

BEITRÄGE ZUR GEOLOGIE DER SCHWEIZ

GEOTECHNISCHE SERIE, 25. LIEFERUNG

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

Geologisch-petrographische Untersuchungen an der Ni-Co-Lagerstätte Kaltenberg

(Turtmantal, Wallis)

Von F. Gilliéron

Mit einem Anhang:

**Die Bergbauarbeiten in den Gruben Kaltenberg,
Grand Praz, Gollyre und Plantorin
im Sommer 1942**

KOMMISSIONSVRLAG:

KÜMMERLY & FREY, GEOGRAPHISCHER VERLAG, BERN

1946

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

BEITRÄGE ZUR GEOLOGIE DER SCHWEIZ

GEOTECHNISCHE SERIE, 25. LIEFERUNG

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

Geologisch-petrographische Untersuchungen an der Ni-Co-Lagerstätte Kaltenberg

(Turtmantal, Wallis)

Von F. Gilliéron

Mit einem Anhang:

**Die Bergbauarbeiten in den Gruben Kaltenberg,
Grand Praz, Gollyre und Plantorin
im Sommer 1942**

KOMMISSIONSVERLAG:

KÜMMERLY & FREY, GEOGRAPHISCHER VERLAG, BERN

1946

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

Inhaltsübersicht.

I. Einleitung	5
1. Topographische Lage	5
2. Geologische Übersicht	5
3. Die Casannaschiefer	5
II. Stratigraphie	6
III. Die Ni-Co-Lagerstätte Kaltenberg	16
1. Einleitung	16
2. Untersuchungsmaterial	18
3. Stratigraphie des Nebengesteins	19
4. Die Gangfüllung	20
a) Gangarten	20
b) Die Co-Ni-Erze	21
5. Tektonik und Form der Lagerstätte	30
6. Einige Erscheinungen der Dislokationsmetamorphose	32
IV. Die Ni-Co-Vorkommen von Grand Praz und Plantorin	35
V. Zusammenfassung	36
Literaturverzeichnis	37
 A n h a n g	
Die Bergbauarbeiten in den Gruben Kaltenberg, Grand Praz, Gollyre und Plantorin im Sommer 1942	39
I. Einleitung	39
II. Die Schürfungen und Arbeiten über Tag im Sommer 1942 in der Grube Kaltenberg ...	40
III. Versuche zur Gewinnung von Nickel und Kobalt aus den Erzen von Kaltenberg	45
IV. Die Untersuchungen an den Nickel-Kobalt-Vorkommen von Grand Praz, Gollyre und Plantorin	47

Vorwort der Geotechnischen Kommission.

In der Sitzung vom 15. Dezember 1945 legte Herr Dr. F. GILLIÉRON der Geotechnischen Kommission seine Promotionsarbeit an der Philosophischen Fakultät II der Universität Bern: „Geologisch-petrographische Untersuchungen an der Ni-Co-Lagerstätte Kaltenberg“ vor, mit dem Ersuchen um Publikation in den „Beiträgen“. Die Kommission stimmte der Entgegennahme dieser Arbeit zu, unter der Voraussetzung der Leistung eines Beitrages an die Druckkosten durch den Autor, womit sich dieser einverstanden erklärte. Die Kommission dankt Herrn Dr. GILLIÉRON für seine finanzielle Mitwirkung.

Da in der Mine Kaltenberg nach den Felduntersuchungen von Dr. GILLIÉRON von der Studiengesellschaft für die Nutzbarmachung der schweizerischen Erzlagerstätten bergbauliche Arbeiten durchgeführt wurden und auch die verwandten Vorkommen im Val d'Anniviers neu untersucht wurden (siehe die Einleitung S. 39), schien es der Kommission wünschenswert, darüber als Anhang einen kurzen Bericht aufzunehmen. Die Kommission ist der Studiengesellschaft und ihrem Geschäftsleiter Herrn Ing. Dr. H. FEHLMANN für die Zurverfügungstellung der Berichte der Herren Dr. A. GLAUSER, Oberingenieur W. STAUFFER und Dr. F. GILLIÉRON dankbar.

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

ZÜRICH, Oktober 1946.

**Für die Geotechnische Kommission
der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft**

Der Aktuar:

Dr. F. de Quervain.

Der Präsident:

Prof. Dr. P. Niggli.

Vorwort.

Die vorliegende Arbeit ist auf Anregung meines Lehrers, Prof. Dr. H. HUTTENLOCHER, entstanden.

Die Feldaufnahmen begann ich im Sommer 1939; doch wurden sie dann anfangs September durch die Mobilisation unterbrochen. In den Sommermonaten 1940 und 1941 erhielt ich jeweils einen kurzen Urlaub, um die Arbeit fortsetzen zu können. Für die Ausarbeitung des gesammelten Materials stand mir, wegen neuer Beanspruchung durch den Dienst, nur die Zeit vom Oktober 1941 bis Juni 1942 zur Verfügung.

Nachdem ich die Dissertation bereits eingereicht hatte, wurden im Sommer 1942 durch die Studiengesellschaft für die Nutzbarmachung der Schweizerischen Erzlagerstätten neue Aufschlußarbeiten in der Grube vorgenommen. Von den dabei gewonnenen Erzen wurde mir eine Auswahl zur Untersuchung überlassen. Mit Einverständnis von Prof. Dr. HUTTENLOCHER habe ich dann die Ergebnisse noch in die Dissertation aufgenommen und das Manuskript neben den Ergänzungen teilweise abgeändert.

Ich möchte an dieser Stelle allen, die an dieser Arbeit mitgeholfen haben, meinen Dank aussprechen. In erster Linie gilt dies Herrn Prof. Dr. HUTTENLOCHER, der mir jederzeit mit Rat und Tat zur Seite gestanden ist; dann Herrn Dr. h. c. H. FEHLMANN, Chef des Büros für Bergbau, für die mir in zuvorkommender Weise zur Verfügung gestellten Grubenpläne und Erzproben.

Ferner danke ich noch besonders den Herren P.-D. Dr. W. NOWACKI, Dr. Th. HÜGI und W. INDINGER vom Mineralogisch-Petrographischen Institut, die mir in verschiedener Hinsicht bereitwillig behilflich waren, dann aber auch Herrn Ing. PH. CHOFFAT, der mich zweimal in die Mine Kaltenberg begleitete, und dem ich auch die Telephoto von der Mine verdanke.

I. Einleitung.

1. Topographische Lage.

Zur Orientierung dient das Blatt Vissoye 487 des Siegfriedatlases.¹⁾

In der Kette, welche das Turtmantal vom Val d'Anniviers trennt, finden wir die Gipfel Roc de Budri (3080 m) und Frilhorn (3101 m). Ungefähr in der Mitte zwischen beiden sind die Punkte 3047 und 3037 angegeben. Von hier aus erstreckt sich ein W-E streichender Grat über die Punkte 2933 und 2905 und erreicht bei Punkt 1912 den Boden des Turtmantales. Auf der Nordseite dieses Grates, ungefähr auf 2500 m, dort wo die Höhenlinien der Karte in die Felszeichnungen übergehen und sich dann scharf nach Süden wenden, befinden sich die oberen Eingänge der Grube Kaltenberg. Auf der Karte selbst ist diese nicht eingezeichnet. Der Grat und die Grube haben ihren Namen nach der großen Alp Kaltenberg erhalten, die nördlich von beiden am Wege zum Pas de Forcletta gelegen ist.

Das Gebiet der eingehenderen Untersuchungen dieser Arbeit kann umgrenzt werden durch das Dreieck, welches die Punkte 2886 (Pas de Forcletta), 2181 (am Nordende des Turtmannletschers) und 1912 (am Turtmännerbach) bilden.

2. Geologische Übersicht.

Die geologischen Verhältnisse unserer Gegend können wir in der Dent-Blanche-Karte von Argand [1] übersehen. Im Norden und Westen schließt sich die Karte von F. W. Hermann an.

Einen ausgezeichneten Einblick in den Gebirgsbau gewähren uns die halbschematischen Profile von Argand, die in den Einführungen (Fasz. III) des Geologischen Führers der Schweiz [48] enthalten sind. Einen etwas größeren Rahmen bildet Nr. 22 der Profilserie zur Spezial-Karte Nr. 64 von Argand [4].

Wir befinden uns in der gewaltigen Schubmasse der Bernhard-Decke. Ihre kristallinen Schiefer kommen unter dem Steilabsturz des Turtmannletschers ans Tageslicht und erreichen langsam ansteigend den Kaltenberg-Grat, wo ihr ruhiger Lauf durch Verwerfungen unterbrochen wird. In einigen Falten setzen sie dann ihren Weg fort bis in die Stirnumfaltung der Decke an den Südhängen des Rhonetals.

Konkordant über diesen Schiefen liegen mesozoische metamorphe Kalke und Glanzschiefer (schistes lustrés) mit Prasiniten (pietre verdi). Sie beginnen am Turtmannletscher auf 2700 m, und in einer Mächtigkeit von ungefähr 200 m setzen sie sich fort bis gegen den Punkt 3037. Dann finden wir sie in mehreren liegenden Falten wieder in den Felswänden der Rocs de Budri, der Punkte 3084 und 2961, am Meidenhorn und in den Rochers de Touno.

Als Hangendes dieser Zone folgen die Gesteine der Dent-Blanche-Decke; sie bilden die höchsten Gipfel dieser Gegend: die Diablons, Bieshorn und das imposante Weißhorn. Nördlich des Forcletta-Passes ist diese Decke nur noch in einigen unbedeutenden Relikten erhalten.

3. Die Casannaschiefer.

Unter diesem Namen faßt man einen Teil der metamorphen Gesteine zusammen, die in ihrer Gesamtheit den Kern der Bernhard-Decke bilden. Ihre Schichtreihe beginnt in einem nicht näher zu bestimmenden Alter im Oberpaläozoikum und endigt mit der untern Trias.

¹⁾ Neue Landeskarte der Schweiz 1:50 000, Normalblatt 547 Montana-W.

Aus den Darstellungen Argands über die Entstehung der Penninischen Decken (vor allem in [2] und [48]) läßt sich auch die Geschichte der Casannaschiefer herauslesen. Diese Arbeiten sind aber allgemein so bekannt, daß sich hier eine Wiederholung erübrigt.

Die Casannaschiefer sind kristalline Schiefer, die sich in der Hauptsache als umgewandelte, tonig-sandige Ablagerungen deuten lassen. Darin eingeschaltet treten dunklere, massige Gesteine auf, bei denen es sich wohl um metamorphe basische Eruptivgesteine und Tuffe handelt. Injektionsgesteine und Orthogneise vervollständigen das Bild.

Bei der Umwandlung dieser Gesteine spielte die Regionalmetamorphose die größte Rolle; Kontaktmetamorphose war nur in geringerem Maße beteiligt.

Eine erste Umprägung vollzog sich schon während der herzynischen Faltung; in den spätern alpinen gebirgsbildenden Phasen überlagerten neue Metamorphosen diese erste, so daß also die Casannaschiefer im allgemeinen als polymetamorphe Gesteine aufzufassen sind. Doch ist es bis jetzt nicht möglich, die Anteile der verschiedenen Faltungsphasen voneinander zu trennen.

Charakteristisch ist das Fehlen von Schichtgrenzen; vielmehr können wir, wenigstens innerhalb der Paragesteine, von fast jedem Gestein einen allmählichen Übergang zu fast jedem andern beobachten.

II. Stratigraphie.

ARGAND hat die Casannaschiefer des Kaltenberggrates ohne genauere Unterteilung unter der Bezeichnung „quartzites, micaschistes et schistes amphiboliques, avec injections granitiques restreintes“ einheitlich kartiert.

Um aber die tektonischen Verhältnisse eingehender studieren zu können, wie es die Untersuchung einer Lagerstätte erfordert, müssen wir versuchen, zu einer feineren stratigraphischen Einteilung zu gelangen. Eine Lösung dieser Aufgabe ist bei den komplizierten Verhältnissen innerhalb der Casannaschiefer nur möglich, wenn tektonische, stratigraphische und petrographische Untersuchungen sich gegenseitig ergänzen.

Eine systematische, makroskopische und mikroskopische Prüfung zeigt nun, daß es einzelne Gesteinstypen und Mineralassoziationen gibt, deren Vorkommen sich auf ein ganz bestimmtes Niveau beschränkt. An Hand solcher „Leitgesteine“ habe ich die Casannaschiefer am Kaltenberggrat in folgende stratigraphische Stufen oder Zonen unterteilt:

- | | |
|--|--|
| 1. Zone der karbonatführenden Serizit-Quarzite, | 4. Zone der Muskowit-Turmalin-Pegmatite, |
| 2. „ „ albitporphyroblastischen Glimmerschiefer, | 5. „ „ Chlorit-Serizit-Albit-Schiefer, |
| 3. „ „ Amphibolite mit aplitartigen Schlieren, | 6. „ „ prasinitischen Gesteine mit Glaukophan. |

Ein schematisches Bild über die Verteilung der sechs Zonen im Gelände gibt Figur 1. Dabei ist aber zu beachten, daß die Grenzen zwischen den Stufen ziemlich willkürlich gezogen werden mußten. Zum Teil liegt der Grund darin, daß sich die Gesteinsarten einer Zone durch allmählichen Übergang aus denjenigen einer andern entwickeln können, zum Teil ist es der Mangel an geeigneten Aufschlüssen, der eine genaue Festlegung der Grenzen verhindert. Beispielsweise könnte die untere Grenze der Muskowit-Turmalin-Pegmatit-Zone mit der untersten Pegmatitlage theoretisch genau festgelegt werden; praktisch ist dies aber der vielen Geröllhalden und Absackungen wegen nicht möglich. Aber auch dort, wo zwei Gesteinsarten aufeinanderfolgen, die sich schon im Gelände unterscheiden lassen (wie z. B. albitporphyroblastische Glimmerschiefer und die karbonatführenden Serizit-Quarzite), können wir keine scharfe Grenze ziehen, weil die Grenzflächen oft in ziemlich verwickelter Weise ineinander übergreifen. Dabei ist kaum zu entscheiden, was schon primär lithologisch bedingt ist und was auf tektonische Beanspruchung zurückzuführen ist.

Eine solche Zoneneinteilung der Casannaschiefer ist also immer mit einer gewissen Ungenauigkeit behaftet, die je nach der Beschaffenheit der aufeinanderfolgenden Gesteinsarten und der Art der Aufschlüsse sehr verschieden groß sein kann.

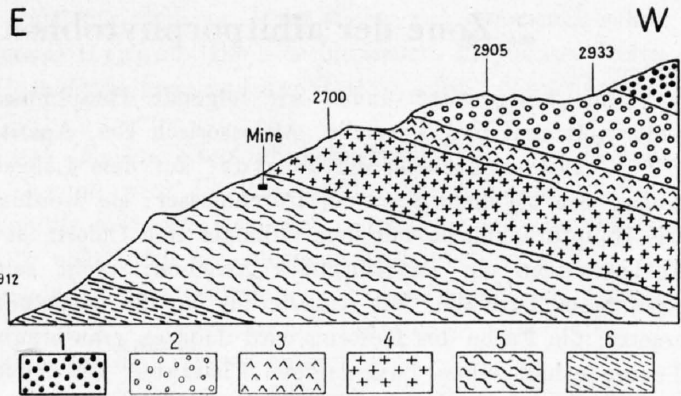


Fig. 1. Gesteinszonen am Kaltenberggrat.

- 1 Karbonatführende Serizit-Quarzite
- 2 Albitporphyroblastische Glimmerschiefer
- 3 Amphibolite mit applitartigen Schlieren
- 4 Muskowit-Turmalin-Pegmatite
- 5 Chlorit-Serizit-Albit-Schiefer
- 6 Prasinitische Gesteine mit Glaukophan

Die nachfolgende Gesteinsbeschreibung hat den Zweck, das stratigraphische und petrographische Milieu der Lagerstätte Kaltenberg zu charakterisieren. Es ist keineswegs beabsichtigt, eine erschöpfende Darstellung zu bringen, vielmehr habe ich mich auf eine kurze Beschreibung der wichtigsten Typen beschränkt. Genetische Probleme habe ich meist nur kurz gestreift, da solche Erörterungen einer viel breiteren Untersuchungsbasis bedürfen und durch chemische Analysen ergänzt werden müssen, wenn sie wirklich fruchtbar sein sollen.

Die ausführliche Darstellung soll aber dann in einer andern Arbeit und in einem andern Zusammenhang gebracht werden. Wie die Untersuchungen von E. HALM [49] zeigen, können auch in den Casanna-Schiefen des obern Val d'Anniviers die fünf obern Gesteinszonen unterschieden werden. Die unterste Zone ist wahrscheinlich wegen des großen Axialgefälles der Penninischen Decken dort nicht mehr aufgeschlossen.

1. Zone der karbonatführenden Serizit-Quarzite.

Charakteristischer Typ ist ein

karbonatführender Serizit-Quarzitschiefer.

Makroskopisch zeigt er stark gefaltete hellgrünliche Serizitlagen mit geröllartigen Quarz- und Karbonatknollen und -linsen. Die verwitterten eisenhaltigen Karbonate erzeugen in dem hellen Gestein eine braune Sprenkelung.

Hauptminerale sind Quarz, Serizit und Karbonat; ferner Limonit, Eisenglanz und Pyrit. Untergeordnet können Apatit, Zirkon und Rutil auftreten.

Der Quarz erscheint in undulös auslöschenden, ineinander verzahnten Körnern, z. T. etwas porphyroblastisch. Der Serizit ist feinnematoblastisch in gefalteten Lagen. Die Karbonate in mehr oder weniger idiomorphischen Individuen sind meist eisenhaltig und mit einem braunen Limonitsaum umgeben.

Die Textur schwankt zwischen schiefrig, schwach lagig und gefaltet; die Struktur ist kataklastisch bis feinlepidoblastisch.

Weniger häufig findet sich auch ein

karbonatführender Chlorit-Serizit-Quarzit.

Quarz, Chlorit, Serizit und Karbonat sind Hauptminerale; dazu Erz, Albit, Limonit; Turmalin, Titanit und Apatit treten untergeordnet auf.

Unter dem Mikroskop zeigt das Gestein eine ziemlich feinkörnige homöoblastische Grundmasse von Quarz mit Serizit-Chloritzügen. Der feinlepidoblastische Chlorit hat braune Interferenzfarben. Als Karbonat tritt meist Siderit in größeren Individuen auf; er ist fast durchweg von einem braunen Limonitsaum umgeben. Als Erze findet man Eisenglanz und Pyrit. Die xenomorphen Körner des Albits sind reich an Seriziteinschlüssen und treten vor allem in den Serizit-Chloritzügen auf, wo sich auch die kleinen rundlichen Körner des Titanits finden. Der Turmalin zeigt Pleochroismus mit grünbraunen Farben.

Die Textur ist schiefrig.

2. Zone der albitporphyroblastischen Glimmerschiefer.

Im „Leitgestein“ finden wir folgende Hauptminerale: Albit, Muskowit, Quarz, Biotit, dazu Chlorit, Granat und Turmalin. Akzessorisch Erz, Apatit, Titanit und Zirkon.

Charakteristisch ist die Textur: auf dem Längsbruch erscheinen die Albitporphyroblasten als Augen von bis mehr als 1 cm Durchmesser; sie werden umflossen von Muskowit, Biotit und Chlorit. Die Hauptbruchfläche mit dem Glimmer und Chlorit ist silberweiß-grün gefleckt und erhält durch die Feldspat-Augen ein waffelförmiges Ansehen; nicht selten findet man darauf auch Nadelchen von schwarzem Turmalin. Mit Annäherung an die nächstuntere Zone wird der Chlorit meist durch Biotit ersetzt; die Farbe des Gesteins wird dadurch grau-bräunlich. Die „Augen“ werden oft kleiner, und die Textur erhält einen linsig-lagigen Charakter. Die Albitporphyroblasten sind jedoch immer deutlich erkennbar.

Unter dem Mikroskop zeigt der Albit poikiloblastische Struktur mit Einschlüssen von kleinen idiomorphen Granaten, Quarz, Biotit, Serizit und Chloritnadelchen; die albitische Grundmasse zeigt hier und da Lamellierung und Spaltrisse.

Muskowit, Biotit und Chlorit sind langsträhmig bis schuppig ausgebildet und oft miteinander verwachsen. Der Biotit ist stark pleochroitisch ($\parallel n_y$ dunkelbraun, $\perp n_y$ hellgelb). Der Chlorit besitzt dunkelblaue Interferenzfarben; der Turmalin zeigt Pleochroismus mit oliv-bräunlichen Farben.

Als schollenförmige Einlagerungen, die an der Oberfläche als kleine Buckel erscheinen, treten in diesen Albitporphyroblasten-Schiefen dunkle Amphibolite auf. Kleine helle, „augen“-artige Flecken geben ihnen oft ein gesprenkeltes Aussehen.

Die Textur ist massig bis schwach schiefrig.

Die Hornblenden sind meist ziemlich parallel angeordnet; Pleochroismus: n_y grün mit Stich ins Bläuliche, n_z olivgrün, n_x gelbgrün.

In laminierten Amphiboliten kann man gelegentlich Umwandlung in Biotit beobachten. Andere Hornblenden zeigen Umwandlung in Epidot, wobei Quarz neu gebildet wird.

Die hellen, augenartigen Flecken erweisen sich unter dem Mikroskop als nicht näher bestimmbare Feldspatsubstanz, die äußerst fein mit Serizit, Zoisit-Epidot und Quarz verwachsen ist und größere idiomorphe Granate, Hornblendefetzen und Titanit enthält. Gelegentlich ist mehr oder weniger deutlich ein einheitliches Auslösches des ganzen „Auges“ festzustellen, vereinzelt finden sich auch feine Lamellen, so daß das Ganze wohl als umgewandelte oder aber auch als neu entstandene Feldspäte aufzufassen ist. Der Quarz weist geringe undulöse Auslöschung auf. Zuweilen zeigt sich beginnende Lagenbildung. Der Titanit hat meist längliche bis rundliche Umrisse; er ist bräunlich und manchmal schwach pleochroitisch. Beim Erz handelt es sich gewöhnlich um Titanisen; hier und da kann man einen feinen Rand von Titanit um dem Ilmenit beobachten.

3. Zone der Amphibolite mit aplitartigen Schlieren.

In dieser Zone dominieren Amphibolite vom Typus wie sie in der Zone 2 als schollen- und lagenförmige Einschaltungen vorkommen. Diese weisen ihrerseits wieder meist helle, quarz- und feldspatreiche, aplitisch aussehende und gelegentlich auch rotbraune granatreiche Schlieren und Lagen auf und führen zu sehr wechselndem Mineralbestand. Im Gelände sind die Verhältnisse unübersichtlich, da fast durchweg für alle die gleiche bräunliche Anwitterungsfarbe vorherrscht. Das unruhige, schollig bis schlierig gefaltete Aussehen (wie Injektionsfalten) dieser Zone verrät sich aber in den Handstücken und in den Schläffen.

Die hellfarbigen Anteile bestehen hauptsächlich aus Plagioklas und Quarz, dazu kommen Epidot, Titanit und untergeordnet Chlorit, Ilmenit, Pyrit und Zirkon. Der Plagioklas zeigt meist größere Individuen mit buchtigen Formen; es läßt sich ein lamellenreicher, ziemlich einschlußarmer Typ unterscheiden von einem solchen, der ganz mit Serizit und etwas Epidot durchspickt ist und bei dem die Lamellen nur noch selten und schwach sichtbar sind. Der Quarz kommt in kleineren, gar nicht oder nur schwach undulös auslöschenden Körnern vor. Der Gehalt an Epidot, der im Zentrum der

Schlieren sehr gering ist, nimmt oft gegen den Rand hin stark zu. Meist stellen sich dann auch schon Fetzen von Hornblenden ein und teilweise etwas Granat. Die einschlußarmen Plagioklase treten fast ganz zurück; nach und nach überwiegt die Hornblende ganz und das Gestein erhält den Charakter der oben beschriebenen Amphibolite.

In einem Schliff, der dem Mineralbestand nach (Epidot, einschlußreiche Plagioklase, Hornblende, Titanit) aus dem Rande einer solchen Schliere stammt, wird die Hornblende vom Karbonat „aufgefressen“. Auch in einem andern epidotreichen Schliffe läßt sich Karbonat feststellen; z. T. durchzieht es in feinen Gängchen das Gestein, z. T. ist es in vollständig xenomorphen Individuen verteilt.

Eine granatreiche Schliere zeigt folgenden Mineralbestand: Granat, Plagioklas, Quarz, Hornblenden; dazu Biotit, Epidot, Apatit und Ilmenit. Der Granat ist oft voll Quarz- und Seriziteinschlüsse, am Rande und auf Spaltrissen meist in Biotit und Chlorit umgewandelt.

Die Plagioklase sind xenomorph und stark serizitisiert; Individuen mit guter Lamellierung sind selten. Der Quarz ist ziemlich klar und löscht nur in wenigen Körnern schwach undulös aus. Die Hornblenden zeigen parallel n_y dunkelblaugrüne Farben und sind oft mit Biotit verwachsen; dieser zeigt auffallend starken Pleochroismus ($\parallel n_y$ dunkelbraun, $\perp n_y$ leuchtendgelb).

In einem weitem Schliff finden wir folgendes Stadium festgehalten: Der Epidot tritt in größeren, meist zonaren Individuen auf, oft enthält er vollständig klare, rundliche Quarzkörner als Einschlüsse, zuweilen Ilmenit. Die Hornblende ist ganz verschwunden; dafür hat der Gehalt an Biotit zugenommen; sein Pleochroismus zeigt hier schmutzig-grünbraune Farben, er ist oft gespickt mit winzigen Erzpartikelchen (Ilmenit?). Auch der Plagioklas fehlt; er wird ersetzt durch ein feines Gewebe von Quarz, Serizit, Chlorit und Epidot. Der Erzgehalt hat bedeutend zugenommen. Annähernd gleichgeblieben sind der Granat (hier teilweise mit Ilmeniteinschlüssen), Quarz und Apatit.

Daneben treten in dieser Zone massige, dichte Gesteine auf, die sich durch ihren bedeutenden Gehalt an Granat auszeichnen. Weitere Gemengteile sind Hornblende, Augit, Quarz und Epidot; dann Rutil, Titanit, Albit und Apatit. Struktur und Mineralgehalt wechseln rasch, wobei sich alle Übergänge zwischen einem „Eklogit“ und einem Granat-Amphibolit verfolgen lassen. Der

Eklogit

erscheint makroskopisch als dichtes, hellgrünes Gestein mit braunroten Granaten. Die Struktur ist nematoblastisch, die Textur kristallisationsschiefzig.

Hauptgemengteile sind Pyroxen, Granat und Quarz; daneben Rutil, Hornblende, Apatit und Plagioklas.

Die Pyroxene sind meist stenglig entwickelt, farblos, mit Auslöschungsschiefen um 40° . Am Rande sind sie in myrmekitartige Verwachsungen von Hornblende und vermutlich Plagioklas aufgelöst. Diese feinen Verwachsungen füllen die Lücken zwischen den übrigen Gemengteilen. Der Granat ist oft gestreckt und zerrissen; in den Streckungshöfen hat sich häufig frischer Quarz gebildet. Am Rande und auf Spaltrissen hat Umwandlung in Hornblende mit lichtblauen pleochroitischen Farben begonnen. Der Rutil ist in den andern Gemengteilen mit Ausnahme des Quarzes in kleinen länglichen Körnern zu finden. In der entsprechenden Gesteinszone der Casannaschiefer im obern Val d'Anniviers fand E. HALM [49] ebenfalls eklogitische Gesteine (Enstatit-Eklogit, Enstatit-Strahlsteinfels).

Granat-Amphibolit.

Makroskopisch dichtes, dunkles, glänzendes Gestein, mit braunroten Granaten bis zu 1 mm Durchmesser gefüllt. Hauptgemengteile sind: Granat und Hornblende; dann Rutil, Quarz und Apatit.

