BEITRÄGE
ZUR GEOLOGIE DER SCHWEIZ

GEOTECHNISCHE SERIE, LIEFERUNG 31

Herausgegeben mit Subvention der Eidgenossenschaft von der
Schweizerischen Geotechnischen Kommission
Organ der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft

Die Arsen-Gold-Lagerstätte von Salanfe (Wallis)

von Erwin Rickenbach und Fritz von Känel

KOMMISSIONSVERLAG:
KÜMMERLY & FREY, GEOGRAPHISCHER VERLAG, BERN
1953

DRUCK VON ASCHMANN & SCHELLER AG., BUCHDRUCKEREI ZUR FROSCHAU, ZÜRICH

BEITRÄGE
ZUR GEOLOGIE DER SCHWEIZ

GEOTECHNISCHE SERIE, LIEFERUNG 31

Herausgegeben mit Subvention der Eidgenossenschaft von der
Schweizerischen Geotechnischen Kommission
Organ der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft

Die Arsen-Gold-Lagerstätte von Salanfe (Wallis)

von Erwin Rickenbach und Fritz von Känel

KOMMISSIONSVERLAG:
KÜMMERLY & FREY, GEOGRAPHISCHER VERLAG, BERN
1953

DRUCK VON ASCHMANN & SCHELLER AG., BUCHDRUCKEREI ZUR FROSCHAU, ZÜRICH

Luisin, 2788 m Aiguilles Rouges-Massiv Col d'Emaney Morcles-Decke

Tagbau →

← P. 2212

← Basisstollen

← Lac des Ottans

Plan de Salanfe
(jetzt überstaut)

Aufnahme der Eidg. Landestopographie

↑ Tagbau ↑ Basisstollen ↑ P. 2212 ↑ Lac des Ottans

Tafel I. Blick auf das Gebiet der Lagerstätte Salanfe von Norden.

Allgemeine Orientierung.

Das Arsen-Gold-Vorkommen von Salanfe liegt ca. 6 km W Vernayaz im unteren Rhonetal in einem mächtigen, von hohen Bergen umrahmten Talkessel, der vom Salanfebach nach E entwässert wird. Den Nordrand dieses Kessels bilden die Gipfel der Dent du Midi (3257—3177 m) und die südöstlich abzweigende Gagnerie (2650 m), den Südwestrand die steilen Wände der Tour Sallière (3219 m). Die SE-Ecke bezeichnet der 2785 m hohe Luisin. Die Gipfelreihe Luisin, Petits Perrons, Tsarvo und die Nase der

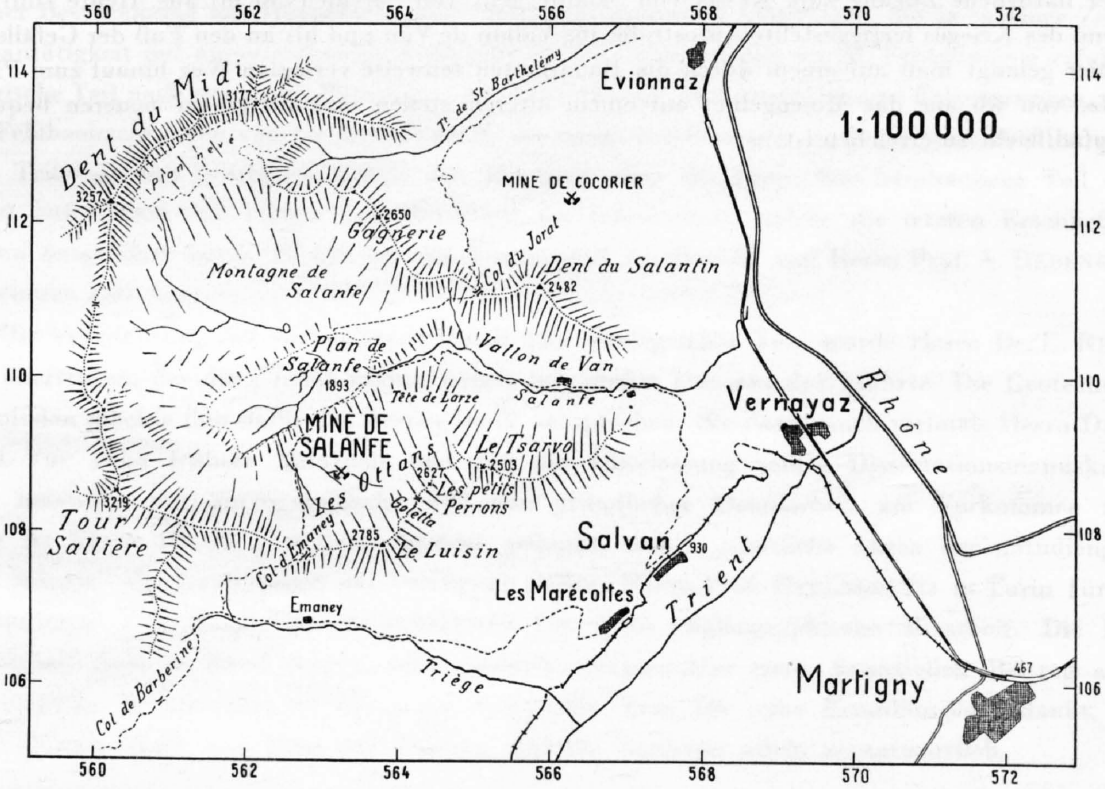


Fig. 1. Topographische Lage der Arsen-Gold-Lagerstätte von Salanfe, 1 : 100 000.
Der Plan de Salanfe ist heute überstaut.

Tête de Larze ergeben mit Gagnerie zusammen den östlichen Abschluß. Der flache Talgrund, der „Plan de Salanfe", liegt auf rund 1900 m Meereshöhe. Die im Schutt des Talbodens sich sammelnden Wasser bilden die Salanfe, die den Riegel des Kessels schluchtartig durchbricht, über eine Steilstufe von rund 500 m Höhe den flachen Boden des Vallon de Van erreicht und dann in steiler Schlucht, zuletzt im Pissevache-Wasserfall zur Rhoneebene hinunterstürzt (vgl. Tafel I und Fig. 1).

Drei Viertel der Umrandung des Kessels von Salanfe, nämlich Tour Sallière, Dent du Midi und Gagnerie samt dem von ihnen umschlossenen Teil desselben sind aus Sedimenten der Morcles-Decke aufgebaut. Der südöstliche Viertel besteht dagegen aus kristallinen Schiefern des Aiguilles Rouges-Massivs. Die Grenze zwischen diesen tektonischen Einheiten wird im S durch den Col d'Emaney, im E, nördlich der Salanfe, durch den Col du Jorat bezeichnet. Der vom Luisin unregelmäßig zum Plan de

Salanfe abfallende Hang führt den Namen „Les Ottans". Auf ihm finden sich zwischen 2150 und 2300 m die hauptsächlichsten Erzfundstellen.

In 2071 m Höhe liegt der kleine „Lac des Ottans" in einem verstopften Versickerungstrichter auf der Grenze von Rauhwacke und kristallinem Schiefer. Er wird vom Golettabach gespiesen, der von der Gratlücke „La Goletta" (2459 m) zwischen Luisin und Petits Perrons kommt. Unmittelbar N dieses Baches befindet sich die „Mine de Salanfe", die zur Unterscheidung von andern Schürf- und Abbaustellen als „Grube Robert" bezeichnet wurde. Ihr Basisstollenmundloch liegt auf 2157 m. Sie hat weitaus das meiste von dem in diesem Gebiet geförderten Erz geliefert.

400 m SW des Golettabachs durchfließt der vom Hang des Luisin kommende Luisinbach in ca. 2165 m Höhe den flachen Boden eines Kars, in dem mehrere Erzhorizonte gut aufgeschlossen sind.

Wegen seiner Höhe und der Lage auf der Schattenseite ist das erzführende Gebiet auf dem Hang von Les Ottans nur wenige Monate im Jahr ganz schneefrei und im Winter und Frühling lawinengefährdet. Die schneefreie Zeit dauert in der Regel vom Juli bis Anfang oder Ende Oktober. Der Golettabach pflegt gegen das Ende dieser Periode zu versiegen.

Da wo die Salanfe den Kessel verläßt, wird jetzt eine Staumauer errichtet, welche den Plan de Salanfe in einen über 2 km langen und bis 1 km breiten Stausee verwandeln wird.

Der natürliche Zugang zum Kessel von Salanfe geht von Salvan (930 m) aus. Heute führt eine während des Krieges fertiggestellte Autostraße ins Vallon de Van und bis an den Fuß der Gefällsstufe. Von hier gelangt man auf einem durch die Bauarbeiten teilweise verlegten Weg hinauf zum Plan de Salanfe, von wo aus das Minengebiet auf einem älteren steilen und auf einem neueren bequemen Saumpfad leicht zu erreichen ist.

Vorwort der Schweizerischen Geotechnischen Kommission.

Im Jahre 1928 wurde Herrn Dr. F. VON KÄNEL von der Schweizerischen Geotechnischen Kommission ein Auftrag zur Untersuchung der interessanten Erzlagerstätte Salanfe (Wallis) und einiger weiterer Vorkommen der Umgebung erteilt. Herr Dr. VON KÄNEL hatte bereits seine unter Herrn Prof. E. HUGI in Bern ausgearbeitete, nur im kurzen Auszug veröffentlichte Dissertation: „Die Arsenkieslagerstätte von Salanfe" diesem Vorkommen gewidmet. In der Folge war es Herrn Dr. VON KÄNEL nicht mehr möglich, die Untersuchung zu vollenden und er deponierte sein Material bei der Geotechnischen Kommission. Infolge des Interesses, das dem Vorkommen wiederholt entgegenbracht wurde, blieb es der Kommission erwünscht, darüber in ihrer Serie zu berichten. Ihre ursprüngliche Absicht, die vorhandenen Kenntnisse durch neue Untersuchungen zu ergänzen, konnte sie nur teilweise ausführen, u. a. wegen des seitherigen Verfalls der Grubenaufschlüsse. Sie entschloß sich daher zu einer Beschreibung zur Hauptsache auf Grund der erwähnten Unterlagen, die ja in einer Zeit der Bergbautätigkeit mit ausgezeichneten Aufschlüssen gewonnen worden waren. Ergänzungen erfuhr der geologische Teil nach der neuen Detailkarte des Gebietes und den dazugehörigen Erläuterungen, ferner nach Feldbeobachtungen von Dr. RICKENBACH, die einige Ergänzungen an Karte und Profilen gestatteten. Teilweise neu bearbeitet wurde der Abschnitt über die Erze. Der bergbauliche Teil wurde ergänzt auf Grund von Plänen und Berichten der Gesellschaft, welche die letzten Erschließungsarbeiten ausgeführt hatte. Ferner lag der Kommission ein Bericht von Herrn Prof. A. DEBENEDETTI aus neuerer Zeit vor.

Die Verarbeitung der vorhandenen Daten zum vorliegenden Text wurde Herrn Dr. E. RICKENBACH übertragen, der diese nicht leichte Arbeit mit großer Umsicht durchführte. Die Geotechnische Kommission möchte ihm dafür den besten Dank aussprechen. Sie dankt auch vielmals Herrn Dr. VON KÄNEL für seine frühere Mitarbeit und für die Überlassung seines Dissertationsmanuskriptes, worin besonders der petrographische Teil von gründlicher Detailarbeit am Vorkommen zeugt. Ferner sei Herrn Dr. H. FEHLMANN bestens gedankt, daß er sämtliche Akten der „Studiengesellschaft Salanfe" der Kommission zur Verfügung stellte, Herrn Prof. DEBENEDETTI in Turin für seine Informationen und Herrn M. GRÜNENFELDER für seine chalkographische Mitarbeit. Die Lonza Aktiengesellschaft in Basel leistete sehr verdankenswerterweise einen finanziellen Beitrag an die Untersuchung. Insbesondere sei Herrn Dr. S. RUOSCH, Visp, für seine Bemühungen gedankt.

Für den Inhalt von Text und Figuren sind die Verfasser allein verantwortlich.

ZÜRICH, November 1953.

Für die Schweizerische Geotechnische Kommission:

Der Präsident: **F. de Quervain.**

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Allgemeine Orientierung 5

I. Geologisch-petrographische Beschreibung 7

A. Übersicht 7

B. Die Kalke der nordwestlichen Kontaktzone 9

C. Petrographische Beschreibung 13

1. *Die Sedimente der Trias* 13

2. *Die kristallinen Schiefer im Hangenden und Liegenden der Vererzungszone der Grube Robert* 14

a) Makroskopische Beschreibung 14

b) Mikroskopische Beschreibung 15

c) Zusammenfassung. Entstehung der Hornfelse 20

3. *Die Kalk-, Kalksilikatfels- und Erzzone der Grube Robert* 21

a) Makroskopische Beschreibung 21

b) Mikroskopische Beschreibung des metamorphen Kalkes mit Kontaktmineralien und Übergängen zu eigentlichen Kalksilikat-, bzw. Skarnfelsen 23

c) Mikroskopische Beschreibung der Kalksilikatfelse und Skarnfelse 26

D. Die Erze (mit F. de Quervain und M. Grünenfelder) 31

1. Die Erze erster Generation 31

a) Das Arsenerz 31

b) Die Eisenglanzbänder 34

c) Die schwach vererzten Kalksilikatfelse 34

2. Die Erze zweiter Generation 35

3. Intensität und Extensität der Erzmineralien 36

4. Chemische Zusammensetzung des Erzes 37

E. Genese der Lagerstätte 38

F. Verwandte Lagerstätten (F. de Quervain) 40

G. Baryt-Flußspatgänge 40

1. Auftreten 40

2. Mineralbestand 41

3. Sukzession der Gangmineralien 42

4. Genese 42

II. Der Bergbau 43

A. Geschichte der Erschließung und Gewinnung 43

B. Gewinnung, Aufbereitung und Transport 46

1. Vorrichtung und Abbau 46

2. Aufbereitung 46

3. Transport 47

4. Anlagen über Tag 47

C. Produktion 48

1. Produktionsmengen und Qualität 48

2. Erzanfall pro Flächeneinheit. Wechselnde Erzführung 49

D. Erzvorrat. Abbauwürdigkeit der Lagerstätte 50

Literatur 52

Autochthone Sedimente vorwiegend triasischen Alters liegen dem W-Rand des Aiguilles Rouges-Massivs entlang diskordant und ca. 25—30° NW fallend auf den steilstehenden Schiefern. Im Gebiet des Lac des Ottans hat die Erosion größere Partien der wenig mächtigen Sedimente verschont. Südlich davon sind sie als schmale Streifen erhalten und einzelne Fetzen davon lassen sich bis gegen den Gipfel des Luisin beobachten. Über diesen autochthonen Sedimenten folgen parautochthone Schuppen und, ganz außerhalb des Hanges von Les Ottans, die Sedimentmassen der Morcles-Decke.

Fig. 3. (Photo) Grube Robert. Blick von Combarossa gegen N. In der Mitte die Grubengebäude, darüber die Trias der Grande Barme.

Die Karte Tafel II stellt die geologischen Verhältnisse im Gebiet von Les Ottans dar. Sie zeigt ferner die Lage und den Verlauf der beobachteten Kalkzüge, soweit diese im Streichen verfolgt wurden, sowie die hauptsächlichsten Erzaufschlüsse, Schürfungen und Stollen.

Das Querprofil Fig. 2 durch das Gebiet der Grube Robert zeigt die diskordante Auflagerung der Triassedimente auf den kristallinen Schiefern, die Lage des Erzganges und der Querschläge. Auch die Photo Figur 3 mit ähnlicher Blickrichtung läßt die Grenze von Sediment und kristallinem Gestein über den Bauten im Niveau der Fördersohle deutlich erkennen.

B. Die Kalke der nordwestlichen Kontaktzone.

Kalkeinlagerungen in der Form von Linsen oder kontinuierlichen Bändern zwischen den kristallinen Schiefern wurden im Arpille-Massiv zuerst von M. LUGEON und dann auf Grund eingehender Studien von N. OULIANOFF (1924) als Synklinalzonen gedeutet. C. SCHMIDT (1916) spricht mit Bezug auf das Erzvorkommen von Salanfe von einer im Gneis konkordant eingelagerten Kalkschicht, die sich auf 1 km Länge verfolgen lasse, wollte aber die Möglichkeit, daß es sich um tektonisch eingequetschte Triaskalke handeln könnte, nicht ganz von der Hand weisen. H. MEYER (1916) erwähnt vom N-Abhang des Luisin Marmorkeile, die in langer, unzusammenhängender Reihe, meist als kleine Linsen den Schieferhornfelsen konkordant eingelagert sind. Die Untersuchungen F. VON KÄNELs haben gezeigt, daß zahlreiche solche Kalkzüge vorhanden sind, die zweifellos normale Schichtglieder der präkarbonischen, metamorphosierten Sedimente darstellen. Anhaltspunkte für eine Gruppierung dieser Kalkzüge zur Ermittlung des Faltenbaues des Aiguilles Rouges-Massivs wurden von ihm aber nicht gefunden.

Im folgenden werden die im Gebiet von Salanfe beobachteten Kalkzüge und Linsen beschrieben, wobei wir von dem durch den Bergbau gut bekannten Abschnitt der Grube Robert aus zuerst nach NE und dann nach SW gehen. Gleichzeitig sollen die ausgeführten Schürfarbeiten erwähnt werden. Die von den Bergbaukonzessionären für die verschiedenen Schürfstellen verwendeten Namen sind auf der Karte Tafel II zu finden.

In der Grube Robert (vgl. Fig. 2, 4, 5) ist das Erz an eine 1—3 m mächtige Kalklage gebunden, die durch den Bergbau auf 40—60 m im Streichen und bis 50 m Tiefe aufgeschlossen wurde. Diese Kalklage streicht im Mittel N 30° E und fällt wie die einschließenden metamorphen Gesteinsschichten ca. 75—80° NW. Den liegenden Kontakt bildet eine im einzelnen sehr unregelmäßige, wellige Fläche mit Rutschharnischen, längs welcher vertikale Verschiebungen stattgefunden haben (Fig. 5). Die petrographischen Verhältnisse und die Bergbauarbeiten der Grube Robert werden weiter unten eingehend dargestellt. Nach C. SCHMIDT (1916) befindet sich ca. 10 m weiter gegen das Hangende ein zweites Kalklager, das aber im obern Querschlag der Grube nicht angetroffen wurde. Weiter talwärts wurden im Golettabach keine Kalkschichten mehr beobachtet. Auch der tiefere Querschlag, der 110 m Gesteinsfolge erschließt, hat keine hangenden Kalkschichten durchfahren.

Von der Grube Robert aus läßt sich der erzführende Kalkzug leicht nordwärts verfolgen. Er ist durch eine Terrainfurche angedeutet, auf der Spuren früherer Schürfungen sichtbar sind. Bei Confrérie, in rund 120 m Entfernung vom N-Ende des Tagbauschlitzes der Grube Robert, wurde, nachdem im Ausbiß Skarn mit etwas Arsenkies festgestellt worden war, in ca. 2170 m Höhe ein Querschlag zum Kalkband geführt, der in geringer Entfernung vom Stollenmund ein erstes Kalkband mit Kalksilikatfels querte und dann die gesuchte Kalkzone erreichte, jedoch nicht ganz durchfuhr und vielleicht aus diesem Grunde auch kein Erz erschloß. Er zeigte den charakteristischen häufigen Wechsel des von Quarz, rotem Pegmatit und Aplit mit Granat injizierten Biotitgneises mit schiefrigen und hornfelsigen Lagen. Der nahe der Oberfläche verlaufende Stollen ist verstürzt. Seine auf der Karte Tafel II angegebene Länge und der Abstand der beiden Kalkzüge beruhen nicht auf zuverlässigen Angaben.

Nördlich von diesem Querschlag wurde im Jahre 1936 ein alter, 6 m langer Stollen in 2158 m um 16 m verlängert (vgl. Fig. 6 und 7). Man traf dabei auf Erzspuren wie in den rund 12 m darüber liegenden Oberflächenschürfungen. Anschließend wurde versucht, durch eine Schrägbohrung vom Hangenden aus die Entwicklung des Flözes nach der Tiefe zu erforschen. Wie aus Figur 8 ersichtlich ist, scheint aber der Hauptkalkzug nicht erreicht worden zu sein. Ob die angetroffenen Kalk- und Erzspuren vielleicht dem äußeren Kalkzug des Querschlags entsprehen, läßt sich mangels zuverlässiger Unterlagen nicht feststellen.

Die durch den erwähnten Stollen erschlossene Kalklage ist 1,0—1,5 m breit und durch Kalksilikatbänder vom Biotithornfels scharf getrennt. Der Kalk besitzt eine braunschwarze, bis 1 cm tiefe Anwitterungsrinde. In frischem Bruch zeigt er grünlichgraue Färbung und zuckerkörnige Textur. Vereinzelte Chloritruscheln sind von Rutschharnischen begleitet. Als Spaltenfüllung sowohl in der Kalkbank wie im Hornfels findet sich rekristallisierter grobspätiger, rein weißer Kalkspat, der Kupferkies und Pyrit führt. Neben regelmäßig gebänderten Marmorlagen sind unregelmäßig miteinander vermengte, z. T. intensiv verfältelte Kalke und Kalksilikatfelse vorhanden. Auch die Biotitschiefer zeigen am Kalkkontakt feinste helizitische Fältelungen. Das Nebengestein der Marmoreinlagerungen weist eine deutliche Parallelbänderung durch Verquarzungszonen auf, die sich auf der Anwitterungsfläche scharf vom dunklen Biotitgneis abheben. In etwa 3 m Abstand von den Marmorlinsen wird die Quarzbänderung gewöhnlich durch eine unregelmäßige Verquarzung abgelöst.

Gegenüber dem Zugang zum beschriebenen Stollen befindet sich ein alter verschütteter Anhau. Von hier aus läßt sich die Kalkzone nordwärts absteigend weiter verfolgen. Eine 1—2 m tiefe, breite Furche zwischen den härteren Schiefern und verschüttete Schürfstellen bezeichnen ihren Verlauf. In gleicher Weise läßt sich auch die äußere Kalkzone ca. N 12° E streichend rund 200 m weit nordwärts beobachten und stellenweise vermuten (vgl. Fig. 9). Weiter nördlich wurde kein Kalk mehr gefunden, doch verraten an verschiedenen Stellen „unruhige" Schieferpartien mit Aplithornfels und Quarzbändern oder intensiven Verfältelungen das ehemalige Vorhandensein eines später vollständig resorbierten Kalkbandes.

Erst am Fuße des Hanges finden sich auf ca. 1915 m Höhe (vgl. Ecke rechts oben in Tafel II !) wieder größere Kalk- und Kalksilikatfels-Einlagerungen in vielfachem Wechsel mit Gneislagen. Sie streichen ungefähr N 30° E und dürften einem andern Zug angehören als jene von Confrérie. Der Salanfe-Stausee wird sie bald zudecken. Etwa 500 m E dieses Aufschlusses verzeichnet die geologische Karte ein weiteres Kalkvorkommen. Es ist, nach Mitteilung von Prof. M. REINHARD, erzfrei.

I. Geologisch-petrographische Beschreibung.

A. Übersicht.

Das Arsen-Gold-Vorkommen (REINHARD u. a. 1951) liegt in der nordwestlichen Randzone des herzynisch gefalteten Aiguilles Rouges-Massivs, das von den Aiguilles Rouges NE-wärts zum Rhonetal streicht und östlich desselben unter die Morcles-Decke taucht. Eine über Finhaut — Salvan laufende Karbonmulde trennt auf Schweizergebiet auf der SE-Seite das Arpille-Teilmassiv ab.

Die kristallinen Schiefer des Aiguilles Rouges-Massivs werden im mittleren und nördlichen Teil auf rund 25 km Länge von einem bis 1200 m breiten, gangförmigen, steilstehenden Körper eines sauren, vorwiegend mittelkörnig-porphyrischen Granits, dem sogenannten Vallorcine-Granit, durchsetzt. Dieser Granitkörper stellt indessen keine gewöhnliche Gangintrusion dar. Er zeigt zwar an seinem NW-Rand einen meist scharfen Kontakt gegen mehr oder weniger feldspatisierte Hornfelse und ein Netz von Gängen und Apophysen. Längs dem SE-Rand ist dagegen der Kontakt mit dem Nebengestein deutlich tektonisch und bezeichnet wahrscheinlich die Basis einer Deckenüberschiebung nach ESE während der herzynischen Orogenese. Wie aus der Lage der im Gebiet des Luisin 25—30° WNW fallenden autochthonen Triassedimente hervorgeht, wurde das ganze Massiv während der Bildung der Alpen von SE her aufgerichtet, wodurch der Kontakt von Granit und Nebengestein seine heutige, sehr steile Stellung erhielt. Das granitische Magma dürfte durch Aufschmelzung tiefer Gesteinspartien im Verlauf der herzynischen Gebirgsbildung entstanden und durch die tektonischen Vorgänge passiv in seine Lage zwischen den metamorphen Sedimenten geraten sein.

Porphyrgänge von beträchtlicher Dicke folgen gewöhnlich dem Streichen der Schiefer als Lagergänge, setzen gelegentlich aus und verspringen oder verdoppeln sich. Ein solcher Gang von über 30 m Breite verläuft in 2300 m Höhe E der Grube Robert, in ca. 2,5 km Abstand vom Granitrand. Er setzt mit einigen Verspringungen E des Col d'Emaney über den W-Grat des Luisin und wird weiter östlich durch Parallelgänge abgelöst, die sich nach S immer mehr dem Granit nähern.

Die unmittelbare Kontaktwirkung des Granits am ursprünglich hangenden Nebengestein reicht nicht weit und häufig finden sich direkt am Granitkontakt völlig unveränderte Hornfelse. Dagegen erfuhren große Teile der im Luisin—Salanfe-Gebiet über 3 km breiten nordwestlichen Schieferhülle des Massivs aus Biotithornfelsen und schiefrigen Biotitgneisen, dem Ergebnis der Regionalmetamorphose sandig-toniger Sedimente ohne Materialzufuhr, durch liquidmagmatische und pneumatolytisch-hydrothermale Stoffzufuhr aus dem erstarrenden Magma wesentliche Veränderungen ihres Mineralbestandes und ihrer Struktur. Insbesondere im Gebiet des Kessels von Salanfe sind die Paragneise durch metasomatische Feldspatisierung und durch aplitisch-pegmatitische Injektionen großenteils in Gesteine verwandelt worden, die den Mineralbestand und die Textur von Orthogneisen besitzen, wobei alle Übergänge vom ursprünglichen Paragneis zum Injektionsgneis und Orthogneis zu beobachten sind. Kalke, kalkige und mergelige Schichten wurden zu Kalksilikatfelsen und Amphiboliten, z. T. in Skarne umgewandelt und vererzt. Einlagerungen solcher Gesteine von einiger Mächtigkeit und größerer Erstreckung finden sich besonders auf dem N-Hang des Luisin; vereinzelte Linsen treten auch weiter südlich bis nach Emosson auf, sind jedoch frei von Erzbildungen.

Die beiden hauptsächlichsten Gesteinstypen der Paragneise, die Biotithornfelse und schiefrigen Biotitgneise mit ähnlichem Mineralbestand verdanken ihre verschiedene Textur der abweichenden Zusammensetzung der ursprünglichen Sedimente. Die dunkeln, violettbraunen, meist

fein gebänderten, zuweilen gefältelten Biotithornfelse finden sich vorwiegend im granitnäheren Teil der Schieferhülle. Nach W gehen sie in die schiefrigen Biotitgneise über, sind aber auch im Gebiet der Grube Robert reichlich vertreten oder sogar vorherrschend. Im übrigen mag die Zuweisung eines Gesteins zum einen oder andern dieser Gesteinstypen je nach dem Beobachter etwas schwanken.

Im Bereich des Kessels von Salanfe sind die Paragneise weitgehend feldspatisiert. Neben aplitisch-pegmatitischen Injektionsgneisen, biotitreicheren gebänderten Injektionsgneisen und Übergängen zu weniger stark feldspatisierten Gesteinen treten linsige Gneise mit Alkalifeldspäten und Biotit, pegmatitische groblinsige Gneise und Augengneise mit Biotit auf.

