

Beiträge zur Geologie der Schweiz

Geotechnische Serie · XIII. Lieferung, 4. Band

Die Eisen- und Manganerze der Schweiz

Herausgegeben von der

Studiengesellschaft für die Nutzbarmachung schweizerischer
Erzlagertätten und der Geotechnischen Kommission der
Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft

Die Magnetit-Lagerstätten

von

Emil Hugi †, H. F. Huttenlocher, F. Gassmann, H. Fehlmann

und den Mitarbeitern

G. Ch. Ladame, Th. Hügi und J. Wohlers †

Offsetdruck: Kümmerly & Frey AG., Bern

1948

Buchdruck: Buchdruckerei Feuz, Bern

Beiträge zur Geologie der Schweiz

Geotechnische Serie · XIII. Lieferung, 4. Band

Die Eisen- und Manganerze der Schweiz

Herausgegeben von der

Studiengesellschaft für die Nutzbarmachung schweizerischer
Erzlagerstätten und der Geotechnischen Kommission der
Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft

Die Magnetit-Lagerstätten

von

Emil Hugi †, H. F. Huttenlocher, F. Gassmann, H. Fehlmann

und den Mitarbeitern

G. Ch. Ladame, Th. Hügi und J. Wohlers †

Offsetdruck: Kümmerly & Frey AG., Bern

1948

Buchdruck: Buchdruckerei Feuz, Bern

INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort der Studiengesellschaft	5
Vorwort der Geotechnischen Kommission	7

A. Die Magnetitlagerstätten des Mont Chemin bei Martigny (Kanton Wallis)

I. KAPITEL

Geologisch-petrographische Untersuchung

1. <i>Allgemeiner Teil</i>	9
a) Historische Übersicht über die früheren Untersuchungen der Lagerstätte und über ihre genetische Deutung (Hugi)	9
b) Geographische Lage der Lagerstätte (Hugi)	13
c) Geologische Position und genetische Deutung der Lagerstätte (Hugi)	14
2. <i>Spezieller Teil</i>	20
a) Petrographische Charakterisierung der kristallinen Schiefer am Mont Chemin (Ladame)	20
b) Mineralogisch-petrographische und chalkographische Beschreibung der einzelnen Lagerstätten (Hugi-Huttenlocher-Ladame-Hügi)	25
aa) Das Magnetitvorkommen von Chez Larze	25
α) Das Erz	26
β) Die Skarne und die Nebengesteine	27
bb) Die Marmorlagerstätte von Chez Larze	29
α) Allgemeine Situation	29
β) Der Marmor	30
γ) Die Kalksilikatfelse	31
δ) Die fahlbandartigen Kieslager im Marmor	36
ε) Zusammenfassende Beobachtungen an den Skarnen und deren oxydisch und sulfidisch vererzten Gliedern	38
ζ) Die aplitisch-pegmatitischen Gesteine	39
cc) Die Magnetitvorkommen des Couloir Collaud	41
α) Allgemeine Situation	41
β) Das Erz	44
γ) Die Skarne	45
Die amphibolitischen Skarne	45
Pyroxen-Granatskarne	46
Die Granat-Epidotskarne	47
Die Epidot-Stilpnomelanfelse	49
δ) Der Marmor	50
ε) Sekundäre Mineralanreicherungen	50
ζ) Die Nebengesteine	52
dd) Die Magnetitvorkommen von Les Planches	53
α) Die mineralogisch-petrographischen Verhältnisse der obern und mittlern Zone	54
Das Erz	54
Das Nebengestein	55
β) Die untere Zone	57
Die Gesteins- und Erzparagenese	58
Chemische Beschaffenheit des Erzes	61
ee) Vence	62
α) Allgemeine Situation	62
β) Petrographisch-mineralogische Beschreibung	63
Das Nebengestein	63
Skarne	64
ff) Die hämatitischen Erze von Forêt du Goillet	67

II. KAPITEL

Die magnetische Vermessung (Gassmann)

1. Ziel der Vermessung	69
2. Überblick über die Prospektionsarbeiten mit dem magnetischen Variometer	69
3. Die erdmagnetischen Elemente	71
4. Das magnetische Universalvariometer	71
5. Reduktion der mit dem Variometer gemessenen Werte	72
6. Stationsnetz und Messresultate	74
7. Die magnetischen Isanomalien	75
8. Die magnetischen Eigenschaften des Erzes und der andern Gesteine	75
9. Allgemeines zur Interpretation der magnetischen Karten	81
10. Die Schätzungsmethode mit der Doppelstrecke	83
11. Ergebnisse der magnetischen Sondierung der Erzlager	87

III. KAPITEL

Bergwirtschaftliche Untersuchungen (Fehlmann)

1. Historischer Überblick	91
a) Der frühere Bergbau	91
b) Neuere Untersuchungen	93
c) Konzessionsverhältnisse	94
2. Der Bergbau während des zweiten Weltkrieges	95
a) Geschichtliches	95
b) Vorrichtungs- und Gewinnungsarbeiten	96
aa) Die Gruben von Les Planches	96
bb) Die Gruben bei Chez Larze	98
cc) Couloir Collaud	99
c) Installationen und Aufbereitungsanlagen	99
d) Produktion, Investitionen und Gestehungskosten	100
aa) Produktion und Absatz	100
bb) Investitionen	101
cc) Gestehungskosten und Verkaufspreise	102
3. Chemischer und physikalischer Charakter der Erze	103
4. Verhüttung	104
a) Im Holzkohlen-Hochofen	104
b) Im Elektro-Ofen	105
5. Die vorhandenen Erzreserven	106
a) Frühere Schätzungen	106
b) Neue Schätzung	107
6. Zusammenfassung	108

B. Anhang: Übrige Magnetitlagerstätten

(Hügi-Huttenlocher)

1. Allgemeine Bemerkungen	109
2. Die Magnetitvorkommen im Simplongebiet	110
a) Die Magnetitvorkommen am Helsen und bei Fleischstaffel	110
b) Die Magnetitvorkommen bei Feldbach und bei Schmiedmatten	111
Literaturverzeichnis	114

VORWORT DER STUDIENGESSELLSCHAFT

Die gegen Ende des ersten Weltkrieges, im Herbst 1918, gegründete Studiengesellschaft für die Nutzbarmachung schweizerischer Erzlagerstätten hat sich bekanntlich die Aufgabe gestellt, die Abbauwürdigkeit der Eisen- und Mangan-Erzlagerstätten und die Verhüttbarkeit der schweizerischen Eisenerze im elektrischen Ofen abzuklären. Gleichzeitig verpflichtete sich die Studiengesellschaft gegenüber dem Eidgenössischen Volkswirtschaftsdepartement, die Resultate ihrer Untersuchungen zu publizieren, um sie Wissenschaft und Wirtschaft zugänglich zu machen.

Unter dem Titel «Die Eisen- und Manganerze der Schweiz» erschien im Jahre 1923 die erste Lieferung dieser Veröffentlichung. Sie enthält die Untersuchungen der Studiengesellschaft über die Böhnerze, Hämatite, Siderite und Manganerze. In einer zweiten Lieferung sollte über die Lagerstätten der Magnetite, Limonite und Eisenoolithe berichtet werden. Ausserdem war beabsichtigt, im zweiten Bande auch über die Verhüttung der schweizerischen Eisenerze und ihre wirtschaftliche Bedeutung Bericht zu erstatten. Da das Arbeitsgebiet der Studiengesellschaft teilweise zusammenfiel mit demjenigen der Geotechnischen Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft, wurde im Jahre 1925 beschlossen, die weiteren Publikationen der Studiengesellschaft in die «Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, XIII. Lieferung» aufzunehmen.

Die Untersuchungen der Studiengesellschaft, deren Organe der Hauptsache nach die bergwirtschaftlichen Fragen zu bearbeiten hatten, konnten verhältnismässig rasch abgeschlossen werden. Dagegen verzögerte sich die Berichterstattung der geologischen Mitarbeiter zum Teil infolge Überhäufung mit andern Arbeiten, zum Teil durch Krankheit, so dass die Drucklegung des zweiten Bandes immer wieder verschoben werden musste. Die Studiengesellschaft entschloss sich deshalb, vorerst ihre Untersuchungen über die Verhüttung und die volkswirtschaftliche Bedeutung der schweizerischen Eisenerze zu veröffentlichen. Diese Arbeit erschien als dritter Band der XIII. Lieferung der Beiträge zur Geologie der Schweiz, geotechnische Serie, im Jahre 1932 unter dem Titel: «Die schweizerische Eisenerzeugung, ihre Geschichte und wirtschaftliche Bedeutung.» Als zweiter Band der Lieferung XIII wurde im Jahre 1945 aus der Feder von Prof. L. Déverin die «Etude pétrographique des Minerais de fer oolithiques du Dogger des Alpes suisses» publiziert.

Als geologisch-petrographischer Mitarbeiter konnte für die «Magnetit-Lagerstätten» im Jahre 1919 Prof. Dr. Emil Hugi gewonnen werden. Die vorläufigen Ergebnisse seiner Untersuchungen erschienen 1921 in den Ecl. geol. Helv. [26]. Auf Wunsch der geotechnischen Kommission wurde von Prof. Hugi für die definitive Fassung des Textes noch Dr. G. Ch. Ladame zugezogen. — Als dann Prof. Dr. F. Gassmann in den Jahren 1935/37 die magnetische Vermessung der Lagerstätte am Mont Chemin durchführte, war es selbstverständlich, dass die Studiengesellschaft wünschte, die Resultate dieser für die Schweiz neuen Untersuchungen in den vorliegenden Band einzubeziehen. Durch den Tod Prof. Dr. Hugis am 10. September 1937 musste die Publikation jedoch von neuem zurückgelegt werden,

trotzdem in zuvorkommender Weise sein Schüler und Nachfolger, Herr Prof. Dr. H. Huttenlocher, die Bereinigung des definitiven Textes übernahm, der 1939 druckbereit vorlag. — Inzwischen war der zweite Weltkrieg ausgebrochen. Während dessen Dauer durften weder Karten noch bergwirtschaftliche Angaben veröffentlicht werden. Die Drucklegung des vorliegenden Bandes musste daher auf die Nachkriegszeit verschoben werden.

Wenn schon der dritte Band weit über den ursprünglichen Rahmen hinausging, so zeigte es sich in der Folge, dass es nicht möglich ist, die Lagerstätten der Magnetite, Limonite und Eisenoolithe in einem einzigen Band zu behandeln. Durch den Bergbau des zweiten Weltkrieges wurde zudem der Einblick in die einheimischen Lagerstätten in ausserordentlicher Weise erweitert. Der vorliegende vierte Band behandelt deswegen nur die schweizerischen Magnetit-Vorkommen. Der grösste Teil der Arbeit ist der wichtigen Lagerstätte am Mont-Chemin gewidmet. Der Vollständigkeit halber sind aber auch die Vorkommen im Simplongebiet kurz beschrieben, obwohl denselben keine wirtschaftliche Bedeutung zukommt.

Die Verzögerung der Veröffentlichung des vorliegenden Bandes hatte zur Folge, dass der ursprüngliche Text weitgehend umgearbeitet werden musste. Dieser Umstand erschwerte und vervielfachte die Arbeiten aller an der Publikation beteiligten Autoren. Andererseits darf aber darauf hingewiesen werden, dass die neuen Bergbauerfahrungen, die eine bessere Beurteilung der Lagerstätten und ihrer bergwirtschaftlichen Verhältnisse ermöglichten, der vorliegenden Lieferung sehr zustatten kamen.

Von den Mitarbeitern der Studiengesellschaft sind in der Zwischenzeit Prof. Dr. Emil Hugi und J. Wohlers, der ehemalige Ingenieur der Studiengesellschaft, der die erste magnetische Vermessung im Jahre 1919 durchführte und die historischen Angaben über den frühern Begbau sammelte, leider verstorben. Ihnen, den Herren Prof. Dr. Huttenlocher und Dr. Th. Hügi, welche die undankbare Aufgabe der erneuten Umarbeitung und Ergänzung des geologisch-petrographischen Textes übernahmen, sowie Herrn Prof. Dr. Gassmann, der seinen Beitrag ebenfalls zweimal bearbeiten musste, ist die Studiengesellschaft für ihre hingebende Tätigkeit zu grossem Dank verpflichtet.

Für die Studiengesellschaft stellt der vorliegende vierte Band der Eisen- und Manganerze einen Rechenschaftsbericht über ihre Tätigkeit dar. Er ergänzt nicht nur die bestehende Literatur über die schweizerischen Eisenerzlagertstätten, sondern gibt bis zu einem gewissen Grade auch Auskunft über die Verhüttung der während des zweiten Weltkrieges ausgebeuteten Eisenerze.

Bern, im Oktober 1947.

Studiengesellschaft
für die Nutzbarmachung Schweizerischer Erzlagertstätten

Der Präsident:

Anacker.

Der Geschäftsleiter:

Fehlmann.

VORWORT DER GEOTECHNISCHEN KOMMISSION

Der vorliegende 4. Band der gemeinsam mit der Studiengesellschaft für die Nutzbar-
machung schweizerischer Erzlagerstätten herausgegebenen Reihe: «Die Eisen- und Man-
ganerze der Schweiz» (Lieferung XIII der Beiträge zur Geologie der Schweiz, geotech-
nische Serie) behandelt die schweizerischen Magnetitvorkommen (speziell diejenigen des
Mont Chemin bei Martigny im Wallis) in lagerstättenkundlicher und bergbaulicher Be-
ziehung. Die bis ins Jahr 1919 zurückreichenden Untersuchungen erfolgten im Auftrage
der Studiengesellschaft durch die Herren Prof. Dr. E. Hugi, Ing. Dr. H. Fehlmann, Prof.
Dr. F. Gassmann, Prof. Dr. H. Huttenlocher, Dr. Th. Hügi, Dr. G. Ch. Ladame und Ing.
J. Wohlers. Über den Werdegang der Arbeit und den Anteil der einzelnen Autoren orien-
tiert das Vorwort der Studiengesellschaft. Das Manuskript wurde von Dr. H. Fehlmann der
Geotechnischen Kommission an der Sitzung vom 20. Dezember 1947 unterbreitet und von
dieser mit bestem Dank an die Studiengesellschaft für die grosszügige Zurverfügungstel-
lung des Werkes und an Dr. Fehlmann für seine grossen Bemühungen entgegengenommen.
Die Geotechnische Kommission möchte auch allen Mitarbeitern, unter denen ihr Mitglied
Prof. Hugi inzwischen verstorben ist, herzlich danken.

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

Zürich, den 6. Juli 1948.

**Für die Geotechnische Kommission
der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft:**

Der Präsident:	Der Aktuar:
Prof. Dr. P. Niggli.	Dr. F. de Quervain.

A.

Die Magnetitlagerstätten des Mont Chemin bei Martigny

(Kanton Wallis)

I. KAPITEL

Geologisch-petrographische Untersuchung

1. Allgemeiner Teil

a) Historische Übersicht

über die früheren Untersuchungen der Lagerstätte und über ihre genetische Deutung

(Hugi)

Die ersten Nachrichten, welche sich auf die Magnetitlagerstätten des Mont Chemin, oder auf deren geologische Umgebung beziehen, treffen wir in Furrers Geschichte vom Wallis an [6], in welcher die von Philippe Hennegart im Jahre 1756 erworbene Konzession des Bergbaubetriebs vom Mont Chemin erwähnt wird. Weiteres erfahren wir von G. de Razoumowsky [1] und dann besonders von E. Gueymard 1814 [2]. Letzterer untersuchte als französischer Bergingenieur im Auftrage Napoleons die damals bekannten Erzlagerstätten des «Département du Simplon». Sein schriftlicher Bericht wurde im Jahre 1814 im «Journal des Mines» abgedruckt.

Im Jahre 1867 gibt A. Favre [7] in einem Profile «pris du Col d'Etablon à la Drance, près Martigny» eine erste Darstellung des geologisch-petrographischen Aufbaues des Mont Chemin. Nach diesem Autor setzt sich der ganze Berg zusammen aus Gneis, Glimmerschiefern und Talkschiefern. Das Korn dieser Gesteine wird nach der Höhe immer feiner. Oberhalb des Dörfchens Chemin gleichen die Schichten einem wirklichen Gneis und bilden die Fortsetzung der Gneismasse an der Nordseite des Mont Blanc. Favre erkennt also im Mont Chemin bereits das NE-Ende des Mont Blanc-Massives. Diese Beobachtungen Favre's vermögen nur ein ganz allgemeines Bild über die Geologie und Petrographie des Mont Chemin-Gebietes zu geben. Die ersten genauen Untersuchungen des Magnetitvorkommens selbst und seiner geologischen Umgebung verdanken wir H. Gerlach, dem ausgezeichneten Geologen und Bergingenieur und dem bahnbrechenden Förderer der geologischen und mineralogischen Erforschung des Kantons Wallis. Er gibt eine Übersichtsdarstellung der bergbaulichen Verhältnisse dieses Kantons in seinem Berichte an die «Administration der Minen des Wallis» vom 15. Juli 1859, der im Jahre 1883 veröffentlicht worden ist [9]. Die kristallinen Gesteinsschichten des Mont Chemin stellen nach Gerlach die östlichen Ausläufer des Mont Blanc-Massives dar, das sich bis nach Saxon erstreckt. Diese kristallinischen Schiefer enthalten an mehreren Punkten kleine Bleierzgänge und mächtige nierenförmige Magnetiteisensteinlager. Zwei von diesen Eisensteinminen sind nach Gerlach von der grössten Wichtigkeit; es sind diejenigen, welche die Walliser Regierung mit den Konzessionen Nr. 66 (Eisensteinmine

von Chemin) und Nr. 67 (Eisensteinmine von Charrat oder Vence) belegt hat. Diese Vorkommen sind wohl identisch mit den heute als «Les Planches» bezeichneten.

Im Jahre 1871 kann H. Gerlach [8] seine früheren Beobachtungen durch manche neuen Tatsachen ergänzen und die wissenschaftliche Untersuchung des Erzgebietes hat durch ihn seit jenem ersten Berichte vom Jahre 1859 eine wesentliche Vertiefung erfahren. Neben den beiden früheren Abbaustellen des Eisensteins von Chez Larze¹⁾ und von «Charrat oder Vences», wo sich das Erz im Hangenden von dünnen Marmorlagen einstellt (vgl. l. c. S. 55), sind dem Autor noch zwei neue bekannt geworden:

Diejenigen etwas unterhalb dem Wege nach Vence (von Chemin aus) am Gehänge nach Bovernier. Das sind die Erzzüge, die heute in der Literatur unter dem Namen derjenigen des *Couloir Collaud* bekannt sind. Dieses Lager setzt nach Gerlach ebenfalls in kristallinischem talk- und glimmerführenden Gneise auf. Der Eisenstein ist auch hier in Nieren bis zu 10 Zoll Dicke den schieferigen Gneisstraten eingefügt und wird umhüllt von einer schwachen Talk-Chloritschieferlage. Das Erz findet sich in Begleitung von Kalkspat, Chlorit, Hornblende und Epidot. Als weitere Abbaustelle gibt Gerlach in der zitierten spätern Publikation noch eine Grube an, welche sich etwa eine halbe Stunde nord-östlich von Chez Larze, in der Nähe der Alpe Planard befindet und über welche er schreibt: «Das Lager, ebenfalls aus feinkörnigem Magneteisenstein bestehend, fand sich nahe am Tage in grünlichem, talkigem Schiefer, bildete eine derbe, nierenförmige Eisensteinmasse von 30—40 cm Länge und 3—4 m Dicke. Das Einfallen betrug jedoch nur 25° gegen S. Am Hangenden befand sich ein schwaches Schwefel- und Kupferkiestrum.»

Gerlach erwähnt auch den Bleierzgang vom Felshügel La Crettaz (1448 m). Das ist das Vorkommen, welches in der spätern Literatur den Namen «*Tête des Econduits*» (von den Bewohnern «La Crettaz» genannt) trägt. Nach diesem Autor führt der Erzgang «im eingesprengten Zustande fein- und grobkörnigen Bleiglanz, etwas Blende und Kupferkies. Die Gangmasse besteht aus Quarz und Schwerspath». Neuere Aufschlussarbeiten [25] haben keinen Baryt mehr, dagegen in weiter Verbreitung Flußspat geliefert. Nach Gerlach ist das Nebengestein auch hier ein talkiger, sehr feldspatreicher Gneis, zu dessen Schieferung der Lagergang parallel streicht (in hora 4,50° gegen S.).

Zur Präzisierung unserer eigenen später zu besprechenden Auffassung über die Geologie des Mont Chemin-Gebietes und über die Genesis der Lagerstätte mag hier besonders hervorgehoben werden, dass Gerlach sich vollkommen bewusst ist, dass *zwischen den granitischen Massen des Mont Blanc-Massives*, den Felsiten, den porphyrtartigen Gesteinen und den Talkgneisen und Schiefern alle Übergänge bestehen. Die schieferigen und hornblendeführenden, bisweilen dioritartigen Gesteine werden nach diesem Autor in inniger Durchdringung von Quarzporphyr- und Eurit-Gängen durchsetzt. Der Protogin des Mont Blanc-Massives aber reicht selbst nicht bis in den Höhenzug des Mont Chemin hinein, Gerlach lässt ihn vielmehr bei Le Clou am Mont Catogne endigen.

Der westliche Sporn des Mont Chemin besteht bis gegen Chemin hin nach Gerlach aus Talkschiefern und talkigen Tonschiefern mit mehr oder weniger beigemengten, bräunlichen Glimmerblättchen und Spuren von kleinen Feldspatpunkten. Östlich von Chemin dagegen begegnet man kristallinischem talk- und glimmerführendem Gneis. Von W nach E ist also eine zunehmende Kristallinität der Gesteine wahrzunehmen.

Für die in dieser Untersuchung über die Magnetitlagerstätte des Mont Chemin weiter unten vertretenen Auffassungen wird es wichtig sein, den Nachweis zu erbringen, dass die

¹⁾ Die früher von Gerlach benutzten Schreibweisen: Chezlarze (Chez la Mèlèse) sind hier abgeändert in Chez Larze und Chez la mèleze.

Entstehung der Erzlinzen und die Metamorphose der sie einschliessenden Gesteine mit der *Intrusion des Mont Blanc-Granites* in Beziehung stehen. Der erste, der festgestellt hat, dass der Mont Blanc-Protogin nicht bei Le Clou am Mont Catogne endigt, wie das Gerlach annahm, sondern mit mehreren hundert Metern Mächtigkeit, obwohl in äusserst gepresster Ausbildung, noch auf die Nordseite des Drancetales hinüberreicht und in wenig mächtigen Bänken (1—2 m) sich am Aufbau des Mont Chemin beteiligt, ist H. Schardt. Seine diesbezüglichen Beobachtungen stammen aus dem Jahre 1893 [10]. Schardt gibt auch die Möglichkeit zu, dass diese wenig mächtigen Granitlagen in den Schieferen als Injektionsgänge aufzufassen sind, wie er es auch nicht für ausgeschlossen hält, dass die Quarzporphyre, die sich gegen SE an das Protoginmassiv schliessen und die von basischen Gängen und von Amphiboliten begleitet werden, mit dem Protogin in Beziehung zu bringen sind.

In deutlichster Weise bringt H. Schardt seine Vorstellung über die Beteiligung des Protogins (Mont Blanc-Granit) am Aufbau des Mont Chemin und über die Injektionsnatur dieses nordöstlichen Endes des Mont Blanc-Massives (Mont Chemin und Mont Catogne) zum Ausdruck in den Profilen Nr. 2 und 4, Tafel X des «Livret-guide géologique» aus dem Jahre 1894 [11]. In einem handschriftlichen Gutachten aus dem Jahre 1901 [53] lässt derselbe Autor den «Protogingranit mit Schieferlagern» mit 300—400 m Mächtigkeit in den Mont Chemin hineinstreichen.

Mit diesen petrographischen Fragen hat sich im gleichen Jahre (1894) eingehender Fr. Graeff befasst [12]. Dieser Autor nimmt mit Gerlach an, dass «die granitische (Protogin-)Zone des Mont Blanc ihr nördliches Ende bei Le Clou finde, doch hebt auch Graeff ausdrücklich hervor, dass er «innerhalb der Zone der kristallinen Schiefer nördlich der Dranse, an dem Steilgehänge des engen Quertales Gesteine schlagen konnte, welche man zum Protogin rechnen kann. Ihr Auftreten in deutlicher Gangform, sowie ihr ausgeprägt granitporphyrischer Habitus lassen dieselben aber mit Sicherheit als Apophysen erkennen.» (Gemeint sind Apophysen des Mont Blanc-Granites.)

Heute erscheint es uns als müssiger Streit, eine scharfe Abgrenzung machen zu wollen zwischen der eigentlichen Ausdehnung eines Granitmassives und dem Gebiet seiner Randintrusionen. Wir wissen, dass beide in kammartig verzahnter Linie ineinander übergehen. Für uns ist es von grösserem Interesse, dass auch Graeff die Schiefergesteine des Mont Chemin vom granitischen Magma intrudieren lässt.

Dass die Gesteine des Mont Chemin in der Beeinflussungssphäre der Mont Blanc-Granit-Intrusion liegen, diesen Gedanken haben im Jahre 1898 besonders L. Duparc und L. Mrázec in ihrer klassischen Monographie und Karte über das Mont Blanc-Massiv zum Ausdruck gebracht [13, 59].

Das Profil 4 auf Tafel X der zitierten Abhandlung (Coupe du Roc de Vence d'après H. Schardt), das einen schief verlaufenden Querschnitt des Mont Chemin darstellt, bringt diese Auffassung ebenfalls zum Ausdruck.

Eine monographische Bearbeitung hat die Erzlagerstätte des Mont Chemin im Jahre 1902 durch R. Helbling erfahren [14, 60].

R. Helbling erörtert die Frage nach der Genesis der *Marmor- und Magnetitlager*. Drei Bildungsmöglichkeiten können nach ihm in Betracht fallen (vgl. l. c. S. 33—34):

1. Erzführende Gesteine und der sie begleitende Marmor sind gleichalterig und gleicher Entstehung, wie die sie umschliessenden kristallinen Schiefer. Die Lagerstätte ist *archaisch* resp. *praekarbonisch*.

2. Die erzführenden Gesteine und der sie begleitende Marmor stellen ursprünglich einen stofflich gesonderten Gesteinskomplex von praekarbonischem Alter dar und haben ihre Erzführung und ihre charakteristische mineralogische Zusammensetzung und Struktur erst durch das nachträglich eindringende Eruptivgestein (Protogin) erhalten. Die Lagerstätte ist *praekarbonisch kontaktmetamorph*.
3. Die erzführenden Gesteine und der sie begleitende Marmor sind ursprünglich normal ausgebildete mesozoische Sedimente, die beim alpinen Faltungsprozess in das System der vorkarbonischen kristallinen Schiefer und Eruptivgesteine hineingepresst und dabei umkristallisiert und mineralisiert worden sind. Die Lagerstätte ist *mesozoisch und dynamometamorph*.

Helbling nimmt für keine dieser drei Entstehungsmöglichkeiten entschieden Stellung. Für die technische Beurteilung der Lagerstätte sind diese genetischen Fragen dagegen von Wichtigkeit; wir werden uns deshalb weiter unten eingehend mit ihnen zu beschäftigen haben.

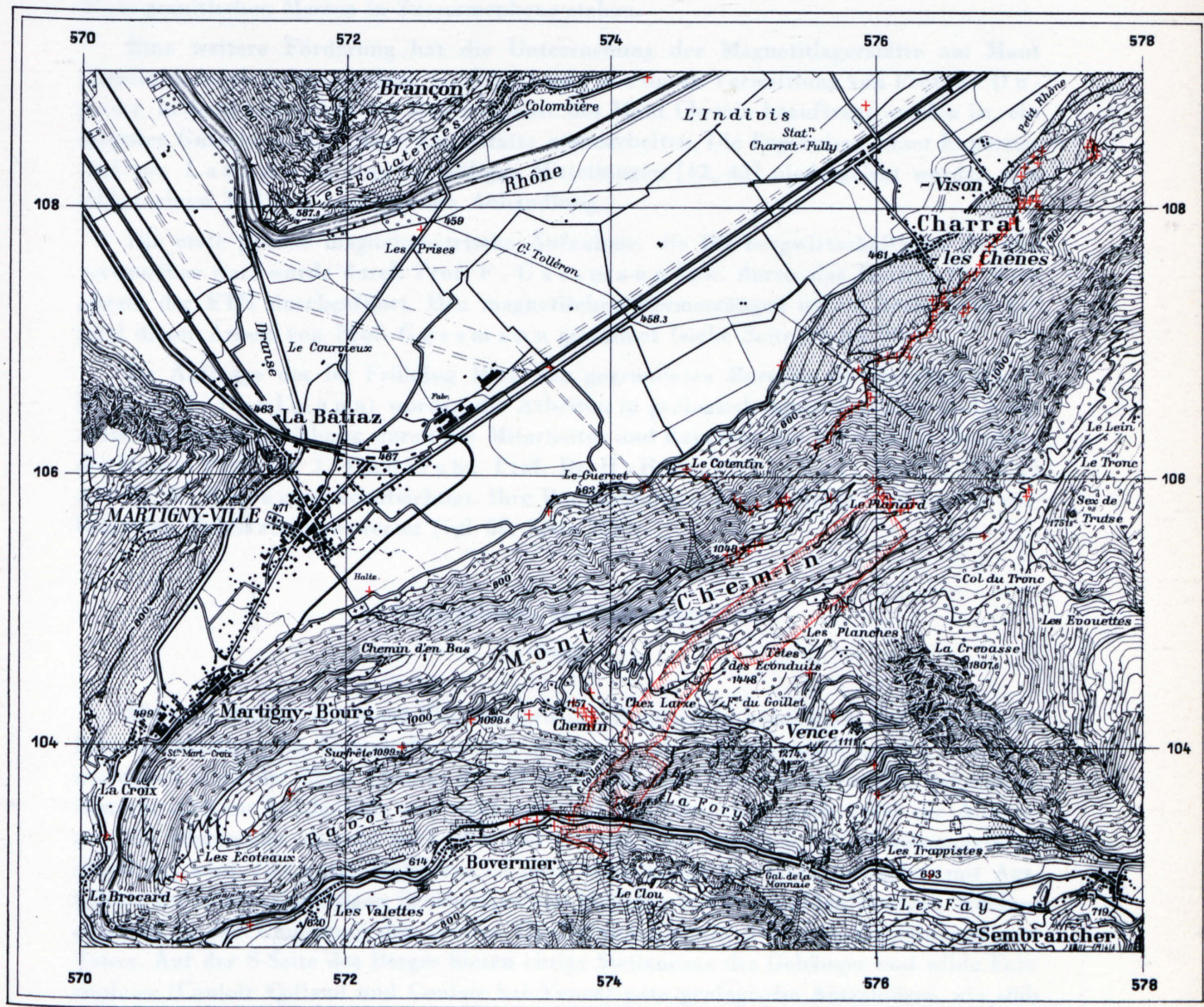
Der in Reichesbergs Handwörterbuch der Schweizer Volkswirtschaft, Sozialpolitik und Verwaltung über das Eisenerzlager am Mont Chemin von C. Schmidt [16] erschienene Artikel erörtert vorwiegend die bergwirtschaftlichen Fragen; dies gilt auch für die Behandlung des Mont Chemin durch C. Schmidt [17 und 20], wogegen derselbe Autor in den «Erläuterungen zur Karte der Fundorte von mineralischen Rohstoffen in der Schweiz (24 = erweiterte französische Ausgabe von Lit. 20) weitgehend den mineralogischen Charakter des Erzes berücksichtigt und das Begleitgestein des Erzes mit den charakteristischen Skarnbildungen der schwedischen Magnetitlagerstätten vergleicht.

Alle folgenden Arbeiten über den Mont Chemin standen unter dem Einfluss der Rohstoffknappheit, insbesondere während der beiden Weltkriege, und waren in erster Linie auf wirtschaftliche Gesichtspunkte eingestellt. Über die durchgeführten Untersuchungen und über den Bergbau wird im III. Kapitel berichtet. Nachstehend seien noch einige geologisch-petrographische Resultate erwähnt, die bei Arbeiten, welche vor dem zweiten Weltkrieg durchgeführt wurden, gewonnen werden konnten. In einem Gutachten von H. Schar dt und J. Weber [54] wird die Ansicht ausgesprochen, die Erze repräsentierten, wie die Marmore, ursprüngliche schichtartige Sedimente und seien durch gebirgsbildende Vorgänge in die heute vorliegenden Gesteine verwandelt worden. Denselben Standpunkt finden wir in einem andern Gutachten, das der Konzessionär J. Métral 1918 von dem Mineningenieur F. M. B o r n a n d [55] anfertigen liess. Der durch diesen Autor herangezogene Vergleich der Erzlager vom Mont Chemin mit den mittelschwedischen (Persberg, Grängesberg, Norberg usw.) rechtfertigt noch lange nicht die Richtigkeit der von ihm angenommenen Genese.