In einer Zwischenmasse von tafeligen Hornblenden sind zahlreiche idioblastische Granate von verschiedener Größe eingebettet. Sie sind oft zonar aufgebaut, wobei der Kern von Hornblende gebildet wird. Neben der gemeinen Hornblende finden sich Glaukophan (opt. negativ, Pleochroismus n_y bläulich, n_a farblos) und Lawsonit (opt. positiv, Pleochroismus n_y farblos, n_a bläulich). Der Quarz bildet einzelne deformationsfreie Körner zwischen den Granaten. Der Rutil ist als Einschluß in den Hornblenden und in den Granaten zu finden.

An der Grenze gegen die nächstuntere Zone finden sich auf Spaltrissen, oder auch in die granatführenden Gesteine eingeknetet, helle pegmatitische Lagen aus Quarz und Albit mit Muskowit-

Porphyroblasten. In ihrer Nähe sind die Umwandlungen von Granat und Pyroxen bedeutend weiter fortgeschritten.

Die Gesteine bestehen nun zur Hauptsache aus den Verwachsungen von Hornblende und Plagioklas, in welchen einzelne von einem breiten Saum von Hornblende umgebene Granaten schwimmen. Dazu erscheinen noch einzelne Porphyroblasten von Muskowit. In einem weitem Schliff sind die Umwandlungen noch weiter fortgeschritten: die Grundmasse besteht nun aus Albit mit kleinen Einschlüssen von Hornblende. Daneben bildet die Hornblende als Hauptgemengteil schmale Stengel, die mehr oder weniger parallel angeordnet sind, gelegentlich aber auch fast rechtwinklig zueinander stehen. Der Granat ist vollständig in Epidot, Hornblende, Albit und etwas Quarz umgewandelt, wobei die äußere Form der Granate erhalten geblieben ist. Der Gehalt an Rutil hat stark abgenommen, an seine Stelle ist Titanit getreten.

In dieselbe Zone gehört noch folgender

Muskowit-Mikrokin-Gneis.

Plagioklas, Mikrokin, Quarz, Muskowit und Serizit als Hauptmineralien; dazu Titanit und untergeordnet Apatit.

Der Plagioklas tritt meist in größeren, oft sehr fein lamellierten Individuen auf; häufig enthält er kleine, frische Quarzkörner und sehr feinen Serizit als Einschlüsse. Zuweilen sind sehr schöne Mikrokin mit perthitischen Einlagerungen zu beobachten. Der Quarz füllt die Lücken zwischen den Feldspatindividuen; größere Körner löschen undulös aus; manchmal umschließen sie ganz klare kleine Körner. Der Muskowit ist ziemlich großschuppig, makroskopisch oft bräunlich; er kann ebenfalls Quarzeinschlüsse enthalten; stellenweise ist er vollständig zu Serizit zerrieben. Der Titanit ist oft porphyroblastisch ausgebildet.

4. Zone der Muskowit-Turmalin-Pegmatite.

Das „Leitgestein“ dieser Zone mit vorwiegend serizitochloritischen Schiefern stellen helle, pegmatitische Mineralassoziationen dar, die bald in feinen Adern in das Nebengestein eindringen, bald wieder mehr bankig auftreten und mehr als 1 m mächtig werden können. In einer kataklastischen Grundmasse von Quarz, Plagioklas, Serizit (und akzessorisch Apatit) mit massiger bis schiefriger Textur finden sich Porphyroblasten von Muskowit, Turmalin und Granat.

Der Quarz ist oft ganz zerrieben; teilweise bildet er aber auch undulös auslöschende Porphyroblasten. Neubildungen kann man um Turmalinporphyroblasten beobachten. Die Plagioklase sind zum Teil ganz mit Serizit durchspickt, zum Teil sind sie aber fast einschlußfrei und zeigen Lamellen und Spaltrisse. Unter dem Drehtisch bestimmte ich den Anorthitgehalt von einzelnen meist gut lamellierten Individuen zu 10—15 %. Es handelt sich also um Albiklase. Oft läßt sich auch eine Differenzierung in Lagen mit ausschließlich Quarz und in ausgesprochen feldspatreichen Lagen beobachten. Die Muskowitporphyroblasten bilden kleine, zuweilen über 1 cm mächtige Paketchen; die Blättchen selbst erreichen oft einen Durchmesser von mehreren Zentimetern. Die Paketchen scheinen ganz unregelmäßig im Gestein verteilt zu sein. In einer etwa 5 cm mächtigen, stark verfäلتelten Lage, konnte ich aber auch beobachten, daß sie, in der Schieferungsebene liegend, den Falten folgen, ohne daß sie selbst irgendwie gefäلتelt worden wären. Turmalin erscheint makroskopisch schwarz und konzentriert sich oft lagenartig auf die Mitte der Bänke. Die Individuen können ziemlich groß werden (bis gegen 10 cm lang); außer den Prismenflächen sind selten kristallographische Flächen zu erkennen. Im Schliff sind sie olivgrün-grau gefärbt, pleochroitisch und zum Teil zonar. Der Granat kann ebenfalls porphyroblastisch auftreten; doch übersteigen die Durchmesser der Körner kaum 0,5 cm. Unter dem Mikroskop zeigt er sich am Rande und auf Spaltrissen in Biotit und Chlorit umgewandelt.

Als Nebengestein dieser Pegmatite ist folgender

Serizit-Chlorit-Schiefer

am häufigsten.

Hauptmineralien sind Quarz, Serizit und Chlorit; ferner Ilmenit und Pyrit; dazu können noch Albit, Muskowit, Granat und Epidot kommen. Untergeordnet Apatit und Zirkon.

Der Quarz tritt meist in kleineren, schwach undulös auslöschenden Körnern auf und ist schwach lagig angeordnet. Der Serizit kann zusammen mit Chlorit ebenfalls schwache Lagenbildung zeigen; hauptsächlich aber bildet er mit Quarz und Epidot ein feines Gewebe. Der Chlorit hat olivbraune Interferenzfarben und den gewöhnlichen Pleochroismus ($n_\alpha \parallel$ Spaltbarkeit grün, $n_\gamma \perp$ Spaltbarkeit gelblich). Teilweise bildet er fächerförmige Aggregate. Der Ilmenit ist meist in Fetzen über das ganze Gestein verteilt; der Pyrit ist oft etwas porphyroblastisch ausgebildet. Der Granat ist gewöhnlich gestreckt und zerrissen und in Chlorit, Serizit und Epidot umgewandelt. Der Zoisit-Epidot bildet nur kleine Körner und ist meist fein verteilt. Der Albit zeigt nur vereinzelt frische Individuen mit Lamellen; sonst ist er stark serizitisiert.

Die Textur ist schiefrig-schwach lagig; die Struktur granoblastisch.

Ein weiteres charakteristisches Gestein dieser Zone ist ein mittel- bis feinkörniger

Biotit-Muskowit-Gneis.

Hauptminerale sind Plagioklas, Biotit, Muskowit, Granat, Quarz; untergeordnet Chlorit, Turmalin, Erz, Apatit, Zirkon.

Die Textur ist schieferig-lagig, die Struktur granoblastisch-kataklastisch, oft ziemlich feinkörnig.

Die gebuchteten Plagioklase sind meist verzwilligte Individuen. Die Zwillingslamellierung nach dem Periklingesetz ist teilweise besser ausgebildet als diejenige nach dem Albitgesetz. Einzelne Messungen ergaben einen Anorthitgehalt um 25 %. Also sind es Oligoklase. Muskowit und Biotit sind häufig ziemlich großschuppig ausgebildet und untereinander verwachsen. Der Biotit ist stark pleochroitisch (n_γ dunkelbraun, n_β braun, n_α hellgelb). Der Quarz bildet meist mehr oder weniger deutliche Lagen von undulös auslöschenden, ineinander verzahnten Lagen. Der Granat ist oft zertrümmert; auf den Spaltrissen bilden sich Biotit und Chlorit. Der Turmalin kann porphyroblastisch auftreten; er ist zonar gebaut mit hellerem Kern.

Wo das Gestein tektonisch stark beansprucht wurde, ist es oft intensiv gefältelt; die größeren Gemengteile sind zerbrochen und auseinandergerissen, die feineren zu Serizit zerrieben.

Weniger häufig und hauptsächlich in den oberen Partien treten noch folgende Typen auf: ein grobflatschiger

Zweiglimmer-Gneis.

Quarz, Plagioklas, Muskowit, Biotit und Serizit sind Hauptminerale; dann Ilmenit, Granat und Chlorit; untergeordnet Epidot, Apatit und Zirkon.

Quarz: unregelmäßige Körner, größere in der Regel undulös auslöschend, kleinere oft frisch; zuweilen Flüssigkeitseinschlüsse mit Gasbläschen. Plagioklas: meist ziemlich serizitisiert; weniger serizitisierte Individuen lassen Lamellen nach dem Albitgesetz und Spaltrisse erkennen. Muskowit und Biotit sind häufig miteinander verwachsen.

Der Biotit zeigt folgenden Pleochroismus: n_γ grünbraun, n_α gelbbraun, n_β oliv. Granat: z. Teil porphyroblastisch, Umwandlung in Biotit und Chlorit. Ilmenit: unregelmäßige Formen, regellos verteilt.

Textur schwach lagig, Struktur granoblastisch-lepidoblastisch.

Feinkörniger Quarzitschiefer.

Hauptminerale sind Quarz, Epidot-Zoisit und Serizit; dann Erz, Granat, Chlorit, untergeordnet Apatit, Titanit und Zirkon.

Langgestreckte und schwach undulös auslöschende Körner von Quarz sind in einer feinen Masse von Epidot-Zoisit, Serizit und Quarz eingebettet. Der Granat erscheint in kleineren, zum Teil zerrissenen Individuen und zeigt Umwandlung in Chlorit und Serizit. Der Chlorit bildet nur kleine Fetzen mit bräunlichen Interferenzfarben.

Textur: schieferig.

Quarz-Muskowitschiefer.

Quarz, Muskowit, Serizit, Chlorit, Plagioklas als Hauptminerale; dazu Ilmenit, Granat und Zoisit-Epidot; untergeordnet Turmalin, Apatit, Titanit.

Der Quarz bildet Lagen und längliche Linsen von ineinander verzahnten Körnern, die schwach undulös auslöschend. Mit den Quarzlagen wechseln serizitreiche breitere Lagen mit Muskowit,

Chlorit und den übrigen Gemengteilen. Der Chlorit zeigt den gewohnten Pleochroismus und olivgrüne-dunkelolivbraune Interferenzfarben. Der Plagioklas ist meist in ein Gewebe von Serizit, Epidot und Quarz aufgelöst; größere Körner sind linsenartig ausgezogen; sie lassen teilweise noch Albitlamellen erkennen. Im Granat kann man Verwachsungen mit Ilmenit beobachten.

5. Zone der Serizit-Chloritschiefer.

Der größte Teil dieser Zone wird durch einen

Serizit-Chloritschiefer

eingenommen.

Hauptminerale sind Quarz, Serizit und Chlorit; dazu Muskowit, Erz (Hämatit, Magnetit, Ilmenit, Pyrit), Albit und Epidot-Zoisit. Untergeordnet Turmalin und Apatit.

Ziemlich grobkörnige Lagen von schwach oder gar nicht undulös auslöschendem Quarz wechseln mit Lagen, in denen Serizit, Chlorit und feinkörniger Quarz die Hauptmasse bilden. Der Chlorit zeigt olivbraune-gelbliche Interferenzfarben und den gewohnten Pleochroismus. Die Erze folgen immer den Serizitzügen und sind gewöhnlich nur in kleinern Körnern und Fetzen vorhanden. Der Albit ist fast durchweg serizitisiert und bildet nur kleinere xenoblastische Individuen. Zoisit-Epidot sind ebenfalls nur in kleinern Körnern zu finden. Der Turmalin ist zonar gebaut mit dunklerem Kern. Er ist hauptsächlich in intensiv durchbewegten Lagen zu finden.

Die Textur ist bald schieferig, bald mehr lagig oder linsig. Tektonisch stärker beanspruchte Partien können intensiv verfaltet sein. Die Regeneration des Quarzes ist hier auch meist vollständig. Vielfach sind die Serizite durch Sammel-Kristallisation zu Muskowiten angewachsen; in „Polygonalbögen“ folgen dann diese beiden Mineralien den Falten und zeigen so ihre posttektonische Entstehung.

Die Struktur ist granoblastisch-lepidoblastisch.

Der Mineralbestand bleibt qualitativ ziemlich beständig; quantitativ kann er etwas wechseln.

So kann durch Zunahme des Albitgehaltes ein

chloritischer Muskowit-Gneis

entstehen.

Hauptminerale sind Quarz, Albit, Muskowit, Serizit und Chlorit; dazu Erz und Zoisit-Epidot. Untergeordnet Turmalin, Apatit, Titanit.

Der Hauptbruch zeigt hellen, silberweißen Muskowit und Serizit mit dunkelgrünen Chloritschüppchen. Der Längsbruch ist schwach lagig mit speckigen Quarzlinsen und -zügen. Bei starker Tektonisierung kann er sehr schieferig werden.

Der Quarz löscht in reinen Quarzlagen immer undulös aus; in albitreichen Lagen kann er aber auch klar und ohne Kataklase auftreten. Der Albit ist xenoblastisch und stark serizitisiert, nur vereinzelte Individuen zeigen Lamellen. Der Muskowit ist in schmalen Blättchen in zwei schief zueinander stehenden Richtungen angeordnet, die Muskowitlagen erhalten dadurch ein zopfartiges Aussehen. Der Chlorit mit olivgrünen Interferenzfarben ist oft fächerförmig.

Hin und wieder findet man auch einen feinkörnigen Serizit-Quarzschiefer mit kleinen idioblastischen Karbonaten (Kalzit und Siderit mit Limonitsaum). Durch sein feines Korn und die dunklere graugrüne Farbe unterscheidet er sich deutlich von den Serizit-Quarzschiefern der obersten Zone.

Als Einlagerungen tritt ein dunkelgrüner, in eckige Stücke zerfallender feinkörniger

Epidot-Hornblendeschiefer

auf. Die Hauptminerale sind Hornblenden und Epidot; dazu Quarz, Albit, Titanit.

Die Hauptmasse besteht aus sehr feinkörnigen xenoblastischen Hornblenden und Zoisit-Epidot mit Titanit. Man kann aber öfters eine schwache Lagenbildung feststellen. Diese Lagen können entweder nur aus Quarz, aus Quarz und Albit oder aus etwas größern Zoisit-Epidotkörnern und Quarz bestehen.

Die Textur ist schieferig-schwach lagig.

Als bankige, linsige oder stockartige Einlagerung erscheint ferner ein dunkelgrüner, hellgesprenkelter

Epidot-Amphibolit.

Hauptminerale sind Plagioklas, Hornblende und Epidot; dazu Quarz, Serizit, Titanit, Eisenglanz, Ilmenit und Magnetit; untergeordnet Apatit und Chlorit.

Der xenoblastische Plagioklas ist meist ziemlich groß und z. T. porphyroblastisch und siebartig mit Seriziteinschlüssen durchsetzt; daneben enthält er auch alle andern Gemengteile als Einschlüsse. Lamellen sind teilweise gut erkennbar. Manchmal läßt sich ein unregelmäßig begrenzter Kern feststellen, der fast oder ganz einschlußfrei ist. Neubildungen von Quarz als Einschlüsse sind nicht selten. Die Hornblenden sind gewöhnlich ziemlich breitstengelig entwickelt; ihre Enden sind meist faserig und es bilden sich dort Epidot, serizitreicher Albit und Quarz. Innerhalb der Hornblendestengel ist oft eine Umwandlung in Chlorit zu beobachten. Einschlüsse von kleinen, länglichen Titanitkörnern und von frischem Quarz sind häufig.

Der Pleochroismus zeigt folgende Farben: n_γ dunkelgrün, n_β hellolivgrün, n_α olivgrün.

Der Epidot ist ausgesprochen zonar und fleckig; fast immer enthält er Einschlüsse von Quarz, Titanit, Albit oder kleineren Hornblendefetzen. Zuweilen zeigt er schwachen Pleochroismus mit gelbgrünen Farben.

Einzelne Bänke zeigen eine ausgesprochene Differenzierung in gelbgrüne Lagen von mehreren Zentimetern Mächtigkeit, die Epidot und etwas Quarz und Titanit enthalten, und in ungefähr gleich mächtige, dunkle Lagen von Hornblenden mit etwas Epidot, Quarz und Titanit.

6. Zone der glaukophanführenden prasinitischen Gesteine.

Das Leitgestein ist ein

prasinitartiger Hornblendeschiefer,

der einen Übergangstyp zwischen einem chloritreichen Zweiglimmergneis und einem Epidot-Amphibolit darstellt.

Hauptminerale sind Plagioklas, Chlorit, Hornblende, Epidot; dazu Erz und untergeordnet Apatit und Titanit.

Der Plagioklas ist ohne kristallographische Umgrenzung und meist in ein feines Gewebe von Quarz, Serizit und Epidot aufgelöst; die Struktur ist poikiloblastisch mit vorwiegend Chlorit und Hornblende als Einschlüsse. Zum Teil erscheint er porphyroblastisch und läßt dann Albitlamellierung erkennen. Der Chlorit mit olivgrün-gelben Interferenzfarben ist schuppig ausgebildet. Der Pleochroismus ist $n_\alpha \parallel$ Spaltrisse grün, $n_\gamma \perp$ Spaltrisse hellgelb. Die Hornblenden sind meist schmalstengelig entwickelt und zeigen folgenden Pleochroismus: n_γ blaugrün, n_α gelbgrün, n_β olivgrün.

Das Gestein erscheint dunkelgrün, glänzend, mit schiefriger Textur und grüngelben, epidotreichen Lagen; die Albitporphyroblasten sind als kleine, weiße Linsen und Knötchen sichtbar.

Ebenfalls als Übergangstyp anzusehen ist folgender

granatführender Hornblendegneis (prasinitartig).

Hauptminerale sind Plagioklas, Quarz, Serizit, Chlorit, Epidot; dazu Erz, Granat, Hornblende, Biotit, Muskowit, Rutil und untergeordnet Titanit und Apatit.

Überwiegender Bestandteil ist eine feldspatartige Masse von sehr feinem Serizit, Quarz und Epidot, in der fleckenartige, frische Plagioklase schwimmen. Die Struktur ist poikiloblastisch; alle übrigen Gemengteile treten als Einschlüsse auf, mit Ausnahme der fast reinen Quarzlagen, die mit dieser Masse unregelmäßig alternieren. Der Quarz ist oft zerbrochen und meist undulös auslöschend. Die Hornblenden sind stark korrodiert mit Einschlüssen von Quarz und Epidot und zeigen Umwandlung über Biotit in Chlorit. Pleochroismus: $\parallel n_\gamma$ blaugrün, $\perp n_\gamma$ grasgrün. Der Chlorit erscheint mit olivbraunen Interferenzfarben und dem gewohnten Pleochroismus. Der Granat schließt oft frischen Quarz ein und wandelt sich in Chlorit um.

Ziemlich verbreitet ist ein

chloritreicher Zweiglimmergneis.

Hauptminerale sind Quarz, Muskowit, Chlorit, Biotit, Plagioklas; dazu Erz und Granat; untergeordnet Turmalin, Titanit, Rutil, Apatit, Epidot und Zirkon.

Die Textur ist schwach lagig-linsig.

Durch die feinschuppigen Glimmer und den Chlorit entstehen dünne Lagen, nach denen das Gestein spaltet; der Hauptbruch erhält dadurch ein silberweiß-grün geflecktes Aussehen; als dunkle Gemengteile sind darauf feine Biotitblättchen und Turmalinnädelchen sichtbar.

Der Biotit erscheint meist in länglichen Blättchen mit starkem Pleochroismus (n_α hellolivbraun, n_β , n_γ dunkelolivbraun). Öfters findet man Einlagerungen von länglichen pleochroitischen Titaniten. Umwandlung in Chlorit ist oft zu beobachten. Der Plagioklas bildet meist ein diablastisches Gewebe von Serizit, Quarz und Epidot mit unregelmäßigen, frischen Flecken von Albit. Der Granat, gewöhnlich in größeren idioblastischen Körnern, enthält manchmal Einschlüsse von klarem Quarz. Der Chlorit mit olivgraubraunen Interferenzfarben ist oft fächerförmig angeordnet. Nach seinem Pleochroismus ($n_\alpha \parallel$ Spaltbarkeit grün, $n_\gamma \perp$ Spaltbarkeit gelblich) und dem optisch zweiachsigen positiven Charakter handelt es sich wohl um Klinochlor. Die Erze (meist Eisenglanz und Ilmenit) sind unregelmäßig über das Gestein verteilt.

In unregelmäßigen Bänken ist ein
eingelagert.

Epidot-Amphibolit

Hornblende, Epidot, Quarz und Chlorit sind Hauptminerale; dazu kommen Pyrit, Eisenglanz, Feldspat, Rutil und Titanit.

Die Hornblendeschiefer erscheinen als löcherige, ankorrodierte Individuen mit Epidot, Saussurit und Quarz als Anfüllungen; am Rande und auf Spalten kann man Bildung von Glaukophan beobachten. Der Quarz bildet kleinere, meist schwach undulös auslöschende xenomorphe Körner, die linsenartig auftreten. Der Epidot ist in kleineren Körnern über das Gestein verteilt, er kann sich aber auch lagenartig etwas anreichern. Der Chlorit tritt in einigen kleineren, schuppigen Aggregaten mit grünlich-grauen Interferenzfarben auf. Der Plagioklas ist xenomorph und nesterartig verteilt; er zeigt nirgends Lamellen oder Spaltrisse; in der stark saussuritisierten Masse sind einige frischere, unregelmäßig begrenzte Flecken zu beobachten. Interessant ist der Pyrit, der teilweise von einem starken limonitischen Eisenglanzsaum umrandet ist.

Die Struktur ist granoblastisch-nematoblastisch, die Textur massig-schieferig.

Kurze Übersicht über die Casannaschiefer am Kaltenberggrat.

Die tiefste aufgeschlossene Zone der Casannaschiefer am Kaltenberggrat setzt sich aus prasinitartigen Hornblendeschiefern und -gneisen sowie Zweiglimmergneisen zusammen, in welchen glaukophanführende Epidot-Amphibolite in Bänken eingelagert sind.

Diese Zone erstreckt sich vom Turtmännerbach (1900 m) bis auf etwa 2200 m und geht allmählich in eine ungefähr 350 m mächtige Gesteinsreihe über, die hauptsächlich aus Chlorit-Serizit-Schiefern besteht. In diesen ausgesprochenen Paragesteinen sind Epidot-Amphibolite eingeschaltet, die als metamorphe basische Eruptivgesteine zu deuten sind.

Auf etwa 2500 m erscheinen die untersten Lagen von ausgewalzten Muskowit-Turmalin-Pegmatiten. Als Nebengestein finden sich neben Chlorit-Serizit-Schiefern auch Quarz-Muskowit-Schiefer und Muskowit-Biotit-Gneise. Die Gesteine dieser Zone unterscheiden sich von denjenigen der angrenzenden untern Zone durch ihren vermehrten Gehalt an Albit und Turmalin, sowie durch das Auftreten von Granat und stellenweise Biotit.

Auf ungefähr 2750 m beginnt eine Zone mit vorwiegend umgewandelten Orthogesteinen, die durch raschen Wechsel in Mineralgehalt und Struktur auffallen. An der Basis erscheinen Granat-amphibolite mit Glaukophan und Lawsonit neben pyroxenführenden, eklogitartigen Gesteinen. Der Granat hat die Tendenz, sich in Hornblende umzuwandeln, und in unmittelbarem Kontakt mit Muskowit-Pegmatiten ist die Umwandlung in Hornblende, Epidot, Albit und Quarz unter Beibehaltung der äußeren Form des Granates vollständig durchgeführt. Daneben treten Amphibolite mit hellen, hauptsächlich aus Quarz, Plagioklas und am Rande Epidot führende Lagen und Schlieren auf, sowie ein Mikroklin-Gneis.

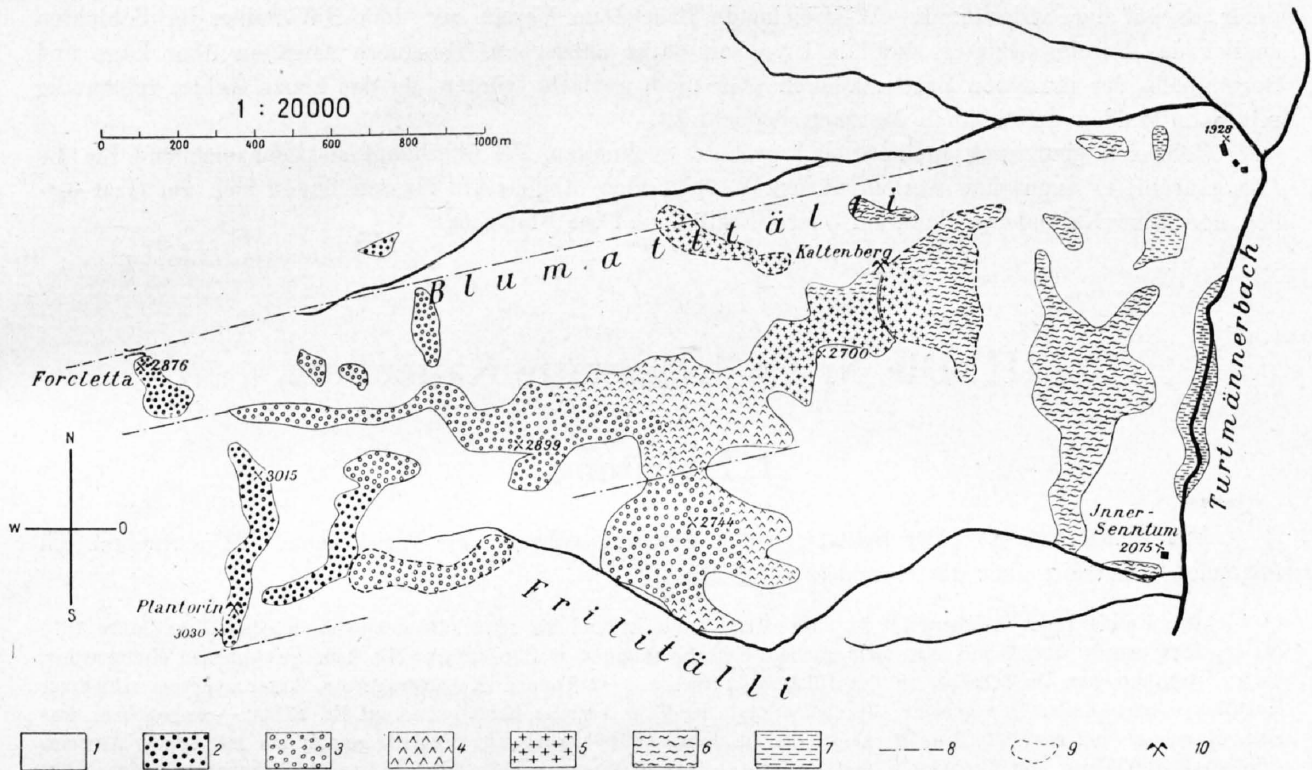


Fig. 2. Geologisch-petrographische Kartenskizze von der Umgebung der Co-Ni-Grube Kaltenberg.

