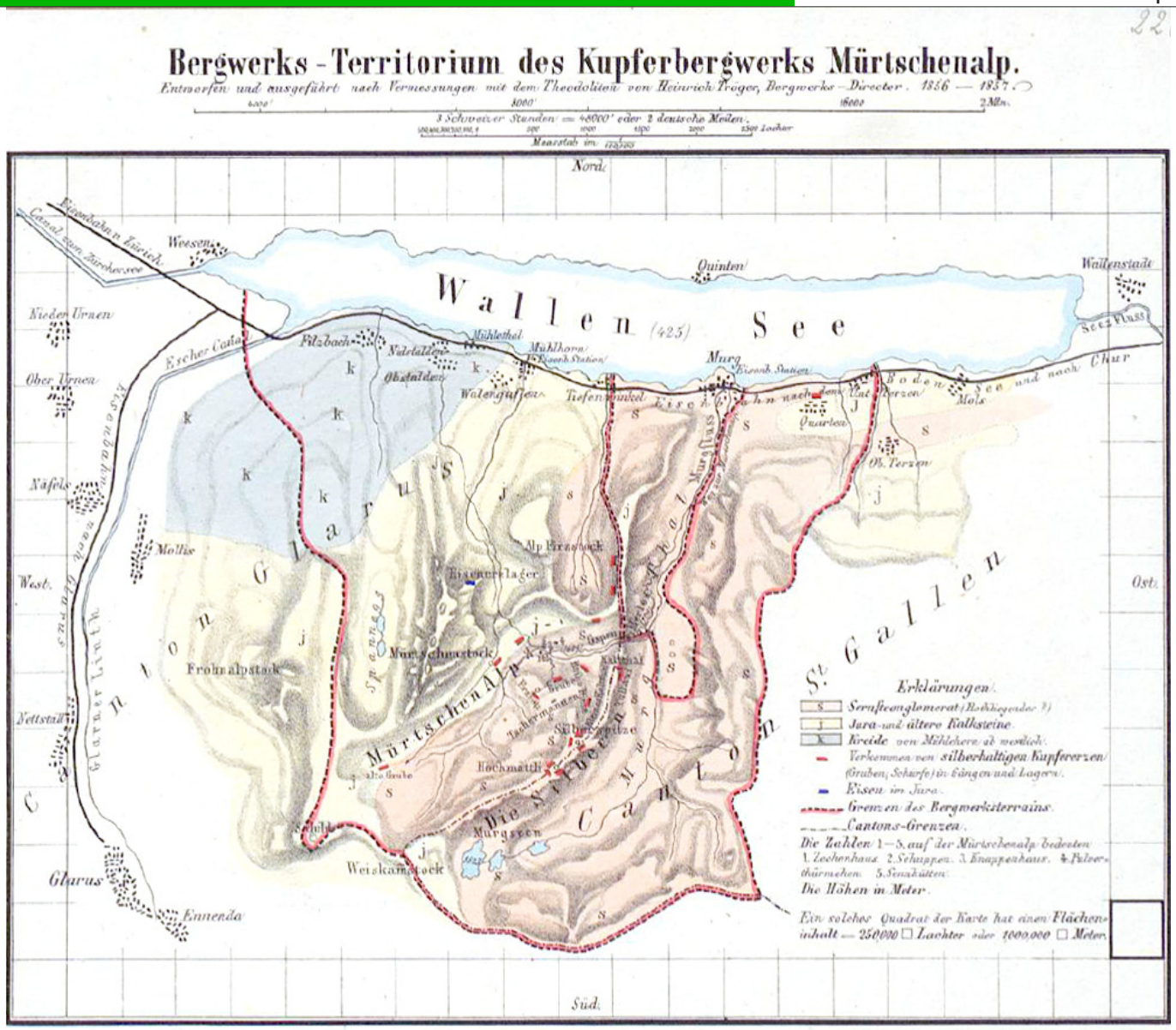
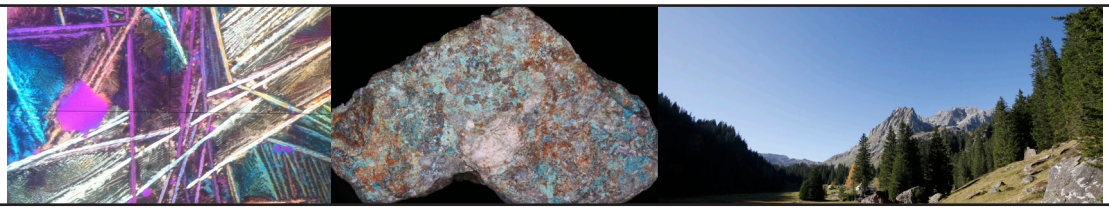


Exkursion 22. August 2015



Roger Widmer

Schweizerische Geotechnische Kommission
ETH Zürich
NO F 35
Sonnegstrasse 5
8092 Zürich

Die Uran- und Kupfererze der Mürtschenalp

Oder weshalb das Rote Gebirge plötzlich «Grau» wurde...

Einleitung



Das Gebiet der Mürtschenalp ist für mich kein «Neuland», denn ich war schon einige Male zusammen mit meiner Familie und Freunden im wunderschönen Gspontal picknicken. Ich hatte mir auch schon vorgenommen die Stollen der Hauptgrube und Erzbett zu befahren, aber ich kam nie über die Mürtschenalp hinaus. Jedes Mal blieb ich auf Höhe der Mürtschenalp hängen und verlor mich in der einmaligen Landschaft und der Abgeschiedenheit dieses Seitentales mit den schroffen Felsen des Mürtschenstockes.

Zum Glück für mich war das Gebiet der Mürtschenalp durch Kurt Bächtiger (1963) bereits sehr ausführlich untersucht und die Ergebnisse in seiner Dissertation veröffentlicht worden (Geotechnische Serie, Lieferung 38) Bei einem ersten Studium der Dissertation wurde mir aber schnell klar, wie komplex diese Arbeit daher kam und schon nach kurzer Zeit rauchte mir der Schädel, denn ich verstand in den meisten Fällen nur «Bahnhof».

Durch einen blöden Unfall beim motorradfahren im Schwarzwald, war ich gezwungen eine Woche im Spital zu verbringen. Natürlich versuchte ich die Zeit sinnvoll zu nutzen und meine lieben Freunde und Familie versorgten mich mit dem Nötigsten, so dass ich mich im Spitalbett mit der Dissertation von Bächtiger (1963) und dem Bericht von Emil Stöhr (1865) befassen konnte. Aber schon bald wurde mir klar, dass bei meinem Sturz in die Felswand mein Gehirn mehr gelitten hatte, als mir lieb war. Konzentrationsprobleme und Kopfschmerzen waren die Folgen, aber mit kleinen Pausen und erholsamen Nickerchen las ich mich durch diese beiden Publikationen hindurch. Ich kam zum Schluss, dass ich den historischen Teil komplett von Bächtiger übernehmen konnte, hatte er für mich die Arbeit einer Zusammenfassung von Stöhr, bereits sehr ausführlich übernommen. Die sehr komplexe und in Fachdeutsch gehaltenen Dissertation von Bächtiger versuche ich nun zu verstehen, so dass ich den Inhalt verständlich weitergeben konnte.

Geographische und Topographische Lage

Das von Bächtiger untersuchte Gebiet umfasst das Einzugsgebiet des Gspontal, ein seitliches Hochtal des Murgtales bis hinüber zum Murgsee. Die Hauptfundstellen der Uranvererzungen befinden sich südöstlich der Mürtschenalp, in der Gegend der Chalttalchöpf und nördlich des Unteren Murgsees. Somit wird das Gebiet mit den grössten Mineralisationen im Norden begrenzt durch den Bärenboden - Gspon - Chalttalchöpf - Silberspitz - Hochmättli - Chli Hochmättli - Etscherzapfen - Ober Mürtschen (Bächtiger 1963)

Das «Zentrum» des Untersuchungsgebietes, die Mürtschenalp, ist von Merlen im Murgtal aus über das Gspon durch einen zum Teil steilen Saumpfad zu erreichen. Dieser Saumpfad war während der zweiten Bergbauperiode im Jahr 1854 erstellt worden. Leider wurde dieser im Jahr 1961 durch einen Bergsturz zu einem grossen Teil verschüttet. Im Gspon stand während der Feldarbeit von Bächtiger, auf den Fundamenten der alten Seilbahnstation eine Schutzhütte. In neuerer Zeit wurde wieder eine Seilbahn für den Alpbetrieb erstellt, die aber vor ein paar Jahren bei einem Föhnsturm stark beschädigt worden war und bis heute ausser Betrieb ist. Vom Gspon aus führt der Saumweg über den Unter Mürtschen über die Mürtschenalp hinauf zum Ober Mürtschen und weiter wieder hinüber ins Murgtal zum Murgsee.

Beim Gebiet Murgtal-Mürtschenalp handelt es sich um ein topographisch stark gegliedertes Gelände mit Höhen von 1400 bis 2200 m. Im Norden verläuft das SW-NE ausgerichtete Gspontal mit den Alpen Unter- und Ober Mürtschen. Oberhalb der in Blöcken abgerutschten Nordflanke liegt die Alp Bärenboden. Westlich davon ragt der markante Mürtschenstock mit seinen mächtigen Geröllhalden empor. Auf der Südseite befinden sich die teilweise steilen Felswände unterhalb der Alp Tschermannen und dahinter, weiter im Süden schliesst die Hochmätteli- Silberspitz-Kette mit ihrem Steilabfall ins Murgtal ab. In den schroffen Felswänden unterhalb Tschermannen liegen von Westen nach Osten, beinahe in einer Linie die alten Stollen von Erzbett (1720 m), der Hauptgrube (1690 m) und im Grossen Chalttal (1510 m).

Geologie der Mürtschenalp

Die Mürtschenalp befindet sich geologisch gesehen im Östlichen Helvetikum. Die Ge-

Fig.1

Ein typischer weinroter Sernifit (Verrucano), wie er die Landschaft der Mürtschenalp prägt.



steine des Helvetikums bestehen hauptsächlich aus Sedimenten von Perm bis ins Eozän, welche von ihrem kristallinen Untergrund abgeschert und von SE gegen NW verschoben worden sind. Teilweise liegen sie heute auf einer Flyschunterlage. Durch diese starken tektonischen Bewegungen wurden die Helvetischen Decken in einzelne Decken zerlegt, wovon im Norden die Mürtschendecke den Mürtschenstock bildet und im Süden das restliche Untersuchungsgebiet mit den Vererzungen zur Verrucano-Decke gehört. Am Aufbau mit beteiligt sind folgende Gestein des Perm und der Trias, die genaue Lage ist aus der Geologischen Karte der Mürtschenalp ersichtlich (Fig. 22).

Perm

Sernifit (Verrucano) Infolge des oxydierten Eisens weinrote, quarzig-silikatischen Brekzien bis Konglomerate (Sernifit). Der Korndurchmesser variiert von 1 bis 2 mm (Feinfraktion) und derjenige der Grobfraktion ca. 15 mm (Fig. 1). Nur bei feiner Körnung und starker tektonischer Belastung kann eine leichte Schieferung wahrgenommen werden. Der Verrucano wird in drei Hauptbestandteile unterteilt: a) Gesteinskomponenten b) Mineraltrümmer und c) Basalzement mit Mineralklüften.

Die Gesteinskomponenten lassen sich in Eruptiva wie Mikroklingranit, Quarzprophyr, Porphyr, Spilit, Quarzkeratophyr und in Sedimente wie schwarzer bituminöser Quarzit, graublauer bis weinroter Hornstein und seltener Kalk unterteilen.

Unter den Mineraltrümmern dominiert der rosarote Mikroklin, relativ häufig finden sich auch Bruchstücke von Chalcedon bis Achat und Muskowit.

Der Basalzement und die Mineralkluftfüllungen bestehen vorwiegend aus sekretionärem Gelquarz. Der Sernifit bildet im Süden die Hochmätteli- Silberspitz-Kette und zieht bis über den Gsponbach hinaus, wo er vom Melser Sandstein abgelöst wird. Es sollte hier noch erwähnt werden, dass sich dieses sehr kompakte, granitähnliche Gestein laut Bächtiger im Gelände wie eine einheitliche Felsplatte verhält und hauptsächlich markante Klüfte, Brüche und Verwerfungen einer germanotypen Tektonik zeigt. Es sind aber örtlich auch jüngere Einflüsse wie Faltungen und Flexuren einer alpinotypen Faltung erhalten geblieben. (Bächtiger 1963)

Rotbergsandstein ist zum grössten Teil *psammatisch*, ansonsten durch seine unregelmässige Ablagerungen auch *pelitisch* oder *psephitisch*. Die Körnung ist im Durchschnitt kleiner als 1 mm, aber es treten Konglomerat- bis Brekzienpartien mit Gerölldurchmesser von 3 bis 5 mm im durchschnitt und maximal 20 mm. Die inhomogene und regellose Schichtung ist auf einen *fanglomeratischen* Ursprung zurückzuführen. Die Farbe entspricht in etwa der des Sernifits, in Bezug auf die Bestandteile jedoch geröllärmer, aber auf Kosten der Feldspate quarzreicher und müsste eher als Feinbrekzie bezeichnet werden.

Schönbühlschiefer wird als blutrot beschrieben, die Struktur als pelitisch bis psammitisch und die Textur in den meisten Fällen geschiefert (Fig. 2). Geröllkomponente sind recht selten und sehr klein. Mineralkomponente beherrschen das Bild, allen voran Quarz, detritischer Muskowit, Serizit und Feldspat.

pelit- psammatisch

Pelit ist die Bezeichnung für feinklastische Sedimentgesteine mit Korngrößen unter 0,02 mm (Ton bis Mittelschluff).

Psammit ist die Bezeichnung für mittelklastische Sedimentgesteine (entspricht weitgehend einem Sandstein) mit Korngrößen von 0,02 bis 2 mm (Grobschluff bis Grobsand).

Psephit hat eine Korngrösse über 2mm. (Wikipedia)



Fig.2

Schönbühlschiefer wie er am Weg hinauf zum Bärenboden anzutreffen ist.

Fanglomerat

Ein Fanglomerat (Schlammbrekzie) steht hinsichtlich seiner Gefügemerkmale von gerundeten und eckigen Gerölltrümmern zwischen einem Konglomerat und einer Brekzie. Oft bilden sich grosse unsortierte Schlammfächer.

Trias

Melser Sandstein schliesst direkt an den Sernifit an. Als gewöhnlich ca. 12 m mächtiges, ehemaliges marines Strandsediment setzt sich dieser hauptsächlich aus weiss-grauen Quarzkomponenten mittlerer Grösse zusammen (Fig. 3). Vereinzelt sind blaugraue Quarzitgerölle sowie grüne Schieferstückchen sichtbar, die jedoch rasch herauswittern. Im frischen Bruch ist er graugrün durch die reiche Pyritisierung, aber gelb bis braunrot anwitternd und ein wenig dolomitisiert. Ob diese Erscheinung mit den Kupfer-Uranvererzungen im darunterliegenden Sernifit im Zusammenhang steht, ist nicht bekannt. (Bächtiger 1963)

Fig.3

Dieser Melser Sandstein bei der Kupfervererzung am Bärenboden wurde durch Metasomatose zu Grauem Gebirge umgewandelt.