Hugi veröffentlichte 1921 [26] als geologisch-petrographischer Mitarbeiter der «Studiengesellschaft für die Nutzbarmachung schweizerischer Erzlagerstätten» eine vorläufige Mitteilung über die Genesis der Mont Chemin-Lagerstätte, in welcher mit aller Entschiedenheit die Auffassung vertreten wird, dass hier nicht eine sedimentäre Bildung des Erzes vorliegt, sondern, dass wir es mit einer eigentlichen *Kontaktlagerstätte* zu tun haben, deren Entstehung mit der oberkarbonischen Intrusion des Mont Blanc-Granites in nächste Beziehung zu bringen ist.

Diese Auffassung von der Gebundenheit des Mont Chemin-Erzes an ein Eruptivgestein wird auch von De Launay in seinem Handbuche über «Gîtes minéraux et métallifères» vertreten [18], und zuletzt hat auch H. Huttenlocher [46] die oxydische Eisenerzbildung der hier in Frage stehenden Lagerstätte den pyrometasomatischen Kontaktbildungen des Mont Blanc-Granites zugeordnet.

Fig.1. Topographische Übersicht des Mont Chemin und seiner Umgebung im Maßstab 1:50 000.



Vervielfältigung und Veröffentlichung nach den Aufnahmen für die Landeskarte mit Bewilligung der Eidgenössischen Landestopographie vom 20.11.1947.

Roter Überdruck: Gebiet der magnetischen Vermessung auf dem Mont Chemin (umrandet) und Netz der magnetischen Stationen der weiten Umgebung.

Die eingehenden Untersuchungen von N. Oulianoff [22, 23, 27, 32, 35, 37, 41] z. T. in Mitarbeit mit P. Corbin [28—31] haben gezeigt, dass es sich am Mont Chemin um einen nordöstlichen Ausläufer des Mont Blanc-Massives mit weitgehend injizierten und metamorphosierte Gesteinsserien handelt, die unmittelbar mit der Intrusion von Mont Blanc-granitischen Massen in Zusammenhang stehen.

Eine weitere Förderung hat die Untersuchung der Magnetitlagerstätte am Mont Chemin dadurch erfahren, dass G. Ch. Ladame durch Vermittlung von Prof. L. Duparc in Genf von einem der Konzessionäre des Mont Chemin beauftragt worden ist, ein erneutes Gutachten über diese Lagerstätte auszuarbeiten. Die Ergebnisse dieser Expertise sind von Ladame in zwei vorläufigen Mitteilungen [42, 43] niedergelegt worden und bilden einen Teil der vorliegenden Abhandlung.

Die erste genaue magnetometrische Aufnahme, die für bergwirtschaftliche Zwecke verwendbar war, wurde durch Prof. F. Gassmann bzw. durch das Institut für Geophysik der ETH durchgeführt. Den magnetischen Vermessungen ist ein besonderes Kapitel dieser Arbeit von Prof. Gassmann gewidmet (siehe Seite 69 bis 90).

Im Auftrage des im Frühling 1941 neu gegründeten Bureaus für Bergbau (Chef: Dr. h. c. H. Fehlmann) wurden die Arbeiten in geologisch-mineralogischer und bergwirtschaftlicher Beziehung durch die Mitarbeiter und Experten des Bureaus für Bergbau, die Herren Prof. Dr. J. Cadisch, Prof. Dr. H. Huttenlocher, Dr. Th. Hügi und Dr. A. Glauser beaufsichtigt. Ihre Beobachtungen und Berichte sind in der vorliegenden Publikation verwertet (vgl. 58, Seite 159).

b) Geographische Lage der Lagerstätte

(Hugi)

Mit dem Namen des Mont Chemin wird der Bergrücken bezeichnet, der sich südöstlich von Martigny im Unterwallis erhebt (siehe Fig. 1). Topographisch sowohl, wie auch geologisch stellt der Mont Chemin das NE-Ende des Mont Blanc-Massives dar, das sich in ihm mit starkem Axialgefälle und wohl auch mit Staffelbrüchen rasch unter die Alluvionen des Rhonetales absenkt und an seiner N-Seite noch reichlich von Moränenmaterial überdeckt wird. Der ganze Höhenzug ist nach allen Seiten hin stark bewaldet, mit Ausnahme der rundbuckelartigen Erhebungen von Surfrête und des muldenförmigen Weidenlandes in der Umgebung der kleinen Dörfer von Chemin d'en Bas, Chemin und von Vence. Auf der S-Seite des Berges bieten einige Steilanrisse des Gehänges und wilde Felscouloirs (Couloir Collaud und Couloir bei Vence) gute geologische Aufschlüsse, wie südlich des Quertales der Dranse das Gehänge ebenso steil und wild zum 2598.0 m hohen Mont Catogne, der südlichen geologischen Fortsetzung des Mont Chemin, ansteigt. Der Tête des Ecouits bildet mit 1448 m die höchste Erhebung des Bergrückens. Steil aufgerichtete, gebankte, quarzreiche, pegmatitisierte Granite und gangartige Einlagerungen dichter felsitischer Quarzporphyre, die zwar vom Gletscher z. T. rundgebuckelt worden sind, haben hier der Abtragung des Höhenzuges den grössten Widerstand entgegengesetzt. Die Höhenlage der einzelnen Erzlinen des Mont Chemin bewegt sich zwischen 1200 und 1400 m, im Couloir Collaud steigen sie sogar bis zu 1000 m Meereshöhe hinab. Auf Grund neuester magnetischer Vermessungen wird weiter unten, d. h. etwa 250 m oberhalb der Bahnlinie Martigny—Orsières, eine Erzlinse vermutet (vgl. II. Kapitel, Seite 88, und III. Kapitel, Seite 99 und 108). Der Talboden der Rhone bei Martigny liegt zwischen 458,3 und 470 m.

Das ganze Gebiet des Mont Chemin ist enthalten auf Blatt Nr. 526 (Martigny) 1 : 50 000 des Siegfriedatlases [67] und auf Normalblatt 565 Martigny-Ost der Landeskarte der Schweiz 1 : 50 000 ¹⁾ [68].

Im Jahre 1918 liess das schweizerische Bergbaubüro des ersten Weltkrieges die ganze erzführende Zone im Maßstab 1 : 2000 mit einer Aequidistanz der Isohypsen von 5 m neu aufnehmen [62]. Diese Karte bildet die topographische Grundlage der geologischen Karte und auch der magnetischen Vermessung Prof. G a s s m a n n s , welche der vorliegenden Publikation beigegeben sind (vgl. Taf. I—III). Im gleichen Jahre führte Ingenieur W o h l e r s , ebenfalls im Auftrage des Bergbaubüros, eine magnetometrische Aufnahme der Erzlinsen von Les Planches-Chez Larze [63 und 64] durch. Eine Übersichtsdarstellung der Lage der einzelnen Stollen und der magnetometrisch festgestellten Magnetitlinsen wurde durch W . G r e n o u i l l e t und E . M . B o r n a n d im Jahre 1921 gegeben [56]; sie besitzt aber keine grosse Genauigkeit und wurde deshalb hier nicht weiter berücksichtigt.

Die Gesellschaft «Mines de fer du Mont Chemin, S. A.» beauftragte 1928 das topographische Büro L e u p i n und S c h w a n k in Bern, den Südabhang des Mont Chemin stereophotogrammetrisch aufzunehmen. Die so erstellte Karte [66] hat L a d a m e durch eigene tachymetrische Aufnahmen ergänzt.

Die Erze des Mont Chemin-Gebietes verteilen sich auf folgende Punkte:

1. Chez Larze,
2. Couloir Collaud,
3. Les Planches,
4. Vence und
5. Forêt du Goillet.

c) Geologische Position und genetische Deutung der Lagerstätte

(Hugi)

Wie weiter oben in der kurzen historischen Übersicht über die frühern Untersuchungen und Deutungen der Lagerstätte bereits hervorgehoben worden ist, stellt der Mont Chemin das NE-Ende des Mont Blanc-Massives dar. Das zwischen dem pyramidenförmigen Gebirgsklotz des Mont Catogne und dem Mont Chemin tief eingeschnittene Quertal der Dranse, trennt den letzteren Massivteil vom Hauptmassiv nur in topographischer, nicht aber in geologisch-petrographischer Hinsicht ab. In dem Masse, wie die geologisch-petrographische Erforschung des Mont Blanc-Massives, besonders dank den zahlreichen Arbeiten und den Kartierungen von N . O u l i a n o f f und P . C o r b i n (vgl. Literaturverzeichnis) grosse Fortschritte gemacht hat, kommen diese neuen Erkenntnisse auch direkt dem Verständnis, der in mancher Hinsicht viel schwieriger zu beurteilenden petrographisch-geologischen und lagerstättenkundlichen Verhältnisse des Mont Chemin zugute. Die petrographische Forschung wird hier dadurch sehr erschwert, weil das nach NE sich rasch verschmälernde und ausspitzen Massiv tektonisch stark beeinflusst worden ist und die Gesteine dadurch eine weitgehende mechanisch-chemische Umformung erfahren haben, so

¹⁾ Bei der Herausgabe vorliegender Publikation noch nicht erschienen.

dass ihre ursprüngliche Natur oft sehr schwer, oft auch nur mit grösster Unsicherheit zu erkennen ist. Die geologischen Zusammenhänge lassen sich z. T. nur unvollständig feststellen, weil quartäre Ablagerungen und eine ausgedehnte Vegetationshülle das Anstehende auf weite Strecken hin der Beobachtung entziehen.

So ist es wohl verständlich, dass die petrographischen und geologischen Verhältnisse des Mont Chemin im Laufe der Zeiten durch die verschiedenen Autoren, wie das schon aus der oben gegebenen historischen Übersicht hervorgeht, eine recht verschiedene Deutung erfahren haben. Seit den Arbeiten eines Favre und Gerlach, eines Schardt, Graeff, Helbling und Sandberg [15, 61] drehte sich die Diskussion hauptsächlich darum, ob die Intrusivmasse des Mont Blanc-Granites sich noch am Aufbau des Berges beteiligt, oder ob dessen petrographischer Bestand ganz nur der Schieferhülle des Mont Blanc-Massives angehört. Da diese Frage zur *genetischen* Beurteilung der Lagerstätte von Wichtigkeit ist, so sei noch kurz mit einigen Worten darauf eingegangen:

G. Ch. Ladamé stellt in seiner schematischen geologischen Übersichtskarte 1:5000 [66] den petrographischen Bestand des Mont Chemin derart dar, dass der kristalline Teil des Berges sich in der Hauptsache aus Serizitgneisen = «Micaschistes granulitiques» aufbaut, die in einer zentralen Zone in der Richtung des alpinen Streichens — (zirka N 45° E) und in der Fallrichtung (60—80° SE) von Quarzporphyrbänken mehrfach durchzogen werden. Demnach teilt sich nach diesem Autor das Querprofil des Mont Chemin in drei Zonen, in eine westliche Zone der Micaschistes granulitiques und eine ebensolche östliche Zone, die von der ersteren durch die Zone des «Porphyre quartzifère en bancs dans les micaschistes» getrennt wird. Die westlichen Schiefer sind ausserdem ausgezeichnet durch die Einlagerung von zwei schmalen Marmorbändern und untergeordneten Amphibolitvorkommnissen. Die östliche Schieferzone schliesst ebenfalls einige Amphibolitlinsen ein.

Nach dieser Auffassung und schematischen Darstellung gestalten sich also die petrographischen und mit ihnen auch die tektonischen Verhältnisse des Mont Chemin ausserordentlich einfach. Eine etwas verschiedene Vorstellung über die Petrographie und Tektonik kommt in der geologischen Detailkarte der erzführenden Zone des Mont Chemin im Maßstab 1 : 2500 (vgl. Taf. I) von E. Hugli zum Ausdruck. Nach seinen Untersuchungen besitzt der Mont Chemin einen wesentlich komplizierteren petrographischen und tektonischen Aufbau, als nach der von G. Ch. Ladamé gegebenen, absichtlich stark schematisierten Darstellung anzunehmen ist. Zwar ergibt sich auch nach diesen Feststellungen in der *Hauptsache ebenfalls eine Dreiteilung* für den petrographischen Aufbau des Gebietes. Unbedingt können wir auch in diesem nordöstlichsten, sich ausspitzenden Ende des Mont Blanc-Massives drei Zonen auseinanderhalten, wie dies schon L. Duparc und M. Mrázec vor mehr als dreissig Jahren als richtig erkannt haben [13, 59]: Zwischen eine *nord-westliche Schieferhülle* und eine *südöstliche*, durch reichliche Quarzporphyrintrusionen und das Auftreten von Amphibolitlinsen ausgezeichnete Schieferzone schiebt sich ein *zentralgranitischer Intrusivkern* ein, dessen Mächtigkeit sich allerdings in nordöstlicher Richtung sehr rasch vermindert. Diese Grundanlage des Massives hat nun aber gerade im Mont Chemin-Gebiet dadurch wesentliche Komplikationen erfahren, und es sind die drei Zonen nicht scharf voneinander zu trennen, sondern gehen durch zahlreiche diaphoritische Rückläufigkeiten granitischer Komplexe ineinander über: Von der zentralen Granitzone aus sind nach NW und SE ganz unregelmässig verteilte Intrusionen von Granit, Granitporphyr, Aplit, Pegmatit und Quarzporphyr in die beidseitigen Schieferhüllen erfolgt, die wahrscheinlich selbst schon früher gebildete Granitisationen und Injektionen enthalten und wobei dieses ganze Substratum zu herzynischer Zeit, dann besonders durch die alpine

Hauptfaltung tektonisch stark verschuppt worden ist. So wäre es ein zweckloses Bemühen für die Beurteilung der geologischen Lage unserer Lagerstätte, die einzelnen z. T. gangartig, z. T. schlierenartig verteilten Zonen stärkerer oder geringerer Feldspatiation der Schiefer auseinanderhalten und in einer kartographischen Gesamtdarstellung des Mont Chemin-Gebietes zum Ausdruck bringen zu wollen. Ein Haupt Gesichtspunkt wird nun der sein, ob der eigentliche granitische Intrusivkern im Mont Chemin noch festgestellt werden kann, oder ob dies nicht der Fall ist.

Die Geländeaufnahmen von E. Hugi, bei denen ihm die Mitarbeit seines Schülers Dr. W. Fehr zugute kam, haben ergeben, dass am S-Abhang des Mont Chemins gegen das Dranse-Tal der Mont Blanc-Granit, der nach NE rasch auskeilt, noch mit beträchtlicher Mächtigkeit aufgeschlossen ist. Etwas nördlich von *Forêt du Goillet* wurde aber das letzte nur noch 40 cm mächtige Vorkommen eines resorptionsreichen und etwas porphyrisch ausgebildeten Mont Blanc-Granites konstatiert, und etwa 50 m weiter nördlich keilt die Granitzone oberflächlich aus und taucht unter eine Bedeckung von Gehängeschutt unter (vgl. geol. Karte Taf. I).

Aus diesen Tatsachen lässt sich wohl verstehen, warum G. Ch. Ladamé bei der Aufnahme seines Querprofiles durch den Mont Chemin und bei der mikroskopischen Diagnose der Gesteine dieser Profilserie die zentrale Granitzone des Mont-Blanc-Massives nicht mehr konstatieren konnte. In diesem Querschnitte hat der Granit schon die Fazies der quarzreichen, pegmatitischen bis quarzporphyrischen Randintrusionen angenommen, deren petrographische Deutung noch dadurch besonders erschwert wird, dass gerade diese äussersten, wenig mächtigen granitisch-quarzporphyrischen Intrusionen und Einlagerungen der Schiefer, die mit diesen letzteren eine starke tektonische Verschuppung erfahren haben, vollständig mylonitisiert worden sind.

Dass ausserdem gerade durch die strukturelle und teilweise auch die chemisch-mineralogische Umstellung besonders während der alpinen Dislokation dieses exponierten Gebietes die Auffassungen über die primäre Natur der heute vorliegenden Gesteinskomplexe verschieden sein können, wird unschwer verständlich erscheinen.

Analoge Feststellungen über das Auftreten und die Ausdehnung des Mont Blanc-Granites, wie sie von E. Hugi auf der beiliegenden Detailkarte zum Ausdruck gebracht worden sind, konnten durch N. Oulianoff [35] bei seinen Kartierungsarbeiten im schweizerischen Teile des Mont Blanc-Massives bestätigt werden. Auch dieser Autor weist hin auf die mannigfaltige petrographische Zusammensetzung der Schieferhüllen des Mont Blanc-Granites und auf ihre interessanten tektonischen Störungen und andernorts auch auf das Verhältnis zwischen herzynischer und alpiner Tektonik [vgl. 28—31]. Derartige Gesichtspunkte wurden auch bei unsern geologischen Aufnahmen am Mont Chemin verfolgt. Es wurde besonders versucht, die verschiedenen Vererzungsperioden mit den verschiedenen Phasen der tektonischen Entwicklung des Gebirges in Beziehung zu bringen. Bis jetzt liessen sich aber solche Zusammenhänge nicht mit Sicherheit feststellen. Es liegt dies wohl daran, dass das sich ausspitzenende NE-Ende des Mont Blanc-Massives durch die zwischen Mont Blanc-Massiv und Aarmassiv mächtig vorbrandenden Decken zu stark mechanisch beeinflusst worden ist. Die alpine Tektonik hat die Baupläne der herzynischen Faltung und die damals geschaffenen textuellen und strukturellen Verhältnisse allzusehr umgeformt und überdeckt, ja, wie es scheint, ihre letzten Züge fast bis zur Vollständigkeit verwischt.

Es möge im folgenden das petrographisch-geologische Bild des Lagerstättengebietes und der Erzvorkommnisse in kurzer Übersicht wiedergegeben werden, wie es sich nach

den Untersuchungen von E. Hug i ergibt: Die petrographische Beschaffenheit des ganzen Gebietes steht in vollständiger Abhängigkeit der Mont Blanc-Granit-Intrusion. Das granitische Magma drang zur Oberkarbonzeit in ein komplex zusammengesetztes und bereits stark in sich verfaltetes, zur Hauptsache sedimentäres, bereits stark metamorphisiertes Substratum ein. Nur die am Mont Chemin ganz untergeordnet in den kristallinen Schiefern auftretenden Amphibolit-Einlagerungen sind vielleicht zwischen Sedimente eingefügte Lagen basischer Eruptivgesteine; vielleicht sind sie aber auch auf Resorption von einzelnen Kalkzügen zurückzuführen (vgl. in dieser Beziehung die Arbeiten von L. Duparc [13] und N. Oulianoff, lit. cit.). Kalkeinlagerungen bilden in der Tat ein ausserordentlich charakteristisches und für die Bildung unserer Lagerstätte höchst wichtiges Glied der ursprünglich vorwiegend sedimentären Schieferhülle des Mont Blanc-Granites am Mont Chemin.

Die vorherrschend sauren Restergüsse des granitischen Magmas, die wohl z. T. unter noch andauernden tektonischen Bewegungen in dieses alte Substratum eindringen, bewirkten mit den in ihnen angereicherten fluiden Stoffen eine hochmetamorphe Umbildung sämtlicher Gesteine.

Auf *endogene Kontaktwirkungen* ist vielleicht, wie oben bereits erwähnt wurde, z. T. die Bildung der Amphibolite zurückzuführen und ihr ist auch zuzuschreiben die Ausbildung einer schlierig verteilten basischen Resorptionsfazies des Granites, die seine Randzone vielerorts begleitet (vgl. Taf. I).

Weiter ausholend sind die Wirkungen der *exogenen Kontaktmetamorphose*, die in einstweilen unübersehbarem raschem Wechsel die Sandsteine des alten sedimentären Deckgebirges übergeführt hat in Psammitgneise, die tonreichen und mergeligen Gesteine in Biotit-Chlorit- und Serizit-Schiefer und die in den innern Kontakthöfen die mineralogisch und strukturell so wechselvoll ausgebildeten Hornfelse und Skarnbildungen erzeugten. Solche Skarne und Kalksilikatfelse (Hornblende-Epidotfelse) und silikatführende oder reine Marmore stellen die Kontaktprodukte kalkiger und dolomitischer Sedimente dar. Seit den Untersuchungen von L. Duparc und L. Mrazec [13] und durch die Arbeiten von P. Corbin und N. Oulianoff [30, 31] ist das Mont Blanc-Massiv längst zum klassischen Gebiet der Granitkontaktmetamorphose geworden. Am Mont Chemin nimmt diese Metamorphose eine besondere Fazies an und hat daher auch für die Bildung der Lagerstätte eine ganz besondere Bedeutung, indem die Vererzung des Gebietes, die dem übrigen Mont Blanc-Massiv fehlt, aber in analoger Weise noch im benachbarten Aiguilles Rouges-Massiv, in der Arsenkies-Lagerstätte von Salanfe zur Entwicklung gelangt ist (vgl. hierüber die Mitteilungen von C. Schmidt [19, 24] des *schweizerischen Bergbaubüros* [21, p. 251] und von F. von Kaenel [38]).

Die Magnetitlagerstätte des Mont Chemin ist, wie es E. Hug i [26] schon früher dargetan hat, als eine typische *Kontaktlagerstätte* anzusprechen. Die Zufuhr des Magnetiterszes in die Schieferhülle des Mont Blanc-Massives geschah durch die Granitintrusion, insbesondere wahrscheinlich durch die pegmatitisch-pneumatolytischen Restphasen derselben. Die Konzentration der Erze ist fast ausschliesslich, von leichten Erzanflügen in den miarolitischen Hohlräumen der aplitischen und pegmatitischen Ausbildungen des Granites abgesehen, an die *einzelnen marmorisierten Kalkklinsenzüge* gebunden, die sich an der Grenze zwischen der zentralen Granitintrusionszone des Mont Chemin und der westlichen Schieferzone dieser letztern einlagern (vgl. Tafel I). Solche Kalkeinlagerungen bilden also charakteristische Horizonte der alten Sedimenthülle und sind am Mont Chemin die hauptsächlichsten Erzträger. Auf Magnetit sind erzführende Kalke in den obern Par-

tien des Couloir Collaud und bei den Häusern von Chez Larze abgebaut worden. Ausserdem hat die magnetometrische Untersuchung weitere nordwestlich von Les Planches im Walde erkennen lassen, und es weisen Halden und Stollen unmittelbar westlich vom Hotel du Vélau bei Les Planches auf Erzbergbau hin. Jedenfalls gehören am Mont Chemin die Kalke, die durch die Kontaktwirkungen zu hochkristallinen Marmoren geworden sind, einem ganz bestimmten wechselnd mächtigen, karbonatischen Horizont der Schieferhülle an. In diesem treten die Kalke als lange, sich seitlich ablösende Linsen auf und lassen sich vom Couloir Collaud gegen Chez Larze (hier wurde in den Jahren 1926 und 1927 ein ziemlich gross angelegter Abbaubersuch zur technischen Verwertung des Marmors gemacht) und von hier noch zirka 0,5 km weiter in nordöstlicher Richtung verfolgen. Bei den magnetometrisch festgestellten Vorkommen in der Gegend von Les Planches haben allerdings die dort vorgenommenen Bergbauarbeiten neuerdings, wenn auch vereinzelt, Marmore gezeitigt (vgl. S. 58). Wahrscheinlich hat in solchen Fällen die mit der Vererzung verknüpfte Silikatbildung die Kalke bis auf geringste Relikte verdrängt. Kalkeinschaltungen in der kristallinen Schieferserie sind in analoger Weise auch vom Arpille-Massiv [27] und ebenso im Aiguilles Rouges-Massiv entwickelt [22, 35]. Vererzt sind sie jedoch nur bei Salanfe im Aiguilles Rouges-Massiv mit goldhaltigem Arsenkies und Magnetit-Hämatit. Die Kalke dienen auch in unserem, wie in zahlreichen andern Fällen für die erzbringenden Lösungen als Fällungsmittel.

Die Ausbildung der kristallinen Schiefer des Mont Chemin zeigt eine zur zentralen Granitzone unsymmetrische Anordnung:

Vorerst konzentrieren sich die magmatischen Intrusionen nicht nur auf die Zentralzone, sondern verteilen sich in sehr unregelmässiger Weise auf die beidseitigen Schieferhüllen, und zudem ist die Granitisation der nordwestlichen Schiefer mehr aplitisch-pegmatitischer Art, während die hangenden Schiefer mit einem sehr engmaschigen Gangsystem von Quarzporphyrintrusionen und Quarzgängen durchsetzt werden. Dieser intensiveren Durchflechtung mit eruptivem Material ist wohl hauptsächlich auch die im allgemeinen kristallinere Ausbildung des südöstlichen Schieferkomplexes zuzuschreiben.

Die Quarzporphyr-Intrusionen und die Quarzgänge entsprechen aber auch einer etwas spätern, respektive einer mehr randlichen Entwicklungsphase des Mont Blanc-granitischen Magmas. Aus dieser Tatsache lässt sich auch verstehen, dass die Vererzung der westlichen und der östlichen Schieferhülle *einen durchaus andern Charakter* besitzt: An ersterem Ort treffen wir als Erz nur den Magnetit, der in einzelnen Linsen auftritt. Die südöstlichen Schiefer dagegen enthalten hauptsächlich Zinkblende-Bleiglanz- und Fluoritvorkommnisse, die aber mehr gangförmig auftreten (Tête des Econduits, Les Trappistes, Vence). Nur die Erze von Vence (Zinkblende und Magnetit) bilden einen Übergang zwischen dem ersten und dem zweiten Typus. Ebenso hat der Marmor von Chez Larze auch noch eine geringe, wohl nach der Magnetitbildung erfolgte Zinkblendeimprägung erfahren.

Besonders mag hier noch hervorgehoben werden, dass eine geringe Fluoritisation auch in den nördlichst gelegenen, d. h. in dieser Richtung vom Intrusionszentrum weiter abgelegenen Magnetitlinsen von Les Planches festgestellt werden konnte.

Ein zweiter Grund, warum die südöstliche Schieferhülle in ihrem petrographischen Bestande von den liegenden Schiefen des Mont Chemin verschieden ist, liegt in der ursprünglichen Beschaffenheit des Substrats, das der kontakt- und injektionsmetamorphen Umwandlung unterworfen worden ist. Es ist charakteristisch, dass der südöstlichen Schieferhülle, soweit das bis jetzt festgestellt werden konnte, Kalkeinlagerungen fast ganz fehlen (diesem Umstand mag z. T. vielleicht auch die verschiedene Vererzung der beiden Zonen zuzuschreiben sein).

Der dritte und vielleicht wichtigste Grund, warum das granitische Injektions-System mit seinen Schieferhüllen am Mont Chemin nicht symmetrisch ausgebildet ist, liegt jedenfalls in der *Tektonik des Gebietes*. Wie weiter oben schon mehrfach hervorgehoben wurde, ist es N. Oulianoff und P. Corbin (lit. cit.) gelungen, im französischen Teile des Mont Blanc-Massives die Elemente der herzynischen Tektonik und die alpine tektonische Umgestaltung desselben auseinanderzuhalten, und analoge Feststellungen konnte N. Oulianoff auch im schweizerischen Massivanteil machen [32]. Am Mont Chemin selbst sind aber solche Beobachtungen, wie schon erwähnt wurde, sehr erschwert, weil dieses nördliche, ausgespitzte Ende des Mont Blanc-Massives durch die vorbrandenden penninischen Decken allzusehr an die vorgelagerten kristallinen Klötze des Arpille- und des Aiguilles Rouges-Massives angepresst worden ist, als dass der ungestörte Verlauf der einzelnen Gesteinszonen und die feinen Strukturelikte der herzynischen Tektonik sich hätten erhalten können. Dieselben sind, mehr oder weniger vollständig in die alpine Richtung umgestellt worden. Der Wirkung der *Alpenfaltung* ist vorerst zuzuschreiben die flache diskordante Überlagerung der steil gestellten kristallinen Gesteine östlich und südöstlich von Les Planches durch die helvetischen triasischen und jurassischen Sedimente. Die Trias ist als Rauchwacke und Dolomit entwickelt und wird überlagert von spätigen, belemnitenführenden und von quarzreichen sandigen Kalken, die wohl dem Lias zuzuzählen sind. Über ihnen liegen dunkle, blätterige, stark glänzende Tonschiefer der Aalen-Stufe und darüber lagert der Malm der Val Ferret-Zone, aus dem sich die steilen Wände von La Crevasse östlich von Vence aufbauen.

In analoger Schichtenfolge werden die kristallinen Schiefer des Mont Chemin bei Martigny unterteuft von den steil aufgerichteten Sedimenten der Chamonix-Mulde, die hier in eng gepresster Synklinale zwischen Mont Blanc- und Aiguilles Rouges- resp. Arpille-Massiv eingeklemmt sind.

Wie der Sedimentmantel, so ist aber auch das kristalline Grundgebirge des Mont Chemin von der alpinen Tektonik erfasst, gehoben und steil aufgerichtet und vollständig in sich zerschuppt worden. Die primären Kontakte sind in unregelmässiger Weise abgerissen und durch sekundäre ersetzt worden. Die kristallinen Gesteine haben besonders an den einzelnen Gesteinsgrenzen und in den wenig mächtigen gangförmigen Einlagerungen eine intensivste Mylonitisierung erfahren, so dass sie zu einem guten Teil zur Unkenntlichkeit umgepresst worden ist. Von S nach N nimmt dieser Mechanisierungsgrad noch zu. In dem von G. Ch. Ladame gelegten Querprofile erreicht er schon einen hohen Grad. Solch typische und für die geologische Beurteilung des Mont Chemin ausserordentlich wichtige Mylonitisierungszone hat vor einiger Zeit auch N. Oulianoff [37] südlich des Dranse-Tales und im Bett der Dranse selbst nachgewiesen und schon vor diesen Beobachtungen wurden analoge prädominante *Störungslinien* auch bei der Aufnahme beiliegender Detailkarte des Mont Chemin-Erzgebietes (Tafel I) konstatiert und bei Tête des Econduits in dieser Karte eingetragen. Sie treten auch hier schon deutlich in der Topographie des Geländes hervor und verlaufen gleich wie die von Oulianoff angegebenen Dislokationslinien mehr oder weniger parallel zum alpinen Streichen (SW-NE). Wenn wir nun aber die beiden Punkte, an denen N. Oulianoff die Mylonitisierungszone festgestellt hat, d. h. Les Assets mit der Stelle oberhalb Bovernier verbinden, und wenn wir diese Linie nach NE verlängern, dann fällt sie zusammen mit den Bruchlinien bei Tête des Econduits und auch diese Gesamtverbindungsline entspricht dem alpinen Streichen. Dadurch gewinnen die Schlussfolgerungen von N. Oulianoff für die Tektonik dieser geologischen Störungszone noch an Bedeutung und werden für die Beurteilung unseres Lagerstättengebietes von Wichtigkeit.

Wir haben die auffälligen Verschiedenheiten in der petrographischen Ausbildung der beidseitigen Schieferhüllen festgestellt, und es hat sich gezeigt, dass die Art der Vererzung diesseits und jenseits dieser tektonischen Störungszone verschieden ist. All diese Tatsachen kommen miteinander in guten Einklang, wenn wir annehmen, dass an dieser tektonischen Linie ein Teil des äussern Kontakthofes des Mont Blanc-Granites abgeschürft und auf eine zentralere Partie des Massives hinaufgeschoben worden ist.

2. Spezieller Teil

a) Petrographische Charakterisierung der kristallinen Schiefer am Mont Chemin

(Ladame)

Es schien notwendig, den kristallinen Schiefen (siehe Seite 15) eine grössere Aufmerksamkeit zu schenken und sie entlang eines Querprofils von NW nach SE zu charakterisieren (Koord. der Profilendpunkte 574500/104750—575500/104000):

Gesteinsprobe Nr. 83, Schliff 26: Es handelt sich um ein graues, feinkörniges, leicht schieferiges Gestein, das augenscheinlich intensiv tektonisiert worden ist. Quarz, etwas Feldspat und Chlorit sind makroskopisch sichtbar. U. M. zeigt sich wenig, ziemlich frischer Orthoklas, während die meisten andern Feldspäte zersetzt sind oder Anhäufungen von sehr feinschuppigem Serizit-Glimmer bilden. In der Mitte der Feldspatkörner bemerkt man hie und da gut ausgebildete Muskovitblättchen. Der Quarz zeigt undulöse Auslöschung oder Auflösung in ein brekzienartiges Trümmeraggregat. *Diagnose:* Chloritischer Serizitgneis.