- | | |
|---|---|
| 1 Schutt- und Blockhalden, Gletscherablagerungen | 6 Zone der Chlorit-Serizit-Albit-Schiefer |
| 2 Zone der karbonatführenden Serizit-Quarzite | 7 Zone der prasinitischen Gesteine mit Glaukophan |
| 3 Zone der albitporphyroblastischen Glimmerschiefer | 8 Vermuteter Bruch |
| 4 Zone der Amphibolite mit applitartigen Schlieren | 9 Absackung |
| 5 Zone der Muskowit-Turmalin-Pegmatite | 10 Co-Ni-Mine |

Das wichtigste Gestein der nächsten Zone von ungefähr 2880 m an aufwärts ist ein Albitporphyroblasten-Schiefer mit poikiloblastischem Albit, Muskowit, Quarz und Biotit als Hauptgemengteilen; Amphibolite bilden darin schollenförmige Einlagerungen. Der in beiden Gesteinen häufig auftretende Albit weist auf Natron-Zufuhr hin.

Die oberste Zone, oberhalb 2950 m, setzt sich zum größten Teil wieder aus typischen Paragneisen wie karbonatführenden Chlorit-Serizit-Quarziten und Serizit-Quarziten zusammen.

Tektonik.

Der Komplex der Casannaschiefer als Ganzes betrachtet, fällt im obern Turtmannthal mit etwa 30° gegen SW und streicht N 40° — 50° W. Die Schiefer selbst aber bilden ein kompliziertes System von Falten, Flexuren und Verschiebungen, die mangels geeigneter Bezugsflächen im einzelnen oft nicht näher verfolgt werden können. Die Messungen im Streichen und Fallen können örtlich von den angegebenen Mittelwerten erheblich abweichen; so streichen z. B. die Hornblende-Epidot-Schiefer in der Grube Kaltenberg N 15° — 25° E, und anderseits fallen die Schichten in der Umgebung der Punkte 3037 und 3047 mit 30° — 50° gegen NW.

Klüfte und Verwerfungen streichen vorzugsweise in zwei nahezu senkrecht aufeinander stehenden Richtungen: ungefähr N—S und annähernd E—W. Der ersten entspricht morphologisch die Richtung der Turtmann- und Eifischtäler, der zweiten diejenige ihrer Seitentäler (Frilitäli, Blumattäli u. a.).

Eine Zone größerer tektonischer Störungen zieht sich längs des Blumattäli hin. Die gleichen Gesteinsserien liegen auf der Nordseite des an der Forcletta entspringenden Baches ungefähr 300 m

tiefer als auf der Südseite. E—W-streichende Brüche im Verein mit dem NW-Fallen der Schichten südlich des Foreletta-Passes sind als Ursachen dafür anzusehen. Genauere Angaben über Lage und Sprunghöhe der einzelnen Brüche können aber nicht gemacht werden, da das ganze Gebiet vollständig mit Schutthalden und kleinen Moränen bedeckt ist.

Zahlreich sind auch kleinere und größere Sackungen, die überhaupt als kennzeichnend für die Casannaschiefer angesehen werden dürfen. Bedeutendere abgesackte Massen finden sich am Grat östlich der Mine Kaltenberg, dann im obern Frilitäli und im Blumattäli.

III. Die Ni-Co-Lagerstätte Kaltenberg.

1. Einleitung.

Aus H. FEHLMANN: „Der Schweizerische Bergbau während des Weltkrieges“ [21] entnehme ich folgenden Abschnitt über die Geschichte der Mine:

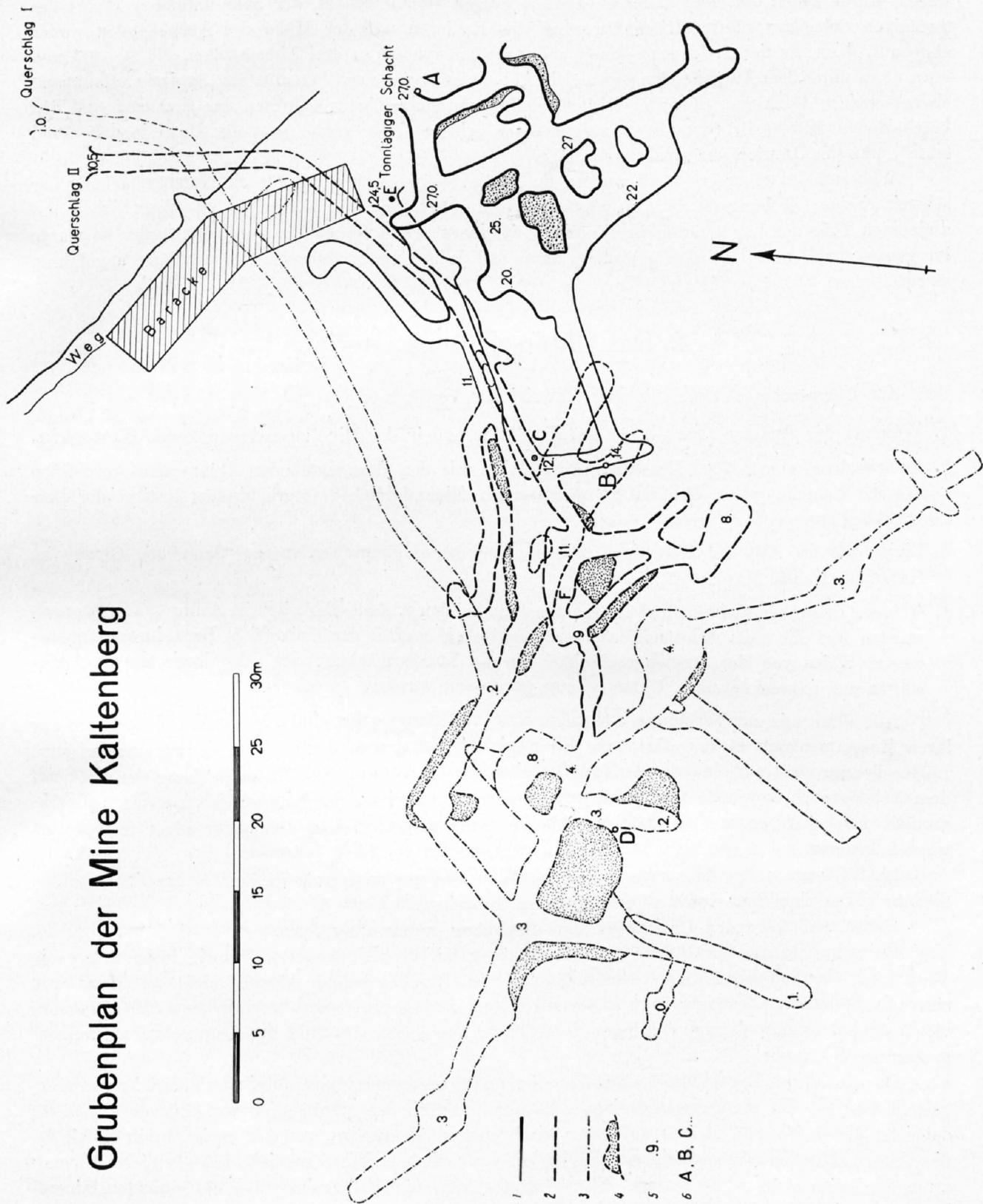
„Das Erzlager von Kaltberg ist im Jahre 1854 entdeckt und bis 1856 aufgeschlossen worden. Vom Jahre 1875 bis ca. 1884 wurde der Abbau mit manigfachen Unterbrechungen weitergeführt. Mit dem gewonnenen Erz wurden, nach Mitteilung von Dr. Schacht, in der Hütte von Sierre 1—2 Tonnen Kobaltpräparate, unter anderem schwarzes Kobaltoxyd hergestellt. Der gesamte durch Verkauf der Erze erzielte Erlös wird auf Fr. 27 000.— angegeben, was einer Erzmenge von etwa 30 Tonnen entspricht. Im Jahre 1891 erwarb Dr. Schacht gemeinsam mit seinen Associés Alioth und Burkhardt die Konzession und förderte während längerer Zeit jährlich 10—15 T handgeschiedenes Erz und Schliche, welche an das kgl. Blaufarbenwerk Oberschlema in Sachsen verkauft und nach Abzug der Eisenbahnfracht von Turtmann aus mit ca. Fr. 1000.— per Tonne bezahlt wurden. Dr. Schacht erstellte in Senntum am Turtmännerbach eine kleine Aufbereitungsanlage mit Spitzkästen und Stoßhuden nach Rittingerschem System, welche zur Zufriedenheit arbeitete. Die aufbereiteten Scheideerze enthielten 6—8 % Kobalt und ca. 1 % Nickel bei normalen Verlusten. Dieses Werk war mit der Grube (Höhendifferenz 600 m) durch eine Pendelseilbahn verbunden. Während auf der Grube das ganze Jahr regelmäßig gearbeitet wurde, stand das Aufbereitungswerk und die Drahtseilanlage nur vom April bis Oktober in Betrieb. Im Jahre 1898 wurden die Arbeiten eingestellt. Im November und Dezember 1906 sind noch einige Arbeiten von Dr. Schacht ausgeführt worden, um die Grube wieder instand zu setzen.“

Von den Anlagen außerhalb der Lagerstätte ist nicht mehr viel übriggeblieben. Zerfallenes Mauerwerk neben dem Haupteingang zur Grube verrät noch den Standort von ehemaligen Arbeiterhütten. Von der Aufbereitungsanlage am Turtmännerbach sind noch Teile des Wasserrades, das zum Antrieb diente, zu sehen. Auf der Halde und an dem steilen Abhang zwischen der Mine und dem Bach liegen vereinzelte Stücke des Kabels der Seilbahn.

Der größte Teil der Stollen ist noch in befahrbarem Zustand; doch macht sich schon überall die zerstörende Wirkung des einsickernden Wassers bemerkbar. In den untersten Bauen hat es sich stellenweise bis zu einem halben Meter Tiefe angesammelt und ist zuweilen von einer Eisschicht bedeckt, die auch im Sommer nicht schmilzt. Die Länge aller Stollen zusammen beträgt etwa 500 m, der Höhenunterschied zwischen dem höchsten und dem tiefsten Punkt des bisherigen Abbaus rund 40 m.

Nach einem Bericht von Dr. SCHACHT und nach eigenen Beobachtungen läßt sich der Gang der Ausbeutung einigermaßen rekonstruieren: Zur Entdeckung des Erzlagers führten einige linsenförmige Braunspatgängchen von wenigen Zentimetern Mächtigkeit, die stellenweise rosa Kobaltblüten zeigen und in den anstehenden Chlorit-Serizit-Schiefern in einer Länge von 8 m zutage treten. Hier wurden die ersten Schürfstollen angesetzt, wobei man schon nach wenigen Metern Vortrieb auf Erzlinsen stieß, die dann einen Abbau in südlicher und südöstlicher Richtung veranlaßten. Zur Schürfung der tiefer gelegenen Erzlager wurde hierauf ein tonnlägiger Schacht bis etwa 30 m unter das Ausgehende vortrieben; er bildet auch heute noch den wichtigsten Teil der Grube; sein Mundloch ist unmittelbar östlich neben den Ruinen der Arbeiterbaracken: Durch einen zuerst N—S, dann E—W streichenden, horizontalen Förderstollen wurde der Schacht in halber Höhe unterfahren. Einige, wahrscheinlich nur unbedeutende, streichende Strecken vom tonnlägigen Schacht aus, sowie mehrere Schürfstollen in dem abgesackten östlichen Teil der Grube schließen 1884 die erste Bauperiode ab.

Grubenplan der Mine Kaltenberg



Legende: 1 Baue der oberen Sohle, 2 Baue der mittleren Sohle, 3 Baue der untern Sohle, 4 Versatz, 5 Höhenkoten, 6 Bezugspunkte für Profile.

Nach Aufnahmen von Dr. A. GLAUSER.

1891 übernahm Dr. SCHACHT die Grube. Nachdem die alten Baue wieder befahrbar gemacht waren, wurde zuerst ein horizontaler etwa 40 m langer Stollen gebaut, der zum untersten Punkt des tonlängigen Schachtes führte. Hierauf wurden die Erzlinsen auf der Höhe des Ausgehenden weiter abgebaut, dann die tiefergelegenen. Nach und nach entstanden so drei Abbaustollen, die 0, 12,5 und etwa 25 m unter dem Ausgehenden liegen. Die Abbauweise wurde von SCHMIDT als „typischer Raubbau“ charakterisiert. Doch war sie eben weitgehend dem unregelmäßigen Auftreten der Erzlinsen und den bescheidenen Mitteln Dr. SCHACHTS angepaßt, der, wie er selber sagte, „aus der Hand in den Mund lebte“, was den Betrieb der Grube anbelangt.

Während des Sommers 1942 wurden durch die Studiengesellschaft für die Nutzbarmachung der schweizerischen Erzlagerstätten Aufschlußarbeiten durchgeführt, die sich aber im wesentlichen auf diejenigen Teile der Lagerstätten beschränkten, in denen schon vorher Erz abgebaut wurde. Es wurde im ganzen noch etwa 1 t Erz gefördert, ohne daß jedoch neue abbauwürdige Erzlager angefahren wurden.

2. Das Untersuchungsmaterial.

Zur Untersuchung stand folgendes Material zur Verfügung:

1. Während der Sommer 1939—1941 auf der Halde und in der Mine zusammengelesene Handstücke.
2. Verschiedene sehr schöne Erz- und Gangpartien mit den dazugehörenden Dünn- und Anschliffen aus der Sammlung von Prof. HUTTENLOCHER im Mineralogisch-Petrographischen Institut der Universität Bern.
3. Einige aus der Zeit des ehemaligen Abbaues stammende Erzproben aus der Sammlung OSSENT im Naturhistorischen Museum in Bern.
4. Mehrere Erzproben und vererzte Gangpartien, die bei den Aufschlußarbeiten im Jahre 1942 gewonnen wurden und die dem Mineralogisch-Petrographischen Institut der Universität Bern in verdankenswerter Weise von der Studiengesellschaft für die Nutzbarmachung der schweizerischen Erzlagerstätten zur mikroskopischen Untersuchung überlassen wurden.

Alle diese mir zur Verfügung stehenden Erze und Gangpartien sind also mehr oder weniger aus ihrem Zusammenhang herausgelöst; von den wenigsten kennt man den Ort, wo sie angestanden sind. Leider konnte auch während der Aufschlußarbeiten im Jahre 1942 dem Zusammenhang der Erze mit dem Nebengestein, sowie überhaupt den strukturellen Verhältnissen der Lagerstätte zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt werden, so daß verschiedene sehr aufschlußreiche Ortsbilder nicht festgehalten werden konnten.

In den heute aufgeschlossenen Teilen der Mine sind nur noch ganz wenige Gangpartien erhalten, die nur selten eine Spur von Co- und Ni-Erzen aufweisen.

Daher muß folgenden Umständen stets Rechnung getragen werden:

Form und Inhalt der Gänge, ihre Verknüpfung mit dem Nebengestein, sowie insbesondere die Wirkungen der intensiven, aber sehr differenzierten Durchbewegung können nicht an Hand von zusammenhängenden Beobachtungen systematisch aufgeschlossener Gänge beschrieben werden, sondern vielmehr sind es nur einzelne zufällige „Ortsbilder“, aus denen das Bild der Lagerstätte zusammengesetzt werden muß.

Der Gehalt der Lagerstätte an Erzmineralien und Gangarten muß an Hand von Material zusammengestellt werden, das mengenmäßig einen sehr geringen Teil des ursprünglich vorhandenen ausmacht; dabei ist dieses Material nicht etwa systematisch ausgewählt worden, sondern meist durch Zufall für die Untersuchung erhalten geblieben. Es ist daher ziemlich unwahrscheinlich, daß sämtliche Mineralarten der Lagerstätte erfaßt wurden. Ebenso sind mengenmäßige Angaben über die einzelnen Mineralien sowohl in bezug auf Extensität wie auf Intensität nur unter Vorbehalt zu machen.

Es ist auch offensichtlich, daß gewisse Fragen, wie etwa die Änderung des Erzgehaltes der Gänge mit zunehmender Teufe oder die Gesetzmäßigkeit im Auftreten der Erzfälle u. a. nur unsicher oder gar nicht beantwortet werden können.

3. Stratigraphie des Nebengesteins.

Die Gänge liegen in den obersten Schichten der Chlorit-Serizit-Schieferzone. Die unmittelbaren Nebengesteine der Gänge lassen sich schon makroskopisch trennen in quarzreiche gefaltete Serizit-Chlorit- oder Muskowit-Serizit-Schiefer, in harte dunkelgrüne bankige Hornblende-Epidot-Schiefer, die oft stark mit Kiesen (Arsenkies, Pyrit) imprägniert sind, und in Albit-Biotit-Schiefer.

Die Hornblende-Epidot-Schiefer bilden eine 5—10 m mächtige Lage in den Chlorit-Serizit-Schiefern, während die Albit-Biotit-Schiefer in geringer Mächtigkeit in den unteren aufgeschlossenen Partien der Lagerstätte aufzutreten scheinen.

Unter dem Mikroskop zeigen die Serizit-Chlorit- und die Muskowit-Serizit-Schiefer folgenden Mineralgehalt:

Quarz, Serizit, Muskowit und Chlorit;
Erz (hauptsächlich Magnetit), Albit, Karbonate, Epidot-Zoisit;
Turmalin, Apatit und Zirkon.

Die Struktur ist granoblastisch-lepidoblastisch, die Textur vorwiegend gefaltet.

Gegenüber den oben beschriebenen ähnlichen Gesteinstypen der gleichen Zone sind einige Unterschiede festzustellen: Im Mineralgehalt treten nun noch Karbonate hinzu. Diese sind meist xenoblastisch und oft mit einem Limonitsaum umgeben. Vermutlich sind sie erst sekundär aus den Gängen in das Nebengestein gewandert. Der Gehalt an Turmalin und hie und da an Apatit hat zugenommen; als untergeordneten Bestandteil findet man auch noch Zirkon. Der Chlorit kann sich stellenweise stark anreichern; der Magnetit bildet zuweilen Porphyroblasten mit ausgeprägter Eigenform. Bemerkenswert ist die oft vollständige Rekristallisation des Quarzes. Er tritt meist in kleinen Körnern auf, die zuweilen in gefalteten Lagen angeordnet sind. Er zeigt nur ganz selten eine Spur von undulöser Auslöschung oder sonstige Anzeichen der Kataklyse. Diese Rekristallisation des Quarzes ist zwar auch in Gesteinen außerhalb der Lagerstätte anzutreffen; aber meist ist sie nicht so durchgreifend wie hier.

Der Mineralgehalt der Hornblende-Epidot-Schiefer besteht aus:

Hornblende, Epidot;
Quarz, Titanit, Albit, Arsenkies, Pyrit.

Die Struktur ist feinkörnig, die Textur schwach kristallisationsschiefrig. Öfters enthalten sie helle, meist nur wenige Millimeter mächtige Lagen, die aus Karbonat, Quarz, Albit und Chlorit bestehen.

Die Karbonate sind xenoblastisch; größere Körner haben oft Zwillingslamellen. Die Quarzkörner sind nur klein und meist völlig regeneriert; die Albite sind klar und haben wenige oder gar keine Zwillingslamellen; oft umschließen sie kleine Karbonat- oder Serizitfetzen. Auch außerhalb der hellen Lagen sind die Karbonate zahlreich vertreten. Oft haben sie die Hornblenden verdrängt, zuweilen aber auch in sich aufgenommen.

Am Rande der Karbonatgäńchen erscheinen zuweilen Porphyroblasten von Epidot. Sie sind meist kataklastisch zerbrochen; die Sprünge sind mit neugebildetem Quarz und Karbonat ausgefüllt. Feine Sprünge des Gesteins sind mit Karbonat und wenig Quarz ausgefüllt; sie durchsetzen auch die hellen Lagen und sind also jünger als diese. Wo sie eine chloritreiche Lage schneiden, wächst der Chlorit wieder in die Karbonate hinein. Der Chlorit ist also wohl mit einigen unregelmäßigen Serizitschüppchen als die zuletzt gebildeten Mineralien aufzufassen. Hin und wieder ist der Apatit angereichert; beim Titanit kann man mitunter einen kleinen eiförmigen Kern von Rutil beobachten.

An stark laminierten Stellen können die Hornblende-Epidot-Schiefer durch Zunahme von Chlorit in Chlorit-Epidot-Schiefer oder in Chlorit-Schiefer übergehen.

Die Biotit-Schiefer zeigen stark wechselnden Mineralgehalt, der von der Entfernung von den Gängen abhängig ist. Man findet Biotit, Quarz, Serizit, Albit, Karbonat, Chlorit, Muskowit, Titanit, Arsenkies, Magnetit, Pyrit, Hornblende und Apatit in wechselnden Mengen.

Die Struktur ist lepidoblastisch-granoblastisch, die Textur gefältelt oder kristallisationsschiefrig.

Der Biotit ist stark pleochroitisch (n_{γ} olivbraun, n_{α} gelblich); es lassen sich alle Übergänge in einen Chlorit mit anormalen Interferenzfarben beobachten. Reine Biotite sind meist quer zur Schieferung gestellt, während sich reine Chlorite eher in Lagen von Quarz und Karbonat finden. Zu dem Biotit gesellt sich Feldspat, der meist nur ganz wenig Lamellen, oder aber auch alle möglichen Einschlüsse, besonders auch Karbonat enthält. Der Quarz tritt meist in kleineren Körnern auf und ist rekristallisiert.

Wo das Gestein gefältelt ist, fehlen auch Muskowit und Serizit nicht. Je nach der Entfernung von den Gängen wechselt der Gehalt an Karbonat, zu dem auch Nester von Baryt treten können. Seltener findet sich auch eine natronreiche Hornblende, die mit Magnetit zusammen aufzutreten scheint und wohl eine Neubildung darstellt. Als Erze sind hauptsächlich Pyrit, Magnetit und Arsenkies vertreten. Es ist hier aber oft schwer zu entscheiden, was noch zum Nebengestein gehört und was bereits zum Gang zu zählen ist.

4. Die Gangfüllung.

a) Gangarten.

a) Makroskopischer Befund.

Die Hauptfüllung besteht aus Karbonaten, vor allem aus Braunspat. Im allgemeinen ist er mittelspätig entwickelt; feinspätige Ausbildung findet man etwa längs der Ganggrenzen, während er in der Gangmitte zuweilen grobspätig auftreten kann. Die Farbe wechselt zwischen weiß, gelblich, grau und braun.

In ziemlichem Abstand folgen mengenmäßig Chlorit und Quarz. Der Chlorit spielt vor allem als Salbandmineral eine Rolle, doch findet man ihn oft auch innerhalb der Gänge, besonders in tektonisch stark beanspruchten Partien. Quarz ist wohl in jedem Handstück zu finden. Im allgemeinen scheint er die Randpartien der Gänge zu bevorzugen. In ausgequetschten Linsen mit Chlorit-Serizit-Schiefer als Nebengestein kann er mengenmäßig die Karbonate überwiegen. In kleinen verdrückten Gängchen (2–3 cm mächtig) kann man beobachten, wie der Quarz sich von einer Ganggrenze zur andern „durchgefressen“ und dabei Karbonat, Ni-Erze, Eisenglanz und Chlorit verdrängt hat. Er scheint hier die allerletzte Mineralbildung darzustellen und von der Durchbewegung nicht mehr erfaßt worden zu sein. Zuweilen dominiert er auch in den unmittelbar an die Gänge angrenzenden Chlorit-Serizit-Schiefen, so daß man von einer eigentlichen „Verquarzung“ des Nebengesteins sprechen kann.

Es folgen nun Magnetit und Arsenkies. Die Größe der Magnetitkriställchen ist meist unter derjenigen eines Stecknadelkopfes. Hie und da, besonders etwa in chloritischem Salband oder im angrenzenden Nebengestein, sind die Oktaeder sehr gut ausgebildet und erreichen einen Durchmesser bis zu 4 mm. In einigen Handstücken fehlt er fast ganz, während er in andern, sonst ähnlichen, sehr angereichert und in feinen Kriställchen im Karbonat eingesprengt ist. Er scheint aber ebenfalls in den Außenpartien der Gänge, wie auch im Salband häufiger aufzutreten. Zuweilen kann man einige kataklastisch zerbrochene Individuen erkennen, wobei die entstandenen Lücken mit Karbonat ausgefüllt sind.

Der Arsenkies bevorzugt die chloritreichen Salbänder, doch ist er auch in den Gängen selbst ziemlich häufig zu finden, entweder sehr fein eingesprengt, oder dann bildet er dichte Gängchen, die bis etwa 1 cm mächtig werden können und ganz unregelmäßig verlaufen. In einzelnen Gangpartien in den Biotitschiefen bildet er auch Porphyroblasten.

FR. SCHERRER hat 1893 [38] bereits die Arsenkiese von Kaltenberg beschrieben. Wir entnehmen dort folgenden Abschnitt:

„Die Kristalle sind in der Richtung der Brachydiagonale stark entwickelt. Ihre Länge schwankt von 1–5 mm. Die Dicke und Breite beträgt im Durchschnitt etwa 1 mm. Beobachtet wurden die Formen $m = (110)$, $F = (012)$, $q = (011)$. Die Prismenflächen sind ziemlich groß, während die

Flächen des Brachydomas nur etwa 0,5 mm breit sind. Die Streifung in der Brachydomenzone ist nicht sehr stark, beeinflußt deshalb die Messungen in keiner Weise. Die Flächen von $q = (011)$ sind überhaupt nicht gestreift und auf $n = (012) \frac{1}{2}$ finden sich regelmäßig breitere Teile, welche vollkommen glatt und frei von Streifen sind. Zwillinge nach beiden Gesetzen sind sehr häufig. Sie sind immer als Durchkreuzungszwillinge ausgebildet ...“

Eisenglanz konnte ich makroskopisch nur in schmalen (bis 5 cm mächtigen) Gängchen beobachten. Er bildet blättrige bis schuppige Aggregate und tritt immer mit Chlorit zusammen auf.

Den Turmalin findet man zuweilen an der Grenze zwischen intensiv durchbewegtem Salband und spätigen Linsen. Zahlreiche schwarze Nadelchen, die etwa 8 mm lang werden können und 0,1—0,5 mm breit sind, schwimmen im Chlorit.

Pyrit ist innerhalb der Gänge ziemlich selten, während er im Nebengestein, besonders in chloritreichen Hornblendeschiefen häufiger auftritt.

Biotit, Hornblende und gediegen Wismut sind akzessorische Gemengteile.

b) Mikroskopischer Befund.

Die mikroskopische Analyse ergänzt den makroskopisch gefundenen Mineralgehalt durch Albit, Serizit, Apatit, Epidot, Zirkon und Zinkblende.

Die Karbonate sind meistens xenoblastisch, nur kleine Individuen sind zuweilen eigengestaltig; gelegentlich sind Lamellen von Druckzwillingen zu finden. Herr Dr. HÜGEL, Assistent am Mineralogisch-Petrographischen Institut, hat in zuvorkommender Weise an einigen Proben Anfärbversuche ausgeführt, die ergaben, daß die Karbonate Verwachsungen von Dolomit, Ankerit und Siderit darstellen.

Der Quarz ist in der Regel rekristallisiert und bildet dann Pflasterstrukturen. In den Gängen in den Biotitschiefern ist er oft ganz mit Flüssigkeits- und Gaseinschlüssen gefüllt, zu denen noch Karbonate und andere schwer zu bestimmende kleine Einschlüsse treten können. Die Auslöschung ist dann hier meist undulös.

Der Albit zeigt ähnliches Verhalten wie der Quarz, nur ist er mengenmäßig weniger stark vertreten. In kleinen Individuen ist er meist rekristallisiert und bildet dann mit Quarz zusammen granoblastische Strukturen. Wenn die Biotitschiefer das Nebengestein bilden, ist er oft prophyroblastisch entwickelt. Er ist dann ziemlich trübe und enthält Einschlüsse von Karbonat, Biotit, Serizit und Quarz. Die größeren Körner sind meist kataklastisch zerbrochen und gestaucht.

Der Baryt tritt in den Gängen in Biotitschiefern auf als akzessorischer Gemengteil.