Röti-Dolomit beginnt an der Basis mit einer 2 bis 3 m mächtigen Wechsellagerung von gelben Dolomitbänken und sandigen, beinahe phyllitähnlichen Mergelschichten entstanden im Flachmarinen Milieu. Die einzelnen Lagen sind ca. 10 bis 15 cm mächtig. Darüber beginnt dann der eigentliche Dolomit. Dieser ist von Natur aus sehr feinkristallin, im frischen Bruch grauweiss, wittert aber schnell gelb an (Fig. 4). Im allgemeinen ist er gut gebankt und kann eine Mächtigkeit von bis zu 20 m erreichen. Über diesem Dolomit kann örtlich das Vorhandensein von Rauhwacke mit einer variablen Mächtigkeit von maximal 3 m beobachtet werden.

Quartenschiefer wurde etwas östlich von Ober Mürtschen, ganz im Westen des Untersuchungsgebietes, im Gsponbach beobachtet. Es sind weiche, weinrote, pelitische Schiefer. Sie wechseln ihr Streichen und Fallen auf kurze Distanz von 325° / 10° auf 20° / 20°, was auf eine sehr starke tektonische Beeinflussung hinweist. Wegen seiner geringen Härte findet man im Untersuchungsgebiet nur noch am Bärenbodenkamm gut aufgeschlossene Quartenschiefer. Sie scheinen eine beliebte Scherfläche zu sein, entlang welcher die oberen Schichtglieder entfernt wurden.

Tektonik

Das ganze Gebiet der Mürtschenalp ist von auffälligen Bruchzonen durchsetzt (Fig. 5).

Fig.4

Gelblich anwitternder Rötidolomit im Tschermannenbach südlich von Gadmen bei der Alp Mürtschen.



Bächtiger unterscheidet zwischen älteren germanotypen (tektonischer Baustil von Bruchschollen- und Faltengebirge aus der postvariszischen Zeit) und jüngeren alpinotypen Strukturen. Zu den germanotypen Strukturen gehören die schlecht sichtbaren SW-NE verlaufenden Längsbrüchen sowie die im Gelände gut sichtbaren Querbrüche, die zum Teil als N-S und zum Teil als NW-SE verlaufende Brüche und Verwerfungen zu erkennen sind. Diese Bruchsysteme können Ausdehnungen von mehreren Kilometern erreichen. Die auffälligsten Tektonischen Erscheinungen sind der Kleine- und Grosse Walenchengel. Alle diese Störungen stehen in direktem Zusammenhang mit den Vererzungen.

Die jüngeren alpinotypen Strukturen treten bedeutend weniger auf und sind im Gelände vor allem durch das Messen von Streichen und Fallen zu erkennen. Während der Orogenese (Gebirgsbildung) wurde der Sernifit leicht plastisch und beinahe flexurartig belastet. Dabei sank der Sernifit in mehereren Stufen treppenartig gegen Nordwesten ab und taucht dabei unter die Mürtschendecke. Sehr markant ist der Steilabfall am Nordrand der Alp Tschermannen in der Nähe der Hauptgrube zu erkennen.

Die Nebengesteine der verschiedenen Vererzungen

Die Nebengesteine der verschiedenen Vererzungen wurden von Bächtiger in drei Gruppen aufgeteilt. A) Ursprünglich unvererzte Gesteine, B) Veränderte (reduzierte) unvererzte Gesteine und C) Veränderte vererzte Gesteine. Die Gruppe A und B unterscheidet sich nur durch den Oxydationsgrad des Eisens. Während bei der Gruppe A das Eisen in oxydierter Form vorliegt und eine Rotfärbung bedingt, so tritt sie bei der Gruppe B ganz zurück, wobei das Gestein hellgrau wird. Das Eisen kann aber auch in reduzierter Form zusammen mit Chlorit vorhanden sein und so eine Grünfärbung hervorrufen, oder als fein dispers verteilter Pyrit eine Blau- bis Schwarzfärbung verursachen.

A) Zu den ursprünglich unvererzten Gesteinen gehören die oben bereits erwähnten Sedimente wie der Sernifit, Rotbergsandstein, Schönbühlschiefer, Röti-Dolomit und der Quartenschiefer. Weiter zählte Bächtiger auch die auftretenden Gangarten dazu:

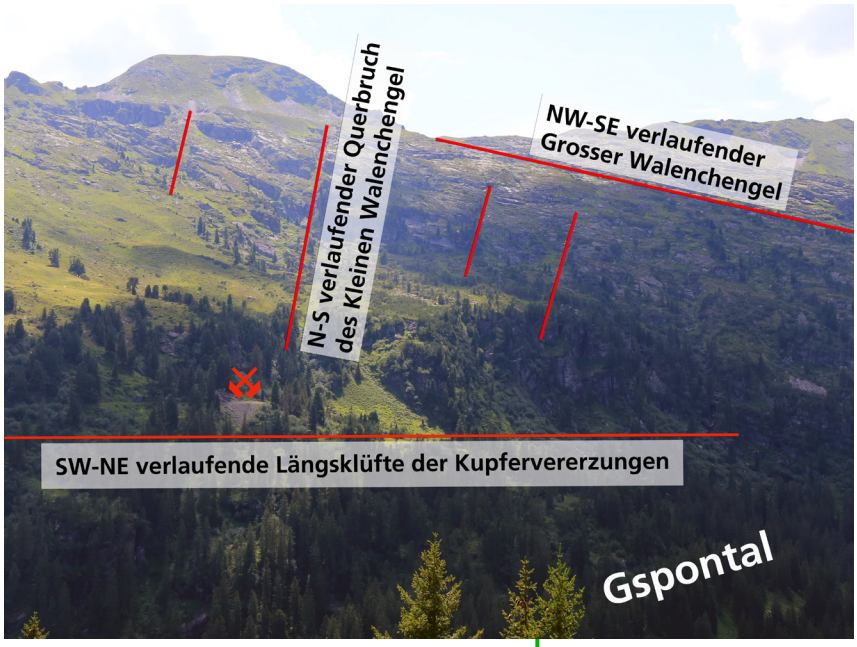


Fig.5
Blick vom Bärenboden hinüber zur Alp Tschermannen mit den unterschiedlichen Brüchen. Rot markiert die Schutthalde des Bergwerkes

Dolomitische Gangmasse hat bedingt durch den hohen Dolomitanteil eine gelbe bis orange Farbe. Einzelne darin auftretende Kalzitadern sind weissgelb, weisen schöne Druckzwillinge auf und sind jünger als der Dolomit. Graublaue Partien werden durch Quarz-Albit-Gemische im Dolomit verursacht. Eisenreiche Stellen bedingen eine Farbveränderung des Dolomits ins Gelbbraun.

Gangbrekzie unterscheidet sich insofern von der dolomitischen Gangmasse, dass Bruchstücke des Nebengesteins mit einem Durchmesser von bis zu 50 mm in einer Karbonatmasse schwimmen. Bei den vorwiegend braungelben Karbonaten handelt es sich laut Bächtiger um Ankerit ($CaFe[CO_3]_2$). Die Brekzie selber besitzt einen braungelben bis rot gefleckten Farbton.

Quarzgänge zeigen in den meisten Fällen eine milchig-weisse Farbe. Nebengemengteile, die in Hohlräumen oder Klüften späterer tektonischer Bewegungen auftreten, verleihen dem milchigen Weiss je nach Eigenfarbe eine etwas andere Nuance.

B) Veränderte (reduzierte) unvererzte Gesteine:

Graues Gebirge; damit bezeichnete Stöhr (1865) den veränderten, chloritisierten Sernifit. Dieses «Graue Gebirge» spielt im Zusammenhang mit den Kupfervererzungen eine wichtige Rolle. Auch Bächtiger entdeckte diese Zusammenhänge und behielt in seiner Dissertation diesen Namen bei. Als Graues Gebirge kommen Sernifit, Rotbergsandstein sowie Schönbühlschiefer in Frage

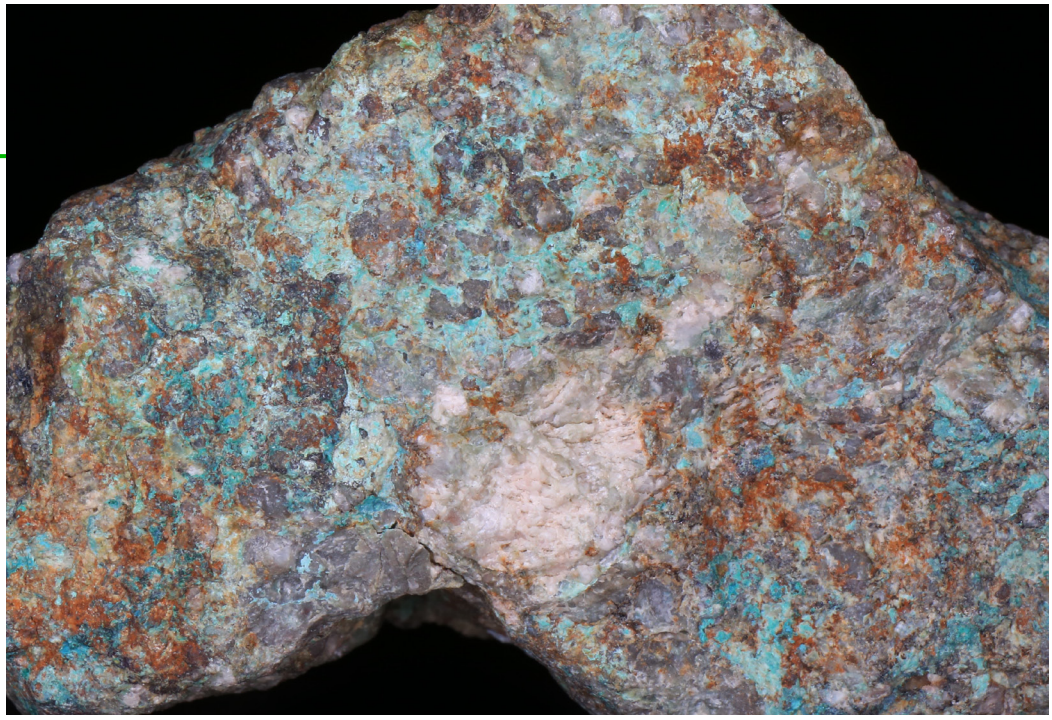


Fig.6

Sernifit der Kupfer-Paragenese (Graues Gebirge), metasomatosisch durch Serizit und Chlorit gräulich geworden ist.

Metasomatose

In besonderen Fällen der Metamorphose kann es zu Umsetzungs- und Austauschreaktionen durch überkritische Fluide oder hydrothermale Lösungen, die sich zwischen den Mineralkörnern im Gestein bewegen, kommen. Sie können lokal einen erheblichen Stoffaustausch, d.h. eine Zufauhr und /oder Abfuhr von chemischen Komponenten bewirken. Die vorhandenen Minerale reagieren dabei mit den in den Fluiden gelösten Stoffen zu anderen Mineralen.

Ein typisches metasomatisches Gestein ist der Skarn, ein typischer Vorgang die Alkali-Metasomatose, bei der mit zugeführtem Kalium und Natrium Kalifeldspat und Albit entstehen.

(Fig. 6). Je nach dem aus welchem Gestein das Graue Gebirge hervorgegangen ist, weisst es dessen Struktur auf (Fig. 7), aber im Allgemeinen bildet Sernifit das Ausgangsmaterial. Auch die das Gestein aufbauenden Komponenten sind im Prinzip ähnlich, nur fehlen in Folge der ***Metasomatose*** einige und andere kamen neu dazu. Vor allem beim Quarz des Basalzementes und den Feldspäten fand eine Umkristallisation statt. Dazu kamen Hauptsächlich Neukristallisationen von Serizit und Chlorit, sowie einigen anderen Mineralen. Vor allem der grünliche, feinverteilte Chlorit ($(Fe,Mg,Al,Zn)_6(Si,Al)_4O_{10}(OH)_8$), dessen Neubildung das Eisen im Sernifit beeinflusst und resorbiert hatte prägt nach der Veränderung die Farbe der Gesteine.

Schwarze Gebirge; damit bezeichnete Bächtiger analog zum Grauen Gebirge den pyritisierten Sernifit. Hier tritt das Eisen nicht im Chlorit reduziert auf, sondern sulfidisch in geringen bis grossen Mengen in verschiedenen Pyritvarietäten (Fig. 8). Stellenweise fehlt das sulfidische Eisen völlig und der veränderte Sernifit zeigt eine



Fig.7

An diesem Beispiel des Kupfervorkommens am Bärenboden sieht man sehr eindrücklich, wie der blutrote Schönbühlschiefer durch Metasomatose in einen unscheinbaren und grauen Schiefer umgewandelt wurde.



Fig.8

Typisch Schwarzes Gebirge mit seiner vom höheren Pyritgehalt verursachten rostigen Oberfläche (Limonit). Bei der mit einem roten Kreis markierten dunklen Stelle, misst man eine bis 30-fach höhere Strahlung als normal. Unter dem Mikroskop erkennt man Malachit und vermutlich Fahlerz zusammen mit einem Hauch Pechblende.

gelblich-weisse Farbe mit rötlichen Flecken. Diese stammen von Relikten unzerstörbarem Mikroklin (Feldspat). Wie auch beim oben beschriebenen Grauen Gebirge, kann das Schwarze Gebirge ebenfalls auch aus Rotbergsandstein sowie Schönbühlschiefer hervorgegangen sein.

C) Veränderte vererzte Gesteine (Erz).

Pechblende-Paragenese: Die Farbe eines reichhaltigen Uranerzes, welches in den meisten Fällen auch viel Pyrit enthält ist im frischen Bruch beinahe schwarz mit weissen Flecken von unvererzten Quarzgeröllen. Mit abnehmendem Uranpecherz- und Pyritgehalt verändert sich die Farbe über Grauschwarz zu Graublau und Grau. Ziemlich uran- und pyritfreie Zinkerze können jedoch infolge der wenig gefärbten, eisenarmen ***Zinkblende*** (Honigblende) noch ziemlich hell sein. Aber diese Primärfarbe wird in der Regel schnell durch die Bildung von Sekundärmineralien, vor allem durch gelb- bis gelbgrüne Krusten und Anflügen von sekundären Uranerz- sowie rot-braunem Limonit überdeckt. Die Struktur des Uranerzes entspricht ebenfalls den Ausgangsgesteinen. In geringem Masse können auch hier Umkristallisationen beobachtet werden. Sehr charakteristisch sind die braunen Rauchquarze, Gängchen und diffuse Imprägnationen von rot gefärbtem Kalzit, wobei bei beiden die Farbe durch radioaktive Strahlung verändert wurde. Die Erzminerale kommen in den häufigsten Fällen im Basalzement oder in Klüften vor. Die primären Uranmineralien sind makroskopisch schwierig zu erkennen, sie überziehen als hauchdünne schwarze Krusten Mineral- und kleine Geröllkomponenten, oder bilden kleine, kaum sichtbare schwarze Körner. (Bächtiger 1963)

Mit Hilfe der Radiographie können kleinste Strahlungsquellen sichtbar gemacht werden. Dabei wird empfindliches Filmmaterial analog zur Fotografie verwendet, welches sich bei Strahleneinfall schwärzt und chemisch entwickelt werden muss. Anschließend können die Strahlungsquellen auf den halbtransparenten Abzüge auf einem Leuchtkasten betrachtet werden.