Dieses Gestein bildet den nördlichen Abhang des Mont Chemin und wurde in der Literatur gewöhnlich als Serizitgneis bezeichnet. Es zeichnet sich im Gelände durch eine grosse Stetigkeit in Struktur und Mineralbestand aus.

Gesteinsprobe Nr. 84, Schliff 27, besteht aus kleinen, parallel angeordneten Kalziten mit eingestreuten Quarzkörnchen, Pyrit und Magnetit. *Diagnose:* Leicht verquarzter Marmor.

Solche Marmore finden sich in Bänken in den vorerwähnten chloritischen Serizitgneisen eingeschlossen und lassen sich in zwei Zonen feststellen.

Im Hangenden dieses Marmorbandes stellen sich wieder Gneise ein, die äusserlich dem Gestein der Probe Nr. 83 gleichen = *Gesteinsprobe Nr. 85, Schliff 28.* U. M. erscheint der Orthoklas ganz zersetzt und von feinen Serizit-Schuppen erfüllt. Vereinzelt findet sich Plagioklas vor, dessen Zwillingslamellen symmetrische Auslöschung von 5° bis 6° aufweisen. Quarz drängt sich in grosser Menge zwischen Feldspäte ein. Quarz und Feldspat liefern ein granitisches Strukturbild; Quarz löscht undulös aus. Die deutliche Schieferung des Gesteins wird durch die streifige Anordnung der glimmerartigen Mineralien zum Ausdruck gebracht. Unter diesen herrscht ein brauner Biotit vor, der meist von opaken Eisenerzkörnchen als Entmischungsprodukten begleitet wird. Als Einschlüsse im Biotit seien noch einige grössere Zirkone und seltenere Apatitkristalle erwähnt. Der Pleochroismus des Biotits ist kräftig (n_x = gelblichbraun, n_β und n_γ = dunkelbraun). *Diagnose:* Serizitischer Biotitgneis.

Gesteinsprobe Nr. 87, Schliff 29, erweist sich als ein ähnliches grünliches Gestein, wie Probe Nr. 85, es zeigt deutliche Schieferung und ist quarzhaltig. U. M. sehen wir einige Relikte noch frischen Plagioklases mit Zwillingslamellierung nach dem Albitgesetz (Auslöschungsmaximum = 11°). Orthoklas und Plagioklas sind meistens in Serizitaggregate übergeführt. Die tektonische Beanspruchung hat die Feldspat-Zwillingslamellen oft verbogen und am Quarz undulöse Auslöschung hervorgerufen, wo nicht eine Überführung in ein Trümmeraggregat erfolgt ist. Der Biotit ist teilweise in einen leicht pleochroitischen Chlorit übergegangen. Mit dem Glimmer zusammen finden wir etwas Apatit, Zirkon und einige grössere Serizitschuppen vor. *Diagnose: Serizitischer Biotitgneis.*

Hiermit sind wir an der zweiten Marmorzone angelangt, deren Liegendes (*Gesteinsprobe Nr. 88, Schliff 30*) durch ein sprödes, dünnblättriges, grünes Gestein gebildet wird, das augenscheinlich stark metamorphosiert ist. Es enthält neben Quarz Chlorit und Granat. U. M. ist die Schieferung durch eine Bänderung angedeutet, die aus eisenschüssigen Körnchen, Serizit und chloritisiertem Biotit besteht. Der Quarz erscheint wie gewohnt tektonisch beansprucht. Spärlich erkennen wir Granat und Pyrit. *Diagnose: Wie oben, doch stärker tektonisierter granatführender chloritischer Biotitgneis.*

Im Hangenden der Marmoreinlagerung (*Gesteinsprobe Nr. 89, Schliff 31*) finden wir ein Gestein von gleicher Textur, wie Probe 88, doch ist es stärker quarz- und pyritführend. U. M. bemerkt man grosse mehr oder weniger zersetzte Feldspäte mit Serizitschuppen. Dazwischen findet sich reichlich zermahlener Quarz und farbloser Chlorit, welcher letzterer in Streifen angeordnet ist und Magnetitkörner und Epidot umschliesst. *Diagnose: Tektonisierter Chlorit-Epidotgneis. Typus wie die bereits erwähnten gneisigen Gesteine.*

Gesteinsprobe Nr. 90, Schliff 32, zeigt uns den Kontakt des Hangenden mit dem Marmor. U. M. überwiegen hier idiomorphe Quarzkörner von wechselnder Grösse, die in Serizit eingebettet sind. Man sieht etwas Orthoklas. Allmählich häufen sich gegen die Kontaktgrenze die Kalzitkörnchen, bis schliesslich ein ausgesprochener Marmor vorliegt. Grüner Chlorit, in breiten Streifen angeordnet, erfüllt das Karbonatgestein und deutet auch in ihm eine deutliche Schieferung an. Der Chlorit, mit anomalen Interferenzfarben, ist pleochroitisch (n_x = grünlich, n_y = farblos), hat kleinen positiven Achsenwinkel. Die Doppelbrechung ist sehr schwach. *Diagnose: Übergang von Chlorit-Serizitschiefer zu Marmor.*

Die Untersuchung eines Marmorstückes (*Gesteinsprobe Nr. 91, Schliff 33*), welches an und für sich farblos erscheint, zeigt, dass sich dem Kalzitaggregat einige Quarzkörner einlagern. Die konoskopische Betrachtung des Quarzes ergibt eine leichte Störung des Auslöschungskreuzes. *Diagnose: Quarzführender Marmor.*

Führen wir nun unsere Profilbegehung weiter, so treffen wir im fernerem Glimmschiefer (*Gesteinsprobe Nr. 93, Schliff 34*), die, wie gewohnt, graugrünlich, laminiert und sehr quarzhaltig erscheinen. U. M. erkennt man brekzienartigen Quarz, sauren Plagioklas (Albit), etwas Oligoklas und Magnetit. Die Feldspäte sind zermalmt. Als sekundäre Bildung hat sich Serizit auf den Bewegungsflächen entwickelt. Die grösseren Gesteinsgemengteile sind überall in einer Trümmerbrekzie, bestehend aus Quarz, zersetztem Feldspat und Serizit, eingebettet. *Diagnose: Tektonisierter Biotitinjektionsgneis.*

Gesteinsprobe Nr. 94, Schliff 35, unterscheidet sich kaum vom vorhergehenden Gestein. U. M. erkennt man wieder eine Grundmasse, bestehend aus zersetzten Feldspäten und Serizit. Darin schwimmen teils gut erkennbare Orthoklas- und Plagioklasbruchstücke, feinschuppige Serizitanhäufungen und einige chloritisierte Biotitblättchen. *Diagnose: Biotitinjektionsgneis* von gleichem Typus wie Nr. 93.

Mit *Gesteinsprobe Nr. 95, Schliff 36*, gelangen wir in ein Gebiet des Querprofiles, in welchem von verschiedenen Autoren Protogin, d. h. Mont Blanc-Granit, erwähnt wird. Ich habe dieser Zone daher eine besondere Aufmerksamkeit gewidmet und meine Untersuchungen mit dem Material, das von Duparc und Mrazec gesammelt worden ist, sorgfältig verglichen. Es handelt sich äusserlich, wie beim vorherigen Typus, um ein gneisartiges Gestein, von grünlicher Farbe, welches sehr quarzhaltig ist und eine gewisse Bänderung von grünen und weissen Bestandteilen zeigt. U. M. wird die Schieferung durch Streifen von eisenschüssigen, undurchsichtigen Körnchen ausgeprägt. Der Quarz, linsenartig angeordnet, wird von einer grauen, ursprünglich feldspatartigen Masse umschlossen, die, bei starker Vergrösserung, aus Serizitschuppen und zersetztem Feldspat zusammengesetzt erscheint. Der Biotit ist beinahe vollkommen chloritisiert. *Diagnose: Injizierter und metamorphosierter Glimmerschiefer* (Mylonitisierter saurer Granit).

Äusserlich erscheint *Gesteinsprobe Nr. 96, Schliff 37*, weniger umgewandelt. U. M. erkennt man ziemlich frischen Orthoklas, der in eine Grundmasse eingebettet ist, welche aus Orthoklasbruchstücken, viel Quarz und Serizit besteht. In dieser lassen sich dünne parallele Streifen aus den gleichen Mineralien unterscheiden, wozu sich noch eisenschüssige Produkte (Magnetit, Hämatit) gesellen. *Diagnose: Tektonisierter serizitischer Granitaplit* (Granitmylonit).

Über die *Gesteinsprobe Nr. 115, Schliff 38 und 39*, ist dasselbe zu sagen, wie beim vorhergehenden Gestein. Sie enthält etwas Pyrit. U. M. erscheint Plagioklas, hie und da nach dem Albit-Gesetz verzwillingt. Er ist, so wie der Orthoklas, stark zersetzt. Wie gewohnt, überwiegt der Quarz. Diese Elemente liegen in einer Grundmasse von ähnlicher Zusammensetzung, wie oben bereits erwähnt wurde, doch ist sie hier noch stärker von Serizit durchsetzt. *Diagnose: Tektonisierter, serizitisierter Granit.*

Bis zu diesem Punkte kann die Einheitlichkeit dieser gneisartigen Gesteine nicht bestritten werden. Es handelt sich um Gneise und Glimmerschiefer, die granitisch injiziert und metamorphosiert worden sind. Die einen sind es mehr, die andern weniger, wie sich das überhaupt in der kristallinen Schieferhülle des Mont Blanc-Massives auf Schritt und Tritt verfolgen lässt. Diese Abstufungen hängen von der jeweiligen Intensität der Tektonisierungserscheinungen und vom Grade der Injektion ab. Es gibt also Typen, die in allen Abstufungen granitischer aussehen als andere. Doch scheint es mir nicht möglich zu sein, in dieser ganzen petrographischen Stufenfolge verschiedene Gesteinsarten unterscheiden zu können. Der Protogin, den ich als solchen (z. B. Nr. 96, Schliff 37) nach der Helbling'schen Karte vom Mont Chemin gesammelt habe, gleicht dem echten Protogin des Mont Blanc-Massives in keiner Weise. Er ähnelt hingegen sehr gewissen injizierten Schiefern seiner Schieferhülle. Was bei Helbling als Gneis angegeben ist, sieht beinahe granitischer aus als sein Protogin. Ich möchte nicht einmal behaupten, dass die Fortsetzung des letzten Protoginstreifens des Mont Catogne hier stärker metamorphosierten Glimmerschiefern entspricht.

Südlich der Tête des Econduits begegnet man einer ganzen Reihe Quarzporphyre, die gewöhnlich zermalmt und in den Gneisen eingeschlossen sind. Diese letzteren sind ebenso stark injiziert wie die oben beschriebenen kristallinen Schiefer.

Gesteinsprobe Nr. 116, Schliff 40, stellt ein kräftig tektonisch beanspruchtes quarzreiches Gestein dar. Grünlicher Chlorit deutet die Schieferung an. Mit der Lupe unterscheidet man Feldspat, Quarz und Chlorit. Die Textur erweist sich nicht einmal porphyrisch. U. M. erscheint dieses Gestein stärker metamorphosiert als die vorigen. Der idiomorphe Quarz bildet parallel angeordnete Linsen und Züge, die sich zwischen längs gestreckten Orthoklas-Anhäufungen einschieben, welche letztere augenscheinlich aus der Zermalmung grösserer Feldspatindividuen hervorgegangen sind. Diese einsprenglingsartigen Bestandteile sind in eine Grundmasse aus Quarz, zersetztem Feldspat, Serizit und Chlorit bestehend, eingebettet. *Diagnose*: Wahrscheinlich laminierter Quarzporphyr.

Gesteinsprobe Nr. 117, Schliff 41, zeigt eine ausgeprägtere Schieferung und einen niedrigeren Quarzgehalt als Nr. 116. Im übrigen gleicht dieses Gestein dem vorigen. U. M. stellt man eine Ähnlichkeit mit unseren Gneisen fest. Man bemerkt zwischen zersetzten Orthoklasen und Oligoklasen eine eigentliche Quarzbrekzie. Grüne Chlorit-Anhäufungen, zahlreiche Titanitindividuen und eisenschüssige Produkte umgeben die gröberen Feldspatbruchstücke. Dazu gesellen sich feine Quarzkörner, trübe Feldspataggregate, Chlorit, Serizit und Körnchen eines grauen Epidots. Diese Bestandteile bilden z. T. eine Art Grundmasse, z. T. machen sie das ganze Gestein aus. *Diagnose*: Stark metamorpher, injizierter Glimmerschiefer.

Im Gelände kennt man ziemlich gut, in welcher Häufigkeit die niemals mächtigen Quarzporphyr-Einlagen rasch aufeinander folgen. Das wird vielleicht nicht so gut aus der Beschreibung der Gesteinsproben hervorgehen, weil diese nicht bis ins Unendliche vermehrt werden konnte.

Gesteinsprobe Nr. 135, Schliff 42, ist ähnlich dem vorigen Gestein. U. M. bemerken wir linsenförmige Quarzaggregate, die aus zahlreichen grössern Quarzkörnchen und einer Zwischenmasse zusammengesetzt sind, welche letztere selbst wieder aus kleinen Quarztrümmern und feinen akzessorischen Serizitschüppchen sich aufbaut. Ausserdem bemerkt man noch etwas Kalzit, Chlorit und Orthoklas. Durchwegs herrscht Paralleltexur. *Diagnose*: Stark metamorpher, injizierter Glimmerschiefer.

Wiederum erweist sich die *Gesteinsprobe Nr. 149, Schliff 43*, quarzreicher als das vorhergehende Gestein bei derselben Schiefertexur. U. M. beobachten wir deutlich bipyramidal entwickelte Quarz-Kristalle, panidiomorphe Orthoklas- und Oligoklas-Individuen. Diese Einsprenglinge liegen in einer Grundmasse, welche aus den gleichen Mineralien nebst Feldspat und Serizit besteht. Die Flaserzüge des letztern bringen die Schieferung des Gesteins deutlich zum Ausdruck. *Diagnose*: Offenbar zermalmt er Quarzporphyr.

Gesteinsprobe Nr. 150, Schliff 44, ist, wie gewohnt, ein graugrünliches zerdrücktes, sehr quarzhaltiges Gestein. U. M. weichen die Erscheinungen nicht von denjenigen des letzteren Gesteins ab. *Diagnose*: Metamorphosierter Quarzporphyr

Bei *Gesteinsprobe Nr. 151, Schliffe 45 und 46*, hat man es mit einem gut erkennbaren Quarzporphyr zu tun. Das Gestein ist dicht und weist zahlreiche Quarzindividuen auf, die in einer grauen Grundmasse eingebettet sind. U. M. erkennt man Orthoklas-, Oligo-

klas- und Quarz-Einsprenglinge, nebst stark korrodierten Hornblende-Individuen. Diese Mineralien befinden sich in einer feinkörnigen parallel-texturierten Grundmasse. Der Biotit ist meistens schon in Chlorit umgewandelt. *Diagnose:* Quarzporphyr, der weniger metamorphosiert ist, wie die vorher beschriebenen Typen.

Mit *Gesteinsprobe Nr. 152, Schliff 47*, treffen wir wieder ein sehr stark tektonisch beanspruchtes Gestein an. Es enthält etwas Pyrit. U. M. erscheinen die Orthoklas- und Oligoklas-Einsprenglinge weitgehend zersetzt. Die feinkörnige Grundmasse besteht aus Quarz- und Feldspatkörnchen, durchsetzt von Serizitschüppchen. Die Bewegungsflächen führen reichlich parallel angeordnete Serizitaggregate. *Diagnose:* Metamorphosierter Quarzporphyr.

Damit treten wir aus der ersten Quarzporphyrzone heraus und gelangen in ein Gebiet, in dem bloss Gneise vorkommen. Weder äusserlich, noch bei genauerer petrographischer Untersuchung lassen sich diese Gneise von denjenigen des nordwestlichen Abhangs des Mont Chemin unterscheiden.

Gesteinsprobe Nr. 153, Schliff 48, ist ein grünlicher, ziemlich dichter quarzreicher Glimmerschiefer. U. M. erkennt man ein parallel texturiertes Gestein mit alternierenden Lagen von Quarz und Serizit. Vereinzelte Orthoklase sind in dieses Parallelgefüge zwischengeschaltet. *Diagnose:* Injizierter tektonisierter Glimmerschiefer.

Ich will die übrigen Gesteinproben (*Nr. 154, Schliff 49; Nr. 155, Schliff 50; Nr. 156, Schliff 51*) nicht näher beschreiben. Für alle lässt sich dieselbe Diagnose stellen. Der Reichtum an Quarz, die Zersetzung der Feldspäte und die streng parallele Textur deuten stets auf den doppelten Einfluss der Injektion durch ein saures Magma und der bedeutenden nachträglichen tektonischen Einwirkung hin.

Die Schliffe 40 bis 51 unseres Profils beweisen somit das Vorhandensein einer zirka 300 m breiten Zone, in welcher die Glimmerschiefer und Gneise gangartig von zahlreichen Quarzporphyr-Intrusionen durchsetzt sind. Aber die Quarzporphyre sind mit den injizierten Schiefen immer stark tektonisch verflochten. Ihr Gefüge, verglichen mit demjenigen der Quarzporphyre des Val Ferret, erlaubt uns sie als deren Fortsetzung zu betrachten. Ihre Grundmasse ist da wie dort stets feinkörnig und frei von glasigen Bestandteilen.

Zur Vervollständigung dieser Betrachtungen weisen wir ferner auf die petrographischen Untersuchungen hin, die wir bei Gelegenheit der Lagerstätten-Beschreibung ausführen werden. Dabei treten jedoch niemals Tatsachen hervor, die das geologische Gesamtbild des Mont Chemin irgendwie verändern. Ihr Interesse ist daher ein lagerstättenkundliches, weil sie uns einen Hinweis für die Deutung der Genesismöglichkeiten geben.

Fassen wir unsere Beobachtungen zusammen:

Im angegebenen Profil des Lagerstättengebietes treten Gesteine auf, welche sowohl strukturell, als auch mineralisch nicht in allen Fällen mehr ihre ursprüngliche Natur erkennen lassen. Dies gilt vor allem von den stark verschieferten und laminierten, stark serizitführenden Gneisen, Biotit-Gneisen und Glimmerschiefen. Es können unter ihnen umgewandelte Granite, saure granitische Injektionsadern, stark differentiell durchgearbeitete sandige Tone oder tonige Psammite und marmorisierte Kalke auftreten, die alle nach durchgemachter Metamorphose die jetzt vorliegende Konvergenzerscheinung der \pm serizitischen Gneise erlangen können. Die raschen mineralischen Wechsel im Einzelnen, bald mehr glimmerreich (Glimmerschiefer), bald mehr quarz-feldspatreich (feldspatisierte Schiefer, Biotitgneis) machen eine kartographische Darstellung unter Berücksichtigung

aller Gesteinsvarianten unmöglich; die Uneinheitlichkeit in der Auffassung durch die verschiedenen Autoren ist daher verständlich (siehe Seite 15).

Zur Charakterisierung der geologisch-petrographischen Verhältnisse gehört die Darstellung der akzessorischen Minerallagerstätten, wie solche besonders in den Magnetit- und Marmorvorkommen auftreten und die im nächsten Kapitel eingehend behandelt werden. Diese selbst sind aber noch mit weiteren Mineralisierungen verknüpft, wie sie z. B. die sulfidführenden Fluoritgänge von Les Trappistes darstellen; auf die Gesamtzusammenhänge dieser geologisch-petrographisch-mineralogischen Erscheinungen ist auf Seite 18 schon hingewiesen worden.

b) Mineralogisch-petrographische und chalkographische Beschreibung der einzelnen Lagerstätten

(Hugi-Huttenlocher-Ladame-Hügi)

Am Mont Chemin sind folgende Erz- und Marmorlager von wissenschaftlicher oder praktischer Bedeutung:

- aa) Magnetit von Chez Larze.
- bb) Marmor von Chez Larze.
- cc) Magnetit des Couloir Collaud.
- dd) Magnetit von Les Planches.
- ee) Magnetit von Vence.
- ff) Hämatit von Goillet.

aa, bb und cc gehören ein und derselben Zone an, in welcher verschiedene einander seitlich und in der Streichrichtung ablösende Marmorlager auftreten.

aa) DAS MAGNETITVORKOMMEN VON CHEZ LARZE

Die Erz- und Marmorlagerstätten von Chez Larze sind durch die Stollen I und II aufgeschlossen (vgl. Taf. V). I ist ein alter Erzstollen, II ein Stollen, der ursprünglich für die Marmorgewinnung vorgesehen war. Im Jahre 1942 sind beide verbessert und zuletzt miteinander verbunden worden. Der Stollen I schneidet, nachdem er auf 30 m anfänglich N-S verläuft, in seiner Ostabiegung zirka $\frac{1}{2}$ —1 m mächtiges Magnetiterz an. Das Erz stellt eine 12 m lange Linse dar, Streichen N 60° E und Fallen 60—80° SE. Nach zirka 75 m liegt im gleichen Stollen eine weitere kleine Erzlinse. Das Erz ist in der «Gde. Chambre» auf 4 m aufgeschlossen. Fig. 2 zeigt ein am Ausgehenden der Linse aufgenommenes Profil. Der nur unbedeutende Bergbau während des zweiten Weltkrieges lieferte in geologischer und mineralogischer Hinsicht kein neues Tatsachenmaterial. Die neu vorgetriebenen Stollen sind auf der Tafel V mit einer besonderen Signatur versehen worden.

Das Nebengestein besteht im Stollen I aus einem dunkelgrünen Chlorit-Epidotfels, der noch

PROFIL AM OBERN KAMINENDE DER «GRANDE CHAMBRE»
120 m NE VON CHEZ LARZE

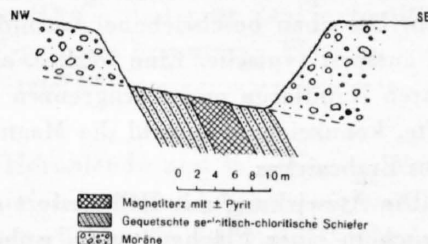


Fig. 2

reichlich Magnetit enthält. Im Hangenden findet sich eine weisse Marmorader vor und eine Zone mit gut auskristallisiertem Epidot, Kalzit und Quarz, wahrscheinlich sekundärer Bildung. Es handelt sich um eine Spaltenausfüllung dieses grünen, dichten Gesteines, das dem Skarn der schwedischen Geologen entspricht.

α) DAS ERZ

Das Erz erscheint makroskopisch massig, ziemlich feinkörnig und von vereinzelten limonitisierten Klüften durchzogen; stellenweise zeigen sich deutliche Kobaltausblühungen.

Mikroskopisch stellt es ein netzartig struiertes Gemenge von Magnetit und Gangart dar, wobei die Mengenverhältnisse Magnetit: Gangart ungefähr zwischen 1 : 1 bis 5 : 1 wechseln können. Im allgemeinen ist reichliches Überwiegen des Erzes die Regel. Die netzartige Struktur zeigt häufig Tendenz zu parallel verlaufender Bänderung von Gangart und Erz.

Chalkographisch lässt sich feststellen, dass das Erz bis auf kleinste Mengen von *Pyrit* und *Kobalterzen*, die zwischen die *Magnetitkörner* eingestreut sind, rein magnetitisch ist. Die sporadisch auftretenden Kobalterze sind nicht genauer bestimmbar; sie zeigen starke Anisotropie-Effekte; es dürfte sich um *Kobaltarsenkies* oder *Safflorit* handeln.

Bei der Betrachtung im Auflicht ist die netzartige Struktur des Erzes besonders deutlich und offenbart durchaus *brekziöses* Aussehen: Grössere Magnetitkörner sind in viele kleinere Trümmer aufgelöst und das Ganze ist vorwiegend durch silikatische Gangart-Mineralien verkittet.

Die *Magnetite* erscheinen zunächst stofflich homogen, ohne Entmischungsprodukte. Bei ganz scharfem Beobachten bemerkt man aber doch Stellen mit geringen Farbunterschieden, die bei Verwendung von Immersionssystemen kräftiger werden. Entweder sind es ganze Körner, die mit etwas veränderter Reflexfarbe aufleuchten, oder es sind kleine, gang-, keil- oder lamellenartig auftretende Partien. Der häufigste Fall wird durch enggescharte Lamellen repräsentiert, welche in zonarer Anordnung auftreten. Es dürfte sich um geringe Abweichungen in der chemischen Zusammensetzung der verschiedenen Anwachszonen handeln. Ausserdem ist ein mannigfacher Wechsel im Flächenwachstum ganz ausgesprochen; (100)-Flächen bilden gerne das Zentrum, (101)-Flächen vorwiegend die Randpartien der einzelnen Körner. Unvergleichlich besser kommt diese charakteristische Zonarstruktur nach Anätzen mit conc. HCl (Ätzdauer zirka 2'') zum Ausdruck und besonders tritt dann der ausgesprochene Trümmer- und Brekziencharakter des Erzes deutlich hervor. Dabei fällt vor allem auf, wie die eng gescharten, verschieden farbnuancierten Streifen der verschiedenen Flächenzonen plötzlich ganz unvermittelt an den Korngrenzen abbrechen und mitunter jenseits von dazwischengelagerten Silikat- oder Quarzmassen in einem abgesprengten Magnetittrümmerkorn wieder fortsetzen.

Die Bildung der *Magnetite* mit ihrem zonaren Aufbau und ihre Zertrümmerung hat sich somit vor der Ausheilung durch Glimmer, Hornblende, Chlorit und Quarz vollzogen. Die eben beschriebene Ausbildung ist für fast alle Vorkommen des Mont Chemin eine äusserst typische. Eine leichte, aber deutlich wahrnehmbare *Martitisierung*, die auf feinsten Kapillaren und Korngrenzen um sich greift und die wohl supergener Natur sein dürfte, kennzeichnet sowohl die *Magnetite* von Chez Larze, wie auch die meisten übrigen dieses Erzbezirkes.

Die Ätzwirkung mit HCl äussert sich sowohl in einer deutlichen Korngrenzenätzung, als auch in einer Flächenätzung, wobei die (100)-Flächen intensiver, die (111)-Flächen weniger oder kaum angegriffen werden.

Chemische Analysen des Erzes:

1. SiO ₂	24,98 Gew. %
TiO ₂	0,05
Al ₂ O ₃	1,38
Fe ₂ O ₃	40,60
FeO	20,06
CoO	0,40
MnO	0,03
MgO	0,70
CaO	6,56
Na ₂ O	0,50
K ₂ O	0,38
H ₂ O + 110°	0,74
H ₂ O - 110°	0,13
S	Spur
P ₂ O ₅	Spur
CO ₂	3,27
	<hr/> 99,78 %

Analytiker:

Dr. M. Vogt, Mineralchem. Labor. des
Mineralog.-petrograph. Institutes der
Universität Bern (1928).

2. Weitere Analysen des Erzes von Chez Larze sind durch die «Studiengesellschaft für die Nutzbarmachung schweizerischer Erzlagertstätten» 1918 veranlasst worden und haben folgende Ergebnisse geliefert:

	a)	b)		a)	b)
Fe	54,17 Gew. %	57,44 Gew. %	Analytiker:	Dornach	Dornach
SiO ₂	15,12	14,22		nach Wüst	nach Wüst
P	0,034	0,076	Spez. Gew.	3,56	3,99
S	0,072	0,013		nach Wohlers	nach Wohlers
				3,40	4,08

Chemisch-technisch ist die Armut an Phosphorsäure und Schwefel bemerkenswert. In geringen Mengen lassen sich jedoch in allen Schliffen stets *Apatit*körnchen mikroskopisch feststellen, auch immer etwas sulfidische Erze; doch sind die Magnetit-Erze von Chez Larze, im Vergleich zu andern Skarnerzen, ausserordentlich rein.

3) DIE SKARNE UND DIE NEBENGESTEINE

Der Magnetit findet sich nicht nur als massige Erzlinse von dichter Beschaffenheit vor, sondern ist auch als Einzelindividuum oder in kleinern Aggregaten in den verschiedensten Mengenverhältnissen in die Skarne eingestreut.

Die *Skarne* sind entwickelt als dunkelgrüne Gesteine, von meist stark schiefriger Textur, selten von dichter und massiger Beschaffenheit. Häufig sind ganz dunkle, biotit- und hornblendereiche, dann aber auch grünlichgraue Typen mit braunroten Flecken. Die ersteren, häufig auftretend, sind Amphibolite, die letzterwähnten entsprechen zersetzten Granat-Epidotfelsen.

Die *amphibolitischen Skarne*, vorwiegend aus Hornblende und in geringern Mengen aus Karbonat bestehend mit etwas beigemengtem Epidot, Quarz und Apatit, zeigen typisch lentikuläre Grosstextur mit bald mehr fibroblastischem, bald mehr nematoblastischem Verhalten der einzelnen Gesteinskomponenten.

Etwas grösser entwickelte *Hornblende*individuen bilden, entweder einzeln, was häufiger zutrifft, oder auch in mehreren Individuen aggregiert, *Porphyroblasten*, die sich dadurch auszeichnen, dass sie intensiv mit Kalzit verwachsen sind und meist stark linsig geformt erscheinen. In diesen linsigen Räumen liegen die Hornblendepismen in der Regel unter 40° zur Längserstreckung der Linse; letztere entspricht natürlich der Parallelstruktur des Gesteins. Die spitzauslaufenden Linsenenden sind mit Kalzit oder Quarz angefüllt.

Die *Hornblende* in den porphyroblastisch geformten Räumen ist im allgemeinen heller gefärbt als diejenige der Grundmasse. Übergänge zwischen beiden sind häufig. Die Hornblende des Grundgewebes erscheint in schlanken Prismen mit starkem Pleochroismus n_α = hellgelb, n_β = dunkel olivengrün, n_γ = blaugrün. Das intensive Blaugrün ist ganz charakteristisch; die Hornblendenadeln sind oft zonar, oft aber auch unregelmässig fleckig gefärbt.

Dem Grundgewebe sind kleine *Kalzit*- und *Quarzkörnchen* eingestreut, seltener *Epidotkörnchen*. *Apatit* begegnet man in zahlreichen idiomorphen Kristallen mit Reichtum an Gas- und Flüssigkeitseinschlüssen. *Magnetit* ist sehr reichlich in idiomorphen Körnern vorhanden, die sich besonders an den Grenzen der linsigen Räume des faserig struierten Gesteins anhäufen.

Erzreiche Skarne können zu biotitreichen Amphiboliten überleiten, in welchen die Hornblende fast ganz durch Biotit ersetzt werden kann. In den extremen Fällen handelt es sich um Magnetit-Biotitfelse. In diesen ist der Magnetit siebartig von Kalzit und Biotit durchwachsen und enthält oft auch Apatitkörnchen eingeschlossen. Der Biotit ist stark pleochroitisch: n_β , n_γ = schmutzig olivgrün, n_α = gelbgrün.

In diesen *Magnetit-Biotitfelsen* ist die grüne Hornblende nur in einzelnen wenigen Individuen vorhanden; stellenweise erscheinen auch kalzitreiche Zwischenmittel an Stelle der biotitischen; in diesem Falle gesellt sich zum Kalzit oft noch Stilpnomelan in wenigen Schüppchen. Auch in diesen biotitreichen Skarnen ist der Apatit ein häufig auftretender Gesteinsgemengenteil.

Auf Klüften der stark verwitterten *Magnetit-Granathornfelse*, die leider bis jetzt nicht in frischem Zustande geschlagen werden konnten, beobachtet man häufig noch *Kobaltblüte*.

Andere Skarne haben wieder mehr den Charakter von *Chlorit-Epidot-Fels*. Mit einem solchen steht der im Hangenden der Erzlinse auftretende Marmor in direktem Kontakt. U. M. zeigen sich an diesem Kontakt die farblosen Kalzitkörner des Marmors in unmittelbarer Berührung mit dem grüne gefärbten Skarn. Dieses Gestein besteht aus Streifen von sehr dunkel gefärbtem und stark pleochroitischem Chlorit (n_α = tiefdunkelgrün, n_β und n_γ = bräunlichgelb). Sein optischer Charakter ist positiv und leicht zweiachsig. In den Chloritstreifen treten wenige Kalzitkörnchen, viel Epidot in gedrängt prismatischen Kristallen, dann etwas Titanit und reichlich Serizit hinzu. Dieser letztere dürfte durch Umwandlung der Feldspäte entstanden sein, wie sich aus dem Vorhandensein weniger übriggebliebener Feldspatindividuen mit noch deutlich erhaltener Zwillingslamellierung ergibt.

Die serizito-chloritischen Schiefer, welchen die Skarne und die Magnetitserze eingelagert sind, lassen stellenweise *aplitische Injektionen* erkennen, die in ihrer Zusammensetzung und tektonischen Beeinflussung grosse Ähnlichkeit aufweisen mit analogen Einlagerungen bei der Lokalität Forêt du Goillet und bei Tête des Econduits; die letzt-erwähnten zeigen in der Regel jedoch bei noch ausgesprochener Lagentextur, geringern Feldspatgehalt, und anderseits tritt hier reine Trümmerstruktur mehr in den Vordergrund. Diese erstreckt sich am meisten auf den Quarzanteil.