Der Chlorit zeigt durchweg stark anormale Interferenzfarben. Die Auslöschung ist gerade, der Pleochroismus ziemlich stark (n_γ = gelblich, n_α = grün). Er wurde von HUTTENLOCHER [30] als Pennin mit optisch negativem Charakter bestimmt. Gelegentlich findet man schöne Radiohalos, deren Kern wohl aus Zirkon besteht. Sie wurden von H. HIRSCH [29] gemessen und kurz beschrieben.

Der Turmalin findet sich ausschließlich in chloritischen Bewegungsbahnen. Er ist meist gut idioblastisch entwickelt. Der zonare Aufbau ist immer deutlich zu sehen; der Kern ist gewöhnlich heller; die Farben des Pleochroismus sind olivbraun bis graublau.

Die Hornblende zeigt entweder lange, schmale Stengel oder ist dann faserig entwickelt. Der Pleochroismus ist n_γ = blaßgrün, n_β = farblos, die Auslöschungsschiefe ist klein, es ist wohl Aktinolith oder Grammatit.

Der Biotit zeigt starken Pleochroismus (n_γ = olivbraun, n_α, n_β = gelblich) und einen Achsenwinkel von 0° .

b) Die Co-Ni-Erze.

Die Erze sind bald nesterförmig in den Gangarten verteilt, bald bilden sie darin mehr oder weniger zusammenhängende Gängchen, bald wieder füllen sie den Gang von einer Grenze zur andern und bilden kleine Linsen, in denen die Gangarten ganz zurückereten.

Über das Auftreten der Erzfälle läßt sich nach den spärlichen Aufschlüssen wenig Sicheres sagen. Doch scheint die Grenze zwischen den Hornblende-Epidot-Schiefern und den Chlorit-Epidot-Schiefern, die meist nicht scharf ausgebildet ist, sondern aus einer kies- und chloritreichen, etwa 1 m

mächtigen Zone besteht, ein bevorzugter Ort für die Bildung von Erzlinen gewesen zu sein. Ferner scheinen auch Gangpartien mit rasch wechselnder Mächtigkeit günstiger für die Ausfällung von Erzen als Gangpartien mit mehr oder weniger konstanter Mächtigkeit, die in der Regel taub sind.

Die abgebauten Erze der Mine Kalenberg wurden allgemein als „Speiskobalt“ bezeichnet. Die nachfolgenden erzmikroskopischen Untersuchungen haben aber ergeben, daß diese Bezeichnung nicht durchweg zutrifft, und daß in der Zusammensetzung der Erze ziemliche Unterschiede vorhanden sind. Daher wurde meist die neutrale Bezeichnung „Co-Ni-Erz“ verwendet und der Name „Speiskobalt“ für die kubische Form des Mischkristalls $(\text{Co}, \text{Ni}, \text{Fe}) \text{As}_{2-3}$ reserviert. Zur Bestimmung der Mineralien mit dem Erzmikroskop habe ich ausschließlich die Angaben im Lehrbuch der Erzmikroskopie (2. Bd., 1931) von SCHNEIDERHÖHN und RAMDOHR benützt.

Die Co-Ni-Erze lassen sich grob unterteilen in arsenkiesführende und arsenkiesfreie.

Die arsenkiesfreien Erze.

Bei den arsenkiesfreien Erzen zeigt das folgende Erz die einfachste Zusammensetzung:

Makroskopisch erscheint es als hellgraues, metallisch glänzendes Erz ohne erkennbare kristallographische Formen und findet sich in Nestern oder Gängchen in der hauptsächlich aus Eisenspat und Quarz bestehenden Gangart. Die auf der Halde zusammengelesenen Erzstücke sind meistens mit einer Nickelblüte von erdig-grüner oder mit einer Kobaltblüte von rötlicher Farbe besetzt. Serizit-Chlorit-Schiefer bilden das Nebengestein, wobei der Chlorit verhältnismäßig zurücktritt. Das Salband fehlt.

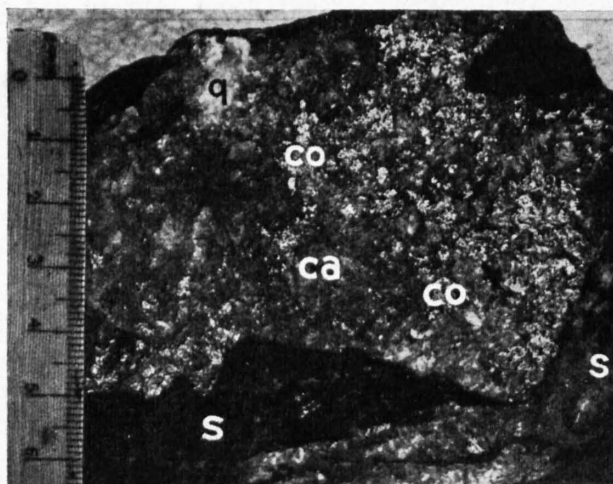


Fig. 4. Vererzte Gangpartie aus der obern Sohle.
ca: Karbonat, co: Speiskobalt, q: Quarz, s: Nebengestein
(Chlorit-Serizit-Schiefer).

Eine im Mineralogisch-Petrographischen Institut von Dr. BECK ausgeführte Analyse ergab folgende Werte:

Gangart	7,11 %
Bi	1,1 %
As	52,1 %
Co	18,7 %
Ni	5,2 %
Fe	5,3 %
S	5,5 %
	<hr/>
	95,01 %

Das Erz ist ausgezeichnet polierbar; Schleifspaltbarkeit wurde nicht beobachtet.

Unter dem Erzmikroskop zeigt sich in Luft eine scheinbar einheitliche gelbweiße Grundmasse mit hohem Reflexionsvermögen; Reflexionspleochroismus ist nicht vorhanden; unter gekreuzten Nicols ist sie vollständig isotrop. Bei sehr gut polierten Schliffen lassen sich schon in Luft Partien unterscheiden mit bläulicher Farbe im Kontrast zu solchen mit rötlich-gelbem Ton.

Mit Immersion werden die Verhältnisse deutlicher: Einzelne Partien erscheinen nun deutlich gelblich, zuweilen mit einem Stich ins Rötliche, andere sind im Gegensatz dazu bläulich. Ungefähr ein Viertel der Grundmasse besteht aus der bläulichen Komponente, drei Viertel aus der gelblichen. Die strukturellen Verhältnisse sind am besten unter fast gekreuzten Nicols sichtbar, da die bläuliche Komponente merklich dunkler erscheint als die andere. Beide Komponenten bilden rundliche, öfters buchtig ineinandergreifende Körner ohne Eigengestalt. Die bläuliche Komponente bildet häufig die Randpartien gegen Quarz oder Karbonat. Zuweilen bildet die eine Komponente in der andern kleine Inseln.

Bei Ätzung mit HNO_3 lief die gelbliche Komponente schon nach wenigen Sekunden bräunlich an und wurde bei längerem Ätzen dunkel, während der bläuliche Gemengteil auch nach längerem Ätzen nicht angegriffen wurde. Verschiedene Ätzungen mit $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$ blieben in bezug auf Zonenstruktur ergebnislos.

Es sind folgende Deutungen möglich: Die bläulichen Körner sind identisch mit der Hauptkomponente von Speiskobalt-Chloanthit; die gelblichen wären dann gemäß ihrem Ätzverhalten als Komponente II anzusehen. Die Farbe ist allerdings in Öl oft mehr gelblich als rötlich; ebenso konnten keine Anisotropieeffekte mit Sicherheit beobachtet werden, so daß auch eine Deutung als Skutterudit in Frage kommt.

Zieht man anderseits in Betracht, daß nach der Analyse das Mengenverhältnis Co zu Ni ungefähr gleich ist (nämlich rund 4 : 1) wie dasjenige der gelblichen Komponente zur bläulichen, so läßt sich der naheliegende, wenn auch nicht zwingende Schluß ziehen, daß die eine Komponente Speiskobalt II (evtl. Skutterudit), die andere Chloanthit darstellt.

Als Nebengemengteile sind in der Grundmasse noch zwei Erzminerale enthalten: Das erste ist in Luft rötlich-grau, in Öl grau, isotrop und bildet kleine Zwickel oder mehr oder weniger eigenartige Körner; es ist leicht als Magnetit zu erkennen. Das zweite ist unregelmäßig tröpfchen- oder keulenförmig eingelagert und ist wegen seines hohen Reflexionsvermögens und der starken Anisotropie als Wismut zu deuten.

Weitere Anschliffe von makroskopisch ähnlichen Erzproben weisen die gleichen Gemengteile auf; dazu kommt aber noch eine weitere Komponente, die einen unregelmäßig verlaufenden und oft aussetzenden schmalen Saum um die Komponente II des Speiskobalt-Chloanthits bildet. Zuweilen findet man sie auch als kleine, meist längliche Einschlüsse im Speiskobalt-Chloanthit. Diese neue Komponente ist im Kontrast zart-rosa-creme, härter und anscheinend schwach anisotrop. Eine einwandfreie Bestimmung dieses Gemengteils ist nicht möglich, in Anbetracht dessen, daß die Körner so klein sind, daß nicht einmal die Anisotropieeffekte mit Sicherheit festgestellt werden können. Vermutlich handelt es sich aber um Glanzkobalt.

Gelegentlich erscheinen in der Hauptkomponente von Speiskobalt-Chloanthit kleine würfelige oder pentagonale Körner der Komponente II, deren Rand von Glanzkobalt gebildet wird. Es scheint als ob der Glanzkobalt von innen heraus durch Speiskobalt-Chloanthit II verdrängt worden und nur noch als schmale Außenpartie und damit als Träger der Kornform erhalten geblieben sei.

Weitere arsenkiesfreie Erze erscheinen makroskopisch mattgrau mit rötlichem Schimmer. Sie sind ziemlich selten und finden sich meist in tektonisch stark beanspruchten Gangpartien, die gewöhnlich sehr chlorit- und quarzreich sind. Meist sind diese stark mit Chlorit vermischten Erze mit einer grünlich-weißen Nickelblüte überzogen.



Fig. 5. Speiskobalt.

Weiß: bläuliche Komponente.
Schraffiert: rötliche Komponente.
Schwarz: Kobaltglanz (?).
Vergrößerung etwa 20 ×.

Eine Analyse (ausgeführt von Dr. BECK) ergab:

Gangart	0,33 %
Bi	0,5 %
As	57,3 %
Co	2,9 %
Ni	22,4 %
Fe	9,3 %
S	3,6 %
	<hr/>
	96,33 %

Unter dem Erzmikroskop erscheinen zunächst wieder die gleichen Gemengteile wie in den oben beschriebenen Erzen: die bläuliche Hauptkomponente und die rötliche Komponente II von Speiskobalt-Chloanthit, Glanzkobalt als schmaler Saum um die Komponente II, seltener als Einschlus und dazu Magnetit als Nebengemengteil.

Gelegentlich vereinigen sich die schmalen Bänder des Glanzkobalts zu einem Korn von würflichen oder pentagonalen Formen; seine Kennzeichen werden nun besser sichtbar; nämlich schlechte Polierbarkeit, schwache Anisotropieeffekte, hart und zart-rosa-creme Farbe. Meist enthalten diese Körner Einschlüsse von Rotnickelkies, der an seiner im Kontrast orange-gelben Farbe und den auffallenden Anisotropieeffekten nicht zu verkennen ist. Häufig füllt der Rotnickelkies fast das ganze Korn, so daß der Glanzkobalt nur noch die Außenpartien und einige narbige Einschlüsse bildet.

Bei einer weiteren ähnlichen Erzprobe besteht die Grundmasse aus der Hauptkomponente von Speiskobalt-Chloanthit. Der Glanzkobalt bildet darin bald Nester von vielen kleineren, bald einzelne größere idioblastische Einsprenglinge. Die würflichen oder pentagonalen Formen sind besonders bei den kleineren Individuen gut ausgebildet, während sie bei den größeren oft nicht leicht zu erkennen sind. Im Innern der Körner findet sich meist Rotnickelkies, der mehr oder weniger mit dem Glanzkobalt verwachsen ist; öfters ist der eingeschlossene Rotnickelkies geradlinig begrenzt und bildet rechte Winkel. Andere, vor allem kleinere Körner, bestehen im Innern aus der Komponente II des Speiskobalt-Chloanthits, die im Kontrast einen matten, schwach gelblichen Ton erhält und schwache Anisotropieeffekte zeigt. Zuweilen werden die Anisotropieeffekte ziemlich stark, so daß möglicherweise hier die Komponente I an Stelle der Komponente II tritt. Der Kobaltglanz bildet oft nur noch einen schmalen, die Kristallform tragenden Rand; zuweilen paßt sich der eingeschlossene Speiskobalt-Chloanthit weitgehend diesen Formen an, so daß eine Art zonaren Aufbaus entsteht.

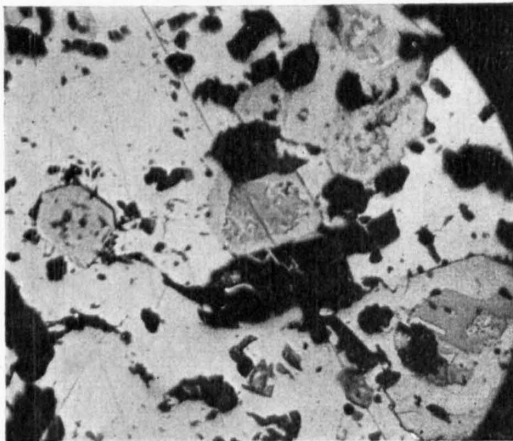


Fig. 6. Chloanthit, darin eigengestaltige Körner von Glanzkobalt (stärkeres Relief) mit Einschlüssen von Rotnickelkies. Vergr. etwa 35 ×.

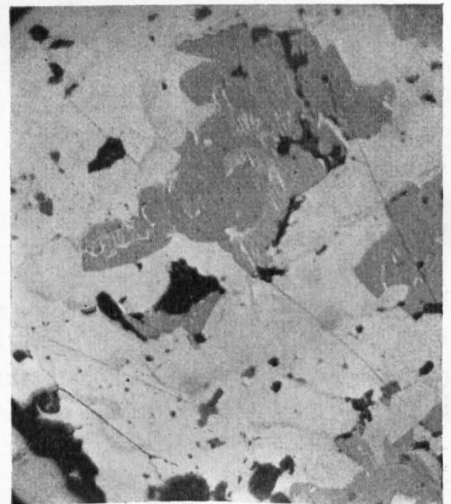


Fig. 7. Speiskobalt-Chloanthit. Grundmasse (hellster Gemengteil): bläuliche Komponente; schwach dunkler: gelblich-rötliche Komponente; gran: Rotnickelkies; an den Korngrenzen und im Rotnickelkies: Glanzkobalt (?). Vergr. etwa 70 ×.

Andere Anschliffe aus der gleichen Gruppe weisen wieder die Hauptkomponente von Speiskobalt-Chloanthit als Grundmasse auf. An den Korngrenzen wie auch auf Sprungrissen bildet eine in Luft rötliche Komponente ein Netz von schmalen, unregelmäßig begrenzten und oft aussetzenden Kanälen. Hie und da sammeln sie sich zu einem scheinbaren rötlich-grauen Korn mit tetragonalen Umrissen. Zuweilen finden sich darin kleine Einschlüsse von Rotnickelkies. Im Öl wird die Farbe der Kanäle und tetragonalen Körner blaß violettgrau. Eine kaum merkbare Anisotropie ist vorhanden, so daß diese Komponente als Maucherit gedeutet werden kann.

Andere Erzproben setzen sich aus der Hauptkomponente von Speiskobalt-Chloanthit, Rotnickelkies, Maucherit sowie Magnetit zusammen. Rotnickelkies ist mengenmäßig ungefähr gleich vertreten wie Maucherit und bildet mit diesem zusammen feinste geschwürartige Verwachsungen.

Einen großen Anteil beanspruchen die Magnetite. Sie sind meist porphyroblastisch entwickelt und von Quarz ankorrodiert, der sich auf Sprungrissen breitmacht, oft aber auch an beliebigen Stellen keilförmig in den Magnetit hineingedrungen ist. Öfters umschließt der Magnetit auch die angeführten Ni-Co-Erze. Wismut ist hauptsächlich im Speiskobalt-Chloanthit tröpfchenförmig eingelagert.

Arsenkieshaltige Erze.

Die einfachste Zusammensetzung dieser Erzgruppe zeigt eine vom Naturhistorischen Museum Bern zur Verfügung gestellte Probe, die von OSSENT folgendermaßen bezeichnet wurde: „Körnig kristallisierter weiß und grauer Speiß-Cobalt mit Cobaltblüte und Salbard. Gangart Braunspath und Hornblende.“

Eine Analyse ausgeführt von Dr. BECK ergab:

Gangart	12,96 %
Bi	2,0 %
As	57,3 %
Co	15,5 %
Ni	1,6 %
Fe	5,4 %
S	1,7 %
	<hr/>
	96,46 %

Das Erz poliert sich langsam, aber ausgezeichnet. Unter dem Erzmikroskop löst es sich in ein „poröses“ Aggregat von rundlichen oder pentagonalen Körnern auf mit weißer Farbe und starkem Reflexionsvermögen. Es ist vollständig isotrop. Mit Immersion wird der Farbton gelblichweiß. Die „Poren“ erweisen sich nun als rundliche oder tröpfchenförmige Einschlüsse von Wismut, mit denen die Körner oft vollständig gefüllt sind. Bei Ätzung mit konzent. HNO_3 wird das Erz nur sehr langsam angegriffen. Nach Ätzung mit $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$ während 5''—10'' treten die Korngrenzen deutlich hervor. In den einzelnen Körnern kommt ein System von bald geradlinig, bald unregelmäßig verlaufenden, oft verzweigten Kanälen zum Vorschein, die vor der Ätzung mit Wismut angefüllt waren. Die Grundmasse dürfte zum größten Teil aus der Hauptkomponente von Speiskobalt, teilweise wohl auch aus Skutterudit bestehen.

Als Einsprenglinge treten meist stark ankorrodierte Magnetite auf, die fast immer von Chlorit umgeben sind; oft umschließen sie auch kleine Körner von Speiskobalt. In der Nähe dieser Magnetite fallen zuweilen einzelne, meist längliche Körner durch ihre gelbliche Farbe auf. Sie sind reflexionspleochroitisch und stark anisotrop (Luft: rotbraun/blauweiß). Mit Immersion wird der gelbe Farbton satter, vereinzelte Einschlüsse von Speiskobalt werden sichtbar. Es dürfte sich hier wohl um Glieder der Arsenkies-Reihe handeln.

Makroskopisch ähnlich ist eine weitere Probe von „Speiß-Cobalt“, die mir ebenfalls vom Museum zur Verfügung gestellt wurde. Durch den Anschliff zieht sich ein schmales Gängchen von Chlorit, in dem schon mit bloßem Auge eigengestaltige Magnetite zu erkennen sind. An dem

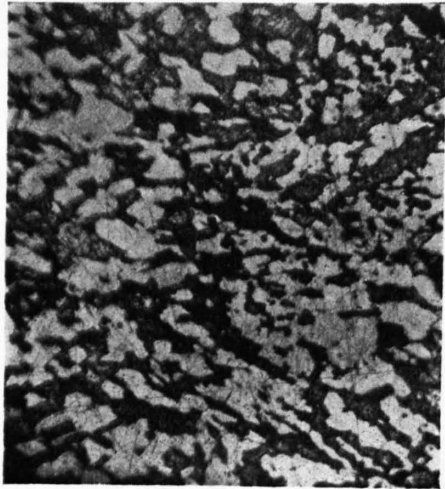


Fig. 8. **Speiskobalt**,
Rekristallisationsgefüge. Ätzung (10%) mit
 HNO_3 . Helle, nicht angegriffene Körner:
Speiskobalt; stärker angegriffene (vorher ani-
sotrope) Körner: Safflorit. Vergr. etwa 20×.

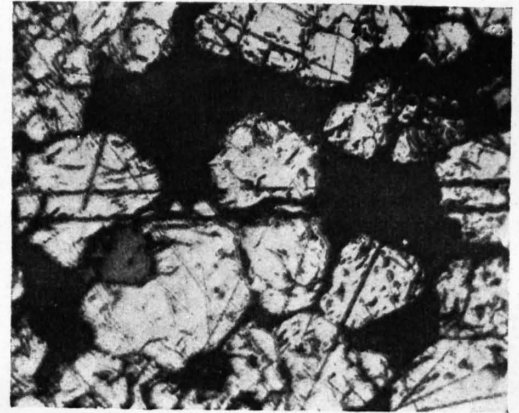


Fig. 9. **Speiskobalt**
in chloritischer Grundmasse
Ätzung (10%) mit HNO_3 . Vergr. etwa 40×.

einen Ende des Gängchens schließen sich auf beiden Seiten Nester von Karbonat an, die mit winzigen Erzpartikelchen gespickt sind. Der Hauptanteil des Erzes wird gebildet durch den oben beschriebenen körnigen Speiskobalt mit Wismuteinschlüssen. Etwas anderes wird aber die Zusammensetzung in der Nähe der Gangarten Chlorit und Karbonat. Im Karbonat selbst, dann aber auch am Rande desselben und des Chlorits erscheinen zahlreiche idioblastische rhombische oder langsäulige Arsenkiese; sie behalten ihre Eigengestalt auch dann, wenn sie vom Speiskobalt umschlossen werden. Mit zunehmender Entfernung von den Gangarten nimmt ihre Zahl und Größe rasch ab, die Umrisse werden undeutlicher, so daß sie zuletzt nur noch längliche oder rundliche gelbe Flecken im Speiskobalt bilden. Es sind hier möglicherweise Übergänge zu Safflorit-Rammelsbergit vorhanden. Der Magnetit ist gegen Chlorit vollständig idioblastisch, sobald er aber in Berührung mit Speiskobalt oder Arsenkies kommt, stoßen diese überall keilförmig oder buchtig in ihn hinein, so daß er seine Eigengestalt vollständig verliert.

Ein weiteres Stück Erz, das auf der mittleren Sohle der Lagerstätte gefunden wurde, ist komplexer zusammengesetzt. Makroskopisch ist es hellgrau, metallisch glänzend, ziemlich feinkörnig, ohne erkennbare kristallographische Formen und mit einer rosafarbenen Kobaltblüte überzogen. Es sind Spuren eines chloritreichen Salbandes vorhanden; Hornblende-Epidot-Schiefer bilden das Nebengestein.

Eine Analyse wurde von Dr. Hügi ausgeführt und ergab folgende Werte:

As	67,19 %
Ni	1,02 %
Co	11,12 %
Fe	5,78 %
S	13,68 %
Bi	0,10 %
In HNO_3 unlöslich	0,74 %
	<hr/> 99,63 %

Die Untersuchung mit dem Erzmikroskop ergibt, daß etwas mehr als die Hälfte der Schliffe Speiskobalt II darstellt, in welchem Wismut vereinzelt als Einschuß zu finden ist. Der übrige Teil der Schliffe wird durch stark anisotrope Gemengteile ausgefüllt, die oft erst, wenn sie unmittelbar

nebeneinander vorkommen, unterschieden werden können. Durch seine im Kontrast deutlich gelbe Farbe, schlechte Polierbarkeit, starken Reflexionspleochroismus und Anisotropieeffekte, sowie die idioblastischen rhombischen oder langsäuligen Formen kann am besten der Arsenkies unterschieden werden.

Ein weiterer stark anisotroper Bestandteil ist besser polierbar und etwas weicher als Arsenkies; die einzelnen Individuen sind meist langsäulig ausgebildet mit idioblastischen Formen; zuweilen bilden sie lamellenartige strahlige Aggregate, wobei stets ziemlich Wismut zwischen oder in den einzelnen Körnern zu finden ist. Diese Aggregate werden vom Speiskobalt oft abgeschnitten; sie setzen sich dann aber noch als kleine längliche, parallelgerichtete Einlagerungen in ihm fort. Der Reflexionspleochroismus ist deutlich (creme-gelb/weiß mit bläulichem Ton). Die Anisotropieeffekte sind in Öl geringer als in Luft (Luft: gelbbraun, Öl: blauweiß/blaugrau, rotbraun bis violettbraun), sie unterscheiden sich aber nicht wesentlich von denjenigen des Arsenkieses. Diese Eigenschaften stimmen am besten mit denjenigen des Löllingits überein. Weitere anisotrope Komponenten mit ähnlichen Eigenschaften, aber ohne ausgesprochene Eigengestalt stellen vermutlich Übergangstypen zu Safflorit-Rammelsbergit dar.

Die während der Aufschlußarbeiten im Sommer 1942 gewonnenen Erze enthalten zum größten Teil ebenfalls Arsenkies. Meistens sind es kleinere Erzlinsen mit der größten Mächtigkeit von 15 cm. Das Nebengestein besteht ausschließlich aus Hornblende-Epidot-Schiefern oder aus der kies- und chloritreichen Übergangszone. Die Gänge zeigen häufig Spuren einer intensiven Durchbewegung. Öfters findet man Partien des Salbandes oder des Nebengesteins in die Gänge hineingeknetet. Die Erze sind durchweg hellgrau und metallisch glänzend, stellenweise werden sie mit der Zeit dunkler und verlieren den Glanz; feinkörnige Partien wechseln mit gröberen. In dem körnigen Erz fallen verschiedentlich strahlige Aggregate durch ihren stärkeren Glanz auf. Gelegentlich ist auch Wismut zu erkennen. Die Gangart besteht vorwiegend aus Karbonaten; doch ist auch der Quarz, vor allem in den zerquetschten Enden der Linsen, oft zu finden.

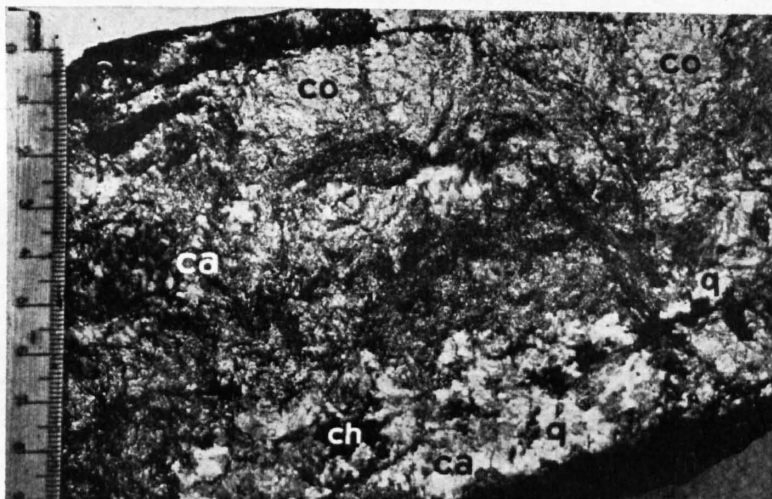


Fig. 10. Stark vererzte Gangpartie aus dem tonnlägigen Schacht.

ca: Karbonat, co: Speiskobalt mit Arsenkies, ch: Chlorit, q: Quarz,
Nebengestein: Hornblende-Epidot-Schiefer.

Eine erste Probe zeigt unter dem Erzmikroskop eine ziemlich grobkörnige Struktur, die dem makroskopischen Aussehen entspricht. Hauptgemengteil ist Speiskobalt (zum größten Teil die Hauptkomponente). Als Einsprenglinge schwimmen darin langsäulige oder rhombische Kristalle, die der Arsenkiesgruppe angehören. Nach den Unterschieden in den Anisotropieeffekten, Polierbarkeit und Härte sind sowohl Arsenkies wie auch Löllingit vertreten.

Gelegentlich bildet der Arsenkies die Außenpartien von Porphyroblasten, deren Kern wahrscheinlich aus Danait besteht. Die Zahl der Einsprenglinge nimmt gegen das Salband hin zu; sie sind in der Regel zerbrochen. Größere Lücken zwischen den einzelnen Bruchstücken werden von Speiskobalt, gelegentlich auch von Quarz ausgefüllt. Öfters wird der Arsenkies auch vollständig von Speiskobalt umschlossen. Als Nebengemengteil erscheint Magnetit in einzelnen xenoblastischen Körnern.