Erst unter dem Mikroskop können die Uranminerale im Erz als Pechblende, Parapechblende und Brannerit unterschieden werden. Neben diesen Uranmineralen treten noch Pyrit, Melnikovit-Pyrit (aufblähen und zerspringen der Handstücke), Zinkblende (Honigblende), Chalkopyrit, Bleiglanz-Würfelchen, Linneit (Kobaltkies) und dessen Sekundärbildung Erythrin, in Form von himbeerroten Krusten.

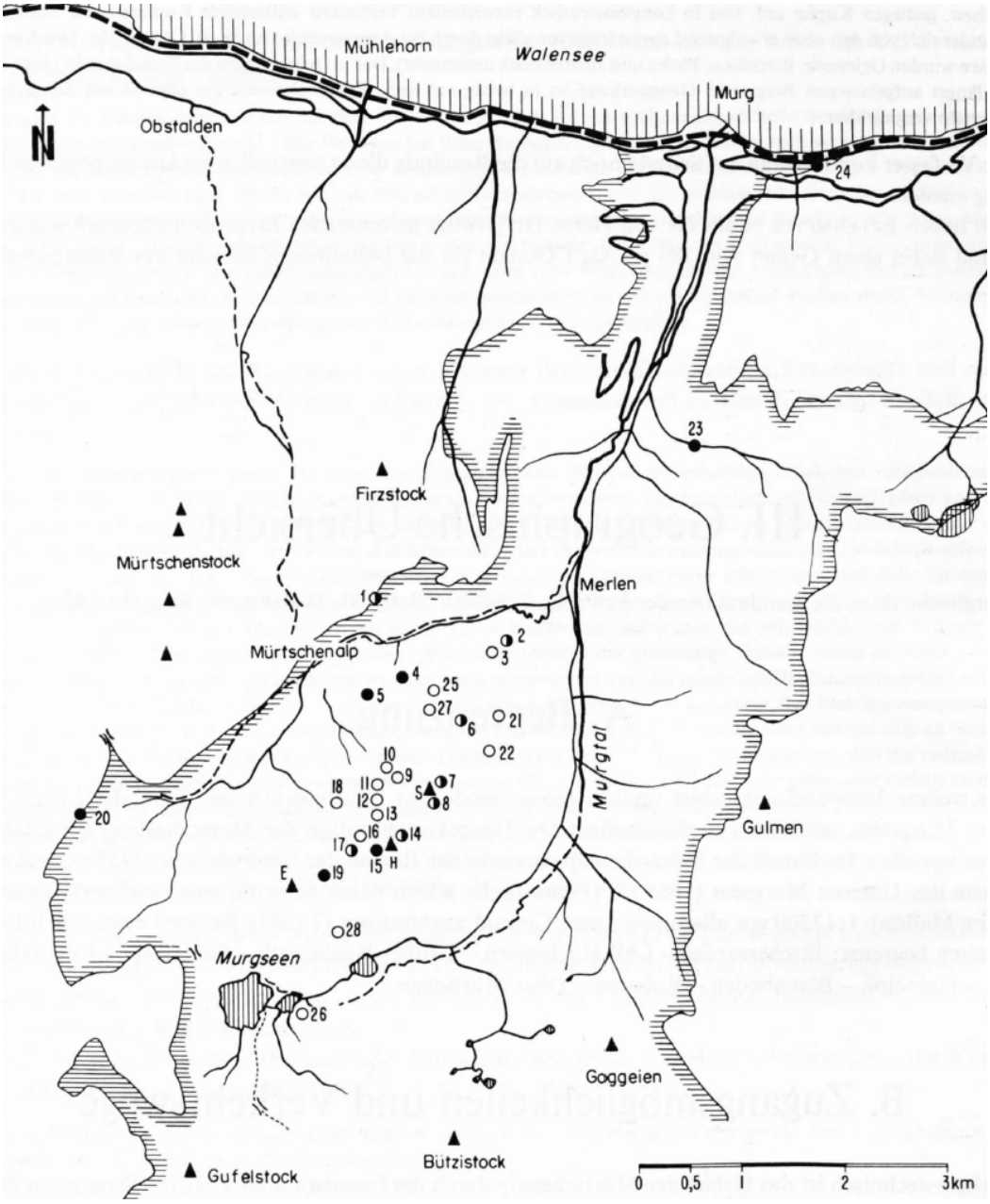
Kupfer-Paragenese: Bei dieser verändert sich die graugrüne Farbe des unvererzten Grauen Gebirge mit zunehmendem Erzgehalt zu Dunkelblau bis Blauschwarz. Vor allem das Mineral Chalkosin, Covellin und die Anlauffarben des Bornits tragen zu dieser Farbveränderung bei. Auch hier

Blende

Blende ist ein in der Mineralogie seit dem 16. Jahrhundert belegter Bergmannsbegriff für Mineralien und Erze, die aufgrund ihres Gewichts und Glanzes einen hohen Metallgehalt vermuten liessen, der aber wegen der damaligen Analyse- und Verhüttungstechniken nicht gewinnbar war «*Blende, ist eine glintzernde Berg-Art, schwartz und auch gelb, so kein Metall führet, und offt den Bergmann blendet und betrügt.*» Zedler (1733). Auch als die «Blende» als Zinkerz erkannt war, wurde der Begriff beibehalten: Zinkblende (Sphalerit). Andere entsprechende Mineralien sind beispielsweise Pechblende, oder Schalenblende und Manganblende (Alabandin). (Wikipedia)

Die wichtigsten Fundstellen

BÄCHTIGER 1963



Kupfer-Erzvorkommen
(schwarze Kreise)

- 4 Hauptgrube
- 5 Erzbett
- 15 Hochmättli-West
- 19 Chli Hochmättli
- 20 Chüetal
- 23 Tobelwald
- 24 Murg

Kupfer-Uran-Erzvorkommen
(schwarz-weisse Kreise)

- 1 Bärenboden
- 2 Grosses Chalttal
- 6 Chlis Chalttal
- 7 Silberspitz-Ost und -Nordost
- 8 Silberspitz-Süd
- 14 Hochmättli-Ost
- 17 Tschermannercharren-West

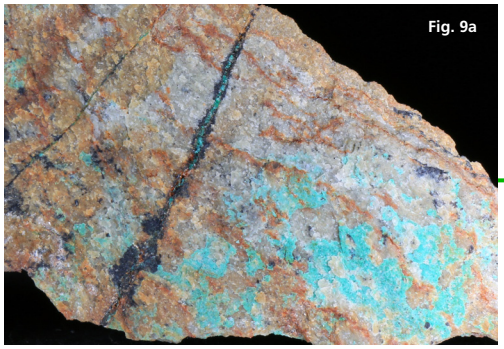
Uran-Erzvorkommen
(weisse Kreise)

- 3 Chalttalboden
- 9 Silberplangge-Ost und -Nord
- 10 Silberplangge-West
- 11 Chline Walenchengel, Erzkörper IX-XII
- 12 Chline Walenchengel Erzkörper V-VIII
- 13 Chline Walenchengel Erzkörper I-IV
- 16 Tschermannencharren-Ost
- 18 Grosser Walenchengel
- 21 Chalttalchöpf
- 22 Dreitürme
- 25 In den Hörnern
- 26 Chilbiweid
- 27 Tschermannen
- 28 Unterer Murgsee

entsprechen die Struktur und Textur weitgehendst derjenigen des Grauen Gebirges. Die Erzminerale sind in den häufigsten Fällen dispers im Gestein verteilt, seltener sind Nester und haardünne bis zentimeterdicke Gängchen und Spaltenfüllungen. Neben den oben erwähnten Kupfererzen finden sich als ältestes Mineral meist derber Pyrit, und Molydänglanz als feine Blättchen auf Rutschharnischen. Chalkopyrit und Fahlerz (Fig. 8) sind oft eng miteinander verwachsen und bilden zum Teil bis 10 mm grosse derbe Körner, wobei Chalkopyrit auch als schmaler Saum zwischen Grauem Gebirge und den übrigen Erzmineralen auftritt. Sehr selten können auch vereinzelte Hämatitschüppchen beobachtet werden. Spätere tektonische Beanspruchungen können örtlich zu nachträglichen Rekristallisationen geführt haben. Zu den Sekundärmineralen können Malachit, Azurit (Fig. 9a/b) und Limonit gezählt werden. Die Kupfer-Paragenese tritt in der Regel in einer Gangmasse auf, die den weiter oben besprochenen dolomitischen, quarzitischen und dem Grauen Gebirge entsprechen.

Neben den beiden in den meisten Fällen räumlich voneinander getrennten Paragenesen des Kupfers und Urans, ist mit einem Kupfer-Uran-Mischerz im (Grosses Chalttal) ein drittes Übergangsglied vorhanden.

Kupfer-Uran-Mischerz: Dieses fällt besonders durch seine bunten Farben die durch die komplexen Oxydationsprodukte des Kupfers und Urans entstanden sind. Laut Bächtiger können von blossem Auge, blaue, radialstrahlige Konkretionen, Rosetten von smaragdgrünen, glasglänzenden, fast talkartigen Täfelchen, oder zitronengelbe, diamantglänzende Täfelchen unbekannter Sekundärminerale unterschieden werden. Dazu kommen noch schwarze, russartige, orange, gelbgrüne und braune Krusten und Anflüge von weniger ausgeprägtren Kristallformen unbekannter Mineralien. Einzig die grasgrünen Täfelchen mit Perlmut- und Diamantglanz konnte Bächtiger damals mit einiger Sicherheit als Tobernit ($Cu[UO_2|PO_4]_2 \cdot 10\text{-}12H_2O$[1]), ein stark radioaktiver Kupferuranglimmer bestimmt werden. Die Struktur und Textur ist durch die radioaktive Strahlung teilweise verändert. Feldspäte wur-



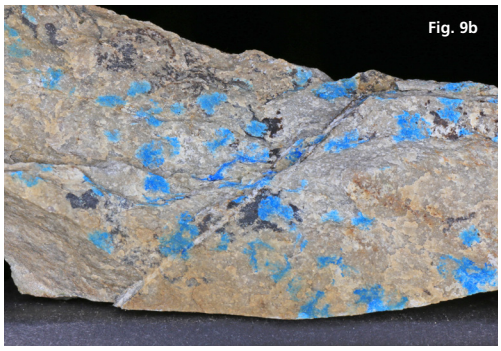


Fig.9a/b

Typische Kupfer-Sekundärminerale, wie sie überall in den Vererzungen der Mürtschenalp beobachtet werden können. Fig. 9a Malachit, Fig. 9b Azurit.

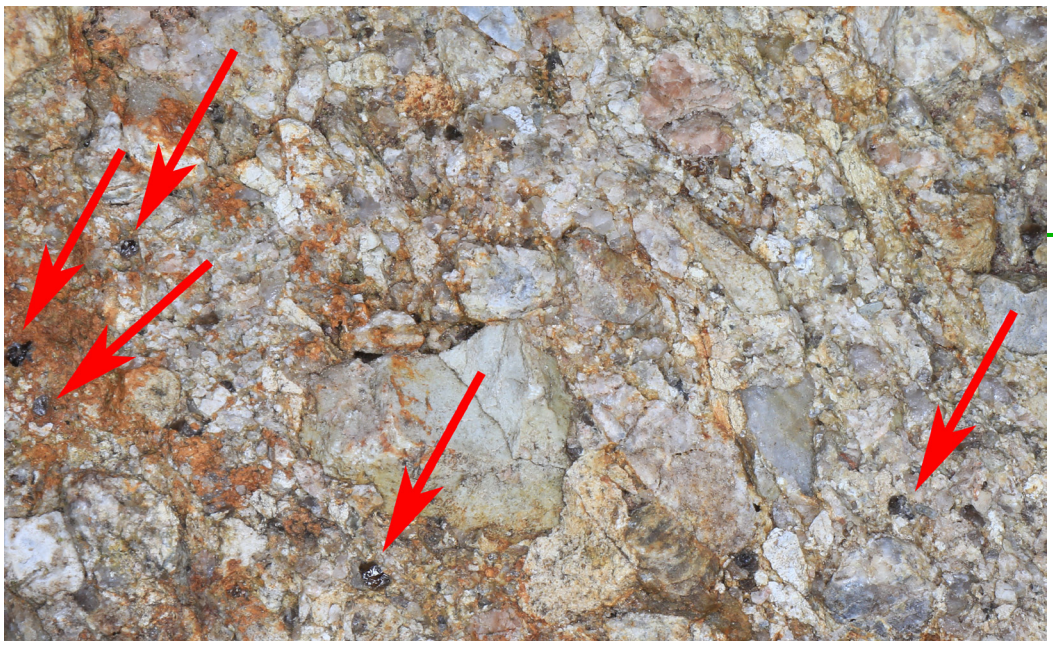


Fig. 10

Die kleinen, beinahe schwarzen Rauchquarze stechen markant aus dem helleren Gefüge hervor. Verursacht wurde diese Veränderung durch die erhöte radioaktive Strahlung des Schwarzen Gebirges.

Permokarbontrog

Der bestdokumentierteste Permokarbontrog befindet sich in der Nordschweiz. Mehrere Kilometer breit und ca. 60 km lang, wurden darin bis zu 1000 m mächtige Sedimente abgelagert. Bohrungen der NAGRA bei Weiach erlaubten es den Geologen das Ablagerungsmillieu des Karbon und Perm zu rekonstruieren. Während die dunklen Gesteine und mächtigen Kohlenfunde von einem «feuchtwarmen» Klima im Karbon zeugten, wechselte es im Perm vermehrt zu aridem oder feucht-wechselwarm. Rote Sandsteine, Brekzien und blutrote fossilfreie Tonsteine konnten als Wüstenablagerungen interpretiert werden. Brekzien sind «Zeugen» für Schutt- und Schlammlawinen nach Extremniederschlägen (Murgänge).

Aride Wannen

Im trockenen (ariden) Klima sammeln sich in Senken und Geländevertiefungen grosse Mengen von Gesteinsschutt. Eventuell enthaltene Metalle können dort durch salzhaltige Grundwässer ausgelaugt werden, um dann in Zonen mit einem hohen Anteil an organischen Substanzen (z. B. Pflanzenreste) als Sulfide ausgefällt werden.

den teilweise in Tonminerale zersetzt und nelkenbraune Rauchquarze (Fig. 10) treten im oft sehr mürben Gestein markant hervor. Da die ältere Uranparagenese durch die jüngere Kupfer-Paragenese überlagert wurde, konnte Bächtiger von den ursprünglich drei unterschiedenen Uranerzen nur noch die Pechblende nachgewiesen werden. Die restlichen Erzminerale scheinen von der Kupfer-Paragenese absorbiert worden sein und könnten möglicherweise als Bestandteile des Fahlerzes deponiert worden sein. Als weiter sekundäre Erscheinungen fehlen natürlich Malachit, Azurit und Limonit auch hier nicht. Eine zusätzliche Gangart wie bei der reinen Kupfer-Paragenese konnte nicht festgestellt werden.