Der *Quarz* der stark tektonisch beanspruchten Aplite ist, in grössern Trümmerstücken, meist stark undulös, oder aber als feinkörniges Trümmermosaik (Körnelquarz), entwickelt, welch letzteres meist mit solchem von Feldspat vermischt ist. Die *Plagioklase* (eng zwillinglamellierte Albite) sind stark serizitisiert, insbesondere entlang ihrer basalen Spaltbarkeit; die *Orthoklase*, die in ungefähr gleichen Mengenverhältnissen wie die Plagioklase auftreten, erscheinen perthitisch gefleckt und sind durch ein äusserst fein verteiltes bräunliches Pigment leicht gefärbt. Ausser in den Plagioklasen tritt der *Serizit* auch in feinschuppigen Aggregaten auf Zerreibungszonen des Gesteins auf, häufig sind diesen grössere Muskovitblättchen eingeschaltet. Vereinzelte Ausscheidungen von Eisenhydroxyd, zum Teil pseudomorph nach Pyrit, treten auf.

bb) DIE MARMORLAGERSTÄTTE VON CHEZ LARZE

α.) ALLGEMEINE SITUATION

Südlich vom Stollen I (vgl. Tafel V) befindet sich der schon erwähnte Marmor-Steinbruch (vgl. Fig. 3). Obwohl der Marmor selbst genetisch mit der Vererzung und den vorerwähnten Gesteinstypen aufs engste verknüpft ist, rechtfertigt sich eine gesonderte Behandlung, da der vorzügliche Aufschluss eine Reihe von typischen Mineralisierungserscheinungen zur Beobachtung brachte, welche in solcher Klarheit und Mannigfaltigkeit in den alten Stollen nie anzutreffen waren und die für die Gesamtdeutung der Mont Chemin-Lagerstätten von grundlegender Bedeutung sind.

Am Mont Chemin wurden zwei parallel verlaufende Marmorzonen festgestellt, welche konkordant mit den sie umschliessenden Gneisen verlaufen (Streichen N 50° E u. 60–80° SE Fallen). Der Hauptaufschluss dieser Marmorzone regte zur Gründung eines Steinbruchbetriebes an. Es wurden eine Feld- und eine Seilbahn zur Beförderung des Materials an die Martigny—Orsières-Linie gebaut. Die Aufschlussarbeiten liessen auf eine grosse, stark gewundene Linse schliessen, deren Kontakt mit dem Nebengestein intensiv tektonisiert ist. Die Primärverbände sind häufig losgerissen, und ganze Gesteinspakete sind aneinander und ineinander verschoben. Diese mechanischen Störungen sind natürlich nicht ohne Einfluss auf die Beschaffenheit des Marmors geblieben. Dem in 2–3 cm dicken Platten durchscheinenden, feinkörnigen, dichten, weissen, kristallinen Kalke sind wiederholt graugrüne Lagen und Pakete mit vorwiegend serizitisch-chloritischer Zusammensetzung zwischengeschaltet, wodurch eine grün-weiße Bänderung des Marmors entsteht, welche oft die intensivsten Fältelungen aufweist. Ähnliche Wechsellagerungen von serizitschiefrigem bis



Fig. 3. Ansicht des Marmorsteinbruches von Chez Larze. Man beachte die linsig-flatschige Gesteinstextur.

gneisigem Material mit dem Marmor begegnet man auch an der Grenze von Marmor zu Nebengestein. Es ist nicht leicht zu entscheiden, ob diese Wechsellagerung eine primär stratigraphische oder eine rein tektonische ist; beide Möglichkeiten dürften in Betracht fallen, oft auch in kombinierter Form. Der Marmor ist meistens quarzführend, seltener enthält er Epidot und Titanit und bisweilen wenige Körner von Orthoklas und Oligoklas. Auch die durchgreifende Zerklüftung und Zerruschelung des Marmors beeinträchtigt seine technische Brauchbarkeit stark. Es ist unmöglich, Werkstücke, die $\frac{1}{3}$ m³ überschreiten, zu gewinnen.

Im Jahre 1926 wurde ein querschlägiger Stollen II (vgl. Tafel V) vorgetrieben, einerseits, um den Betrieb auch im Winter aufrecht erhalten zu können, anderseits in der Hoffnung, durch diesen Abbau unter Tag auch mächtigere kluftfreie Werkstücke zu gewinnen.

Die Marmorbank wurde beim 106. Meter angefahren. Der tektonische Druck hat den Marmor flaserig-linsig zerruschelt (vgl. Fig. 3), vielfach auch zerspalten und ihm eine unregelmässig verlaufende Schieferung aufgeprägt, welche um so ausgesprochener wird, je mehr man sich dem Hangenden oder dem Liegenden des Lagers nähert.

Im Liegenden des Marmors und im westlichen Stoss des Querschlages wurde eine kleine Magnetitlinse angefahren, die, wie gewohnt, von Skarngestein umschlossen wird. Ganz in ihrer Nähe fanden sich als Spaltenausfüllung eine Anzahl gut kristallisierter Mineralien sekundärer Entstehung, wie von Asbest durchsetzter Gips, grüner Epidot, Kalzit und Chlorit.

Verfolgt man den Marmorzug des Steinbruches gegen SW, so erscheint es möglich, dass die vom Stollen III (vgl. Fig. 4) im Couloir Collaud angefahrne Marmorbank der gleichen Zone zugehört. Ihr muss man auch die Aufschlüsse zurechnen, die man längs des Fussweges beobachtet, welcher von Chez Larze nach Les Planches führt.

80 Meter westlich des Steinbruches von Chez Larze findet sich ein 1,5 m mächtiges Marmorvorkommen, das einer zweiten parallelen Zone zugerechnet werden kann. Es streicht N 60° E und fällt gegen SE ein, konkordant mit seinem Nebengestein, welches ein grünlicher Chlorit-Serizit-Gneis ist (vgl. Tafel I).

Die *petrographische Untersuchung* lässt die innigsten Zusammenhänge zwischen Marmorisierung, Vererzung, Verskarnung und pegmatitisch-aplitischer Beeinflussung erkennen. Dementsprechend können wir in dem für die genetische Deutung so vorteilhaften und wichtigen Aufschluss des Marmorbruches neben *Marmor* auch *Kalksilikatfelse*, wechselnd stark vererzte Gesteine, wobei letztere häufig als selbständige *fahlbandartige Kieslager* entwickelt sind, und ausserdem *Pegmatite* und *Aplite* ausscheiden. In der Regel stellen sich Mischtypen zwischen diesen verschiedenen Gesteinen ein, mit Ausnahme der Aplite und Pegmatite, die meist in reiner Ausbildung den Marmor gangartig durchsetzen. Im allgemeinen ist der Marmor relativ arm an neugebildeten Kontaktmineralien, selbst in der unmittelbaren Umgebung der Pegmatite. Skarne und Vererzungen sind recht lokalisiert und nicht besonders häufig.

β) DER MARMOR

Schon aus den Ausführungen über die allgemeine Situation der Marmorlagerstätte dürfte mit aller Deutlichkeit hervorgehen, dass nicht nur eine etwa schon primär vorhanden gewesene chemisch-lithologische Verschiedenheit des Kalkes die Ursache der heutigen Vielgestaltigkeit in der Zusammensetzung und in der strukturellen Beschaffenheit des Marmors gewesen ist, sondern dass neben den perimagmatischen Einwirkungen vor

allem auch tektonische Umformung, begleitet von intra- und interkristallinen Veränderungen bei der polymetamorphen Umwandlung wirksam waren.

Makroskopische Untersuchung: Die Hauptmasse des Marmors ist rein weiss und völlig dicht. Ihr sind aber parallel der Gesamtstreichrichtung der Schichten vielfach Partien eingelagert, deren Korngrösse zwischen zuckerkörnig und über Zentimetergrösse wechseln können. Die wirklich grosskörnigen Anteile setzen vielfach auch transversal durch die allgemeine Lagentextur hindurch und tragen so den Charakter *sekundärer Infiltration oder Neuausscheidung* des Kalzits, die von keiner mechanischen Störung mehr ergriffen worden sind. Sie stellen also eine jüngste posttektonische Mineralisierung dar, hervorgerufen durch die unmittelbar vorausgehenden mechanischen Umprägungen des Gesteins. Die Lagentextur wird noch verschärft durch das Mitaufreten grünlich gefärbter silikatreicher Bänder, die nicht selten intensiv gefältelt sind, so dass dadurch typische *Cipolline* entstehen.

Mikroskopische Untersuchung: Auch im Dünnschliff ist die Lagentextur des reinen Marmors eine ausgesprochene, sie wird hervorgerufen durch lagenweises Alternieren von makrokristallinem mit meso- oder vorwiegend mikrokristallinem *Kalzit*. Dieser Korndifferenzierung entspricht aber häufig auch eine solche des Stoffes, indem den feiner kristallinen Partien stets grössere Mengen eines ebenso feinkörnigen *Quarzes* beigemengt sind. Die Korngrössen der feinkristallinen granoblastisch struierten Lagen beträgt ungefähr 10–15 μ , die der mesokristallinen durchschnittlich 100–170 μ . In den letztern beobachtet man nicht selten ein der Mechanisierung angepasstes Gefüge, derart, dass die Individuen in der Richtung der Lagen in die Länge gezogen sind. Meistens zeigen die Kristallkörner auch eine feine Zwillingslamellierung, die geregelt erscheint, so, dass die Lagentextur den spitzen Rhombenwinkel (von zirka 45°), der durch die sich kreuzenden Lamellen gebildet wird, halbiert. Schmale und ausgesprochen lagenförmig entwickelte rein mesokristalline Marmorpartien weisen schwach *verzahnte* Struktur auf. Andere Kalzitaggregate, die in breiten Linsen der übrigen, mehr oder weniger ausgesprochen laminiert und linear texturierten Masse eingelagert sind, oder sie in Höfen umschliessen, zeigen ausgesprochene *granoblastische* Struktur. Aus diesen starken Wechseln lässt sich deutlich erkennen, wie verschieden der Grad der Umkristallisation sein kann, selbst in einem so kleinen Raume, wie ihn ein Dünnschliff repräsentiert. In ein und derselben kleinsten Gesteinspartie kann sich die Metamorphose selektiv ganz verschieden und eng lokalisiert auswirken. Wieviel mehr müssen daher solche Unterschiede in grössern Gesteinskörpern von geologischem Ausmass zur Geltung kommen.

Besonders in den gewundenen und gestauchten Marmorlagen gesellen sich zu *Kalzit* und *Quarz* als Akzessoria noch *Serizit* und *Epidot* hinzu. Weniger häufig sind idiomorphe *Apatit*kristalle. Die feinen *Serizit*schuppen bilden unzusammenhängende, vikariierende Züge, desgleichen die kleinen krümelig gestalteten *Epidot*aggregate. Vereinzelt stellt man auch *Pyrite* mit {100}-Formen fest.

γ) DIE KALKSILIKATFELSE

Makroskopische Untersuchung: Die Kalksilikatfelse sind nicht sehr häufig, und ihr Auftreten ist recht lokalisiert. Durch allmähliches Überhandnehmen von silikatischen Mineralien im vorerwähnten Marmor können sich alle Übergänge entwickeln bis zu den typischen Kalksilikatfelsen, die sich, wenn noch frisch, durch ihre graugrüne Farbe mit den

von Granat herrührenden bräunlichen Flecken vom weissen Marmor deutlich abheben. Durch Aufnahme von Magnetit entstehen ganz dunkle Varietäten, während sich bei Vorherrschen von Pyrit fahlbandartige Bildungen, die oft angerostet sind, entwickeln. Daneben treten aber auch braungebänderte Marmore auf, deren braungefärbte Lagen grössten Teils aus *Zinkblende* bestehen, während in ihnen der silikatische Anteil stark zurücktritt.

Im allgemeinen sind die Kalksilikatfelse massige, dichte, derb beschaffene Gesteine, doch finden sich auch schiefrig entwickelte und lagentexturierte Varietäten nicht selten, hauptsächlich bei den sulfidisch vererzten Typen.

Der makroskopisch feststellbare Mineralgehalt deutet auf *chloritisch-amphibolitische Granatfelse* hin, die in der Mehrzahl der Fälle eine leichte Imprägnierung mit rotbrauner *Zinkblende* und auch mit *Schwefelkies* erkennen lassen. Vereinzelt beobachtet man ferner *Magnetkies* und *Bleiglanz*. Oxydisch vererzte Skarne lassen nur selten zugleich sulfidische Begleiter feststellen.

Die zinkblendeführenden Marmore leiten kontinuierlich zu den granatführenden Skarnen über.

Mikroskopische Untersuchung: Die mikroskopische Beobachtung offenbart eine Fülle von Erscheinungen, die hinsichtlich der Mineralführung und der strukturellen Eigenschaften für die Lagerstätte sehr bezeichnend und für ihre genetische Deutung wertvoll sind.

Während die reinen Marmore gegenüber den mineralisch viel heterogener zusammengesetzten Kalksilikatfelsen grösstenteils eine granoblastische Struktur aufweisen, ist eine solche in den letzteren viel seltener anzutreffen. Ebenso vermissen wir die für solche telemagmatisch metamorphen Gesteine sonst so charakteristische Hornfelsstruktur fast vollständig. Zweifellos sind die dynamischen Vorgänge die Ursache, dass die verschiedenen zusammengesetzten Gesteine in ihren Texturen und Strukturen so weitgehend und mannigfaltig umgestellt worden sind. In vorherrschendem Masse besitzen die Kalksilikatfelse vor allem dann, wenn sie noch wesentliche Mengen Kalzit enthalten, eine ausgesprochene Trümmertextur. Sie sind durch und durch *kataklastisch* ausgebildet, ohne dass sich eigentliche Rekristallisationen entwickelt hätten. Gegensätzlich dazu verhalten sich die rein karbonatisch zusammengesetzten Gesteinspartien, die mit wenigen Ausnahmen eine weitgehende *Ausheilung* und *Rekristallisation* ihrer Gemengteile erfahren haben, so dass der Kalzit als feines Ader- und Netzwerk zwischen den zerdrückten und zerriebenen Silikaten (vornehmlich Granat), die Ausfüllmasse bildet. Der im Gefolge der Tektonisierung sich auswirkende Stoffaustausch und Ausheilungsprozess wurde also hauptsächlich vom physikalisch und chemisch leicht wanderungsfähigen Karbonat benützt, die schwerer beweglichen Silikate dagegen nahmen daran nicht teil. Immerhin findet man gelegentlich neben den zertrümmerten Kalksilikat-Mineralien auch im karbonatischen Anteil dieser Gesteine noch deutliche Knetspuren, ohne dass also die Rekristallisation die vorangegangene dynamische Phase gänzlich verwischt hätte. Gesteinspartien mit ausgesprochener Gleittextur führen auf den Bewegungsbahnen und in deren Nachbarschaft naturgemäss noch viel serizitisches Material, das grösstenteils ihrem früheren Granat-Diopsidanteil entstammen dürfte. An der Ausfüllung und Zementierung der zertrümmerten Granaten beteiligen sich auch die Sulfide, hauptsächlich die *Zinkblende* und der *Magnetkies*.

Mineralbestand: Ein häufiger, die Kalksilikatfelse charakterisierender Bestandteil ist *Granat*, neben welchem noch in zurücktretenden Mengen *Diopsid*, *Zoisit*, *Epidot*, grüne *Hornblende*, *Tremolit-Strahlstein*, grüner *Biotit*, *Chlorit* als wesentliche Begleiter auf-

treten können. Fast immer ist in wechselnden Mengen *Kalziumkarbonat* und etwas *Quarz* zugegen. Nicht in allen Vorkommen, aber doch recht häufig begegnet man *Baryt*, ferner *Albit*, und die Sulfide *Zinkblende*, *Magnetkies*, *Bleiglanz* und *Pyrit*.

Dieser Mineralbestand ist wohl nicht das Produkt einer einfachen Mineralisierung, wie aus den strukturellen Beziehungen geschlossen werden darf. Vielmehr sind jetzt die Mineralbildungen, welche der ersten kontaktpneumatolytischen Einwirkung auf das karbonatische Sediment ihre Entstehung verdanken, vereinigt mit denjenigen, die im Verlauf der nachfolgenden tektonisch-chemischen Umlagerung des Gesteins entstanden sind. Letztere bildeten sich z. T. auf Kosten der ersteren.

Der *Granat* ist im allgemeinen farblos, wo er aber mit Magnetit auftritt, erscheint er kräftiger gefärbt, deutlich gelblich rot. Die primären Umgrenzungsformen sind nur noch ganz spärlich erhalten, sie lassen auf {101} schliessen. Die Grösse der Individuen mag durchschnittlich 0,6 mm kaum überschreiten; ausnahmsweise findet man jedoch Granatfragmente, die auf ursprüngliche Granatkristalle von 1—3 mm Querschnitt schliessen lassen. Auf jeden Fall aber handelt es sich um kleinkörnige Skarne.

Zonarstruktur lässt sich selbst noch an stark deformierten Granatindividuen feststellen. Diese gibt sich kund in der Anordnung von kleinen nicht näher bestimmbareren Einschlüssen oder in der Anordnung von stark anisotropen Feldern, oder endlich auch direkt im Zerfall der Kristalle bei der Zertrümmerung.

Starke Deformierung des spröden Granates ist die Regel; von Kristallen mit leichter Lockerung entlang den unregelmässig verlaufenden Spalttrissen bis zum vollständig wirr gelagerten Trümmerwerk und zu den kleinsten Zerreibungsprodukten finden sich alle Übergänge.

Mitunter resultieren typische Granatbrekzien, deren grössere Trümmer durch sein Gemenge von stäubchenfeinem Granat und einem feinschuppigen Gewirr von Chlorit und Serizit und durch vereinzelte Magnetitkörner verkittet werden.

Solche Gesteine leiten über zu Typen mit biotit- und chloritreicher Grundmasse, in welcher mehr oder weniger zahlreiche abgerundete Granatkörnchen von recht verschiedenen Dimensionen eingebettet sind. Diese lassen sich ganz deutlich als *durch lösende Agentien beeinflusste Brekzienbestandteile* erkennen.

Das Zwischenmittel hat gegenüber dem Granat an Menge ganz bedeutend zugenommen. Es ist wohl denkbar, dass dies auf Kosten des Granates selbst geschah. In der biotit-chloritischen Zwischenmasse schwimmen die feinen Granatkörnchen, deren Dimensionen bis herunter zu den winzigsten Verdrängungsresten gehen und die fast immer noch die optische Anomalie der Feldverteilung erkennen lassen. Diese Mesostasis besteht vorwiegend aus dichtgedrängten, häufig radialstrahlig angeordneten feinen Glimmerschüppchen von braungrüner bis olivgrüner Farbe und sie ist häufig noch mit etwas Chlorit vermischt. Die glimmerhaltige Zwischenmasse wird bald völlig von *Kalzit*, bald von *Zoisit*, mehrfach auch durch *Magnetkies* und *Sphalerit* verdrängt.

Häufig sind die Granate von eisblumenartigen Aggregaten von *Zoisit*, *Epidot* und *Kalzit*, seltener von Chlorit oder heller Hornblende durchwachsen. Gesteine mit in einem leicht poikilitisch verwachsenen *Kalzit*-Hornblendegemenge mit ganz regellos verteilten Granatfetzen leiten über zu Gesteinen, in denen die verschiedenen Gemengteile in Lagen und gewundenen Zügen angeordnet sind. In dieser Gesteinsbeschaffenheit kommen die Wirkungen des bewegten Druckes und der Knetung besonders deutlich zum Ausdruck. Nicht

selten trifft man in Lagen ausgewalzte Granatsubstanz, die in Form von *Abbildungskristallisation* durch grosskörnige, rekristallisierte Kalzitindividuen hindurchsetzt (typische präkristalline Deformation). Obwohl der Granat eine stark entwickelte Kristallisationstendenz und Neigung zu Idioblastenbildung besitzt, bemerken wir doch nirgends Anhaltspunkte für Granatrekristallisationen. Die durchwegs zertrümmerten Granatindividuen sind vielmehr durch Kalzit, Quarz, Epidot-Zoisit, Hornblende, Chlorit oder sulfidisches Erz ausgeheilt.

Das gibt uns Hinweise auf die graduelle Einschätzung der mit der Tektonisierung zusammenhängenden Umkristallisation der Gesteine.

Der nächstwichtigste Skarnbestandteil ist der *Diopsid*. Auch bei dieser Komponente handelt es sich um kleine Körner, die in ihrer ursprünglichen Beschaffenheit kaum die Grösse der Granaten erreicht haben mögen. Meist liegen mehr oder weniger gut rektangulär umgrenzte Individuen vor, die aber nicht annähernd so stark zertrümmert sind, wie die Granaten, so dass auch noch gut ausgebildete Kristalle mit (110)-, (100)- und (010)-Umgrenzung angetroffen werden können. Die Diopside sind völlig farblos, in ganz vereinzelt Fällen sehr schwach gelblich-grün getönt. Häufig beobachtet man *stengelige* Aggregate zusammen mit Zoisitnadelchen. Die Diopsidprismen haben eine durchschnittliche Länge von zirka 0,3—0,4 mm und eine Dicke von ungefähr $\frac{1}{6}$ der Länge; sie sind in der Regel kristallographisch gut ausgebildet. Die mit ihnen auftretenden *Zoisite* nehmen z. T. bedeutend grössere Dimensionen an. Den Hauptbestandteil des Gesteines bildet der Kalzit, dieser ist sehr gut granoblastisch gefügt, so dass man wohl zu der Annahme berechtigt ist, es handle sich hier um Rekristallisationserscheinungen, durch welche der Diopsid und der Zoisit idioblastische Gestaltung angenommen haben.

Eine ausgesprochene Uralitisierung des Diopsids lässt sich hier nicht sicher feststellen, dagegen trifft man häufig gerade in etwas stärker laminierten Kalksilikatfelsen in einem feinschuppigen Strahlstein-Serizitgemenge Einzelkristalle und Aggregate von grössern Strahlsteinindividuen an, die unter Umständen Pseudomorphosen nach Diopsid darstellen. Auch andere Beobachtungen lassen vermuten, dass die serizitisch-chloritische Grundmasse, welcher meist Zoisit beigemischt ist, aus der Umwandlung von Diopsid und Granat hervorgegangen ist.

Über den fast in keinem Kalksilikatfels fehlenden *Kalzit* ist hier nichts weiteres anzuführen, da für ihn dasselbe gilt, was schon bei den Marmoren gesagt wurde. Ganz allgemein verhält er sich gegenüber dem Granat oder dem Diopsid als verdrängendes und mit Quarz und Albit als spaltenausheilendes Mineral.

Neben Granat, Diopsid und Kalzit ist *Zoisit* der nächsthäufige Gemengteil der Kalksilikatfelse. Er ist meist granoblastisch, seltener auch idioblastisch mit der kalzitischen Grundmasse verwachsen.

Als wesentliche Gemengteile sind am Aufbau der Kalksilikatfelse ferner oft noch *tremolitische Hornblenden* beteiligt, die ausser in dem schon erwähnten Auftreten sich hauptsächlich dort entwickeln, wo Sulfide in nennenswerteren Mengen vorhanden sind. Diese letzteren imprägnieren Hornblenden völlig oder schliessen sie auch ein. Dabei entwickeln sich oft karinthinartige Glieder der Hornblendereihe, die charakterisiert sind durch ihre intensiv blaugrüne Färbung. In den an eisenreicher *Zinkblende* oder an Magnetkies ärmeren Partien herrschen dagegen *grüner Biotit* oder *grüner Chlorit* als feinschuppiges Gemenge vor; ihm sind oft kleine Fetzen von Strahlstein eingestreut. Karinthinartige, oft fleckig gefärbte, blaugrüne Hornblende ist aber auch Gemengteil von deutlich rekristallisierten und umgelagerten Skarnen.

Charakteristischer Nebengemengteil (z. T. Kluftbeläge) der Kalksilikatfelse ist ferner *Baryt*. Ursprünglich mag dieses Mineral wohl in radialstrahlig-büscheligen Aggregaten vorgelegen haben; heute sind aber diese Assoziationsformen meist durch tektonische Bewegung zerrissen und zerstückelt, oft auch in gebogene und gewundene Züge ausgezogen und mit Kalzit, Strahlstein und Serizit durchwachsen. Teilweise wird der Schwerspat auch durch diese Mineralien verdrängt. Granoblastisch gefügter *Baryt* konnte nicht beobachtet werden, obgleich in andern tektonisierten Lagerstätten *Baryt* sich in vollkommen rekristallisierter Form vorfindet (vgl. 44, Seite 23). Vereinzelt wurde auch Gips angetroffen.

In besonders kalkreichen Kalksilikatfelsen trifft man auch *Albit* an, der in körnigen, stark durchlöcherten, völlig xenoblastischen Individuen entwickelt ist. Diese sind nur selten deutlich verzwillingt; sie zeigen aber häufig eine feine, schachbrettartige Felderteilung. Innige Verwachsung und Durchsetzung mit Kalzit, Zoisit, Zinkblende oder Bleiglanz ist die Regel. Die Zinkblende ist in diesem Falle hellgelb durchsichtig. Das Auftreten des *Albites* ist hauptsächlich an die erzführenden Züge im kalkreichen Kalksilikatfels gebunden. Der Kalzit ist gut granoblastisch entwickelt.

Bei Vorhandensein von *Baryt* finden sich auch in geringer Menge nicht näher bestimmbare Feldspäte. Es ist wohl möglich, dass es sich hier um Bariumfeldspäte handelt. Die schlechte kristallographische Entwicklung der unregelmässig umgrenzten Kristallkörner erlaubt aber eine nähere Bestimmung nicht.

Skarne, die durch kontinuierliches Hinzutreten von *Magnetit* allmählich zu Magnetitfelsen überleiten, zeigen erhöhte Hornblendeführung und fallen besonders auf durch ihre reichliche *Apatitisierung*. Auch in diesen Fällen hat die Hornblende Neigung zu blaugrüner Färbung.

Fast alle Kalksilikatfelse führen etwas Sulfide oder Magnetit, so dass sich durch Zunahme dieser Komponenten fahlbandartige Kieslager oder Magnetitfelse entwickeln können.

In den normalen Skarnen sind die *Sulfide*, insbesondere Magnetkies und Zinkblende meist eng mit den Silikaten (Granat, Diopsid, Zoisit, Hornblende) verwachsen. Diese Silikate werden förmlich durch die Sulfide verkittet und die Spaltrisse durch dichte Erzauausscheidungen angefüllt.

Die *Zinkblende* erscheint tief braun durchscheinend. Sobald aber silikatische Begleiter fehlen und der Sphalerit sich in gewunden verlaufenden Zügen zwischen den granoblastisch gefügten Kalziten hindurch zieht, hat dieses Erz hell-honiggelbe Farbe. Ob in diesem Falle eine durch die mechanische Umarbeitung hervorgerufene Enteisung der Zinkblende vorliegt, wie das auch anderwärts in alpinen Blendevorkommen beobachtet werden konnte (vgl. 44, Seite 26), oder ob es sich um primäre Unterschiede im Eisengehalt des Erzes handelt, ist hier nicht zu entscheiden.

Den *Magnetkies* finden wir in besonders inniger Verwachsung mit den Granattrümmern.

Bleiglanz wird nie allein, sondern stets zusammen mit Zinkblende angetroffen. Gegenüber dieser letzteren tritt er aber quantitativ sehr stark zurück.

Da das im Marmorbruch gewonnene Material im allgemeinen sehr frisch ist, begegnet man hier kaum Skarnen mit Kobaltausblühungen, wie sie sich auf den alten Halden des Chez Larzer Magnetitstollens finden lassen. Die chalkographische Untersuchung liefert aber doch Anhaltspunkte für das Vorhandensein von Co-Erzen. Es wurden magnetitreiche Skarne beobachtet, die zwischen den zernagten, zertrümmert aussehenden Magnetiten ne-

ben geringen Einstreuungen von Pyrit auch solche von *Kobaltglanz* erkennen liessen. Dieses Mineral kann im vorliegenden Fall sehr leicht übersehen werden, da die sonst für Cobaltit so typische Reflexfarbe mit dem Stich ins Rosarot nur in sehr geringem Masse zum Ausdruck kommt. Morphologisch weicht der Kobaltglanz vom mitauftretenden Pyrit in gar nichts ab. Beide sind als schlecht idiomorph umgrenzte Körner entwickelt. Auch die Polierfähigkeit ist für beide Erze dieselbe. Charakteristisch dagegen erweisen sich die, nur bei genauestem Beobachten erkenntlichen schwachen Anisotropieeffekte (Aufteilung der Körner in unregelmässig angeordnete und ebenso unregelmässig begrenzte Felder). Gelegentlich wird der Cobaltit von Bleiglanz begrenzt. Offenbar gehört ersterer also einer etwas jüngern Bildungsphase an. Immerhin ist es auffällig, dass die Zufuhr von Arsen nicht zur Bildung von Arsenkies führte, sondern offenbar ganz an Co gebunden wurde.

Pyritreiche Skarne zeigen chalkographisch enge Verwachsungen von Pyrit, Hämatit und mitunter auch von Magnetit. Es dürfte sich hierbei wohl um Produkte einer nicht völlig zum Ausgleich gelangten Reaktion zwischen oxydischen und sulfidischen Destillationslösungen handeln. Solche Erscheinungen sind besonders ausgeprägt von der verwandten Lagerstätte von Salanfe bekannt. Andere Proben lassen neben Pyrit, der übrigens etwas markasitisiert ist, noch Pyrrhotinreste erkennen. Eine intensive jüngere Sulfurierung hat wohl den früher gebildeten Magnetkies in Pyrit umgewandelt; eine gewisse poröse Ausbildung des Pyrits lässt ja auch für sich schon auf eine sekundäre Entstehung schliessen. Da es sich nie um grössere zusammenhängende Erzmassen, sondern immer nur um vereinzelte Einsprengungen handelt, so sind die wahren genetischen Beziehungen schwer zu enträtseln.

8) DIE FAHLBANDARTIGEN KIESLAGER IM MARMOR

Als Einlagerung im Marmor treffen wir gelegentlich fahlbandartige Pyritanreicherungen, besonders im Zusammenhang mit chlorito-serpentinischen Lagen, die ausgesprochene Merkmale des Stresses und der Schieferung aufweisen.

Die Pyritlagen zwischen den chloritischen Zügen erscheinen als kompakte, derbe Kiesmasse, aus welcher gelegentlich bis $\frac{1}{2}$ cm grosse Pyritkristalle scharf hervortreten. Im allgemeinen zeigen diese Kieslagen eine deutliche Bänderung, die weniger durch die chloritischen Silikateinlagerungen, als vielmehr durch teilweise Auslaugung von besonders brauneisenreichen schichtigen Partien zum Ausdruck kommt.

Eine Analyse des Erzes, ausgeführt im mineralchemischen Labor. des Mineralogisch-petrographischen Instituts der Universität Bern, zeigt folgende Zusammensetzung:

	%	
Gangart	7,77	
S	41,05	
Fe	40,13	
As	11,37	
Zn	0,03	
	100,35	Analytiker Dr. M. Vogt (1928).

Chalkographisch lässt sich das Erz bei der Untersuchung mit schwachen Objektiven ausschliesslich aus *Pyrit* bestehend bestimmen. Anhaltspunkte, dass etwa Arsenkies oder Co-haltige As-Sulfoverbindungen vorliegen würden, fehlen völlig. In dieser Beziehung än-

dert sich auch nichts bei Betrachtung mit Immersion $\frac{1}{7}$ a und bei weiteren stärkeren Vergrösserungen. Der As-Gehalt muss also völlig isomorph im Pyrit gelöst sein. Dagegen treten eine Reihe interessanter Einzelheiten hervor: Das ganze Erz besteht aus einem Gemenge eng aneinander gefügter, im allgemeinen mehr oder weniger gut idioblastisch entwickelter Pyritwürfel, die stellenweise aber doch in kristallographisch sehr vollkommenen Individuen ausgebildet sind. Bei enger Drängung der Individuen entsteht so ein fein quadriertes (Pyritwürfel-)Netz. Die Zwischenräume zwischen den Pyriten, also die Maschen des Netzes sind häufig mit dunkler *Zinkblende* ausgefüllt.