Eine weitere Probe aus einer etwa 15 cm mächtigen, stark mit Karbonat, Quarz und Chlorit vermischten Linse zeigt unter dem Erzmikroskop folgende Verhältnisse: Die Grundmasse besteht wieder aus der Hauptkomponente von Speiskobalt. Über den ganzen Anschliff ziemlich regelmäßig verteilt, fallen darin kleine, meist längliche Einschlüsse durch ihre starken Anisotropieeffekte auf. In der Regel leuchtet immer eine Gruppe von mehr oder weniger parallelen Individuen in der gleichen Farbe auf (Luft: gelb bis gelbbraun / blau bis tiefblau). Bei ungekreuzten Nicols sind die Einlagerungen ohne Immersion schlecht zu erkennen, da sie sich in Härte, Polierbarkeit und Farbe nur wenig vom Speiskobalt unterscheiden. Im Öl wird ihre Farbe creme-gelb, so daß sie nun in der weißen Grundmasse sichtbar werden. Die gelegentlich auftretenden Arsenkiese sind im Kontrast härter, gelber, schlechter polierbar und zeigen in der Regel idioblastische Formen. Nach diesen Eigenschaften zu schließen, sind die Einschlüsse Safflorit-Rammelsbergit. Wismut, tröpfchenförmig in den Co-Erz-Mineralien auftretend, ist Nebengemengteil.

Andere Proben zeigen folgende Verhältnisse: Safflorit und die Hauptkomponente von Speiskobalt-Chloanthit sind mengenmäßig ungefähr gleich vertreten. Ihre meist länglichen Körner greifen unregelmäßig verzahnt ineinander über und sind mehr oder weniger parallel angeordnet, so daß eine Art Kristallisations-Schieferung oder Walzstruktur entsteht. Öfters treten auch strahlige Aggregate auf, die etwas härter und gelber sind als Safflorit und wahrscheinlich Löllingit darstellen. Vereinzelt finden sich daneben isometrische Körner mit etwas schwächeren Anisotropieeffekten, die als Komponente I des Speiskobalts anzusehen sind. Kataklastisch zerbrochener Arsenkies, Einschlüsse von Wismut und ankorrodierter Magnetit vervollständigen den Mineralbestand.

Es lassen sich alle Übergänge verfolgen von einem Erz, das fast nur aus Speiskobalt-Chloanthit besteht und nur gegen das Salband oder an der Grenze gegen Chlorit- oder Karbonateinschlüsse einige anisotrope Einlagerungen enthält bis zu einem Erz, in welchem der Safflorit Hauptgemengteil ist und der Speiskobalt vollständig zurücktritt. Die meist feinkörnige Rekristallisationsstruktur im Innern der Erze geht oft gegen das Salband hin in ein Trümmerfeld von kataklastisch zerbrochenem Arsenkies, Glaukodot und Löllingit über. Gelegentlich zeigt der Arsenkies auch sehr schöne Zwillingsstreifen parallel zur c-Achse.

Einige seltener auftretende Erze unterscheiden sich von den andern durch ihren größeren Gehalt an Glanzkobalt, der gelegentlich zum Hauptgemengteil werden kann. Makroskopisch sind diese Erze feinkörnig und an einem rötlichen Farbton erkennbar.

In einer ersten Probe besteht der Hauptgemengteil aus der Komponente II von Speiskobalt mit Einschlüssen von Wismut. In dieser Grundmasse fallen einige „Felder“ durch ihre rötliche Farbe und schlechte Polierbarkeit auf. Durch Ätzung mit konz. HNO_3 (5''—10'') wird diese Komponente nicht angegriffen, während sich der Speiskobalt bräunlich färbt. Mit Immersion lösen sich die „Felder“ in viele kleine, würfelige oder pentagonale Körner auf mit teilweise erkennbar schwachen Anisotropieeffekten. Offensichtlich handelt es sich hier um Glanzkobalt, der aber auffallend klein ausgebildet ist; möglicherweise deuten die Felder Umriss von größeren Glanzkobaltkörnern an, die durch die tektonische Beanspruchung zertrümmert wurden. In andern Proben werden die Felder von Glanzkobalt zum Hauptgemengteil, die Zwischenmasse besteht aus Safflorit mit etwas eingeschlossenem Wismut.

Weitere Erze bestehen etwa zur Hälfte aus würfeligem größerem Kobaltglanz, der meist viele kleine Einschlüsse von Magnetit und etwas Wismut enthält. Daneben erscheint der Magnetit auch in stark ankorrodierten und verlöcherten Porphyroblasten. Überall vorhanden ist der Safflorit.

Bald ist er in Fetzen im Kobaltglanz zu finden, dann wieder im Magnetit, gelegentlich bildet er auch Züge von kleinen rhombischen, manchmal etwas sternförmige Individuen in Karbonat. Daneben findet sich auch noch etwas Arsenkies und Löllingit.

In einem Anschliff vom Rande einer Erzlinse tritt auch noch eine andere Mineralkombination auf, die sich sonst nirgends finden ließ: Eingebettet in Karbonat und etwas Chlorit erscheint ein länglicher, kataklastisch zerbrochener Porphyroblast von Glaukodot mit einigen kleinen Einschlüssen von Arsenkies. Graues Fahlerz umgibt z. T. den Porphyroblasten und wächst auf Spalt- rissen in ihn hinein. Ein weiteres Fahlerz ist etwas heller, die Farbe creme-braun-grau. Es findet sich meist zwischen dem grauen Fahlerz und Bornit, in dem es gelegentlich kleine Einschlüsse bildet. Der xenoblastische Bornit enthält ferner dünne Stäbchen von Kupferkies, der auch von Spalt- rissen aus in feinsten Nadelchen in den Bornit hineinwächst. Seltener bildet der Kupferkies auch rundliche Einschlüsse. Im Bornit tritt noch ein anderes rundliches Mineral auf, das viel härter und schlecht polierbar ist, gegen Bornit ist es gelblich bis rötlich-weiß; schwache Anisotropieeffekte scheinen vorhanden zu sein, sind aber eindeutig nicht festzustellen. Es könnte sich um Kobalt- glanz handeln, doch ist die Bestimmung unsicher. Meist ist es von einem schmalen Saum aus Fahlerz oder Kupferkies umgeben, der gegen den umschließenden Bornit eine Abgrenzung bildet. In einzelnen Körnern von Kupferkies bildet dieser „Kobaltglanz“ ähnliche Einschlüsse. Stark ankorro- dierter Magnetit ist als weiteres Mineral vorhanden. Alle angeführten Gemengteile sind auch in feinsten Verteilung im Karbonat zu finden.

Es folgen nun Beobachtungen an blättrigen Aggregaten von Eisenglanz, die meist in Quarz, Chlorit und etwas Karbonat eingebettet sind. Meine Ergebnisse decken sich nun vollständig mit denjenigen von HUTTENLOCHER, und ich lasse hier einen Abschnitt aus seiner Arbeit: „Zur Kenntnis verschiedener Vorgänge aus dem Penninikum und ihrer Metamorphose“ [30] folgen:

„U. d. O. leuchten die leistenförmig erscheinenden, büschel- oder bündelförmig angeordneten, senkrecht zu ihrer tafligen Ausbildung geschnittenen Eisenglanzindividuen mit ihrer charakteristischen stahlblauen Reflexfarbe nicht einheitlich auf. Einzelne Teile reflektieren graubräunlich mit geringerer Intensität, welche sich dann auch optisch isotrop verhalten und den für Eisenglanz so bezeichnenden Interferenzfarbenwechsel vermissen lassen. Diese Partien repräsentieren Magnetit. Man findet oft fertig ausgebildete Pseudomorphosen von Magnetit nach dem leistenförmigen Eisenglanz (⊥tafliger Ausbildung) oder auch alle möglichen Zwischenstadien. (Auch isometrisch geformte, oktaedrisch ausgebildete Magnetite weisen u. d. O. sehr häufig ganz kleine Eisenglanzpartikelchen auf, die als Reste nicht völlig umgebildeten dreiwertigen Eisenoxydes angesehen werden müssen.)“

Beziehungen der Co-Ni-Erze zum Nebengestein.

In der Zusammensetzung der Co-Ni-Erze scheint eine gewisse Abhängigkeit vom Nebengestein vorhanden zu sein, indem die Arsenkies führenden Erze nur in den Gängen mit Hornblende-Epidot- oder Biotit-Schiefern als Nebengestein vorkommen. Mit dem Arsenkies treten dann auch andere rhombische Mineralien auf, wie Safflorit-Rammelsbergit, Glaukodot und Löllingit. Der Arsenkies ist vor allem in dem intensiv durchbewegten chloritreichen Salband angereichert, sowie in den unmittel- bar daran angrenzenden Erzen; mit zunehmender Entfernung vom Salband oder von Chlorit- und Karbonatnestern nehmen die Zahl und Korngröße der Arsenkiese rasch ab; dafür wird im allgemeinen die Hauptkomponente von Speiskobalt-Chloanthit häufiger.

Es ist möglich, daß dieser Unterschied in der Zusammensetzung schon primär vorhanden war, bedingt durch den verschiedenen Chemismus der Nebengesteine. Andererseits scheint aber infolge der Durchbewegung eine rege Zirkulation von eisenhaltigen arsenidischen Lösungen stattgefunden zu haben, die zum größern Teil verursacht wurde durch Abwanderung von Arsen aus den Co-Ni-Erzen in die Bewegungsbahnen des Salbandes und von dort in die Hornblende-Epidot-Schiefer, zum kleinern Teil durch den umgekehrten Vorgang: einer Zufuhr von Arsen in die Co-Ni-Erze. Die Zirkulation dieser Lösungen war aber an die Hornblende-Epidot-Schiefer und an das meist damit auftretende Salband gebunden.

In den Gängen mit Chlorit-Serizit-Schiefern als Nebengestein fehlten diese Lösungen; die hier auftretenden Erze sind daher auch weniger kompliziert und viel einheitlicher zusammengesetzt. Sie bestehen in der Regel nur aus Speiskobalt-Chloanthit (Komponenten III und II) mit Wismut, Magnetit und Glanzkobalt als Nebengemengteilen.

Charakteristisch für die Erze ist ferner, daß Wismut und Magnetit als Gemengteile fast nie fehlen. Wismut in der Regel tröpfchenförmig in den Co-Ni-Mineralien eingeschlossen, seltener in makroskopisch erkennbaren Blättchen; Magnetit z. T. als Zwischenausfüllung, z. T. mehr oder weniger porphyroblastisch auftretend.

Zusammenstellung des Ganginhaltes.

Gangarten:

Karbonate (Siderit, Ankerit, Dolomit)
Quarz
Chlorit
Albit
Magnetit
Arsenkies
Eisenglanz
Turmalin
Biotit
Serizit
Apatit
Hornblende

Co-Ni-Erze:

Speiskobalt-Chloanthit (Komponenten I, II, III)
Safflorit-Rammelsbergit
Magnetit
Wismut
Arsenkies, Löllingit, Glaukodot
Glanzkobalt
Skutterudit
Rotnickelkies
Maucherit

5. Tektonik und Form der Lagerstätte.

Soweit die Verhältnisse heute noch überblickt werden können, besteht die Lagerstätte aus einem Hauptgang mit einer größten Mächtigkeit von etwa 40 cm und zwei bis drei dazu mehr oder weniger parallelen Nebengängen, die aber oft aussetzen können.

Tektonik und Form der Gänge sind weitgehend abhängig von der Art und Lagerungsform der Nebengesteine, die wie schon erwähnt zur Hauptsache aus Serizit-Chlorit-Schiefern bestehen, in denen eine 5—10 m mächtige Bank von Hornblende-Epidot-Schiefer eingelagert ist. Sie bilden ein System von Falten, Flexuren und Verwerfungen, das im großen und ganzen etwa 35° nach SW absinkt.

Die Hornblende-Epidot-Schiefer erwiesen sich für die Faltung wesentlich geeigneter als die Serizit-Chlorit-Schiefer, die den durch das erste Gestein vorgezeichneten Falten nur unvollkommen zu folgen vermochten.

Die Differentialvorgänge bei der Faltung bestanden bei den Hornblende-Epidot-Schiefern im wesentlichen aus laminarer Gleitung, während die Chlorit-Serizit-Schiefer durch intensive Kleinfältelung, die oft in Biegegleitfaltung übergeht, auf die verformenden Kräfte reagierten.

Das verschiedene Verhalten der Nebengesteine gegenüber tektonischen Beanspruchungen hat sich auch auf die in ihnen eingelagerten Gänge ausgewirkt. In den Serizit-Chlorit-Schiefern haben sie das charakteristische Aussehen von Lagergängen. Typisch ist auch das An- und Abswellen in der Mächtigkeit, so daß Reihen von verschiedenen großen Linsen entstehen, die meist ihren Zusammenhang noch bewahrt haben. Ein anschauliches Bild eines solchen Lagerganges gibt HUTTENLOCHER in [30] S. 87. Vergleiche auch Figur 11.

¹⁾ Nach brieflicher Mitteilung von Prof. RAMDOHR an Prof. HUTTENLOCHER; von mir nie angetroffen.

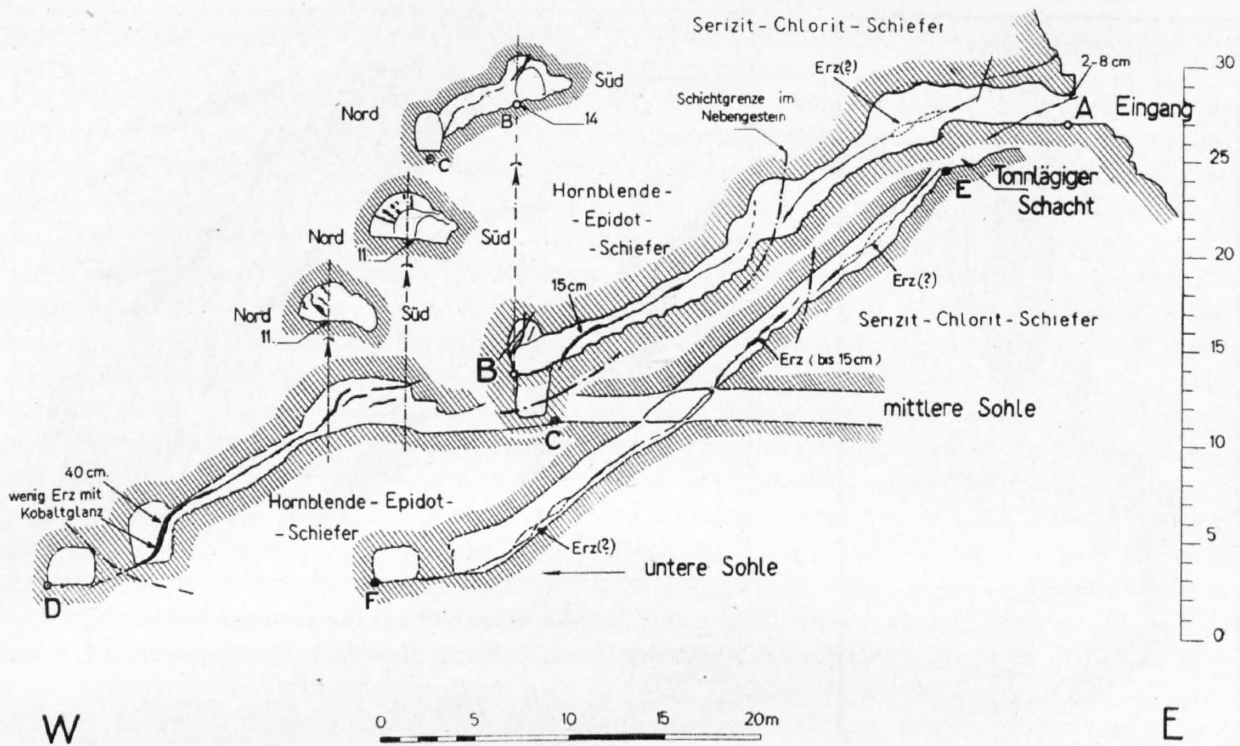


Fig. 11. Querprofil W—E durch die Mine Kaltenberg.

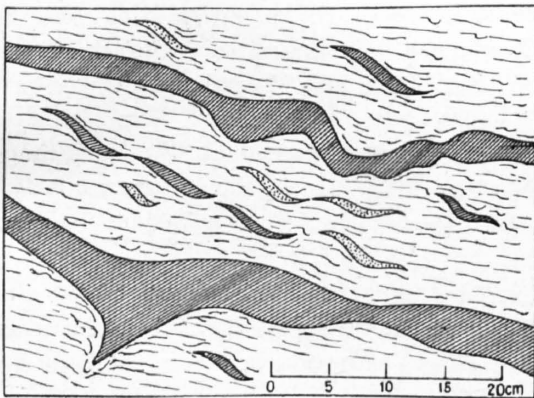


Fig. 12. Gangform in den Serizit-Chlorit-Schiefeln.

Schraffiert: Gang; punktiert: Quarz;
gestrichelt: Nebengestein.

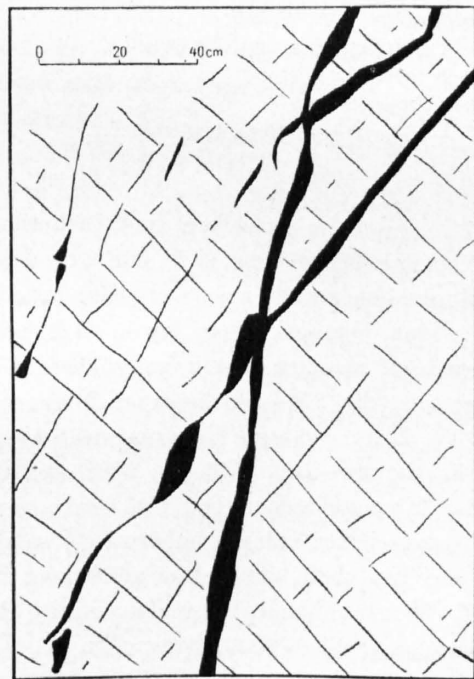


Fig. 13. Gangbild aus der mittleren Sohle.

Nebengestein: Hornblende-Epidot-Schiefer.
Gangfüllung (schwarz): Karbonat, Quarz, Magnetit, Arsenkies. Zeichnung nach Photographie.

Komplizierter und wechselnder ist die Form der Gänge in den Hornblende-Epidot-Schiefeln, von denen leider nur ganz wenige Ortsbilder erhalten geblieben sind. Stellenweise stellt sich hier der Charakter eines echten Ganges ein, der das Nebengestein in einer Mächtigkeit von 10—30 cm steil

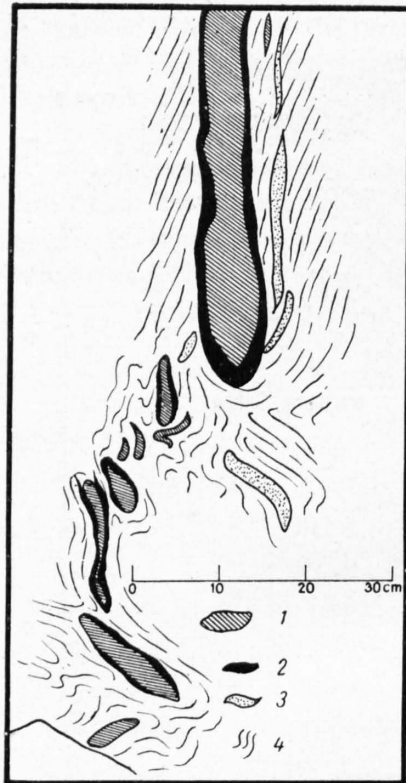


Fig. 14. Gangform in den Hornblende-schiefern.

- 1 Karbonatgang mit Magnetit.
- 2 Salband.
- 3 Quarzlinsen.
- 4 Chloritreiche Hornblendeschiefer.

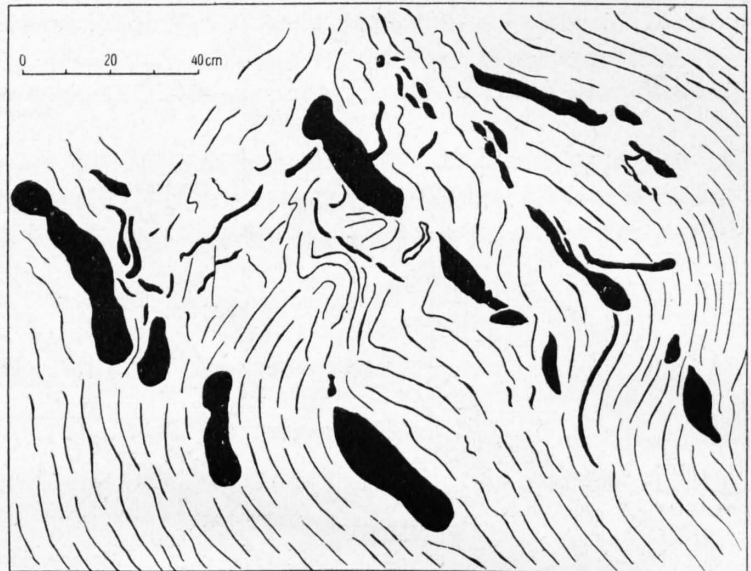


Fig. 15. Gangbild aus der mittleren Sohle.

Nebengestein: stark verfältelte Hornblende-Epidot-Schiefer, z. T. biotit-führend.

Gangfüllung (schwarz): Karbonat, Albit, Quarz, Arsenkies (z. T. porphyroblastisch).

Zeichnung nach Photographie.

durchsetzt; an andern Stellen, wo der Gang nur wenige Zentimeter mächtig ist, ist er vollständig in kleinere, unzusammenhängende gestaffelte Linsen zerrissen (Fig. 14); an andern Stellen wieder kann man Gebilde beobachten, die ähnlich aussehen wie Integralzeichen; gelegentlich ist er auch wieder mehr oder weniger zu einem Lagergang ausgewalzt worden.

Auch im Streichen sind Diskordanzen zwischen Nebengestein und Gängen festzustellen. Bei dem Nebengestein finden sich nur bei den Hornblende-Epidot-Schiefern Schichtflächen, die zuverlässige Messungen gestatten; sie ergeben im oberen Teil der Lagerstätte $N 5^{\circ}-15^{\circ} E$; im unteren $N 15^{\circ}-25^{\circ} E$. An den Gängen selbst lassen sich selten einwandfreie Messungen vornehmen, die Streichrichtung wechselt ziemlich häufig innerhalb der Werte $N 10^{\circ}-50^{\circ} W$. Sie bilden also Winkel mit dem Nebengestein, die $25^{\circ}-75^{\circ}$ betragen können.

Zwei weitere Lagerungsstörungen sind jüngeren Datums: Östlich der oberen Stolleneingänge gibt ein mit losen Blöcken übersätes Couloir die Abrißstelle einer Sackung an, die den ganzen östlich der Mine gelegenen Teil des Grates erfaßt hat; mit den Gesteinsschichten sind auch die östlichen Ausläufer der Gänge um etwa 40 m abgerutscht.

Innerhalb der Grube stößt man ungefähr 20 m südlich des untersten Stolleneinganges auf eine E—W streichende Verwerfungsspalte, längs welcher der Felskopf, auf welchem die Arbeiterbaracken standen, rund 20 m abgesunken ist. Die unregelmäßig begrenzte Verwerfungsspalte ist stellenweise bis 50 cm breit und vollständig mit zerriebenem Material gefüllt.

6. Einige Erscheinungen der Dislokationsmetamorphose.

Daß es sich bei den beschriebenen Erzgängen um eine „dislokationsmetamorphe Lagerstätte“ handelt, wurde schon von HUTTENLOCHER [30] ausführlich dargestellt und bedarf nach den bisherigen Ausführungen wohl kaum mehr eines Beweises. An gleicher Stelle hat HUTTENLOCHER die lagerstättenkundliche Stellung der Erzgänge und die damit verbundenen Fragen der Dislokationsmeta-

morphose eingehend diskutiert, so daß die nachfolgenden Ausführungen sehr knapp gehalten werden können.

Die Dislokationsmetamorphose hat sowohl die äußere Gestalt wie auch die Struktur und den stofflichen Inhalt der Lagerstätte verändert. Durch die tektonische Beanspruchung wurde die vielleicht primär schon linsenartige Form der Gänge schärfer ausgeprägt, an andern Stellen wieder fand Auswulzung und Zerreißung statt. Die wahrscheinlich ursprünglich echten Gänge wurden durch Faltung und Auswulzung zu Lagergängen umgeformt, wobei aber stellenweise die primäre Gestalt noch erkennbar ist.

Struktur und Textur wurden am stärksten an der Grenze zwischen Gang und Nebengestein umgeprägt. Diese Zone der intensivsten Durchbewegung wird in den Hornblende-Epidot-Schiefern durch ein Salband von einigen Millimetern bis mehreren Zentimetern Mächtigkeit gebildet. Seine Hauptgemengteile sind: Chlorit, Quarz, Karbonat, Albit, Arsenkies, Magnetit und Turmalin. Die von Gleit- und Scherflächen durchzogene Bewegungszone ist öfters intensiv gefältelt; dann wieder erzeugen ausgewalzte Gangtrümmer im Wechsel mit Chloritzügen eine mehr lagige Textur. In der Regel kann man feststellen, daß nach der Deformation noch Umkristallisationen stattgefunden haben. Gefaltete Lagen von Quarz mit mehr oder weniger Albit und Karbonat zeigen, daß die Umkristallisation nach der faltenden Bewegungsphase eingesetzt hat, indem die ziemlich isometrischen Körner in einem granoblastischen Gefüge angeordnet sind, in welchem jede Spur von Deformation fehlt; einzig die räumliche Anordnung weist auf die stattgefundene Faltung hin. Öfters enthalten diese rekristallisierten Lagen viele kleine mehr oder weniger parallele Erzpartikel (wahrscheinlich Magnetit und Arsenkies), deren Anordnung die Bewegungsvorgänge noch deutlich abbildet. Unter den meist fein- bis mittelkörnigen Kristallen finden sich hie und da etwas größere Quarzkörner mit undulöser Auslöschung, die auf begonnene Katakklase hindeuten; doch auch hier hat meist der Heilungsprozeß durch Bildung eines „Mörtelkranzes“ schon eingesetzt.

Gelegentlich kann man in gefältelten und mit Scherflächen durchsetzten Quarzzügen auch Kristallisationsschieferung beobachten; die einzelnen Quarzkörner sind hier „geplättet“. Im gleichen Schliffbild zeigen verschiedene größere Körner undulöse Auslöschung, während daneben auch wieder vereinzelte Nester mit granoblastischem Gefüge weder Deformation noch Regelung aufweisen.

Ein anderes Bild zeigt einen Chloritzug mit zur Bewegungsrichtung parallelen Erzpartikeln, welcher von einem idioblastischen Turmalin durchstoßen wird. Die Erzpartikel wurden vom wachsenden Turmalin umschlossen und dabei etwas seitwärts verschoben. Der Turmalin selbst wurde an der Grenze gegen Karbonat geköpft und parallel zum Chlorit umgelegt, wobei er dann in dieser neuen Richtung weiterwuchs. Die Lücken des zerbrochenen Turmalins sind mit Karbonat ausgefüllt (Fig. 16). An andern Orten wieder beobachtet man in Druckschatten von Arsenkies- oder Magnetitporphyroblasten Neubildung von Quarz und Chlorit. Alle diese Erscheinungen weisen auf die intensive Durchbewegung und den damit verbundenen Lösungsumsatz hin, wobei im allgemeinen der chemische Umsatz die mechanische Phase überdauerte.