Im Gebiet des Golettapasses sind in den hell gesprenkelten Schiefern und Gneisen nicht selten unregelmäßig streifige Einlagerungen von Schiefern mit schokoladebraun verfärbtem Biotit ein-

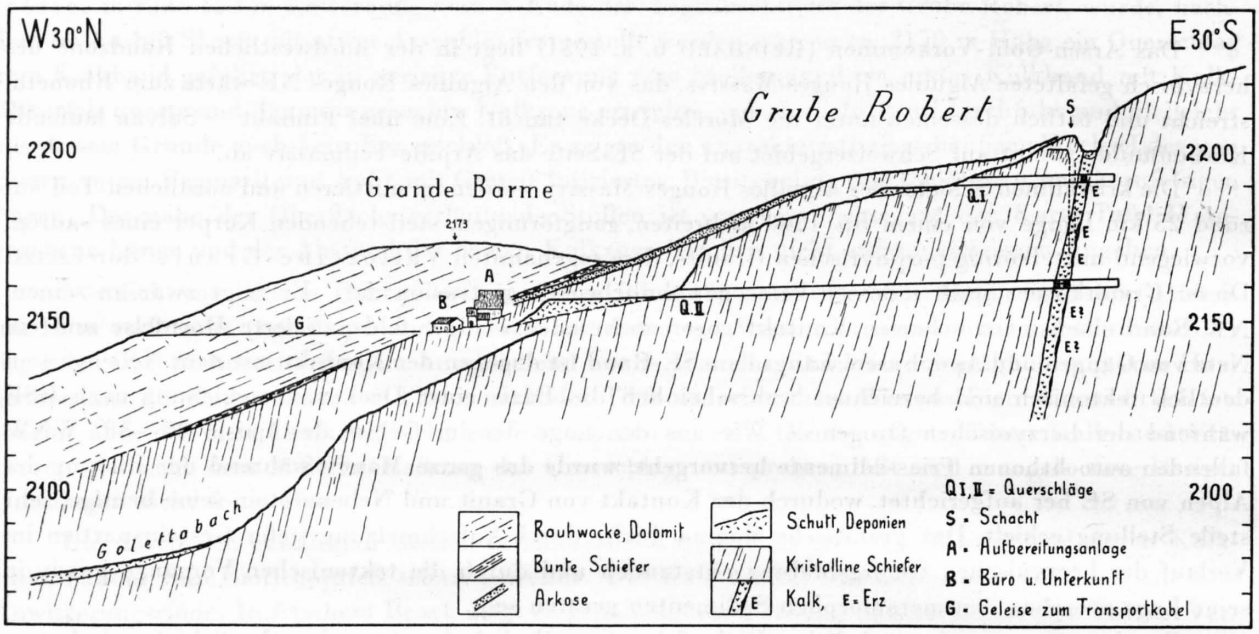


Fig. 2. Geologisches Profil durch die Grube Robert.

geschaltet, denen die Glimmerblättchen ein fleckiges Aussehen verleihen. Neben weißen aplitischen Injektionen und Imprägnationen tritt untergeordnet rotes Injektionsmaterial auf. Häufig sind Quarzpegmatite, die lokal Turmalin führen.

Von etwa 250 m NW des Golettapasses an nach W wird ein mittel- bis feinkörniger Biotithornfels, lokal Biotitchloritgneis, das vorherrschende Gestein, das von rotem und weißem Injektionsmaterial durchsetzt ist. Charakteristisch ist für diese Zone eine intensive Quarzimprägnation vorwiegend parallel den Schieferungsflächen in Form von Linsen, Bändern und unregelmäßigen Schlieren. Besonders intensiv ist sie in den Kalkbändern. Kalkreiche injizierte Schieferzonen zeigen häufigen Texturwechsel und unregelmäßige Verfältelungen von Quarz und kalksilikatischem Gestein. Auf pneumatolytische Stoffwanderung ist wohl die ungemein verbreitete rote Pigmentierung der Aplite, Hornfelse und Quarzporphyrgänge durch ferritischen Eisenglanz zurückzuführen.

Die äußerste, westlichste Partie der Schieferhülle zeigt rote, massige Gneise, die seit A. Favre (1867) als „Protogine rose" bezeichnet werden. Sie sind besonders am Lac des Ottans gut aufgeschlossen.

Eine scharfe Abgrenzung verschiedener Gesteinszonen ist indessen im allgemeinen nicht möglich. Verschiedene Stufen der Feldspatisierung finden sich nebeneinander und Übergänge zwischen verschiedenen Gesteinstypen und keilförmiges Ineinandergreifen derselben kommen häufig vor. Die geologische Karte vermag die Anwesenheit und Verteilung der charakteristischen Gesteinstypen oft nur schematisch anzudeuten.

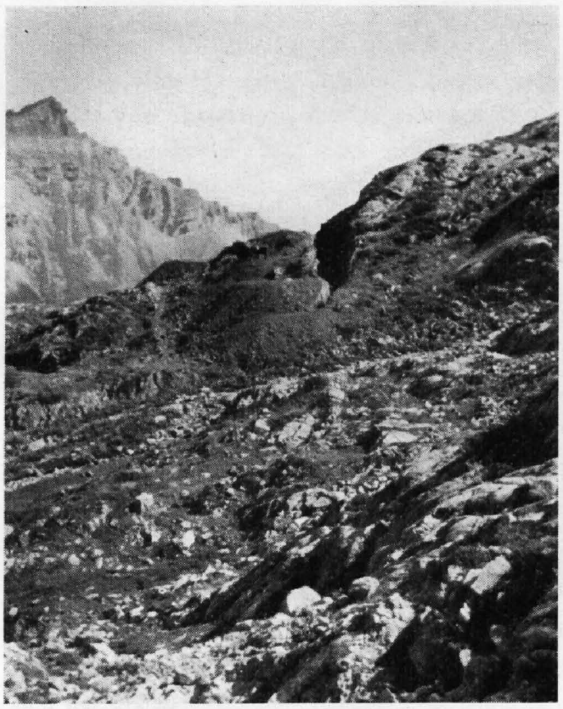


Fig. 4. (Photo) Grube Robert. Blick auf den Tagbauschlitz und die obersten Deponien aus SW.

Fig. 5. (Photo) Grube Robert. Blick von der Mitte des Tagbaus gegen SE. Links die unregelmäßige Dislokationsfläche im Liegenden des Erzlagers.

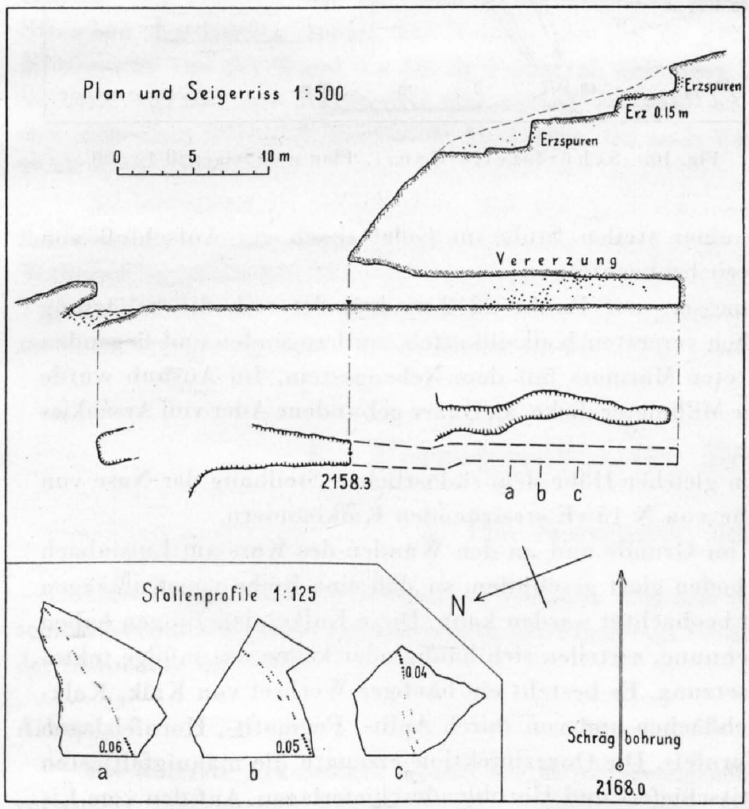


Fig. 6. Schürfstelle Confrérie. Plan und Seigerriß 1 : 500.

Fig. 7. (Photo) Schürfstelle Confrérie. Mundloch des streichenden Stollens. Der linke Stoß folgt dem Liegenden des Kalkzuges. Seine Hangendgrenze liegt zwischen der weißen Gesteinsbank und dem dunklen Gestein am rechten Stoß.

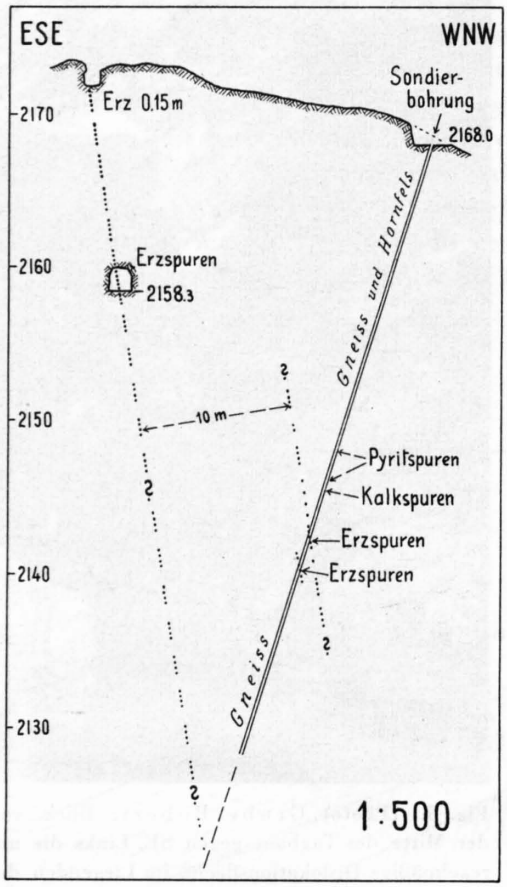


Fig. 8. Schürfstelle Confrérie. Profil 1 : 500 durch die Sondierbohrung.

Fig. 9. (Photo) Äußerer Kalkzug N Confrérie, durch die Terrainfurche bezeichnet; Blick aus ca. 2125 m Höhe nach S.

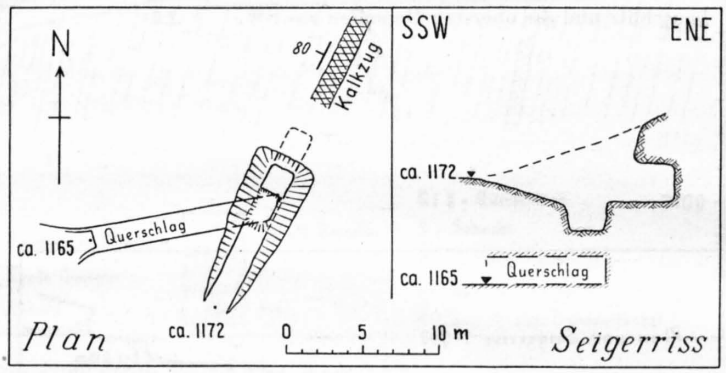


Fig. 10. Schürfstelle Henri. Plan und Seigerriß 1 : 500.

SW der Grube Robert wurde an einer steilen Stufe im Golettabach ein Aufschluß von 20—30 cm Kalksilikatfels und Skarn mit Pyrit beobachtet.

300 m weiter SW, unweit des Regenmessers auf Punkt 2212 m, befindet sich die Schürfung Combarossa auf 2210 m. Sie zeigte reichlich vererzten Kalksilikatfels am hangenden und liegenden Kontakt des stark verquetschten und verfalteten Marmors mit dem Nebengestein. Im Aushub wurde Kupferkies, Pyrit, Magnetkies und eine wenige Millimeter dicke, an Quarz gebundene Ader von Arsenkies gefunden.

Wenn man von dieser Schürfung aus in gleicher Höhe dem südöstlichen Steilhang der Nase von Combarossa folgt, quert man eine ganze Reihe von N 15° E streichenden Kalkbändern.

Die Gletschererosion hat die Gesteine im Grunde und an den Wänden des Kars am Luisinbach schön freigelegt und sie namentlich am Karboden glatt geschliffen, so daß eine Reihe von Kalkzügen gut aufgeschlossen ist und deren Struktur gut beobachtet werden kann. Diese Kalkeinlagerungen haben zum Teil nur geringe Längs- und Tiefenausdehnung, zerteilen sich häufig oder keilen aus infolge tektonischer Ausquetschung oder chemischer Umsetzung. Es besteht ein häufiger Wechsel von Kalk, Kalksilikatfels, Schiefern mit graphitischen Rutschflächen und von durch Aplit-, Pegmatit-, Hornfelslagen und Quarzinjektionen reich gebändertem Hornfels. Die Quarzinjektion erzeugte die mannigfaltigsten Verfältelungen und Verknäuelungen der Biotitschiefer- und Hornblendeschieferlagen. Auf den vom Eis polierten Flächen heben sich die widerstandsfähigeren, bis 0,5 m breiten Quarzlinsen von den tiefer

erodierten Schiefern ab, die sich in zierlichsten Verfältelungen an den Quarz anschmiegen, in dessen Nähe oft eine Häufung und ein Aufblättern des Biotits parallel zum Quarzkontakt zu beobachten ist. Bänder von abwechselnd dunklem und hellerem Gestein laufen parallel zum Quarzkontakt oder ganz unabhängig davon. Nur vereinzelt treten rote Aplite und Pegmatite auf, die dann jünger sind als die weißen Schizolithe.

Die Schürfung Henri (vgl. Fig. 10) wurde auf einer 80° NW fallenden Kalkeinlagerung angesetzt. Wie in der Grube Robert folgen sich vom Hangenden zum Liegenden Marmor, Kalksilikatfels, Skarn mit Erz in wechselnder Mächtigkeit. Durch einen schief zum Streichen laufenden Querschlag wurde die vererzte Partie unterfahren, doch scheint die Beschaffenheit des Ganges ungünstig gewesen zu sein.

Die Schürfung Marguerite auf der steilen linken Talseite zeigte eine umgekehrte Gesteinsfolge. Der Kalkzug läßt sich bis gegen die Triasgrenze verfolgen. Das erzführende Gestein ist tief eingewittert und besitzt die charakteristische grünlichgelbe Verwitterungsfarbe.

Wenn man von der Schürfung Elise am obern Ende des Karbodens aus dem Luisinbach folgend nach SE aufsteigt, quert man in Abständen von 20—30 m mehrere Kalkzüge. Einer derselben kreuzt das Bachbett in ca. 2230 m Höhe und zeigt hier einen ziemlich scharfen Wechsel im Streichen. Er läßt sich nordostwärts zuerst steil aufsteigend und dann zwischen 2290 und 2300 m dem Hang entlang gut 250 m weit verfolgen. Schürfungen wurden zwischen 2255 und 2265 m sowie in 2295 m ausgeführt. Über die anscheinend geringe Erzführung liegen keine näheren Angaben vor. Dieser Kalkzug zeichnet sich östlich der höheren Schürfstelle noch über eine größere Strecke als aufschlußarme Furche ab.

Über und unter diesem langen Kalkzug wurden weitere Kalkeinlagerungen beobachtet, jedoch nicht weiter verfolgt. Vereinzelte schmale Aufschlüsse von erzführendem Kalk sind an schwer zugänglicher Stelle N 51° W des Luisingipfels in 2500 und 2580 m Höhe gefunden worden. Etwa im gleichen Streichen liegt ein Kalkaufschluß 400 m NW des Golettapasses auf 2345 m.

Kalk- und Kalksilikatvorkommen finden sich auch außerhalb des Kessels von Salanfe in der südlichen Fortsetzung des Aiguilles Rouges-Massivs. Auf der Südseite des Col d'Emaney fand v. KÄNEL in zwei Bachrinnen braun angewitterte Kalke mit Kalksilikatknauern. Etwa 500 m W der Hütten von Emaney, auf ca. 1900 m im Talgrund, verläuft ein 2—3 m mächtiger Amphibolit im Streichen des Biotitschiefers. Am N-Hang des Col de Fenestral befindet sich auf 2320 m, in 100 m Entfernung von der Wand der Dt. de Fenestral, eine über 3 m mächtige Kalk- und Kalksilikatfelseinlagerung, die mit dem Biotitgneis mannigfach verfaltet ist. Amphibolitlinsen und Kalksilikatfelse finden sich dann wieder S des Col de Barberine, wo auch Vererzung durch Magnetkies, Kupferkies und Pyrit beobachtet wurde.

Rückblickend sei festgehalten, daß alle beobachteten Kalkeinlagerungen zwischen kristallinen Schiefern als normale Schichtglieder auftreten. Nur wenige lassen sich über größere Abstände verfolgen. Während im nördlichen Teil von Les Ottans nur 2 bis 3 Kalkzüge beobachtet wurden, liegt im südlichen Teil am Luisinbach eine ganze Folge unter sich paralleler Kalkzüge vor. Ihre Mächtigkeit beträgt meistens weniger als 2 m. Mächtigkeiten bis über 3 m wurden in der Grube Robert festgestellt.

C. Petrographische Beschreibung.

1. Die Sedimente der Trias.

Unmittelbar über den kristallinen Schiefern liegt eine stellenweise bis 5 m mächtige Aufarbeitungsschicht vermutlich permischen Alters in der Form von verdrückten Schiefern. Sie bildet die Unterlage der Sedimente der Trias:

Arkose.

Die unterste Arkosebank ist mit der Aufarbeitungszone wie verbacken. Sie ist teilweise löcherig verwittert und enthält Fragmente des Protogine rose. Darüber folgen Arkosebänke mit kleinerem Korn in einer Gesamtmächtigkeit von etwa 3 m.

Das Bindemittel besteht aus einer feinschuppigen Masse von Glimmer- und Feldspatrelikten, die gelegentlich durch Baryt ersetzt ist, der stets von Pyrit begleitet wird. Dieser erscheint in der Form winziger Pentagondodekaeder und Körner sowie in unregelmäßigen, auffallend frisch aussehenden Aggregaten und scheint sekundär entstanden zu sein. Auch der reichlich vorhandene, gut auskristallisierte Calcit ist wohl als triasisches Infiltrationsprodukt zu betrachten.

Das Arkosedach besitzt NE-Streichen und fällt 25—30° NW. Es ist in Relikten noch in 2600 m Höhe am W-Hang des Luisin erhalten und tritt in gleicher Lagerung auch am Col du Jorat, am Col d'Emaney sowie am Col de Barberine auf.

Die Arkoseschichten dürften zeitlich dem Buntsandstein entsprechen.

Bunte Schiefer (Schistes lie de vin, schistes violacés).

Die vorwiegend dunkelroten bis braunen, auch grünen oder buntfarbigen Schiefer enthalten etwas Glimmer und zeigen unterhalb des Col d'Emaney gut ausgebildete Rippelmarken. Ihre Mächtigkeit beträgt 2—3, stellenweise bis 10 m.

ALB. HEIM (1921) betrachtet sie als Äquivalente der obern bunten Tone des Buntsandsteins und der Basisschichten des Rötidolomits.

Rauhwacke.

Die zellig-löcherige Rauhwacke hat gelblichbraune Farbe und enthält Dolomiteinlagerungen. Sie bildet die Grande Barme (vgl. Fig. 3), wo sie in ca. 30 m Mächtigkeit erhalten ist. Der Lac des Ottans und die zahlreichen Dolinen der Grande Barme verdanken ihre Entstehung der Beschaffenheit der Rauhwacke, die zeitlich wahrscheinlich dem Rötidolomit entspricht.

2. Die kristallinen Schiefer im Hangenden und Liegenden der Vererzungszone der Grube Robert.

a) Makroskopische Beschreibung.

Die Schieferserie im Hangenden der Erzzone zeigt einen lebhaften Wechsel der verschiedenen Gesteinsvarietäten und reiche Gliederung durch Quarzbänder und -linsen.

Im äußern Teil des Profils finden sich neben den vorherrschenden Gneisen und Hornfelsen aplitische, pegmatitisch-porphyrische und quarzige Gesteine, die in verschieden mächtigen Lagen die Schieferhornfelse durchsetzen. In dieses Material sind Biotit-Chloritlagen eingeschaltet, die eine Anreicherung von Biotit und gelegentlich Hornblende parallel den Salbändern zeigen und von der Verwitterung stark angegriffen sind.

Unter den pegmatitischen Gesteinen findet sich charakteristischer Turmalinpegmatit, der neben vorherrschendem Quarz und fleischrotem Orthoklas bis 6 cm lange, 0,5 cm dicke Prismen eines eisenreichen Turmalins enthält, die vertikal gestreift, vielfach gebrochen und von Quarz wieder verkittet sind. Neben Turmalin und Quarz ist auch reichlich Muskowit vorhanden. Etwa 30 m unterhalb des Tagbauschlitzes der Grube Robert wurde auf der Kluftfläche eines Quarzpegmatits ein 2 m^2 großer, 0,5 cm dicker Schörlbelag gefunden, der besonders am Rande Übergänge in Nadeln und Sonnen zeigte. Etwa im gleichen Streichen wurde bei Confrérie ein roter Granataplit mit bis 1 cm großen Granaten mit Kelyphitrinde beobachtet.

Je mehr man sich dem Erzhorizont der Mine nähert, desto unruhiger werden die Schieferhornfelse. Sie zeigen Injektionsfältelungen und Quarzlinsenzüge ähnlich denjenigen der Kalke im Karboden bei „Henri". Schließlich erscheinen Übergänge von ursprünglichem Biotithornfels zu Biotitchloritschiefer. Der Biotithornfels ist mittel- bis feinkörnig, schwach parallel struiert und besteht zu drei Vierteln aus melanokraten Gemengteilen, die von kleinsten Quarz- und Feldspatzügen unterbrochen werden.

Der letzte Meter des Profils im Hangenden des Marmors (vgl. Fig. 11) zeigt die folgenden Gesteinsvarietäten mit Merkmalen stärkerer Tektonisierung und Verwitterung:

fleckiger Biotitschiefer mit fleckiger Anordnung des z. T. serizitisierten Biotits, was dem Gestein eine schlierig-flaserige Textur verleiht;

schlierig vererzter Biotithornfels, der auf Klüften dünnste limonitisierte Pyritlagen in fleckiger Verteilung enthält;
eine Graphitschicht, 15—20 cm mächtig, verbogen und tief eingewittert;
eine dünne Serpentinruschelzone im Kontakt mit dem über 3 m mächtigen Marmor.

Das unmittelbar Liegende der Erzzone ist ein heller, massiger, quarzreicher Biotithornfels.

b) Mikroskopische Beschreibung.

Von den nachfolgend beschriebenen Gesteinen entstammen Nr. 1—13 dem Hangenden, Nr. 14 dem unmittelbar Liegenden der Erzzone. Die Gesteine Nr. 10—13 betreffen die oben erwähnten Gesteinsvarietäten in 1—0 m Abstand vom Marmor. Nr. 6 wurde bei „Confrérie" geschlagen.

Nr. 1. Mittelkörniger Biotithornfels.

Dies ist der normale Gesteinstyp der äußeren, quarzreichen Schieferzone. Er stimmt überein mit dem von J. MEYER (1916, S. 118) beschriebenen Schieferhornfels vom N-Abhang der Petits Perrons. Braunschwarze, von feinsten Quarz- und Aplitlinsenzügen ungefähr parallel durchsetzte Biotitlagen verleihen dem Gestein eine mehr oder weniger vollkommene Schiefertextur.

Mineralbestand: Biotit, Plagioklas, Kalifeldspat, Quarz — Serizit, Chlorit, Epidot, Granat — Apatit, Zirkon, Pyrit.
Struktur: granoblastisch, Hornfelsstruktur.
Textur: massig bis schiefrig.

Reichlich vorhandener frischer, allotriomorph ausgebildeter Biotit zeigt kräftigen Pleochroismus: $\| n_\alpha$ = strohgelb, $\| n_\beta$, $\| n_\gamma$ = dunkelbraun. Bei Berührung mit Quarz ist er ausgegrünt und geht in Chlorit über. Besonders da wo Glimmer reliktisch in jüngerem Quarz liegt, wobei er oft parallel den Spaltrissen in Stäbchen zerrissen oder verbogen ist, ist Serizitbildung zu beobachten. Akzessorisch treten im Glimmer Körner von Apatit und Zirkon, meist ohne pleochroitische Höfe, auf.

Plagioklas (Oligoklas-Andesin?) ist häufiger als Orthoklas, zeigt Zwillingsbildung nach dem Albitgesetz und bildet zusammen mit dem Biotit meist quarz- und kalifeldspatfreie Aggregate.

Quarz in stark verzahnten, länglichen Körnern bildet allein oder mit Kalifeldspat zusammen breite Linsenzüge.

Kalifeldspat in xenomorphen, großen, lappigen Individuen ist mit Quarz verwachsen.

Glimmer und Plagioklas zeigen Siebstrukturen mit Umsetzungen in Serizit, Epidot, Granat und Pyrit.

Nr. 2. Quarzreicher Chlorit-Muskowit-Hornfels.

Schmale Lagen dieses leicht rötlichen Gesteins finden sich im gewöhnlichen Biotithornfels in der Nähe von Quarzbändern.

Mineralbestand: Feldspat, Quarz, Biotit (Chlorit) — Muskowit, Rutil, Titanit, Leukoxen, Pyrit, Serizit — Apatit, Zirkon, oxydisches Eisen.
Struktur: Hornfelsstruktur.
Textur: schwach schiefrig.

Der Quarz ist typischer Pegmatitquarz, zeigt linsenförmig verlängertes Korn, intensive Verzahnung und ist reich an Flüssigkeitseinschlüssen. Er macht mehr als die Hälfte des Gesteins aus.

Der ursprüngliche Hornfels scheint in ungefähr parallelen Zügen injiziert worden zu sein. Unzusammenhängende Muskowit-Chloritlagen und vereinzelte ausgebleichte Biotite verraten die Umsetzung des ursprünglich wohl Ti-reichen Biotits in Muskowit, wobei auch Chlorit und Ti-Mineralien entstanden sind.

Rutil als häufigstes Ti-Mineral ist in gerundeten gelbbraunen Körnern randlich an Chlorit und Muskowit gebunden. Er ist schwach durchscheinend und besitzt im reflektierten Licht Diamantglanz. In weniger zersetzten Chloritblättchen findet sich Sagenitgewebe und wo Rutil fehlt, tritt Leukoxen neben Pyrit auf. Seltener sind Titanitkörner in Form der sog. Insekteneier.

Plagioklas ist in größeren melanokraten Gemengen nachweisbar. Oft ist er aber vollständig durch Serizit-Muskowitaggregate ersetzt. Relikte von zersetztem Plagioklas schwimmen zudem regellos in Quarz. Sie sind es, die, ferritisch pigmentiert, dem Gestein die rosa Färbung verleihen.

Apatit, Titanit, Rutil, Zirkon finden sich ebenfalls isoliert in der Quarzmasse vor oder sind randlich verschwemmt und angehäuft.

Nr. 3. Roter Schieferhornfels mit Feldspataugen (= schiste feldspathisé).

Wenige Dezimeter mächtige Einschaltungen dieses Gesteins finden sich mitten in der Verquarzungszone (vgl. J. MEYER, 1916, S. 115).

Mineralbestand: Plagioklas (Oligoklas?), Orthoklas, Perthit, Mikroklinperthit, Quarz — Biotit, Muskowit, Chlorit, Turmalin, Serizit — Titanit, Leukoxen, Apatit, Zirkon, Calcit, Pyrit.

Struktur: porphyroblastisch.

Textur: massig bis schwach schiefrig.

Biotit tritt zurück. Er ist ausgebleicht, chloritisiert in Muskowit umgesetzt unter Ausscheidung von Titanit und Leukoxen. Wo Muskowit in breiteren Lagen auftritt, sind Relikte von Plagioklas vorhanden, was auf sekundäre Entstehung aus diesem Mineral schließen läßt.

Quarz durchsetzt das Gestein in feinsten Äderchen mit Turmalin, daneben auch in Verwachsung mit Orthoklas.

Turmalin zeigt Pleochroismus: ω = braun, ε = blaßgelb.

Die Plagioklase (Oligoklas?) der Grundmasse sind durch ferritisches Pigment und Serizit getrübt und finden sich oft als Relikte in Kalifeldspat. Der Orthoklas bildet ohne Ausnahme die lappig in die Nebenmineralien eingreifenden Feldspatxenoblasten, wobei er gerundete Quarze und korrodierte Plagioklase einschließt. Neben wolkiger Auslöschung sind Gitterstruktur und spindelförmige Einlagerungen von Albit zu beobachten. Orthoklas und Mikroklin scheinen durch neu hinzugeführten Albit in Perthit bzw. Mikroklinperthit umgewandelt worden zu sein. Die Stoffzufuhr äußert sich hier also neben einer reichlichen Verquarzung in einer Albitisierung und Anreicherung von Turmalin.

Calcit in schlechter Ausbildung, alle Gemengteile in Adern überziehend, ist wohl triasisches Infiltrationsprodukt.

Nr. 4. Chloritgneis.

Mineralbestand: gegenüber dem chloritreichen Hornfels von Nr. 2 zeigt das Gestein einen größeren Feldspatgehalt.

Struktur: grano-porphyroblastisch.

Chlorit, hier ohne Muskowit, ist in Blättern, daneben meist in schuppigen Haufen entwickelt und gelegentlich von Apatit, Pyrit, Titanit (selten) und fleckig verteiltem Leukoxen begleitet. Die Chloritblättchen deuten auf sekundäre Entstehung aus Biotit, während die häufigeren Chloritschuppen in Zwickeln und unzusammenhängenden Zügen wohl als Assimilationsprodukte des primären Hornfelsbestandes (Feldspäte!) zu betrachten sind.