Neben dieser orientierten Struktur in der Verwachsung der Pyrite kommt aber auch eine nicht orientierte Anordnung der Individuen vor; in diesem Falle sind dann die Räume zwischen den einzelnen Schwefelkieskristallen grösser und ausser mit Gangart auch mit *Kupferkies* oder *Magnetkies*, z. T. auch mit *Markasit* und *Limonit* angefüllt. Grössere Pyritkristalle weisen recht oft auch eine beträchtliche Durchsetzung mit Magnetkies oder Kupferkies auf. Meistens bilden diese Mineralien unregelmässig begrenzte Felder oder Flecken innerhalb der Pyrite.

Diejenigen *Magnetkiese* nun, die vorwiegend *zwischen* den einzelnen Pyritkristallen liegen, zeigen in der Mehrzahl der Fälle eine mehr oder weniger intensive Umwandlung, die allerdings auch die innerhalb des Pyrits gelegenen Magnetkiesflecken nicht ganz verschont; diese ist aber auf jeden Fall deutlich weniger weit fortgeschritten.

Die Umwandlung des Magnetkieses vollzieht sich vor allem von den gut entwickelten basalen Spaltrissen aus. Sie führt zu zweierlei Produkten: zu Markasit und zu Limonit. Beide treten kaum einzeln auf, sondern können in der Regel zugleich miteinander vorkommen, weisen aber an den verschiedenen Stellen Verschiedenheiten in den gegenseitigen Mengenverhältnissen auf.

Der neugebildete *Markasit* unterscheidet sich zunächst weniger durch seine Reflexfarbe vom Pyrit, wohl deshalb, weil letzterer infolge nennenswerten As-Gehaltes eine von der normalen abweichende, gegen das Bläulichweisse hin tendierende Reflexfarbe besitzt und daher von der des Markasits nur ganz wenig abweicht. Dagegen ist die Struktur beider Mineralien eine grundverschiedene, hauptsächlich im Gegensatz der Ausbildung des Markasits zu der Idiomorphie des Pyrits. Meist bildet ersterer nierige oder traubige, äusserst feinkörnige Aggregate, die selbst bei gekreuzten Nicols nur schwer durch die verschiedenen Interferenzfarben der Einzelindividuen aufzuteilen sind. Solche Markasitfelder haben selbst nach guter Politur eine porige, feinklöcherige bis moosartige Beschaffenheit, welche sie besonders deutlich von den glatten und zusammenhängenden Pyritfeldern zu unterscheiden gestattet. Die Durchporung kann so fein und dicht ausgebildet sein, dass dadurch der Gesamteindruck der Reflexfarbe merklich verändert wird. Die Ausfüllung dieser allerfeinsten Poren besteht aus Limonit und so lassen sich zwischen reinem Limonit und Markasit alle Übergänge in der Durchmischung beider Erze feststellen. Es ist nicht ausgeschlossen, dass diese feine Durchdringung ursprünglich gemischten Gelen entspricht (Melnikowit-Pyrit). Die porig beschaffenen, nierig-moosig umgrenzten Markasite sind bald gegen Magnetkies, bald gegen Limonit abgegrenzt, stets aber hängt die Durchporung mit angrenzendem Limonit zusammen.

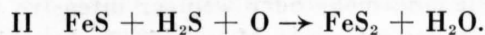
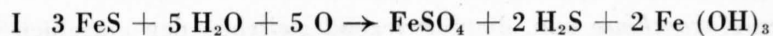
Es scheinen nun aber auch allerfeinste Durchwachsungen zwischen Magnetkies und Limonit zu bestehen, die allerdings nicht zu ähnlichen nierigen Verwachsungsstrukturen führen, wohl aber infolge der enorm feinen Durchdringung zu allen möglichen Mischönen der Reflexfarbe zwischen derjenigen des reinen Magnetkieses und derjenigen des reinen Limonites. Dabei bleibt die gute Spaltbarkeit des Pyrrhotins meist gewahrt. Diese

kommt in der Regel in einer deutlichen Streifung parallel den (0001)-Spaltrissen zum Ausdruck, weil hier der Limonitgehalt ein erhöhter ist.

In solchen mischfarbig getönten, limonitisierten Magnetkiesfeldern findet man dann auch sehr oft wirklich Nester und Adern von nierig-porigem Markasit, gelegentlich auch solche von reinem unversehrtem Magnetkies in typischer Reliktstruktur.

Der Limonit selbst ist mit seiner graublauen Reflexfarbe nur sehr schwer von der häufig mit ihm auftretenden dunklen Zinkblende zu unterscheiden. Die Zinkblende erscheint ganz wenig hellgrauer und hat schönern, reinern tiefrotbraunen Innenreflex. Die Anisotropie des Limonits ist sehr schwach. Nach der Reflexfarbe dürfte α - $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (Nadel-Eisenerz, Samtblende) vorliegen.

Die erwähnten Verwachsungsverhältnisse deuten darauf hin, dass die Umwandlung des Magnetkieses in Markasit und Eisenhydroxyd als eine gleichzeitige angesehen werden muss; ihr Verlauf kann nach folgendem Schema gedeutet werden:



Der bei der Einwirkung des zirkulierenden vadosen Wassers neben dem Eisenhydroxyd gebildete H_2S wirkt gleichzeitig auf den unzersetzten Magnetkies ein, dabei entsteht Markasit, da das Lösungsgemisch sauren Charakter besitzt. Zweifellos werden ähnliche Vorgänge, die zu analogen Verwachsungserscheinungen führen, auch durch letzte ascendente Lösungen hervorgerufen, wobei aber die eisenhydroxydischen Mineralien durch reine eisenoxydische (Eisenglanz oder Magnetit) ersetzt sind. Beobachtungen an Komplexen sulfidisch-oxydischen Kontakterzen haben diese Tatsache immer wieder bestätigt.

ε) ZUSAMMENFASSENDE BEOBACHTUNGEN AN DEN SKARNEN UND DEREN OXYDISCH UND SULFIDISCH VERERZTEN GLIEDERN

Auf einige Beobachtungen, die im Vorhergehenden beschrieben worden sind, soll hier noch einmal kurz im Zusammenhange eingegangen werden: Die typischen Skarne sind *Granat-Diopsid-Kalksilikatfelse*. Sowohl der Granat, wie auch der Diopsid treten ausgesprochen kataklastisch auf, die andern Mineralien Zoisit, Hornblende, Glimmer, Chlorit, Serizit, Kalzit, Feldspäte und Erze dagegen lassen sozusagen keine Anzeichen einer mechanischen Zertrümmerung erkennen. Meist kann auch festgestellt werden, dass sich die letzteren Gemengteile strukturell gegenüber den erstangeführten wie jüngere Bildungen verhalten, wodurch z. T. Verdrängungserscheinungen zustande kommen. Eine scheinbare Altersfolge möchte man aus den mikroskopischen Strukturbildern insofern noch weiter herauslesen, als besonders der Magnetkies und die Zinkblende als jüngere Produkte die schilfige Hornblende umhüllen und imprägnieren. Demnach lässt das Schliffbild vermuten, die Sulfide entsprächen den allerjüngsten, sogar posttektonischen Bildungen. Sie müssten also nach Abschluss der alpinen Gebirgsbewegungen, die überall so deutliche Spuren an allen Gesteinen des Mont Chemin hinterlassen haben, zur Entstehung gelangt sein. Eine solche Vermutung würde aber der genetischen Auffassung, die wir uns von den Mineralisierungserscheinungen in Kontakthöfen zu machen pflegen, widerspre-

chen. Darnach stellen die Sulfide tatsächlichmalen Tätigkeit dar. Ihre Bildung steht in die Kontaktpneumatolyse erfolgten hydrothe die jüngsten Produkte der im Anschluss an innigstem zeitlichem, wie räumlichem Zusammenhang mit dem plutonischen Intrusionszyklus, in unserem Falle also mit der Intrusion des Mont Blanc-Granites.

Dieser Widerspruch zwischen der Schlussfolgerung aus dem Strukturbild und den Erfahrungen über den Mineralisationsvorgang im Verlaufe eines magmatischen Zyklus verschwindet ohne weiteres, wenn wir uns dessen bewusst sind, dass gerade in vielen sulfidischen Mineralien Stoffe vorliegen, die im Verlaufe tektonischer Einwirkungen eine chemisch und physikalisch ausserordentlich hohe Mobilität erlangen.

Die im Anschluss an die Tektonisierung der kontaktpyrometasomatischen Granat-Diopsidfelse erfolgte Stoffumgruppierung von hydrothermalem Charakter, welche zur Entstehung von Zoisit, Hornblende, Glimmer, Chlorit, Serizit führte, hat auch die *sulfidischen Produkte reaktiviert und vollständig umgelagert*. Eine ähnliche Rolle spielte zweifellos auch der kalzitische Anteil der Kalksilikatfelse, der ebenfalls, wie die Sulfide und die Hydro-Silikate ein ebenso charakteristisches posttektonisches Verhalten an den Tag legt.

Dass die Skarnbildungen schon prätektonisch, im Anschluss an die zuerst silikatische und dann eisenoxydische Mineralisierung durch die hydrothermalen magmatischen Restlösungen beeinflusst worden sind, geht aus ihrer Barytisierung deutlich hervor. Dadurch wird der Zusammenhang zwischen der sulfidischen Vererzung der apomagmatischen *Blei-Zinkgruppe* mit der perimagmatischen Fe-Skarnbildung noch viel enger.

Die hauptsächlich Fe-oxydische Mineralisierung mit höherer Temperierung ist besonders gekennzeichnet durch die weitgehende Apatitisierung der Skarne.

Die gelegentlich auftretenden *Albite* dagegen sind wohl weniger Produkte der primären Mineralisierung, sondern in Analogie mit fast allen alpin deformierten Vererzungen vielmehr Neubildungen der hydrothermalen tektonischen und posttektonischen Stoffwanderung.

ζ) DIE APLITISCH-PEGMATITISCHEN GESTEINE

Der Marmor von Chez Larze wird nicht selten von Aplitgängen und besonders von Pegmatit-Gängen und -Schlieren durchsetzt. Die Pegmatite stellen weiss, rötlich oder hellgrau gefärbte, dichte bis grobkörnige Gesteine mit viel Feldspat dar. Normalerweise handelt es sich um stark kataklastisch veränderte *Orthoklaspegmatite*.

Der weit mehr wie die Hälfte des Gesteins ausmachende Orthoklas zeigt in der Regel eine staubfein verteilte bräunliche Pigmentierung und erscheint völlig zertrümmert. Ein Netzwerk von Spalten und Klüften der verschiedensten Ausbildungen durchzieht die Orthoklase. Wo feinste Risse den Orthoklas durchziehen, sind an den Bruchrändern die Pigmenteinschlüsse verschwunden. Die feinen Risschen sind zum Teil mit neu gebildeter, pigmentfreier Orthoklassubstanz, homoaxial zum Wirtsmineral, ausgeheilt. Breitere Spältchen wurden mit Quarz, Kalzit oder Zoisit angefüllt. Die kalzitische Ausheilung scheint die jüngste zu sein. Oft setzt auf den Spalten ein feines Quarzzerreibsel weit in die grossen Orthoklaskörner hinein.

Der primäre Pegmatitquarz ist von Flüssigkeits- und Gaseinschlüssen vollständig durchsetzt und ebenso wie der Orthoklas stark kataklastisch zertrümmert. Stellenweise treten im Pegmatit Anreicherungen von idiomorphem *Apatit* auf, so dass direkt von einer lokalen Apatitisierung des Gesteins gesprochen werden kann.

Eine Analyse dieses *Pegmatites* hat folgende Werte ergeben:

	%		
SiO ₂	61,21	si	250
TiO ₂	0,13	al	36,5
ZrO ₂	0,05	fm	4,5
Al ₂ O ₃	15,14	c	22
Fe ₂ O ₃	1,27	alk	37
FeO	0,14	k	0,8
MnO	0,03	mg	0,01
MgO	0,01	ti	0,4
CaO	5,05	p	1,3
SrO	0,06	h	7,5
BaO	0,22	co ₂	12,5
Na ₂ O	1,91	c/fm	4,9
K ₂ O	11,34		
H ₂ O + 110 °	0,54		
H ₂ O — 110 °	0,05		
Zn	0,10		
S	0,05		
P ₂ O ₅	0,78		
CO ₂	2,23		
	100,31		

Analytiker: Dr. M. Vogt, Mineralchem.
Labor. des Mineralog.-petrogr. Instituts
der Universität Bern (1928).

An manchen Stellen erweisen sich die Pegmatite kalzitreich. Die Kalkspataggregate zeigen Pflasterstruktur und werden durchsetzt von grossen einschlussfreien Quarzkörnern. Unmittelbar daneben finden sich auch ausgedehnte Partien eines dichten Zoisitgemenges mit feinkörnigem, fetzigem Kalzit und mit Serizit, häufig auch mit Hornblendenadeln. Es dürfte sich hier um eingequetschte oder resorbierte und jetzt völlig umgelagerte Skarnbestandteile handeln.

Im Liegenden der Marmorlinse wurden auch *Aplite* festgestellt. Diese zuckerkörnigen, hellen Gesteine werden von zahlreichen Klüften durchsetzt, die z. T. mit serizitischen, z. T. mit chloritischen Belägen ausgekleidet sind. Reichlich vorhandene Gangspältchen des Gesteines werden von sekretionsartig ausgeschiedenem Kalzit ausgefüllt.

Das Gestein weist mikroskopisch grösstenteils noch typische Aplitstruktur auf und hat *Orthoklas* und *Quarz* zu Hauptbestandteilen. *Plagioklas*, in geringen Mengen auftretend, besteht aus *Albit*, der meist stark serizitisch durchsetzt ist. *Biotit* tritt nur in wenigen Schüppchen auf, seine ursprüngliche braune Farbe ist infolge der Chloritisierung in der Regel stark ausgebleicht. Der Aplit ist ferner auffällig durch seinen beträchtlichen *Apatit*-Reichtum. Die *Apatite* bilden rundliche und unregelmässig gestaltete Körner. In einem Falle wurde *Zirkon* als Einschluss in *Apatit* beobachtet. Als Akzessorien treten *Titanit*, *Leukoxen*, *Magnetit* auf. Kalzit stellt sich auch allgemein als Spaltenausfüllung und Imprägnation zwischen den übrigen Gemengteilen ein.

α.) ALLGEMEINE SITUATION

Erst seitdem die Inhaberin der Bergbaukonzession, die S. A. Mines de fer du Mont Chemin, seit 1926 eine Reihe von Schürf- und Aufschlussarbeiten ausführen liess, war es möglich, die meisten Stollen und deren Verbindungskamine zu befahren und eine Vorstellung über die Ausbreitung des alten Bergbaus zu gewinnen.

Die verschiedenen Aufschlüsse lassen sich in drei Gruppen einteilen:

Gruppe «A» (vgl. Fig. 4) schliesst die Stollen I, II, III, IV nebst den Kaminen I und II in sich. Das Erzlager teilt sich hier in zwei Zonen, die durch eine sogenannte sekundäre Spaltenausfüllung voneinander getrennt sind. Letztere besteht aus meistens lose verbundenen, gut kristallisierten Mineralien, unter denen Epidot, Kalzit und Stilpnomelan besonders hervortreten, während Asbest, Gips, Granat, Magnetit und Quarz mehr akzessorisch vertreten sind. Die liegende Erzzone ist reicher an Quarz, in der hangenden dagegen finden sich oft Marmoreinlagerungen. Sowohl in horizontaler, wie in vertikaler Richtung nehmen die Erzkörper eine linsenförmig gestreckte Gestalt an. So ergeben sich in den auf-

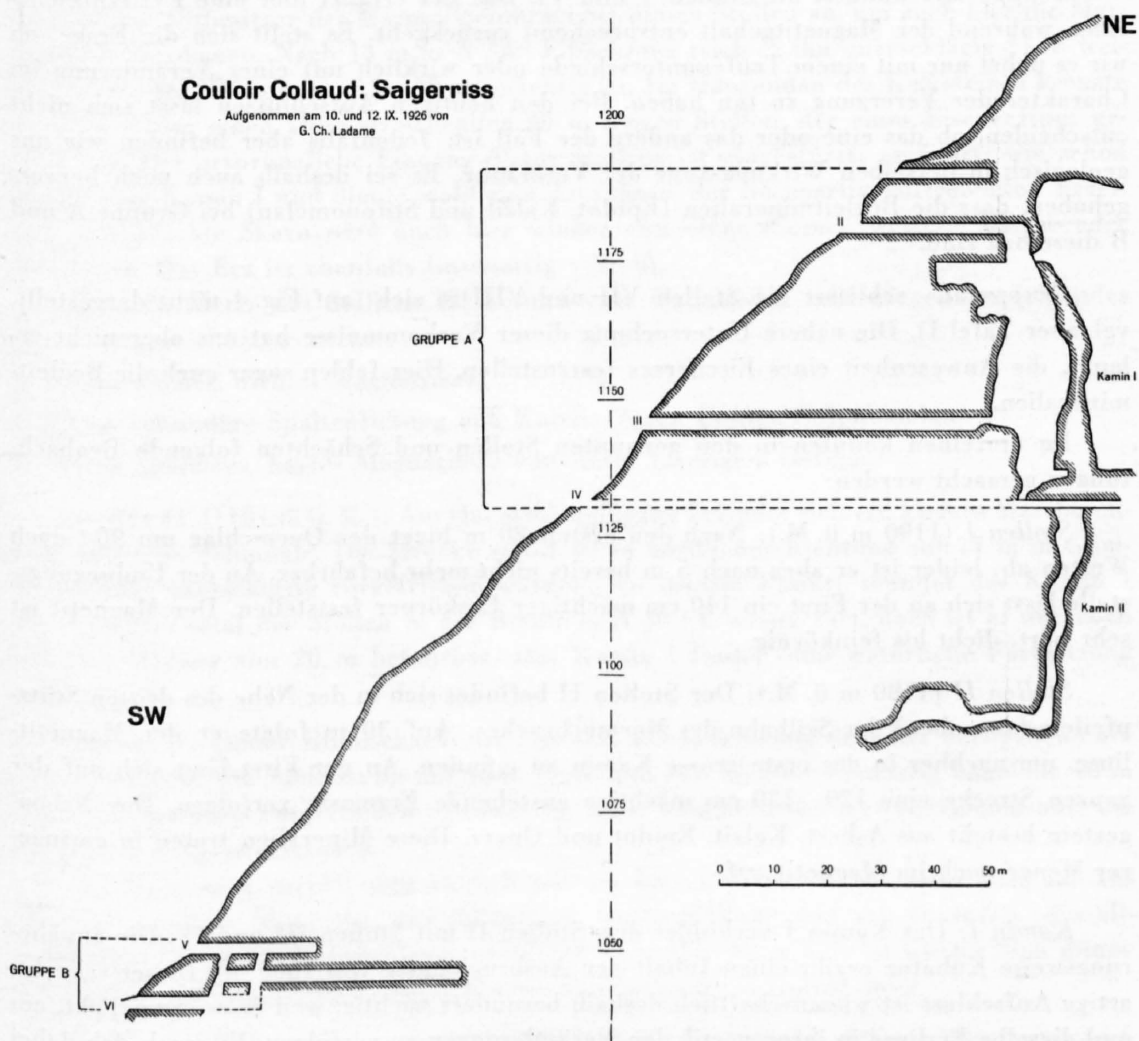


Fig. 4. Schematischer Saigerriss durch die aufgelassenen Bergwerksanlagen im Couloir Collaud.

genommenen Profilen im Maximum zirka 25 m eines relativ guten Magnetits, der bald in zirka 20—30 m in ein schwach limonitisirtes Nebengestein übergeht. Folgt man aber diesen Limonitspuren, so gelangt man möglicherweise wieder zu einer neuen Erzanreicherung. Dieser allgemeine Charakter der Vererzung tritt sehr gut im Stollen III und in den Kaminen I und II hervor.

Auf Kamin I folgt die sogenannte zweite Kammer, die vor ihrem vollständigen Abbau einer sehr bedeutenden Erzzone entsprochen hat. Die Veränderungen der Erzlager in vertikaler Richtung sind weniger mannigfaltig. So ist z. B. die im Kamin I abgebaute Magnetitmasse dieselbe, welche wir in Stollen I getroffen haben und die auch über Tage ausstreicht. Erst in Kamin II muss eine bedeutende Verminderung des Magnetitgehaltes festgestellt werden und die Verhältnisse bessern sich auch nicht längs der Stollenstrecke dieses Kamins. Die hier in frühern Zeiten abgebauten Magnetitmassen lassen sich also auf zirka 90 m Vertikaldistanz verfolgen. Aus diesen Beobachtungen kann auf eine reduzierte Erzmächtigkeit von rund 85 cm geschlossen werden: Das mittlere spezifische Gewicht des Erzes lässt sich zu 4,0 veranschlagen. Über die Zusammensetzung des Magnetits orientieren die Analysen auf Seite 103.

Gruppe «B» umfasst die Stollen V und VI. Das Erz erfährt hier eine Pyritanreicherung, während der Magnetitgehalt entsprechend zurückgeht. Es stellt sich die Frage, ob wir es dabei nur mit einem Teufenunterschiede oder wirklich mit einer Veränderung im Charakter der Vererzung zu tun haben. Bei den heutigen Aufschlüssen lässt sich nicht entscheiden, ob das eine oder das andere der Fall ist. Jedenfalls aber befinden wir uns geologisch in derselben Wirkungszone der Vererzung. Es sei deshalb auch noch hervorgehoben, dass die Begleitminerale (Epidot, Kalzit und Stilpnomelan) bei Gruppe A und B dieselben sind.

Gruppe «C» schliesst die Stollen VII und VIII in sich (auf Fig. 4 nicht dargestellt, vgl. aber Tafel I). Die nähere Untersuchung dieser Vorkommnisse hat uns aber nicht erlaubt, die Anwesenheit eines Eisenerzes festzustellen. Hier fehlen sogar auch die Begleitminerale.

Im einzelnen konnten in den genannten Stollen und Schächten folgende Beobachtungen gemacht werden:

Stollen I (1190 m ü. M.): Nach den ersten 20 m biegt der Querschlag um 90° nach Westen ab; leider ist er aber nach 5 m bereits nicht mehr befahrbar. An der Umbiegungsstelle lässt sich an der First ein 140 cm mächtiger Erzkörper feststellen. Der Magnetit ist sehr hart, dicht bis feinkörnig.

Stollen II (1180 m ü. M.): Der Stollen II befindet sich in der Nähe des dritten Stützpfilers (von oben) der Seilbahn des Marmorbruches. Auf 30 m folgte er der Magnetitlinse, um nachher in das erste grosse Kamin zu münden. An der First lässt sich auf der ganzen Strecke eine 120—130 cm mächtige anstehende Erzmasse verfolgen. Das Nebengestein besteht aus Asbest, Kalzit, Epidot und Quarz. Diese Mineralien treten in geringerer Menge auch im Magnetit auf.

Kamin I: Das Kamin I verbindet den Stollen II mit Stollen III und IV. Die annäherungsweise Kubatur ergibt einen Inhalt der Ausbruchmasse von 1000 m³. Dieser schachtartige Aufschluss ist wissenschaftlich deshalb besonders wichtig, weil er es ermöglicht, ein und dieselbe Erzlinse in ihren vertikalen Veränderungen zu verfolgen. Es ergab sich dabei folgendes Profil:

1. Glimmerschiefer mit Skarn = *Hangendes*.
2. 100 cm armes Magnetit erz mit einer 2—6 cm mächtigen weissen Marmorader, Pyrit und Malachitkrusten, welche durch Verwitterung von Chalkopyrit entstanden sind.
3. 150 cm stark verquarzter Magnetit.
4. 50 cm sekundäre Spaltenfüllung hauptsächlich bestehend aus Quarz, der aber von Kalzit, Epidot und Strahlstein durchsetzt ist.
5. Glimmerschiefer mit Skarn, auf 160 cm Breite sichtbarer Mächtigkeit noch magnetit-haltig = *Liegendes*.

Halbwegs zwischen Stollen II und III trifft man ein ähnliches Profil:

1. 45 cm quarziges Magnetit erz = *Hangendes*.
2. 6 cm weisser Marmor.
3. 35 cm sekundäre Spaltenfüllung.
4. 70 cm Magnetit erz mit zahlreichen Skarneinschlüssen = *Liegendes*.

Das Nebengestein geht auch hier allmählich vom Skarn zu Serizitgneis über.

Stollen III (1144 m ü. M.): Von Dezember 1924 bis Februar 1925 legte Herr Amort (ehemaliger Mitbesitzer des Marmorsteinbruches) diesen Stollen an, um auch hier die Marmorbank abzubauen. Nach 13 m in N 30° E-Richtung trieb er ihn querschlägig 17 m weiter vor, wo der Marmor nur 15—30 cm mächtig ist. Im Hangenden des Kalksteines kreuzte der Querschlag einen alten streichenden 60 m langen Stollen, der einer Eisenerzspur gefolgt war. Der ursprüngliche Eingang dieses Stollens ist eingestürzt; er führt, wie schon gesagt, zum Kamin I und diente wohl zum Ausfahren des linsenartig auftretenden Erzes. Der grüngefärbte Skarn wird auch hier wieder von einer dünnen weissen Marmorader durchsetzt. Das Erz ist ebenfalls linsenartig verteilt.

Beim 25. Meter des Stollens III konnte vom Hangenden zum Liegenden folgendes Profil aufgezeichnet werden:

1. 90 cm reiches, dichtes Magnetit erz.
2. 20 cm sekundäre Spaltenfüllung von Kalzit, Quarz, Epidot, Stilpnomelan.
3. 70 cm quarziges, hartes Magnetit erz von leicht faserigem Gefüge.

Stollen IV (1131 m ü. M.): Am Querschlageingang befindet sich ein kleines Maschinenhaus und eine Schmiede. Die Strecke selbst ist in nördlicher Richtung auf 77 m in Glimmerschiefer querschlägig vorgetrieben worden. An diesem Punkte mündet das Kamin I aus. Von hier setzt der Stollen in der Richtung N 50° E weiter fort, doch ist er nur noch auf eine Distanz von 20 m befahrbar. Das Kamin I findet seine natürliche Fortsetzung im Kamin II.

Kamin II: Dieser Blindschacht ist eng und zickzackförmig dem Erz nachgehend abgeteuft worden. Die Sohle ist bis auf 40 m Tiefe und von hier streckenartig ungefähr 40 m weit dem Erz nach vorgetrieben worden. Sie weist kammerartige Erweiterungen auf, die zirka 6—8 m Höhe erreichen.

Die Vererzung verhält sich ähnlich wie im Kamin I. Das Profil baut sich auf aus 100 cm quarzigen Magnetits, aus sekundärer Spaltenfüllung und aus Skarnfels, der allmählich in den gewöhnlichen Glimmerschiefer übergeht. Auch hier ist wieder eine dünne Marmorader zu konstatieren, die sich von oben bis unten verfolgen liess.

Stollen V (1051 m ü. M.): Gleich am Stolleneingang befindet sich ein kleiner Schacht. Oberhalb dieses Schachtes ergibt sich folgendes Profil:

Ein stark verwittertes Gestein, das magnetit- und biotitführend ist und wohl zirka 10 % Pyrit aufweist, enthält ausserdem Kobaltblüte und akzessorisch auch etwas Chalkopyrit, der meistens in Malachit übergeführt worden ist. Es lässt sich keinerlei zonare Anordnung der Vererzung feststellen. An sonstigen tauben Mineralien sind Epidot und Asbest vorhanden, welch letzterer mit Quarz und Gips vermengt ist. Der Asbest bildet bisweilen bis 8 cm lange Fasern oder auch schwammige Aggregate von hellgrüner Farbe.

Die kurzen tiefern Strecken haben an einer Stelle einen 100 cm mächtigen Quarzgang angefahren, sie erschliessen aber eine recht arme Vererzungszone, die vorwiegend aus Pyrit besteht und die oben erwähnten übrigen Sulfide akzessorisch enthält.

Es wurde folgendes Profil aufgenommen:

1. Schwach pyritführender grüner Glimmerschiefer = *Hangendes*.
2. 10 cm pyritreicher Glimmerschiefer.
3. 35 cm Magnetiterz, mit häufigen Einschlüssen des pyritreichen Gesteins.
4. 40 cm Skarnfels mit Quarz, Epidot, Kalzit usw.
5. Pyrithaltiger, grüner Glimmerschiefer = *Liegendes*.

Stollen VI (1040 m ü. M.): Stollen VI ist der oben erwähnte kurze äussere Eingang zu den kleinen Strecken.

β) DAS ERZ

Äusserlich sowohl, wie auch innerlich zeigt das Erz kaum Abweichungen von den Verhältnissen, wie sie für den Magnetit von Chez Larze dargelegt worden sind. Selbst die kupferkies- und pyritreichen Magnetiterze, die im Stollen II und IV gefördert wurden, haben chalkographisch keine neuen Erscheinungen ergeben, die genetisch irgendwie von Bedeutung wären. Auch die Vorkommnisse des Couloir Collaud weisen die schön entwickelte Zonarstruktur der Magnetite auf (vgl. hierzu Tafel VII, Photo 1). Sie wird nicht selten von Pyrit absetzenden Lösungen benutzt für die Verdrängung des Magnetits durch Pyrit. Der Pyrit ist also lösungsaktiv an der Zementierung der brekziös ausgebildeten Magnetite beteiligt.

Da mikroskopisch kaum wesentliche Verschiedenheiten der Couloir Collaud-Erze gegenüber denjenigen von Chez Larze festzustellen sind, so dürfte auch in chemischer Hinsicht eine weitgehende Übereinstimmung zwischen beiden Vorkommnissen herrschen. Neue vollständige Analysen sind daher nicht ausgeführt worden.

Analysen, dem Archiv der S. A. Mines de fer du Mont Chemin, Genève, entnommen, lauten folgendermassen:

	Mittel aus verschiedenen	Ausgeklaubtes Fördergut	
	Analysen		
	%	%	%
Fe	51,50	53,75	52,70
SiO ₂	10,4	14,21	11,91
CaO	2,9	6,82	8,80
MgO	0,6	2,51	2,72
S	0,3	0,94	1,44
P	0,02	0,03	Spuren

Weitere Analysen finden sich in Tabelle V, Seite 103, III. Kap.

Dieser Eisengehalt entspricht einem Erze mit zirka 70 % Magnetit. Das spez. Gewicht des Erzes variiert zwischen 3,91 und 4,18. Die Hauptbeimengungen sind vorwiegend Silikate, wie Chlorit, Epidot, Asbest und daneben in untergeordneter Menge auch Kalzit, Quarz, Pyrit und Chalkopyrit.

γ) DIE SKARNE

Der grössern Ausdehnung der Vererzungszone im Couloir Collaud entspricht hier auch eine weitere Verbreitung und eine grössere Mannigfaltigkeit der Skarne, als wie wir diese Kontaktbildungen bei Chez Larze getroffen haben. Wir können im Couloir Collaud folgende Typen unterscheiden:

Amphibolitischer Skarn,
Pyroxen-Granat-Skarn,
Granat-Epidotfels,
Epidot-Stilpnomelan-Fels.

Alle diese verschiedenen Ausbildungen sind durch Übergänge miteinander verbunden und ebenso mit dem Erz. Scharfe Grenzen sind nirgends vorhanden.

Makroskopisch lassen sich die einzelnen Typen durch ihre Färbung nicht gut auseinanderhalten.

Die amphibolitischen Skarne erscheinen dunkelgrün, sie sind ziemlich feinkörnig, bis dicht und schwach schiefrig. Die Granat-Pyroxenskarne sind ähnlich beschaffen, meist aber etwas dichter und körniger, wenn in ihnen nicht in nennenswerten Mengen Amphibol vorhanden ist.

Das Miteintreten von Granat in den Mineralbestand bedingt ein Braunfleckigwerden des Gesteines, so dass bei weiterer Zunahme des Granates braun gefärbte körnige Typen resultieren, die unter Umständen mit zunehmendem Karbonatgehalt zu silikatreichen Marmoren oder zu weissen, zuckerkörnigen Marmoren hinüberleiten. Braungelb gefärbte Granatfelse gehen häufig auch in Epidotfelse über, welche intensiv hellgrüne Färbungen aufweisen und in innigstem Zusammenhang stehen mit sekundären Gang- und Kluftausfüllungen von Epidot, Kalzit und Hornblendeasbest. Auch ganz dunkelbraun bis schwarz aussehende, fein- bis grobschuppige Glimmerfelse, die fast allein nur aus Stilpnomelan bestehen, bleiben mit solchen, mehr sekundären Charakter aufweisenden Mineralassoziationen in engster Beziehung.