Wesentlich andere Strukturen und Texturen als die „Bewegungszone“ weisen die Gänge selbst auf. Unter den Gangarten findet man am häufigsten ein Aggregat von mittel- bis grobkörnigen Karbonaten. Öfters sind sie ineinander verzahnt, dann wieder sind einzelne größere Individuen von einem Kranz von kleineren umgeben, die ein granoblastisches Gefüge bilden und anscheinend rekristallisiert sind. Nicht selten ist die Bildung von Druckzwillingen. Entlang den Ganggrenzen sind zuweilen leistenförmige und ineinander verzahnte Karbonate parallel angeordnet, so daß eine kristallisationsschieferige Textur entsteht; die einzelnen Individuen sind ausgewalzt und hie und da auch gefältelt.

Andere Anzeichen von Faltung sind selten; nur wenn Partien des Nebengesteins oder des Salbandes während der Durchbewegung in die Gänge hineingeknetet wurden, läßt ihre räumliche Anordnung gelegentlich auf stattgefundene Faltung schließen.

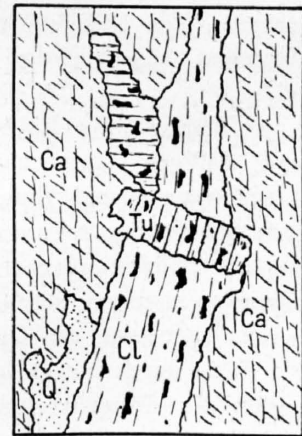


Fig. 16.

Bild aus der Bewegungszone.

Ca: Karbonat, Cl: Chlorit,
Tu: Turmalin. Q: Quarz,
schwarz: Erzpartikelchen.

Zwischen den Karbonaten sind einzelne Körner oder Nester von Quarz und Albit mit granoblastischem Gefüge eingestreut. Sie sind meist, aber nicht immer, frei von Deformationen und weisen auf postkinematische Umkristallisation hin. Die zahlreich eingesprengten Magnetite sind häufig kataklastisch zerbrochen, wobei die Lücken meist mit Karbonat ausgefüllt sind. Der feinschuppige oder stenglige, kreuz und quer liegende Biotit ist gelegentlich zerrissen oder gebogen, während der schuppige oder radialstrahlige Chlorit und der Serizit z. T. anscheinend erst nach der Durchbewegung gebildet wurden.

Ein strukturell von den andern Gangpartien verschiedenes Bild zeigen einzelne in den Biotit-schiefern gelegene Partien. Kataklasten herrscht hier vor. Porphyroblasten von Albit, Quarz und Karbonat bilden einen Trümmerbrei, in dem die einzelnen Individuen, vor allem der Albit, kataklastisch zerbrochen, gestaucht und ineinander geschachtelt sind. Die Lücken in den zerbrochenen Albiten werden gewöhnlich von Karbonat ausgefüllt. Gelegentlich sind Albit und Quarz auch zu länglichen und ineinander verzahnten, parallel angeordneten Körnern ausgewalzt worden. Die Durchbewegung scheint hauptsächlich das an der Ganggrenze intensiv gefaltete Nebengestein erfaßt zu haben, in welchem die stark mit Biotit durchsetzten Lagen von Quarz und Albit nach der Faltung umkristallisiert wurden.

Die Gänge zeigen also trotz der nach der tektonischen Beanspruchung ebenfalls einsetzenden Umkristallisation bedeutend mehr Spuren der Deformation als die Bewegungszone.

Ein ähnliches Wechselspiel zwischen Deformation und Rekristallisation läßt sich auch innerhalb der Erze verfolgen. Während aber bei den Gangarten in ein und demselben Schließbild verschiedene Stadien desselben Minerals zu finden sind, z. B. undulös auslöschender, geplätteter und rekristallisierter Quarz, zeigen die einzelnen Erzminerale in verschiedenen Erzproben stets mehr oder weniger denselben Zustand. Die spröden Mineralien, wie Arsenkies, Magnetit und Glanzkobalt, sind gewöhnlich deformiert, während die plastischen, wie Speiskobalt, Safflorit, Rotnickelkies und Maucherit, rekristallisiert sind. Die deformierten Gemengteile weisen entweder feine Sprungrisse auf oder sind kataklastisch zerbrochen; seltener ist Druckzwillingsbildung bei Arsenkies.

Bei den Co-Ni-Mineralien hat die Rekristallisation mit Ausnahme weniger Relikte die von andern Lagerstätten her bekannte charakteristische Zonar- und Bänderstruktur zerstört.

Die Komponenten aus denen sich die Erze zusammensetzen sind zwar dieselben wie in nicht-metamorphen Lagerstätten, doch ist die Struktur völlig anders, indem die Gemengteile nun ein Aggregat von buchtig ineinandergreifenden Körnern, zuweilen auch ein granoblastisches Gefüge bilden.

Während der Rekristallisation wurde Wismut in Tröpfchen oder feinen Kanälen in Speiskobalt und Safflorit eingeschlossen und ist so zum fast nie fehlenden Gemengteil geworden. Durch Arsenierungen und Entarsenierungen wurden besonders in Erzen mit Rotnickelkies die Rekristallisationsstrukturen teilweise wieder überdeckt. In einigen stark durchbewegten Erzen sind die Spuren der Durchbewegung noch nicht vollständig verwischt; diese Erze zeigen Strukturen, die an Kristallisationsschieferung oder an Walzstrukturen von Metallen erinnern; dabei hat aber die Rekristallisation bereits begonnen, das Durchbewegungsgefüge in ein granoblastisches umzuwandeln.

Die durch die Dislokationsmetamorphose mobilisierten Lösungen haben dem primären Mineralgehalt der Gänge vermutlich noch Albit, Quarz, Chlorit, Serizit, Turmalin, Apatit, Hornblende, Biotit und Baryt zugeführt. Andererseits scheint auch eine gewisse Abwanderung von Stoffen aus den Gängen in das Nebengestein stattgefunden zu haben, die dort die Entstehung von Magnetit, Arsenkies und Karbonaten veranlaßten.

Andere Erscheinungen der Metamorphose, wie etwa die Umwandlung von Eisenglanz in Magnetit, dann die Entmischung von Kupferkies im Bornit sind von HUTTENLOCHER [30] eingehend diskutiert worden, so daß sich eine Wiederholung erübrigt.

Alle erwähnten Erscheinungen weisen auf eine weitgehende Umprägung des primären Gefüges und stofflichen Inhaltes hin, so daß die ursprünglichen Verhältnisse und damit auch die primäre Ausscheidungsfolge kaum mehr zu rekonstruieren sind.

IV. Die Ni-Co-Vorkommen von Grand Praz und Plantorin.

Zum Schlusse sei noch kurz auf zwei andere dislokationsmetamorphe Lagerstätten hingewiesen:

Zunächst das Vorkommen von Grand Praz südöstlich von Ayer im Val d'Anniviers. Im Gegensatz zu der Lagerungsform von Kaltenberg handelt es sich hier um einen ausgesprochenen Transversalgang, der mit 55° — 80° gegen S fällt, während das Fallen des Nebengesteins 15° — 20° N beträgt.

Das Nebengestein besteht aus Serizit-Schiefern und chloritreichen Hornblende-Schiefern, in welchen fahlbandartige Zonen mit Anreicherungen von Eisen- und Arsenkies auftreten. Die Gangfüllung besteht hauptsächlich aus Karbonaten, in welchen die Co-Ni-Erze als Linsen oder Gängchen auftreten. Mit zunehmender Teufe tritt Kupferkies an ihre Stelle.

Daß dieser Transversalgang seine Form auch während der Dislokationsmetamorphose beibehalten konnte, ist wohl nicht zuletzt seiner Mächtigkeit zuzuschreiben, die stellenweise 1—2 m beträgt, selten aber unter 30 cm sinkt. Andererseits war aber auch die tektonische Beanspruchung weit geringer als am Kaltenberg, wie das nur schwach tektonisierte Nebengestein zeigt. Der ausschlaggebende Faktor war aber wahrscheinlich die weitgehende Translationsfähigkeit der rhomboedrischen Karbonate, aus welcher die Gangfüllung hauptsächlich besteht, wie HUTTENLOCHER [30] ausführlich darstellt.

An der Grenze zwischen Gang und Nebengestein, das oft clivageartig gegen diesen abbiegt, hat sich eine an Serizit reiche Bewegungszone gebildet, die von Ruscheln, Scherflächen und Gleitbrettern durchzogen ist.

Gangarten sind in erster Linie Karbonate, dazu gesellen sich Quarz in einzelnen undulös-auslöschenden Körnern oder in kleinern Nestern, in denen er umkristallisiert ist, ferner Serizit in kleinen Fetzen kreuz und quer in den Karbonaten verstreut, Chlorit in schmalen Gängchen, hie und da auch radialstrahlig ausgebildet und gelegentlich etwas Turmalin.

Die Ni-Co-Erze, von denen nur einige spärliche, auf der Halde gefundene Proben zur Untersuchung vorliegen, zeigen im großen und ganzen ähnliche Zusammensetzungen wie diejenigen von Kaltenberg. Rotnickelkies und dann auch Glanzkobalt spielen eine größere Rolle, während Magnetit und Arsenkies etwas zurücktreten.

In der Struktur läßt sich schon makroskopisch ein Unterschied feststellen, indem die Karbonate grobspätig ausgebildet sind und häufig brekziös aussehen. Die Untersuchung mit dem Mikroskop bestätigt durchaus diesen Eindruck; die Karbonate bilden einen Trümmerbrei von größeren Körnern, die öfters durch einen Zement von kleinern Körnern mit granoblastischem Gefüge verkittet sind. Druckzwillinge sind viel häufiger als in den Gängen von Kaltenberg.

Auch die Erze sind im allgemeinen grobkörniger und zeigen meist Rekristallisationsstrukturen. Sie weisen aber in der Regel nicht den raschen Wechsel in der Zusammensetzung und Struktur auf, wie er in den Erzen von Kaltenberg häufig auftritt. Da auch die Einsprenglinge Magnetit und Arsenkies oft fehlen, wird das Bild viel gleichmäßiger und ruhiger.

Sehr schöne granoblastische Rekristallisationsgefüge bilden Erze, die sich hauptsächlich aus Rotnickelkies, Maucherit und der Hauptkomponente von Speiskobalt-Chloanthit zusammensetzen.

Die Strukturen der Erze und Gangarten bestätigen durchaus, daß die Durchbewegung und damit auch der Lösungsumsatz hier weniger intensiv waren als beim Vorkommen von Kaltenberg. Analog zu den Vorgängen bei der Rekristallisation von Metallen, erzeugt auch hier die geringere Deformation bei der nachfolgenden Rekristallisation ein Endgefüge mit größerem Korn.

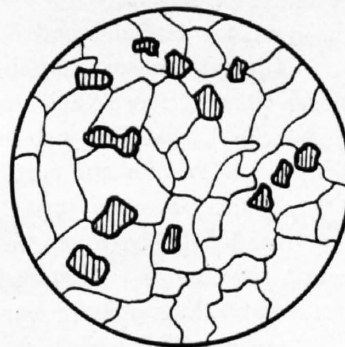


Fig. 17.

Rotnickelkies von Grand-Praz.

Weiß: Rotnickelkies.

Schraffiert: Chloanthit.

Vergr. etwa 20 ×.

Die zweite Ni-Co-Lagerstätte ist diejenige von Plantorin, am Grat zwischen Turtmann- und Eifischtal, ungefähr 500 m südlich des Forcletta-Passes, zwischen den Punkten 3047 und 3037.

Der nach Süden einfallende Transversalgang weist als Gangfüllung hauptsächlich Karbonate, Baryt und Quarz auf. Von den nickelreichen Erzen, die im Tagbau gewonnen wurden, sind nur noch Spuren auf der Halde zu finden. Es sind dunkelgraue Erze, die meist mit einer Nickelblüte überzogen sind.

Unter dem Erzmikroskop erweisen sie sich als Chloanthit mit feinkörnigem Gefüge, das von feinen Sprüngen durchzogen ist. Daneben finden sich Pyrit, Kupferkies und verschiedene, meist kupferhaltige Erzminerale aus der Klasse der Sulfosalze, deren Bestimmung oft nicht leicht ist.

Inhalt und Struktur dieses Ganges sollen dann an anderer Stelle näher beschrieben werden; es sei hier nur darauf hingewiesen, daß diese Lagerstätte ein Übergangsglied bildet zwischen den Co-Ni-Vorkommen von Kaltenberg und den Cu-Bi-Lagerstätten von Biolec und Pétolliou oberhalb Grimentz im Val d'Anniviers.

V. Zusammenfassung.

Das Nebengestein der Co-Ni-Erzgänge von Kaltenberg besteht zur Hauptsache aus Serizit-Chlorit-Schiefern, in welchen eine 5–10 m mächtige Lage von Hornblende-Epidot-Schiefern eingelagert ist. In Falten, Flexuren und Verwerfungen sinken sie durchschnittlich 35° gegen SW ab.

Die Gänge stellten vermutlich primär Transversalgänge dar, die durch tektonische Beanspruchung zu Lagergängen ausgewalzt wurden, wobei stellenweise der ursprüngliche Charakter erhalten geblieben ist.

Die Gangarten bestehen zur Hauptsache aus Karbonaten (Dolomit, Ankerit, Siderit), Quarz, Albit und Chlorit. Dazu kommen Arsenkies, Magnetit, Eisenglanz, Biotit, Serizit, Turmalin, Apatit u. a. Einzelne Gemengteile, wie etwa Turmalin und Apatit u. a., wurden erst durch die während der dislokationsmetamorphen Vorgänge mobilisierten Lösungen dem primären Ganginhalt zugeführt.

Die Co-Ni-Erze bilden in den Gangarten Linsen, Nester und Gängchen. Sie setzen sich hauptsächlich aus Speiskobalt-Chloanthit (Komponenten III, II, I), Safflorit-Rammelsbergit, Arsenkies, Kobaltglanz, Rotnickelkies, Magnetit, Wismut und Maucherit zusammen.

Arsenkieshaltige Erze treten nur in den Gängen mit Hornblende-Epidot-Schiefern als Nebengestein auf. Während der Durchbewegung fand wahrscheinlich eine Abwanderung von Arsen und Eisen in das Salband und das Nebengestein statt.

Die intensivste Durchbewegung fand an der Grenze zwischen Gang und Nebengestein statt. In dieser Zone weisen Abbildungsstrukturen von Quarz und andere Erscheinungen darauf hin, daß der chemische Umsatz die mechanische Phase überdauert hat. In den Gängen selbst finden sich neben Erscheinungen, die auf postkinematische Umkristallisation hindeuten, auch deformierte Mineralien von Albit, Quarz, Magnetit u. a.

In den Co-Ni-Erzen sind die plastischen Mineralien Speiskobalt-Chloanthit und Safflorit-Rammelsbergit gewöhnlich rekristallisiert und bilden mehr oder weniger granoblastische Gefüge, in denen die von andern Lagerstätten her bekannten Zonar- und Bänderstrukturen fehlen.

Gelegentlich weisen noch „Walzstrukturen“ auf die der Rekristallisation vorangegangene mechanische Beanspruchung hin. Die spröden Mineralien Arsenkies, Magnetit und Glanzkobalt sind in der Regel deformiert.

Der Ni-Co-Erze führende Transversalgang von Grand Praz bei Ayer zeigt ähnliche Gangfüllung wie das Vorkommen von Kaltenberg. Rotnickelkies und Glanzkobalt sind etwas häufiger, während Magnetit und Arsenkies zurücktreten.

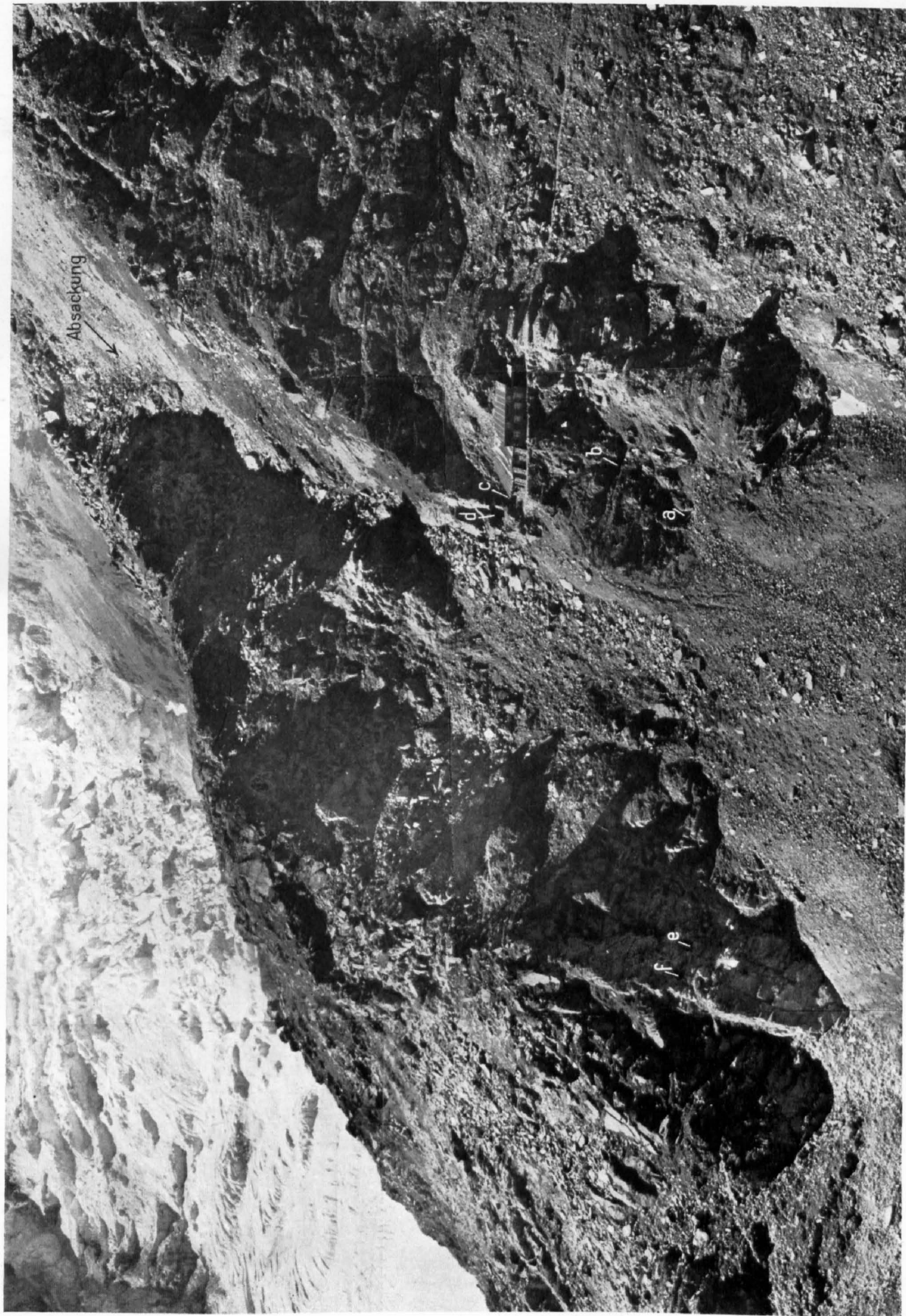
Die Ni-Co-Erze sind ebenfalls rekristallisiert, wobei das Gefüge im allgemeinen grobkörniger ist, was mit andern Anzeichen auf geringere tektonische Beanspruchung hindeutet.

Der Transversalgang von Plantorin, dessen Gangarten hauptsächlich aus Quarz, Baryt und Karbonaten bestehen, weist neben Chloanthit und Pyrit kupferhaltige Sulfosalze auf, so daß er stofflich ein Übergangsglied zwischen den Cu-Bi-Erzgängen von Biolec und Pétolliou im Val d'Anniviers und den Gängen von Kaltenberg bildet.

Literaturverzeichnis.

1. ARGAND EMILE: Carte géologique du Massif de la Dent Blanche (1:50.000). Carte spéciale No. 52, 1908.
2. — L'exploration géologique des Alpes Pennines centrales. Bull. Soc. vaud. sc. nat., vol. XLV, 1909, p. 217—276.
3. — Les nappes de recouvrement des Alpes Pennines et leurs prolongements structuraux. Mat. carte géol. Suisse, N. S. Livr. 31, 1911.
4. — Les nappes de recouvrement des Alpes occidentales et les territoires environnants. Essai de carte structurale au 1:500.000^e, avec 3 planches de coupes au 1:400.000^e et au 1:800.000^e. Carte spéciale No. 64, 1911.
5. — Sur les plissements en retour et la structure en éventail dans les Alpes occidentales. Bull. Soc. vaud. sc. nat., t. XLVII, 1911, p. 33—36.
6. — Sur la limite des deux séries cristallophylliennes compréhensives dans les Alpes occidentales. Ibid., p. 45—47.
7. — Phases de déformation des grands plis couchés de la zone pennique. Ibid., t. XLVIII, 1912, p. 12—16.
8. — Encore sur les phases de déformation des grands plis couchés de la zone pennique. Ibid., p. 20—22.
9. — Le rythme du proplissement pennique et le retour cyclique des encapuchonnements. Ibid., p. 24—27.
10. — Sur la tectonique de la grande zone permo-houillère des Alpes occidentales. Ecl. géol. Hélv. vol. 11, 1912, p. 747—751.
11. — Sur l'arc des Alpes occidentales. Ibid., vol. 14, 1916, p. 145—191.
12. — Plissements précurseurs et plissements tardifs des chaînes de montagnes. Discours d'ouverture de la 101^e session Soc. helv. sc. nat., Neuchâtel, 1920, Actes Soc. Helv. sc. nat., 1921, p. 13—39.
13. BARTH T. F. W., CORRENS C. W., ESKOLA P.: Die Entstehung der Gesteine, Berlin 1939.
14. BERG G.: Die Füllung der Gangspalten. Zeitsch. f. prakt. Geol., 46. Jahrg., 1938, S. 219—238.
15. CADISCH JOOS: Geologie der Schweizeralpen. Zürich 1934.
16. DIAS ANTONIO: Contribution à l'étude pétrographique des schistes de Casanna du Val d'Hérens (Valais-Suisse) et de quelques gîtes qui s'y rattachent. Thèse Lausanne-Genève 1920.
17. DIEHL E.: Geologisch-Petrographische Untersuchung der Zone du Grand Combin im Val d'Ollomont. Schweiz. Min. Petr. Mitt., 1938, Bd. 18, S. 214—403.
18. DUPARC L. et RITTER E.: Etude pétrographique des schistes de Casanna du Valais. Première note. Arch. sc. phys. nat. Genève, 4^{me} pér., t. II, 1896, p. 47—59.
19. — Schistes cristallins des Alpes (en particulier les schistes de Casanna). C. R. Soc. phys. nat. Genève, 4^{me} pér., t. IX, 1900, p. 486.
20. — Sur la classification des schistes de Casanna et des Alpes valaisannes. C. R. Ac. Sc. Paris, t. 132, 1901, p. 1237—1239.
21. FEHLMANN H.: Der schweizerische Bergbau während des Weltkrieges. Bern 1919.
22. GERLACH H.: Die penninischen Alpen. Beitr. geol. Karte Schweiz, Lief. 27, 1883.
23. — Das südwestliche Wallis. Beitr. geol. Karte Schweiz, Lief. 9, 1872 (Bl. XXII, 1:100.000).
24. — Die Bergwerke des Kantons Wallis. Bericht vom 15. Juli 1859, Sitten 1873, S. 69—81—98. — Beitr. geol. Karte Schweiz, Lief. 27, 1883.
25. GRUBENMANN U. u. NIGGLI P.: Die Gesteinsmetamorphose. Berlin 1924.
26. HEIM ALBERT: Geologie der Schweiz. 2 Bände, Leipzig 1916—22.
27. HERMANN F. W.: Recherches géologiques dans la partie septentrionale des Alpes Pennines (Massifs Roc de Boudri-Bella Tola et Sasseneire-Becs de Bosson). Lyon 1913.
28. HEUSLER C.: Über das Vorkommen von Nickel und Kobalterzen mit gediegen Wismuth an der Crête d'Omberenza. Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges., Bd. 28, 1876, S. 238.
29. HIRSCHI H.: Radiohalos im Chlorit der Erzlagerstätte von Kaltenberg im Turtmanntal (Wallis). Schweiz. Min. Petr. Mitt., Bd. 19, 1939, S. 222—223.
30. HUTTENLOCHER H.: Zur Kenntnis verschiedener Erzgänge aus dem Penninikum und ihrer Metamorphose. Schweiz. Min. Petr. Mitt., Bd. 5, 1925, S. 181—229.
31. — Metallogenese und Metallprovinzen der Alpen. Met. und Erz. 1926, S. 607—612.
32. — Beiträge zur Charakteristik der westalpinen Metallisation. Schweiz. Min. Petr. Mitt., Bd. 7, 1927 S. 165—167.
33. — Die Erzlagerstättenzonen der Westalpen. Beitr. Geol. Schweiz., geotechn. Serie, Kleinere Mitt. Nr. 4, 1934. — Schweiz. Min. Petr. Mitt., Bd. 14, 1934, S. 22—148.

34. NIGGLI P., DE QUERVAIN F. und WINTERHALTER R. U.: Chemismus schweizerischer Gesteine. Beitr. Geol. Schweiz, geotechn. Serie, Lief. 14, 1930.
35. OSSENT A.: Über Erzvorkommen im Turtmann- und Annivierstal. Zeitschr. f. Kristallogr., Bd. 9, S. 563.
36. SANDER BR.: Gefügekunde der Gesteine. Wien 1930.
37. SCHARDT H., Geologisch-technisches Gutachten über die Bergwerke der Turtmann- und Eifischtäler. Febr. 1900.
38. SCHERER F.: Arsenkies (Turtmanntal). Zeitschr. f. Kristallogr., Bd. 21, S. 366.
39. SCHMIDT C.: Die Erzbergwerke im Wallis. Zeitschr. f. prakt. Geol., 11. Jahrg., S. 205.
40. — Die Erzlager des Val d'Anniviers und des Turtmanntales im Wallis. Gutachten 1917.
41. — Texte explicatif de la carte des gisements des matières premières minérales de la Suisse. 1:500.000. Mat. géol. Suisse, série géotech., Bâle 1920, p. 256.
42. SCHNEIDERHÖHN H.-RAMDOHR P.: Lehrbuch der Erzmikroskopie, 2. Bd., Berlin 1931.
43. SCHNEIDERHÖHN H.: Lehrbuch der Erzlagerstättenkunde. Bd. I, Jena 1941.
44. TSCHOPP H.: Die Casannaschiefer des obern Val de Bagnes (Wallis). Ecl. géol. Helv., vol. 18, 1923, S. 77—206.
45. WEGMANN E.: Geologische Untersuchungen im Val d'Hérens. Ecl. géol. Helv., vol. 16, 1922, S. 504—507.
46. — Zur Geologie der Bernharddecke im Val d'Hérens. Diss. Univ. Neuchâtel, 1922.
47. WOYNO T. J.: Petrographische Untersuchung der Casannaschiefer des mittleren Bagnetales (Wallis). N. Jahrb. f. Mineral. Beil. Bd. 33, 1912, S. 136—207.
48. Geologischer Führer der Schweiz, Basel 1934.
49. HALM ED.: Die Kupfer-Wismut-Lagerstätten im obern Val d'Anniviers (Wallis). Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Serie, Lief. 22, 1945.
50. SIGG J.: Contribution à l'étude pétrographique et minière de la partie inférieure du Val d'Anniviers et plus particulièrement de la région Saint-Luc—Bella-Tola. Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Serie, Lief. 21, 1944.



Mine Kaltenberg. Telephoto von der Alp Kaltenberg aus. Im Hintergrund der Turtmanngletscher.

Stollenmundlöcher: a untere Sohle, b mittlere Sohle, c tonnlägeriger Schacht, d obere Sohle, e, f Versuchsstollen in der abgesackten Partie.