Orthit in gerundeten braunroten, intensiv pleochroitischen Körnern bevorzugt die Nähe des Chlorits und kommt als das jüngst entstandene Produkt auch reichlich in Gängchen vor, die mit Vorliebe den Chloritzügen folgen.

Die Gemengteile der ursprünglichen Hornfelssubstanz, vor allem die Plagioklase, sind bis auf wenige Reste assimiliert worden, die als Einschlüsse und Trübungen in den Feldspäten der Injektionsmasse enthalten sind, wobei selten Bildung von Wurmquarz zu beobachten ist.

Die neugebildeten, reichlich verzwillingten Albite zeigen symmetrische Auslöschung von 12—16°.

Quarz, stets nur feinkörnig entwickelt, ist als Lückenfüller in Korrosionskanälen, als Spaltausheilung in und um Feldspäte sowie in mikropegmatitischer Verwachsung vorhanden.

Nr. 5. Von Quarz injizierter Biotit-Hornblendeschiefer.

Dieses Gestein ist dem Biotithornfels in 1—10 cm mächtigen Lagen konkordant und ohne scharfe Abgrenzung eingelagert. Es zeigt beidseitig einer bläulichgrauen fettglänzenden Quarzader auf schmaler Zone Hornblende, die z. T. gebrochen in Quarz schwimmt und nach außen in Biotit übergeht.

Mineralbestand: Biotit, Hornblende, Plagioklas, Mikroklin, Quarz — Serizit, Chlorit, Calcit, Epidot, Orthit, Granat — Titanit, Apatit, Zirkon, Pyrit, Leukoxen.

Struktur: granoblastisch bis schwach poikiloblastisch.

Textur: schwache Paralleltextur.

Der Biotithornfels.

Biotit mit Pleochroismus strohgelb/braun, in balkiger Ausbildung, ist Hauptgemengteil und zeigt nicht selten Formen, die an angefressene Laubblätter erinnern. Parallel den Biotitspaltrissen finden sich Lagen von Serizit (sekundär aus Muskowit entstanden?), daneben akzessorisch Titanit, Pyrit und Apatit (mit Fetzen von Biotit und Serizit) sowie pleochroitische Höfe um Zirkon. In Hornblendenähe grünen Biotitblätter unter Ausscheidung von Leukoxen nach Chlorit aus.

Plagioklas (Oligoklas-Andesin?) tritt gegenüber Biotit etwas zurück und zeigt Umsetzungen nach Serizit, Biotit, Calcit und Granat, während der widerstandsfähigere Kalifeldspat (hier ausschließlich Mikrolin) nur siebartig von Quarz durchsetzt ist.

Unregelmäßige, linsenförmig eingeschnürte, verzahnte Quarzaggregate durchbrechen den Biotithornfels und enthalten gelegentlich Einschlüsse aller genannten Gemengteile.

Die Hornblendemasse

besteht aus grünem Amphibol mit Pleochroismus $\| n_\alpha$ = gelblich, $\| n_\beta$ = braungrün, $\| n_\gamma$ = grün, mit Auslöschung $c \| n_\gamma = 18-21°$.

Ein Haufwerk von Körnern und Prismen liegt in einer Grundmasse von Serizit und Quarz, der den Amphibol fein durchsiebt und häufig reichlich orthitische Einschlüsse mit pleochroitischen Höfen aufweist.

Serizitisierung ist häufig, Ausfaserung nach Aktinolith sehr selten. Der Amphibol ist stets von großen, spitzrhombischen, idioblastischen Titaniten übersät und von idiomorphem Apatit durchbrochen.

Im Kontakt mit Biotit bestehen sowohl Parallelverwachsungen wie Einlagerungen von Biotit $\|$ und $\perp$ zur c-Achse der Amphibolprismen, wobei Biotit oft reliktischen Charakter besitzt und anscheinend durch Hornblende verdrängt wird.

Das Injektionsmaterial

ist typischer Pegmatitquarz, der das Gestein parallel zur Schieferung injiziert hat und nun linsenförmig aufgebläht ist. In ihm liegen z. T. verschwemmt Feldspattrümmer, Titanit, Apatit, Biotit und Serizit, das Umwandlungsprodukt der Hornblende. Feine Epidot-Zoisit-Bändchen nehmen ihren Ursprung in der Serizitmasse und durchqueren selbst den Quarz.

Als Ergebnis der Injektion liegen vor:

Anhäufung von Biotit (Sammelkristallisation),
Siebstrukturen an Hornblende, Biotit und Mikroklin,
Entmischung (Umkristallisation) von Plagioklas,
Chloritisierung, evtl. Serizitisierung von Biotit,
Ausbleichung (Serizitisierung) von Hornblende,
Bildung von Apatit und Titanit.

Die Paragenese Biotit-Hornblende ließe sich ohne Stoffzufuhr nur durch die Metamorphose eines Mg-reichen Kalksediments erklären. Wahrscheinlicher ist ihre Entstehung durch Zufuhr von Alkalien und Wasser zum Biotithornfels.

Nr. 6. Roter Granataplit,

aus einer 2 m breiten und 20 m langen Linse dieses Gesteins, die in der Nähe des Marmors von „Confrérie" die verquarzten weißen Biotithornfelse durchsetzt. Die zahlreich eingestreuten rotbraunen Granate erreichen bis 1 cm Durchmesser und besitzen einen deutlichen Kelyphitrand.

Mineralbestand: Plagioklas, Quarz, Orthoklas — Granat, Biotit (Chlorit), Apatit, Calcit, Serizit — Rutil, Pyrit.

Struktur: aplitisch.

Die Grundmasse setzt sich aus panidiomorph begrenztem Plagioklas (Albit-Oligoklas) und Quarz zusammen, wozu sich als Seltenheit Orthoklas in Karlsbaderzwillingen gesellt. Im Kontakt mit Quarz besitzt der Feldspat leichte Einbuchtungen. Quarz und Feldspäte sind Träger eines ferritischen Pigments, das dem Gestein die Rotfärbung verleiht.

Biotit, unregelmäßig verteilt, zerrissen, unter Ausscheidung von Leukoxen ausgebleicht und in Chlorit übergehend, wird von Apatit, Rutil, Pyrit, Calcit, seltener Zirkon begleitet.

Granat, von schwacher rosa-Färbung, verhält sich vollständig isotrop. Die kelyphitische Umhüllung besteht aus Biotit, Chlorit, Calcit und Muskowit. Die Perimorphose geht auch den Spaltrissen entlang. Zentral sind Quarz, serizitisierte Feldspäte und Apatit eingeschlossen.

Vereinzelt in der Aplitmasse auftretende Haufwerke von Biotit, Chlorit und Muskowit sind wahrscheinlich total umgesetzte Granatkörner.

Nr. 7. Quarz aus Quarzader.

Der in einzelnen Lagen, linsenförmigen Anschwellungen und feinsten Adern die kristallinen Schiefer im allgemeinen parallel zum Streichen durchsetzende Quarz erweist sich u. d. M. als ein reines Gemenge von vorzüglich verzahnten, meist etwas undulös auslöschenden Quarzkörnern.

Der dem Injektions-Quarz eigene Fettglanz sowie die milchige Trübung scheinen von Flüssigkeitseinschlüssen, z. T. mit Gaslibellen, zu stammen. Die Züge dieser Einschlüsse setzen oft in zusammenhängenden Reihen über mehrere Körner hinweg. Vielleicht tragen auch unbestimmbare Relikte der verdrängten Hornfelssubstanz zur Trübung bei.

Nr. 8. Pegmatit.

Er kommt in der Gesteinsserie von „Robert" höchst selten vor, bildet Adern von wenigen Zentimetern Dicke und ist leicht erkenntlich an den dunkelgrauen, bis 1 cm großen Feldspateinsprenglingen. Diese erweisen sich u. d. M. durch Gitterung und wolkige Auslöschung fast ausnahmslos als Mikroklinperthite. Die Albitspindeln löschen einheitlich aus, während dies bei den weniger zahlreichen Quarzeinschlüssen nicht der Fall ist.

Wie in den Turmalinpegmatiten von Laufenburg tritt die sekundäre Albitisierung der Mikroklinperthite schön in Erscheinung. Einzelne Individuen zeigen an Stelle der Albitspindeln lamellierte Albitkristalle. Häufiger aber sind in Verwachsung mit Quarz in Drusen und gebuchteten Korrosionskanälen innerhalb und am Rande der Mikroklinperthite wohlbegrenzte Albite entwickelt.

Die Quarz-Grundmasse mit Pflasterstruktur weist als einzigen Übergemengteil Muskowit auf.

Nr. 9. Aplitisch injizierter roter Biotithornfels (Protogine rose).

Diese von J. Meyer (1916, S. 119) näher beschriebene Gesteinsart, die am Lac des Ottans in größeren zusammenhängenden Massen ansteht, besitzt Gneis- bis Hornfelscharakter, ist körnig und zeigt massigen Bruch. Streifen von Chlorit bewirken eine schwache Paralleltextur.

Die Rotfärbung wird durch eine feine ferritische Pigmentierung der Feldspäte, seltener auch der Quarze, verursacht. Vor allem die Plagioklase sind Träger des Pigments, während dieses in den Kalifeldspäten nur in fleckiger Verteilung auftritt.

Mineralbestand: Quarz, Orthoklas, Perthit, Mikroklinperthit, Plagioklas (Albit-Oligoklas?) — Biotit (Chlorit), Muskowit, Serizit, Granat — Apatit, Zirkon, Titanit, Leukoxen, Pyrit, Rutil.

Quarz nimmt bis zur Hälfte der Schliffläche ein. Er bildet intensiv verzahnte Körner und Linsen mit in Reihen angeordneten Flüssigkeitseinschlüssen. Daneben ist Tropfenquarz in Kalifeldspat vorhanden. In der Quarzmasse liegt lappig verzweigter, korrodierter, etwas undulös auslöschender Kalifeldspat, der von Albit schwach perthitisch durchwachsen ist. Gitterlamellierung des Mikroklins ist selten. Die Perthite enthalten in der Regel Einschlüsse von bis auf wenige Relikte resorbierten Plagioklasen (Albit-Oligoklas?) der ursprünglichen Hornfelssubstanz.

Chloritfetzen sind neben schuppigem Muskowit in schmalen Leisten, selten in Rosetten angeordnet. Dieser Chlorit zeigt neben Biotitresten pleochroitische Höfe um Zirkon und ist erfüllt von Leukoxen und oxydischen Eisenerzen. Die Chloritzüge stehen teilweise im Zusammenhang mit serizitisierten Plagioklasen, die vielfach in Aggregate von Muskowit und Chlorit (gelegentlich mit Granatkörnern) übergegangen sind.

Zuweilen sind auch Titanit, Apatit und Rutil vorhanden, die besonders im Injektionsmaterial verschwemmt vorliegen.

Nr. 10. Fleckiger Biotitschiefer.

Der mittelkörnige Biotithornfels hat schiefrigen Charakter angenommen. Der Schnitt quer zur Schieferung zeigt Biotit in unzusammenhängenden, gewundenen Lagen, welche dem Schiefer eine schlierig-flaserige Textur verleihen.

Biotit nimmt bis drei Viertel der Schliffläche ein. Er ist in wirrstrahligen, gewundenen Lagen, Haufen und langnadeligen Büscheln entwickelt. Kleinste Biotittafeln zeigen Pleochroismus $\| n_\alpha$ = schwachgelb, $\| n_\beta + \| n_\gamma$ = ziegelrot, ferner Rutilgewebe sowie pleochroitische Höfe um Zirkon.

Die Biotitfasern sind stets mit Chlorit verwachsen, der in größeren Flächen Titanit, Leukoxen und Pyrit beherbergt. Hierzu gesellen sich Muskowit- und Serizitschuppen, die wohl zur Hauptsache Umwandlungsprodukte der Plagioklase darstellen. Relikte dieser Plagioklase werden von der Glimmermasse netzartig durchsetzt und umsponnen und weisen als weiteres Umsetzungsprodukt Calcit auf.

In allen Gemengteilen findet sich ferner Granat in Lagen angeordnet.

Nr. 11. Schlierig vererzter Biotithornfels.

Biotit (+Pyrit), mit Muskowit parallel verwachsen, durchsetzt das Gestein in schmalen Schlieren. Die reichlich vererzten Alkalifeldspäte sind in Linsen entwickelt und werden von Glimmerschlieren umhüllt, während die Plagioklase in kleinsten Fragmenten von den femischen Elementen überwuchert und fast vollständig in Serizitaggregate übergegangen sind.

Quarz kann die Feldspatxenoblasten ganz oder teilweise verdrängen. Im Quarz enthaltener Pyrit ist an Hornfelsrelikte gebunden.

Nr. 12. Graphitschicht.

Das graphitische Gestein besitzt matten Glanz, unebenen muscheligen Bruch, ist feinerdig anzufühlen und färbt schwarz ab.

Der Mineralbestand entspricht demjenigen der Biotithornfelse in einem fortgeschrittenen Stadium der Serizit- und Serpentinbildung.

Die Struktur ist brekziös. Gebrochene, eckige Kalifeldspat- und Quarzkörner liegen in regelloser Verteilung als Trümmer in graphitischer Verkittungsmasse.

Graphitstaub erfüllt besonders die Glimmermineralien. Er durchsetzt ferner in unregelmäßig verlaufenden Strähnen das Gestein und umrandet die Brekzientrümmer. Quarz und Feldspat sind ebenfalls sehr fein pigmentiert und erscheinen bei gekreuzten Nicols fast opak.

Graphitruschelzonen sind im Hangenden der Marmorbänder häufig. Ihre große Längenausdehnung weist auf Entstehung aus organischen Substanzen hin. Dagegen könnten die kaum bestimmbaren, fein verteilten Graphitschüppchen der graugebänderten Marmore auf pneumatolytische Zufuhr zurückgeführt werden.

Nr. 13. Serpentinrutschharnisch.

Der Wechsel von der Graphitschicht zur wenige Zentimeter dicken Serpentinlage erfolgt unvermittelt.

Die Grundmasse besteht aus einem feinblättrigen Antigorit. Sie wird von parallel orientierten, zerrissenen Serizitzügen unterbrochen. Die im Serpentin reliktisch erhalten gebliebenen Mineralien

Apatit, Zirkon, Titanit, sowie Fetzen von Biotit, Chlorit und Muskowit lassen vermuten, daß es sich um einen total serpentinisierten Biotithornfels handelt.

Nr. 14. Quarzreicher Biotit(Chlorit)-Hornfels.

Dieses hellgrüne Gestein ist dicht feinkörnig, besitzt hornfelsartiges Aussehen und ähnelt einigermaßen einem Quarzit. Eine nur im Anstehenden zu beobachtende schwache Paralleltextur wird durch spärliche Chlorit-Serizit-Streifen hervorgerufen.

Mineralbestand: Quarz, Kalifeldspat, Plagioklas, z. T. serizitisiert — Biotit (Chlorit), Muskowit, Serizit — Apatit, Zirkon, Granat, Calcit, Rutil, Leukoxen, Pyrit.

Quarz ist vorherrschender Gemengteil. Er zeigt meistens zackig begrenzte Formen. Die Kleinheit der Körner sowie deren undulöse Auslöschung lassen Kataklase vermuten.

Neben klarem Quarz tritt trüber Orthoklas mit deutlicher Spaltbarkeit hervor. Auch er erscheint z. T. wie zerbrochen und liegt in gerundeten und gelappten Bruchstücken in der Quarzmasse, wobei in benachbarten Trümmern dieselbe Orientierung zu beobachten ist. Größere Feldspatindividuen besitzen noch die für Orthoklas charakteristische amöbenartige Entwicklung. Vereinzelte Partien des Kalifeldspats geben sich durch ihre Gitterlamellierung als Mikroklin zu erkennen.

Im allgemeinen stellen sich sowohl Quarz wie Kalifeldspat mit der Längsachse in die Richtung der schwachen Streifung. Im übrigen besitzt das Gestein deutliche Hornfelsstruktur.

Plagioklas, stets an die Nähe von Chlorit gebunden, ist nur noch in Serizitfetzen vorhanden und tritt gegenüber Orthoklas weit zurück.

Chlorit, in Pseudomorphosen nach Biotit, beherbergt vereinzelt Sagenitgewebe. Daneben lassen sich pleochroitische Höfe um Zirkon, Parallelverwachsungen mit Muskowitblättchen, sowie Leukoxenausscheidungen beobachten.

Akzessorisch treten Apatit, Zirkon, Granat, Calcit und Pyrit auf.

c) Zusammenfassung. Entstehung der Hornfelse.

Auffallend ist die Mannigfaltigkeit der Gesteinsarten innerhalb der ca. 100 m mächtigen untersuchten Hornfelsserie. Neben Chlorit-, Serizit- und Muskowit-reicheren Partien sind selbst Vertreter der „schistes feldspathisés" anzutreffen.

Alle Gesteinsvarietäten besitzen gleichwohl einheitlich grano-poikiloblastische Struktur (= Hornfelsstruktur) und schwache Paralleltextur infolge mehr oder weniger regelmäßiger Parallelanordnung des Biotits (Chlorits, Muskowits, Serizits). Allen gemeinsam ist ferner die intensive quarzitisch-aplitische Durchdringung, die je nach dem ursprünglichen Gesteinsbestand und der verschiedenen Intensität der Injektion die beschriebenen Hornfelsarten erzeugte.

Der ursprüngliche Mineralbestand, der meist nur noch in stark resorbierten Lagen sichtbar ist, umfaßte Plagioklas (Oligoklas-Andesin), Biotit und etwas Quarz. Er dürfte durch Regionalmetamorphose aus einem Tonschiefer oder tonigen Sandstein hervorgegangen sein (vgl. J. Meyer, 1916, S. 137).

Das Injektionsmaterial besteht zur Hauptsache aus Quarz- und Aplitsubstanz (Orthoklas, Mikroklin, Albit), die das Gestein in Lagen, Äderchen und feinster Imprägnation durchsetzen. Eine Albitzufuhr ist nur lokal nachweisbar. Ihr verdanken Orthoklas und Mikroklin Perthitbildung. Die Silikatzufuhr scheint durch eine an leichtflüchtigen Bestandteilen reiche Injektionsphase eingeleitet worden zu sein, die zur Entstehung von Turmalin, Apatit und Orthit führte, die sich mit Vorliebe an vorhandene Glimmermineralien anlagerten. Der Silikatmetasomatose fielen vor allem die Plagioklase anheim. Daher ist der Oligoklas-Andesin stets reich an Seriziteinschlüssen und sind in Berührung mit Orthoklas gelegentlich Myrmekite vorhanden. Bei intensiverer Zufuhr traten an Stelle der Natronfeldspäte Aggregate von Serizit und Muskowit, etwas seltener Calcit, Granat, Epidot und Pyrit.

Der Biotit kann blättrig, leistenförmig, flaserig, wirrstrahlig, feinschuppig oder filzig entwickelt sein. Er zeigt z. T. Ausbleichung (= Baueritisierung), ist jedoch meistens chloritisiert unter Ausscheidung der Akzessorien Titanit, Rutil, Leukoxen, Pyrit. Chlorit kann daneben auch auf Kosten der

ursprünglichen Plagioklase als Assimilationsprodukt entstanden sein. In der Regel ist in der Nähe der Injektionsadern eine Vermehrung des Glimmergehaltes festzustellen.

Wo Hornblende oder Granat in Lagen auftreten, kann zu ihrer Bildung ein Mg-Ca-Fe-reiches Ausgangsmaterial angenommen werden. Ihre Entstehung kann aber auch metasomatischen Prozessen unter Zufuhr von Alkalien und Wasser zugeschrieben werden, womit die reichliche Entwicklung von Apatit, Titanit und Orthit in den Hornblendeindividuen in Einklang stehen würde.

Der Farbunterschied zwischen roten und weißen Hornfelsen beruht einzig auf einer ferritischen Pigmentierung der Feldspäte.

3. Die Kalk-, Kalksilikatfels- und Erzzone der Grube Robert.

a) Makroskopische Beschreibung.

Figur 11 gibt ein charakteristisches Querprofil durch das Arsen-Gold-Lager der Grube Robert. Es wurde 3 m unter der Oberfläche, etwa in der Mitte des Tagbaus, aufgenommen. Die Mächtigkeitsverhältnisse wechseln indessen von Punkt zu Punkt des Lagers sehr rasch, so daß das Bild sich bei geringer vertikaler oder seitlicher Verschiebung im einzelnen stark ändert.

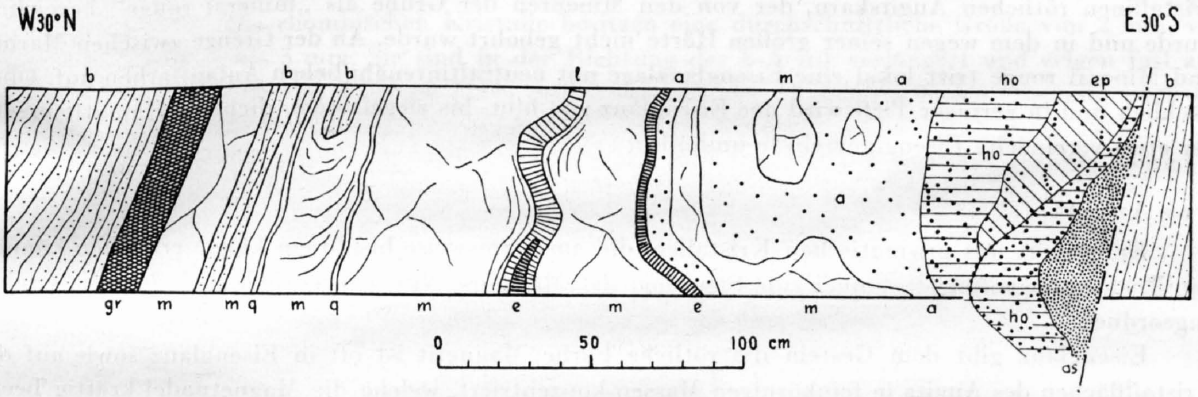


Fig. 11. Grube Robert. Schematisches Querprofil durch die Vererzungszone:

b Biotithornfels	m Marmor	a Augitfels	weit punktiert: Arsenerz führend
gr Graphitschicht	l Limonit	ho Hornblendefels	eng punktiert: derbes Arsenerz
q Quarzadern	e Eisenglanz	ep Epidotfels	—·— Dislokationsfläche.

Die Grenze zwischen dem hangenden Biotithornfels und dem marmorisierten Kalk des Erzlagers wird von der oben beschriebenen, bis 20 cm mächtigen graphitischen Schicht gebildet. Vom Hangenden zum Liegenden folgen sich Marmor, z. T. noch mit Biotitfelseinschaltungen, Kalksilikatfels (Augitfels,

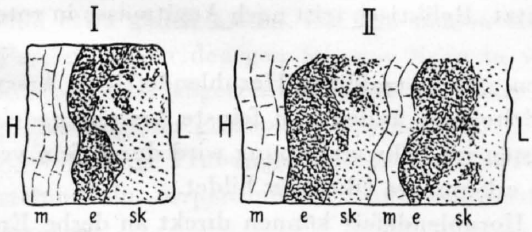


Fig. 12. Grube Robert. Stollenprofile 1 : 80.

I: 7,5 m über Fördersohle, 5 m vom Schacht
II: 14,0 m über Fördersohle, 6 m vom Schacht

m = Marmor	H = hangender Stoß
e = dichtes Erz	L = liegender Stoß
sk = Skarn	

Hornblendefels und Epidotfels mit Übergängen) mit wechselndem Erzgehalt. Im Profil Figur 11 befindet sich das massige Erz ganz im Liegenden und steht längs einer Dislokationsfläche im unmittelbaren Kontakt mit dem liegenden Biotithornfels. Dies ist indessen durchaus nicht immer der Fall. Figur 12 I zeigt eine andere Verteilung von kompaktem Erz und Skarn von tieferen Stellen der Grube, Figur 12 II eine Verdoppelung des Erzganges.

Der Marmor.

Er ist bis 3 m mächtig und seine Ausbildung ist nahe der Oberfläche und im tiefsten Teil der Grube, 50 m unter Tag, dieselbe. Stellenweise ist er sehr stark reduziert.

Er ist vollkommen ungeschichtet und zerfällt z. T. in bis mannsgroße Linsen, die durch Chlorit und Serpentin belegte Flächen voneinander getrennt werden. Lokal wird er von 20—30 cm mächtigen, durch limonitisiertes Eisen deutlich begrenzten roten Bändern durchsetzt.

Der Marmor ist oft mit dem Nebengestein verfaltet und parallel zum Streichen des Lagers sind ihm Quarzadern und Biotithornfelsbänder eingelagert. Daneben schwimmen einzelne Hornfelsschollen regellos in der Karbonatmasse. Manche Partien sind gewunden und fein verfältelt. Die Kalke müssen die Fähigkeit besessen haben, sich den Dislokationsvorgängen gegenüber plastisch zu verhalten. Die Innenstruktur weist nur eine Vermehrung, seltener eine Verbiegung der Zwillingslamellen auf.

Der mittelkörnige Marmor besitzt im Handstück weiße, milchige, daneben besonders graue, gelbe, grüne und braune Farbtöne. In größerer Tiefe läßt sich eine gewisse Bänderung beobachten. Oberflächlich zeigt er graubraune Anwitterungsfarben.

Lagen von rein weißem, grobspätigem, sekundärem Calcit durchziehen regellos das Marmorlager und setzen gelegentlich ins Nebengestein über, wo sie an den Grenzflächen eine Anreicherung an Kupferkies oder Pyrit aufweisen.

Im Liegenden des Marmors setzen die Kalksilikatfelse ein, und zwar in der Regel mit einem grobkristallinen rötlichen Augitskarn, der von den Mineuren der Grube als „minerai rouge" bezeichnet wurde und in dem wegen seiner großen Härte nicht gebohrt wurde. An der Grenze zwischen Marmor und Minerai rouge tritt lokal eine Eisenglanzlage mit neutraltintenähnlichen Anlauffarben auf. Oberflächlich und in geringer Tiefe wird der Eisenglanz von blut- bis ziegelrotem, dichtem Hämatit ersetzt der etwa vereinzelte Eisenglanzrelikte umhüllt.

Der Augitfels.

Er besteht aus prismatischen Kristallen, die ausnahmsweise bis 20 cm Länge erreichen können. Die Prismen liegen meistens quer zum Streichen des Marmors. Nur gelegentlich sind sie radialstrahlig angeordnet.

Eisenglanz gibt dem Gestein die rötliche Farbe. Magnetit ist oft in Eisenglanz sowie auf den Kristallflächen des Augits in feinkörnigen Massen konzentriert, welche die Magnetnadel kräftig beeinflussen. Fein eingesprengter Kupferkies und Pyrit sind selten.

Arsenkies fehlt nie. Er ist parallel den Kristallindividuen des Augitfelsen einzeln oder in Putzen eingestreut und meistens ideal begrenzt.

Der Augitfels ist im allgemeinen nicht über 0,5 m mächtig. Er geht nach dem Liegenden zu in Hornblende(Uralit)fels über oder stößt direkt an derbes Erz.

Der Hornblende(Uralit)fels.

Zwischen Augitfels und Hornblendefels besteht keine scharfe Grenze. Die Augitprismen verlieren ihre Kristallform und gehen allmählich in Amphibolfels über, der je nach dem Grade der Uralitisierung und Chloritisierung dunkelgrüne bis graugrüne Farbe besitzt. Reliktisch tritt noch Augitmasse in roten Körnern auf.

Im dunkelgrünen bis schwarzen, dichten bis körnigen, selten strahligen Hornblendefels ist Arsenkies in idiomorphen Einzelkristallen vorhanden und als Seltenheit finden sich feinste Arsenerznadeln, die an Löllingit-Nadeln von Reichenstein erinnern. Die intensive Schwarzfärbung wird durch fein verteilten Magnetit hervorgebracht, der auch makroskopisch erkennbare Oktaeder bildet.

Sowohl der dunkle wie der chloritreiche hellgrüne Hornblendefels können direkt an derbe Erzmassen stoßen.

Der Epidotfels.

Zwischen Augit-Hornblendefels und Erz können mehrere Dezimeter mächtige Epidotite auftreten. Übergänge von Hornblende zu Epidot entstehen durch netzartige Durchaderung des Hornblendefelses durch Epidot. Feinste Epidotfasern finden sich übrigens auch im Augitfels und im massigen Erz.

Auch in Epidotfels konzentriert sich Erz, doch meistens nur in geringem Maße. Das Arsenerz besitzt dann der Farbe des Magnetkieses ähnliche Anlauffarben.

Diopsidischer Augitfels

wurde lokal neben Epidotfels beobachtet. Er ist seidenglänzend und besitzt olivgrüne Färbung, die auf beginnender Serizitisierung beruht.

Das Arsenerz.