Erzminerale

Der Erzinhalt der Pechblende-Paragenese ist äusserst vielfälltig. Die Minerale sollen hier in der Reihenfolge ihrer wahrscheinlichen Kristallisation aufgezählt werden, ohne weiter auf ihre Eigenschaften einzugehen:
Melnikovit-Pyrit, Bravoit, Pechblende, Parapechblende, Pyrit, Arsenkies, Rutil, Anatas, Brannerit, Zinkblende, Millerit, Linneit, Bleiglanz, (Blei-Sulfo-Salz?), Chalkopyrit, Fahlerz, sowie zementativ blauer, anisotroper Chalkosin und Covellin.

Der Erzinhalt der Kupfer-Paragenese (Bornit) umfasst folgende Minerale:

Hämatit, gediegen Silber, Pyrit, Molybdänglanz, Bleiglanz, Betechtinit, Fahlerz, Chalkopyrit, Wismuttglanz, (Tenorit?), Wittichenit, Bornit, weisser anisotroper Chalkosin, blauer anisotroper Chalkosin, Stromeyerit und Covellin.

Ursprung der Minerale

Der ***Permokarbontrog*** (***aride Wanne***) der Mürtschenalp enthält vor allem Detritus aus dem variszischen Gebirge, von permischen Ergussgesteinen und Sedimenten des Karbons sowie von älterem Verrucano. Beim auffüllen des Verrucanotroges war es ganz natürlich, dass möglicherweise auch die in den erwähnten Gebirge vorhandene Erzkörper erodiert und mit eingetragen wurden.

Gegen eine solche sedimentäre Genese in einer ariden Wanne (Grabenbruch), spricht aber die Tatsache, dass die Uranvererzungen nur in dem, durch Metasomatose umgewandelten Verrucano (Sernifit) entlang von tektonischen Schwächezonen auftreten. Im unveränderten Sernifit ist kein Uran vorhanden. Wenn nicht sedimentär in einer ariden Wanne abgelagert, woher stammen die Erzminerale sonst?

Während des Karbons und dem Perm herrschte ein verstärkter Vulkanismus. Magmaintrusionen bildeten z.B. in 20 bis 30 km Tiefe den zentralen Aare-Granit, oder gelangten bis hinauf in die metamorphen Krustengesteine und bildeten dort die Granite des Mt. Blanc.

Betrachtet man die Reste des damaligen Grundgebirges (Aarmassiv, Tavetscher- und Gotthardmassiv) etwas genauer, dann stellt man schnell fest, dass sie nicht viele Vorkommen, geschweige den Lagerstätten enthalten, die als Lieferanten für sedimentäre Uran- und Kupfervererzungen in Frage kommen:

Uran Im Gotthardmassiv wurden keine grösseren Uranvererzungen gefunden, aber es sind kleinere Vorkommen im Aarmassiv sowie im Tavetscher Zwischenmassiv (Naters, Trun) bekannt. Auch in permischen oder oberkarbonischen Sedimenten wurden weitere Vorkommen entdeckt (Série de Nendaz, Affeier, Weisstannental), sowie auch kleinere Anomalienen im Altkristallin des Aguilles-Rouges-Massiv, im Mont-Blanc-Massiv usw. (Gilliéron & Labhart 1988)

Blei Nicht so schlecht stehen die Chancen für Galenit/Silber/Zink. Die wohl grösste Lagerstätte befindet sich bei Goppenstein im Aarmassiv. Dazu kommen noch einige kleinere Lagerstätten, wie diejenigen am Bristen, Trachsellauenen, Massaschlucht und Siglisfadgrätli. Im Gotthardmassiv ist einzig die Lagerstätte aus dem Val Cadlimo im Orthogneis zu erwähnen und im Tavetscher Zwischenmassiv die Lagerstätte der Alp Nadels. Weitere Galenitfunde in diesen Gebieten sind nur von geringer Bedeutung.

Kobalt und Nickel sind in allen drei Massiven nicht einmal im kleinsten Vorkommen aufzufinden.

Kupfer ist in Form von Chalkopyrit und Fahlerz wiederum häufiger aufzufinden. Vor allem in den Lagerstätten von Goppenstein, Amsteg und Trachsellauenen. Aber auch sonst ist Chalkopyrit weitverbreitet und in Dioriten sowie anderen basischen Gesteinen gut vertreten. Eine eigentliche Anreicherung zu einer Lagerstätte hat bei

Truns im Diorit der Alp Puntaiglas stattgefunden.

Molydän ist als Molybdänglanz ein im Aarmassiv in Quarzgängen recht verbreitetes Mineral. Kleinere Vorkommen findet man hauptsächlich in den Randzonen des Aarmassives in den Kantonen Uri und Graubünden. Von einer eigentlichen Lagerstätte kann aber nur bei der Vererzung im Baltschiedertal gesprochen werden.

Silber tritt oft zusammen mit Galenit auf, wie z.B. am Bristen, oder dem Val Cadlimo. Weiter konnten beim Durchstich des Gotthartunnels Funde von Elektrum (Gold-Silberlegierung) nachgewiesen werden.

Wismut ist in den drei Massiven nur von den Vererzungen am Bristen bekannt.

Arsen kommt wieder häufiger vor. Führen doch die Serizitschiefer des Tavetscher Zwischenmassives reichlich Arsenopyrit und auch in Goppenstein ist dieser anzutreffen.

Trotz dieser umfangreichen Auflistung verschiedener Erzminerale, muss von einer relativen Armut an grösseren Lagerstätten im kristallinen Grundgebirge gesprochen werden.

Auffällig ist, dass einige dieser oben aufgezählten Vorkommen und Lagerstätten in Zusammenhang mit Vulkanismus stehen.

Eine hypothetische Genese

Bei der älteren **Pechblende-Paragenese** standen für Bächtiger mehrere Genesen zur Diskussion. Aber beim heutigen Wissensstand um die Entstehung von Lagerstätten ist anzunehmen, dass diese heute überholt sind. Die Genese der Uranvererzungen der Mürtschenalp ist sehr komplex und leider blieb bis zur Exkursion keine Zeit diese neu aufzuarbeiten. Es soll dennoch versucht werden, mit wenigen Worten eine «mögliche» Lösung aufzuzeigen. Zum besseren Verständnis werden hier kurz die Geologischen Verhältnisse während des Karbons bis in die Trias beschrieben.

Bei der Kollision der beiden Kontinente Gondwana und Laurasia zum Grosskontinent Pangaea, entstand an der Kollisionsnaht das variszische Gebirge.

In einer spätvariszischen Phase (Karbon) entwickelten sich grosse Transversalbruchsysteme, die das variszische Gebirge quer durch Europa durchzogen. Entlang dieser Blattverschiebungen (horizontale Verschiebung von Schollen) entstanden kontinentale Grabenbrüche (Tröge) wie der Nordschweizer Permokarbontrog (Fig. 11). Die Entstehung solcher Grabenbrüche ging immer auch einher mit einem gewissen Vulkanismus. So gehört der Luganeser Quarzporphyr (Fig. 11) zu einem solchen Ereignis im Perm (Weissert & Stössel 2009).

Diese Grabenbrüchen bildeten ein Auffangbecken für die erodierten Sedimente

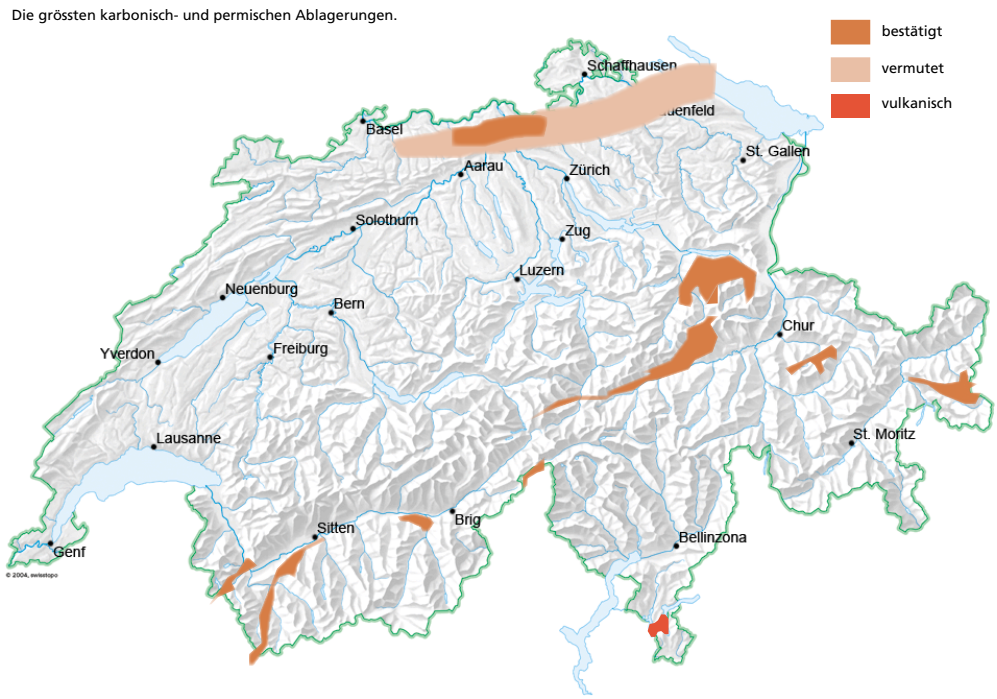


Fig.11

Die grössten Tröge und Ablagerungen des Permokarbon in der Schweiz, modifiziert nach Weissert & Stössel 2009. (Widmer 2015)

Alteration

Unter Alteration versteht man in der Geologie die Umwandlung von Mineralen in einem Gestein in Sekundärminerale (oft durch hydrothermale Vorgänge), wenn diese Umwandlung nicht auf Verwitterungsprozesse zurückzuführen ist. (Wikipedia)

des variszischen Gebirges (Fig. 12). An den Grabenrändern waren es grobe, rotviolette Konglomerate (Sernifit) mit Trümmern älterer, vor allem vulkanischer Gesteine. Sie wurden bei periodischen starken Regengüssen aus den höher gelegenen Bergen dorthin verfrachtet. Im Inneren des Grabens wurde feineres Material abgesetzt; bunte Schiefer mit gelben Knollen, später rote Tonschiefer.

Die Herkunft des Abtragungsschutts (Granite, Porphyre, etc.) lag im variszischen Gebirge. Hingegen vermutet Bächtiger die Herkunft einiger vulkanischen Gesteine und Sedimente in den stratigrafisch tiefer gelegenen Teilen des Verrucanos des Kärpfgebietes.

Wäre die Uranvererzung sedimentär im Permokarbontrog entstanden, dann sollte sie in Form einer Infiltrationslagerstätte oder auch als schichtkonkordante Lage oder Linse auftreten.

Die Vererzungen der Mürtschenalp treten aber keineswegs als konkordante Imprägnationen auf. In den meisten Fällen kommen diese diskordant, entlang steil stehender, scharf begrenzter Klüfte und Rutschharnische vor. Dies könnten Hinweise auf hydrothermale Aktivitäten während des Perms oder später sein. Gegen eine reine hydrothermale Genese spricht das fehlen einer Gangart und dem diffusen Auftreten der Uranvererzungen.

Da die Lagerung der Gesteine aus der Trias eine leichte Diskordanz zu den permischen Gesteinen aufweisen, ging Bächtiger von einer leicht N-S gerichteten Tektonik am Ende des Perms.

Es besteht die Möglichkeit, dass in diesem Zusammenhang Fluide entlang alter und neu entstandener Schwächezonen im Grabenbruch nach oben aufgestiegen waren und dabei durch Regeneration von älteren Lagerstätten, oder durch Extraktion aus dem Nebengestein alle möglichen Minerale aufgenommen hatten (Fig. 13). Das Auftreten von grobkörniger Pechblende im Tavetscher Zwischenmassiv, welches damals zum variszischen Grundgebierge gehörte, könnte diese Annahmen bestätigen. Laut Pohl gehört generell zu einer hydrothermalen ***Alteration*** wie man sie beim Schwarzen Gebirge beobachten kann, eine Reduktion, die deutlich sichtbar durch den Farbumschlag von rot zu grün und grau ist. Bei vielen Lagerstättentypen ist die Ausfällung von Uran im wesentlichen eine Folge von Oxidations- oder Reduktionsabläufen. (Pohl 2005)
Die Uranvererzung müsste während der alpinen Metamorphose eine Mobilisierung erfahren haben, verbunden mit einer Lösungswanderung auf Schwächezonen und Bewegungsbahnen, die zu einem teilweisen Absatz der Erzminerale auch in benachbarte Schichten ausserhalb des Perms führte.

Die Genese der jüngeren **Kupfer-Paragenese** schien für Bächtiger einfacher zu interpretieren gewesen zu sein. Laut Bächtiger besteht eine enge Verbindung zwischen den Kupfervererzungen der Mürtschenalp und den Kupfervererzungen in den basischen Eruptiva des stratigraphisch tiefer liegenden Kärpfgebietes.

Fig.12

Der Permokarbontrog diente als Auffangbecken für den Schutt, des durch die starke Erosion abgetragenen variszischen Gebirges. (Widmer 2015)

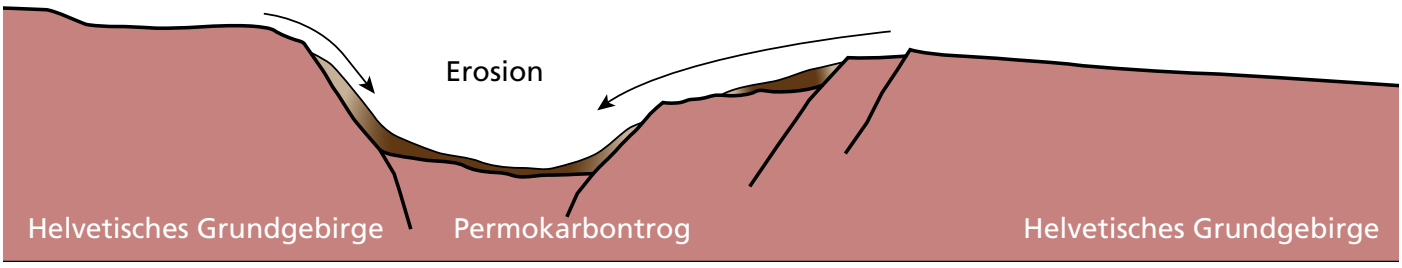
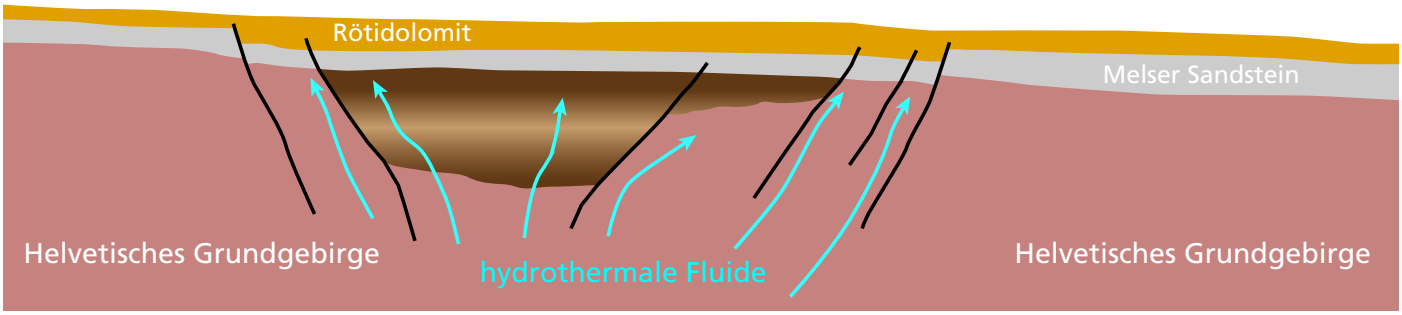


Fig.13

Hydrothermale Fluide steigen aus der Tiefe entlang neuer und alter Schwächezonen auf und remobilisieren dabei alte Lagerstätte und Minerale aus dem Nebengestein. (Widmer 2015)



Vulkanische Gesteine sind oft mit Sulfid- und Oxiderz-Lagerstätten vergesellschaftet. Die Metallgehalte dieser Lagerstätten können zu einem späteren Zeitpunkt durch hydrothermale Vorgänge umgelagert werden. Da die mineralische Zusammensetzungen beider Kupfer-Paragenesen grosse Übereinstimmungen zeigen (z. B. einen Titangehalt von 1.5%), kann sehr wohl von einer gemeinsamen Genese ausgegangen werden. Die Kupfer-Paragenese der Mürtschenalp könnte während der alpinen Gebirgsbildung (Orogenese) durch hydrothermale Vorgänge entlang von tektonischen Störungszonen aus diesen vulkanischen Gesteinen des Kärpfgebietes entstanden sein (Fig. 14).