Photo: Ing. Ph. Choffat, Perroy, Brennweite 1130 mm.

A n h a n g.

Die Bergbauarbeiten in den Gruben Kaltenberg, Grand Praz, Gollyre und Plantorin im Sommer 1942.

I. Einleitung.

Die schwierige Versorgungslage veranlaßte die Kriegstechnische Abteilung des Eidg. Militärdepartementes schon im Herbst 1941, dem Bureau für Bergbau des Kriegs-Industrie- und Arbeits-Amtes den Vorschlag zu machen, die Nickel-Kobalt-Lagerstätten Kaltenberg im Turtmantal, sowie Grand Praz, Gollyre und Plantorin im Val d'Anniviers zu untersuchen.

Aus organisatorischen Gründen war das Bureau für Bergbau nicht in der Lage, diese umfangreichen Untersuchungsarbeiten selber durchzuführen und besaß dafür auch keine Mittel. Dank dem Umstande, daß der Chef des Bureaus für Bergbau zugleich auch Geschäftsleiter der Studiengesellschaft für die Nutzbarmachung schweizerischer Erzlagerstätten war, konnte die Studiengesellschaft für die Lösung dieser Aufgabe, die im dringenden Interesse der Kriegswirtschaft lag, gewonnen werden.

Um die Bergbauarbeiten störungslos durchführen zu können, verlangte die Studiengesellschaft die Bergbaukonzession sowohl für das Gebiet von Kaltenberg, als auch für dasjenige von Grand Praz und Gollyre.

Für die Untersuchungen selbst bewilligte die Verwaltung der Studiengesellschaft einen Kredit von Fr. 25 000.—, während die Kriegstechnische Abteilung für diese Arbeiten einen Betrag von Fr. 20 000.— zur Verfügung stellte.

Auf Grund der vorhandenen Berichte und Gutachten bot der Abbau der Lagerstätte von Kaltenberg die meisten Aussichten. Dieses Vorkommen wurde während des letzten Weltkrieges im Auftrag des damals bestehenden Bureaus für Bergbau durch Herrn Ing. STIERLIN untersucht.¹⁾ Dieser sprach sich dahin aus, daß durch weitere Bergbauarbeiten in der bestehenden Grube wahrscheinlich eine gewisse Erzmenge gewonnen werden könne und daß die Möglichkeit bestehe, durch größere Aufschlußarbeiten neue Linsen zu finden. Es wurde damals auf die Ausbeutung des Vorkommens verzichtet, weil die Erze zu teuer zu stehen gekommen wären. Während des zweiten Weltkrieges handelte es sich aber in erster Linie darum, die fehlenden Rohstoffe Nickel und Kobalt zu beschaffen. Ihre Gestehungskosten spielten nur eine untergeordnete Rolle. Nachdem Prof. Dr. H. HUTTENLOCHER im „Ergänzenden Bericht vom 7. 3. 42“ zum Schlusse kam, daß „bei weiterem Abbau neue Erzlinen zum Vorschein kommen können und daß eine Ausdehnung der bisher bekannten Lagerstätte nach Süden und Westen angenommen werden dürfe“, wurden die Bergbauarbeiten am 6. Juni 1942 in Angriff genommen.

Organisation und Durchführung des Bergbaubetriebes waren mit großen Schwierigkeiten verbunden. Einesteils war es fast unmöglich, geeignete Arbeitskräfte aufzutreiben, weil gleichzeitig im Oberwallis eine große Zahl von militärischen Objekten, sowie die Kraftwerke Mörel und Goppenstein gebaut wurden. Andernteils wurden die Arbeiten durch die schwierigen Transportverhältnisse, den ungenügenden Saumweg und die Höhenlage (etwa 2500 m) wesentlich erschwert und verteuert. Die Leitung des

¹⁾ Vgl. H. FEHLMANN: „Der schweizerische Bergbau während des Weltkrieges“, Bern 1919. (Seiten 179—183).

Bergbaus wurde Herrn Dr. A. Glauser übertragen. Ihm stand, insbesondere für die Installationsarbeiten und die Montage der Maschinen, während drei Tagen pro Woche Herr Stahel von der K.T.A. zur Verfügung. Für die geologische Beratung wurden Prof. HUTTENLOCHER und F. GILLIÉRON zugezogen. Als Bauführer konnte der Präsident der Gemeinde Ergisch, Bautechniker J. Schneller, gewonnen werden. Die Arbeiten dauerten bis Ende September 1942. Durchschnittlich waren in der Grube zehn bis zwölf Mann beschäftigt.

Gleichzeitig mit den bergbaulichen Arbeiten wurden auch die Aufbereitung und Verhüttung der Erze untersucht. Diese Untersuchungen wurden Herrn Oberingenieur W. Stauffer (Escher Wyß AG., Zürich) übertragen.

Über die im Sommer 1942 ausgeführten Arbeiten und Untersuchungen in den genannten Gruben erstellte die Studiengesellschaft einen eingehenden Bericht, dessen wesentliche Teile nachstehend folgen.

II. Die Schürfungen und Arbeiten über Tag im Sommer 1942 in der Grube Kaltenberg.

(Bergwirtschaftlicher Bericht von Dr. A. Glauser¹⁾.)

1. Organisation.

Wie in der Einleitung erwähnt, wurden die Arbeiten mit durchschnittlich zehn bis zwölf Mann und einem Aufseher durchgeführt. Von diesen Arbeitskräften waren vier bis fünf Mineure, fünf bis sechs Handlanger und ein Bube für Kommissionen. Dazu kamen noch Arbeiter, die auf kurze Frist und in wechselnder Zahl herangezogen werden mußten, um die Baracke für die Unterkunft zu erstellen; so wurden zeitweilig einige Zimmerleute und Maurer beschäftigt. Hierzu kamen noch die Säumer, die für den Unterhalt ihrer Tiere selber aufzukommen hatten. Beim Abtransport der Werkzeuge und Maschinen am Schluß der Schürfarbeiten wurde jedoch eine Ausnahme gemacht, indem der Transport von Gruben bis Turtmann an Herrn K. Jaeger, Turtmann, übertragen wurde, der ihn im Akkord übernahm.

2. Vorbereitende Arbeiten über Tag.

a) Wegbau. Da von der Alp Kaltenberg zur Mine kein Weg bestand, war es als erste Arbeit notwendig, einen solchen zu erstellen, und zwar derart, daß ihn auch beladene Maultiere begehen konnten. Aber auch unterhalb der Alp Kaltenberg war der Saumweg teilweise zu verbessern. Ferner war es nötig, von der Alp Bitzen nach der Alp Kaltenberg den Weg auszubessern, da von Bitzen aus auf Mauleseln Bretter zur Mine gebracht werden mußten.

b) Barackenbau. Zu Beginn des Bergbaues war es möglich, die Arbeiter auf der Alp Kaltenberg unterzubringen. Es mußte aber sofort bei der Mine mit dem Bau einer Baracke begonnen werden, da am 20. Juli die Sennen auf der Alp Kaltenberg einzogen und daher von diesem Zeitpunkt an für die Arbeiter kein Platz mehr zur Verfügung stand. Für diese Unterakunftsbaracke war nur das Gemäuer der ehemaligen Knappenhütte verwendbar. Dach, Fenster, Fensterläden und alle andern Bestandteile waren wieder neu zu erstellen. Es wurden folgende Räume eingerichtet: Küche, Eßraum, Schlafrum, Schmiede, Kompressorenraum. Was die Ausstattung der Schmiede betraf, wurde der Schmied laut Vertrag mit Aufseher Schneller dazu verpflichtet, sämtliche nötigen Werkzeuge zu liefern. Bis Ende Juli wurde die Baracke fertig erstellt.

3. Tag- und Bergbau.

a) Erzsammeln auf der Halde. Gleichzeitig mit dem Wegbau wurde — bevor der Kompressor auf Kaltenberg montiert war — das sich noch auf der Halde befindliche Erz gesammelt.

¹⁾ Dieser Bericht, der nicht für eine Veröffentlichung abgefaßt war, wurde Dr. GILLIÉRON von der Studiengesellschaft zur Verfügung gestellt.

Zu diesem Zwecke wurde diese völlig umgewälzt. Im ganzen konnten so noch etwa 50—60 kg Erz gesammelt werden.

b) Die Schürfarbeiten über Tag. Bei den obersten Grubeneingängen steht ein vererzter Gang an, der sich in östlicher Richtung unter einen Lawinenzug verliert. Um denselben dort bloßzulegen, mußte Geschiebeschutt weggeräumt werden. Diese Arbeiten ergaben folgendes Resultat:

Der vererzte Karbonatgang¹⁾ nimmt E-wärts in seiner Mächtigkeit mehr und mehr ab; die Vererzung geht dabei zurück, so daß in der Mitte des Lawinenzuges weder vom Karbonatgang, noch von ihm begleitenden Kobaltblüten etwas zu sehen ist. Diese Schürfung zeitigte also kein positives Ergebnis.

c) Schürfungen in der Grube. Weitaus der größte Teil der Arbeiten auf Kaltenberg wurde darauf verwendet, an geeigneten Orten in der Grube selber Schürfarbeiten auszuführen. Zu diesem Zweck wurde mit einem Flottmann-Bohrhammer gearbeitet, der mit einem Ingersoll-Kompressor verbunden war.

Bis Anfang August wurde versucht, neue Erzlinsen zu erschließen, indem

1. die vererzten Zonen der Karbonatgänge erschürft wurden,
2. die Gänge an allen jenen Stellen verfolgt wurden, wo sie besonders schön ausgebildet waren.

So wurde bei Schürfstelle 1²⁾, wo der Karbonatgang vererzt war, in Richtung des Fallens aufwärts sondiert. Anfangs wurde auf etwas Erz gestoßen (eine kleine Erzlinse, die ungefähr 30 kg Kobalterz ergab). Bald vertaubte jedoch der Gang. Der Vortrieb betrug hier etwa 5 m auf einer Breite von 4 m.

Durch Schürfung 2 wurde ein etwa 15 cm mächtiger Karbonatgang in Richtung des Fallens aufwärts verfolgt. Es galt nämlich nachzuprüfen, ob westlich des mittleren Stollensystems, in welchem im frühern Bergbau einige Erzlinsen abgebaut wurden, in gleicher Höhe weitere Erzlinsen vorhanden seien. Zu diesem Zwecke wurde in einer Steilzone des Ganges ein Aufbruch von 7 m Länge mit 70—80° Neigung ausgeführt, der aber kein Erz erschloß.

Bei Schürfstelle 3 wurde gleich vorgegangen. Der Vortrieb betrug hier 3—4 m. Der Karbonatgang erwies sich aber als taub.

Schürfung 4a und 4b waren in vererzten Partien des flach einfallenden Karbonatganges angesetzt. Das Erz bestand jedoch in der Hauptsache aus Siderit und Kiesen, und es zeigte sich bald, daß diese Vererzung nur ein Überbleibsel einer Erzlinse darstellt, die bereits im frühern Bergbau abgebaut wurde. Im mittleren Stollensystem waren bei den Stellen 5 und 6 wenig mächtige Karbonatgänge mit Kobaltblüten anstehend. Diese wurden verfolgt; sie vertaubten aber bereits nach dem ersten Meter Vortrieb.

Bei Schürfstelle 7 wurde in nordwestlicher Richtung ein ziemlich steil stehender Karbonatgang in seinem Fallen verfolgt. Der Vortrieb betrug hier 4 m; Erzlinsen fanden sich keine.

Im obersten Stollensystem stand bei Stelle 8 ein Erz an, das auffällig viel Nickelblüten enthielt. Der Gang wurde hier in Richtung des Streichens südostwärts verfolgt; die Vererzung erwies sich jedoch als ganz lokal. Auch der Karbonatgang erlosch, so daß auch hier nach 2 m Vortrieb die Schürfung eingestellt werden mußte.

Schürfung 9, die in Richtung des Streichens auf einem vererzten Gang im tonnlägigen Schacht angesetzt war, erschloß eine Erzlinse, die etwa folgende Dimensionen hatte: 1 m lang, bis 0,9 m breit und 0,15 bis 0,20 m mächtig. Sie ergab ungefähr 600 kg Erz. Der Gang verlor sich aber bald wieder, und zudem gelangte man durch diese Arbeiten ins obere, bereits abgebaute Lager, so daß also eine weitere Exploration in dieser Richtung aussichtslos war.

¹⁾ Ing. Stierlin erwähnt diesen Karbonatgang in seinem Bericht vom Oktober 1918.

²⁾ Die Schürfstellen sind in arab. Zahlen im Grubenplan (Fig. 18) und in den Profilen (Fig. 19) eingezeichnet.

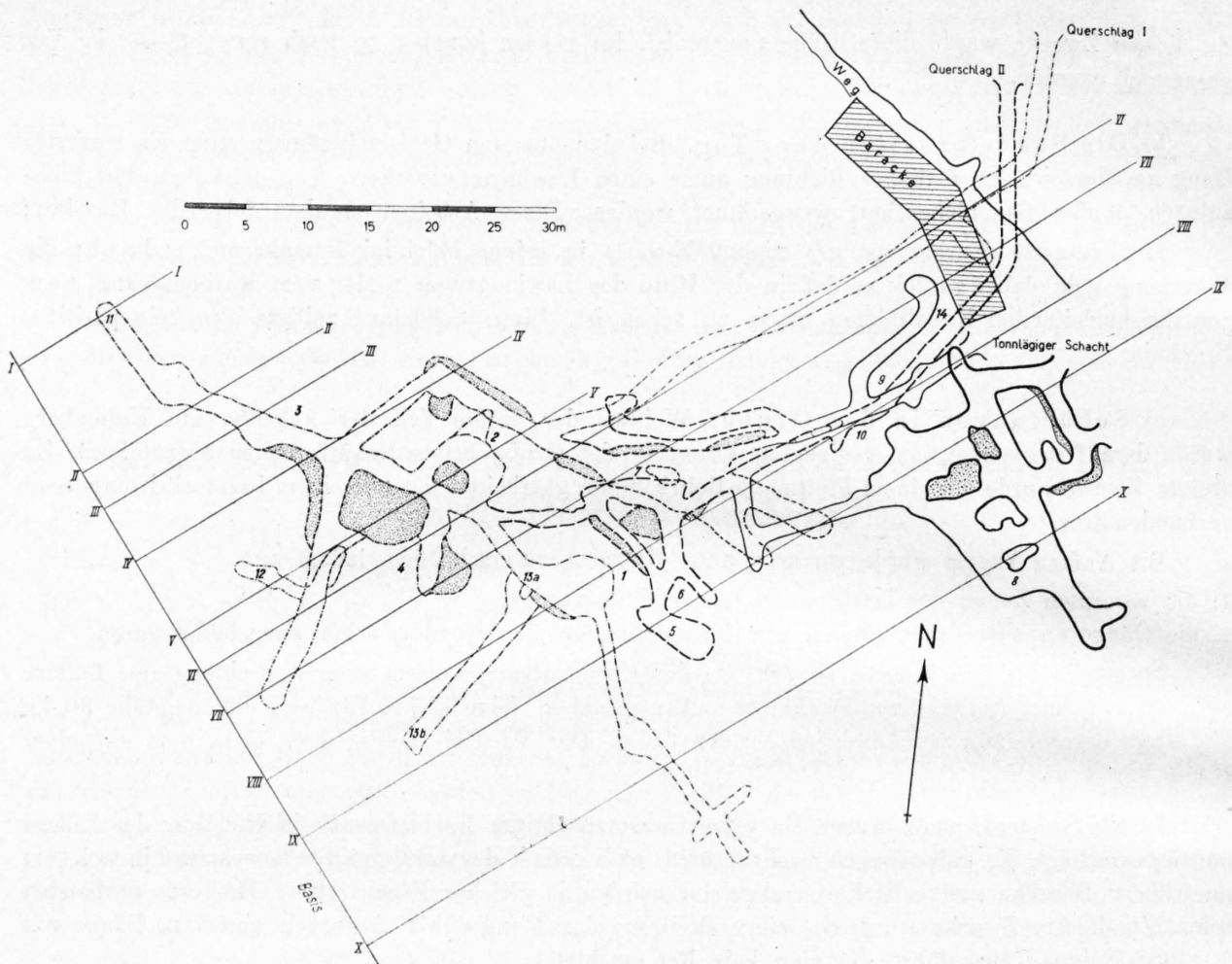


Fig. 18. Mine Kaltenberg.

Grubenplan mit Eintragung der Profile I—X (Fig. 19) und der Schürfstellen 1—14.
Weitere Erläuterungen siehe im Grubenplan Fig. 3.

Schürfung 10 wurde dann ebenfalls im Streichen des Karbonatganges im tonnläger Schacht, und zwar direkt gegenüber Schürfung 9, angesetzt. Der Gang, der ohnehin taub war, verlor sich aber rasch, so daß auch hier nach 80 cm Vortrieb die Arbeit eingestellt werden mußte.

All diese Schürfungen, mit Ausnahme von 9, erbrachten bloß negative Ergebnisse. Es zeigte sich also, daß innerhalb des Areals, das bereits durch den frühern Abbau im wesentlichen erschlossen wurde, keine nennenswerten Erzlinsen mehr aufgefunden werden konnten.

Im zweiten Teil des Explorations-Programms wurden dann die Schürfungen nach einem andern Gesichtspunkt ausgeführt:

Es sollte ein möglichst großes Feld erschlossen werden, um abzuklären, ob noch weitere unerschürfte Erzlinsen vorhanden seien, oder ob sich die Vererzung auf die Zone beschränke, die bereits früher abgebaut worden war. Daher wurden

1. in der tiefsten Sohle im Streichen und Fallen des Karbonatganges Sondierungen vorgenommen,
2. im tonnläger Schacht ein Aufbruch in nordöstlicher Richtung angelegt.

Im tiefsten Stollensystem wurde Schürfung 11 in nordwestlicher Richtung vom westlichen Ende der untersten Strecke aus angesetzt. Ein eigentlicher Karbonatgang war jedoch in dieser Strecke auf eine Distanz von 10 m westwärts nicht mehr vorhanden. Die weitem 5 m, die nun vorgetrieben wurden, wiesen deutlich darauf hin, daß in dieser Richtung mit größter Wahrscheinlichkeit kein Erz mehr angeschlagen werden kann.

Schürfung 12 wurde in dem am meisten westlich gelegenen Abhauen 4 m unterhalb der großen streichenden Strecke im Streichen des Karbonatganges angesetzt. Es wurde eine Strecke von 6 m,

N 52 $\frac{1}{2}$ ° E

S 52 $\frac{1}{2}$ ° W

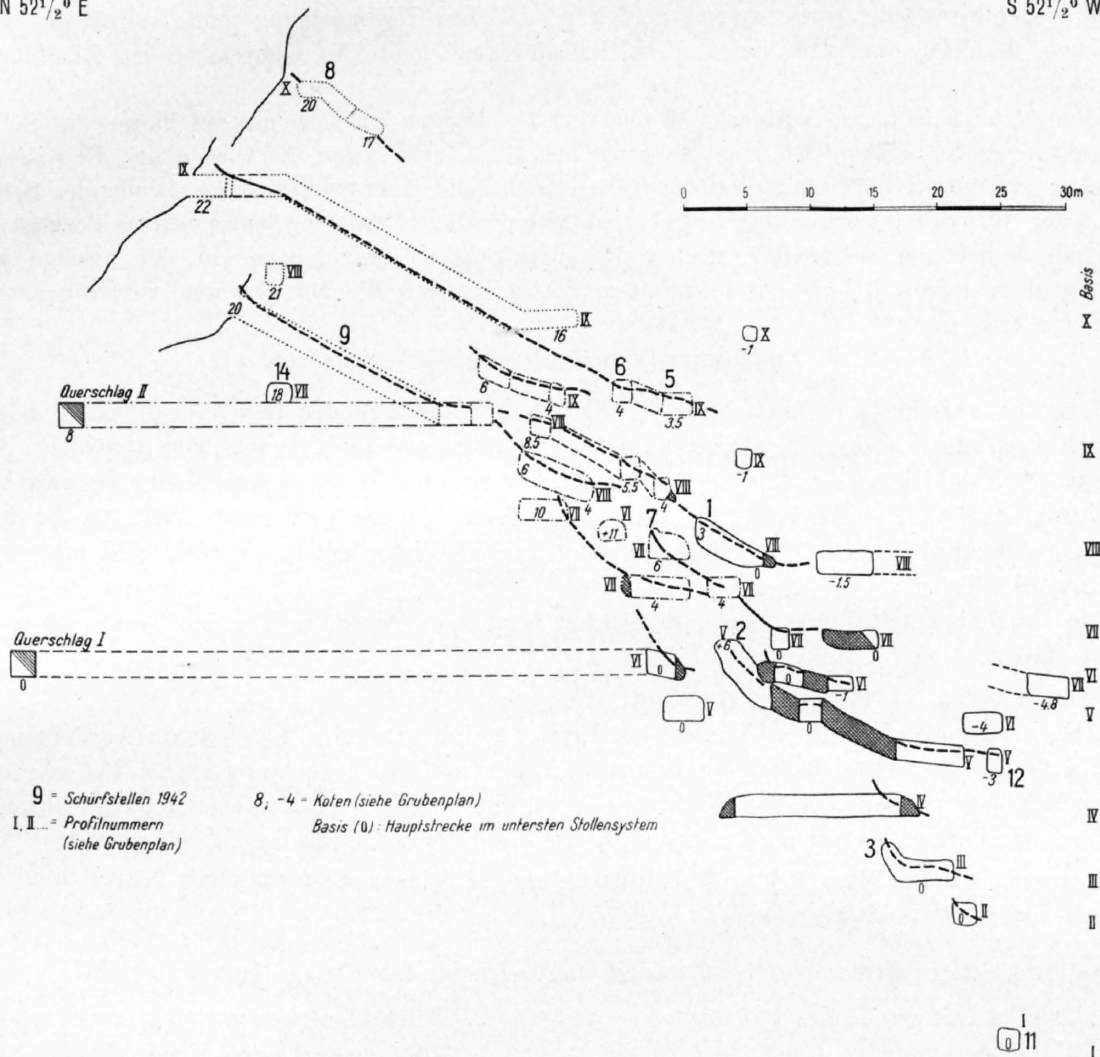


Fig. 19. Mine Kaltenberg.

Profilserie, den Verlauf des Karbonatganges (fette Linie, unterbrochen = Gang in reduzierter Mächtigkeit) darstellend. Fein punktiert: oberes Stollensystem, strichpunktiert: mittleres Stollensystem, dünne volle oder unterbrochene Linie: unteres Stollensystem. Schraffiert: Versatz. Koten siehe Grubenplan Figur 3.

und zwar ebenfalls in nordwestlicher Richtung, vorgetrieben. In der Mitte derselben war der Karbonatgang etwas erzführend, aber nur auf sehr kurze Erstreckung; weiter nordwestlich löschte er gänzlich aus. Diese Strecke erwies nun mit aller Deutlichkeit, daß im Feld, das oben durch die NW—SE-streichende Strecke und unten durch den im Fallen absinkenden Stollen bis Kote -4,8 gebildet wird, keine Erzlinsen mehr zu erwarten sind.

Schürfung 13a wurde im zentralen Teil des untersten Stollensystems im Fallem des flach einfallenden Karbonatganges ausgeführt. Mit dem Vortrieb gelangte man in einen alten, etwa 13 m langen Stollen, der ungefähr mit 10° nach SW geneigt ist. Er war ganz hinter Versatz verborgen, so daß er auch von Stierlin nicht entdeckt und somit nicht in seinen Grubenplan eingezeichnet wurde. Dieser Stollen verläuft in seiner ganzen Länge in sterilem Gestein.

Auch die Schürfung 13b, die den Stollen um 3 m verlängerte, schlug den Karbonatgang nicht mehr an. Der neu aufgefundene Stollen ist sehr aufschlußreich, er zeigt, daß im Abschnitt zwischen dem absinkenden Stollen und der Strecke, die im untersten Stollensystem in vollständig sterilem Gestein ganz nach Südosten verläuft, mit ziemlicher Sicherheit kein Erz vorhanden ist.

All diese Schürfungen, die vom untersten Stollensystem aus in der Richtung des Streichens und

Fallens ausgeführt worden sind, zeigen eindeutig, daß das Karbonatgangsystem sowohl seitlich, als auch nach der Tiefe zu verschwindet, so daß also auch kein Erz mehr in diesen Richtungen zu erwarten ist.

Der etwa 12 m lange Aufhau (14), der vom tonnlägigen Schacht aus bis hinter die Schmiede vorgetrieben wurde, schlug den Karbonatgang bei 5 m Vortrieb an. Er wies einige Erzspuren auf. Westwärts und gegen die Tiefe zu war der Gang jedoch nicht mehr nachzuweisen. Hinter der Schmiede erschloß der Aufhau nur noch taubes Gestein, so daß auch diese Schürfung kein positives Resultat ergab.

Ursprünglich war vorgesehen, noch weitere Schürfungen auszuführen. In der zweiten Woche des Septembers wurde jedoch der Kompressor defekt, so daß die Bohrarbeiten vorzeitig eingestellt werden mußten.

4. Zusammenfassung der Schürfergebnisse.

Von den verschiedenen Gutachten, die über Kaltenberg aus den Zeiten des frühern Bergbaus und auch nach dem letzten Weltkrieg ausgeführt wurden, erwies sich das von Ingenieur Stierlin abgefaßte als das objektivste und auch vorsichtigste. Dieser hob z. B. die geringe Menge des anstehenden Erzes hervor und schlug die eventuell noch auffindbaren Erzmengen nicht hoch an. Er betonte dabei auch den unverhältnismäßig hohen Aufwand an Aufschlußarbeiten, die nötig sind, um eventuell neues Erz erschließen zu können.

Die Ergebnisse der neuen Schürfarbeiten mit insgesamt etwa 60 m Vortrieb lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Die Grube selber ist vollständig erschöpft.
2. Das Karbonatgangsystem, der Träger des Erzes, besitzt nur eine beschränkte Ausdehnung und keilt außerhalb des Bereichs des bisherigen Bergbaus nach allen Richtungen aus. Bei der äußerst unregelmäßigen und sporadischen Vererzung in einzelnen Schmitzen muß daher das Schürfen nach weiteren Erzlinsen in der Umgebung der Grube als fast aussichtslos betrachtet werden.

Insgesamt wurden etwa 700 kg Kobalt-Nickelerz mit einem Co-Gehalt von 5,68 % und einem Ni-Gehalt von 5,45 % ausgebeutet.¹⁾

Als Ergänzung seien nachstehend zwei Analysen des komplexen Erzes aufgeführt:

1. Durchschnittsprobe des auf der Halde gesammelten Erzes:

As	23,67 %
Sb	Spur
Bi	0,52 %
Fe	11,90
Co	4,29
Ni	3,55
Mn	0,19
CaO	3,49
MgO	2,94
S	2,59
H ₂ O über 110°	1,11
CO ₂	16,19

2. Durchschnittsprobe der 700 kg abgebauten Erzes:

In HNO ₃ -Unlösliches	9,24
Ni	5,45
Co	5,68
Bi	0,11
As	28,98

Der durchschnittliche Co-Gehalt des Erzes kann mit 6 %, der Ni-Gehalt mit 1 — 2 % angenommen werden. Erzlinsen in tiefern Stollen der Grube enthielten weniger Ni als diejenigen nahe an der Oberfläche.

¹⁾ Dieses Erz wurde durch die Studiengesellschaft unter sämtliche mineralogisch-petrographischen Institute der Schweiz verteilt.

III. Versuche zur Gewinnung von Nickel und Kobalt aus den Erzen von Kaltenberg.

(Bericht von Obering. W. Stauffer.)

Röstversuche.

Vorversuche. Ausgangsmaterial: Erzbrocken.