Entsprechend der unregelmäßigen metasomatischen Verdrängung des Marmors durch die Kalksilikatfelsbildungen ist auch die Form des Erzkörpers sehr unregelmäßig. Das kompakte Erz tritt in Linsen, Nestern und Schmitzen auf, deren Dimensionen in jeder Richtung höchst veränderlich sind und die sich unregelmäßig ablösen, gelegentlich auch, wie in Figur 12 II, verdoppelt sind. Linsen von kompaktem Erz erreichen selten über 50 cm Dicke. Erzmassen aus kompaktem und eingesprengtem Erz können dagegen lokal über 1,5 m Mächtigkeit besitzen. Im Seigerriß Figur 23 sind die reduzierten, d. h. auf kompaktes Erz umgerechneten Erzmächtigkeiten für eine größere Zahl von Beobachtungspunkten angegeben.

Das kompakte Erz besteht aus körnigen bis derben Massen, die z. T. nur noch kleinste Kalksilikatrelikte enthalten. Lokal findet sich blumiges Erz. In Einzelkristallen ist Arsenkies meist im Augitfels ausgeschieden. Die rhombischen Kristalle besitzen eine durchschnittliche Größe von 2 mm, vereinzelte Individuen bis 5 mm. Sie sind in der Richtung der b-Achse verlängert und zeigen fast ausschließlich die Flächen der Prismen [110] und [014], mit der charakteristischen Riefung nach der a-Achse. Im Augitfels wurden auch Zwillinge nach (101) beobachtet.

In frischem Zustand ist das Arsenerz glänzend silberweiß. Durch die Verwitterung nimmt es messinggelbe bis braune Anlauffarbe an, was ihm das Aussehen von Kupferkies verleiht.

b) Mikroskopische Beschreibung des metamorphen Kalkes mit Kontaktmineralien und Übergängen zu eigentlichen Kalksilikat- bis Skarnfelsen.

Mineralbestand.

Er umfaßt die folgenden Mineralien — selten vorkommende in Klammern — von denen die mit * bezeichneten nachstehend näher beschrieben werden:

Calcit* — Quarz* — gemeine Hornblende*, Strahlstein*, Augit/Uralit; Diopsid*, Titanaugit — (Vesuvian*) — Titanit*, (Rutil*), (Leukoxen) — Apatit* — Chlorit*, Serizit, Serpentin — Epidot*, Zoisit*, Klinozoisit* — Arsenkies*, Pyrit, Magnetit, (Kupferkies), Limonit.

Calcit

ist der Hauptbestandteil der untersuchten Schliffe. Er erscheint als Marmor von granoblastischer Struktur. Pflasterstruktur und verzahnte Struktur kommen im gleichen Schliff nebeneinander vor und sind etwa gleich häufig. Die rein weißen Marmorvarietäten sind meistens grobkörnig. Einschlußreiche Partien zeigen dagegen feineres Korn in verzahntem Verband. Besonders der Marmor am Schieferkontakt oder abgetrennte Lagen im Skarn sowie die quer zum Streichen auftretenden Bänder zeigen grobkörnige bis grobspätige Ausbildung.

Farbige Trübungen und die seltene Bänderung des Marmors sind durch Einschlüsse von Strahlsteinnadeln, Serpentinfilzen, Rutil, kohligem Pigment und feinsten Pyrit- und Hämatitstäubchen verursacht.

Spaltrisse infolge Druckwirkung sind häufig. Nicht selten sind aber auch bruchlose Knickungen zu beobachten.

Quarz

fehlt keinem Schliff. Er tritt in vier verschiedenen Ausbildungen auf, die vier verschiedenen Generationen entsprechen. Es sind dies in der Reihenfolge ihrer Entstehung:

1. Unfrische, eckige bis gerundete Körner in an Kontaktmineralien armem Marmor. Sie dürften den ursprünglichen Kieselsäuregehalt des Kalks darstellen.
2. Schlecht begrenzter, trüber, einschlußreicher Quarz in fast vollständig zersetzter Hornblende neben Chlorit, Strahlstein, Epidot usw. ist als ein Nebenprodukt der Uralitbildung zu betrachten.
3. Injektionsquarz in gut begrenzten Leisten oder in Aggregaten mit deutlicher Pflasterstruktur. Er ist häufig von in Reihen angeordneten Flüssigkeitseinschlüssen erfüllt und wird stets von scharf begrenzten Apatitkriställchen begleitet, mit denen zusammen meist noch Titanit, Pyrit, seltener Zirkon vorkommen. Er hüllt gelegentlich die typischen Mineralien, welche bei der Uralitbildung entstehen (Hornblende, Chlorit, Strahlstein, Epidot usw.), brekzienartig ein, was zeigt, daß die Uralitisierung des Augits mit einer Kieselsäurezufuhr abschloß.
4. Verzahnte, feinkörnige Quarzgemenge, die das Gestein in Äderchen durchqueren. Dieser mikroskopisch chalzedonartige Quarz ist eine thermale Bildung.

Gemeine grüne Hornblende

läßt sich in zwei Dritteln des Schliffmaterials nachweisen. Sie erscheint meistens in schlecht begrenzten Kristallen infolge einer mehr oder weniger starken Umbildung, wobei sich die folgenden vier Stadien unterscheiden lassen:

1. Hornblende mit augitischem Kern,
2. Hornblende mit Eisenhydroxydschlieren,
3. Hornblende mit Ausbleichungen nach Strahlstein,
4. umgewandelt in Chlorit, Epidot, Serpentin, Quarz, Calcit.

Die Formen 1—3 beherbergen reichlich Titanit, Apatit und Pyrit, zuweilen Arsenkies. Die unter 4 genannten Mineralien finden sich umgelagert in der Injektionsquarzmasse angehäuft.

Ein einziger Schliff zeigte radialstrahlige, gelbbraune Hornblendeaggregate, welche sich zwischen Kalkkörner einzwängen oder diese überziehen. Diese Aggregate sind von Erzpartikeln erfüllt und fast isotrop. Sie sind vermutlich in den Marmor abgewanderte Produkte der Reaktion chemisch aktiver Lösungen mit dem Augitfels.

Strahlstein.

In einem einzigen Schliff liegt in verzahntem Marmor ideal entwickelter Strahlstein vor. Er ist im allgemeinen farblos, doch zeigen vereinzelte Individuen schwach grünliche Färbung und einen Pleochroismus von farblos zu lichtgrün. Die Auslöschungsschiefe $c : n\gamma$ beträgt im Mittel 15°.

Strahlstein ist in blättrigen, garbenförmigen bis divergentstrahligen Aggregaten entwickelt. Nach den Spaltrissen ausgerenkte Stücke zeigen die bekannte parkettähnliche Auslöschung. Auffallend ist fein auskristallisiertes Arsenerz.

In manchen Schliffen läßt sich Strahlstein als typisches Umwandlungsprodukt der grünen Hornblende neben Chlorit, Epidot, Calcit und Quarz nachweisen.

Diopsid.

Er erscheint in zwei Schliffen als metasomatisches Produkt von Calcit, wobei sich in dem mittelkörnigen Marmor mit Pflasterstruktur die folgenden vier Umsetzungsstufen erkennen lassen:

1. die Kalkspatindividuen besitzen höhere Lichtbrechung und lassen keine Spaltbarkeit mehr erkennen;
2. randliche Abtrennung einzelner wolkiger Serizitaggregate mit vereinzelten Ansätzen von Diopsid;
3. Aneinanderreihung von Diopsidkörnern mit charakteristischer Begrenzung und Spaltbarkeit;
4. Diopsid in wie abgeschmolzen aussehenden Formen in lichtgrüner Tönung.

Lokal gelbe bis braune Färbung weist auf Biotitbildung hin oder läßt Titananreicherung vermuten. Besonders die Stufen 2 und 3, etwas weniger Stufe 4, sind reich an wohlausgebildetem Titanit, der auch in der angrenzenden Calcitmasse auftritt.

Vesuvian.

Dieses sonst in den kontaktmetamorphen Kalken so verbreitete Mineral ist hier nicht häufig. Selten ist es Nebengemengteil und tritt dann in großen, makroskopisch gut sichtbaren weißlichen,

u. d. M. lichtroten, gerundeten Körnern auf, die in chloritisierter, z. T. serpentinisierter Hornblendegrundmasse liegen. Vesuvian ist frei von Erz und wird von Apatit und Titanit, seltener Zirkon, begleitet. Er besitzt hohe Lichtbrechung — zwischen Epidot und Zirkon —, scheint stets optisch positiv und zeigt anormale Interferenzfarben von blau bis eisengrau.

Fein zerriebene Körner des Minerals reagieren alkalisch. Es scheint mit dem stets optisch positiven, B_2O_3-haltigen Wiluit identisch zu sein.

Titanit.

Er ist charakteristischer akzessorischer Gemengteil. Die zahlreichen spitzrhombischen Querschnitte zeigen eine Zwillingsebene nach der Basis, welche die Rhomboeder nach der Diagonale halbiert. Daneben tritt Titanit in Spindeln und rundlichen Körnern regellos oder nesterartig verteilt auf. Einige Schliffe sind völlig durchspickt von Sphen und oft fällt eine Anordnung in Zügen parallel dem Kontakt des weniger intensiv umgewandelten Kalkes auf. Der Titanit ist gewöhnlich farblos, weist aber beim Zusammenvorkommen mit Diopsid schwach gelbe bis braune Färbung auf. Er hebt sich durch seine hohe Licht- und Doppelbrechung und durch die idiomorphe Ausbildung scharf aus der Calcitgrundmasse heraus.

Titanit tritt vorzugsweise an Calciträndern auf. Wenn Quarzäderchen den Kalk durchqueren, so erscheint Titanit als Grenzmineral. Er findet sich paragenetisch mit Apatit und Pyrit. Besonders häufig ist er in Augit, Hornblende und Chlorit; selbst bei geringster Entwicklung von Augit und Umwandlung desselben in Hornblende zeigt sich Sphen am Rande solcher Kristalle.

Ti kann als leichtflüchtiger Bestandteil in Form von TiF_4 oder $TiCl_4$ zusammen mit SiF_4 zugeführt worden sein, woraus sich die Assoziation von Titanit mit Quarz, Apatit, Vesuvian und Hornblende erklären läßt.

Rutil.

Rutil fehlt fast ganz. Ausnahmsweise schließt Chlorit neben Titanit und Apatit kleinste, scharf begrenzte, gelbe Prismen ein, doch scheint es sich hier um eine Entmischung von Biotit zu handeln, obwohl Biotit selber nicht nachweisbar ist. Ein großes, schlecht begrenztes, gelbbraunes, stark lichtbrechendes Rutilkorn mit fast opakem Verhalten und Relikten eines Erzes (Titaneisen?) nebst deutlichem Leukoxenring fand sich inmitten eines Calcit-Chlorit-Epidotaggregates, vermutlich als Umwandlungsprodukt von Ilmenit.

Die Armut an Rutil erklärt sich wohl aus der Gegenwart von Kalk, die zur Bindung des Ti im Titanit führte.

Apatit.

Dieses Mineral fehlt keinem Schliff. Es tritt in gerundeten, scharf begrenzten Körnern von hexagonalem Habitus, selten in Leistchen auf und ist fast isotrop. Die Apatitkriställchen sind oft von Einschlüssen durchsetzt, die sich in größeren Individuen zu perlschnurartigen Zügen anordnen. Der Apatit bevorzugt die Nähe von Injektionsquarz und Uralit und schließt gelegentlich Chlorit und Pyrit ein.

Das sehr häufige Auftreten von ideal entwickelten Apatitkriställchen läßt auf pneumatolytische Bildung durch Zufuhr der leichtflüchtigen Komponenten P, F, Cl schließen.

Chlorit.

Er wurde bereits als sekundäres, aus Hornblende entstandenes Mineral neben Epidot, Strahlstein, Serpentin usw. erwähnt. Er erscheint ausnahmsweise aber auch als primäres Kontaktmineral in fast reinem Marmor, wo er schuppig-wulstige Aggregate am Rande der Calcitkörner bildet. Er besitzt hier rotbraune Interferenzfarben, Pleochroismus $\parallel$ c gelb, $\perp$ c grün und ist einachsig positiv. Zwillingslamellen fehlen.

Wenn Chlorit siebartig von feinkörnigem Quarz durchsetzt wird, so zeigt er Umbildungen in faserigen, wirrstrahligen Strahlstein, der den kristallinen Kalk in einzelnen Bändchen quert. Chlorit ist ferner Träger von Erzpartikeln (Arsenkies), Rutil, seltener von Titanit und Apatit.

Epidot (Pistazit), Klinozoisit und Zoisit.

Diese Mineralien treten als seltene Gemengteile in Körneraggregaten oder unregelmäßig verlaufenden Adern auf. Epidotgängchen queren sogar Quarzadern.

Alle drei Glieder der Epidotgruppe kommen sowohl für sich allein als auch in inniger Verwachsung miteinander vor. Der Fe-reiche Pistazit mit den charakteristischen fleckigen Interferenzfarben und hellgelber Eigenfarbe herrscht vor. Klinozoisit erscheint in größeren Prismen, Zoisit α in Körnern.

A. DEBENEDETTI beobachtete in den Skarnen neben den genannten Vertretern der Epidotgruppe ferner ein in kleinen, sehr häufig verzwillingten Körnern auftretendes Mineral, das dem Klinozoisit ähnlichen Pumpellyit entsprechen dürfte. Habitus und optische Orientierung sind jene des Epidots. Der optische Charakter ist dagegen stets positiv. Die Doppelbrechung $n_\gamma - n_\alpha$ beträgt $= 0{,}011$, $n_\gamma - n_\beta = 0{,}006$. Die Brechungsindizes liegen zwischen 1,700 und 1,741. Besonders auffallend ist der Pleochroismus $\parallel n_\alpha$ = farblos bis grau, $\parallel n_\beta$ = schmutzig dunkelgrün, $\parallel n_\gamma$ = gelblichgrau und die Absorption $\beta \gg \gamma > \alpha$.

Oft sind die Mineralien der Epidotgruppe mit Hornblende (Augit), Chlorit, Strahlstein vergesellschaftet. Epidot scheint daher weniger ein typisches Kontaktmineral zu sein als ein durch Stoffumsatz entstandenes thermales Zersetzungsprodukt aus Hornblende und andern Ca-Al-Silikaten.

Arsenkies.

In dem oben erwähnten Schliff mit ideal entwickeltem Strahlstein ist Arsenkies in Stäbchen, Nadeln und sternförmigen Gebilden eingestreut. Die Nadeln bilden oft den Knie- und Herzzwillingen des Rutils ähnliche Verwachsungen. Diese Ausbildungsweise des Arsenkieses wurde sonst nie beobachtet. Im allgemeinen zeigt die Vererzung folgende Bilder:

1. In Kontaktkalk mit ausgefaserter, schlierig zerrissener Hornblendemasse tritt Arsenkies in bis 0,5 cm großen, stengeligen Formen auf und scheint randlich mit Pyrit verwachsen zu sein. Die Vererzung folgt den Calciträndern und Spaltrissen. Der Calcit in der Nähe des Erzes ist von Quarz aufs feinste injiziert.
2. „Zerhacktes Erz" besitzt Einschlüsse von Apatit und Vesuvian. Es bevorzugt die Hornblende, verdrängt aber auch Calcitindividuen von den Spaltrissen aus.

Genetische Verhältnisse.

Das ursprüngliche, kalkige Sediment, aus dem die metamorphen Kalke hervorgegangen sind, hatte wahrscheinlich bereits einen gewissen Gehalt an SiO_2, Al_2O_3 und MgO besessen. Für den MgO-Gehalt spricht die Anwesenheit der Mg-haltigen Mineralien Hornblende (Augit), Strahlstein, Diopsid und Chlorit. Daß er keinen wesentlichen Bestandteil bildete geht anderseits aus dem vollständigen Fehlen der spezifischen Mg-Mineralien Forsterit, Periklas, Humit, Phlogopit, Brucit und Spinell hervor. Die in den selteneren Gemengteilen Titanaugit, Epidot, Zoisit und Vesuvian enthaltene Tonerde kann der tonigen Substanz des umgebildeten Sedimentes entstammen. Daß aber daneben eine beträchtliche Stoffzufuhr stattgefunden hat, wird jedenfalls bewiesen durch die Anwesenheit großer Mengen von einschlußreichem Quarz, durch den reichlichen Gehalt an wohlentwickeltem einschlußreichem Augit, den Reichtum an Titanit und die Anwesenheit von Arsenkies, der nur wenigen Schliffen ganz fehlt.

Die Umbildung der ursprünglichen Sedimente scheint durch pneumatolytische Zufuhr leichtflüchtiger Bestandteile (B, Cl, F, Ti, P) eingeleitet worden zu sein, worauf eine Silikatmetasomatose durch Zufuhr von Kieselsäure in wässeriger Lösung erfolgte.

c) Mikroskopische Beschreibung der Kalksilikatfelse und Skarnfelse.

Mineralbestand.

Augitfels.

Mineralbestand: Augit, Diopsid, Diallag, Titanaugit, Hornblende (Uralit), Serizit, Zoisit, Epidot, Chlorit, Strahlstein, Quarz, Calcit — Titanit, Apatit, Zirkon — Arsenkies, Pyrit, Magnetkies, Eisenglanz.

Struktur: panallotriomorph-körnig.

Der Augit ist vorherrschend schlecht prismatisch entwickelt mit poikilitischer Durchdringung. Er ist Träger von primärem Titanit und Apatiteinschlüssen. Er ist farblos bis schwach grün, ohne Pleochroismus, optisch positiv, 2V ca. 60°, c : n_γ = 54°. Spaltbarkeit deutlich nach (110), daneben Absonderung nach (010). Vereinzelt sind Verwachsungen mit Diopsid und Diallag (seltene Körner mit deutlicher Streifung nach der Querfläche und 40° Auslöschungsschiefe) zu beobachten. Häufiger sind idiomorph eingesprengte, tafelige, braunviolette Titanaugite mit geringer Zonarstruktur und anomalen graublauen und rotbraunen Interferenzfarben.

Umwandlungserscheinungen: Die im allgemeinen gut erhaltenen Pyroxene gehen lokal in Serizit über, zu dem sich gelegentlich schlecht entwickelter Zoisit und Epidot gesellen. In der Serizitmasse liegen bis 0,5 mm große, spitzrhomboedrische Titanite.

Hornblendereicher Augitfels zeigt in randlichen und zentralen Partien der Augitindividuen in grünen Flecken Übergänge zu Hornblende (Uralitisierung). Diese Hornblende wächst oft pinselartig über die Augitprismen hinaus. Die intensive Grünfärbung mag auf einen hohen Fe-Gehalt des ursprünglichen Pyroxens zurückzuführen sein. Einschlüsse von gerundeten, primären Apatitkörnchen sind nicht selten von Hornblende umwachsen.

In uralitisiertem Augitfels zeigt die sekundär entstandene Hornblende stets Umbildungen in Chlorit und stengeligen Strahlstein, wozu sich noch faseriger Calcit und Quarz mit Limonitflecken gesellen können. Die Umwandlung des Uralits kann so weit gehen, daß neben Chloritfetzen nur noch Quarz und Calcitaggregate die alte Form der faserigen Hornblende erfüllen. Calcit ist dabei z. T. auch Reliktsubstanz des sedimentären Substrats, wenn die Umwandlung der Karbonatmasse in Pyroxen nicht vollständig war.

Da die Uralitisierung auf diesem kleinen Raume so große Wechsel zeigt, kann angenommen werden, daß die Umlagerung keine einfache war, sondern durch komplexe Lösungen verursacht wurde. Nach GOLDSCHMIDT sollen hydrothermale CO_2-haltige Lösungen auf Kosten des Augits an Ort und Stelle Hornblende, Chlorit, Calcit und Quarz bilden können. Auf diese Weise entstandener Quarz konnte durch dieselben Lösungen in den Marmor transportiert werden und hier zur Bildung von Chlorit, Serpentin und Strahlstein beitragen.

Die Vererzung des Augitfelses erfolgte parallel den Spaltrissen. Derbes Arsenerz in gebrochener, „gestrickter" Form, daneben in geradlinig begrenzten Kristallschnitten, verdrängt oft bis auf wenige Reste die Augitmasse.

Neben Verwachsungen mit Magnetit, Eisenglanz und Pyrit zeigt das Arsenerz Einschlüsse von Augit und der erwähnten sekundären Mineralien. Die Vererzung mit Magnetit ist im allgemeinen unregelmäßig verteilt; oft geht sie ungefähr der Silikatgrenze parallel. Der Magnetit bildet dunkle, matt glänzende Oktaeder und ist deutlich magnetisch.

Reihenfolge der Mineralbildung:

1. Augit, Titanit, Apatit, Magnetit?;
2. Uralitbildung, Chlorit, Strahlstein, Epidot, Calcit, Quarz;
3. Quarzzufuhr;
4. Vererzung durch Arsenerze.

Hornblendefels.

Primär kontaktmetamorph entstandener Hornblendefels liegt in der Grube Robert nicht vor. Stets sind die verschiedenen Stadien der Uralitisierung sowie Pyroxenreste erkennbar, welche die sekundäre Entstehung des Hornblendefelses dartun.

Epidotamphibolfels.

Mit zunehmendem Epidotgehalt nimmt der Hornblendefels gelbgrüne Färbung an und geht schließlich in einen hornblendearmen Epidotfels über.

Mineralbestand: Augit, Titanaugit, Hornblende, Chlorit — Epidot (Pistazit), Zoisit α, Klinozoisit, Orthit — Titanit, Apatit, Quarz, Arsenkies.

Struktur: diablastisch. Ein faseriges Hornblendegrundgewebe wird maschenförmig von Epidot durchwoben.

Der Epidot (Pistazit) zeigt Pleochroismus von intensiv gelb / schwachgelbgrün / gelblichfarblos. Dem Pistazit sind gelegentlich schlecht begrenzte graubraune, meist rostig zersetzte Orthitkörner eingestreut.

Selbständig, seltener in Verwachsung mit Pistazit, treten gelegentlich Zoisit (farblos, rein graue Interferenzfarben, prismatisch begrenzt) und Klinozoisit (leuchtend preußischblaue Interferenzfarben) auf. Häufig sind Verwachsungen von lichtrotem Klinozoisit mit Zoisit α, der in der Regel auch zentrisch angeordnete stengelige Aggregate bildet. Vgl. auch die Ausführungen über Pumpellyit auf S. 26.

Der Epidot ist durch Umwandlung von uralitisiertem Augit entstanden. Die Durchwachsung der stets pleochroitischen Hornblende mit Epidot erfolgte nicht einheitlich. Die verschiedenen Epidotindividuen zeigen verschiedene Stadien der Umwandlung. An den ursprünglichen Augitgehalt erinnern:

1. farblose Augitrelikte in verwischter Hornfelsstruktur;
2. zentrale Augitreste in schwach chloritisierter, faseriger Hornblende;
3. der Reichtum an Apatit und Titanit;
4. vereinzelte Titanaugitkristalle mit deutlicher Sanduhrstruktur.

Quarz und Erz. Feinkörnige Quarzaggregate mit Pflasterstruktur, welche die Nähe des Erzes bevorzugen, schließen alle genannten Gemengteile ein. Der Quarz ist also jünger als der Epidot. Idiomorpher, gleichmäßig über den ganzen Schliff verteilter Arsenkies enthält noch Quarz eingeschlossen.

Reihenfolge der Mineralbildung:

1. Augit (Titanit, Apatit);
2. Uralitisierung;
3. Epidotbildung;
4. Quarzzufuhr;
5. Vererzung durch Arsenkies.

Dichter Epidotfels.

Mineralbestand: Epidot, Zoisit, Klinozoisit — Strahlstein, Asbest — Feldspat, Quarz, Titanit, Apatit, Zirkon.

Der Epidot ist trübe. Bei gekreuzten Nicols löst sich die dichte Epidotmasse in feinste Körner neben einigen Stengeln von Zoisit auf. Nur in den randlichen Partien des Gesteins ist breitstengeliger Epidot mit Klinozoisit verwachsen.

Körnige Aggregate eines nicht näher zu bestimmenden sauren Feldspates mit $n_\alpha, n_\beta, n_\gamma < \omega$ Quarz durchbrechen den Epidotfels in ungefähr parallelen Lagen und schaffen eine Brekzienstruktur, indem der Epidot als wirres Adernetz die Feldspatsubstanz umschließt. Dieses Netzgewebe wird auch von Epidotgängchen mit quergestellten Epidotkörnern durchadert. Gut begrenzter, häufig dihexaedrisch ausgebildeter Quarz findet sich auch in diesen Adern und tritt auch selbständig gangförmig auf. Gegenüber dem Feldspat fällt er durch seine Klarheit auf. Flüssigkeitseinschlüsse sind selten.

Die Akzessorien Titanit, Apatit und Zirkon besitzen ebenfalls trübes Aussehen. Titanit scheint verschwemmt und in Zügen angeordnet worden zu sein.

Vereinzelt stehen in enger Verbindung mit Epidot Strahlsteinbüschel und bisweilen geht der Epidot unvermittelt in eine wirrstrahlige, filzige Masse von Asbest über.

Reihenfolge der Mineralbildung:

1. Titanit, Apatit, Zirkon;
2. Epidot, Strahlstein;
3. Feldspat, Quarz;
4. Epidot II, Asbest.

Der Feldspat entspricht wohl einer letzten hydrothermalen Substanzzufuhr, wofür sein gangartiges Auftreten spricht.

Kupferkiesreicher Chlorit-Epidotfels.

In diesem aus ca. 50 m Tiefe stammenden Gestein fällt schon makroskopisch die netzartige Durchdringung von Chlorit und Epidot auf.

Mineralbestand: Pistazit, Zoisit, Klinozoisit, Chlorit, Mikroklin — Quarz, Serizit (Hornblende), Augit, Strahlstein — Apatit, Titanit, Calcit — Kupferkies, Pyrit, Bleiglanz, Zinkblende.

Struktur: brekziös bis gangartig.

Der Epidot. Größere Körner und unregelmäßig begrenzte Verdrängungsrelikte liegen in einer Chloritmasse. In der Regel weisen die Epidotkörner eine intensiv gelbe, eisenreiche Randzone (= Pistazit) auf und gehen nach innen in Zoisit, seltener Klinozoisit über.

Der Chlorit. Er zeigt Pleochroismus gelblich/grün und beherbergt lokal zerrissene Hornblende- und Strahlsteinreste. Die normale Interferenzfarbe geht in der Nähe der Erze in eine rostbraune über. Diese Chloritvarietät ist vielleicht zusammen mit den Hornblenderelikten durch Uralitisierung eines Augitfelses entstanden — epidotisierte Augitreste kommen vereinzelt vor — und später der Vererzung anheimgefallen. Sonst ist der Chlorit blättrig in größeren wulstigen Aggregaten entwickelt. Mit der Chloritbildung scheint die Vererzung Hand in Hand gegangen zu sein.

Der Feldspat. Die femischen Bestandteile werden durchbrochen von xenomorph ausgebildeter, trüber Feldspatmasse. Lokal tritt Quarz auf. Der von Eisenglanz pigmentierte, saure Feldspat zeigt gelegentlich Mikroklingitterung. In ihm ist der frühere Titanit- und Apatitreichtum noch zu erkennen, während Epidot und Chlorit bis auf wenige Reste resorbiert sind.

Der durch pneumatolytische Einwirkung entstandene Augitfels mag zunächst eine Umsetzung in Hornblende und dann in Epidot, Chlorit und in Calcit erfahren haben. Hierauf folgte die Zufuhr von Erz, später eine Kalizufuhr in die restierende Chlorit-Epidot-Masse unter Entwicklung von Mikroklin.

Pyritreicher grauschwarzer Kalksilikatfels aus 40 m Tiefe.

Die Verkittungsmasse. In wolkig getrübtem, durch Magnetit vererztem Calcit, der gelegentlich Zwillingslamellierung aufweist, ist strahlig bis fächerförmig entwickelte grüne Hornblende eingestreut. Diese geht unter intensiver Titanitentwicklung in Chlorit (seltener Serpentin) über, der reich ist an pleochroitischen Höfen mit braunen Aktivitätsradien bis 0,01 mm.

In engerer Verbindung mit Hornblende und Chlorit stehen parallel eingelagerte Schmitzen von Calcit neben Quarz, welche ursprüngliche Verwachsungen oder nachträgliches Ausfüllmaterial von Hohlräumen darstellen können.

Größere Titanite und Apatite besitzen akzessorischen Charakter.

Der makroskopisch derbe Pyrit zeigt im Dünnschliff geometrisch gut begrenzte Flächen. Oft ist er von Arsenkies durchwachsen oder wird von diesem vom Rande aus verdrängt.

Reihenfolge der Mineralbildung: Der Mineralbestand scheint das Ergebnis einer intensiven Umwandlung eines an Ort und Stelle durch Metamorphose gebildeten Augits zu sein:

1. Marmorisierung des Calcits und Augitbildung;
2. Bildung von Hornblende, Chlorit, Calcit, Quarz;
3. Sulfidische Erzzufuhr;
4. Arsenidische Erzzufuhr.

Verquarzter Granat-Augitfels.