Verursacht durch Serizit und Chlorit erhielten die dabei vererzten Gesteine eine graugrüne Färbung (Graues Gebirge), analog zum Schwarzen Gebirge der Pechblende-Paragenese. Die Fluide folgten in dieser jüngeren Vererzung mehrheitlich SW-NE gerichteten Strukturen.

Dabei entstanden offene Klüfte von mehreren Zentimetern bis Dezimetern Mächtigkeit. Die Füllung musste laut Bächtiger gleichzeitig mit dem Öffnen und vor der Vererzung stattgefunden haben. Eine stärkere Erzkonzentration in der Mitte der Gänge deutet daraufhin, dass die tektonischen Bewegungen während der Vererzung weiter angehalten hatten. Ein Schub aus Südosten musste vermutlich die dominierende Kraft für die Anlage dieser Zerrüttungszonen gewesen sein.

Beide Paragenesen sind räumlich durch unterschiedlich verlaufende tektonische Strukturen getrennt. Nur im Grossen Chalttal hat eine Überlagerung der beiden Paragenesen stattgefunden, wobei ein charakteristisches Kupfer-Uran-Mischerz entstanden ist. Anhand dieser Überlagerung konnte die Altersabfolge der beiden Paragenesen erkannt werden.

Während der alpinen Gebirgsbildung wurden die Gesteine des Permokarbontroges von ihrem kristallinen Grundgebirge abgeschert und beim Transport in unterschiedliche Decken zerlegt (Fig. 14).

Der historische Bergbau

Bestimmt dürften die offen zutage ausbeissenden und oxidierten Erzgänge auf der Mürtschenalp schon seit uralten Zeiten die Aufmerksamkeit der Rutengänger und Bergleute auf sich gezogen haben. Geben doch schon die Lokalnamen gewisse Hinweise auf Erzfundstellen und alte Bergwerkbauten, so zum Beispiel «Silberspitz» im Süden der Alp Tschermannen, «Silberplanggen» am nordwestlichen und am südöstlichen Fuss des Silberspitzes. Nördlich der Alphütten Tschermannen liegt am Wege ins Spontal die Lokalität «Auf den Erzbetten» (heute die verlassene Grube Erzbett); westlich vom Bachlauf findet sich die Lokalität «Lochwerk», eine alte Bezeichnung für Bergwerk.

Nach Stöhr (1865) soll es zudem eine Sage geben, *«daß ein von den Baslern betriebener Bergbau erst zur Zeit des grossen Sterbens, des Schwarzen Todes, also im 14. Jahrhundert, eingegangen sei»*. Bartel & Jenny (1936) und Thurer (1936), sowie Heer et al (1846) weisen darauf hin, dass zu späteren Zeiten mehr als einmal Versuche unternommen worden sein sollen, den Bergbau wieder aufzugreifen.

Die erste Bergbauperiode 1608 – 1848

1608 wurde in den Glarner Ratsprotokollen erstmals ein Kupferbergwerk auf der Mürtschenalp erwähnt. Der damalige Landam-

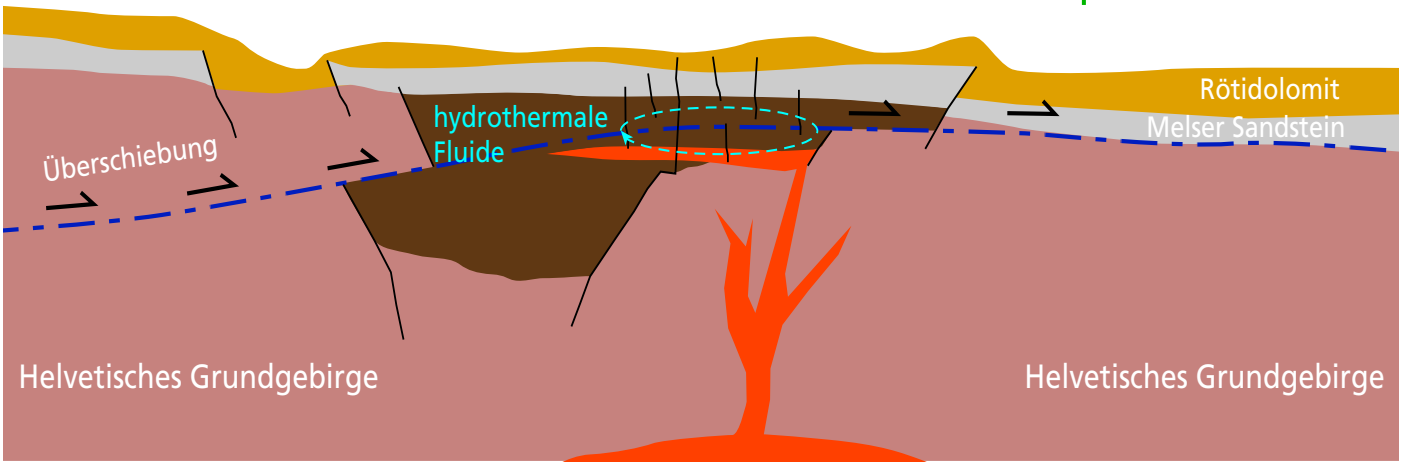


Fig.14
Hydrothermale Umlagerung der Erze aus den vulkanischen Kupferverzungen während der alpinen Orogenese. (Widmer 2015)

mann und Besitzer eines Eisenbergwerkes bei Seerüti im Klöntal, namens H. Schwarz, verkaufte sein Eisenbergwerk samt Konzession für einige Silbergruben auf Mürtschen einem elsässischen Freiherrn Joachim Christoph von Mörsberg und Belfort, Herr zu Bonndorf und Rosenegg. Aus dem gewonnenen Silber sollen einige Glarner Münzen geprägt worden sein.

1610 erfolgte eine Übertragung der Konzession an die «*Herren Huber samt anderen synen Mittkonsorten*». Da keine genaueren Angaben bekannt sind, dürfte der Erfolg mässig gewesen sein.

1680 erhielten ein Seckelmeister Johann Peter Milt und Leutnant Heinrich Milt eine Konzession für 20 Jahre. Irgendwelche Nachrichten, ob ausgebeutet wurde, fehlen jedoch.

1723 bewarben sich ein Quartierhauptmann Missen aus Zürich mit Landeshauptmann Marti um eine Konzession.

1834 schloss August Könlein, Bergwerkbesitzer von Uznach (vermutlich Schieferkohlen) mit der Gemeinde Kerenzen einen Pachtvertrag von folgendem Inhalt ab:

«*Er oder eine von ihm gegründete Gesellschaft darf auf den Alpen Mürtschen und Tschermannen, sowie am Silberspitz, alle vorkommenden Erze ausbeuten und wegführen.*»

Da weitere Berichte fehlen, dürfte auch zu diesem Zeitpunkt kein ernsthafter Betrieb aufgekommen sein.

Die zweite Bergbauperiode 1849 -1865

1849 machten Peter Kamm von Obstalden und Jost Durscher von Walenguflen bei Obstalden neue Schürfungen auf der Mürtschenalp.

1850 schlossen die beiden Schürfer mit der Gemeinde Kerenzen einen Vertrag ab und zogen zudem zwei Tiroler Bergleute bei. Infolge der beschränkten Geldmittel kamen sie aber bald in eine «*missliche*» finanzielle Lage.

1853 erfuhr der aus Breslau stammende deutsche Freiheitskämpfer Dr. Heinrich Simon von diesen Schürfungen. Dieser beauftragte Emil Stöhr, von dem wir die wertvolle Publikation aus dem Jahre 1865 besitzen, das Vorkommen näher zu untersuchen. Jener gelangte zu folgender Feststellung:

«*daß auf eine nicht unbedeutende Längenerstreckung hin silberhaltige Kupfererze zutage giengen, und daß in den am Ausgehenden bereits gemachten Versuchsarbeiten reiche und zum Teil wahrhaftig prächtige Erze angefallen waren. Die hohe Lage des Erzvorkommens und die über dreistündige Entfernung von dem nächsten bewohnten Orte, Murg am Walensee, war freilich für die Arbeiterverhältnisse nicht günstig; allein, wenn die Erze mit derselben Reichhaltigkeit wie am Ausgehenden bis zu einer gewissen Tiefe niedersetzten, so war trotz der ungünstigen Arbeiter- und Transportverhältnisse zu erwarten, daß ein rentabler Bergbau umgehen könne.* »

Auf Grund dieses Gutachtens gründete Simon eine Gewerkschaft mit 32 Gesellschaftsanteilen à 3000 Gulden zur Ausbeutung der silberhaltigen Kupfererze. Diese Summe verteilte sich mit ungleicher Beteiligung auf 10 Personen. Die Grube wurde von den früheren Besitzern, die selbst bei der Gewerkschaft beteiligt blieben, samt Zubehör um 18000 Gulden erworben, allerdings mit der Bedingung, dass diese Summe um 7000 Gulden zu kürzen sei, wenn sich die Erze nicht wenigstens bis zu einer flachen Tiefe von 17 Lachter (= 30.6 m) in gleicher Mächtigkeit und Reichhaltigkeit niedersetzen würden wie am Ausgehenden.

1854 wurde nach Abschluss der nötigen weiteren Verträge mit Gemeinden und Kanton mit den Arbeiten begonnen. Simon übernahm die Oberleitung; Stöhr, als Teilhaber der Gewerkschaft, wurde mit der technischen Leitung betraut. Als erstes wurden Zugangsmöglichkeiten für die Materialtransporte geschaffen. Es wurde ein Saumweg von Merlen im Murgtal nach dem Unter Mürtschen angelegt. Man begann mit den Untersuchungsarbeiten über Tage und in der Grube. Die Arbeiten wurden den Winter hindurch fortgesetzt.

1855 trat Stöhr von der technischen Leitung zurück, und ein gewisser Herr Tröger aus Freiberg in Sachsen übernahm diese. Anlässlich der Schneeschmelze im Frühling wurden beinahe alle unterirdischen Bauten überschwemmt. Die Pumpen waren zu schwach, und die gewaltigen Wassermassen konnten nur mit einem Blechheber bewältigt werden.

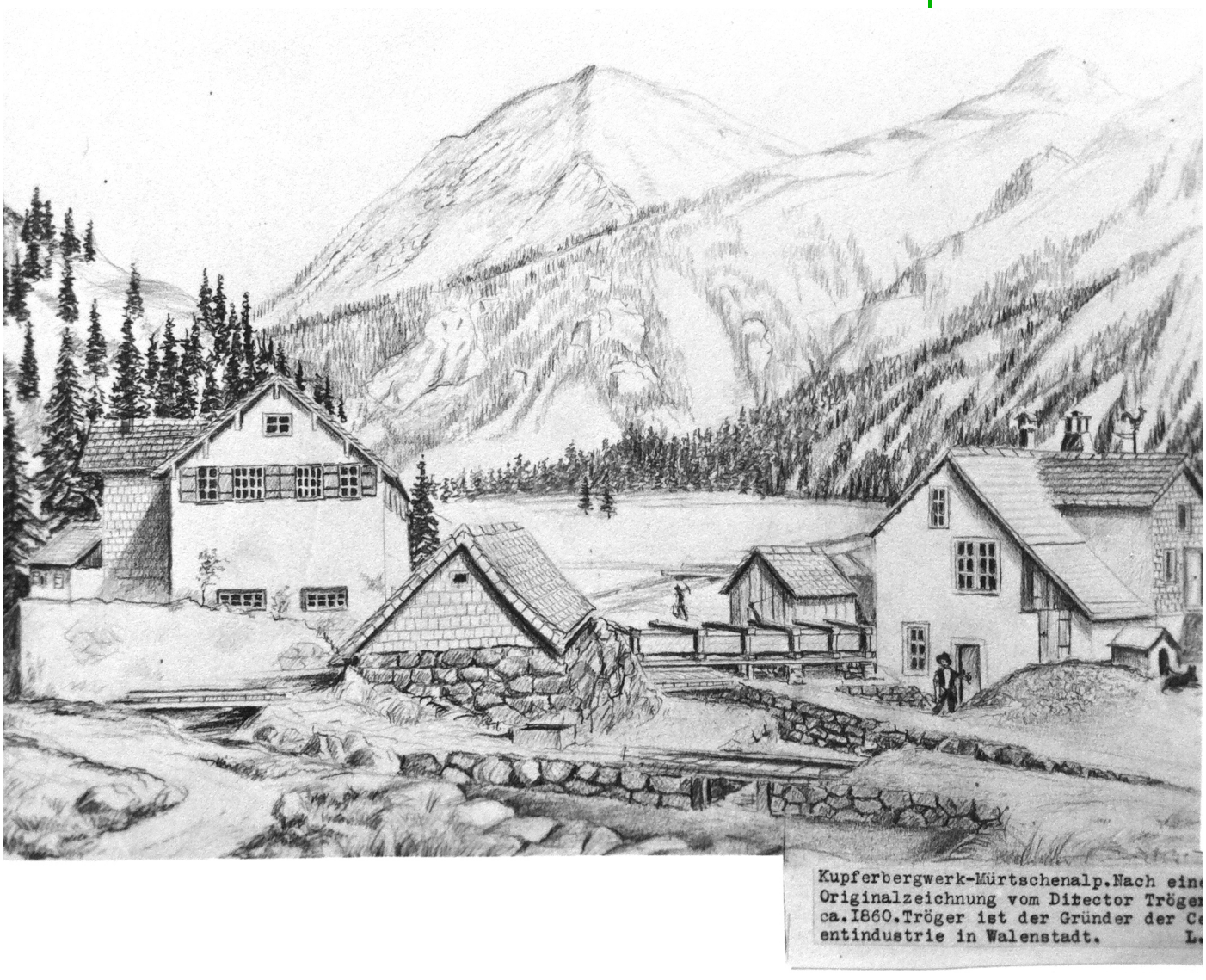
1857 wurden ausgedehntere Arbeiten geplant. Diese verlangten aber eine grössere Belegschaft. Es wurde ein grösseres Gebäude erstellt mit Wohnungen für zwei Beamte und Schlaf- und Kochsälen für 50 Mann. Ein älteres kleines Haus diente vorläufig als Schmiede und Lokal für die Aufbe-

reitung. Später wurde ein kleines Pochwerk mit Stossherd hineingelegt (Fig. 15).