1. Versuch: Material auf 8 — 10 mm Korngröße zerkleinert. Im einseitig geschlossenen Glasrohr erhitzt auf 650 — 700°.

Befund: Praktisch keine Veränderung. Im kältern Teil des Rohres vor dem Erz scheidet sich kein Sublimationsprodukt ab.

2. Versuch: Material pulverisiert (etwa 5 g). Im einseitig geschlossenen Glasrohr erhitzt auf etwa 700°.

Befund: Im kältern Teil des Rohres vor dem Erz schwacher weißlicher Niederschlag.

3. Versuch: Material pulverisiert (etwa 5 g). Im beidseitig offenen Glasrohr erhitzt auf etwa 700° unter schwacher Frischluftzufuhr.

Befund: Im angeschlossenen Chlorkalziumröhrchen leichter weißer Niederschlag.

Bemerkungen: Aus den Vorversuchen ergibt sich, daß eine Austreibung des Arsens durch Erhitzen bzw. Sublimation ohne Luftzufuhr bei diesem Erz nicht möglich ist. Es ist offenbar eine oxydierende Röstung erforderlich.

Versuche im Röhrenofen, 55 × 600 mm.

Ausgangsmaterial: Von Ammann, Langenthal, gemahlenes Erz.

Versuchsordnung: Eisenrohr \varnothing 50 × 45 mm, Länge etwa 650 mm, in feuerfestes Rohr des Ofens eingeführt. Zwischen Eisenrohr und feuerfestem Rohr Thermoelement zur Temperaturmessung. Im Eisenrohr Blechtrog für etwa 200 g Erzpulver. Auf der einen Seite des Eisenrohres Anschluß an Druckluftleitung; auf der andern Seite Anschluß an Abscheidungsanlage (Glaskolben) und Filter (Wattebausch).

Die Luftzufuhr wurde bei allen Versuchen praktisch gleichgehalten (bei 6 mm \varnothing Austrittsöffnung noch schwach wahrnehmbarer Luftzug).

4. Versuch: 200 g Erzpulver. Temperatur 650°. Versuch frühzeitig abgebrochen, da Filter ungenügend, sowie Abdichtung Eisenrohr-Glasrohr undicht.

5. Versuch: 200 g Erzpulver. Temperatur 650°. Dauer etwa 3 Stunden auf Temperatur. Bei etwa 500° Beginn der Entwicklung von weißlichem Rauch, welcher sich vorwiegend im Wattenfilter, zum Teil jedoch auch auf dem Flaschenboden als weißes Pulver absetzt.

Ausbringen: Etwa 10 g weißes Pulver (As_2O_3).

6. bis 9. Versuch: Bedingungen wie bei Versuch 5. Erzfüllung 200 g. Röstung bei 550, 600, 700 und 750°.

Befund: Ein Einfluß der Rösttemperatur konnte nicht festgestellt werden. Die Röstung geht bei 500 — 750° offenbar einwandfrei vor sich.

Das Ausbringen aus 200 g Erz betrug 14 — 17 g weißes Pulver (As_2O_3).

Das Röstgut dagegen zeigte eine Gewichtsabnahme von 18 — 22 g je 200-g-Füllung.

Es erwies sich bei den Versuchen als zweckmäßig, den Wattenfilter erst zu montieren, nachdem alles Wasser ausgetrieben war, d. h. bei etwa 400° C.

Bemerkungen: Aus den Versuchen im Röhrenofen ergibt sich, daß

1. das Erz zur Röstung pulverisiert werden muß,
2. die Röstung oxydierend durchzuführen ist und alsdann offenbar bei Temperaturen von 500 — 750° einwandfrei verläuft. Das Arsen wird hierbei als Arsentríoxyd As_2O_3 abgeschieden.

Die oxydierende Röstung hat den Nachteil, daß teure, komplizierte Röstanlagen erforderlich sind, da die vollständige, gefahrlose Abscheidung des As_2O_3 mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden ist.

Versuche zur Aufarbeitung der Röstrückstände.

Die thermischen Aufarbeitungsverfahren sind bei solchen Erzen kompliziert und kommen nur für die laufende Verarbeitung von großen Mengen in Frage. Für kleine Quantitäten, wie im vorliegenden Falle, eignen sich in erster Linie Lauge- bzw. Löseverfahren. Es wurden deshalb nur in dieser Richtung Versuche durchgeführt.

1. Löseversuche mit Salpetersäure. 164 g Röstrückstand wurden in 300 cm³ Salpetersäure von der Dichte 1.4 zwei Tage lang behandelt, alsdann wurde mit 150 cm³ Wasser verdünnt und durch eine Nutsche filtriert. Der Rückstand ist stark braun und dürfte noch viele lösliche Bestandteile enthalten.

Eine Wägung ergab, daß durch Lösen in Salpetersäure eine Gewichtsabnahme des Rückstandes von etwa 50 g erreicht wurde.

Das Filtrat wurde eingedampft und alsdann verdünnt. Hierbei wurden etwa 2 g Wismut, offenbar als basisches Wismutnitrat, ausgeschieden.

2. Löseversuche mit Schwefelsäure. 209 g Röstrückstand wurden mit 350 cm³ verdünnter Schwefelsäure behandelt. Eine Gasentwicklung war hierbei nicht feststellbar. Es konnte jedoch nicht bis zum Abrauchen der Schwefelsäure eingedampft werden, da sonst zu wenig Lösungsmittel vorhanden gewesen wäre. Es wurden deshalb noch 200 cm³ Schwefelsäure 1.84 zugesetzt und unter dauerndem schwachem Abrauchen zwei Tage lang der Lösungsgang fortgesetzt.

Das Gewicht des Röstrückstandes verringerte sich beim Lösen um etwa 138 g.

Der Rückstand ist schwach grau und dürfte noch etwas Metall enthalten; er läßt sich schlecht auswaschen.

Das Filtrat wurde eingedampft und verdünnt, worauf etwas Wismut, offenbar als Sulfat, ausfiel.

3. Löseversuche mit Salzsäure. 173 g Röstrückstand wurden zwei Tage mit 400 cm³ konzentrierter Salzsäure 1.19 behandelt. Die Lösung wurde sofort stark grün und es war eine intensive Gasentwicklung feststellbar.

Das Gewicht des Röstrückstandes verringerte sich beim Lösen um etwa 120 g.

Der Rückstand ist grauweiß.

Das Filtrat wurde eingedampft und verdünnt, wobei etwas Wismut als basisches Wismutchlorid ausfiel. Salzsäure scheint somit zum Lösen des Erzes am besten geeignet zu sein.

Versuche zur Gewinnung von Nickel und Kobalt aus der Lösung.

Für die Versuche wurde das Filtrat der salzsauren Lösung verwendet, nach Ausfällung des Wismuts als basisches Chlorid. Zahlreiche Versuche ergaben, daß offenbar folgende Verfahren zur Abscheidung von Nickel und Kobalt geeignet sein dürften.

Abscheidung von Kobalt. 100 cm³ salzsaures Filtrat wurden mit 100 cm³ Wasser verdünnt und das Kobalt mit 70 cm³ einer konzentrierten Kaliumnitritlösung als Kaliumhexanitrit $\text{K}^3 [\text{Co} (\text{NO}_2)_6]$ gefällt. Hierbei entwickelt sich Stickoxyd, da die Salzsäure aus dem Kaliumnitrit zuerst salpetrige Säure freimacht. Das gefällte Kaliumkobaltnitrit wurde mittels Nutsche abfiltriert und getrocknet.

Das Kaliumkobaltnitrit könnte voraussichtlich als solches in Kompensation an das Ausland abgegeben werden, oder man könnte es elektrolytisch oder thermisch auf Kobaltmetall aufarbeiten.

Abscheidung von Nickel. Vor der Nickelabscheidung müssen zuerst Eisen, Aluminium und Mangan entfernt werden. Dies ist möglich durch Zusatz von Kalkmilch und Chlorkalklösung.

Das von der Kobaltfällung herrührende Filtrat wurde beispielsweise mit Kalkmilch und einer Chlorkalklösung (100 g Chlorkalk auf 300 cm³ Wasser) versetzt, bis Eisen, Mangan und Aluminium als brauner Niederschlag ausfielen. Dieser wurde abfiltriert und im Filtrat das Nickel mit Sodalösung (heiß gesättigt) als Nickelkarbonat gefällt. Für die vollständige Ausfällung des Nickels waren 75 cm³ Sodalösung erforderlich. Das Nickelkarbonat wurde abgenutscht und getrocknet.

Nickelkarbonat könnte eventuell als solches für galvanische Vernickelung verwendet bzw. elektrolytisch oder thermisch auf Nickelmetall aufgearbeitet werden.

Abscheidung von Wismut. Das als basisches Salz oder als Sulfat abgeschiedene Wismut kann auf thermischem Wege in Wismut-Metall übergeführt werden.

Anmerkung vom 2. Oktober 1942 des Bureaus für Bergbau zum Bericht von Obering. W. Stauffer: Die von Herrn Oberingenieur W. Stauffer eingesandten Konzentrat-Proben wurden nicht analysiert, da das Verhüttungsproblem infolge Einstellung des Bergbaues gegenstandslos geworden war.

IV. Die Untersuchungen an den Nickel-Kobalt-Vorkommen von Grand Praz, Gollyre und Plantorin.

(Bergwirtschaftlicher Bericht von F. Gilliéron.)

A. Grand Praz bei Ayer (Val d'Anniviers).

1. Geographische Lage. Die Ni-Co-Grube Grand Praz liegt ungefähr 1200 m SE von Ayer am rechten Ufer der Navigenze, etwa 150 m über dem Bach.

2. Geologische Verhältnisse. Das Nebengestein, die Casannaschiefer, treten hier in der Fazies von chloritreichen Hornblendeschiefern auf. Darin eingelagert finden sich fahlbandartige Zonen, in denen Arsen- und Schwefelkiese angereichert sind. An ihrer gelbgrünen Verwitterungsfarbe sind sie deutlich erkennbar.

Die Schichten fallen mit 15° — 25° gegen N und streichen etwa E—W.

Es handelt sich bei Grand Praz um einen ausgesprochenen Quergang. Er streicht ungefähr E—W und fällt mit 55° — 80° gegen S. Die Mächtigkeit des Ganges beträgt im Mittel 30—50 cm, kann aber bis über 1 m erreichen. Meistens zerfällt er in ein Haupttrum und in ein oder mehrere Nebentrümer im Hangenden und Liegenden, die sich gelegentlich wieder scharen. Der Gang ist meist gut begrenzt durch blaugrüne, lettige Salbänder. Infolge späterer tektonischer Bewegungen längs des Ganges biegen die Schichten des Nebengesteines öfters clivageartig gegen den Gang um.

Die Gangfüllung besteht hauptsächlich aus Braunspat und Quarz. Darin bildet das Erz (zum großen Teil Rot- und Weißnickelkies) ein mehr oder weniger zusammenhängendes System von Gängchen und Linsen. Das Erz trat in unregelmäßigen Zonen auf. Nach GERLACH [24] soll dort am meisten Erz gefunden worden sein, wo der Gang eine fahlbandartige Zone kreuzte.

3. Bisheriger Abbau. Der Abbau wurde bereits Ende des 18. Jahrhunderts in Angriff genommen, jedoch ohne größeren Umfang anzunehmen. Die zweite Etappe von 1850 bis 1858 war die bedeutendste. Es wurden in dieser Zeit 2655 Zentner Erz abgebaut (nach GERLACH). Nach 1858 wurden noch einige Arbeiten zur weitem Aufschließung des Vorkommens ausgeführt.

Neben einem Tagbau von geringerer Bedeutung erfolgte der Abbau durch 7 übereinanderliegende, mehr oder weniger parallele Galerien, die im Streichen des Ganges in östlicher Richtung vorgetrieben wurden. Die untern Galerien sind durch tonnlägige Aufbrüche im Fallen des Ganges miteinander verbunden. Die unterste Galerie liegt 1580 m über Meer, die oberste 1710 m ü. M. Der Abbau umfaßt also ein Gebiet mit 130 m Höhenunterschied.

Ein Bild von den alten Bauen gibt der Seigerriß (Fig. 20).

Wir können folgende Baue unterscheiden:

a) Galerie I (1. Niveau): 1580 m ü. M., 120 m lang.

Die Galerie läuft ziemlich horizontal im Streichen des Ganges. Der Eingang ist unter grobem Blockschutt verdeckt. Die ersten 10—20 m sind verstürzt; doch ist der Stollen von der Galerie II aus zugänglich, und die übrigen 100 m sind, abgesehen von einigen kleinen Wassereinbrüchen, in gutem Zustand.

Diese Galerie ist zum größten Teil nach 1858 entstanden. Sie diente vor allem zu einem weiteren Aufschluß der Grube. Es zeigte sich aber, daß sich der Gang wohl in einer Mächtigkeit von 30 — 50 cm, in 1 — 3 Trümmern gespalten, in die Tiefe fortsetzt, aber keine Ni- und Co-Erze mehr enthält. Stellenweise findet sich etwas Kupferkies, das aber, wenigstens in diesem Niveau, nicht in abbaufähigen Mengen vorhanden ist.

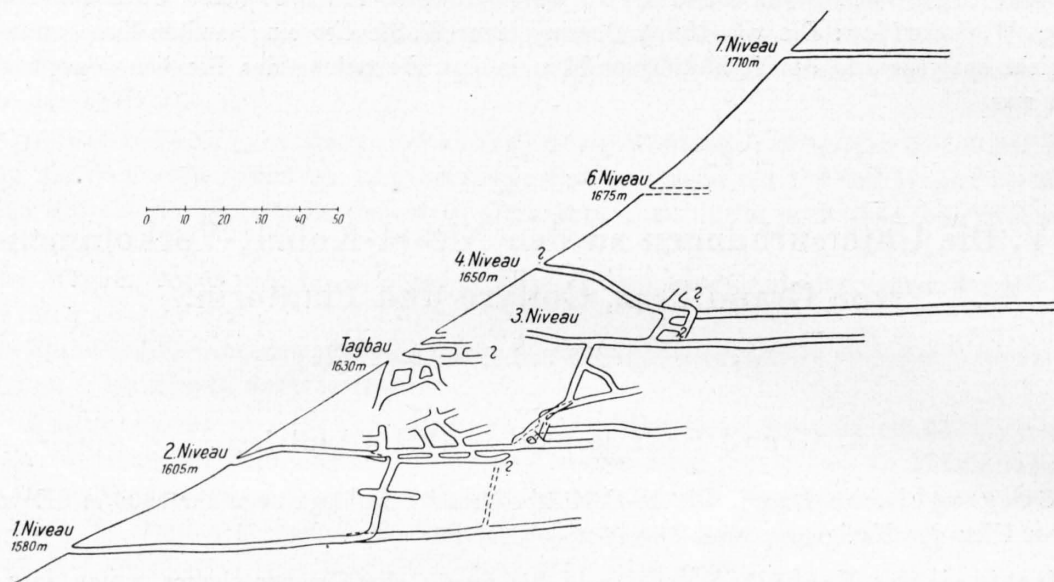


Fig. 20. Mine Grand Praz. Seigerriß. Nach F. GILLIÉRON.

Die Galerie I ist mit der Galerie II durch einen kaminartigen Schacht verbunden, dessen Einmündung in die Galerie II nicht genau festgestellt werden kann, da er verschüttet ist. Eine weitere Verbindung führt von Galerie I durch einen steilen Schacht über eine kurze Zwischensohle zur Galerie II. Diese Verbindung ist heute noch mit Hilfe eines Seiles benutzbar.

b) Galerie II (2. Niveau): 1605 m ü. M., 120 m lang.

Es ist die unterste Sohle, auf der ein Abbau von Ni-Co-Erzen stattgefunden hat. Die gesamten Anlagen sind noch begehbar. Man findet heute allerdings auch hier kein anstehendes Erz mehr und nur einige wenige Kobaltblüten.

Neben dem Hauptstollen, der im Gange in der Streichrichtung vorgetrieben wurde, finden sich mehrere Stollen, die den Nebentrümmern folgen; sie liegen zum Teil auf gleicher Höhe, zum Teil einige Meter höher oder tiefer als der Hauptstollen. Daneben finden sich noch einige Überbrüche und Querschläge. Es scheint, daß nur eine Zone von ungefähr 50 — 100 m vom Tage entfernt abbauwürdiges Erz geführt hat. Durch einen tonnlägigen Schacht besteht eine Verbindung mit Galerie III; doch ist diese heute nicht mehr begehbar. Ebenso bestehen wahrscheinlich Verbindungen mit dem Tagbau (1630), doch diese sind ebenfalls verstürzt.

c) Galerie III (3. Niveau) und Galerie IV (4. Niveau).

Beide Galerien sind nicht mehr zugänglich. Es besteht aber ein Plan davon, der als zuverlässig angesehen werden kann. Es geht daraus hervor, daß auch hier das abbauwürdige Erz nur in einer Zone von ungefähr 40 — 80 m vom Tage entfernt gefunden wurde. Beide Galerien standen wahrscheinlich ebenfalls in Verbindung mit den Anlagen des Tagbaues. Bemerkenswert ist bei Galerie IV ein etwa 250 m langer Stollen, der zu Aufschlußzwecken im Streichen des Ganges vorgetrieben wurde. Man ist aber auch hier auf keine neue Erzzone gestoßen.

d) Tagbau (1630 m ü. M.).

Hier wurde der Gang auf einer Breite von 15 m im Streichen und Fallen abgebaut. Der Gang zeigte hier die beste Entwicklung mit zum Teil über 1 m Mächtigkeit. Etwa 25 m NNE des Tagbaues und etwa 5 m höher finden sich noch einige komplizierte Baue, deren Lage im Seigerriß angedeutet ist.

Eine genaue Aufnahme würde ziemlich viel Zeit erfordern und hätte auf das Ergebnis der Untersuchungen keinen Einfluß. Möglicherweise handelt es sich hier um Galerie V, die ich sonst nirgends finden konnte.

e) Galerie VI und Galerie VII (6. und 7. Niveau). 1675 m ü. M., 26 m lang; 1710 m ü. M., 124 m lang.

Es sind beides einfache, im Streichen des Ganges vorgetriebene Stollen mit einigen Überbrücken. Sie sind beide nicht mehr auf ihrer ganzen Länge zugänglich. Die Ausbeute an Erz war hier vermutlich nur sehr gering.

4. Zusammenfassung. Nach Beobachtungen in den alten Bauen ergibt sich folgendes Bild:

Die abbauwürdigen Erzlinsen und -gänge konzentrierten sich auf eine Zone zwischen etwa 1650 und 1600 m ü. M. und zwischen 0 und 100 m vom Tage (mit Hauptentwicklungen zwischen 40 und 80 m vom Tage). Diese erzführende Zone ist aber bereits vollständig abgebaut worden, hauptsächlich durch die Galerien II, III, IV (und V). Daneben sind aber schon ausgedehnte Aufschlußarbeiten vorgenommen worden:

1. 25 m unterhalb der untersten Abbausohle ein 120 m langer Stollen im Streichen des Ganges, mit dem Ergebnis, daß der Gang in diesem Niveau kein Ni-Co-Erz mehr enthält.
2. 25 m und 60 m oberhalb der obersten Abbauörter je ein 120 m langer Stollen in der Streichrichtung des Ganges, wobei wenig oder gar kein Erz gefunden wurde.
3. In der Höhe von etwa 1650 m wurde im Anschluß an den Abbau ein etwa 250 m langer Stollen im Streichen in östlicher Richtung vorgetrieben, ohne daß noch Erz gefunden wurde.

5. Bauwürdigkeit. Meines Erachtens genügen diese Arbeiten, um zu zeigen, daß das Erzvorkommen zwischen den Niveaus von 1580 und 1710 m vollständig erschöpft ist. Zur Diskussion steht nun noch die Frage, ob außerhalb der alten Baue, also höher oder tiefer, noch weitere Ni-Co-Erze auftreten können, da sich ja der Gang noch weiter fortsetzt. Diese Frage kann nun durchaus bejaht werden; denn während der Bildung der Lagerstätte, also während der Füllung der Spalte durch aufsteigende, erzführende hydrothermale Lösungen, waren vor allem Druck- und Temperaturverhältnisse dafür maßgebend, ob sich Erz ausscheiden konnte oder nicht. Infolge tektonischer Vorgänge und anderer Ursachen konnten diese Verhältnisse rasch wechseln. Dabei ist es aber durchaus denkbar, daß sich mehrere Male diejenigen Druck- und Temperaturbedingungen einstellten, die ein Ausscheiden der Erze ermöglichten, so daß also im Gang mehrere erzführende Zonen auftreten können.

Vom theoretischen Standpunkte aus betrachtet, ist es zwar nicht ausgeschlossen, daß in einer Tiefe, die uns vollständig unbekannt ist, noch gewisse Erzanreicherungen vorhanden sind. Da sich diese indessen mit den zurzeit verfügbaren Methoden nicht feststellen lassen, wären weitere Untersuchungsarbeiten höchstwahrscheinlich resultatlos verlaufen und kamen deshalb nicht in Betracht.

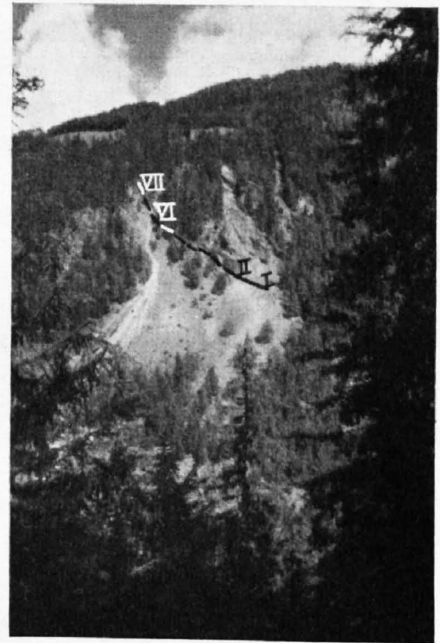


Fig. 21. Grand Praz von Westen.
Ausbiß des Ganges und zugängliche
Galerien.

B. Gollyre bei Ayer (Val d'Anniviers).

1. Geographische Lage. Das Ni-Co-Vorkommen in Gollyre liegt 800 m SE von Ayer über einem kleinen E—W fließenden Bach, auf ungefähr 1670 bis 1710 m ü. M.

2. Geologische Verhältnisse. Die geologischen Verhältnisse sind ähnlich wie bei Grand Praz. Das Nebengestein besteht aus chloritreichen Hornblendeschiefern, mit eingeschalteten fahlbandartigen Lagen, die reich an Arsen und Schwefelkies sind. Die Schichten fallen mit 30° gegen Norden. Nach GERLACH handelt es sich hier um einen ähnlichen Quergang mit Braunspat wie bei Grand Praz, jedoch mit geringerer Erzführung.

3. Bisheriger Abbau. Das Vorkommen wurde hauptsächlich in den Jahren 1847 bis 1850 ausgebeutet und soll 500 — 600 Zentner Nickelerz geliefert haben.

Diese Angaben lassen sich heute kaum mehr überprüfen. Etwas im Widerspruch zu den Angaben über die Ausbeute steht der unbedeutende Umfang der Halde, auf der sich nur sehr wenig vom Gangmittel (Braunspat) und gar kein Erz finden lassen. Einen Ausbiß des Ganges konnte ich nirgends feststellen. Hingegen existieren noch einige meist S—N verlaufende Stollen, die vor allem in den Fahlbändern vorgerieben wurden. Sie sind jedoch alle verstürzt, bevor sie den Ost—West streichenden Gang erreicht haben.

4. Bauwürdigkeit. Es würde sich wohl kaum lohnen, die alten Baue wieder zugänglich zu machen, da auch hier schon früher Aufschlußarbeiten vorgenommen wurden, die ergaben, daß die Erzführung des Ganges nur gering war. Über die Vornahme von weiteren Aufschlußarbeiten läßt sich das gleiche sagen wie bei Grand Praz: Es besteht wohl die Möglichkeit, daß noch Erz vorhanden ist, aber irgendwelche Angaben, wo und in welchem Maße es zu finden ist, können nicht gemacht werden.

C. Plantorin (Val d'Anniviers).



Fig. 22. Plantorin (gegen das Frilitäli), mit Ausbiß des Ganges.

1. Geographische Lage. Das Ni-Co-Vorkommen Plantorin befindet sich am Grate zwischen Turtmann- und Eifischtal, etwa 650 m S des Foreletta-Passes, ungefähr in der Mitte zwischen Punkt 3047 und Punkt 3037.

2. Geologische Verhältnisse. Das Nebengestein (Casanna-Schiefer) wird durch karbonatführende Chlorit-Serizit-Quarzite gebildet. Sie fallen im allgemeinen mit etwa 30° nach SW; doch ist ihre Lagerung durch zahlreiche, meist E—W streichende Brüche gestört, so daß sich zuweilen auch ein Fallen nach NE beobachten läßt. Es handelt sich um einen E—W streichenden Quergang, dessen Merkmale aber nicht sehr charakteristisch sind. Die Gangfüllung besteht hauptsächlich

aus Baryt, Quarz und Braunspat. Die Mächtigkeit ist sehr wechselnd. Dort, wo der Gang die Gratlinie schneidet, ist er etwa 3 m mächtig und etwas unterhalb schwillt er bis auf 5 m an. Er steht hier nahezu senkrecht. Etwa 15 m unterhalb der Gratlinie nimmt seine Mächtigkeit auf 50 — 80 cm ab. Er legt sich flacher und fällt nach SW. Er zeigt mehr linsenartigen Charakter und setzt infolge tektonischer Störungen stellenweise aus. Über die Erzführung läßt sich heute nur sehr wenig beobachten. Öfters findet man an der serizitreichen Ganggrenze rötliche Kobaltblüten, die auf Spuren von Kobalterzen hinweisen, welche selbst aber auch mit der Lupe nicht festzustellen sind. Das abgebaute Nickelerz (Weißnickelkies) soll sich in Nestern in den obersten Gangpartien gefunden haben.

3. Bisheriger Abbau. Um 1850 wurde eine an der Oberfläche liegende Nickelerzlinse abgebaut, die 5000 kg Erz geliefert haben soll. 1875 sollen noch einmal 2000 kg Erz abgebaut worden sein (nach SCHMIDT). Der Gang wurde fast vollständig am Tage abgebaut; nur auf der Ostseite des Grates wurde ein etwa 3 m langer Stollen in westlicher Richtung im Gange vorgetrieben, der aber wohl kein Erz geliefert hat. Heute bezeichnet noch ein etwa 5 m langer eingestürzter Graben die frühere Abbaustelle. Auf der Ostseite des Grates ist noch ein kleines Refuge aus Stein vorhanden und auf der Westseite des Grates die Grundmauern einer Baracke.

An den Steilhängen gegen das Frilitäli, auf der Ostseite des Grates, läßt sich der Gang am Tage etwa 60 m weit verfolgen. Außer den oben erwähnten Kobaltblüten zeigt er aber nirgends Anzeichen, die auf Kobalt- oder Nickelgehalt schließen lassen. Eine Untersuchung des Halden- und Geröllmaterials an den Hängen gegen das Frilitäli blieb ebenfalls ergebnislos. Auf der flachern Westseite des Grates ist der Gang durch mehrere Meter mächtigen groben Blockschutt bedeckt. Ein Ausbiß des Ganges konnte nicht gefunden werden.

4. Bauwürdigkeit. Aus gleichen Gründen, wie sie bei der Besprechung von Grand Praz angeführt wurden, besteht die Möglichkeit, daß noch weitere Erzlinsen vorhanden sind. Um diese Frage aber entscheiden zu können, müßte der Gang auf der Westseite des Grates auf eine längere Strecke freigelegt werden. Da die Überdeckung mehrere Meter beträgt und außerdem am Hang ziemliche Rutschgefahr besteht, würde dies sehr umfangreiche Arbeiten erfordern. In Anbetracht dieser Umstände, sowie des unsichern Ergebnisses und der Höhenlage, wurde daher von weitem Arbeiten abgeraten.