Granat spielt unter den Kontaktmineralien der Grube Robert eine untergeordnete Rolle. Einzig in den jüngeren Kalksilikatbändchen, die den Marmor in 40 m Tiefe durchsetzen, wurde er in ca. 2 mm großen Körnern neben Diopsid und Wollastonit gefunden. Hier sind die kleinen, rotbraunen Körner einem verquarzten Augit-Hornblendefels längs dem Kontakt eines Biotithornfelseinschlusses nestartig eingestreut.

Mineralbestand: Quarz, Augit, Granat — Hornblende, Serizit, Calcit, Chlorit — Titanit, Apatit, Zirkon, Pyrit.

Der mehr oder weniger dominierende Quarz bildet verzahnte Aggregate, welche mit unzusammenhängenden Lagen von Augit und Granat und deren Umwandlungsprodukten abwechseln.

Die quarzarmen Zonen. Erdig getrübte, in Uralitisierung begriffene Augitkörner (z. T. mit Querabsonderung des Diallags) neben gerundeten, farblosen, isotropen Granaten sind oft nur in Form dunkler Flecken vorhanden. Je nach dem Grad der Umsetzung herrschen Hornblende-Serizit-Aggregate oder Calcit und Quarz vor. Die verzahnten Quarzaggregate sind jüngerer Entstehung.

Der quarzreiche Anteil. Serizitfetzen mit zentral gelagerten Augitrelikten mit undeutlicher Paralleltextur machen neben Quarz den Mineralbestand aus. Faserige Calcit-Quarz-Masse fehlt. Hornblendefetzen ersetzen teilweise den Augit. Dazu kommen Granatkörner bis zu 1 mm Durchmesser, dodekaedrisch und schwach rosafarbig. Sie werden siebartig durchspickt von Quarz und sind meistens umgeben von einem Kelyphitkranz aus Chlorit, chloritisiertem Biotit, Hornblende und Pyrit. Andere Körner scheinen unzersetzt. Die zugehörigen Umsetzungsmineralien schwimmen z. T. isoliert in der Quarzgrundmasse.

In beiden Ausbildungen des Gesteins sind Titanit und Apatit oft in Zügen angeordnet und besonders am Rande der Quarzlagen angehäuft. Daneben schließt der Quarz in ganzen Nestern wohlbegrenzten, einschlußreichen Apatit in Kammstruktur ein.

Reihenfolge der Mineralbildung:

1. Augit, Granat, Titanit, Apatit I, Zirkon;
2. Hornblende, Serizit, Calcit, Quarz I, Pyrit;
3. Quarz II, Apatit II (in Kammstruktur)
4. Quarz III (chalzedonartig).

Seltene Kalksilikatfelsvarietät aus geringer Tiefe.

Sie bildet Putzen von Marmor mit dunkelgrünem Augit und Wollastonit in einem hochsilifizierten Augitfels mit Biotithornfelslagen, denen Granatkörner eingestreut sind.

Eine feinkörnige, teilweise faserige Calcitgrundmasse wird mehr oder weniger vollständig von parallelfaserigem, divergent- bis radialstrahligem, seltener stengeligem Wollastonit verdrängt, der nur undeutliche Spaltbarkeit und Zwillingsbildungen nach der Querfläche zeigt. Die strahlige, asbestähnliche Ausbildung tritt erst in angewittertem Zustand hervor.

In der Grundmasse liegen auch Körner und Prismen von Augit (mit Übergängen zu Zoisit, Epidot und Serizit), welche z. T. noch in Haufwerken mit typischer Hornfelsstruktur erhalten sind.

Quarz in verzahntem Verband durchsetzt die Silikatmasse und umschließt wie ein Brekzien-Bindemittel alle genannten Gemengteile.

Reihenfolge der Mineralbildung:

1. Augit (Titanit, Apatit);
2. Serizit, Epidot, Zoisit;
3. Calcit, Wollastonit ?, Quarz.

Genetische Verhältnisse.

Wenn man den Mineralbestand der Kalksilikatfelse mit demjenigen des metamorphen Kalkes mit Kontaktmineralien (vgl. Abschnitt 3, b) vergleicht, so treten neu bloß Wollastonit, Granat und Mikroklin hinzu sowie die chalkographisch festgestellten Mineralien Bleiglanz und Zinkblende. Alle diese Mineralien sind aber nur seltene Gemengteile.

Trotz der scheinbar großen Mannigfaltigkeit lassen sich alle Kalksilikathornfelse zusammenfassend als Augit-Hornblende(-Uralit)-, Hornblende-Epidot- und Epidot(-Chlorit)-Felse bezeichnen. Diese Reihenfolge entspricht der gewöhnlichen Lagerung vom Hangenden zum Liegenden und auch der fortschreitenden Metamorphose.

Die verschiedenen Kalksilikat-Hornfels-Varietäten lassen sich größtenteils auf einen ursprünglichen Augitfels zurückführen, der durch Regionalmetamorphose aus einem tonig-sandigen, eisenschüssigen Kalksediment entstanden sein könnte. Da nun aber der Kontakt zwischen Marmor und Augitfels höchst unregelmäßig verläuft und das mikroskopische Bild eine metasomatische Verdrängung

von Calcit durch Augitsubstanz deutlich zeigt, wird für die Bildung der Kalksilikathornfelse eher eine magmatische Zufuhr von Mg, Al und Si angenommen. Die Salanfer Kalksilikatfelse wären demnach nicht in erster Linie der Regionalmetamorphose eines heterogenen Sedimentes zu verdanken wie die Biotithornfelse, sondern einer pneumatolytischen Einwirkung mit Metasomatose, welche der Regionalmetamorphose folgte. Für diese Auffassung spricht auch der unregelmäßige Bau des Erzlagers, der auf eine Streuung pneumatolytischen Materials hinweist. Indessen läßt sich auch die Auffassung vertreten, daß eine vom reinen Kalk stärker abweichende Zusammensetzung der ursprünglichen Sedimente die wesentliche Voraussetzung zur Kalksilikatbildung war und daß die lokale Verdoppelung des Erzlagers und die Unregelmäßigkeiten des Kontakts zwischen Marmor und Kalksilikatfels durch während der herzynischen Gebirgsbildung entstandene Störungen des normalen Schichtverbandes bedingt sind.

Die Uralitisierung mag durch überhitzte wässerige Lösungen erfolgt sein, wobei der freiwerdende Quarz als Verkittungsmittel wirkte. Die Epidotisierung und Chloritisierung kann durch komplexe Al- und Fe-haltige Lösungen hervorgerufen worden sein.

Stets erfolgte die arsenidische Vererzung erst nach der Uralitisierung. Noch jünger als jene scheint die Zufuhr K-reicher Lösungen zu sein, die innerhalb der Epidotfelse Gangbildungen von Mikroklin mit quarziger Gangmitte erzeugte.

D. Die Erze.

(Siehe auch Tafel III)

1. Die Erze erster Generation.

a) Das Arsenerz.

Das derbe Erz erscheint mikroskopisch großenteils hoch reflektierend weiß, von großer Härte (jedoch geringer als Quarz), aber doch gut polierbar. Ein Reflexionspleochroismus ist deutlich, ganz ausgesprochen sind die Anisotropieeffekte bei gekreuzten Nicols. Sie decken ausgezeichnet die grobe Struktur auf mit vorwiegend xenomorphen, oft länglichen Individuen (bis zu mehreren Millimeter), die zum Teil fiederförmig miteinander verwachsen sind.

In einigen Anschliffen von makroskopisch weitgehend reinen, grauweißen Erzpartien erwies sich die Erzmasse als nahezu homogen. Bei näherer Untersuchung konnten jedoch öfters vereinzelt kleine Felder innerhalb oder randlich der großen Individuen gefunden werden, von etwas größerer Härte (positives Relief) und ganz unbedeutend geringerer Reflexion und vielleicht etwas gelblicherem Farbton. Diese chalkographischen Eigenschaften sprechen dafür, daß die weichere Hauptkomponente Löllingit, die untergeordnete härtere Arsenkies ist. Ersteres wurde durch zwei Röntgen-Pulveraufnahmen an homogenen Erzpartien mit fast nur weicherem Erz bestätigt: es zeigten sich nur Linien des Löllingites. [1])

An einer der röntgenographisch untersuchten Proben aus nahezu reinem, chalkographisch homogenem, grobkörnigem Erz wurden folgende chemische Daten bestimmt (Analytiker Prof. J. Jakob):

Homogenes Arsenerz, Grube Robert.

	Gewicht-%	ohne Gangart	Mol.-%
Fe	28.79	29.04	34.78
As	68.23	68.98	61.24
S	1.96	1.98	3.98
Gangart	.82		
	99.80	100.00	100.00

[1]) Die Pulveraufnahmen wurden an der Eidg. Materialprüfungsanstalt durch Dr. W. Epprecht ausgeführt. Die Interferenzen sind gegenüber Vergleichsaufnahmen von Lölling bei Hüttenberg wenig, aber deutlich verschoben, was auf eine schwache Abweichung in der Zusammensetzung von der Idealformel hinweist.

Daraus berechnet sich ein Verhältnis von Fe:As+S=1:1,90: der Löllingit von Salanfe weist somit ein kleines Manko an As resp. einen Überschuß an Fe auf, was aber bei vielen Löllingitanalysen der Fall ist.

Von C. SCHMIDT (1916) wurde das Arsenerz von Salanfe auf Grund einer Analyse (Nr. 1, Seite 37) als S-haltiger Leukopyrit bezeichnet. Er berechnete eine Formel $Fe_2(AsS)_3$. Die Analyse von Schmidt entstammt aber mit erheblicher Wahrscheinlichkeit nicht ganz homogenem Material, sondern dürfte neben vorwiegendem Löllingit auch Arsenkies enthalten haben, was eine Berechnung gegenstandslos erscheinen läßt. Übrigens wird Leukopyrit heute nicht als selbständige Mineralart betrachtet (RAMDOHR 1950), der Name wird allenfalls für As-ärmere Löllingite verwendet, d. h. für solche, bei denen As-Stellen unbesetzt, oder durch Fe ersetzt sind. Je nach dem Verhältnis der beiden Komponenten finden sich

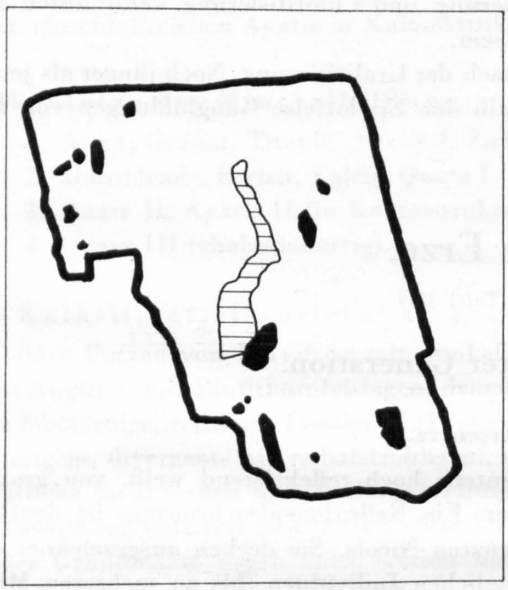


Fig. 13. Arsenkies (weiß) mit Einschluß von Löllingit (schraffiert). Schwarz: Gangart. Vergr. ca. 80mal.

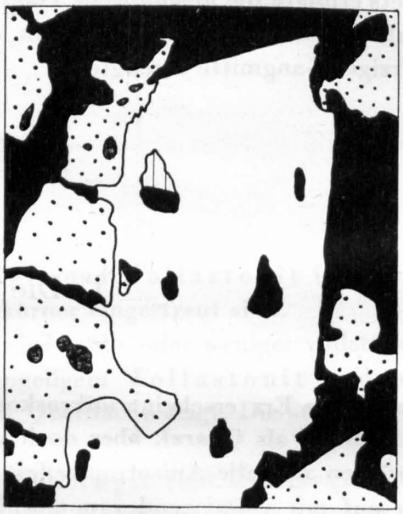


Fig. 14. Arsenkies (weiß) ist mit Pyrit (punktiert) verwachsen. Schraffiert: Löllingit. Vergr. ca. 80mal.

verschiedene Formulierungen wie Fe_3As_4, Fe_2As_3, Fe_3As_5, die heute nicht mehr als wesentlich betrachtet werden. Da es chalkographisch unmöglich ist, die As-ärmeren von den As-reicheren Löllingiten zu unterscheiden und offenbar auch die Röntgendiagramme geringe Unterschiede zeigen, ist der für ein Glied der orthorhombischen Reihe ohnehin unglückliche Name Leukopyrit wohl besser ganz zu vermeiden. Siehe darüber auch die Ausführungen von NEUHAUS (1933) über Löllingit und Leukopyrit von Reichenstein, der Originalfundstätte des Leukopyrites.

In Anschliffen von pyritführendem Derberz wurde das vorwiegende Arsenerz als Arsenkies bestimmt. Öfters ist es hier in scharf idiomorphen Individuen mit rhombischem Querschnitt entwickelt und enthält im Innern kleinere, meist unregelmäßige Felder einer sehr ähnlichen, aber weichern Komponente von eher höherer Reflexion, die als Löllingit gedeutet werden.

Es scheint, daß die makroskopisch nahezu reinen, grauweißen Erzmassen vorwiegend oder ganz aus Löllingit bestehen, während die pyritführenden Proben (sehr verbreitet) dagegen zur Hauptsache aus Arsenkies bestehen, der offenbar auch in den Skarnen als Arsenmineral auftritt, was an einer Röntgen-Pulveraufnahme an aus Augitfels herauspräpariertem Arsenerz bestätigt werden konnte.

Zur Genese ist festzuhalten, daß offensichtlich der Pyrit vom Arsenerz verdrängt wird. Die Beziehungen zwischen den beiden Arsenerzen sind schwer zu deuten, da beide ineinander eingeschlossen sind. Es scheint aus einigen Anschliffen hervorzugehen, daß im Kontakt mit Pyrit Arsenkies entsteht,

der bereits gebildeten Löllingit (und Pyrit) aufzehrt. Vielleicht reagierte auch Löllingit, resp. die As-reiche Lösung mit Pyrit unter Arsenkiesbildung.

Pyrit, das wichtigste Nebenerz, ist meist von Arsenerz durchdrungen, oft stark verzahnt. Er unterscheidet sich von diesem gut durch die größere Härte mit viel schlechterer Polierbarkeit und durch die Isotropie.

Meistens vorhandene, mengenmäßig aber ganz unwichtige Erzmineralien sind ferner Kupferkies und Fahlerz. Ersterer findet sich in Pyrit wie in Arsenerz (oft auch randlich) in unregelmäßigen Feldern. Fahlerz (grau bis graugrünlich) scheint an das Arsenerz gebunden zu sein, bisweilen ist es mit Kupferkies oder gediegenen Metallen verwachsen. Vereinzelt wird in Proben mit Pyrit Magnetkies festgestellt.

Das Gold ist in den Erzen der Grube Robert vermutlich zu einem erheblichen Teil in mikroskopisch sichtbarer Größe vorhanden. Bei längerem Suchen findet man in den meisten Anschliffen mit erheblicherer Arsenerzmenge die leuchtend gelben Goldpartikel (0,001 — 0,02 mm) von unregelmäßiger Gestalt, isometrisch oder gestreckt. Das Gold ist ganz an die Arsenerze gebunden, scheint indessen in

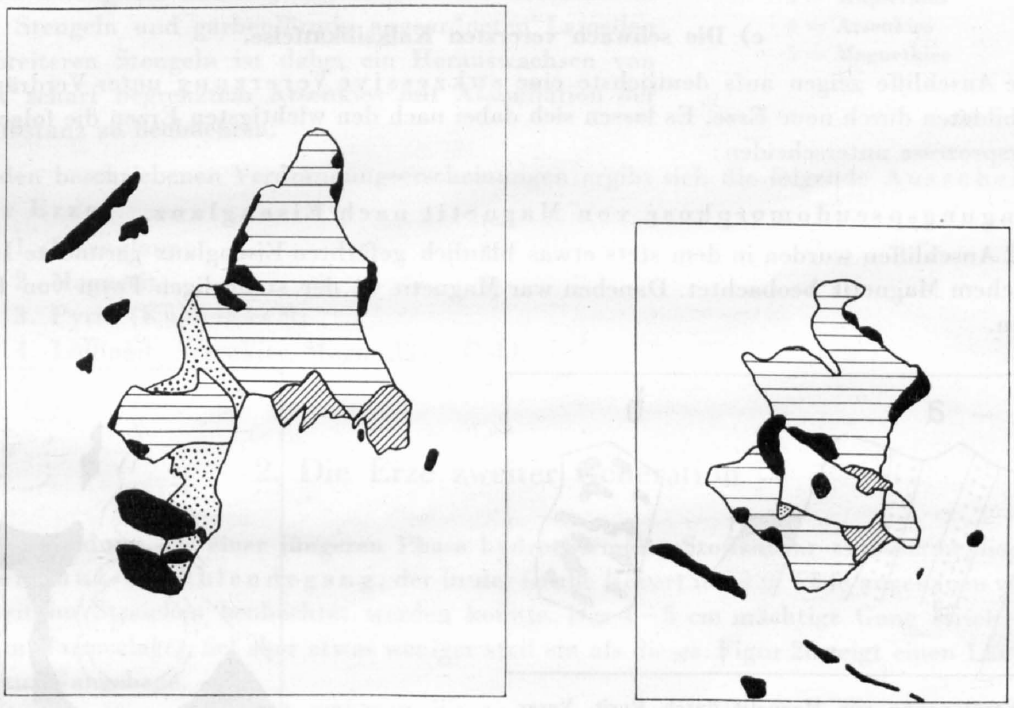


Fig. 15. und 16. Auftreten des Goldes (punktiert) an der Grenze von Löllingit (weit schraffiert) und Arsenkies (weiß). Eng schraffiert: Wismut, schwarz: Silikat. Vergr. ca. 600mal.

pyritführenden Proben eher reichlicher zu sein als in reinen Arsenerzpartien. Es ist öfters mit andern sehr kleinen Erzpartikeln (Fahlerz, Wismut) verwachsen, bevorzugt an Korngrenzen (z. B. zwischen Löllingit und Arsenkies) oder zwischen Arsenerz und Gangart aufzutretend. Das Gold ist wegen seiner intensiv gelben Färbung wohl sehr silberarm. Mit Kupferkies ist es nicht zu verwechseln, dieser erscheint gegenüber Gold ausgesprochen matt gelbgrünlich.

Ein sehr weiches, gelblichweißes, hochreflektierendes, vielfach angelaufenes Mineral, das sehr vereinzelt in ganz geringer Menge im Arsenerz auftritt, wurde als gediegen Wismut gedeutet. Zusammen mit Wismut findet sich etwas Wismutglanz. In kleiner Menge trifft man noch Erzpartikel geringer Härte, von grauweißer Färbung, deren Bestimmung noch aussteht. Es dürfte sich um Arsen- oder Wismutsulfosalze handeln.

Auch im scheinbar reinsten Derberz sind mikroskopisch mehr oder weniger zahlreiche Verdrängungsrelikte von Quarz und Kalksilikaten feststellbar.

b) Die Eisenglanzbänder.

An der Grenze von Kalksilikatfels und Marmor sowie in diesem selbst finden sich Eisenglanzlagen, die gegen die Oberfläche zu in Limonitlagen übergehen (vgl. Fig. 11). Dabei lassen sich von tieferen zu höheren Partien des Lagers fortschreitend etwa die folgenden Stufen der Umwandlung des Eisenglanzes in Limonit beobachten:

1. Eisenglanz mit idiomorph entwickeltem Arsenkies, der gelegentlich Relikte von Eisenglanz, Magnetit, Kupferkies und Pyrit beherbergt.
2. Beginnende Umsetzung des Eisenglanzes in senkrecht zu dessen Blättern radialstrahlig angeordneten limonitisierten Eisenglanz. In Hämatitschlieren ist Pyrit vorhanden.
3. Pünktchen und Stäbchen von Eisenglanz, zuweilen zusammen mit Magnetit, befinden sich in garbenförmig und radialstrahlig angeordnetem Limonit.
4. Um Eisenglanzpünktchen sind achatmandelähnliche Gebilde sichtbar. Die Masse besteht aus wolkigen bis lagenartig gestreiften Calcit-Aggregaten mit Chalzedon.
5. Die ursprünglichen Erze sind verschwunden. Es bleibt von hydratischem Eisen gelb bis rot gefärbter Marmor.

c) Die schwach vererzten Kalksilikatfelse.

Alle Anschliffe zeigen aufs deutlichste eine sukzessive Vererzung unter Verdrängung der vorhergebildeten durch neue Erze. Es lassen sich dabei nach den wichtigsten Erzen die folgenden Verdrängungsprozesse unterscheiden:

Verdrängungspseudomorphose von Magnetit nach Eisenglanz.

In 2 Anschliffen wurden in dem stets etwas bläulich gefärbten Eisenglanz gerundete Idioblasten von rötlichem Magnetit beobachtet. Daneben war Magnetit in der stengeligen Form von Eisenglanz vorhanden.

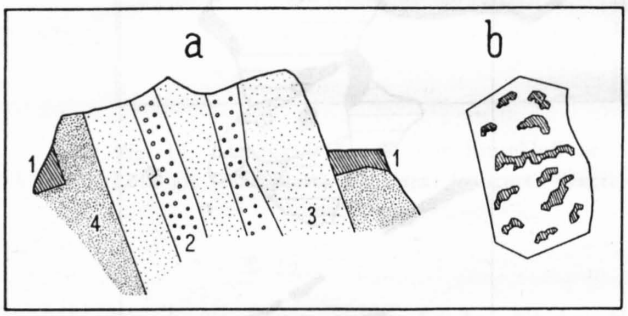


Fig. 17. Verdrängung von Magnetit durch Pyrit. Vergr. ca. 500mal.

a 1 = Magnetit
2 = id. teilweise pyritisiert
3 = Pyrit
4 = id. mit feinen Magnetitresten
b Pyrit mit Magnetitresten

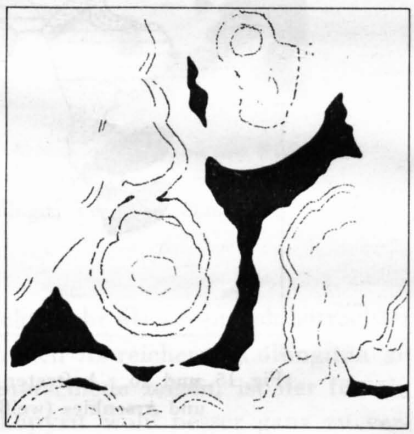


Fig. 18. Verdrängung von Eisenglanz (schwarz) durch Arsenkies (weiß). Vergr. ca. 1000mal.

Pyritisierung des Magnetits (Fig. 17).

Stengelige Verwachsungen von Pyrit mit Magnetit gehen auf den Habitus des durch Magnetit verdrängten Eisenglanzes zurück. Der Magnetit zeigt feinste, in Reihen angeordnete Pyritdurchdringungen, während feine Magnetitreste im Pyrit eine charakteristische, narbige Struktur hervorrufen, die bei schlechter Politur gut sichtbar ist.

Verdrängung von Eisenglanz durch Arsenkies (Fig. 18).

Je nach der Lage der Eisenglanzleisten im Schnitt zeigen die Relikte desselben vorwiegend konkav begrenzte Flächen oder sie sind in konzentrischen Ringen angeordnet.

Verdrängung von Pyrit durch Arsenkies unter Bildung von Magnetkies (Fig. 19).

Der Pyrit wird vom Arsenkies in scharfen Kristallen durchsetzt und in buchtigen Formen angefressen. Selten finden sich kleine Pyritreste innerhalb des Arsenkieses. Pyritisierter Magnetit wird weniger leicht angegriffen.

Wenn Pyrit vollständig verdrängt worden ist, sind innerhalb des Arsenkieses kleine, scharf begrenzte, braune bis rosafarbige, weniger harte Kristalle von Magnetkies enthalten, der wohl ein thermales Umsetzungsprodukt von Pyrit darstellt.

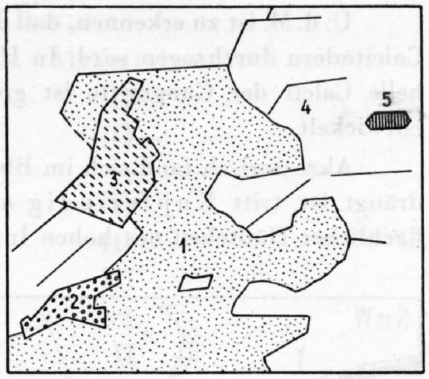


Fig. 19. Verdrängung von Pyrit durch Arsenkies. Vergr. ca. 500mal.

1 = Pyrit
2 = pyritisierter Magnetit
3 = Kupferkies
4 = Arsenkies
5 = Magnetkies

Verdrängung von Magnetit durch Arsenkies.

Diese ist nur selten zu beobachten. In der Regel wird dabei der Magnetit „aufgefressen" und Arsenkies in idiomorpher Begrenzung tritt an seine Stelle. Wenn es sich um Magnetit pseudomorph nach Eisenglanz handelt, kristallisiert der Arsenkies in Form von Stengeln und garbenförmig angeordneten Lamellen aus. An breiteren Stengeln ist dabei ein Herauswachsen von kristallisch scharf begrenztem Arsenkies mit Assimilation der Magnetitsubstanz zu beobachten.

Aus den beschriebenen Verdrängungserscheinungen ergibt sich die folgende Ausscheidungsfolge der Erze:

1. Eisenglanz;
2. Magnetit;
3. Pyrit, (Kupferkies?);
4. Löllingit, Arsenkies, Magnetkies; Gold.

2. Die Erze zweiter Generation

Eine Erzbildung, die einer jüngeren Phase hydrothermaler Stoffzufuhr entstammt, liegt vor in einem Bleiglanz-Zinkblendegang, der in der Grube Robert in 10 m Tiefe angehauen wurde und ca. 2 m weit im Streichen beobachtet werden konnte. Der 4 – 5 cm mächtige Gang strich ungefähr parallel zum Marmorlager, fiel aber etwas weniger steil ein als dieses. Figur 20 zeigt einen Längsschnitt senkrecht zur Gangebene.

Der Gang quert von NE nach SW Kalksilikalfels, massigen Arsenkies und Marmor und tritt dann wieder in Kalksilikatfels, wobei er sich in einen äußeren Ast mit einer kräftigen Anreicherung von Bleiglanz und einen inneren Bleiglanz-freien Ast gabelt. Die Salbänder sind durchweg durch dünne Zersetzungszonen scharf vom Nebengestein getrennt.

Der äußere, Bleiglanz-reiche Ast zeigt symmetrische Anordnung der Gangerze: In der Mitte befindet sich die 2 cm mächtige Bleiglanzlage. Beidseitig folgt eine maximal 7 mm breite Zinkblendelage, die lokal mit dem Bleiglanz ringelerzähnliche Verwachsungen aufweist. Dann folgt eine meist ausgelaugte, wenige Millimeter mächtige Fahlerzschicht, die in ein Gemenge von Kalkspat und Quarz übergeht, mit lokaler Anreicherung von Kupferkies, Pyrit und Baryt. Wo Quarz unmittelbar auf Zinkblende folgt, liegen Kristalle aus Quarz in Formen des Tetraeders und Kombinationen von Tetraeder, Gegentetraeder und Rhombendodekaeder vor, welche Pseudomorphosen nach Fahlerz darstellen.

Der innere Ast führt nur die Gemengteile der Salbänder, während Bleiglanz fehlt. Der Hauptgang besitzt einen dem äußern Ast ähnlichen Aufbau, doch scheint er entsprechend der Gabelung noch einmal aufgerissen und durch Calcit wieder verheilt worden zu sein. Bleiglanz ist nur noch in zwei schmalen Streifen und Relikten innerhalb des Calcits vorhanden.

U. d. M. ist zu erkennen, daß das Quarz-Calcit-Gemenge der Salbänder von zahlreichen sekundären Calcitadern durchzogen wird. In Hohlräumen ist, gelegentlich neben Baryt, Pyrit auskristallisiert. Der helle Calcit der Gangmitte ist grobkristallin und radialstrahlig um Bleiglanz- und Zinkblendereste entwickelt.

Akzessorisch fand sich im Bleiglanz auch Kupferkies. Da wo dieser bis auf wenige Reste verdrängt ist, tritt Kupferindig an seine Stelle mit bläulichem Farbton und in der Form feiner oberflächlicher Häutchen mit hohen Interferenzfarben.