Da die einheimischen Arbeiter den Eisenbahnbau vorzogen, mussten deutsche Bergleute mit einem Steiger engagiert werden. Die Belegschaft stieg damit auf 30 Mann an, später auf 48 Mann. Man führte an drei Orten Aufschlussarbeiten durch: Bei der Grube Erzbett, bei der Hauptgrube und im Großen Chalttal (Fig. 16) Im Grossen Chalttal, im äussersten Osten, waren es nur Untersuchungsarbeiten, in der Hauptgrube dagegen und im westlich gelegenen Erzbett bergmännische Arbeiten. Mehrere Pfeiler wurden zum Abbau vorgerichtet, versuchsweise wurden einzelne auch schon abgebaut. Die gemachten Aufschlüsse ergaben die ersten wissenschaftlichen Resultate: Es lagt ein Erzgang vor, der mehrfach durch Verwerfungen gestört war. Die Erzführung war nicht konstant, denn ganz erzleere Mittel wechselten mit sehr erzreichen. In den erzreichen Mitteln gab es schöne, zum Teil prachtvolle Erze. Da nun das Unternehmen bereits eine solche Ausdehnung besass, dass zu einem grösseren, rationelleren Betrieb die Mittel der bestehenden Gewerkschaft nicht mehr ausreichten, versuchte Simon die Bildung einer grossen Aktiengesellschaft mit einem Nominalkapital von 1'000'000 Fr., verteilt zu 1000 Aktien à 1000 Fr. 1858 waren bereits 706 Aktien ausgegeben. Es entstand ein neues Direktorium von 5 Personen. Simon wurde Generaldirektor. Infolge einer Geld- und Handelskriese wurden leider keine neuen Aktien mehr vom Markte aufgenommen. Für einen grösseren Betrieb fehlte aber das Geld. Aus Rücksicht auf die geschlossenen Verträge wurde der Betrieb aber nicht eingestellt, sondern es wurde «*temporisiert*», d.h. der Betrieb wurde eingeschränkt in der Erwartung besserer Zeiten. Die Folge davon war, dass die Generalunkosten in keinem Verhältnis zu den

Fig.15

Kopie einer Originalzeichnung der Gebäude im Feldriet. Links im Bild das Wohnhaus und rechts die ehemalige Schmide mit dem Pochwerk und einem Stossherd. (Tröger 1860)



Betriebsausgaben standen.

1859 betrugen die Generalunkosten 19'000 Fr., die Betriebsausgaben 21'000 Fr. Ein Teil der ohnehin schon knappen Geldmittel wurde also durch «*temporisieren*» verbraucht, ohne vollständigen Vorteil für das Unternehmen.

verkauft.

1862 löste sich die Gesellschaft auf und wurde liquidiert. Leider ergab sich zu diesem Zeitpunkt aus den gemachten Arbeiten keine eindeutige Auskunft über das Aushalten, bzw. Nichtaushalten der Erze in die Tiefe.

		Berechnung	Wirklichkeit
Erz pro Quadratlachter Gangfläche (4m²)		100 Zentner	62 Zentner
Erzarten:			
Reiche Scheideerze		3-6 %	1,6 - 2,5%
Gute Pochgänge		77 %	55 - 68 %
Tauber Berg		20 %	30 – 45%
		Berechnung	Wirklichkeit
Verwaschen der Pocherze:			
Schliche		14 Zentner	9 Zentner
Gehalt:	Cu:	18 %	13 ½%
	Ag:	0,11%	0 , 0 6 3 %

Für diese Resultate konnten folgende Gründe angeführt werden: Die am Ausgehenden schönen Erze liessen gegen die Tiefe an Quantität und Qualität fast überall nach. Als neuer Ansatz für den Durchschnittsgehalt des Gesamthaufwerks galt:

Cu:	statt 3-4, ev. 6%	1,3 %
Ag :		0,011 %

1860 verunglückte bei einer Bootsfahrt auf dem Walensee Simon tödlich. Stöhr als Gründer und Aktionär der Gesellschaft wurde Generaldirektor und übernahm die Oberleitung. Er stoppte das «*temporisieren*» und begann mit dem Abbau. 320 Quadratlachter (1280 m²) Gangfläche waren zum Abbau vorgerichtet. Es wurden 30'000 Zentner Roherz erwartet. In einem Versuchsabbau wurden die erwarteten Hoffnungen aber nicht erfüllt, sondern es ergab sich folgendes Bild:
Es wurde ersichtlich, dass der Abbau der meisten aufgeschlossenen Erzmittel nicht lohnend sein konnte. Ein lohnender Abbau konnte erst dann wieder eintreten, wenn ähnliche Erzmittel wie am Ausgehenden angetroffen wurden. Dazu waren aber weitere umfassende Untersuchungsarbeiten notwendig, namentlich gegen die Tiefe hin, wo es möglich, jedoch nicht sehr wahrscheinlich war, solche reichen Erze wieder zu finden. Dazu waren aber weitere Geldmittel nötig. Durch die ungünstigen Resultate war aber kein Kapital mehr erhältlich.

1861 erfolgte gegen Ende des Jahres die Einstellung des Bergbaubetriebes. Bereits vorhandene Roherze wurden noch aufbereitet und an die Hütte in Brixlegg im Tirol

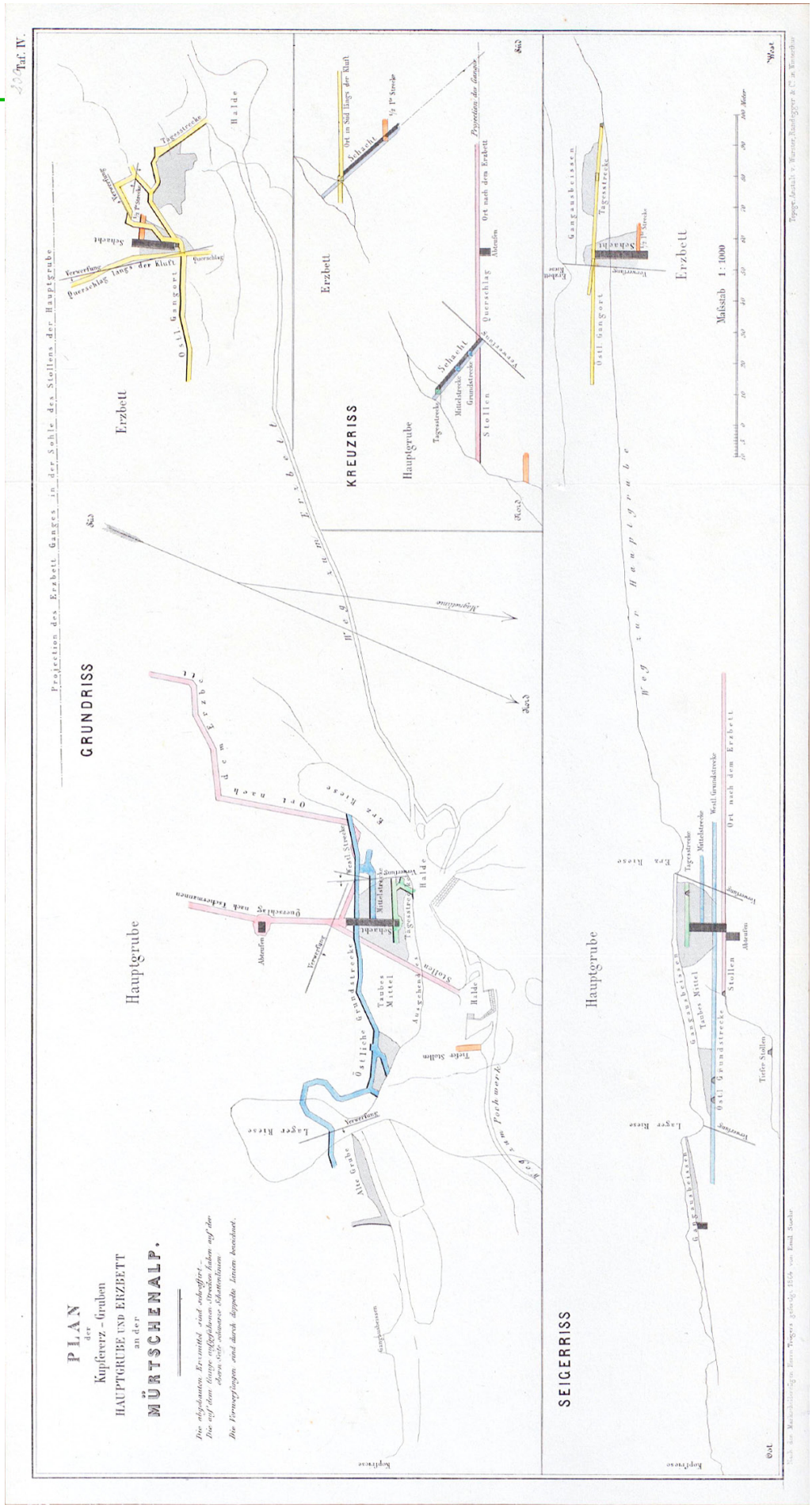
1865 wurde die 2. Bergbauperiode mit der Publikation von Stöhr (1865) abgeschlossen (Fig. 17).

Die dritte Bergbauperiode 1916 – 1918

Infolge des Rohstoffmangels des 1. Weltkrieges führte die Firma Gustav Weinmann in Zürich, ab August 1916 neue Untersuchungs- und Erschliessungsarbeiten durch. Diese beschränkten sich aber auf die sogenannte Hauptgrube und die Grube Erzbett, während die Baue vom Grossen Chalttal nicht aufgewältigt wurden, da diese Grube eine grosse Zahl von Verwerfungen und dementsprechend die unregelmässigste Gangbildung aufwies, obwohl früher von dort die reichsten Erze kamen. In der Hauptgrube beschränkten sich die Arbeiten auf das Ausräumen der alten Stollen, da der am Ausbiss bis 2 m mächtige Gang nur bis zu einer Tiefe von einigen Metern abbauwürdige Erze enthielt. Ausserdem wurde der Hauptstollen um 35,5 m verlängert. In der Grube Erzbett wurde der alte tonnlägige Schacht der unteren Sohle entwässert. Er besass eine Tiefe von 27 m und erschloss das Erz in ca. 10 m Tiefe, wo sich dasselbe als Bornit in Gängchen von höchstens 5 cm

Fig.17

Stand der Arbeiten nach dem Einstellen des Betriebes im Jahr 1861. (STÖHR 1864)



Mächtigkeit zeigt. Etwa 37 m unter der tiefern alten Sohle (Kote 0) wurde ein Querschlag vorgetrieben, der 142 m ab Mundloch die Erzmittel anschlagen sollte, jedoch trotz seiner Verlängerung bis auf 181 m den Erzgang nicht erschloss (Fig. 18).

Nach den Beobachtungen von BÄCHTIGER (1963) verhielt es sich tatsächlich so, dass auf der Halde unzweifelhafte Proben von Grauem Gebirge mit Karbonatführung festgestellt werden konnten. Da dieses Gestein aber vollständig taub war, wurde das Durchschlagen dieses Imprägnationkörpers bei 142 m ab Mundloch wahrscheinlich nicht bemerkt und der Stollen sinnlos bis auf 181 m vorgetrieben. Zu erwähnen sind noch vier neue Stollen von 4 m, 81 m, 3 m und 11 m, welche im Feldried, ca. 200 m unter der Hauptgrube geologisch vollständig unverständlich angelegt wurden. Sie sind heute nur noch zum Teil zugänglich. Die Installationen bestanden aus einer kleinen, durch einen Benzinmotor angetriebenen Kompressoranlage, welche die Druckluft für den Vortrieb der Stollen lieferte. Um die Höhenstufe Merlen-Gspon (Differenz 425 m) zu überwinden, wurde eine Seilbahn erstellt und mangels elektrischer Energie ebenfalls mit einem Benzinmotor betrieben. Im Herbst 1918 wurden die Arbeiten eingestellt und die Installationen abgebrochen. Damit endete auch die 3. Bergbauperiode.

Untersuchungsarbeiten 1924-1956

In der nun folgenden Zeit wurden vor allem wissenschaftliche Untersuchungen an Erzen der Mürtschenalp angestellt.

1924 stellte Huttenlocher fest, dass der Erzinhalt gewisse Ähnlichkeit mit den Erzen des Val d'Anniviers aufwiess. Er bemerkte dazu folgendes:

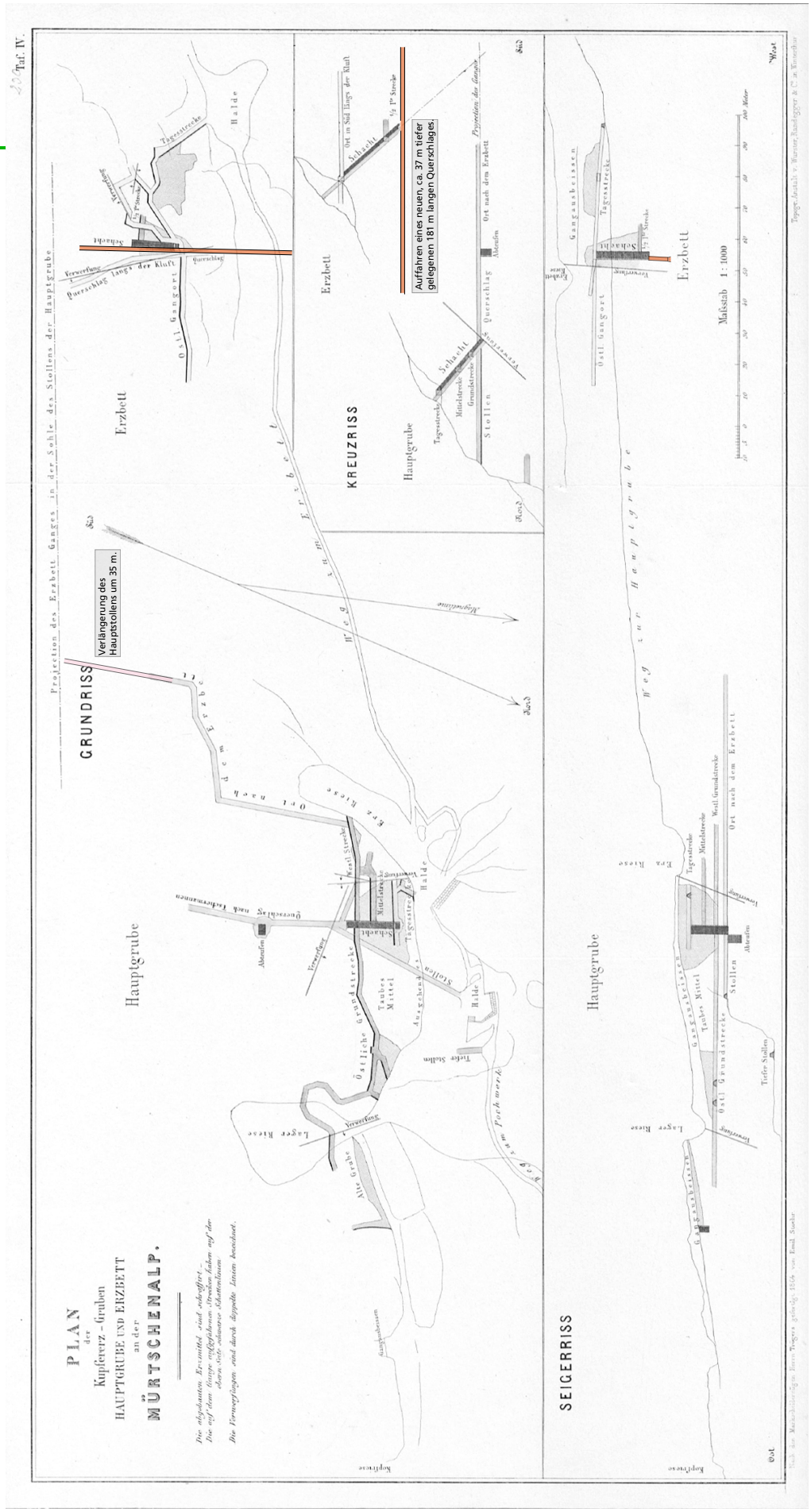
«Kupferkies, die Hauptmasse, tritt hier deutlich als jüngste Bildung auf; es sind ausgesprochene Verdrängungen von Buntkupfer durch Chalkopyrit wahrnehmbar. (Bächtiger hat diese Beobachtung an einigen Stellen auch gemacht und beschrieben. Er hält diese Erscheinung jedoch eher für umgekehrte Zementation als für eine primäre Abfolge!) Dem Buntkupfer fehlen die Entmischungen durchaus. Spurenhaft, als deutlicher Korrosionsrest, tritt ein bläulich reflektierendes Mineral auf, das man zunächst als Kupferglanz bezeichnen möchte; bei genaueren Untersuchungen vermißt man jedoch die für dieses Mineral charakteristischen Daten. Höchst wahrscheinlich handelt es sich um Fahlerz. Beim Ätzen mit alkalischer Permanganat-Lösung entwickelt die Kupferglanzmasse ein pflastrig-körniges Gefüge. (Die vom Verfasser ebenfalls beobachtete Brikettstruktur des weißen, rhombischen, anisotropen Kupferglanzes.) Es ist nicht entschieden, ob die beschriebenen Proben dieses Vorkommens primären (hypogenen) oder sekundären (supergenen) Zementationskupferkies enthalten. »

1925 durchforschte Hirschi im Naturhistorischen Museum Bern die Erzsammlung Fellenberg und nahm anschliessend Erzstücke mit dem Vermerk *«Uranit?»* (= Uranglimmer) in Untersuchung. Er stellte dabei folgendes fest :

«Das Gestein entspricht einer feinen, vererzten Konglomeratbrekzie. Kleine, gut gerundete Stückchen verschiedenartiger Gesteine liegen eingebettet in meist scharfkantigem Granitgrus, der vorherrschend aus fleischfarbigen Kalifeldspäten und etwas milchigen Quarzkörnern besteht. Die Feldspäte sind als scharfkantige Kristalle erhalten, ein Beweis, daß der Granitgrus nur wenig entfernt von seinem Bildungsort festgehalten wurde. Auf feinen Kluftflächen dieses Verrukanogesteins sind zierliche, kupfergrüne Kristallgebilde zu beobachten. Diese haben rosettenförmige, radialstrahlige, fächerförmige oder farnblattähnliche Gestalt und zeigen besonders randlich einen weißen Seidenglanz. Diese Gebilde lösen sich in Ammoniak leicht auf unter Hinterlassung eines grauen Rückstandes. Es handelt sich offenbar um ein gewöhnliches Kupfersalz, wofür auch die mikroskopischen Befunde sprechen. Eine Verwechslung mit Uranit ist möglich, indessen fehlt dem Mineral der glimmerige Habitus, sowie die mehr gelblichgrüne Färbung, welche die meisten Uranglimmer auszeichnet. Bemerkenswert ist aber der relativ kräftige Ionisationseffekt, welchen die obengenannten Gesteinsproben liefern. 67 cm^2 Pulverfläche gaben bei etwa 4 cm Kapazität des Elektrometersystems ein Stromäquivalent von 4,0-4,5 x 10-4 statischen Einheiten, das also etwa 40-50 x größer ist als das eines normal aktiven Gesteinspulvers mit beispielsweise 5x 10-12 g Radium pro Gramm Gestein. Wenn auch nicht ausgeschlossen ist, daß die radioaktiven Stoffe zusammen mit den hydrothermalen Erzbildungen sich ausschieden, so liegt doch der Gedanke näher, den Gehalt an radioaktiven Stoffen mit dem Granitgrus in Beziehung zu bringen, zumal sehr reiche

Fig.18

Stollenplan der in den Jahren 1916 bis 1918 ausgeführten Arbeiten in der Hauptgrube und Erzbett. Plan abgeändert nach Stöhr. (Widmer 2015)



Erzstücke (Buntkupfererz, Fahlerz) sich als völlig inaktiv erwiesen. Die stark rot gefärbten Kalifeldspäte weisen ebenfalls auf einen ursprünglich stark radioaktiven Granit hin. Die Erzlagerstätten an der Mürtschenalp sollten im Auftrag der ***Schweizerischen Geotechnischen Kommission*** *näher untersucht werden, und es ist zu hoffen, daß auch den radioaktiven Stoffen nachgegangen wird.»*

Nach den Untersuchungen von Bächtiger (1963) stammte die von Hirschi (1925) untersuchte Probe wahrscheinlich aus dem Sondierstollen des Großen Chalttals. Die erwähnten Kupfer-Oxydationsmineralien sprachen für ein Kupfer-Uran-Mischerz mit makroskopisch unsichtbarer, aber mikroskopisch feinverteilter Pechblende oder Branneritin einer Sulfid-Grundnasse.

1943 hatte Winterhalter den Verrucano der Schweizeralpen näher untersucht. In bezug auf die Kupfervererzungen kam er zu folgendem Schluss:
«Die Kupfererzführung des Verrucanos steht nicht im direkten Zusammenhang mit den permischen Ergußgesteinen. Die Kupfererze befinden sich auf sekundärer und tertiärer Lagerstätte. »

Indessen wurde von Bächtiger (1963) anhand der Beobachtungen von Amstutz (1950) und seiner eigenen Untersuchungen im Jahr 1960 doch ein Zusammenhang zwischen den Kupfererzen der Mürtschenalp und anderen Orten im Verrucano und denjenigen in den basischen Ergussgesteinen des Kärpfgebietes angenommen.

1948 führte sodann Herr Dr. O. Grütter, Konservator am Naturhistorischen Museum in Basel, im Auftrag der Schweizerischen Studienkommission für Atomenergie (SKA) auf der Mürtschenalp mit einem Geigerzähler Untersuchungen auf Uranerze durch. Er konstatierte unterhalb der Alp Bärenboden an der Basis des Melser Sandsteines eine lokale und sehr wenig mächtige Schicht von Graphitschiefern mit erhöhter Radioaktivität. Infolge der beschränkten Ausdehnung der Schicht und der tektonischen Auswalzung war

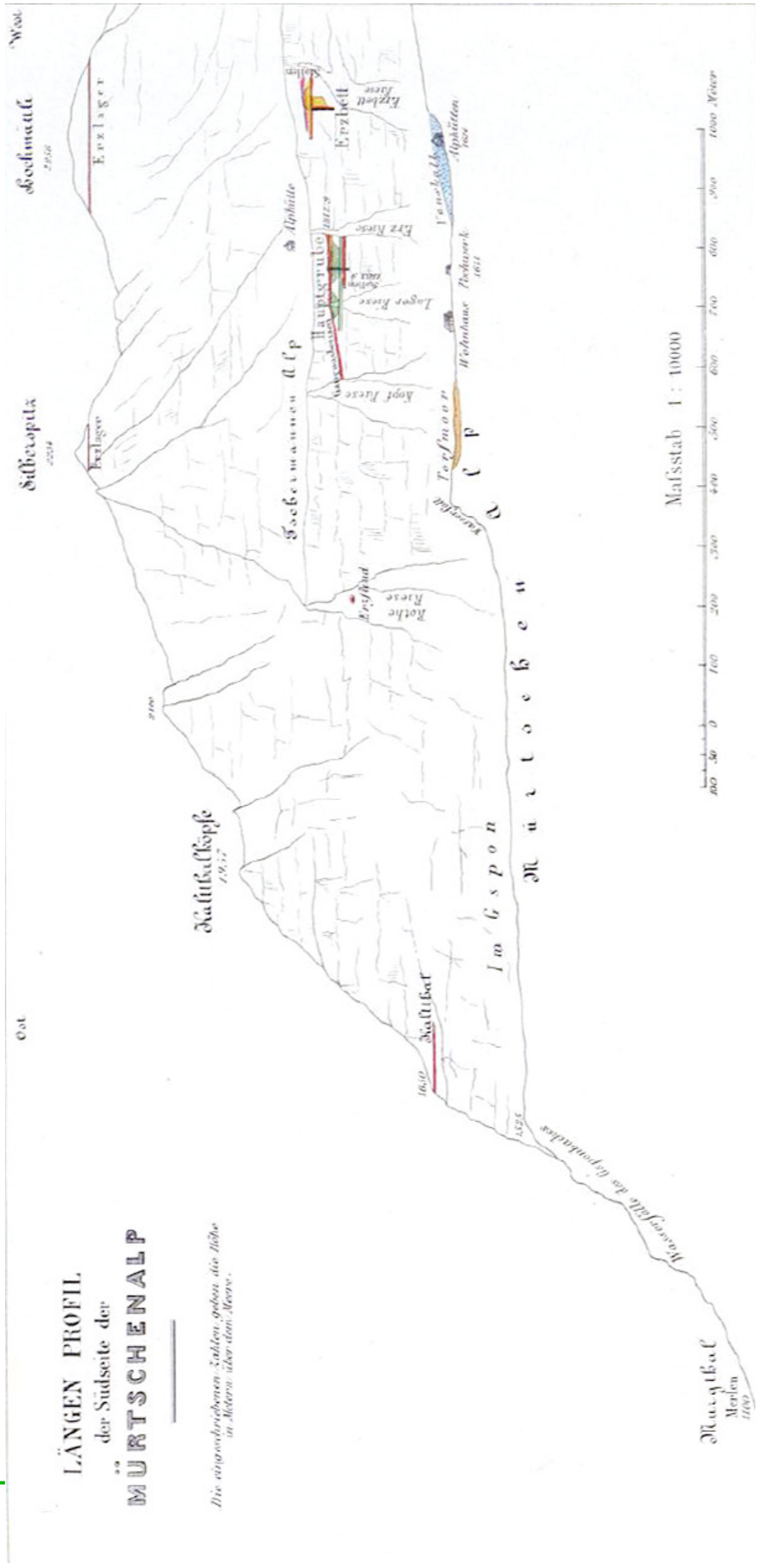


Fig.16a

Längs und Querprofil durch das Abbaugebiet der Mürtschenalp. (Stöhr 1864)

das Vorkommen wirtschaftlich völlig bedeutungslos. Herr Dr. Grütter hatte auch die Gruben Hauptgrube und Erzbett mit dem Geigerzähler begangen und als inaktiv befunden. Eine schwache Radioaktivität stellte er hingegen am Silberspitz und am Grossen Hochmättli fest.

1949 hatte Hügi schweizerische Kupfererze spektrographisch untersucht. Darunter befanden sich auch zwei Proben von der Mürtschenalp. Hügi stellte dabei als Hauptmerkmal folgendes fest:

«Die Vorkommen Mürtschenalp, Gnapperkopf und Flumser Berg weisen als Haupterze Buntkupfererz (Bornit), beziehungsweise Fahlerz bzw. gediegen Kupfer auf. Das in konglomeratisch entwickeltem Verrucano auftretende Kupfererz der Mürtschenalp unterscheidet sich von den oben erwähnten Lagerstätten vor allem durch die Anwesenheit von Sr, B, Cr und Mo. (Als Vergleichslagerstätten wurden Grimentz, Baicolliou, Biolec und Bristenstock untersucht). Das in Quarzgängen des Triasdolomits eingesprengte Erz des längst aufgelassenen Bergwerks Gnapperkopf ist in bezug auf seine Spurenelemente am ehesten mit demjenigen der Mürtschenalp vergleichbar.»

1950 haben Erlenmeyer et al die von Herrn Dr. Grütter gesammelten Erzproben chemischn näher untersucht und dabei einen Gehalt von 180 g $U0_2$/t Gestein für die bituminösen Schiefer des Bärenbodens festgestellt.

1956 wurden von Bächtiger die von Stöhr erwähnten, aber im Verlauf der Zeit verschollenen Uranminerale wieder gefunden.

1957 erhielt die Firma Georg Fischer AG vom Kanton Glarus und im Januar 1958 vom Kanton St Gallen eine Schürfkonzession. Durch Prof. Dr. W. Epprecht vom AFIF (Abteilung für industrielle Forschung des Institutes für Technische Physik an der ETH) wurde Kurt Bächtiger ein Geigerzähler zur Verfügung gestellt. Es wurde an etlichen Handstücken wie erhofft eine erhöhte Radioaktivität festgestellt und der Urangehalt durch A. Giezendanner vom AFIF mit chemischen Analysen bestätigt. Gleichzeitig begann Bächtiger zusammen mit dem AFIF und Georg Fischer AG im Feld systematische Messungen durchzuführen. Dabei wurden eine Menge neuer Uranvorkommen entdeckt.