Die amphibolitischen Skarne

Die dichten, makroskopisch schwach schiefrig aussehenden dunkelgrünen Amphibolite bestehen zum weitaus grössten Teile aus nematoblastisch bis fibroblastisch struierten Hornblendeaggregaten. Die lagenhaft oder lentikulär texturierten Gesteine besitzen eine sehr feinkörnige Grundmasse, die aus Quarz oder Karbonat mit kleinen Schüppchen und Nädelchen von Hornblende besteht. In diese Grundmasse sind vereinzelte grössere Hornblenden, besonders aber zahlreiche scharf ausgebildete *Magnetitoktaeder* als Porphyroblasten eingestreut. In der unmittelbaren Umgebung der Magnetitkriställchen sind in der Regel auch die quarzigen oder karbonatischen Grundmasse-Individuen bedeutend grösser entwickelt, wie man solche Erscheinungen besonders von Streckungshöfen her gewöhnt ist. Auch die Anordnung dieser Mineralien zu den Porphyroblasten ist die gewohnte.

Die *Hornblenden* sind stark pleochroitisch: n_x = gelbgrün, n_y = dunkel-olivgrün, n_z = dunkelblaugrün. Die intensiv blaugrüne Färbung ist besonders bemerkenswert. Bei grösser entwickelten Hornblenden ist die Färbung infolge einer feinen Pigmentierung häufig eine fleckige.

Ein weiterer stellenweise recht wesentlicher Gemengteil ist ein *stilpnomelanartiger Glimmer*, der in vielen kleinen Schüppchen zwischen die Hornblenden und die feinkörnige Quarzgrundmasse eingebettet ist. Kleine *Epidotkörnchen* und *Apatitkriställchen* gesellen sich dem Mineralbestand bei.

Das ganze Gestein macht mit seiner mineralischen Zusammensetzung und seinen strukturellen Eigenschaften durchaus den Eindruck der postkinetischen Umlagerung und Umstellung mit nicht zu verkennender Tendenz der Stoffdifferenzierung in einzelne Lagen parallel der Schieferung.

Pyroxen-Granatskarne

Skarne, in welchen vorwiegend Pyroxen und Granat am mineralischen Aufbau beteiligt sind, weisen örtlich starke Wechsel in der Zusammensetzung auf. Sie sind im allgemeinen regellos, körnig bis schuppig gefügt und wegen des hohen Magnetitgehaltes recht dunkel gefärbt.

Der Hauptbestandteil dieser Gesteine ist ein farbloser *Diopsid*. Dieser ist vielfach eng verfilzt mit einer grünen *Hornblende*. Letztere hat Ähnlichkeit mit derjenigen, welche die oben beschriebenen Amphibolitskarne zusammensetzt, doch ist sie im allgemeinen lange nicht so intensiv gefärbt, abgesehen von den Stellen, wo sie an die unmittelbare Umgebung erzeicher Nester gebunden ist.

Diopsid und Hornblende sind äusserst innig miteinander parallel verwachsen. Ausserdem ist mehrfach eine synanthetische Struktur wahrnehmbar, an welcher gleichzeitig noch eutektoidisch ausgebildeter Quarz beteiligt ist. Weiter trifft man auch sehr zahlreiche Stellen an, wo die Hornblende den Diopsid netzartig durchwächst und umhüllt. In dem schuppig-strahligen Netzwerk von grüner Hornblende liegen Fetzen und Verdrängungsreste von Diopsid eingebettet.

Neben Diopsid und Hornblende sind lichtgelbrot gefärbter *Granat* und intensiv gelber *Epidot* weitere Bestandteile des Skarnes. Granat ist besonders gern mit *Magnetkies* oder *Magnetit* siebartig verwachsen.

Die bis jetzt erwähnten Mineralien werden in ihren Zwickeln durch feinkörnigen, pflasterartig struierten *Quarz* und gelegentlich noch durch geringe Mengen von *Kalzit* zusammengehalten.

Auffallend ist die häufige lokale Anreicherung von *Apatit* in diesen Skarnen, so dass direkt von einzelnen Apatitisierungszonen gesprochen werden kann.

Wieder andere Skarntypen zeichnen sich durch beträchtliche *Kalziumkarbonat*-führung aus, welche entweder lokalisiert sein kann, oder sich aber mit dem Granat und Diopsid in gleichmässiger Verteilung anordnet. Typische Hornfels- oder Pflasterstruktur ist diesen Gesteinen meistens eigen, häufig wird sie aber durch eine innige netzartige Verwachsung der Gemengteile abgelöst; besonders gehen Pyroxen und Granat eine solche Verwachsung miteinander ein. Der *Granat* zeigt häufig, da wo die Individuen vereinzelt im *Kalzit* eingebettet sind, eine gute, idiomorphe {211}-Umgrenzung. Er verliert bisweilen seine schwache gleichmässige Rotgelbfärbung und an ihre Stelle tritt eine fleckig verteilte, ausgesprochen braunviolette Tönung von wechselnder, oft aber sehr hoher Intensität. Es han-

delt sich zweifellos um titanreiche Mischungen, die sich nicht nur unregelmässig fleckig, sondern oft auch ausgezeichnet zonar ordnen. Der *Titangranat* ist somit hier zu einem charakteristischen Begleiter der Skarnmineralisation geworden.

Die an Kalksilikat reichen Partien dieser Skarne sind oft durch eine intensive Durchspickung mit *Apatit* ausgezeichnet, so dass sich auch hier von einer wahren Apatitisierung dieser Kalksilikatfelse sprechen lässt.

Den vorwiegend kalzium-karbonatisch zusammengesetzten Skarnen dagegen, die von silikatreichen Partien umschlossen werden, fehlt die starke Apatitführung, da offenbar die Apatitisierung durch die Silikatbildung abgebremst wurde. Dagegen machen sich hier eine Reihe von Erscheinungen geltend, die wir schon in den Marmoren von Chez Larze angetroffen haben. Diese beziehen sich auf die Veränderungen, welche der Kalzit erfährt, infolge seiner tektonischen Beeinflussung und der dadurch bedingten Umkristallisationen.

Dislokationsruscheln durchziehen oft in enger Scharung das Gestein und sind gekennzeichnet durch rekristallisierte Kalkspatindividuen, die in der Bewegungsrichtung gestreckt sind und weitgehendste undulöse Auslöschung aufweisen, indem sie sich häufig um die Granatkörner herumschmiegen, oder zwischen diese hineindrängen.

Wieder an andern Dislokationsruscheln sind keine Rekristallisationen erfolgt, der Kalzit erscheint vielmehr mörtelig, zertrümmert und es lassen sich an den Dislokationsflächen Verschiebungen im Ausmass von mehreren Millimetern nachweisen. Es ist besonders hervorzuheben, dass sich auf solchen Dislokationsruscheln charakteristische Stofftransporte vollzogen haben: Hellgelbe *Zinkblende* begleitet oft in kolloidal aussehenden Zügen und in schaligen und nieriigen Formen diese tektonischen Störungslinien; meist ist dieses leicht bewegliche Sulfid aber feinkristallin ausgebildet.

Ob dagegen das Fe-Hydroxyd mit seinen typischen Kolloidalstrukturen nicht durch deszendente-vadose Wässer aus Pyrit gebildet worden ist, dürfte nicht unwahrscheinlich sein, jedenfalls trifft man Pyrit in einzelnen Körnern noch unversehrt an.

Ausserdem begegnet man *Epidot*, ferner *Muskovit* und *Strahlstein*, welche als neue Produkte von Lösungs-umsetzungen auf den Ruscheln gebildet worden sind. Diese dichte, bis fein kristalline Beschaffenheit, zusammen mit der hellgelben Färbung dürfte aber vielleicht auch eher als eine Folge der mechanischen Beeinflussung aufzufassen sein, wie sich das z. B. an dem Zinkblendevorkommenis von Goppenstein einwandfrei hat feststellen lassen.

Die Granat-Epidotskarne

Die Granat-Epidotskarne sind die häufigsten Begleiter der vererzten Zonen des Couloir Collaud. Sie sind auch am mannigfaltigsten entwickelt, besonders durch ihre zahllosen Übergänge zu Epidot-Karbonatfelsen und zu Marmoren.

Der charakteristische Gemengteil dieser Skarne ist der *Granat*, der immer eine lichtgelbrote Färbung aufweist. Fast ausnahmslos zeigt der Granat eine sehr vollkommene *Zonarstruktur*, wie wir sie schon in den Granat-Pyroxenskarne angetroffen haben, doch ist sie hier noch viel prägnanter ausgebildet und kann sich auf zweierlei Weise äussern:

1. Der Granat zerfällt räumlich nach [101]- oder [211]-Zonen, welche aber durch Zwischenräume getrennt sind, die selbst wiederum von andern Mineralien ausgefüllt werden. Am meisten kommen dabei Kalzit und Epidot in Betracht.

2. Es findet eine oft sehr ausgesprochene Aufteilung der Granatkristalle in anisotrope Felder statt, die sich immer sehr scharf an die häufig nur schmalen und mehrfach alter-

nierend auftretenden Zonen hält; dies gilt in gleicher Weise auch für die Granate der Granatfelse, in denen dieses Mineral den fast alleinigen Bestandteil des Gesteines ausmacht. Hier wird Granat höchstens von *Apatit*, wenig Kalzit, Epidot und lepidomelanartigem Glimmer durchwachsen.

Das Hauptcharakteristikum des Granats in diesen Granat-Epidotskarnen aber besteht darin, dass der Granat seine morphologische Selbständigkeit fast ganz einbüßen kann.

Den Erscheinungen nach zu schliessen, muss in diesen Skarnen ein *intensiver Stoffaustausch* stattgefunden haben. Granatsubstanz ist nicht selten restlos durch Epidot oder Kalzit verdrängt. Die Verdrängung fand selektiv statt, die verschiedenen, mitunter dicht geschichteten Schalen des zonar gebauten Granats sind nicht alle in gleicher Masse der Umwandlung anheimgefallen. Kernpartien sind im allgemeinen etwas resistenter geblieben. Am gleichen Granat-Kristall sind manche Zonen durch Kalzit, andere dagegen wieder durch Epidot ersetzt. Es gibt auch Stellen, an welchen die verschiedenen Schalen alle durch ein und dasselbe gleichorientierte Mineral ersetzt sind, so dass in grössern, oft gut idiomorph entwickelten Epidotkristallen durch feinste Restpartien oder gar nur mehr durch Pigmentsubstanz angedeutet, die aufgenommenen Granatindividuen mit ihrer frühern Kristallumgrenzung und ihrem Schalenbau *abgebildet* erscheinen (vgl. hierzu Tafel VII, Photo 4).

Ist Kalzit die verdrängende Substanz, so kann in ähnlicher Weise ein grösser entwickeltes Kalzitindividuum ganze Granaten in den verschiedenen Schalen einheitlich ersetzen. Bisweilen ist aber im Kalkspat die frühere Zonarstruktur des Granats nach (211) noch zu erkennen, dabei setzen aber etwa vorhandene Zwillingslamellen des Kalzits unbekümmert durch die verschiedenen konzentrisch angeordneten neugebildeten Kalzit-zonen hindurch.

Neben solchen Verdrängungen, welche den ursprünglichen Zonenbau des Granats weitgehend benützen, sind aber noch andere zu beobachten, die auf den gelegentlich sehr reichlich entwickelten Spaltrissen und Bruchsystemen des Granates vordringen. Dieser Art ist besonders die Verdrängung durch *Quarz*, die aber nie eine wesentliche Rolle gespielt hat. Ausserdem trifft man den Quarz aber noch als Zwickelausfüllung zwischen den Silikaten an.

In Skarnen, die noch keine so weit fortgeschrittene Epidotisierung durchgemacht haben, kommt die Zonarstruktur der Granaten oft in schönster Weise in der zonaren Anordnung der oft fleckig verteilten doppelbrechenden Felder zum Ausdruck.

Der *Epidot* bildet im allgemeinen unregelmässig entwickelte, pflasterartig gefügte Kristalle, oder endlich tritt er auch in gangartigen Zügen auf, welche die Ausfüllungen der durch die Granaten hindurchsetzenden Spaltsysteme bilden. Der Epidot ist stark pleochroitisch n_{γ} = farblos, n_{β} = hellgelb, n_{α} = zitronengelb. In der metasomatischen Verdrängung des Granats durch Epidot und Kalzit entspricht Kalzit einer jüngern, den Epidot seinerseits verdrängenden Phase. Eine noch jüngere Verdrängung vollzog sich durch Quarzzufuhr, diese letzte Phase hat allerdings nur wenig Raum gewonnen.

Der *Kalzit* ist unverzahnt, weist gut entwickeltes Pflastergefüge auf und zeigt ungestörte, gut ausgebildete Zwillingslamellierung.

Oft sitzen zwischen den Kalziten einzelne scharf ausgebildete, schwach blaugrüne *Hornblendenüdelchen*, die sich gelegentlich auch zu einzelnen Nestern und Zügen aggregieren. Sie haben dann ein feinfilziges, asbestartiges Aussehen und sind durch Eisenverunreinigungen bräunlich pigmentiert.

Die Hornblenden nehmen dort eine bevorzugte Stellung ein, wo den Skarnen in nennenswertem Masse *Magnetit* eingestreut ist. In solchen Fällen weisen sie auch eine wesentlich intensivere Farbtönung auf, und es entstehen mit zunehmendem Hornblendegehalt Gesteinstypen, die zu den amphibolitischen Skarnen überleiten.

In fast allen Epidotgranatskarnen, ob mit oder ohne Erz, trifft man reichlich *Apatit* an. Derselbe durchsetzt meistens in idiomorphen Kristallen den Granat.

Gelegentlich auftretender *Titanit*, der sich aber lokal stark anreichern kann, vereinzelte Schuppen von lepidomelanartigem Glimmer und grüner Chlorit vervollständigen den Mineralgehalt dieser Skarne. Chlorit beteiligt sich auch an der Ersetzung der schaligen Granatsubstanz. Der Titangehalt der Granate und die lokale starke Titananreicherung lassen auf eine ausgiebige Titanzufuhr schliessen.

Es kann der Epidot bis zu gänzlichem Fehlen zurücktreten, so dass dann eigentliche Granatfelse entstehen, die neben dem Granat *Magnetit* (*Granatmagnetitfelse*) in grossen Mengen enthalten. Der Granat, hier oft intensiv braungefleckt (hauptsächlich im Zentrum der Kristalle (Titangranat), ist durch ein weitverzweigtes Spaltensystem auch hier wieder stark aufgelöst und erscheint zerbröckelt. In diesem Falle ist er fast ausschliesslich durch Kalzit verkittet. An der Durchwachsung und Verkittung beteiligen sich ausserdem noch Hornblende und Biotit.

Der Magnetit wird überdies manchmal von *Pyrit*, *Kupferkies*, *Zinkblende* und sogar von *Bleiglanz* begleitet. Die Sulfide sind, wie schon früher von Chez Larze angeführt wurde, mit den wasserhaltigen Silikaten Hornblende oder Biotit (*Stilpnomelan*) aufs engste verwachsen. Die Zinkblende lässt ab und zu Einschlüsse von entmischem Kupferkies erkennen.

Die Epidot-Stilpnomelanfelse

Es handelt sich hier fast um reine Epidotfelse, um Epidosite, die in der Hauptsache neben dem weitaus vorwiegenden Epidot nur mehr Stilpnomelan oder Biotit als weiteren Gesteinsgemengteil erkennen lassen.

Das Gefüge ist meso- bis makrokristallin und ausgesprochen granoblastisch (Pflasterstruktur). Siebstruktur, wie an andern Hornfelsen fehlt völlig.

Die *Epidote* zeigen dieselben optischen Eigenschaften, wie in den vorerwähnten Epidot-Granatskarnen; sie sind im allgemeinen etwas fleckiger gefärbt und zeigen häufiger optische Anomalien. Die Färbung kann aber auch zonar verteilt sein, und dann sind die äussern Partien der Kristalle meist intensiver getönt. Der in diesem Falle farblose Kern enthält dann eine, wie eine feine Trübung aussehende Anhäufung kleinster Schüppchen und Kriställchen, die nicht näher bestimmt werden können, wahrscheinlich aber Zoisite darstellen. Die Doppelbrechung ist in den dunkler gefärbten Randzonen etwas höher.

Die Zwischenräume zwischen den Epidotkristallen sind vielfach, an der einen Stelle mehr, an der andern wieder weniger, mit intensiv gefärbten Stilpnomelan- oder grünen Chloritschüppchen oder mit beiden angefüllt.

Der *Stilpnomelan* bildet unregelmässig gestaltete Schuppen und divergentstrahlige Aggregate. Das Mineral ist sehr biotitähnlich. Die spitze Bisektrix steht senkrecht zu (001), der optische Charakter ist negativ. Die Absorptionsunterschiede der verschiedenen Richtungen sind beträchtlich: n_{β} , n_{γ} parallel Spaltrissen = dunkel braunrot, senkrecht zu den Spaltrissen n_{α} = hellhoniggelb.

Dieses glimmerähnliche Mineral, das schon von Helbling erwähnt wurde, scheint auch vielfach als Ausfüllung zwischen den Magnetitkörnern in den erzreichen Skarnen aufzutreten und hat zweifellos nicht in allen Fällen ganz dieselbe chemische Zusammensetzung. Im allgemeinen ist es in Begleitung von Magnetit dunkler gefärbt, doch sind alle Übergänge zwischen den hellen und dunklen Abarten möglich.

Mit erhöhtem Magnetitgehalt des Gesteins nimmt dieses glimmerähnliche Mineral auch eine mehr schmutziggrüne Färbung an; n_β und n_γ werden dunkel olivgrün, n_z = hellgelb.

J. Jakob [33] gibt davon folgende Analyse an:

	%
SiO ₂	44,77
TiO ₂	0,16
Al ₂ O ₃	5,16
Fe ₂ O ₃	16,38
FeO	15,08
MnO	1,15
MgO	5,88
CaO	—
Na ₂ O	0,84
K ₂ O	1,79
H ₂ O + 110 °	7,17
H ₂ O — 110 °	1,83
	<hr/> 100,21

An den Zwickelausfüllungen zwischen den Epidoten ist oft neben dem Stilpnomelan in nennenswerten Mengen noch ein grüner Chlorit beteiligt. Er bildet grössere Blättchen und Blättchenaggregate. Pleochroismus ist für n_β und n_γ = hellgrün, für n_z = schwach gelblich, fast farblos. Die Interferenzfarbe ist anormal mausgrau; das scheinbar optisch einaxige Mineral ist optisch negativ.

Grössere Titanitkörner und oft recht zahlreiche Magnetitoktaeder vervollständigen den Mineralinhalt dieser Gesteine.

§) DER MARMOR

Der Marmor, der insbesondere im schon erwähnten Stollen III (Amort) aufgeschlossen ist, zeigt gegenüber dem Vorkommen Chez Larze keine wesentlichen neuen Erscheinungen. Die dort gemachten Beobachtungen sind auch für die Lagerstätten des Couloir Collaud gültig. Auch hier sind die Marmore z. T. quarzführend. Kalzit und Quarz vereinigen sich in recht wechselnden Mengenverhältnissen zu pflasterartig struierten Gesteinen. Sowohl im Kalzit, wie im Quarz finden sich Magnetitkörner eingeschlossen.

ε) SEKUNDÄRE MINERALANREICHERUNGEN

Alle die Skarnbildungen, die in grössern Mengen Epidot, Kalzit, Hornblende und Stilpnomelan enthalten, sind fast ausnahmslos mit grobkörnigen, locker gefügten und häufig netzwerkartig in Gangschwärmen auftretenden Mineralassoziationen dieser Gemengteile verbunden.

Wohl die grösste Verbreitung finden solche Mineralaggregate in der Nähe und kurz oberhalb der Stollen V und VI, wo sie sich fast über die ganze Breite des Couloir Colaud verteilen (zirka 30—40 m). Grosskörnige, langprismatische *Epidotkristalle*, zwischen welchen dunkelbronzefarbene Stilpnomelanblättchen eingelagert sind, vergesellschaften sich mit grobspätigem *Kalzit*. Man trifft Kalkspatkristalle an, deren grössere Diagonale der Rhomboederfläche 15 mm und mehr messen kann.

Andere dieser sekundären Mineralanreicherungen sind durch die Assoziation *Granat*, grobkörniger *Kalzit*, *Epidot* und *Gips-Asbest* mit dichtem chalzedonartigem *Quarz* gekennzeichnet.

In grobkörnigen Epidositen, die schon ihrerseits eine sekundäre Umlagerungsmineralisation repräsentieren, stellen sich oft zahlreiche, sich mehrfach in paralleler Anordnung wiederholende Asbestgänge ein; der Asbest erinnert im Aussehen ganz an die oft im Serpentin anzutreffenden Adern mit quergestellten Asbestfasern. Hier handelt es sich jedoch um Hornblendeasbest, hervorgegangen aus der dunklen grünen Hornblende der Skarne.

Neben diesen reineren, mehr oder weniger parallelverlaufenden, hauptsächlich mit Asbest und etwas *Quarz* oder *Karbonat* ausgefüllten Gängen, welche die Ausfüllung von Zerr- oder Reisspalten darstellen, finden sich noch Adern, die nach allen Richtungen verlaufen und sich aufs engste mit dem Nebengestein verweben. Die letzteren führen neben *Asbest* reichlich *Epidot*, *Kalzit*, chalzedonartigen *Quarz*, oft noch ganz dunkel gefärbten *Stilpnomelan*, der gelegentlich mit *Karbonat* allein auch mächtige Adern ausfüllt.

Es lässt sich oft beobachten, dass diese Gangminerale die direkte Fortwachsung der Gesteinskomponenten des Nebengesteins darstellen, allerdings meistens mit etwas verändertem Chemismus.

In den sekundären, gangförmigen Mineralisierungsadern der Hornblende-Epidosite sind die Hornblenden äusserst feinstrahlig bis nadlig entwickelt, sie bilden alle Übergänge zu haarfeinen Nadelchen (Asbest) und sind vorzugsweise senkrecht zur Gangrichtung angeordnet. Bei entsprechender Orientierung der Hornblenden im Nebengestein findet homoaxiales Weiterwachsen derselben gegen die Gangmitte zu statt. Die innerhalb des Ganges gebildete Hornblende ist aber gegenüber der tiefblau gefärbten des Nebengesteins bedeutend heller getönt. Gerade bei den homoaxial weiter gewachsenen Individuen kommt dies ganz besonders deutlich zum Ausdruck: die neugebildete, farbarme und wahrscheinlich auch eisenärmere Hornblende setzt mit der Ganggrenze messerscharf gegen die dunkelpigmentierte Hornblende des Nebengesteins ab.

Die *Hornblende* des Nebengesteins ist stengelig-schuppig aggregiert und weist starken Pleochroismus auf: n_x = gelbgrün, n_β = dunkel olivgrün, n_γ = dunkel blaugrün; die Auslöschungsschiefe beträgt 20°.

Die nadlige Hornblende der sekundären Gangbildungen dagegen zeigt für n_β und n_x gelbgrüne und für n_γ blaugüne Töne. Dies gilt natürlich nur für dickere Individuen, die haardünnen feinen Nadeln dagegen erscheinen fast farblos. Die Auslöschung ist die nämliche wie bei der dunklen Hornblende.

Die Umlagerung von *Epidot* und *Hornblende* aus dem Nebengestein in die sekundären Gangbildungen scheint bei beiden Mineralien keine gleichsinnige zu sein:

Die sekundären Hornblenden sind Fe-ärmer geworden, die *Epidote* der Gangbildungen dagegen haben Eisen aufgenommen, sie sind bedeutend intensiver gefärbt. Die neugebildeten *Epidote* sind tadellos idiomorph umgrenzt, ihr Pleochroismus ist der nämliche wie derjenige der *Epidote* der epidotisierten Granatfelse, in welcher letzteren auch schon

ein weitgehend hydrothermal umgelagertes Gestein vorliegt. Die Epidot- und Hornblende-kristalle der Gangbildungen sitzen in einer grosskörnigen Kalzitgrundmasse, die mit ihrer völlig unbeeinflussten Struktur auf das jüngste Alter dieser sekundären Mineralisierungs-adern schliessen lassen. Ist bei der Bildung des Hornblendeasbestes der grösste Teil des ursprünglichen Amphiboleisengehaltes nicht umtransportiert, so finden wir andererseits eine beträchtliche Anreicherung des Skarneisengehaltes in den sekundär gebildeten, hauptsächlich karbonatisch vergesellschafteten *Stilpnomelan*felsen und *Stilpnomelan*gängen.

Diese gangförmig und häufig auch kluftartig auftretende Mineralvergesellschaftung mit *Kalzit*, *Stilpnomelan*, *Epidot*, *Asbest* und *Quarz* stellt die letzten Produkte dar, welche aus den Diopsid-Amphibolskarnen und Diopsid-Granatfelsen hervorgegangen sind. Diese durch eine Hydrothermalwirkung erzeugte Stoffumlagerung ist somit eine ganz ausserordentlich intensive.

ζ) DIE NEBENGESTEINE

Die meistens stark schiefrig und laminiert aussehenden Nebengesteine der Erze, der Marmore und der Skarnlinsen lassen zwei verschiedene Typen erkennen:

1. Der eine Typus von dunkelgrauer bis grauer Farbe hat Augengneischarakter. In der dunkelgefärbten Grundmasse beobachtet man helle, schlecht rektangulär umgrenzte Feldspäte von häufiger Linsenform, die dem Gestein ein flasriges Aussehen verleihen, da sie von wellig verlaufenden Zügen dunkelgrün gefärbter, feinschuppiger glimmeriger Mineralien umschlossen sind.
2. Der andere Nebengesteinstypus hat helle Farbe, besitzt ein feineres Korn und zeigt polyedrisch verlaufende Klüfte, die sich häufig zu flatschiger Absonderung des Gesteins anordnen, mit reichlichem Serizitbelag der Kluft- und Rutschelflächen, so dass alle Übergänge zu ausgesprochenen Serizitschiefern gegeben sein können.

Das ersterwähnte Gestein besteht aus zirka 80—85 % Quarz und Feldspat. Mehr wie die Hälfte dieses Mineralbestandes wird von Feldspat eingenommen. Dem Orthoklas und Plagioklas kommt ungefähr dieselbe Verbreitung zu. Die *Plagioklase* sind *Albite*, sie sind sehr stark serizitisiert, lassen aber doch noch eine ausgesprochene Zwillinglamellierung nach dem Albitgesetz erkennen.

Der *Orthoklas* hat ein fein verteiltes, leicht bräunlich getöntes Pigment; perthitische Verwachsung ist ganz spärlich vorhanden, selten macht sich eine schwache Albitisierung geltend. Vereinzelt trifft man schwach entwickelt Myrmekit an.

Der olivgrüne bis graugrüne *Glimmer* hat keine idiomorphe Gestaltung mehr, sondern bildet nur unregelmässige Fetzen und Schuppen, die zwischen den Quarz und den Feldspäten eingestreut sind, oder sich oft zu wellig verlaufenden Zügen und Strähnen anordnen. Diese schlierigen Aggregate sind stark mit *Titanit* in «Insekteneierform» durchsetzt.

Auch *Chlorit* ist häufiger Begleiter der glimmerreichen Partien, die überdies viel *Apatit* enthalten; ebenso werden die gefärbten Glimmeraggregate meistens von einem feinschuppigen *Serizit* begleitet.

Die Struktur des Gesteins ist keine typisch granitische, vielmehr entspricht sie derjenigen orthoklasreicher Orthogneise. Postkristalline Deformation ist nicht dominierend, doch begleiten mehr oder weniger kataklastische Zonen der Feldspäte und des Quarzes gelegentlich die welligen Glimmerzüge, die offenbar z. T. schon vorkristallin angelegt waren und postkristallin nur noch mehr ausgewalzt worden sind. Die optische Störung des Quarzes ist relativ gering. Es dürfte sich also in diesen Nebengesteinen um granitische Orthogneise handeln.

Das an zweiter Stelle angeführte Nebengestein ist ein *Aplitgranit*. Er ist im Liegenden des Marmors vom Stollen III in seinen verschiedenen Fazies entwickelt. Von fast normaler aplitischer Beschaffenheit bis zum stark gepressten Serizitschiefer sind hier alle Übergänge anzutreffen. Normalerweise zeigt das Gestein vorwiegend Aplit-, seltener auch Granitstruktur: feinlamellierte gutumgrenzte Albite mit kleinen aber nicht sehr weit verbreiteten Serizitschüppchen als Einschlüsse grenzen panidiomorph körnig aneinander. Bei lokal starkem Überhandnehmen von Quarz oder Orthoklas bildet sich ein hypidiomorphes Begrenzungsverhältnis heraus, indem der Quarz und der Orthoklas sich gegenüber dem Plagioklas formbestimmend betätigen, was in der Entwicklung von lappigen und korrodierten Umgrenzungsformen der Albite zum Ausdruck kommt.

Der *Orthoklas* ist wenig eigengestaltig und auch hier durch fein verteilte feinste Einschlüsse bräunlich pigmentiert. Mehrfach zeigt er beginnende Albitisierung in unregelmässig angeordneten Flecken und Zügen. Stellenweise sind auch grössere Albitisierungszentren vorhanden, besonders am Aussenrande von primären Albiten gegen die Grenze zum Orthoklas, sie sind als Schachbrettalbite entwickelt und frei von Seriziteinschlüssen.

Der *Quarz* ist etwa in den nämlichen Mengen vorhanden, wie Orthoklas und Plagioklas zusammengenommen. Er ist erfüllt von Gas- und Flüssigkeitseinschlüssen mit vibrierenden Libellen und zeigt kaum optische Anomalien.

Die dunklen Gemengteile sind recht spärlich vertreten. Der ursprüngliche *Biotit* ist ganz *chloritisiert*, tritt in wenigen Fetzchen und Schüppchen auf.

Apatit ist in rundlichen und unregelmässig gestalteten Körnern reichlich vorhanden.

Kalzit bildet kleinere oder grössere Nester zwischen den sauren Gemengteilen und dürfte sekundär infiltriert sein.

Als Akzessoria finden sich feine *Titanit*körnchen und *Leukoxen*, ferner tritt *Zirkon* als Einschluss in *Apatit* auf.

In intensiv gepresster und stark serizitischer Ausbildung treten diese Gesteine als «knollige» Einlagerungen im Marmor des Stollens III auf.

In einer vorwiegend aus feinschuppigem Serizit bestehenden Grundmasse, die stark karbonatisch durchsetzt ist und die sich stellenweise in ausgesprochenen Zügen und Strähnen anordnet, sind stark mechanisch aufgeteilte grössere Quarzpartien eingelagert, die häufig in ein äusserst feinkörnig gefügtes Aggregat übergehen, das sich mit der serizitischen Grundmasse des Gesteines aufs engste verflücht.

Die ursprünglichen Feldspäte sind nur noch selten zu erkennen, sie haben sich ganz in Serizitmasse aufgelöst. Die grösseren Quarzpartien lassen sich erkennen als Reste des nicht völlig zu feinstem «Sandquarz» gewordenen, ursprünglich grobkörnigen Quarzes, Schlieren von Titanit in «Insekten-eierform» durchziehen auch hier die Serizitmasse.

Mechanisch weniger mitgenommene Typen des Nebengesteins lassen aus der Serizitmasse noch zwillingslamellierte Feldspatreste durchschimmern, auch Überbleibsel von Orthoklas sind in solchen Fällen noch zu erkennen und gelegentlich auch noch völlig unversehrte Schachbrettalbite.

dd) DIE MAGNETITVORKOMMEN VON LES PLANCHES

Die Magnetitvorkommen von Les Planches befinden sich auf der Nordseite des in der Hauptsache dicht bewaldeten und von Humus und Moräne bedeckten Mont Chemin. Das Untersuchungsmaterial und der Einblick in die Lagerungsverhältnisse konnten nur in Schürfstellen und in Stollen gewonnen werden.

Die von Prof. Gassmann 1935—37 durchgeführten magnetometrischen Aufnahmen ergaben die auf der geolog. Karte (Tafel I) dargestellten magnet. Isanomalien (vgl. hierzu II. Kap.

Im Sommer 1939 liess die S. A. des Mines de fer du Mont Chemin, veranlasst durch die magnetischen Messergebnisse Gassmanns, welche zirka 130 m weiter westlich der Schürfstellen wenig oberhalb der Strasse Chemin—Les Planches recht erhebliche magnetische Abweichungen aufwiesen, auf Höhe 1350 m einen Querschlag in südlicher Richtung vortreiben, um über die zu erwartenden Erzmassen Aufschluss zu erhalten. Nach 60 m Vortrieb wurde das Erz angebohrt; es handelte sich um eine durch starke Dislokationen vom biotitgneisigen Nebengestein getrennte und in sich selbst mehrfach durchscherte und verschuppte linsenartige Einlagerung (Linse I), die, zirka 45° SE-fallend auf zirka 15 m, also quer zu ihrem Streichen, anhielt. Im Hangenden trennten wiederum intensive Dislokationsprodukte die stark talkig-serpentinöse Erzmasse vom Nebengestein; bei m 88 wurde der Vortrieb eingestellt, ohne dass sich eine neue magnetitführende Zwischenlage wieder eingestellt hätte.