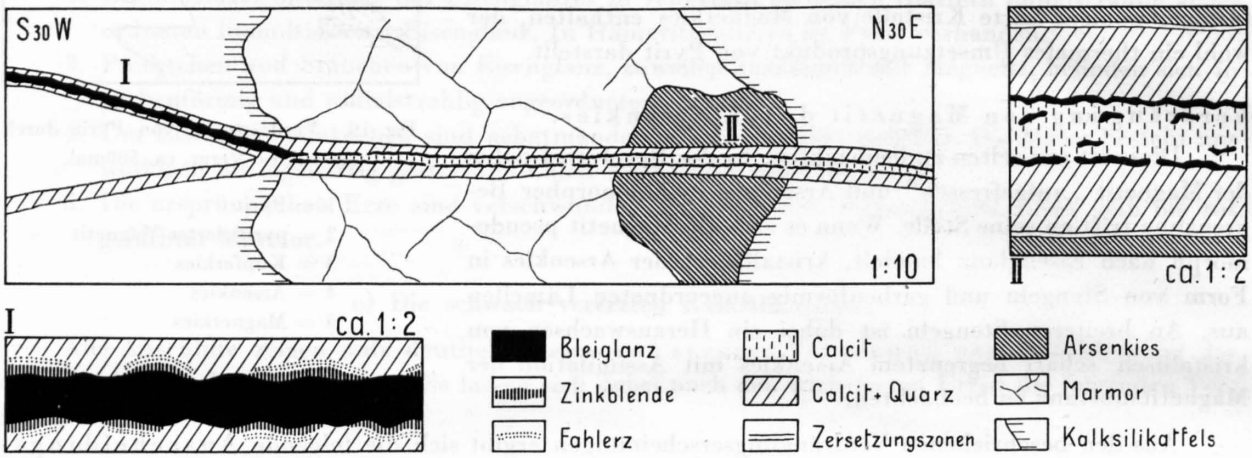


Fig. 20. Längsschnitt durch den Bleiglanzgang von Grube Robert.

Der Bleiglanz selbst, gut erkennbar an den dreieckigen Spaltausbrüchen, verdrängt nach außen die Zinkblende, die einen Stich ins Gelbe besitzt. Zinkblende und Fahlerz kommen auch reliktisch im Bleiglanz vor. Meistens wurde die Zinkblende resorbiert, so daß nur noch Fahlerz vorliegt. Dieses erscheint im hellen Bleiglanz in grünlicher Tönung und unterscheidet sich durch sein niedriges Relief leicht von Zinkblende. Der Bleiglanz enthält kleine Einschlüsse von nicht näher diagnostizierten Silbermineralien.

Fahlerz scheint älter zu sein als Kupferkies, da innerhalb des Kupferkieses zahlreiche Verdrängungsrelikte von Fahlerz beobachtet werden.

Aus den angeführten Beobachtungen ergibt sich die folgende Bildungsfolge:

1. Fahlerz (Ausklingen der As-Zufuhr);
2. Kupferkies;
3. Zinkblende;
4. Bleiglanz, Silberglanz, Kupferkies (Kupferindig);
5. Pyrit mit Baryt.

Im Aushubmaterial aus dem untersten Teil der Grube Robert wurden in einer geodenähnlichen Bildung in einem intensiv uralitisierten Augitfels in der eben beschriebenen Sukzession Erzlagen von Eisenglanz, Magnetit, Kupferkies (mit ganz wenig Cubanit) und Bleiglanz festgestellt.

In dem auf Seite 29 beschriebenen Kupferkies-reichen Chlorit-Epidotfels konnte die Verdrängung von Arsenkies durch Bleiglanz beobachtet werden: Ein Arsenkiesaggregat zerfällt in zahlreiche Individuen und Subindividuen in Form von Würfeln. Zwischen diese Würfel schiebt sich Bleiglanz ein und verdrängt den Arsenkies. Die eigenartige würfelige Vernarbung muß wohl auf eine verdeckte Pseudomorphose von Arsenkies nach Pyrit zurückgeführt werden.

3. Intensität und Extensität der Erzmineralien.

Über die relativen Mengen der einzelnen Erzmineralien und ihre Verteilung auf der Grube Robert orientiert die folgende Tabelle der Intensität und Extensität.

Die Intensität der Erzmineralien

Intensitätsgrad	Erzmineral	Altersfolge
1. In großer Menge	Löllingit	II
	Arsenkies	II
2. In deutlicher Menge	Hämatit	I
	Pyrit	II
	Bleiglanz	III
	Zinkblende	III
3. In spärlicher Menge	Magnetit	I
	Magnetkies	II
	Kupferkies	II/III
	Fahlerz	II/III
4. In kleiner bis sehr kleiner Menge	gediegen Gold	II
	„ Wismut	II
	„ Arsen	II
	Bornit	III
	Covellin	III
	Wismutglanz	II
	Arsen-Wismut-Sulfosalze	II/III
	Cubanit	II/III
	Silbermineralien (verschiedene) im Bleiglanz	III

Die Extensität der Erzmineralien.

Extensitätsgrad	
1. In den meisten Proben	Arsenkies, Löllingit, Pyrit.
2. In zahlreichen Proben	gediegen Gold, Kupferkies, Fahlerz, Hämatit, Magnetit.
3. In wenigen Proben	Bleiglanz, Zinkblende, Magnetkies, Bornit, gediegen Wismut, Covellin, Silbermineralien.
4. Einzelfunde	gediegen Arsen.

4. Chemische Zusammensetzung des Erzes.

Von Derberzproben stehen aus der Literatur und aus den Akten folgende zwei Analysen zur Verfügung, abgesehen von der auf Seite 31 angeführten an homogenem Erz:

	1)	2)		1)	2)		1)	2)
SiO_2	17,4	8,30	Fe	28,7	29,67	Cu	—	0,03
Al_2O_3	—	2,00	As	48,3	38,45	Pb	Sp.	Sp.
CaO	—	2,30	S	4,12	13,7	Zn	—	Sp.
MgO	—	0,61	Au	0,004	0,0030	Ni	—	Sp.
BaO	—	Sp.	Ag	Sp.	0,0016	Co	—	Sp.
H_2O	—	4,04						
CO_2	—							

1. Probe der Abbauperiode 1904—07 (SCHMIDT, 1916), ausgeführt von der Deutschen Gold- und Silberscheideanstalt in Frankfurt a/M.
2. Probe 1921 im Auftrag des Konzessionärs in Paris ausgeführt. Das betreffende Erz wurde als „Erz mit geringen Beimengungen von Pyrit" beschrieben.

Leider sind keine Hauwerksanalysen bekannt geworden.

Die Analysen des Verkaufsgutes seit 1920 geben nur Auskunft über den As- und Au-Gehalt. Die reichsten seit 1920 verkauften Erze enthielten:

As		Au pro Tonne
59,05 %	und	27 g
55,2 %	„	36 g
51,2 %	„	52,8 g (Okt. 1926)
50,0 %	„	54,0 g (Dez. 1926)

Im Mittel lagen die As- und Au-Gehalte der verkauften Stückerze allerdings tiefer, wie aus der Tabelle 1 (S. 48) zu ersehen ist.

Über den Au- und Ag-Gehalt orientieren zwei Analysen von Fraser & Chalmers, London, im Zusammenhang mit Zyanierungsversuchen:

I. 44,31 g Au pro Tonne; 8,91 g Ag pro Tonne
II. 49,76 g Au pro Tonne; 17,10 g Ag pro Tonne

Es exsistieren ferner die folgenden Schürfgutanalysen:

	As		Au pro Tonne	
von „Combarossa“	? %	und	24 g	
von „Henri“	30,46 %	und	43 g	*)
von id.	40,67 %	und	42 g	**)
„Marguerite“	11,48 %	und	28 g	

*) Stückerz 1. Qualität. **) 600 kg Konzentrat aus 3 Tonnen Roherz 2. Qualität.

Die Analyse von Erz des Bleiglanz-Zinkblende-Ganges aus der Grube Robert ergab:

63,5 % Pb, 11,87 % Zn, 0,0179 % Ag.

Die chemischen Daten zeigen übereinstimmend, daß die Erze von Salanfe einen beträchtlichen Goldgehalt aufweisen, und zwar nicht nur diejenigen von Robert, sondern auch die der weitern Marmorzüge. Die Analysen scheinen zu bestätigen, daß die pyritführenden Erze (mit vorwiegendem Arsenkies) eher goldreicher sind als die nahezu reinen Löllingiterze.

E. Genese der Lagerstätte.

Auf Grund der oben dargestellten Teilergebnisse der petrographischen Untersuchung ergibt sich das folgende Gesamtbild über die Entstehung der Lagerstätte.

Die Lagerstätte von Salanfe besitzt pneumatolytisch-hydrothermalen Charakter und zeigt in ihrem Mineralbestand das Ergebnis metasomatischer Vorgänge.

Lieferant der pneumatolytisch-hydrothermalen Lösungen war das Magma, das den Vallorcine-Granit und die Porphyrgänge gebildet hat und vermutlich durch Regionalmetamorphose aus tieferen Teilen des Aiguilles Rouges-Massivs während der herzynischen Gebirgsbildung entstanden ist. Mit fortschreitender Erstarrung dieses Magmas erfolgte die Abspaltung leichtflüchtiger Gase und Dämpfe und später von heißen wässerigen Lösungen, wodurch dem Nebengestein in verschiedenen Schüben Elemente zugeführt wurden, die seinen Mineralbestand veränderten. Die vermutete Entstehung des wirkenden Magmas aus Gesteinen, deren Zusammensetzung von denjenigen eines „plutonischen“ granitischen Magmas wahrscheinlich etwas verschieden war, ist vielleicht die Ursache dafür, daß gewisse Mineralien, die als charakteristische Neubildungen pneumatolytischer Kontaktlagerstätten gelten, wie Granat, Wollastonit, Vesuvian, Turmalin, Flußspat, in der Lagerstätte von Salanfe nur eine untergeordnete Rolle spielen.

Die Neubildung von Mineralien vollzog sich vor allem in den von den austretenden Gasen, Dämpfen und Lösungen durchzogenen, sehr reaktionsfähigen Kalken. Wie aus der Untersuchung der Kalksilikatfelse hervorgeht, waren es wahrscheinlich leichtflüchtige Si-Verbindungen, welche den Kalk

und kalkreiche Lagen ganz oder teilweise in Fe-Al-Mg-Ca-Silikate umwandelten. Die erste Si-Zufuhr dürfte in der Form von F-, Cl-, Ti-, B- und P-haltigen Dämpfen erfolgt sein, die durch Reaktion mit mergeligen und dolomitischen Kalken die Bildung von Orthit, Titanit und Apatit bewirkten.

Mit dem Beginn der Fe-Zufuhr setzte die Augitbildung ein. Weitere Fe-Zufuhr führte zur Entwicklung von Eisenglanz und Magnetit. Ihr Abklingen zeigt sich dann in der Bildung von Pistazit und der Sulfidmineralien. Daß es sich bei den oxydischen Erzen nicht um den primären Fe-Gehalt eines Fe-reichen kalkigen Sediments, sondern um postmagmatisch zugeführtes Fe handelt, wird durch das gangförmige Auftreten des Eisenglanzes dargetan. Es dürfte als Chlorid zugewandert sein und durch Reaktion mit dem Kalk den Eisenglanz erzeugt haben.

Wie aus den mikroskopischen Untersuchungen weiter hervorgeht, wurden die entstandenen Augitfelse zum größten Teil uralitisiert und die lockeren Produkte dieses Vorganges durch intensive Silizifizierung verkittet, worauf erst die Vererzung durch Arsenkies erfolgte. Die für die Uralitisierung verantwortlichen überhitzten wässerigen Dämpfe waren wahrscheinlich Träger von Cl, F, S, As, P und haben dadurch die Bildung von Apatit und von sulfidischen Erzen (Pyrit, Arsenkies) ermöglicht. Der Uralitisierungsprozeß samt der nachfolgenden Vererzung dürfte einer zweiten Exhalationsperiode im Zusammenhang mit einer neuen Restlösungsdifferentiation mit Anreicherung von Wasserdampf und Erzmolekülen und Abspaltung aus dem silikatreichen Magma zu verdanken sein.

Eine noch jüngere Fraktion von hydrothermalen Lösungen bewirkte die Umwandlung des Augitfelses in Epidot-Chlorit-(Mikroklin-)Gesteine. Hydrothermalen Charakter besaß auch jene Zufuhr von sulfidischen Erzen, die Gangbildungen mit Bleiglanz, Zinkblende, Fahlerz und Kupferkies erzeugte. Einem letzten Ausklingen der hydrothermalen Phase ist die Entstehung von Barytgängen zu verdanken, die nicht an die vererzten Kalkzüge gebunden sind und deshalb in einem besondern Kapitel behandelt werden.

Für die Genese des Arsenkieslagers können somit die folgenden Entwicklungsstufen angenommen werden, die indessen wohl nicht scharf gegeneinander abgetrennt waren, sondern sich zeitlich teilweise etwas überdecken:

I. Pneumatolytische Phase mit Zufuhr von Si.
   1. Augitfelsbildung (+ Titanit, Apatit I).
   2. Oxydische Vererzung (Eisenglanz, Magnetit).

II. Pneumatolytisch-hydrothermale Phase mit Si-Zufuhr in wässeriger Lösung.
   1. Uralitisierung (Bildung von Hornblende-Epidotfels).
   2. Verquarzung (+ Apatit II).
   3. Erste sulfidische Vererzung (Pyrit, Arsenkies, gediegen As).

III. Hydrothermale Phase.
   1. Bildung von Epidot-Chloritfels (+ Mikroklin), Quarz.
   2. Zweite sulfidische Vererzung (Gangbildungen: Kupferkies, Fahlerz, Zinkblende, Bleiglanz).
   3. Bildung von Baryt-Flußspatgängen.

Während für mehrere der italienischen Vorkommen von goldhaltigem Arsenkies S und E des Monte Rosa, in deren Kreis auch die schweizerischen Vorkommen von Gondo und Astano gehören, das Alter der Arsenkiesbildung durch geologische Tatsachen eindeutig dahin bestimmt werden konnte, daß sie jünger sind als die Hauptphase der Alpenbildung (A. STELLA, 1943), bestehen für eine ebenso sichere zeitliche Festlegung der Bildungen der Lagerstätte von Salanfe nicht genügend Anhaltspunkte. Verschiedene Tatsachen weisen aber auf ein wesentlich höheres Alter.

Zum vornherein ist ein nicht zu großer zeitlicher Abstand vom Auftreten des Vallorcine-Granits wahrscheinlich. Ein Hinübersetzen einzelner Erzadern und auch von Baryt-Flußspat-Gängen aus den kristallinen Schiefern in die Gesteine der Trias konnte nicht beobachtet werden. Kleine Pyritadern und diffus verteilter Pyrit an der Basis der Arkose scheinen sekundäre Bildungen zu sein. Ferner steht fest, daß das Aiguilles Rouges-Massiv im Gegensatz zu den Trägern der erwähnten italienischen Erzbildungen während der Hauptphase der Alpenfaltung tektonisch wenig beansprucht wurde. Die verschiedenen Phasen der Erzbildung der Lagerstätte von Salanfe waren daher wahrschein-

lich vor der Ablagerung der triasischen Sedimente abgeschlossen. Einzig die räumliche Unabhängigkeit der Baryt-Flußspat-Gänge von den Erzbildungen läßt die Möglichkeit offen, daß sie wesentlich jünger sein könnten als die letzteren und vielleicht mit einem Wiederaufleben der hydrothermalen Tätigkeit während der Alpenfaltung im Zusammenhang stehen.

F. Verwandte Lagerstätten.

Die Lagerstätte von Salanfe gehört am ehesten in die Gruppen der „Hypoabyßischen Imprägnations- oder Verdrängungslagerstätten" (Gruppen 144 bis 145) der hydrothermalen Goldformation nach der Einteilung von SCHNEIDERHÖHN (1941). Seine pneumatolytischen Goldvorkommen (Gruppe 69) waren wohl höher temperiert. Unter den von Schneiderhöhn beschriebenen Vorkommen weist nur Reichenstein in Schlesien nah verwandte Züge auf. Hier wurde nach der mehrheitlichen Auffassung ein altes Dolomitlager in Glimmerschiefer, von einer nahen syenitischen Intrusion aus, kontaktpneumatolytisch verändert unter Bildung von Kalk- und Magnesiumsilikaten (Diopsid, Grammatit, Feldspäte, Chondrodit). Die folgende Erzzufuhr von hochtemperiert hydrothermalem Charakter erfolgte nach NEUHAUS (1933) in drei Phasen:

1. Arsen-Eisenzufuhr mit Gold (Löllingitbildung).
2. Bildung von Magnetit, Arsenkies, Pyrit, Kupferkies.
3. Erneute Magnetitbildung, Veränderung der Silikate, insbesondere Serpentinisierung.

Demgemäß würde der eigentliche Erzbildungsvorgang doch, trotz sehr ähnlicher Mineralführung, etwas anders verlaufen sein als in Salanfe. Der Goldgehalt der Arsenerze von Reichenstein ist geringer. Das Roherz führte im Mittel 3—5 g/Tonne. Reichenstein war dementsprechend in erster Linie eine Arsenmine, Gold war nur Nebenprodukt.

Nicht im Hauptinhalt, aber in der Form und in der Entstehung verwandt ist zweifellos die Magnetitlagerstätte des Mont Chemin E Martigny im Mont Blanc-Massiv gelegen, ca. 12 km von Salanfe entfernt. Alte Marmorzüge in Gneisen werden hier von Skarnbildungen begleitet, die stellenweise Linsen von derbem Magnetiterz führen. Eine mit Ausnahme von Pyrit mengenmäßig ganz untergeordnete, aber ziemlich mannigfaltige Sulfidführung (Pyrit, z. T. As-haltig, Magnetkies, Kupferkies, Zinkblende, Bleiglanz, Kobalterze u. a.) ergibt nähere Beziehungen zu Salanfe, das ja auch eine gewisse Magnetitführung aufweist. Für Näheres sei auf die Bearbeitung dieses Vorkommens durch HUGI u. a. (1948) verwiesen.

Ein Unterschied beider Vorkommen besteht darin, daß am Mont Chemin Erz und Begleitgesteine intensiv tektonisch beansprucht wurden, entsprechend den starken Auswirkungen der alpinen Gebirgsbildung am E-Ende des Mont Blanc-Massivs. Demgegenüber zeigt das Vorkommen Salanfe in Übereinstimmung mit dem ganzen Massiv der Aiguilles Rouges relativ geringe alpine Tektonisierungen. Es handelt sich um eine zur Hauptsache nicht metamorphe Lagerstätte, was in den Zentralmassiven eher selten ist. In dieser Beziehung gleicht sie den jungalpinen Goldgängen des Monte Rosa und von Astano, was aber für Salanfe nicht als Kriterium für junges Alter gelten kann.

G. Baryt-Flußspatgänge.

1. Auftreten.

Baryt, sehr häufig begleitet von Flußspat, findet sich in den Biotithornfelsen von Les Ottans reichlich, meist in der Form von Gängen, z. T. auch in Pyritadern. Barytgänge scheinen besonders in der Nähe der Triasüberlagerung häufig aufzutreten. Die untern Arkosebänke zeigen häufig Barytbeläge, z. T. mit Flußspat. Auch knollige Beimengungen der Bunten Schiefer sind häufig barytisiert. Nirgends aber setzen Barytgänge in die Trias über.

Die Barytgänge streichen meistens in herzynischer Richtung, aber auch quer zu dieser. Sie bevorzugen Kontaktflächen zwischen Kalk und Glimmerhornfelsen oder zwischen hornfelsigen und schiefrigen Partien. Das Nebengestein ist stets zersetzt und durch eine quarzige Masse mit Gang verkittet. U. d. M. sind Feldspat-Glimmer-Aggregate in quarziger aplitischer Grundmasse erkennbar. Der Biotit ist meist total chloritisiert und geht lokal mit dem Feldspat in Serizitmasse über. Baryt, Flußspat und Gangquarz dringen parallel zur Schieferung ins Nebengestein ein und verdrängen vor allem den Feldspat.

Ein charakteristischer Barytgang beginnt unterhalb der Petits Perrons, auf der Salanfe-Seite, und reicht 2 km weit bis zur Tête des Larzes. Rechts des Golettabaches, in 2400 m Höhe, ist stark deformierter Chloritschiefer auf 3—5 m Breite von feinsten Barytäderchen durchsetzt. Diese N 20—30° E streichende Zone verschmälert sich nordwärts auf 1,5 m. Im Liegenden ist sie auf weite Strecken durch eine Dislokationsfläche begrenzt. In geringer Entfernung vom Hangenden, zuweilen in diesem verlaufend, befinden sich rostige, eisenkieselige Partien. Das Nebengestein ist meist stark gebleicht, zersetzt, durch eine hornsteinartige Masse verkittet und mit dem Baryt innig verwachsen, vielfach von Barytrümern durchschwärmt, oft völlig davon durchtränkt. Der eigentliche Barytgang ist durchschnittlich 10 cm mächtig, wächst aber lokal auf 30 cm an. Nicht selten zerschlägt er sich in zahlreiche Trümer, die sich in einiger Entfernung wieder scharen. Während manche Gänge eine ausgesprochene Lagenstruktur besitzen, die durch verschiedene Färbung des Gangmittels hervorgerufen wird, herrschen in dem beschriebenen Barytgang Brekzienbildungen vor. Oft stellt der ganze Gang eine durch Baryt verkittete Trümmerzone dar. Wo er, in 2360 m Höhe, eine Amphibolitzone quert, verschmälert er sich und nur noch wenige Baryttrümer durchsetzen N 25° E streichend die Kalksilikatfelslinse. Nach ca. 200 m Unterbruch kommt in 2250 m Höhe Baryt in großblättriger Ausbildung wieder zum Vorschein und läßt sich von hier an bis zur Tête des Larzes (1860 m) in roten „Perlschnüren" verfolgen.

Ein anderer Gang liegt in 2300 m Höhe in der Nähe des höchsten Kalkzuges von Tafel II. Er besitzt von Flußspat imprägnierte Salbänder und läuft fast E—W schief zur Schieferung des Gesteins. Er ist von dichtem Baryt erfüllt, am untern Ende bis 40 cm mächtig, zerschlägt sich jedoch bald und wird weiter oben zum Brekzienbindemittel. Parallel zu diesem Gang, 50 m südlicher, in 2340 m Höhe, verläuft ein anderer, der den roten Feldspatporphyrgang quert und im Schutt des Luisin verschwindet. Sein unteres Ende zeigt folgenden Querschnitt:

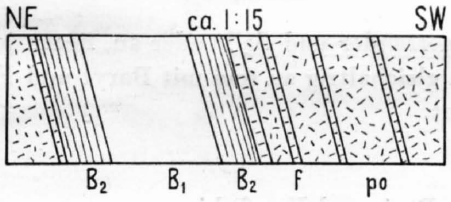


Fig. 21. Querschnitt durch Barytgang.
B_1 = dichter Baryt B_2 = gebänderter Baryt
f = Flußspat po = Feldspatporphyr

Die Flußspatkristalle sind meist grau, matt, etwas korrodiert. Ihre Größe liegt meistens zwischen 6 und 8 mm.

Ähnliche Vorkommen wurden am W-Absturz des Luisin und des Tsarvo beobachtet. Sie sind aber schmaler und die Gänge keilen nach wenigen Metern aus.

Mehr oder weniger barytisierte Pyritgänge wurden am Lac des Ottans und am Golettabach in 2140 und 2300 m Höhe festgestellt. Mehrere bis 2 cm dicke Adern von Pyrit, z. T. von Pyritsand, durchziehen die kristallinen Schiefer ungefähr parallel zum Streichen. Am Lac des Ottans enthalten auch die Arkosebänke reichlich Pyrit und gleichzeitig Drusen von Barytrosetten.

2. Mineralbestand.

Er umfaßt: Baryt, Flußspat, Quarz, Calcit — Pyrit, Eisenglanz, Kupferkies, (Malachit), Manganoxyd, sowie sämtliche Mineralien der Biotithornfelse als Gangbrekzienmaterial.

Der Baryt zeigt nur in der Gangmitte und am Ausgehenden der Gänge Kristalle von tafelig-domatischem Habitus. Es kommen Barytblätter bis zu 3 cm Länge vor. Dichter bis körniger Baryt bildet radialstrahlige Aggregate in Pinsel-, Rosetten- oder Fächerform. U. d. M. bewirken die verschieden orientierten Barytlamellen eine eigenartige Auslöschung. — Der Baryt der Gangbrekzien ist erdig

getrübt. Er zeigt ein Gewirr von Barytleistchen, die in die stark zersetzten Trümmer des Nebengesteins hineinwachsen. — Die meist rötliche Färbung der randlichen Barytlagen wird durch Hämatit verursacht, der sich u. d. M. als sekundäres Produkt des Pyrits erweist. — Milchigweißer Baryt tritt als letzte Gangausheilung auf oder durchsetzt den Gang in feinsten Äderchen. Er ist besonders reich an Flüssigkeitseinschlüssen mit vibrierender Libelle. — Farbloser Baryt wurde in Drusenräumen zusammen mit Flußspat und Quarz angetroffen.

Flußspat ist der häufigste Begleiter des Baryts und tritt mit ihm in Parallelverwachsungen oder Drusen auf. Vor allem aber begleitet er ihn auf den Salbändern oder bildet, wie in Figur 21, selber Gänge.

Quarz fehlt nie. Er schmiegt sich in Kristallen den Spaltflächen des weißen Baryts der Gangmitte an, zeigt u. d. M. scharfe Begrenzung und erscheint oft in Bipyramiden. Stets beherbergt er massenhaft Flüssigkeitseinschlüsse mit beweglicher Libelle.

Die sulfidischen Erze bevorzugen die Salbänder der Gänge. Der stets anwesende Pyrit besitzt nur in den Pyritadern frisches Aussehen. In den Barytgängen ist er in Hämatit umgesetzt und verursacht zuweilen auch Vitriolausblühungen. Kupferkies mit Malachitanflügen ist weniger häufig. Bleiglanz fand sich ein einziges Mal in Spuren.

Eisenglanz, höchst selten, bildet schwarze Pünktchen. Calcit findet sich lokal besonders in der Nähe der Salbänder. Manganmulm ist oft in Drusenräumen der Gangmitte in bescheidenen Mengen vorhanden.

3. Sukzession der Gangmineralien.

Dem Baryt zugekehrte Kanten von Flußspatwürfeln sind zerfressen. Barytleistchen wachsen in diese hinein. Bei den seltenen Verwachsungen liegen zwischen zentrischen Barytrosetten Flußspatprismen. Als Kristallisationszentren solcher Rosetten dienen Pyritkörner, Relikte des Nebengesteins oder einzelne Barytindividuen.

Der Gangquarz tritt oft in ausgeprägter Kammstruktur auf und ist meist scharf begrenzt. Er beherbergt Baryt in zahlreichen Relikten, welche oft Siebstrukturen erzeugen. Wenig jünger ist der in feinsten Gängchen anwesende bipyramidale Quarz, der ebenfalls Einschlüsse der übrigen Gangmineralien birgt.

Die Erze lagern sich mit Vorliebe an die Trümmerränder und Salbänder an, liegen jedoch auch unregelmäßig zerstreut in der Gangmasse. Sie scheinen gleichaltrig zu sein mit Baryt und Flußspat.

Kalkspat wurde stets als jüngstes Mineral erkannt.

Hieraus ergibt sich die folgende Bildungsfolge:

1. Flußspat } z. T. syngenetisch; selten mit Pyrit und Kupferkies;
2. Baryt }
3. Quarz in Kammstruktur;
4. Quarz in bipyramidaler Form;
5. Manganmulm;
6. Calcit.

4. Genese.

Die Baryt-Flußspat-Gänge sind als letztes Produkt apomagmatischer Tätigkeit zu betrachten. Dies ergibt sich aus ihrem geologischen Auftreten und wird bestätigt durch die Paragenese von Baryt, Flußspat und sulfidischen Erzen im benachbarten Bleiglanzvorkommen von Cocorier am nördlichen Hang der Dent du Salantin, wo der Biotitgneis von einem Bleiglanzgang in grobkörniger Flußspatgangmasse in 1,5—2,0 m Breite durchsetzt wird. Mit dem in Linsen auftretenden feinkörnigen Bleiglanzgang sind Kupferkies, Pyrit und Fahlerz paragenetisch verbunden. Einschlüsse von Flußspat innerhalb der Bleiglanzmasse sind sehr häufig und nach der Tiefe wird Flußspat teilweise durch Baryt ersetzt.

Der Gehalt an Baryt und Flußspat in den Triassedimenten ist wahrscheinlich auf die Verwitterung von Baryt-Flußspat-Gängen und den Transport dieser Substanzen durch vadose Wässer zurückzuführen.

II. Der Bergbau.

A. Geschichte der Erschließung und Gewinnung.

Vor 1900.

In der umfassenden Darstellung von H. GERLACH über „Die Bergwerke des Kantons Wallis" aus dem Jahre 1859 wird das Arsenerzvorkommen von Salanfe nicht erwähnt, ebensowenig in der geologischen Publikation des gleichen Autors über „Das südliche Wallis" von 1871.

Aus der Zeit der ersten Aufschlußarbeiten und Abbauversuche vor 1900 stammen vermutlich einige mit Schutt erfüllte Gräben und Löcher bei „Confrérie". Damals soll auch ein Erzvorkommen an der Tête des Larzes erschürft worden sein, von dem aber nichts Näheres bekannt ist.

1904—1907.