1958 Übertrug die Georg Fischer AG die Schürfkonzession an die Eisenbergwerk Gonzen AG und weitere Prospektionsarbei-

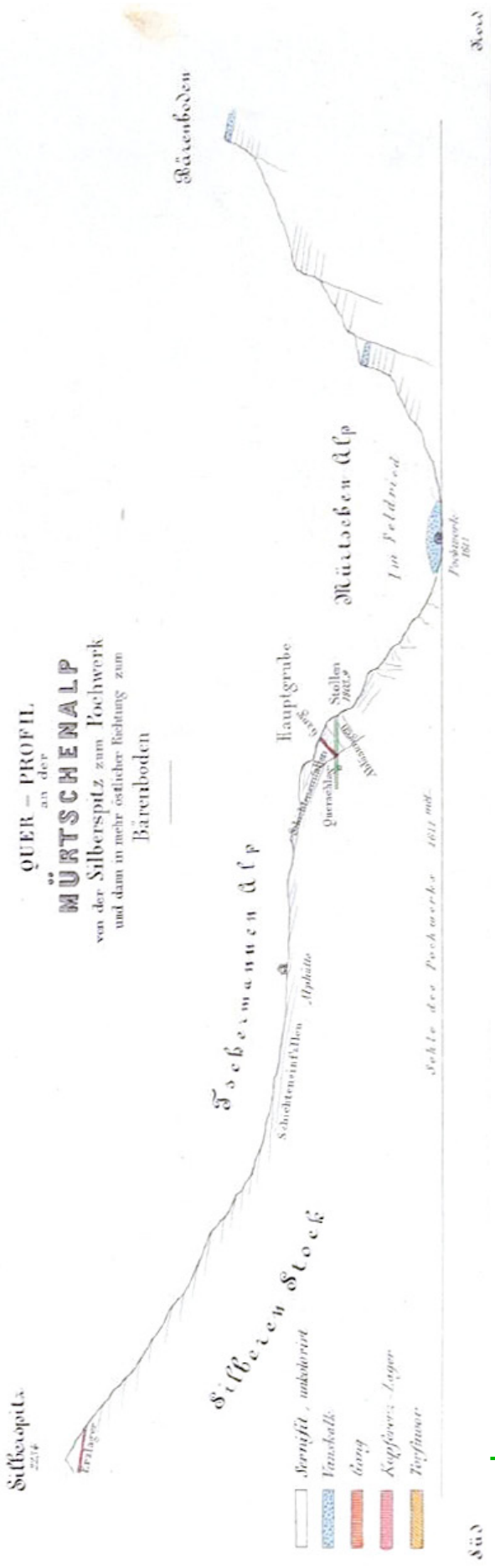


Fig.16b

Längs und Querprofil durch das Abbaugebiet der Mürtschenalp. (Stöhr 1864)

ten wurden durchgeführt. Dieses Mal fanden im Chline Walenchengel (zwei Schürfschlitze) und beim Sondierstollen im Grossen Chalttal erste bergmännische Schürfarbeiten statt. Infolge technischen Schwierigkeiten gelangte es aber nicht, den Sondierstollen wieder aufzuwältigen.

1959 W. Epprecht schätzte in seinem Bericht zu den Prospektionsarbeiten im Gebiet der Mürtschenalp den Urangehalt der 74 bekannten Erzlinsen auf insgesamt 80 t Uran. Dabei nahm er einen mittleren Urangehalt von 0,17 % Uran an.

1967 wurde in einer weiteren Etappe versucht den alten Sondierstollen wieder aufzuwältigen. Durch einen etwas seitlich versetzten neuen Stollen wurde der alte Stollen nach ca. 50 m angefahren und im hinteren Stollenbereich in die linke Flanke ein kleiner Schürfstollen vorgetrieben (Fig. 19).

1967 wurde im Rahmen des Arbeitsausschusses für Atombrennstoffe die radiometrische Prospektion auf das gesamte Gebiet des Glarner und St. Galler Verrucano ausgedehnt.

Bibliographie

Bächtiger K., 1963: Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, Lieferung 38, Die Kupfer- und Uranmineralisationen der Mürtschenalp, Kümmerli & Frey, Bern.

Gilliéron F & Labhart T., 1988: Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, Lieferung 77, Zur Geologie der Uranmineralisation in den Schweizer Alpen, Kümmerli & Frey, Bern.

Okrusch M; Matthes, S.,2014:Mineralogie. Eine Einführung in die spezielle Mineralogie, Petrologie und Lagerstättenkunde. Springer Verlag, Berlin.

Stöhr E., 1865: Die Kupfererze auf der Mürtschenalp und der auf ihnen ausgeführte Bergbau.

Weissert H., Stössel I.,2009: Der Ozean im Gebirge. Eine geologische Zeitreise durch die Schweiz. Hochschulverlag AG, Zürich.

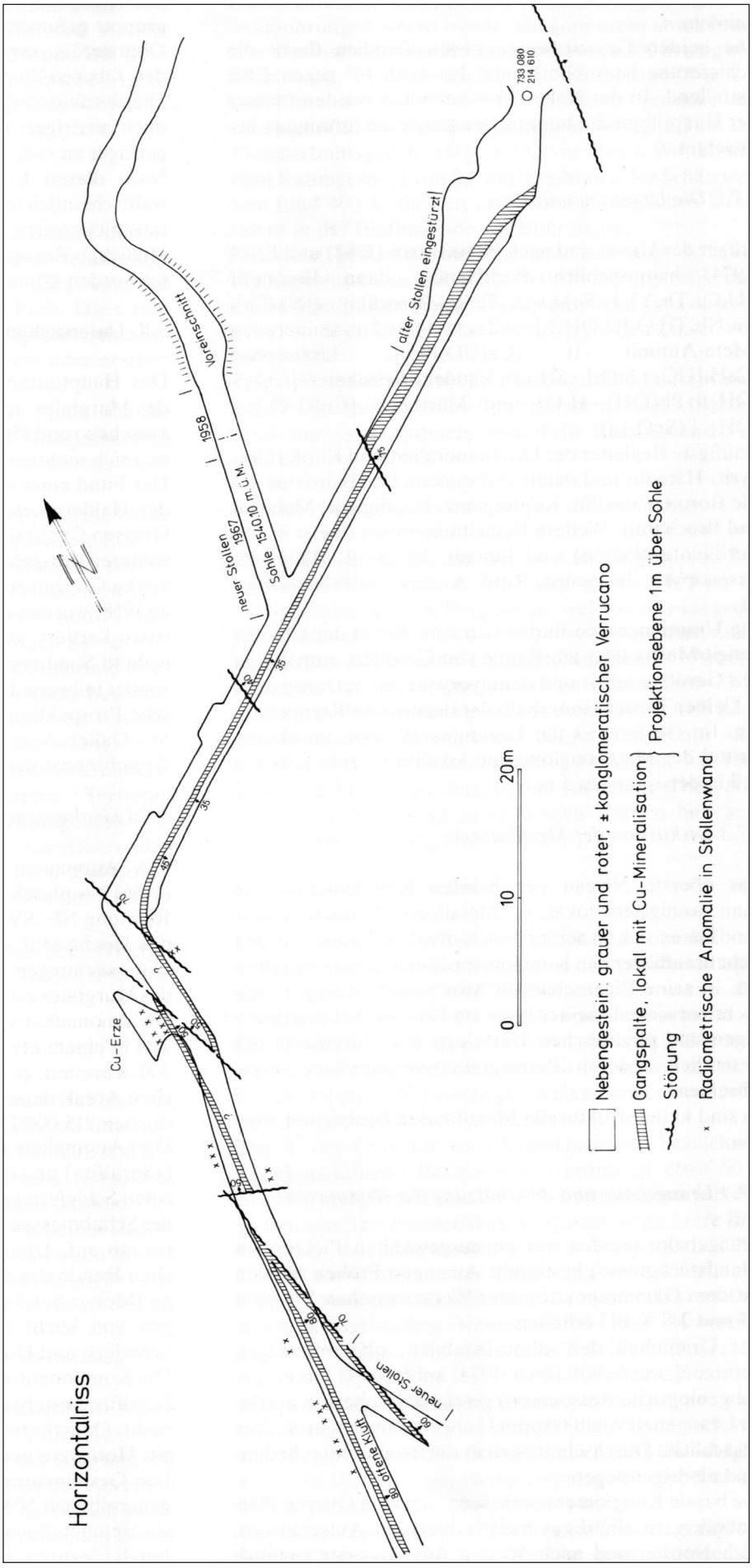
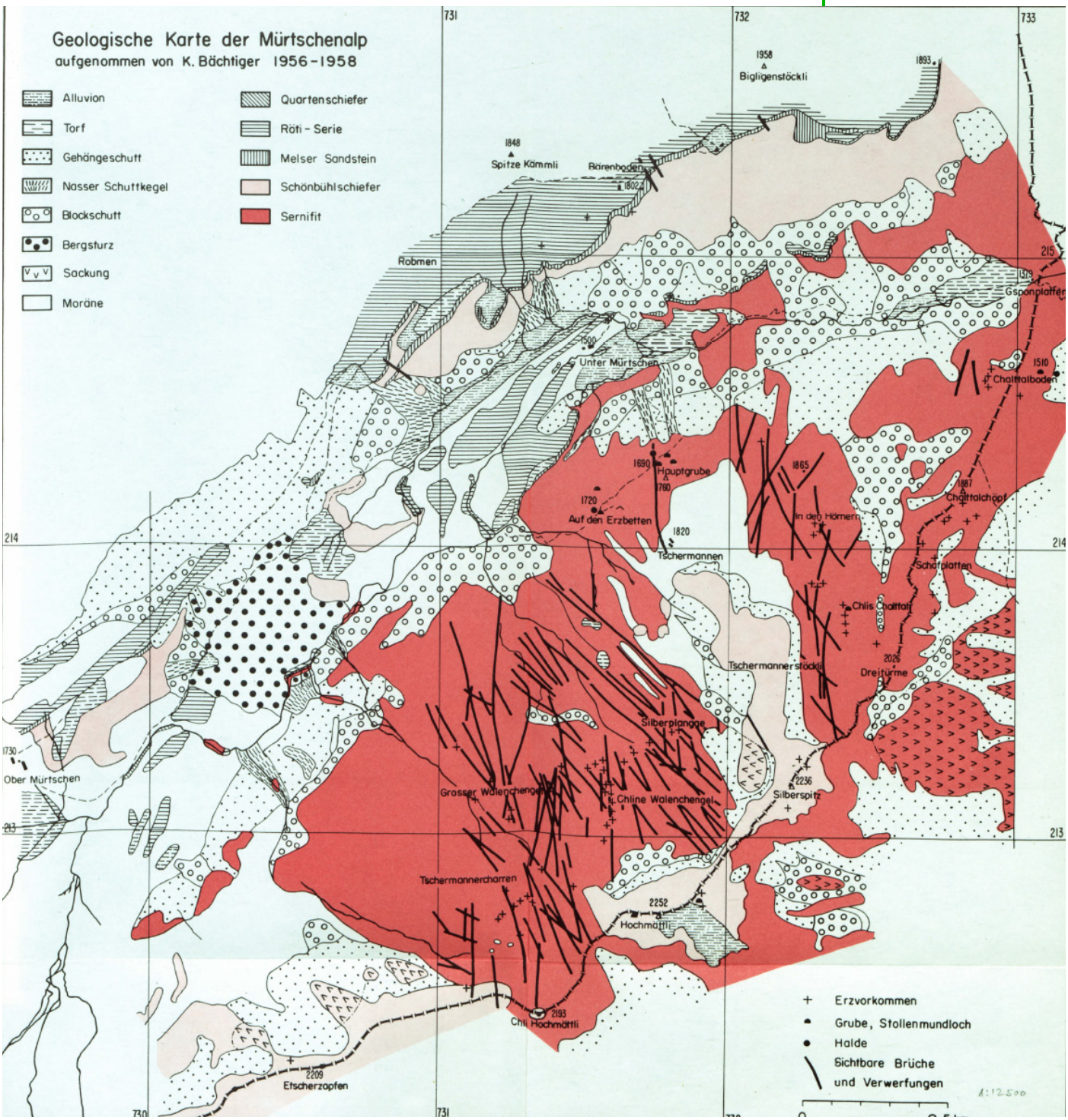


Fig. 19

Stollenplan aus der Arbeit von Gilliéron & Labhart (1988) zur Geologie der Uranmineralisation in den Schweizer Alpen

Fig. 20

Geologische Karte der wichtigsten Vererzungen im Gebiet der Mürtschenalp. (BÄCHTIGER 1963)



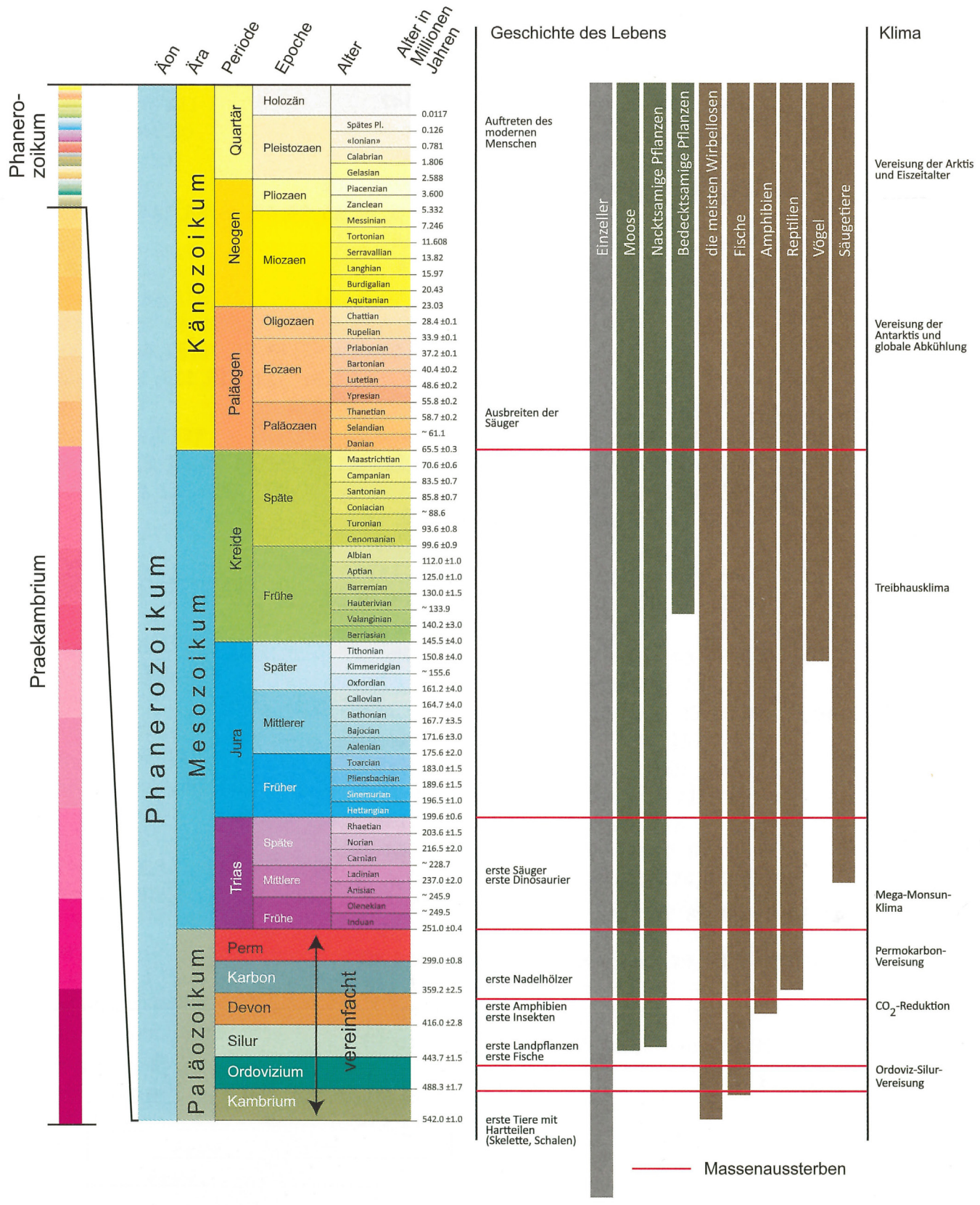


Fig. 21

Stratigraphe Tabelle nach (WEISSERT, 2009).