Während des zweiten Weltkrieges wurde dann auf dem Mont Chemin in der Hauptsache Erz bei Les Planches gewonnen. Dem Abbau in Chez Larze kam nur untergeordnete Bedeutung zu (vgl. S. 25). Im Nachfolgenden wird zuerst über die kleinen Erzlinzen berichtet, die höher als 1360 m liegen und die ohne praktische Bedeutung geblieben sind. Ein weiterer Abschnitt befasst sich mit der sogenannten unteren Zone, d. h. mit den Resultaten der geologisch-petrographischen Befunde, wie sie durch die ausschliesslich in dieser untern Zone erfolgten Bergbauarbeiten während des zweiten Weltkrieges ermöglicht wurden.

2.) DIE MINERALOGISCH-PETROGRAPHISCHEN VERHÄLTNISSE DER OBERN UND MITTLEREN ZONE

(Erzlinzen oberhalb 1400 m und zwischen 1360—1380 m)

Die mikroskopische Untersuchung der monoton aussehenden Gesteine lässt eine etwas grössere Abwechslung in Mineralbestand und Struktur erkennen. Insbesondere fällt die intensive *Fluorit*durchsetzung der hangenden Schiefer auf.

Das Erz

Der Magnetitfels erscheint hier grobkörniger als in den übrigen Vorkommnissen und besitzt infolge der Auslaugung (wahrscheinlich von Sulfid oder Karbonat) eine kavernöse Struktur. Kontinuierliche Übergänge von Magnetitfels zu magnetitführendem Talkschiefer sind recht häufig. Die talkigen Schiefer zeigen dann meistens grüne oder blaue Ausblühungen von *Kupferkarbonat*.

Chalkographisch zeigt das Erz sowohl in seiner strukturellen, wie auch in seiner mineralogischen Beschaffenheit einige Abweichungen von den bis jetzt beschriebenen Erzen der übrigen Mont Chemin-Vorkommnisse.

Die makroskopisch schon in der Reflexfarbe mit einem rötlichen Ton auffälligen *Magnetite*, die der talkigen Gesteinsmasse eingelagert sind, erweisen sich wohl in der Hauptsache als Magnetite, die aber in reichlicher Verteilung *Hämatit*blättchen eingelagert enthalten (vgl. hierzu Tafel VII, Photo 2).

Martitisierungserscheinungen, wie sie sonst von andern Vorkommen bekannt sind, azendent oder deszendend gebildet, fehlen hier vollständig. Ohne feststellbare Beziehung zu innerstrukturellen Eigenschaften (Zonarstruktur, Zwillingslamellierung, Oktaeder-

Spaltbarkeit) sind die *Hämatite* dem *Magnetit* wahllos eingelagert. Auch Merkmale einer Reliktstruktur für die Umwandlung von Eisenglanz in Magnetit fehlen völlig. Auch die sonst für die Mont Chemin-Magnetite charakteristische Zonarstruktur ist hier nur schwach entwickelt. In keinem Falle auch nur annähernd so deutlich, wie wir das an den übrigen Vorkommnissen beobachten konnten.

Dagegen lassen sich in den Magnetiten von Les Planches häufig Zwillingslamellen feststellen, offenbar als Folgeerscheinung der äusserlich schon deutlich zu erkennenden tektonischen Umarbeitung dieser Erzvorkommnisse. Vielleicht ist das Fehlen einer Zonarstruktur im vorliegenden Fall auch der Ausdruck einer mechanisch bedingten Homogenisierung des Materials.

Ausser einer Zwillingslamellierung der Magnetite nach (111) sind ebenso auch Verzwillingungen des eingewachsenen Hämatites festzustellen. Allermeist macht die Lamellierung des Magnetites am Eisenglanz halt und setzt erst jenseits des Hämatitindividuums wieder fort. Die Verzwillingung des Eisenglanzes gibt sich deutlich zu erkennen durch ihren Reflexpleochroismus. Vereinzelt sind die Eisenglanzindividuen auch zwischen die Magnetite eingelagert. Ein grösserer Eisenglanzgehalt, als wie man ihn sonst antrifft, scheint für die Vorkommnisse von Les Planches besonders typisch zu sein. Ob diese Tatsache mit der hier so ausgesprochenen tektonischen Beeinflussung und Vertalkung der Gesteine, oder mit der starken Fluoritisierung derselben zusammenhängt, über welche letztere noch ausführlich die Rede sein soll, das liess sich bisher nicht entscheiden.

Die zwischen die Magnetitindividuen netzartig eingelagerte Gangart besteht in erster Linie aus feinfilzigen, oft eisblumenartig aussehenden *Talkaggregaten* (vgl. hierzu Tafel VII, Photo 6); die feinen Talkfasern verlaufen quer zu den «Maschen» des Gangartnetzes und behalten über grössere Komplexe des Schliffes diese Orientierung bei. Bisweilen besitzt die Talkzwischenmasse aber auch eine feinkristalline, bis völlig dichte Beschaffenheit. *Chlorit* und etwas *Kalzit* vervollständigen die Gangartmasse. Magnetit wird oft von idiomorphen *Apatitkriställchen* durchsetzt.

Gelegentlich ist die vorwiegend talkige Gangart durch eine hauptsächlich quarzige ersetzt. In diesem Falle stellen sich häufig schmutzig grün gefärbte *Biotite*, vereinzelte *Muskovitblättchen* und *Pyrite* als weitere Begleiter ein.

Über die *chemische Beschaffenheit des Erzes* gibt die Analyse 4 der Tabelle auf S. 103 im III. Kap. Auskunft.

Ausserdem seien nachstehend Analysen, die dem Schmidt'schen Gutachten entnommen sind, zusammengestellt (vgl. 57):

	Fe %	Spez. Gew.	Magnetit %
Östliche Schürfung	68,7	4,6	96
» »	61,05	4,0	85
» »	62,57	4,0	87
Westliche Schürfung	56,01	3,9	78

Alle diese Erze haben im wesentlichen eine talkig bis chloritische Gangart; marmor- und skarnartige Beimengungen, die für Couloir Collaud und Chez Larze so charakteristisch sind, treten hier zurück (vgl. hierzu auch Seite 58).

Das Nebengestein

Das Nebengestein, sowohl im Hangenden wie im Liegenden der Erzlinsen der oberen und mittleren Zone von Les Planches ist äusserst stark geschiefert und immer, aber im wechselnden Masse, von Magnetit durchsetzt.

Ein Hauptcharakteristikum stellen aber lagenhaft texturierte chlorito-serizitische Schiefer dar, die sich schon makroskopisch, aber besonders bei der mikroskopischen Untersuchung als stark mit *Fluorit imprägniert* erweisen (vgl. hierzu Tafel VII, Photo 5). Es lassen sich alle Übergänge von völlig dichten Grünschiefern von chloritfelsartiger Beschaffenheit zu flaserig-schiefrigen Gesteinen mit ausgesprochener Lagentextur und stofflicher Differenzierung der Lagen feststellen.

Die chloritfelsartigen Gesteine: Die chloritfelsartig beschaffenen Gesteine bestehen fast ausschliesslich aus feinen, in die makroskopisch nicht gerade ausgesprochene Schieferungsrichtung parallel eingelagerten *Chloritschüppchen*, welche sich durch einen ausserordentlich starken Pleochroismus auszeichnen: $c = e_{\gamma} =$ hellbräunlichgelb, n_x und $n_{\beta} =$ intensiv grasgrün. Die Interferenzfarbe ist rostbraun mit Stich ins Violette. Kleine *Magnetitidioblasten* mit $\{111\}$ und $\{101\}$, im Mittel 80—100 μ im Durchmesser erreichend, durchspicken die feinschuppige Chloritmasse. Rundlich krümelig-körnige *Titanitaggregate* und reichliche *Apatitkriställchen* durchsetzen diesen Chloritfels. Ihnen sind oft kleine Linsen von feinkörnigen *Quarzaggregaten* mit *Pyriten* hinzugesellt. Fast immer durchziehen schmale Züge von äusserst feinschuppigem *Talk* das ganze Gestein parallel der Schieferung. Um feinste *Zirkonkörnchen* treten pleochroitische Höfe im Chlorit auf, in denen die Doppelbrechung eine starke Steigerung erfährt.

Die serizitischen Schiefer: Die mehr *serizitisch* beschaffenen und ausgeprägt geschieferten Varietäten des Nebengesteins zeigen auch u. M. deutliche Lagentextur, die oft zu Flaserung übergeht. Dabei wechseln die Lagen und Linsen jeweils in ihrer stofflichen Zusammensetzung miteinander: Die einen sind vorwiegend serizitisch zusammengesetzt, die andern hauptsächlich quarzitisch und wieder andere ausschliesslich fluoritisch. Sehr häufig bilden feinkörnige *Fluoritgemenge* die äussern Begrenzungslagen gegenüber den innern serizitisch zusammengesetzten Partien. Nicht selten sind den serizitreichen Lagen wulstige Aggregate von *Flußspat* ohne die sonst so auffällige linsige Ausschwänzung eingelagert. Diese muten oft wie abgerissene und in der zusammengestauten Serizitmasse umkristallisierte Teile grösserer Fluoritaggregate an. Die meist verzahnt struierten Quarzlinsen und Quarzlinsenzüge sind auch sonst nie ganz frei von feinsten eingesprengten Fluoritkörnchen.

Der äusserst feinschuppige Serizitanteil des Gesteins wird von Stressbahnen und -zügen durchsetzt, auf denen sich in weiter Verbreitung Leukoxenknötchen von 40—65 μ Durchmesser mit feinsten Körnchen von *Titanit* und *Rutil* anordnen. Öfters sind auch gröber schuppige Blättchen eines grünen *Biotits*, *Chlorits* oder *Muskovits* zur Ausscheidung gelangt. Gewöhnlich trifft man diesen Biotit an Grenzen gegen fluoritische Lagen oder auch in Nachbarschaft zu reichlich vorhandenen *Magnetitidioblasten* an.

Bisweilen laufen die Fluoritlagen und -linsen nicht der Schieferung parallel, sondern dringen auf Querspältchen wulstig in die Gesteinsmassen hinein. An solchen Stellen ist meistens das serizitische Grundgewebe des Gesteins ersetzt durch ein gröber kristallines Aggregat von grünem *Biotit* mit starkem Pleochroismus (n_{β} , $n_{\gamma} =$ grün, $n_x =$ hellgelb), dem sich auch grosse Kristalle von *Titanit* und grosse Mengen von Leukoxen einfügen. Die Ausdehnung der Glimmer- und Titanitanreicherungen an solchen Flußspatgängchen hat je nach der Orientierung zur Schieferung verschiedene Grösse; sie beträgt z. B. in einem Falle senkrecht zur Schieferung nur 200 μ , in der Schieferungsrichtung aber 1600 μ . Überall macht sich in diesen Gesteinen mit ihren intensiven Laminierungen ein mehrfacher Stofftransport geltend. Selbst die feinen Spaltrisse des Flußspates sind mit Talkbelägen ausgekleidet. Dabei liegt die γ -Richtung des Talks immer parallel, die x -Richtung dagegen senkrecht zur Spaltebene des Fluorits. Die kapillarfeinen, talkerfüllten Spältchen des Fluorits haben eine Mächtigkeit von nur zirka 1—2 μ .

In Gesteinstypen, die eine sehr weit fortgeschrittene Fluoritisierung aufweisen, lassen sich mancherorts grössere *Biotit*blättchen feststellen (n_x = schwach gelblich, fast farblos, n_β , n_γ = schwach gelbgrün, in den Kernpartien oft intensiv gelbgrün), welche am Rande gegen den umgebenden Fluorit eine vollständige Ausbleichung durch Entmischung oder Ausscheidung des Fe-(Ti)-Gehaltes erfahren haben, wobei sich diese Stoffe in zonarer Anordnung anzureichern pflegen. Die rhythmisch angelegten dunklen Zonen bestehen aus opaken Erzkörnchen und vollkommen scharf umgrenzten prachtvoll rot durchscheinenden *Eisenglanz*blättchen (Täfelchen von 20 μ Durchmesser und Leisten bis zu 100 μ Länge). Die Erzausscheidungen werden durch die Ausbleichung gleichsam vor sich hergeschoben, derart, dass immer von aussen nach innen in den Biotit fortschreitend am Ende einer ausgebleichten Zone eine solche der Erzanreicherung und dann wieder eine Zone der Ausbleichung folgt. Der Glimmer erscheint von Fluorit ankorrodiert und diesem Korrosionsrand laufen auch die erwähnten Zonen parallel.

Im entfärbten Anteil des Glimmers, welcher offenbar einer *Phlogopitisierung* entspricht, haben Licht- und Doppelbrechung etwas abgenommen und der sonst schon kleine Achsenwinkel des nicht ausgebleichten Biotits ist auf null Grad zurückgegangen.

Mehrfach beobachtet man in diesen Schiefern, besonders aus dem Liegenden der Erzlinsen stammend, eine starke *Apatit*durchsetzung des Gesteines, wieder andere Ausbildungen desselben sind durch beträchtlichen Kalzitgehalt gekennzeichnet, der sich in ähnlichen Zügen und ausgestreckten Linsen anreichert, wie das beim Quarz der Fall ist; häufig finden sich die Kalzite auch in den spitzen Endzwickeln der Quarzlinsen.

Bei weniger ausgesprochen laminierten Nebengesteinsvarietäten lassen sich in der Talk-Fluoritgrundmasse feinste Nadelchen oder auch einzelne grössere Prismen von *Hornblende* feststellen.

Es erscheint wahrscheinlich, dass diese talkig-serizitisch-chloritischen Schiefer, die so eng mit dem Magnetit verbunden sind, zuerst fluoritisch-hydrothermal und nachträglich tektonisch umgeprägte und hydrothermal wieder rekristallisierte Skarngesteine darstellen.

Stark gestörte serizitisierte *Aplitpegmatite* setzen in den Schiefern einer Schürfstelle vom Hôtel du Vélau auf. In der serizitreichen stark brekziösen Grundmasse sind Quarz, Albit, Orthoklas verteilt. Das Gestein ist durchzogen von Spalten und Spältchen, die mit sekretionsartigen Neubildungen von Quarz, Albit und Orthoklas ausgefüllt werden. Diese Mineralien erscheinen in ihrer fasrigen Entwicklung senkrecht zum Spaltenverlauf angeordnet, trotzdem sie optisch ganz verschieden orientiert sind. Sie bilden eben die direkten Fortwachsungen der entsprechenden Mineralien des Nebengesteins. Ähnliche Erscheinungen haben wir schon in den Neubildungen der Epidotskarne des Couloir Collaud getroffen.

β) DIE UNTERE ZONE (unterhalb 1360 m)

Die durch die Bergbauarbeiten während des zweiten Weltkrieges erstellten Stollen, Strecken, Gesenke und Aufbrüche liegen alle unterhalb der Höhenlinie 1360 m am bewaldeten Nordwestabhang des Mont Chemin (vgl. Grubenplan, Tafel IV). Statt die auf diesem Plan vermerkten Einzelnamen anzuwenden, wird hier mit Les Planches der ganze Grubenbezirk der untern Zonen bezeichnet. Der Grubenplan der Tafel IV entspricht dem Stand Oktober 1943. Die geologisch-petrographischen Verhältnisse werden anhand von Profilen (Tafel VI) beschrieben.

Auf Grund der wiederholten Minenbegehungen und nach Durchsicht angefertigter Dünnschliffe lässt sich die ganze Gesteins- und Erzmännigfaltigkeit durch die nachstehenden, auf der Tafel VI ebenfalls ausgehaltenen Gesteins- und Erztypen beschreiben.

Feldspatisierte Schiefer: Sie stellen das Hauptgestein dar. Mit ihnen wird eine Gesteinsserie bezeichnet, die in ihrer Zusammensetzung und Ausbildung recht mannigfaltig erscheint und deren Glieder durch vielfache Übergänge miteinander verknüpft sind (granitisch-gneisige, hornfelsige bis schiefrige Gesteine mit der Mineralkombination Feldspat, Biotit-Chlorit und Quarz).

Chloritschiefer: Die angefahrenen grösseren Erzlinen werden beidseitig von einer mehr oder weniger stark geschieferten, bis mehrere Meter messenden Chloritschieferlage begleitet. Vermutlich sind derartige serizitische Chloritschiefer durch Dislokationsmetamorphose im weitesten Sinne aus feldspatisierten Schiefen entstanden. Sie sind jedoch nicht ohne weiteres von chloritschiefrigen Typen zu unterscheiden, die ihrerseits aus serpentinoschistischem, das Erz begleitendem Material hervorgehen.

Aplit: In feldspatisierten Schiefen erscheinen wiederholt mehrere Meter mächtige Aplitenlagerungen (z. B. Horizontalstollen der Galerie VI). Der helle, feinkörnige, blockig brechende Aplit bildet im Nebengestein unzweifelhafte, kleinere Eruptivstöcke.

Hornfels: Schiefrig bis dichte, uncharakteristische graugrüne Gesteine treten an verschiedenen Punkten auf und wurden als «Hornfels dicht» ausgeschieden. Unter dem Mikroskop zeigen derartige Gesteine neben sehr viel Quarz, reichlich Serizit und Chlorit; unzersetzter Feldspat fehlt (vollständig serizitisiert?). Übergänge zu feldspatisierten Schiefen und Chloritschiefern sind häufig.

Kalkmarmor: In der Galerie VI wurde auf der Nordseite des Mont Chemin erstmals eine grössere Masse von gelblich bis braunem (rostigem), z. T. stark mit Quarz durchsetztem Kalkmarmor angefahren. Nach Durchfahren von 18 m Kalkmarmor wurde der Stollen nach unserem letzten Besuch noch etwas in taubem Gestein weiter vorgetrieben. Wie aus dem Stollenprofil hervorgeht, finden sich an andern Stellen der Galerie VI kleinere Kalkmarmorlagen. Das Antreffen dieser grösseren Kalkmarmorasse ist eine weitere Bestätigung für die Hypothese, dass die Erze in Les Planches in analoger Weise entstanden sind, wie diejenigen von Chez Larze (vgl. S. 25 ff.), um so mehr als eine schmale, unbedeutende Magnetiteinlagerung im nördlichen Stollenteil eng mit Chloritschiefer und Kalkmarmor verknüpft ist.

Leider wurde der Bergbaubetrieb im Herbst 1943 stillgelegt, und der Stollen konnte nicht, wie vorgeschlagen, um 100—150 m weiter vorgetrieben werden. Nach unsern geologischen Beobachtungen und Profilkonstruktionen wäre hier möglicherweise die Fortsetzung der in Galerie II B angefahrenen Linse zu erwarten.

Skarn und serizitischer Hornblendefels (= amphibolitischer Skarn): Die vermutete Annahme, dass sowohl bei Chez Larze und Couloir Collaud als auch auf der Nordseite bei Les Planches skarnartiges, durch Verdrängung von (Kalk-)Marmor entstandenes Erz vorliegt, bestätigen besonders neue Aufschlüsse im südlichen Stollenteil der Galerie VI.

In einer weiter unten zu besprechenden Art ist Erz ausserdem mit einem dichten, zäh-filzigen, grün aussehenden, serizitischen Hornblendefels verknüpft. Der Mineralbestand von Hornblende, Biotit (Chlorit z. T.), reichlich grösseren Kalzitindividuen, Epidot und Erz spricht für stark metamorphe Beeinflussung. Im Zusammenhang mit der Granitintrusion stehende pneumatolytisch-hydrothermal-metasomatische Einwirkungen führ-

ten zur Verdrängung von Marmor durch Silikat und Erz. Derartige Hornblendefelse oder amphibolitische Skarne entsprechen durchaus den von der Südseite des Mont Chemin (Chez Larze, Couloir Collaud) bekannten Skarnen.

Besondere Mineralisationen: An verschiedenen Stellen wurden bedeutende, das Nebengestein (feldspatisierte Schiefer) durchsetzende Gänge und Zerrisse aus Quarz beobachtet (z. B. Stollen der Galerie II B). Injektionsartige, das Nebengestein durchsetzende Gänge erwiesen sich unter dem Mikroskop als aus Quarz, Feldspat und Epidot oder in einem andern Fall aus einem feinkörnigen, dicht verwachsenen Quarz-Flußspatgemenge bestehend. Die beiden gesammelten Proben stammen aus einem östlichsten und aus einem vom untersten Niveau der Galerie II B südwärts gerichteten, jetzt nicht mehr zugänglichen Aufbruch (Sondierung = «P» in Profil). Bereits früher wurde bei Erzschrüpfungen im Walde unterhalb Hôtel du Vêlan durch E. Hug i Fluorit als Imprägnation des serpentinos-talkigen Erzes nachgewiesen (S. 56).

Magnetiterz mit Talk oder Serpentin: Dieses pyritarme bis sozusagen pyritfreie Erz bildet grössere Linsen. Die Form der grössten (um 10 m mächtigen) südlichen Linse in Galerie I war nicht in allen ihren Einzelheiten morphologisch erfassbar. Einen Schnitt durch die im SW durch eine mechanisch bedingte Grenzfläche abgescherte Erzlinse zeigt Fig. 5. Hinsichtlich Erzparagenese herrschen in Linse II analoge Verhältnisse. Diese Erzlinse ist auf 25 bis 30 m streichend erschlossen, im Liegenden von lettigem, mit Quarzadern und Knauern durchsetzten Chloritschiefer begrenzt, und wird im Hangenden von Skarn erz begleitet. Das Profil des über die Erzlinse II befindlichen Stollenstückes ist besonders aufschlussreich und zeigt die typischen Verbandsverhältnisse im oberen Ausspitzen der nach SE einfallenden Erzlinse. Die Linse wird beidseitig von Chloritschiefer und lettigem Zwischenmittel, in grösserem Abstand von serizitischem Hornblendefels begleitet. Die genannten Gesteine führen grössere und kleinere, nierenartige Magnetiteinlagerungen = *serpentinöses Erz* = sogenannte «rognons», dessen Abbau sich nicht lohnt (vgl. Fig. b, Tafel VI) und Fig. 6 a und b). Stellenweise ist das Magnetit-Serpentingestein stark von reinem Talk, Serpentin und Karbonat durchadert.

Für die Linsen I und II von Les Planches ist lokal das Auftreten von dichtem, in der Regel pyritarmem bis freiem, *Magnetiterz* typisch. Viel häufiger als reines Erz sind mit dunkler, serpentinoser oder mit heller, talkiger Gangart innig verwachsene Erzmassen. Durch diese Tatsache wird der recht niedrige mittlere Eisengehalt von 25—30 % verständlich (vgl. S. 104).

Von der linealartigen Erzlinse VI wurde erst nach weiterem Abteufen des Gesenkes SE einer Verwerfung die Fortsetzung gefunden. Dieses Aussetzen des Erzes an Verwerfungen ist einer der den Bergbau am Mont Chemin erschwerenden Gründe. Ausser *Magnetit-Pyrit-Mischerz* (mit \pm Quarz, stellenweise hämatitisiert, hat man in Linse VI wenn auch

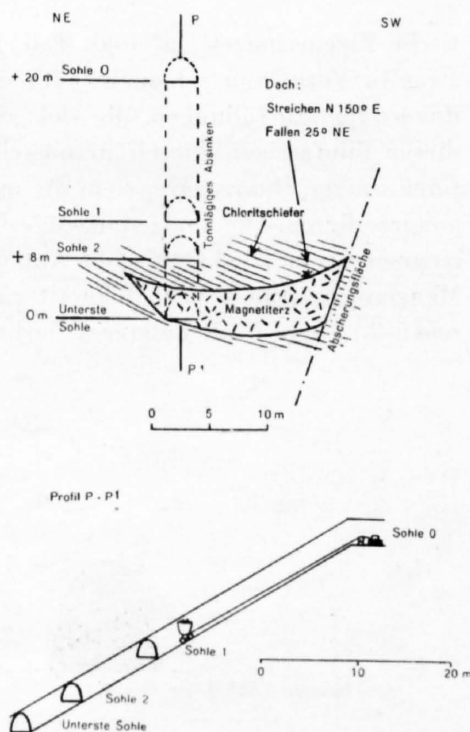


Fig. 5. Schnitt durch die Erzlinse I von Les Planches.



Fig. 6 a

untergeordnet, recht reines Magnetit Erz ausgebeutet.

Charakteristisch sind alternierende, bänderartig-lagige Ausbildungen von Magnetit-Pyrit von mm bis mehrere cm Mächtigkeit, doch kommt auch regellos pyritisch durchsetztes Magnetit Erz vor.

Kleine Skarnerzeinschlaltungen: Im südlichen Teil des Stollens der Galerie VI treten unbedeutende Magnetit-Pyrit-Erzeinlagerungen zusammen mit mehr oder weniger verquarzten Kalkmarmoren und Chloritschiefern auf, oder an anderer Stelle erscheinen Skarnbildungen («Silikatmagnetit»), die in genetischer Hinsicht vollkommen mit den zum Teil mineralienreicheren Skarnen von Chez Larze und Couloir Colaud übereinstimmen.

Das Erz der Linsen von Les Planches weist im allgemeinen sehr dichte und stark magnetische Eigenschaften auf (vgl. Tab. I, S. 80). Häufig ist im Erz Quarz vorhanden, und zwar in Form von schlauch- oder gängenförmig verlaufenden feinkristallinen, *chalzedonartigen* Ausfüllungen, die sich zwischen den Magnetitkörnern hindurchziehen. Ausser diesen feinfasrigen Kieselsäureausscheidungen wird das Erz noch reichlich durchsetzt von feinkörnigen Quarzaggregaten, die in ähnlicher Weise, wie der Chalzedon, die Magnetite ankorrodieren. Die chalzedonartige Quarzmasse kann auch ganz oder teilweise durch Kalzit ersetzt sein. Die kalzitischen Anteile haben aber stets ein wesentlich gröberes Korn. Die Mengenverhältnisse von Magnetit zu dem Quarz-Kalzit-Gangartgemenge schwanken zwischen 2 : 1 und 6 : 1. Letzteres Verhältnis ist das häufigere.

GALERIE I. STOLLENBRUSTBILDER

(30. X. 43.)

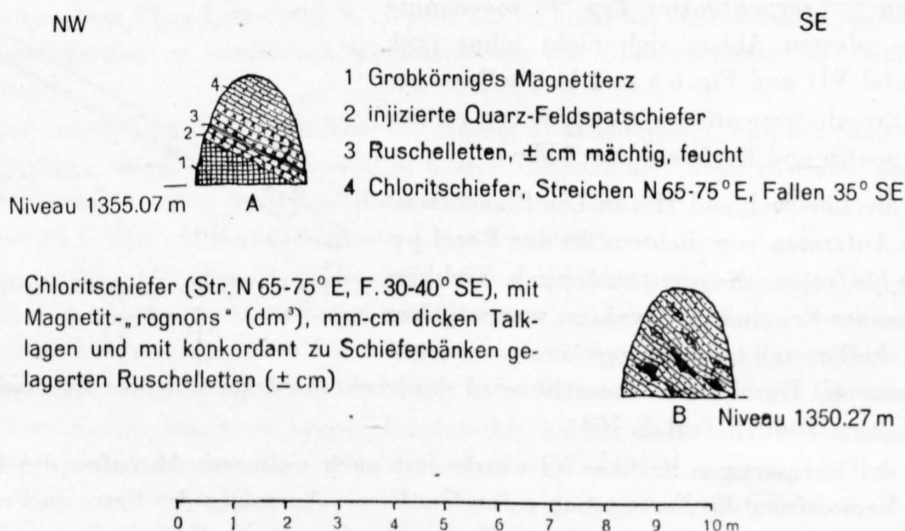


Fig. 6 b

In geringen Mengen treten zu Quarz und Kalzit feine grüne *Chloritschüppchen* und in etwas weiterer Verteilung runde *Apatitkörnchen* hinzu.

Grössere Quarze enthalten häufig wolkig verteilte und schwarmartig angeordnete feinste *Eisenglanzeinschlüsse* und sind braunrot bis blutrot durchscheinend. Diese Eisen-oxydfitterchen haben eine Durchschnittsgrösse von 2,5—5 μ .

Chalkographisch liegt hier dasselbe Magnetit-Erz vor, das wir schon bei Chez Larze angetroffen haben. Die Magnetitkörner zeigen den nämlichen zonaren Lamellenbau. Kleine *Kupferkies*-Imprägnationen sind dann und wann vorhanden. An der Autofahrstrasse Chemin—Les Planches wurden beim Bau eines Alpstalles Quarzgänge angetroffen, welche etwas Kupfererze führen. Unter dem Erzmikroskop erkennt man *Bornit*, der von *Fahlerz* und *Kupferindig* graphisch durchwachsen wird. Als sekundäre Bildung erscheint *Malachit*.

Mangels geeigneter Aufschlüsse vertrat E. Hugli die Ansicht, dass der Erz- und z. T. auch der Nebengesteinscharakter in Chez Larze und Les Planches verschieden seien. Die Stollenaufnahmen während des Bergbaubetriebes im zweiten Weltkrieg lieferten aber neues und interessantes Tatsachenmaterial. Durch die wiederholten Funde von grösseren und kleinern Kalkmarmor Massen und von Skarnerz in den Stollen von Les Planches dürfte hinreichend erwiesen sein, dass die Erz- und Gesteinsparagenesen in diesem Erzbezirk und in demjenigen von Chez Larze analog sind.

Chemische Beschaffenheit des Erzes

Von Schürfstellen und Gruben von Les Planches liegen folgende Analysen vor (vgl. auch S. 103):

	1.		2.
	%		%
SiO ₂	24,05		26,00
Al ₂ O ₃	1,80		0,50
Fe ₂ O ₃	31,55		42,53
FeO	13,50		20,73
Fe		32,6 %	45,85 %
TiO ₂	0,16		0,07
P ₂ O ₅	0,08		Sp.
MnO	0,23		0,03
V ₂ O ₅	< 0,001		
Cr ₂ O ₃	< 0,007		
CuO	< 0,001		
NiO	< 0,0005		
CaO	8,50		5,03
MgO	12,60		0,18
K ₂ O	0,31		0,35
Na ₂ O	0,37		0,37
H ₂ O + 110 °	3,92		0,54
H ₂ O — 110 °	0,62		0,04
CO ₂	1,74		3,02
S	0,01		0,06
	99,44(95)		99,45

1. Durchschnittsprobe aus der Erzlinse I (Les Planches) bei Meter 66 des Querschlages. Analytiker: F. Stachel, ing. chem., Mineralchemisches Labor. des Mineralog.-petr. Institutes der Universität Bern.
2. Schürfstelle Les Planches. Analytiker: Dr. M. Vogt (1928), Mineralchemisches Labor. des Mineralog.-petr. Institutes der Universität Bern.

Die nachfolgenden Analysen von G. Ch. Ladame berücksichtigen nur die Hauptkomponenten und beziehen sich auf 5—6 kg auserlesenen Probematerials von verschiedenen Schürfstellen bei Les Planches:

	%		%
Fe ₂ O ₃	81,25 (Fe = 56,8 %)	88,11 (Fe = 61,6 %)	
SiO ₂	18,39	11,19	
CaO		0,1	
MgO		0,05	
S	0,38	0,28	

	%		%
Fe ₂ O ₃	75,35 (Fe = 52,7 %)	60,54 (Fe = 42,3 %)	
SiO ₂	20,11	25,02	
S	1,57	8,51 (FeS ₂ = 31,8 %)	

Für je eine Erzprobe aus den Linsen I und II von Les Planches lauten die Werte wie folgt:

	LINSE I	LINSE II
	%	%
Fe	45,4	50,9
P ₂ O ₅	0,11 (= 0,05 % P)	0,06 (= 0,03 % P)
CaO	3,12	3,35
SiO ₂	14,90	11,20

Analytiker: F. Stachel, ing. chem., Mineralchem. Labor. des Mineralog.-petrograph. Institutes der Universität Bern.

Der Fe-Wert von 32,6 % der Durchschnittsprobe kommt dem tatsächlichen Eisengehalt einer Erzlinse von Les Planches am nächsten. Die übrigen Analysen mit ihren hohen Fe-Werten von 40—60 % entsprechen durchwegs mehr oder weniger magnetitreichen, ausgesetzten Einzelproben (vgl. S. 103 u. 104).

ee) VENCE

α) ALLGEMEINE SITUATION

Dieses Vorkommen befindet sich unterhalb des Triangulationspunktes 1274.4 (vgl. Figur 1), der südlich des Weges von Vence nach Chemin liegt. Man gelangt von letzterem aus zuerst zu einem obern Stollen (1183 m ü. M.) und dann 20 Meter tiefer zu einem untern Stollen.