In diese Zeit fallen die Arbeiten des „Syndicat de prospection du Luisin": größere Schürfungen mit dem ergebnislosen Querschlag bei „Confrérie", Schürfungen bei „Combarossa", „Henri" und „Marguerite", vor allem aber die Entwicklung der „Grube Robert", bis zu dem Stand wie er von C. SCHMIDT (1916) dargestellt worden ist.

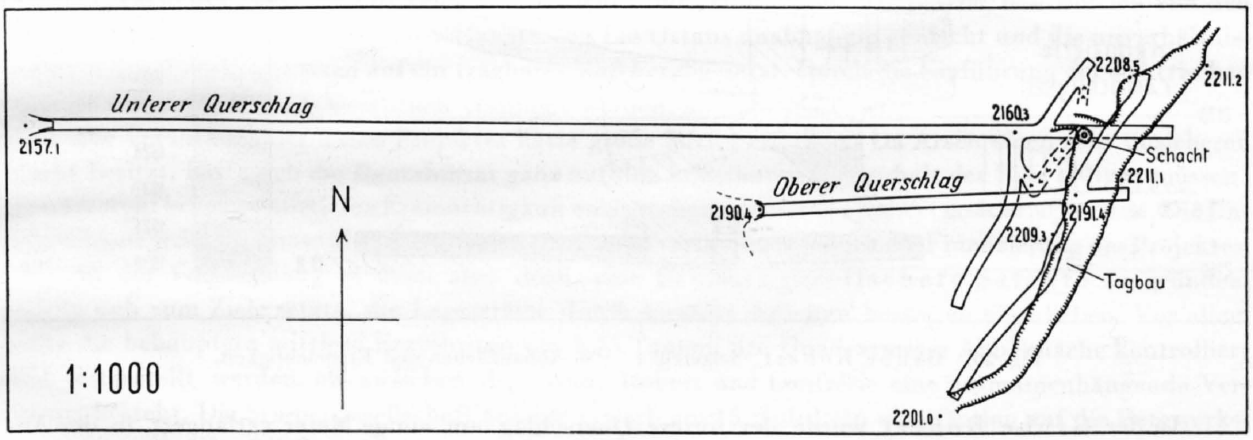


Fig. 22. Grube Robert. Grubenplan 1 : 1000.

Hier wurden zunächst im Tagbau bis zu 3 m mittlerer Tiefe ca. 50 m³ Erz mit 40—45 % As-Gehalt gewonnen. Da sich das Erz nach der Tiefe fortsetzte, wurde ein erster Querschlag angesetzt (vgl. Fig. 22), der ca. 40 m vom Stollenmund das Erzlager erreichte. Von hier aus wurde dieses im Streichen 18 m nach NE und 33 m weit nach SW verfolgt, wobei die Mächtigkeit der Erzführung fast durchweg zwischen 0,4 und 1,1 m lag. Diese günstige Entwicklung im Streichen und in den von dieser Sohle aus begonnenen Schächten ermutigte zur Ausführung eines tieferen Querschlags, der das Flöz ca. 33 m unter der obern Sohle erreichen sollte. Der über 135 m lange Stollen durchfuhr aber nur ein kompaktes, taubes Marmorlager ohne Erzspuren. Dieser Mißerfolg brach die Unternehmungslust. Damals mußten noch alle Vortriebsarbeiten von Hand ausgeführt werden und der neue Querschlag hatte offenbar die Mittel der Gesellschaft erschöpft, weshalb die Grube aufgelassen wurde. Ihre Ausdehnung zu jenem Zeitpunkt ist aus Figur 23 zu ersehen.

1917—1929.

Im Jahre 1917 erteilte das „Syndicat de prospection du Luisin" an Ing. H. Giacometti eine Option auf die Konzession, die das ganze Gebiet der Erzzone umfaßte. In den Jahren 1917/1918 wurden dann zur Abklärung der Ausbeutungsmöglichkeit die folgenden Arbeiten ausgeführt:

Bei Confrérie wurde durch eine untiefe Schürfung Skarn mit Erz bloßgelegt und bei Combarossa der bestehende Schürfgraben verlängert und vertieft. Er zeigte reichlich vererzten Kalksilikatfels, aber geringe Qualität. Das in der Schürfung Henri vorhandene Erz wurde analysiert und ergab einen befriedigenden Goldgehalt. Bei Marguerite wurde der Schürfschlitz vertieft. Der an Arsenerz reiche, aber stark zersetzte Skarn ließ gutes Erz in geringer Tiefe erwarten.

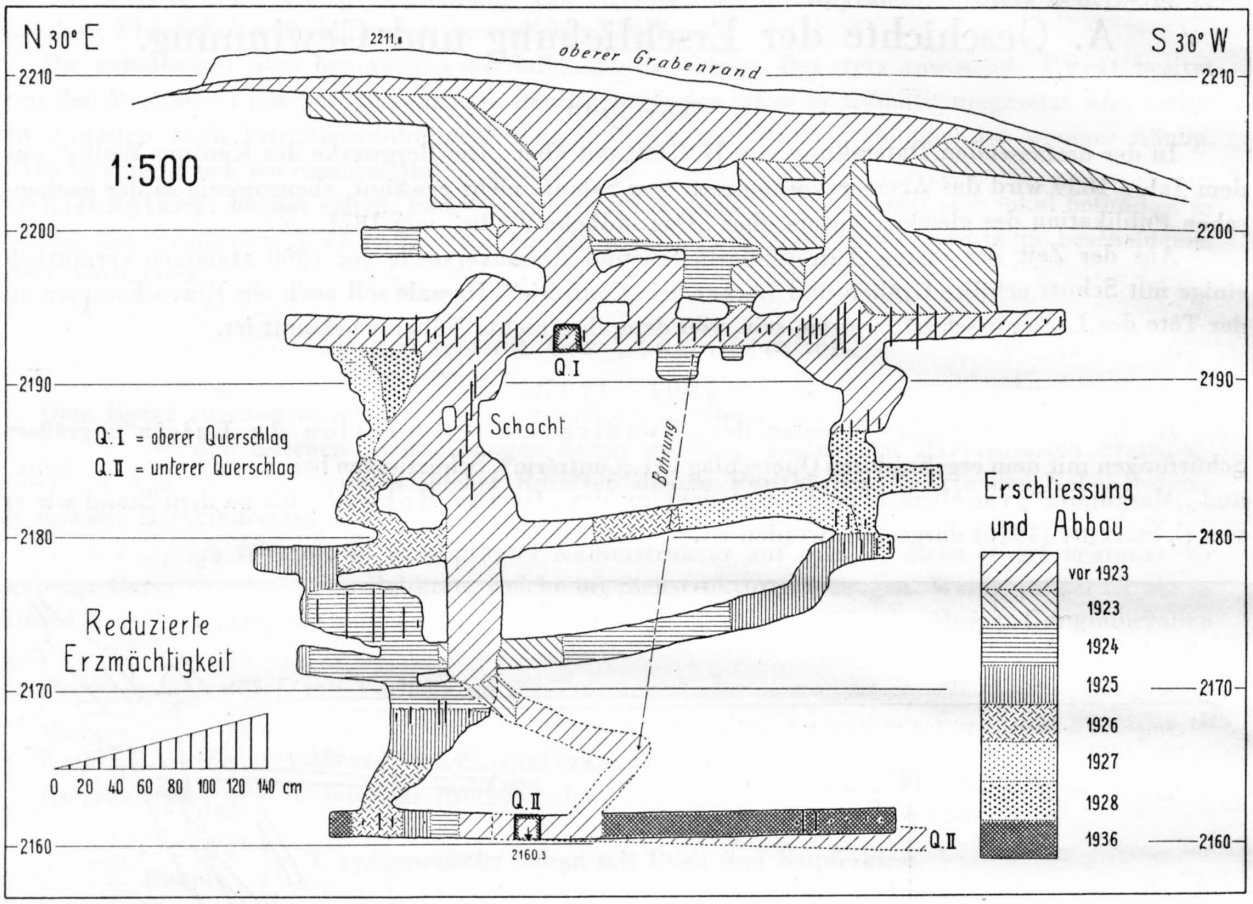


Fig. 23. Grube Robert. Seigerriß 1 : 500. Abbauflächen und Erzmächtigkeit.

In der Grube Robert wurde der untere Querschlag um einige Meter verlängert, in der Annahme, die Vererzung, die man im Kalk nicht angetroffen hatte, möglicherweise in einem im Gneis verfalteten Kalkband aufzufinden. Man stieß dabei in der Tat auf Kalksilikatfels und Skarn, die jedoch nur geringe Ausdehnung besaßen. Hierauf wurde versucht, eine Verbindung zwischen dem untern Querschlag und dem „linken Schacht" herzustellen, dessen Grund etwas seitlich des Querschlags nur etwa 8 m über dessen Dach lag. Bei der Einstellung der Arbeiten im Oktober 1918 blieben noch 2 m Fels zu durchschlagen. Am Ende dieses Aufhauens wurde ein Erzkörper von 15—20 cm Mächtigkeit angehauen, der etwa ein Fünftel der Skarnmasse ausmachte. Die chemische Analyse ergab den gleichen As- und Au-Gehalt wie für das Erz aus dem obern Teil der Grube.

Am 22. Dezember 1919 wurde die Konzession an Ing. Giacometti übertragen, der sich entschlossen hatte, die Ausbeutung wieder aufzunehmen, nachdem es ihm gelungen war, mit der belgischen „Société générale métallurgique" einen Vertrag über die Abnahme des Erzes abzuschließen.

Im Jahre 1920 wurde zunächst aus den während der Ausbeutungsperiode 1904—1907 geförderten Haldenerzen eine kleine Menge Stückgut gewonnen und an die genannte Gesellschaft zur Verhüttung

in Hoboken (Belgien) versandt. Gleichzeitig wurde eine Aufbereitungsanlage zur Konzentrierung der Feinerze und des ärmeren stückigen Materials erstellt. Diese Anlage wurde im folgenden Jahre in Betrieb genommen und erlaubte die Erzeugung von 28 Tonnen Konzentrat aus der Halde. Für den Transport wurden einfache Seilbahnen erstellt. 1922 wurde in der gleichen Weise weitergearbeitet und gleichzeitig ein Kompressor aufgestellt, um die Arbeit im Berge mit Hilfe des Bohrhammers aufzunehmen.

In den folgenden Jahren wurde von den bestehenden Stollen und Schächten aus das Erz dort abgebaut, wo es am günstigsten entwickelt schien oder leicht zugänglich war. Die Abbaufelder der einzelnen Jahre von 1923 bis 1928 sind in Figur 23 dargestellt. Zuerst wurden die abbauwürdigen Partien über der Sohle des obern Querschlages abgebaut. Dann wurde die Verbindung vom Basisquerschlag zum linken Schacht durchgeschlagen und von diesem aus seitlich und nach der Tiefe ausgebeutet. Zwei Schrägstollen stellten eine Verbindung zum „Schacht rechts" her, scheinen aber keine befriedigende Flözentwicklung angetroffen zu haben, die zum Abbau nach oben oder unten hätte einladen können. Später wurde das Flöz auf der untern Sohle bis 10 m links des Querschlags streichend verfolgt und eine zweite Verbindung zum linken Schacht erstellt. Es wurde jedoch nicht versucht, durch größere Aufschlußarbeiten die Entwicklung des Erzlagers im Streichen systematisch zu erforschen.

Die jährlich abgebauten Flözflächen (vgl. die Tabelle 2) wurden mit jedem Jahre kleiner und 1928 mußte der Bergbau wegen ungenügender Rentabilität — die Preise für Arsen waren stark gefallen — und wegen Erschöpfung der sichtbaren Erzreserven eingestellt werden.

1929 wurden nur noch einige Schürfungen ausgeführt: die Unterfahrung des Schachtes bei Henri durch einen Querschlag, Arbeiten auf 2295 m im langen oberen Kalkzug, kleine Schürfungen bei Elise usw.

1936.

Ein neues Projekt sah die Erstellung eines 2700 m langen Basisquerschlages vor, der auf 1960 m Höhe am Nordhang des Trienttales, oberhalb Marécottes (vgl. Fig. 1), angesetzt werden sollte, von wo aus das Erz mittels einer 2100 m langen Luftseilbahn direkt zur Bahnstation geführt worden wäre. Ein solcher Querschlag hätte ein großes Abbaufeld von rund 200 m Höhe erschlossen, den Betrieb von den ungünstigen Schneeverhältnissen des Hanges von Les Ottans unabhängig gemacht und die unverhältnismäßig hohen Transportkosten auf ein tragbares Maß herabgesetzt. Durch die Einführung der elektrischen Energie sollte der Betrieb wesentlich verbilligt werden.

Die Verwirklichung dieses Projektes hätte große Mittel erfordert. Da Arsen einen sehr unsicheren Markt besitzt, hätte sich die Rentabilität ganz auf den konstanten Goldgehalt der Erze stützen müssen; sie wäre wohl bei einer mittleren Erzmächtigkeit entsprechend der Grube Robert gesichert gewesen. Die Unmöglichkeit jeder Prognose über diesen letzteren Punkt verhinderte jedoch die Finanzierung des Projektes.

In der Folge gelang es dann aber doch, eine Studiengesellschaft Salanfe zu gründen, welche sich zum Ziele setzte, die Lagerstätte durch kleinere Arbeiten besser zu erschließen. Vor allem sollte die behauptete mittlere Erzführung von 1,45 Tonnen pro Quadratmeter Abbaufläche kontrolliert und festgestellt werden, ob zwischen der Grube Robert und Confrérie eine zusammenhängende Vererzung besteht. Die Studiengesellschaft Salanfe erwarb am 15. Juli 1936 eine Option auf die Bergwerkskonzession. Ihr Erschließungsprogramm sah zunächst die folgenden Arbeiten vor:

1. Auffahren einer streichenden Strecke bei Confrérie in der Richtung gegen die Grube Robert auf Kote 2158, um diese im Niveau des Basisquerschlages zu erreichen;
2. Ausführung von ein bis zwei schrägen Kernbohrungen bei Confrérie;
3. Auffahren von streichenden Strecken in der Grube Robert vom Basisquerschlag aus in beiden Richtungen.

Diese Arbeiten wurden am 21. Juli 1936 in Angriff genommen. Die Vorarbeiten nahmen aber viel Zeit in Anspruch. Nach dem langen Betriebsunterbruch mußten an den Installationen verschiedene Reparaturen vorgenommen werden.

Nach kurzen Oberflächen-Schürfarbeiten bei Confrérie, welche auf über 10 m Länge nur an einer einzigen Stelle derbes Erz bloßlegten, das sich rasch wieder verlor, wurde der alte Stollen auf Kote 2158 um 16 m auf 21,60 m verlängert. Von 8,60 bis ca. 20,0 m ab Stollenmund zeigten sich einige Erzspuren. Die Erzführung war aber nirgends mehr als einige Zentimeter stark. Abbauwürdiges Erz war

nicht vorhanden. Da sich das Erz bei 21,60 m vollständig verlor, wurde der Vortrieb eingestellt (vgl. Fig. 6). Die darauf angesetzte Kernbohrung (vgl. Fig. 8) durchfuhr eine Kalksilikatschicht mit vereinzelten Erzspuren und wurde in 41,60 m Tiefe eingestellt. Wie auf S. 10 ausgeführt wurde, dürfte die angetroffene Kalksilikatschicht aber kaum der Kalkzone der Schürfungen und des Stollens entsprechen, so daß über deren Entwicklung nach der Tiefe noch keine Klarheit besteht. Eine zweite, steilere Bohrung wurde in 15,30 m Tiefe abgebrochen, als die Arbeiten wegen frühzeitigen Schneefalles vorzeitig eingestellt werden mußten.

In der Grube Robert wurde eine streichende Strecke in SW-Richtung 25 m weit vorgetrieben. Sie folgte streng dem Kalksilikatfels. Bis 16,0 m ab Querschlag wurden keine Erzspuren festgestellt, dann zeigten sich einige Schmitzen und bei 19,0 m trat plötzlich im Hangenden eine Linse auf, die bis 20,0 m etwa 40 cm Mächtigkeit besaß und sehr gutes Erz führte. Dann aber wurden nur noch Vererzungen von 5—9 cm Stärke beobachtet, die sich allmählich ganz verloren. Die gesamte ausgebeutete Erzmenge betrug nur einige hundert Kilo. Der Vortrieb wurde bei 25,0 m eingestellt und mit dem Vortrieb in der Gegenrichtung begonnen, der aber erst 3,50 m erreicht und noch kein Erz angetroffen hatte, als die Arbeiten Ende September abgebrochen werden mußten.

Abgesehen von den Oberflächenschürfungen und Kernbohrungen waren im ganzen 44,50 m streichende Strecken aufgefahren worden, wobei nur eine ganz unbeutende Menge Erz anfiel. Die Studiengesellschaft Salanfe schloß daraus, daß die Erzführung zu unkonstant und zu gering sei, um die Fortführung der Schürfarbeiten oder gar die Aufnahme des Bergbaus zu rechtfertigen. Sie verfügte nicht über die zur Fortsetzung der Erschließungsarbeiten auf breiterer Grundlage erforderlichen Mittel, verzichtete auf die Ausübung ihres Optionsrechtes und seither wurden keine neuen Arbeiten mehr ausgeführt.

B. Gewinnung, Aufbereitung und Transport.

1. Vorrichtung und Abbau

Wie in der Darstellung über die Entwicklung des Bergbaus in Salanfe gezeigt wurde, kam die Grube Robert über jenes Stadium nicht hinaus, in dem Schürf- und Abbauarbeiten Hand in Hand gehen. Ein flächenhafter Abbau kam nicht in Frage. Als der untere Querschlag die Flözzone erreicht hatte, war die Erzmasse im Bereich des linken Schachtes von oben her schon stark abgebaut. Nachher mußte zur Deckung der Betriebskosten das Erz dort abgebaut werden, wo es am reichsten war. So kam es auch nicht zu einem planmäßigen Abbau der mehr zusammenhängenden Erzlinsen.

Bis 1922 wurden alle Arbeiten ohne Maschinen ausgeführt. Erst im Herbst 1922 konnte ein erster Kompressor montiert werden, später ein zweiter. Sie wurden von Benzinmotoren getrieben. Die Benzintransporte waren aber sehr teuer und die vorgesehene Umstellung auf elektrische Energie konnte nicht verwirklicht werden.

Da der Kalksilikatfels sehr hart ist, wurde der Vortrieb wenn immer möglich im Kalk ausgeführt und das Erz seitlich losgesprengt.

2. Aufbereitung.

Für den Verkauf kam wegen der hohen Transportkosten nur ein Erz mit über 40 % As-Gehalt in Frage. Um auch die ärmeren Erze verwerten zu können, erstellte Ing. GIACOMETTI die erwähnte Aufbereitungsanlage.

Während der letzten Ausbeutungsperiode erfolgte eine erste Handscheidung des Sprenggutes vor Ort, wobei das Erz I. Qualität in Säcke verpackt wurde. Der Rest wurde in Rollwagen zur Halde geführt, wo eine sorgfältige zweite Handscheidung in Erz I. Qualität, Erz II. Qualität und taubes Gestein vorgenommen wurde. Das Erz II. Qualität wurde der Aufbereitungsanlage zugeführt. Teile derselben sind noch ordentlich erhalten und könnten wieder gebrauchsfähig gemacht werden, doch würde in einer zukünftigen Betriebsperiode vermutlich eine Flottationsanlage erstellt und würden die übrigen Einrichtungen entsprechend angepaßt werden müssen.

Die Elemente der Anlage sind am steilen Hang so übereinander angeordnet, daß das Aufbereitungsgut ohne Einschaltung von Hebewerken von einer Maschine zur nächsten gelangt. Das benötigte Wasser wurde dem Golettabach entnommen.

Das Erz wurde zuerst in einem Backenbrecher auf ein mittleres Korn von 1 cm gebrochen und darauf in einer Hammermühle zu Sand zerschlagen. Das Mahlgut wurde zwecks Staubverminderung in der Hammermühle benetzt und gelangte in eine Sortiertrommel mit 2 Abteilungen mit Lochungen von 1,5 bzw. 2,75 mm. Da die Körner über 2,75 mm aus den härtesten Bestandteilen der Erzzone, aus Skarnmineralien mit sehr wenig Arsenerzgehalt, bestehen, lohnte sich eine weitere Aufbereitung derselben nicht. Diese Fraktion ging daher in den Abraum. Die Fraktion 1,5 bis 2,75 mm gelangte in eine Kolbensetzmaschine, wo sie in Erz und Abraumsand geschieden wurde. Die Fraktion 0—1,5 mm wurde in zwei Spitzkasten in die Korngrößen 0,75 bis 1,5 mm und 0—0,75 mm zerlegt und der leichte Sand und Schlamm im Überlauf ausgeschieden. Die Fraktion 0,75—1,5 mm wurde in einer zweiten Setzmaschine in Erz und Abraumsand getrennt, während die Fraktion 0—0,75 mm auf einem Schüttelherd behandelt wurde. Die Erze von den beiden Setzmaschinen und dem Schüttelherd wurden in einer Trocknungsanlage getrocknet und dann in Säcke verpackt.

Über die Leistung der Aufbereitungsanlage in qualitativer Beziehung liegen keine Zahlenangaben vor. Da über den As- und Au-Gehalt des zur Aufbereitung gelangten Erzes und über den Metallgehalt der einzelnen Fraktionen und ihren Anteil am Aufbereitungsgut nichts bekannt ist, läßt sich die Höhe der Erzverluste nicht bestimmen und auch nicht erkennen, ob sich eine weitere Aufbereitung der Schlämme durch Flottation gelohnt hätte.

Die Tabelle 1 zeigt immerhin, daß die erzeugten Konzentrate einen relativ hohen Metallgehalt besaßen, der in den Jahren 1923—1928 gewöhnlich um 5—7 % unter demjenigen des Stückgutes lag.

In der Bergbauperiode 1923—1928 wurden neben 435 Tonnen Stückerz 274 Tonnen Konzentrate produziert mit einem As-Gehalt von 116,2 Tonnen und einem Au-Gehalt von 10,4 kg. Ohne diese Konzentrate hätte der Betrieb kaum so lange aufrechterhalten werden können. Da die in den Jahren 1921 und 1922 aus den Halden der Bergbauperiode 1904—1907 gewonnenen Konzentrate nur 66,6 Tonnen betragen, muß angenommen werden, daß die Förderkosten in jener ersten Periode infolge der anfänglich oberflächennahen und später auf die günstigsten Erzpartien beschränkten Ausbeutung so niedrig waren, daß man sich mit der Erzeugung von Stückerz durch besonders sorgfältige Handscheidung begnügen konnte.

3. Transport.

Während der letzten Ausbeutungsperiode wurden Stückerze und Konzentrate in Säcken zu 45 kg verpackt. Ein Rollbahngeleise führte von der Aufbereitungsanlage zum NW-Hang der Grande Barme, von wo ein Kabel von 750 m Länge zur 200 m tiefer gelegenen Talstation führte. Von hier wurde das Erz auf Maultierkarren mit maximal 20 Säcken Tragvermögen über das Plateau und dann in mehreren Windungen durch die Schlucht von Salanfe zur Tête des Larzes gebracht, von wo es durch ein zweites, 850 m langes Drahtseil zum 350 m tiefer gelegenen Plateau de Van gelangte. Bis zur Höhe von 1300 m bei Matze folgte wieder Maultiertransport. Von hier nach Salvan wurde auf einem sehr steilen Weg mit vielen engen Kurven das Erz auf der „Chargosse", die vorn ein Räderpaar und hinten Schlittenkufen besitzt, transportiert. Pferdefuhrwerke brachten es nach Vernayaz zur Bahn.

Es ist klar, daß die Kosten für den Abtransport des Erzes, aber auch diejenigen für die Materialtransporte zur Grube, unter diesen Umständen einen hohen Anteil an den Betriebskosten ausmachten. Erst seit 1944 ist das Vallon de Van durch eine Autostraße mit Salvan verbunden.

4. Anlagen über Tag.

Eine 1918/1919 erbaute Unterkunftshütte wurde im Winter 1921/1922 von einer Staublawine weggefegt. Im Sommer 1922 wurde an lawinengeschützter Stelle eine neue steinerne Hütte erstellt, die neben Büro und Küche einen Wohnraum für 20 Arbeiter enthielt.

1920 wurde die Aufbereitungsanlage gebaut und später zur Aufnahme eines Kompressors vergrößert. Eine 1924 erstellte weitere Baracke diente als Werkstatt und zur Aufnahme eines zweiten Kompressors.

Die Stauanlagen am Golettabach stammen aus dem Jahre 1923. Sie sollten die für den Betrieb der Aufbereitungsanlage erforderliche Wassermenge bei großer Trockenheit und beim Gefrieren des Wassers im Herbst sicherstellen. Im gleichen Sommer wurde das Geleise zum obern Seilbahnkopf gelegt. 1924 kam die telephonische Verbindung mit Salvan zustande.

C. Produktion.

1. Produktionsmengen und Qualität.

In der Tabelle 1 sind die jährlichen Produktionsmengen sowie der mittlere Metallgehalt des Verkaufsgutes und die gesamte Ausbeute an Arsen und Gold zusammengestellt.

Es ist anzunehmen, daß gute, erzhaltige Stücke aus den verschiedenen Schürfungen zum Verkaufsgut geschlagen wurden. So hat die Schürfung „Henri" einige Tonnen Verkaufsgut geliefert. Da es sich dabei aber alles in allem nur um unbedeutende Mengen handeln kann, darf angenommen werden, daß die in der Tabelle enthaltenen Produktionszahlen praktisch die Produktionsverhältnisse der Grube Robert wiedergeben.

Die Angaben für die Jahre 1920 und 1921 betreffen ausschließlich Erz, das während der Bergbauperiode 1904—1907 gefördert worden war und dann auf der Halde gesammelt und zum Teil naß aufbereitet wurde. Dies gilt vermutlich auch für das gesamte oder doch den größten Teil des Verkaufsgutes des Jahres 1922, da der Abbau mit dem Bohrhammer erst im Herbst jenes Jahres aufgenommen wurde.

Die Zahlen der Tabelle 1 über den Arsen- und Gold-Gehalt der von 1920—1928 verkauften Erze sind einer Zusammenstellung des Konzessionärs entnommen. Obwohl dies im Original nicht ausdrücklich

Tabelle 1.

Jahre	Produktion		Mittlerer				Gesamter			
			As-Gehalt		Au-Gehalt		As-Gehalt		Au-Gehalt	
	Stückerz t	Konzentrat t	Stückerz %	Konzentrat %	Stückerz g pro t	Konzentrat g pro t	Stückerz t	Konzentrat t	Stückerz kg	Konzentrat kg
1904—1906	410	—	46,9	—	35,0	—	192,3	—	14,3	—
1907	310	—	45,0	—	30,6	—	139,5	—	9,5	—
1920	19,5	—	45,5	—	31,5	—	8,87	—	0,614	—
1921	10,33	28,12	47,0	43,0	27,8	32,4	4,86	12,09	0,287	0,911
1922	10,51	38,49	53,0	38,3	30,0	28,8	5,57	14,74	0,315	1,108
1923	96,90	63,37	49,25	43,0	35,8	34,0	47,72	27,25	3,469	2,155
1924	173,07	52,72	47,75	42,8	32,4	34,5	82,64	22,56	5,607	1,819
1925	56,15	13,64	54,0	48,2	39,7	36,5	30,32	6,57	2,229	0,498
1926	36,91	48,57	51,8	44,9	49,7	43,0	19,12	21,81	1,834	2,089
1927	51,36	40,87	50,8	42,25	40,0	40,0	26,09	17,27	2,054	1,635
1928	20,58	54,99	47,5	37,7	39,6	39,4	9,78	20,73	0,815	2,167
1904—1922	760,34	66,61					351,10	26,83	25,016	2,019
							377,93		27,035	
1923—1928	434,97	274,16					215,67	116,19	16,008	10,363
							331,86		26,371	
1904—1928	1195,31	340,77								
	1536,08						709,79		53,406	

Grube Robert. Produktion und Metallgehalt.

angegeben ist, darf als ziemlich sicher angenommen werden, daß es sich dabei um Mittelwerte der Erzgehalte aller Lieferungen während dieser Periode handelt, die vom Abnehmer durch das Hüttenwerk in Hoboken ermittelt worden sind. Ob dies auch für die angegebenen Werte der Periode 1904—1907 zutrifft, läßt sich nicht feststellen.

Aus der Tatsache, daß aus der Halde der ersten Abbauperiode noch Stückerz und Konzentrat guter Qualität ausgelesen werden konnte und daß die Produktion an Konzentraten während der zweiten Abbauperiode einen sehr beträchtlichen Anteil der Gesamtproduktion ausmacht, darf nicht ohne weiteres geschlossen werden, daß die Stückerzproduktion in jener ersten Periode durch bessere Handscheidung wesentlich hätte vergrößert und daß durch Naßaufbereitung zusätzliche Erzmengen in Konzentratform hätten erzeugt werden können, welche einen ebenso hohen Anteil an der Gesamtproduktion ausgemacht hätten, wie dies seit 1923 der Fall war. Mindestens ein Teil des 1920—1922 durch Nachlese gewonnenen Haldenerzes war bei der Auflassung der Grube im Jahre 1907 offenbar unaufbereitet liegengeblieben. Ferner ist es wahrscheinlich, daß während der ersten Abbauperiode mit reinem Handbetrieb verhältnismäßig mehr Stückerz und weniger Feinerz entstand, und daß Erz, das später naß aufbereitet worden wäre, damals sorgfältiger geklaubt und nach Möglichkeit von taubem Gestein befreit wurde. Schätzungsweise darf man aber vielleicht doch annehmen, daß, wenn in der ersten Abbauperiode in gleicher Weise abgebaut und aufbereitet worden wäre wie in der zweiten, die Produktionsmenge um 100 bis 150 Tonnen höher gewesen wäre.

2. Erzanfall pro Flächeneinheit. Wechselnde Erzführung.

Über das Volumen und das Gewicht der abgebauten erzführenden Gesteinsmengen liegen keine zuverlässigen Angaben vor. Der mittlere As- und Au-Gehalt, bezogen auf die Raum- oder Gewichtseinheit des abgebauten Gesteins, läßt sich somit nicht angeben. Da die Mächtigkeit der abbauwürdigen Erzzone im allgemeinen beträchtlich geringer ist als die technisch notwendige minimale Abbaubreite, lassen sich indessen Untersuchungen über den Erzanfall in verschiedenen Grubenteilen durch Vergleichen des Erzanfalls pro Flächeneinheit der abgebauten Flözfelder durchführen. Die Kenntnis der Abbauflächen der einzelnen Betriebsperioden oder Betriebsjahre, wie sie in Figur 23 dargestellt sind, gestattet die Berechnung des mittleren Erzanfalls pro Quadratmeter Abbaufläche und des mittleren As- und Au-Gehalts der betreffenden Abbaufelder. Wegen der nahezu seigeren Stellung des Erzlagers können dabei die wirklichen Abbaufelder und ihre Projektion im Seigerriß als praktisch gleich groß betrachtet werden. Aus den vorhandenen Plan- und Zahlenunterlagen ergeben sich die in der Tabelle 2 zusammengestellten Werte.

Aus der Tabelle ist ersichtlich, daß die Erzführung der in den verschiedenen Abbaujahren ausgebeuteten Felder sehr unregelmäßig war. Bei den kleinen Abbaufeldern der letzten Jahre der Periode 1923—1928 ist dies leicht verständlich. Sehr große Unterschiede zeigen aber auch die drei Perioden

Tabelle 2.

Periode	Abbaufläche	Produktion	Erzanfall	As-Anfall		Au-Anfall		As-Gehalt	Au-Gehalt
	m^2	t	t/m^2	t	t/m^2	kg	g/m^2	%	%
1904—1907 einschl. 1920—1922	473	826,95	1,75	377,93	0,799	27,035	57,0	45,7	32,7
1923	217	160,27	0,74	74,97	0,345	5,624	25,9		
1924	105	225,79	2,15	105,20	1,002	7,426	70,7		
1925	58	69,79	1,20	36,89	0,636	2,727	47,0		
1926	51	85,48	1,68	40,93	0,803	3,923	76,9		
1927	32	92,23	2,88	43,36	1,355	3,689	115,3		
1928	35	75,57	2,16	30,51	0,872	2,982	85,2		
1923—1928	498	709,13	1,42	331,86	0,666	26,371	53,0	46,8	37,2
1904—1928	971	1536,08	1,58	709,79	0,731	53,406	55,0	46,2	34,8

Grube Robert. Erz-, Arsen- und Goldanfall pro m^2 Abbaufläche.

1904—1907, 1923 und 1924 mit größeren Abbaufeldern. 1923 wurden offenbar zunächst die leicht zugänglichen, in der vorausgegangenen Periode verschmähten armen Partien im höheren Teil des Bergwerks abgebaut, während in den folgenden Jahren die Ausbeutung auf die günstigen Partien konzentriert wurde.

Für einzelne Teile des Bergwerks besitzen wir zahlenmäßige Angaben über die Flözmächtigkeit. Diese Zahlen geben die sogenannte „reduzierte Mächtigkeit" an, worunter im vorliegenden Fall die Mächtigkeit verstanden wird, welche das Flöz besäße, wenn der ganze Erzgehalt in der Form von derbem Erz mit 45 % As- und 0,0035 % Au-Gehalt vorliegen würde. Die Umrechnung der beobachteten Mächtigkeiten auf „reduzierte Mächtigkeit" kann aus der Natur der Sache nicht exakt sein. Die Zahlen geben indessen eine gute Vorstellung von der Unregelmäßigkeit der Erzführung. Die reduzierten Mächtigkeiten sind im Seigerriß Figur 23 durch Striche entsprechender Länge wiedergegeben. Die Darstellung läßt erkennen, daß gegen den Rand der Abbaufläche die Erzmächtigkeit in der Regel stark abnimmt oder daß das Erz ganz aussetzt.

Auf der Sohle des obern Querschlages errechnet sich zwischen den beiden entferntesten Beobachtungspunkten, also auf eine Strecke von 42,5 m, eine mittlere reduzierte Erzmächtigkeit von 55,24 cm. Wenn das spezifische Gewicht des rohen Erzes mit 5,0—5,5 angenommen wird, ergibt sich für die ganze abgebaute Gangfläche der Grube, die tauben Partien inbegriffen, eine mittlere reduzierte Erzmächtigkeit von nur 30 cm, also wenig mehr als die Hälfte der eben genannten Zahl.

D. Erzvorrat. Abbauwürdigkeit der Lagerstätte.

Die Schätzung des Inhalts der Lagerstätte stößt auf verschiedene Schwierigkeiten. Das Erz ist streng an die Kalkzüge gebunden, die als Linsen unregelmäßiger Form, Ausdehnung und Mächtigkeit in den Gneisen eingelagert sind. Einzelne dieser Kalkeinlagerungen besitzen immerhin größere Ausdehnung. Die Zufuhr der erzbildenden Lösungen erfolgte längs unregelmäßigen und ungleichmäßig verteilten Klüften und Kapillaren, und die von ihnen erreichten Kalke waren wahrscheinlich nicht alle in gleichem Maße für die Vererzung geeignet. Das Erz bildet Linsen, Nester, Schnüre, wobei die Konzentration von feinsten spärlichen Imprägnationen bis zu dichten reinen Erzmassen wechselt.

Daß sich die Erzzone der Grube Robert nach NW bis zu den Schürfungen von „Confrérie" fortsetzt, läßt sich unmittelbar beobachten. Die SW-Fortsetzung ist oberflächlich nicht sicher festgestellt. Im Gebiet der Schürfungen 500 m SW der Grube Robert sind Vererzungen in verschiedenen Kalkeinlagerungen vorhanden, doch zeigt keine derselben eine Entwicklung, die an die reicheren Partien der Grube Robert heranreicht. Es ist daher nicht ganz ausgeschlossen, daß die verhältnismäßig reiche Erzführung der Grube Robert einen günstigen Ausnahmefall darstellt.

Eine gesetzmäßige Abhängigkeit der Erzführung von der Tiefe läßt sich nicht beobachten, was bei der geringen Tiefenausdehnung der Grube Robert und dem zweifellos beträchtlichen Abstand der der Beobachtung zugänglichen Vererzungen vom Magma, das die erzbildenden Dämpfe und Lösungen geliefert hat, auch nicht zu erwarten ist. Es ist daher durchaus möglich, daß Vererzungen, wie sie die Grube Robert zeigt, auch in größerer Tiefe auftreten können.

Betrachtungen über die Größe des möglichen Erzvorrats müssen mangels genügender anderer Aufschlüsse offenbar von den Verhältnissen in der Grube Robert ausgehen unter der Annahme, daß gleich große Flözfelder wie dasjenige der Grube Robert ungefähr entsprechende Mengen abbauwürdigen Erzes enthalten.

Als verritzte, zur Beurteilung der mittleren Erzführung genügend erschlossene Fläche der Grube Robert kann das Polygon betrachtet werden, das durch die Oberfläche, die Basisstrecke und zu beiden Seiten durch Linien begrenzt wird, welche je vom Ende der Basisstrecke zum Ende des oberen Schrägstollens, zum Ende der Strecke des obern Querschlages und von hier senkrecht bis zur Oberfläche laufen. Diese Fläche mißt rund 2180 m², der durch den Bergbau bloßgelegte Teil 970 m², der übrige 1210 m².

Der sichtbare Teil hat 1536 Tonnen Erz geliefert. Wenn während der Abbauperiode 1904—1907 naß aufbereitet worden wäre (vgl. S. 49), hätte die Gesamtproduktion schätzungsweise 1650 Tonnen

betragen können. Die mittlere reduzierte Mächtigkeit des unsichtbaren Teils dürfte kaum 10 cm betragen, so daß der Erzanfall aus dieser Fläche bei einem spezifischen Gewicht von 5,5 bestenfalls $1210 \times 0{,}1 \times 5{,}5 = 665{,}5$ Tonnen erreichen würde. Der vollständige Abbau sämtlichen Erzes innerhalb der verritzten Fläche hätte somit rund 2315 Tonnen Erz liefern können. Der mittlere Erzgehalt pro Quadratmeter Gangfläche betrüge in diesem Falle 1,06 oder rund 1 Tonne Erz mit 45 % As-Gehalt und 35 g Au-Gehalt.

Bei ähnlicher Konzentration und Verteilung des Erzes wie in der Grube Robert würde somit ein Feld von 100 m Erstreckung im Streichen und 100 m seigerer Höhe so viel Erz enthalten, daß bei vollständigem Abbau und sorgfältiger Aufbereitung desselben, daraus 10 000 Tonnen Verkaufsgut gewonnen werden könnten. In Wirklichkeit könnte davon aber wie in der Grube Robert nur ein Teil, nämlich etwas über zwei Drittel, durch Abbau der günstig entwickelten Gangpartien gefördert werden. Unter diesen Voraussetzungen ergibt sich für die über 800 m lange erzführende Zone bei der Annahme eines einzigen Flözes dieser mittleren Erzführung immerhin ein beträchtlicher Erzvorrat.

Abgesehen von der Ungewißheit über das Zutreffen der Voraussetzungen dieser Schätzung des möglichen Erzvorrates hängt die Abbauwürdigkeit der Lagerstätte in hohem Maße von den Absatzmöglichkeiten für die geförderten Erze ab. Seit der Auflassung der Grube Robert hat sich der Absatzmarkt für Arsen völlig verändert. Ein zukünftiges Erschließungs- und Abbauprojekt hätte von der Annahme auszugehen, daß nur das im Erz enthaltene Gold als marktfähiges Metall in Frage kommt. Dieses könnte eventuell an Ort und Stelle extrahiert werden. Das Erz könnte aber auch zur Verhüttung nach auswärts, z. B. Rumianca bei Domodossola, gebracht werden, wo die im Valle Anzasca ausgebeuteten goldhaltigen Pyrite und Arsenkiese verarbeitet werden. Der Verkaufspreis von 1 kg Feingold betrug anfang Januar 1953 Fr. 5220.—. Eine Tonne Erz mit einem mittleren Au-Gehalt von 35 g/t enthält somit für Fr. 182.70 Feingold.

Die Gewinnungskosten ließen sich gegenüber früher durch die Verwendung elekrischer Energie für den Betrieb der Kompressoren und der Aufbereitungsmaschinen vermindern. Die Transportverhältnisse sind durch den Bau neuer Straßen bedeutend günstiger geworden. Unverändert bleibt die Tatsache, daß die schneefreie Zeit nur Spätsommer und Herbst umfaßt.

Selbst wenn die Ausbeutung der Lagerstätte von Salanfe unter der Annahme ähnlicher Beschaffenheit des Erzlagers wie in der Grube Robert und unter Berücksichtigung sämtlicher Elemente der Gestehungskosten lohnend scheinen sollte, ist doch offensichtlich ein Urteil über die Abbauwürdigkeit erst möglich, wenn durch umfangreiche Erschließungsarbeiten die tatsächliche Beschaffenheit des Lagers in einem größeren noch unverritzten Felde ermittelt worden ist.

Geophysikalische Methoden kommen dafür kaum in Frage. Zwar könnte eine Untersuchung des durch Selbstpolarisation der Erzzüge erzeugten elektrischen Feldes vielleicht ergänzende Aufschlüsse über den Verlauf erzführender Kalkzüge liefern, wo diese ungenügend aufgeschlossen sind; zahlenmäßige und sichere Angaben über die Flözentwicklung nach der Tiefe kann jedoch nur die direkte Beobachtung der Erzzone im Stollen und in Schächten verschaffen. Zweckmäßig angesetzte vertikale und geneigte Kernbohrungen könnten verhältnismäßig rasch und bis in größere Tiefen eine gewisse Einsicht in die Flözentwicklung vermitteln und besonders für die Planung späterer Stollenarbeiten von Nutzen sein. Aber auch sie können diese letzteren angesichts der unregelmäßigen Vererzung nicht völlig ersetzen.

Erschließungsarbeiten unter Tag wären zunächst im Abschnitt der Grube Robert vorzusehen. Die topographischen Verhältnisse sind allerdings derart, daß neue tiefere Querschläge schon im Niveau des Lac des Ottans über 200 m lang werden. Näherliegend wäre daher die Verlängerung der streichenden Strecke der Fördersohle in beiden Richtungen, insbesondere nach Norden, und die Abteufung von 1 oder 2 vertikalen oder tonnlägigen Schächten, die Erstellung einer neuen Strecke im Erz auf der vorgesehenen Tiefe und Untersuchung des unverritzten Feldes über derselben mittels Aufbrüchen. Für die Abklärung der Erzführung in größerer Tiefe wird indessen aus technischen Gründen doch die Erstellung eines neuen, tieferen Querschlages nötig werden, der dann auch im Falle der Wiederaufnahme der Erzgewinnung zweckmäßige Verwendung fände. — Kernbohrungen im Abschnitt nördlich der Grube Robert und Confrérie und vor allem im Gebiet der Erzausbisse am Luisinbach könnten zusammen mit einigen längeren Stollen Unterlagen für eine bessere Beurteilung der Erzführung in diesem Abschnitt liefern.

Literatur.

DEBENEDETTI, A. (1944): Rapport sur deux visites à la Mine de Salanfe. Bericht Schweiz. Geotechnische Kommission.

FAVRE, A. (1867): Recherches dans les parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse, voisines du Mt. Blanc. Genève.

FEHLMANN, H. (1919): Der schweizerische Bergbau während des Weltkrieges. Kümmerly & Frey, Bern.

GERLACH, H. (1871): Das südwestliche Wallis. Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz, 9. Lief. Bern.

GERLACH, H. (1873): Die Bergwerke des Kantons Wallis. A. Galerini, Sitten.

HEIM, Alb. (1921): Geologie der Schweiz, Band II/1, S. 232—255. Tauchnitz, Leipzig.

HUGI, E. (1921): Pneumatolytisch-hydrothermale Wirkungen alpiner Granitintrusionen. Eclogae geol. Helv. 16, 464-482.

HUGI, E., HUTTENLOCHER, H. F., GASSMANN, F., FEHLMANN, H. (1948): Die Magnetitlagerstätten. Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, Lief. 13/4.

HUTTENLOCHER, H. (1934): Die Erzlagerstättenzonen der Westalpen. Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, Kleinere Mitteilungen 4.

VON KÄNEL, F. (1928a): Die Arsenkieslagerstätte von Salanfe. Inaug. Diss. unveröffentlicht, Bern.

VON KÄNEL, F. (1928b): Die Arsenkieslagerstätte von Salanfe. Sonderabdruck aus dem Jahrbuch der Philosophischen Fakultät II der Universität Bern, 8.

KÜNDIG, E., de QUERVAIN, F. (1941, resp. 1953): Fundstellen mineralischer Rohstoffe in der Schweiz. Herausgegeben von der Geotechnischen Kommission der S. N. G.

MEYER, J. (1916): Geologisch-Petrographische Untersuchungen am Massiv der Aiguilles Rouges. Diss. Eclogae geol Helv. 14, 46—144.

NEUHAUS, A. (1933): Die Arsen-Golderzlagerstätten von Reichenstein in Schlesien. Archiv für Lagerstättenforschung 56.

OULIANOFF, N. (1924): Le massif de l'Arpille et ses abords. Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz, N. F. 54/II.

RAMDOHR, P. (1950): Die Erzmineralien und ihre Verwachsungen. Akademie-Verlag, Berlin.

REINHARD, M., COLLET, L. W., LOMBARD, Aug., OULIANOFF, N., PARÉJAS, Ed. (1951): Geologischer Atlas der Schweiz. 1 : 25 000. Blatt 525, Finhaut.

REINHARD, M., COLLET, L. W., OULIANOFF, N. (1952): Notice explicative zu Blatt 525 Finhaut des Geologischen Atlas der Schweiz, 1 : 25 000.

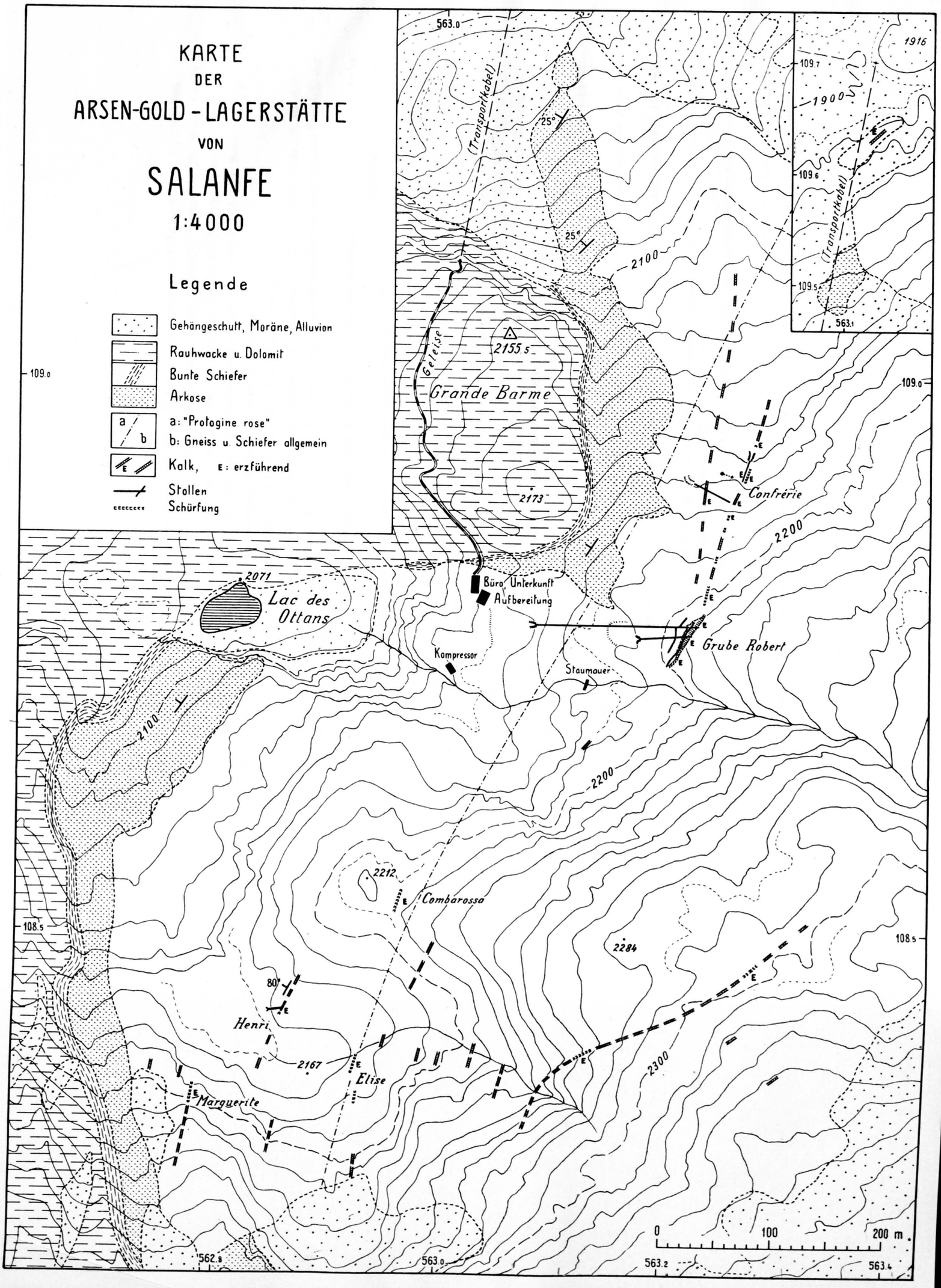
SCHMIDT, C. (1916): Über goldhaltigen Leukopyrit von Salanfe im Kanton Wallis. Zeitschr. für prakt. Geologie 7, 157-161, Berlin.

SCHMIDT, C. (1920): Texte explicatif de la Carte des Gisements des matières premières minérales de la Suisse. Herausgegeben von der Geotechnischen Kommission der S. N. G.

SCHNEIDERHÖHN, H. (1941): Lehrbuch der Erzlagerstättenkunde. Erster Band. Die Lagerstätten der magmatischen Abfolge. Gustav Fischer, Jena.

STELLA, A. (1943): I giacimenti auriferi delle Alpi italiane. Memorie descrittive della carta geologica d'Italia. XXVII.

(1918 ff.): Pläne, Projekte, Gutachten und Korrespondenz aus dem Archiv der Schweiz. Geotechnischen Kommission.



Mit Bewilligung der Eidg. Landestopographie Nr. 903. 13/1954.

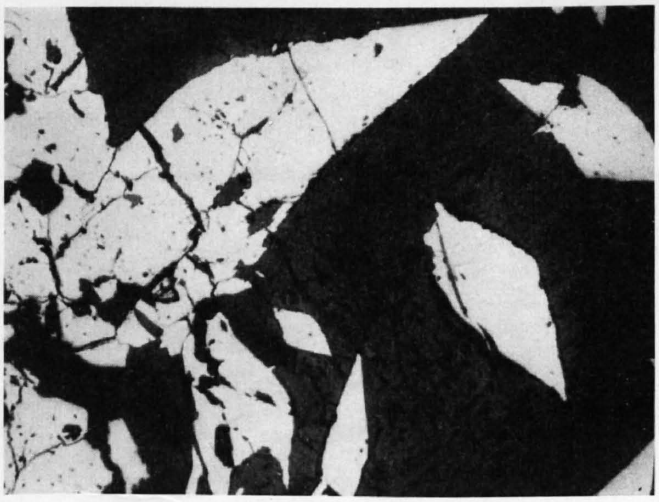


Fig. 1. Grube Robert. Arsenkies und Löllingit in idiomorpher Ausbildung. Gangart: Augit und Hornblende. Vergr. 80 ×

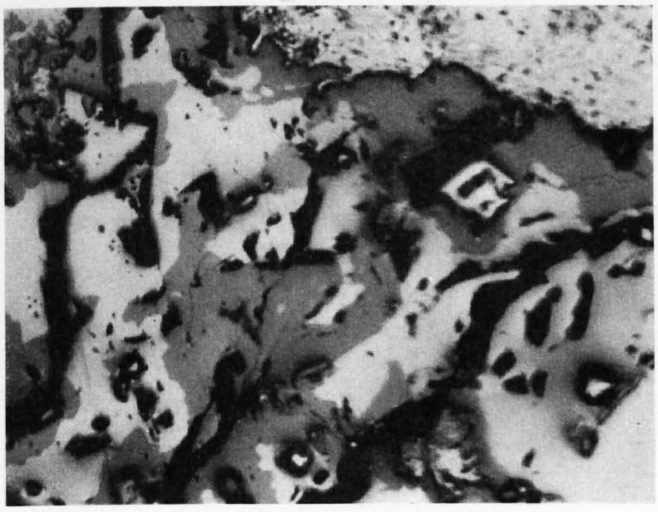


Fig. 2. Grube Robert. Kupferkies (weiß), Fahlerz (grau). Oben rechts: feinkörniges Pyrit-Arsenkies-Gefüge. Vereinzelte Pyritkörner durch starkes Relief sichtbar. Vergr. 110 ×

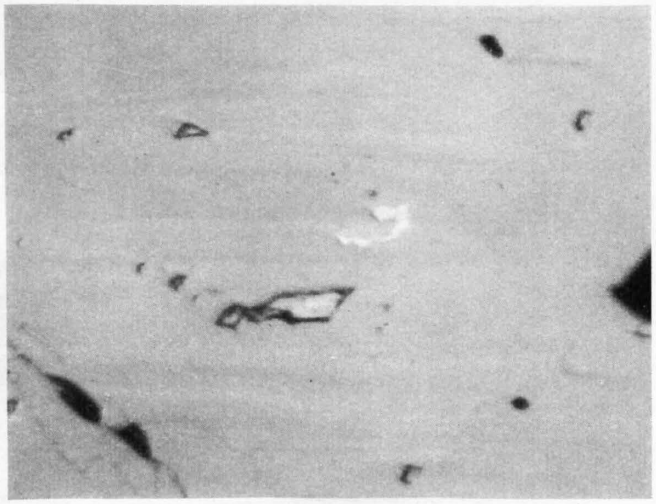


Fig. 3. Grube Robert. Gold (reinweiß) neben ged. Wismut (etwas angelaufen) in Arsenkies. Vergr. 2100 ×

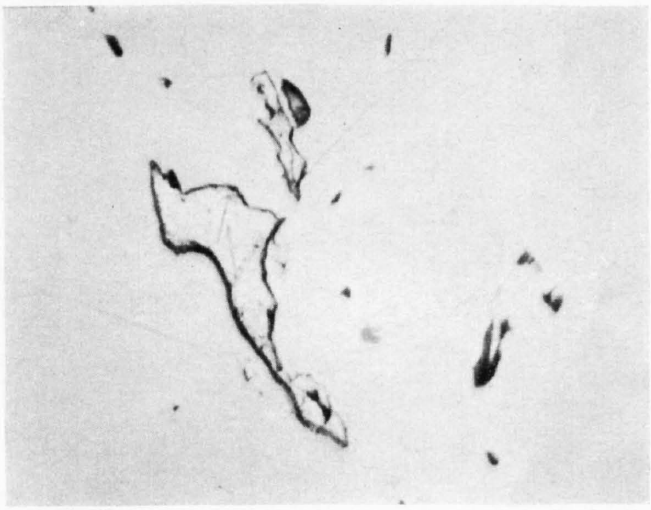


Fig. 4. Grube Robert. Ged. Wismut in Arsenkies. Vergr. 1300 ×

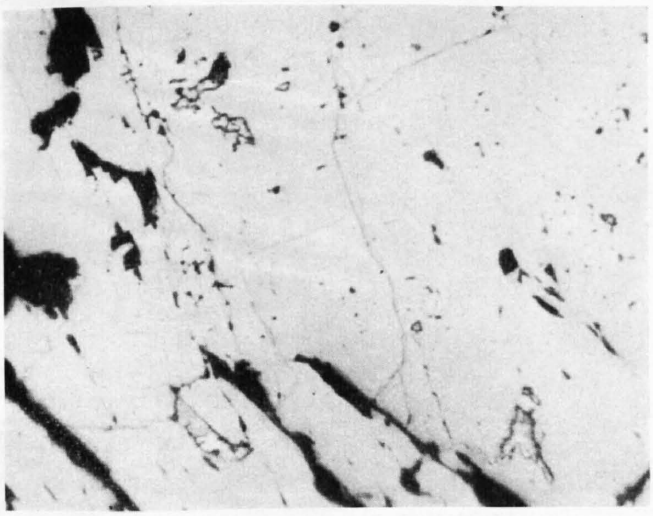


Fig. 5. Grube Robert. Gold und ged. Wismut mit Wismutglanz als Einschlüsse in Arsenkies. Vergr. 1000 ×

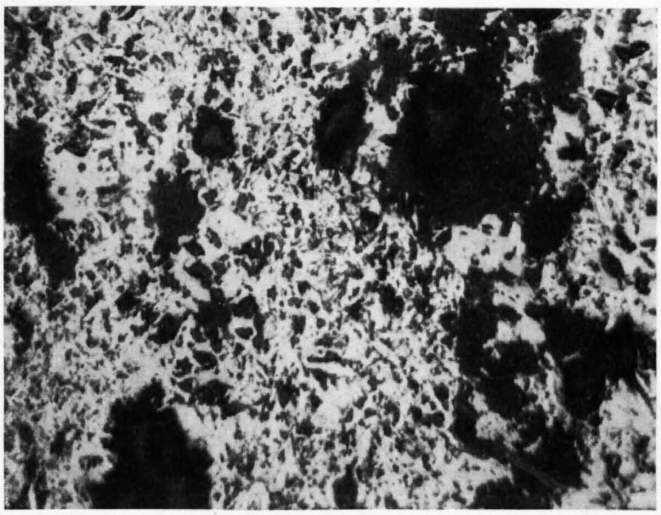


Fig. 6. Grube Robert. Feinkörnige Verwachsung von Arsenkies, Hämatit und wenig Magnetit. Vergr. 130 ×

Aufnahmen: M. Grünenfelder und R. Burger, Reinach.