Der untere Stollen: Dieser Stollen verläuft auf 26 m im Streichen der Schiefer. Das durchgeschlagene Gestein ist ein kristalliner Schiefer, der Quarz und Epidot enthält. Ausserdem ist das Gestein von Quarzäderchen durchsetzt, die Epidot und Asbestfasern führen. Nähert man sich dem Hangenden, so treten im z. T. verwitterten dunkleren Ge-

stein *Malachit*- und *Kobaltblüte* auf. Das Eisenerz selbst ist ersichtlich arm und das Gestein im allgemeinen stark verwittert; es sticht deshalb schon von weitem durch seine braune Rostfarbe ins Auge. Allmählich geht es in einen Biotitschiefer über.

Der obere Stollen (1183 m ü. M.): Dieser kurze Schürfstollen ist dem gleichen verwitterten, rostbraunen Gesteine nachgegangen, wie der untere Stollen. Das Profil am Stolleneingang ergibt wieder einen Übergang vom Biotitschiefer zu dem grünen, dichten *hämatit*-haltigen Quarz-Epidot-Gestein, das auch metallische Sulfide, wie *Chalkopyrit* und *Pyrit* enthält. Im Ausbisse liess sich auf 20 m Entfernung eine Erzzone im eigentlichen Sinne des Wortes auffinden.

2) PETROGRAPHISCH-MINERALOGISCHE BESCHREIBUNG

Schon Helbling (lit.cit. Seite 27) weist auf die Eigenartigkeit des Mineralbestandes dieser Lagerstätte hin, welcher von demjenigen der übrigen Vorkommen des Mont Chemin wesentlich abweicht. Von ihm werden besonders die Augit-Epidot-Hornblendeskarne mit ihrer Zinkblende-Magnetitführung hervorgehoben.

Das Nebengestein

Das herrschende Gestein in der Umgebung der Lagerstätte ist ein *Biotit-Orthoklasgneis*: Dieser erscheint als ein hell graugrünes, stark schiefriges Gestein, bisweilen ist es auch etwas dunkler gefärbt und dann lagenhaft, flaserig texturiert, wobei sich die Feldspäte, Quarze und die dunklen Biotite makroskopisch deutlich voneinander unterscheiden lassen. Zwischen der hellern und dunklern Gesteinsart bestehen Übergänge.

Unter dem Mikroskop kommt bei verschieden stark ausgesprochener Lagentextur eine Struktur zum Ausdruck, die bald als mehr körnig mesokristallin, bald als mehr lepidoblastisch bezeichnet werden mag.

Mechanische Einwirkungen machen sich besonders in der Anordnung und im Verlauf der Glimmerzüge geltend. Das Verhältnis der lichten Gemengteile zu den dunkeln wechselt von 1 : 1, bis etwa 5 : 2. Lichte Gemengteile sind undulöse Quarze, wechselnd gestaltete Komplexe eines feinschuppigen *Serizit*aggregates, das oft mit dem *Quarz* in unregelmässigen Konturen verzahnt ist und häufig durch parallele Anordnung der Schüppchen eine Entstehung aus zwillingsslamellierten Plagioklasen vermuten lässt. Die *Serizit*masse kann auch grössere Verbreitung annehmen und sich zu einer Grundmasse des Gesteins entwickeln, in welcher ausser den oben erwähnten Quarzen grössere *Orthoklas*individuen sitzen. Die *Orthoklase* sind kaum perthitisch durchwachsen, dagegen zeigen sie häufige Anzeichen beginnender *Albitisierung*, die fleckenweise um sich greift. Ausserdem findet man zwischen den *Orthoklasen*, den Quarzen und der *Serizit*masse völlig einschlussfreie *Schachbrettalbite*; in solchen Fällen treten auch noch kleine Quarzkörner mit hinzu, die keine mechanische Beanspruchung erkennen lassen.

Als dunkler Anteil ist fast ausschliesslich ein intensiv gefärbter *Biotit* vorhanden, der in der Regel teilweise chloritisiert ist. Dabei nimmt die Chloritisierung in den schiefrig entwickelten Gesteinstypen merklich überhand. Der *Biotit* zeigt einen äusserst kleinen Achsenwinkel und starke Absorptionsunterschiede ($n_\gamma = n_\beta =$ kastanienbraun mit Stich ins olivgrüne und $n_\alpha =$ licht strohgelb). Feinstkörnige *Titanit*-Ausscheidungen sind ständige Begleiter des Glimmers, besonders reichlich stellen sie sich in den mechanisch stark beanspruchten und stark chloritisierten Gesteinsvarietäten ein; in letzteren kommt dann häufig noch *Pyrrhotin* hinzu. Als charakteristischer Übergemengteil ist *Graphit* vorhanden,

der besonders zusammen mit dem Glimmer, dann aber auch mit dem *Epidot* auftritt, letzterer kommt in schlecht umgrenzten Körnern nicht selten vor und häuft sich gelegentlich, wirr aggregiert, in Zügen an. Ganz selten bemerkt man noch *Granat* in stark korrodierten und gerundeten Körnern, die offenbar Relikte grösserer Kristalle darstellen.

Die Orthoklasgneise stellen wohl metamorphe Sedimente dar, ihre hochkristalline Gneisnatur erscheint aber heute stark beeinflusst durch tektonische Umprägungen, in deren Gefolge sich wesentliche stoffliche Veränderungen geltend machen.

Skarne

In die Biotitgneise sind in einzelnen Lagen und Linsen grüne, dichte, hornfelsartige Gesteine eingeschaltet, die nicht selten vererzt sind, besonders fallen unter diesen dunkel rotbraun gefärbte, von Zinkblende durchsetzte Gesteinstypen auf.

In der Hauptsache sind die erzführenden Gesteine *Diopsidhornfelse*, die mit Übergängen zu nachträglich gebildeten *Amphiboliten* in enger Beziehung stehen. Gegenüber dem Couloir Collaud macht sich hier das Vorherrschen von Diopsid und das Zurücktreten von Epidot und Granat geltend.

Die Diopsidhornfelse: Diese Kontaktgesteine bestehen aus einer serizitischen Grundmasse, in welcher regellose *Diopside* und *Titanite* eingestreut sind. Zahllose Gängchen und Schnürchen, bestehend aus *Hornblende*, *Epidot* und *Kalzit*, durchziehen das Gestein. Der Serizit bildet feinschuppige Aggregate, welche Pseudomorphosen nach einem körnigen Mineral darstellen, das zusammen mit dem Diopsid, der in weit geringerer Menge auftritt, die Hauptmasse eines pflasterartig gefügten mesokristallinen Hornfelses bildet. Die ursprünglichen Korngrenzen lassen sich infolge der verschiedenen Orientierung der Serizitschüppchen noch sehr gut feststellen. Weitere Anhaltspunkte über die ursprüngliche Natur des Minerals sind aber nicht zu erhalten.

Die Diopside bilden bis 1 mm lange Kristalle. Nur selten sind sie aber ganz unzersetzt geblieben, meistens weisen sie eine mehr oder weniger weit fortgeschrittene *Uralitisierung* auf. Vermehrte Zoisitführung des Gesteins ist verbunden mit intensiverer Hornblendisierung. Führt der Skarn kein oder nur wenig Erz, so ist die neuentstandene Hornblende *tre-molitisch*; sind dagegen in beträchtlicher Menge Oxyde und Sulfide vorhanden, so handelt es sich um eine *tief blaugrün gefärbte* Hornblendevarietät, wie sie auch in den amphibolitischen Skarnen des Couloir Collaud auftritt (vgl. Seite 46). Die Hornblendisierung ist besonders gebunden an die Spaltrisse und an die Aussenzonen der Diopside; auf diese Weise kommt ihr sekundärer Charakter deutlich zum Ausdruck. Bei zunehmendem Amphibolgehalt gehen die mikroskopisch vorwiegend körnig aussehenden Hornfelse in fibroblastisch gefügte Gesteine über.

Neben der Umwandlung in Hornblende ist auch eine *Chloritisierung* der Diopside zu beobachten, die besonders auf den feinsten Spältchen um sich greift und so ein innig verwobenes Maschenwerk bildet.

Sind grössere Mengen von Quarz im Gestein vorhanden, so trifft man auch einen grösseren Gehalt von kleinen, fast idiomorph ausgebildeten Zoisitkörnchen, die z. T. auch in Spaltrisse des Diopsids vordringen. Unter den Zoisit-Epidot-Mineralien sind seltener *orthitische* Glieder vertreten. Grosse idiomorphe *Titanit*kristalle stellen weitere wesentliche Gemengteile dieser Gesteine dar, und wie in den Skarnen der übrigen Erzvorkommenisse des Mont Chemin bildet auch hier der *Apatit* einen charakteristischen Nebengemengteil des Gesteines.

Die erzführenden Amphibolite: Die erzführenden Amphibolite entwickeln sich durch Zunahme der Hornblende aus den vorerwähnten Diopsidhornfelsen. Sie bestehen, wenn typisch ausgebildet, hauptsächlich aus intensiv grün gefärbter strahlig-stengliger *Hornblende*, zwischen deren Kristalle vereinzelte *Apatite* und stellenweise auch *sulfidische* und *oxydische* Erze eingelagert sind.

Die Struktur des Gesteines wird bestimmt durch die dicht strahlig verfilzten Hornblendenädelchen. Das Mineral zeigt einen charakteristischen Pleochroismus mit $n_x =$ schmutzig-lichtgelb, $n_y =$ schmutzig grün, $n_z =$ tiefblau-grün, mit einem Stich ins Olive. Die Auslösungsschiefe beträgt zirka 13°. Die Färbung der Hornblenden ist oft fleckig oder auch zonenhaft verteilt.

Neben Hornblende und Erz (Oxyd und Sulfid) bildet der *Apatit* den einzigen Begleiter dieser Gemengteile. Die eisenoxydreichen Nester im Amphibolit sind ferner durch das Auftreten von stilpnomelanartigem *Glimmer* charakterisiert. In einem Aggregat divergentstrahliger schmutzig-brauner Glimmerblättchen sitzen skelettförmig ausgebildete *Magnetitoktaeder*.

Ständig sind Schüppchen von *Graphit* zu beobachten, die bald in die im allgemeinen schlecht parallel texturierte strahlig-spiessige Hornblendemasse, bald zwischen die Sulfide und Oxyde eingestreut sind. Die Graphitschüppchen sind häufig schon makroskopisch gut sichtbar.

Vereinzelte lassen sich lang entwickelte *Titanitkristalle* feststellen.

Eine Gesteinsprobe (Nr. 257), die diesem Amphibolit entspricht, hat folgende chemische Analyse ergeben:

	%		
SiO ₂	50,75	si	127
Fe ₂ O ₃	3,27	al	27
Al ₂ O ₃	18,25	fm	39
FeO	3,24	c	26
TiO ₂	2,60	alk	8
MnO	0,84	k	0,39
CaO	9,70	mg	0,62
MgO	6,50	ti	4,9
Na ₂ O	2,08	p	0,6
K ₂ O	1,97	h	15
P ₂ O ₅	0,61	co ₂	—
Glühverlust	1,81	c/fm	0,67
	101,62		

Analytiker: G. Ch. Ladame

Chalkographische Untersuchung: Im auffallenden Lichte zeigen die in den dichten Amphiboliten nesterartig eingestreuten sulfidischen und oxydischen Vererzungszentren einige charakteristische Einzelheiten.

Die sulfidischen Erze sind vorwiegend *Zinkblende*, vermischt mit geringen Mengen von *Pyrit*, *Bleiglanz* und *Kupferkies*.

Die Zinkblende bildet Imprägnationsnester und verdrängt die Amphibole, wofür das Vordringen auf Spaltrissen und völliges Einschliessen reliktscher Hornblenden im Zink-

sulfid charakteristisch sind. Oft werden einzelne sperrige Hornblendeleisten ganz von tiefbraun gefärbter Zinkblende umschlossen.

Die Zinkblende hat *mesokristallinen*, körnigen Charakter und zeigt mit Immersionssystemen tief dunkelrote Innenreflexe und nach Anätzung mit konzentrierter HNO_3 deutliche Pflasterstruktur mit schönem Zwillingslamellenbau der Einzelkörner.

Als mikroskopische Einschlüsse des Sphalerits erscheinen wechselvoll gestaltete *Pyrrhotinkörner*, die oft eine langelliptische, vereinzelt auch sogar stengelige, meist aber eine ovale bis kreisrunde Form aufweisen. Besonders die mit länglichen Umrissen entwickelten Individuen scheinen nach kristallographischen Bauplänen des Wirtsminerals angeordnet.

Es dürfte sich hier zweifellos um Entmischungen von FeS aus der eisenhaltigen Zinkblende handeln. In weit geringerer Menge treten auch Entmischungen von *Kupferkies* in der Blende auf. Mehrfach glänzen aus der Zinkblende kleine, zwickelförmig ausgebildete *Galenite* auf, die nicht immer, aber doch öfters von einem nadlig-prismatischen Erz begleitet werden, das weicher als Bleiglanz ist und mit diesem eine ähnliche Reflexfarbe, aber mit Stich ins Crèmegelbe aufweist. Ausserdem zeigt das Mineral starke Anisotropieeffekte. Der Spärlichkeit und Kleinheit der Individuen wegen ist eine genauere Bestimmung leider nicht möglich.

Die dicht beschaffenen Zinkblende-Anreicherungen enthalten ebenso wie der silikatische Anteil der Skarne mitunter reichlich *Graphitschüppchen* eingeschlossen (vgl. hierzu Tafel VII, Photo 3). Diese bleiben in der relativ weichen Zinkblendemasse selbst nach dem Schleifen und Polieren noch sehr gut erhalten; ihr ausgesprochener Reflexpleochroismus kommt ausserdem auch in den gefalteten und gebogenen Blättchen sehr schön zum Ausdruck. Die Korngrenze Graphit-Zinkblende ist häufig pyritisiert.

Kupferkies tritt aber nicht nur auf als Entmischungsprodukt in der Zinkblende, sondern auch in selbständigen Mineralisierungszentren zwischen den fasrig-stengeligen Hornblenden. Dabei erscheint dieses Erz von den Hornblendenädelchen oft ganz netzartig durchwoben.

Ausser diesen sulfidischen Erzen tritt auch noch *Magnetit* auf, meist mit Zinkblende zusammen, doch auch selbständig und dann häufig von Stilpnomelan begleitet.

Der Magnetit zeigt zwei verschiedene Ausbildungsformen:

1. Stengelig-nadelige Aggregate mit radial-fasriger-divergentstrahliger Struktur. Nach der ganzen texturellen Beschaffenheit dieser Magnetite zu schliessen, handelt es sich ohne Zweifel um *Pseudomorphosen von Magnetit nach Hämatit*, Hämatitreste konnten aber bis jetzt keine gefunden werden. Diese «Magnetitbüschel» werden oft von den strahligen Silikatmineralien innig durchwachsen.
2. Idiomorphe Magnetitoktaeder, die allerdings in der Regel stark korrodiert und skelettartig ausgebildet erscheinen. Oft sind nur mehr spärliche letzte Reste vorhanden, die den einzelnen Zonen der ursprünglich zonar gebauten Magnetite entsprechen. Eine Zwillingslamellierung dagegen liess sich an den Magnetiten nicht feststellen.

In diesen beiden, scharf von einander verschiedenen Ausbildungsformen dürfte es sich wohl um zwei genetisch ganz verschiedene Magnetite handeln.

Die unter 1 erwähnten Magnetitpseudomorphosen nach Hämatit entstanden aus zuerst gebildetem Ferrioxyd unter der Einwirkung der sulfidischen, reduzierend wirkenden jüngern Zinklösungen; das Zusammenauftreten der pseudomorphen Magnetitbündel mit reichlicher Zinkblende ist jedenfalls sehr bezeichnend.

Die für den Magnetit so charakteristische idiomorphe Ausbildungsform, wie sie unter 2 erwähnt worden ist, entspricht entweder einer direkten Eisenoxydbildung, wie wir sie sonst am Mont Chemin immer zu finden gewohnt sind, oder aber sie entwickelten sich, was freilich weniger wahrscheinlich ist, im Laufe hydrothormaler Umsetzungen, ohne aber direkte endmagmatische Beziehungen erkennen zu lassen, wie dies für die Asbest-, Epidot-, und Stilpnomelaneubildungen so charakteristisch ist. Das enge Zusammenauftreten von Magnetit und Stilpnomelan in diesen Gesteinen deutet aber doch auf eine analoge Entstehungsweise, d. h. auf eine Bildung durch perimagmatische Vorgänge hin.

Bezüglich der bergwirtschaftlichen Bedeutung der Lagerstätte von Vence lässt sich sagen, dass hier ein Abbau technisch aussichtslos sein würde. Die von den Bauern zu verschiedenen Zeiten vorgetriebenen Schürfstollen haben immer nur Spuren von Vererzungen aufgeschlossen. Wissenschaftlich dagegen bietet dieses Vorkommen, wie aus dem Gesagten hervorgeht, ein grosses Interesse.

ff) DIE HÄMATITISCHEN ERZE VON FORET DU GOILLET

Etwa in der Mitte zwischen Hôtel du Velan (Les Planches) und Chez Larze liegt in zirka 1415 m Höhe in einem erzführenden Zuge die alte Schürfstelle *Forêt du Goillet* (vgl. Fig. 1 und Tafel I). Neben den epidotisierten *Biotit-Serizitschiefern* treten in dieser Gegend vor allem rote *Granite* und *Granitporphyre* mit bis zu 3 cm langen Feldspäten auf.

Das Erz selber ist hier stark hämatitisch und quarzitisch ausgebildet und trägt mit seiner brekziösen oder gefalteten Ausbildung alle Merkmale intensiver mechanischer Beeinflussung. Die stark rot gefärbten dichten Roteisensteine sind gebändert. Die dunklen Bänder bestehen aus makroskopisch deutlich kristallinen Eisenglanzblättchen, die hellen Lagen sind rein quarzitisch, mikro- bis kryptokristallin ausgebildet. Unter dem Mikroskop lässt die dichte rote Masse typische Gelstruktur erkennen: In einer äusserst feinkristallinen Quarzgrundmasse sind vollkommen dichte, mit trübem Zinnoberrot durchscheinende Klumpen und klümpchenartig geformte Partien derart verteilt, dass sich die mehr pigmentfreien und quarzreicheren Anteile netzartig zwischen den gefärbten hindurchziehen und so die charakteristischen Trocknungsrisse eines Gels zum Ausdruck bringen. Durch die ganze Masse regellos verteilt, trifft man einzelne kristallographisch gut ausgebildete Eisenglanzblättchen, die sich an quarz- und serizitreichen Stresszügen und Scherlinien erst recht ansammeln, wobei die Blättchen sich parallel den Tektonisierungsbahnen einorientieren. In den dichten, trüben und rotgefärbten Gesteinspartien erscheinen bei chalkographischer Betrachtung mit Immersion $\frac{1}{7}$ a (Leitz) und noch besser mit $\frac{1}{10}$ a eine Unzahl kolloiddisperser feinsten Hämatitschüppchen, so dass die rot gefärbten Klumpen nichts anderes darstellen, als eine kryptokristalline Quarzgrundmasse, durchsetzt von kolloid dispersem Eisenglanz.

Die ganze Erscheinung erweckt den Eindruck, als ob hier Produkte der hydrolytischen Silikatverwitterung vorliegen würden, in welchen, vermutlich aus eisenreichen Silikaten der Skarnbildungen entstanden, kolloidale Kieselsäure und kolloidales Eisenhydroxyd, sich gegenseitig ausgefällt haben. Die hiezu nötigen Bedingungen dürfte die nahe permotriassische Landoberfläche mit ihren ariden Klimaverhältnissen geliefert haben. Damit steht in Einklang, dass in dieser Gegend, d. h. auf der Kulmination des Mont Chemin-Rückens, in der Nähe der vortriassischen Abwitterungsfläche sich die kristallinen Gesteine (Granite, Quarzporphyre) im allgemeinen durch eine auffallende Rotfärbung auszeichnen. Die tektonische Verfälschung und Verruschelung, welche diese Gesteine in viel jüngerer Zeit (al-

pine Faltung) erfasst hat, liess die alte Gelstruktur noch grossenteils bestehen, vielleicht ist aber durch sie die Hämatitbildung und das Kristallinwerden des Quarzes hauptsächlich in den gebänderten Ausbildungen gefördert worden. Dabei erscheint es bemerkenswert, dass nirgends Spuren einer Magnetitisierung des Hämatits festzustellen sind, die sonst für die alpinen Erzlagerstätten charakteristisch sind. Offenbar fehlten hier die notwendigen reduzierenden Lösungen karbonatischer oder sulfidischer Natur.

Auch die schiefrigen Nebengesteine des *Hämatitfels* von Göillet sind stark mit Eisenglanz durchsetzt. Das Eisenoxyd reichert sich hier insbesondere auf den Gleitebenen und Mylonitisierungszonen zusammen mit Serizit an. Auch der Orthoklas wird durchsetzt von einem bräunlichen bis rötlichen Pigment.

Die Gesteine von Goillet sind sehr intensiv umgearbeitet und erscheinen als Orthoklas-führende, flaserig-linsige Serizitschiefer; möglicherweise handelt es sich um Produkte granitischen Ursprungs, die mit ihren Rotfärbungen in der Gegend von Goillet und dem Tête des Econduits das herrschende Gestein darstellen.

II. KAPITEL

Die magnetische Vermessung

(Gassmann)

1. Ziel der Vermessung

Die bisherige Kenntnis der Magnetitlinsen auf dem Mont Chemin (Fig. 1) stützte sich auf die Aufschlüsse an den ehemaligen Abbaustellen, auf einige Schürfungen und auf frühere magnetische Messungen.

Die ersten magnetischen Messungen, inspiriert durch die in Schweden eben aufkommenen magnetischen Prospektionsmethoden, nahm Ing. Wohlers im Auftrag der Studiengesellschaft für die Nutzbarmachung der schweizerischen Erzlagerstätten vor [63, 64]. Fast gleichzeitig veranlasste C. Schmidt ähnliche Untersuchungen durch Grenouillet [57]. Es wurde mit dem Thalen-Tiberg-Magnetometer gearbeitet, und es gelang, damit die Kenntnisse über die Magnetitvorkommen von Chez Larze und Les Planches zu erweitern. Vor allem konnten in der Gegend von Les Planches drei Züge von Magnetitlinsen erkannt werden. G. Ch. Ladame [66] arbeitete mit dem gleichen Instrument, seine Untersuchungen auf die ganze Umgebung des Mont Chemin ausdehnend.

Da die Genauigkeit aller dieser Messungen erheblich geringer war als die Genauigkeit von Messungen mit einem modernen magnetischen Variometer, waren von einer variometrischen Aufnahme des Erzgebietes auf dem Mont Chemin Resultate zu erwarten, die wesentlich über das bisher Bekannte hinausgehen. Überdies sollte der Versuch gemacht werden, durch magnetische Messungen über die von früheren Gutachtern [Schardt, 53, Bornand, 55] aufgestellte Hypothese zu entscheiden, nach der die bisher bekannten Erzlinsen nur die spärlichen Ausläufer einer sich in grösserer Tiefe befindlichen mächtigen Erzmasse seien. Im Rebgebirge von Charrat sind ferner auf Grund früherer magnetischer Messungen [Ladame, 66] Eisenerzvorkommen vermutet worden. Auch diese Vermutung sollte mit dem Variometer nachgeprüft werden.

2. Überblick über die Prospektionsarbeiten mit dem magnetischen Variometer

- 1934 Gründung des Instituts für Geophysik an der Eidg. Technischen Hochschule.
- 1935 Das Institut erwirbt von Prof. J. Koenigsberger, Freiburg i. Br. das von ihm konstruierte magnetische Universalvariometer, und der Verfasser wird von Prof. Koenigsberger in sehr entgegenkommender Weise mit dem Instrument und den magnetischen Messungen überhaupt vertraut gemacht.
- 1936 Auf Anregung von Dr. h. c. Fehlmann, Bern, betraut die Eidg. Zentralstelle für Arbeitsbeschaffung den Verfasser mit einer vorläufigen magnetischen Messung auf dem Mont Chemin mit dem Ziel, die Erfolgsaussichten einer eingehenderen Vermessung des Erzgebietes abzuklären. Der Verfasser führt die Messungen im Sommer an

117 Stationen, in der Hauptsache verteilt auf die Örtlichkeiten H_9 , P_3 , R_3 und S_7 durch. Im Berichte vom 25. September 1936 über die Messungen werden die Aussichten für eine eingehendere Vermessung günstig beurteilt und es wird ein Messprogramm dafür vorgeschlagen.

- 1937 Die Eidg. Zentralstelle für Arbeitsbeschaffung überträgt dem Institut für Geophysik die Durchführung der vorgeschlagenen Vermessung, wobei zwei Drittel der Kosten von der Zentralstelle, ein Drittel von der damaligen Konzessionärin übernommen werden. Die Feldarbeit (zirka 4000 Stationen), die Reduktion und Zusammenstellung der Messresultate wird nach den vom Verfasser gegebenen ausführlichen Instruktionen von H. Neuweiler, dipl. Ing., Zürich, vom Mai bis Dezember ausgeführt. A. Ribordy, Geometer, St. Maurice, besorgt die Vermessung und Absteckung des Stationsnetzes. Für eine Begehung des Gebietes, insbesondere der Umgebung von Charrat, stellt sich A. Gmelin, dipl. Ing., St. Maurice, der selbst mit einem magnetischen Handinstrument eine Reihe von Stellen mit magnetischer Indikation gefunden hatte, zur Verfügung. Die ausgeführte Vermessung beschlägt das ganze Eisenerzgebiet des Mont Chemin mit Ausnahme des Couloir Collaud, das infolge ausserordentlicher Geländeschwierigkeiten zunächst weggelassen wird.
- 1938 Bei der Bearbeitung der Resultate des Vorjahres zeigt sich die Notwendigkeit, ergänzende Untersuchungen über die magnetischen Eigenschaften der vorkommenden Gesteine und Erze und über die Geologie des Gebietes zu machen. Sie werden vom Verfasser gemeinsam mit Prof. H. Huttenlocher, Bern, durchgeführt, wobei F. Gilliéron, stud. phil., Thun, als Assistent mitwirkt.
- 1939 Nach den Positionsangaben des Verfassers über die magnetisch ermittelten Erzlin sen wird ein auf die Örtlichkeit R_1 gerichteter, horizontaler Querschlag-Stollen vorgetrieben, mit dem die grösste, auf dem Mont Chemin bekannte Erzlinse angefahren wird.
- 1940 Es werden magnetische Messungen in den angelegten Stollen ausgeführt, um zu versuchen, daraus Auskünfte über weitere Erzvorkommen zu erhalten. Die Feldarbeit wird wiederum von Herrn Neuweiler durchgeführt, wobei durch das Entgegenkommen von Prof. Baeschlin neben dem Variometer eine Apparatur des Geodätischen Instituts der ETH für geodätische Messungen unter Tag verwendet wird. Bei der Auswertung der Messungen wird der Verfasser assistiert durch H. Beeli, Studierender der Physik an der ETH, und W. Buchheimer, dipl. Physiker, Aarau. Die Messungen ergeben, dass in der Umgebung der vermessenen Stollen keine noch nicht bekannten Erzvorkommen liegen.
- 1942 Die Gesellschaft Mines du Mont Chemin S. A. gibt dem Institut für Geophysik ergänzende magnetische Messungen in Stollen sowie die magnetische Vermessung des Couloir Collaud in Auftrag. Die Feldmessungen werden von Bruno Mauderli, Studierender der Chemie an der ETH, ausgeführt. Sie umfassen die Messung des gesamten magnetischen Störungsvektors an 75 Stationen in 4 Stollen sowie der Anomalien der Vertikal- und Horizontalintensität an 650 Stationen des Couloirs. Die Auswertung der Resultate wird von Ernst Niggli, Assistent am Institut für Geophysik, durchgeführt. Wiederum ergeben die Messungen in den Stollen keine Resultate, die für die Beurteilung der Lagerstätte ins Gewicht fallen.

1943/44 Die Studiengesellschaft für die Nutzbarmachung schweizerischer Erzlagerstätten ermöglicht dem Institut für Geophysik durch namhafte Subventionen eine eingehendere Untersuchung der magnetischen Eigenschaften von Erzen. Diese Untersuchung wird unter Beiziehung der vom Verfasser gegebenen theoretischen Grundlagen von Ernst Niggli durchgeführt. Sie erstreckt sich auf eine Reihe von schweizerischen Erzlagerstätten, worunter sich auch die Lagerstätte Mont Chemin befindet. Ihre Ergebnisse werden andernorts publiziert werden.

3. Die erdmagnetischen Elemente

Die Erdkugel ist ein gewaltiger Magnet. An jedem Punkt der Erdoberfläche besteht daher ein Magnetfeld, d. h. eine Magnetnadel, die man z. B. an einem Faden mit Gabel frei drehbar aufhängt (siehe Fig. 7), wird mit mehr oder weniger grosser Intensität in eine bestimmte Richtung gezogen. Man denkt sich am Nordende der Nadel eine Kraft von bestimmter Richtung und Grösse angreifend, die man den erdmagnetischen Vektor nennt. Am Südende greift eine gleich grosse Kraft in entgegengesetzter Richtung an. Die beiden Kräfte bilden ein Kräftepaar, das die Einstellung der Magnetnadel bewirkt. Die Vertikalkomponente des erdmagnetischen Vektors heisst *Vertikalintensität*, die Horizontalkomponente *Horizontalintensität*, der Winkel der Horizontalkomponente mit der Nordrichtung die magnetische *Deklination* oder *Missweisung*. Zusammen nennt man diese drei, den erdmagnetischen Vektor bestimmenden Grössen die erdmagnetischen Elemente. Als weiteres Element sei der Neigungswinkel der frei aufgehängten Magnetnadel und damit des erdmagnetischen Vektors zur Horizontalebene erwähnt. Er wird *Inklination* genannt.

Die magnetischen Intensitäten werden in Gauss (Γ) oder γ gemessen. $1 \Gamma = 10^5 \gamma$. 1 Gauss ist die Intensität des Magnetfeldes im Innern einer vom Strom $\frac{1}{4\pi}$ Ampère durchflossenen, langen zylindrischen Spule mit 10 Windungen pro cm Spulenlänge [51].

4. Das magnetische Universalvariometer

Das Instrument, das für die magnetische Vermessung verwendet wurde, ist das magnetische Universalvariometer des Instituts für Geophysik der ETH, konstruiert von J. Koenigsberger, Freiburg i. Br.. Es unterscheidet sich in zweierlei Hinsicht von den gebräuchlichen Variometern. Erstens ist der Instrumentenmagnet nicht auf Schneiden gelagert, sondern auf einem beidseitig eingespannten Draht aufgeklemmt, der bei den Bewegungen des Magneten auf Torsion beansprucht wird. Dadurch ist jede Lagerreibung vermieden. Zweitens ist das Instrumentengehäuse auf dem Stativ so umlegbar, dass die Variationen aller Elemente des erdmagnetischen Vektors, nämlich der Vertikalintensität, der Horizontalintensität und der Deklination, gemessen werden können. (Daher der Name Universalvariometer.) Das Instrument hat sich im Felde ausgezeichnet bewährt. Eine nähere Beschreibung erübrigt sich, da sie vom Erfinder selbst andernorts gegeben worden ist [39].

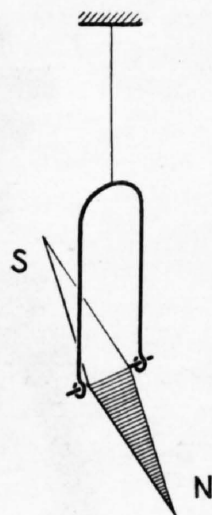


Fig. 7. Die frei drehbar aufgehängte Magnetnadel im magnetischen Erdfeld.

Die einzige Neuerung, die von Kern & Co., Aarau, nach den Angaben des Verfassers nachträglich angebracht worden ist, ist ein Schlitten mit Maßstab zur Aufnahme von Hilfsmagneten. Diese dienen einerseits zur Eichung des Variometers, anderseits zur Vergrößerung des Messbereiches, indem bei starken magnetischen Störungen ein genau messbarer Teil der Störung durch den Hilfsmagneten kompensiert wird. In Fig. 8 ist der Schlitten 1 mit Maßstab 2 und aufgelegtem Magneten 3 zu sehen.

Wie dies bei magnetischen Aufschlussarbeiten üblich ist, beschränkten sich die Messungen über Tage auf dem Mont Chemin in der Hauptsache auf die Bestimmung der Variationen der Vertikal- und der Horizontalintensität. Die Messung der Variationen der De-

klination beansprucht nämlich unverhältnismässig viel mehr Zeit und es ist bei Aufschlussmessungen vorteilhafter, Deklinationsmessungen wegzulassen und die gewonnene Zeit zur Vermehrung der Stationspunkte zu verwenden. Bei den Messungen in den Stollen hingegen wurde der ganze magnetische Störungsvektor bestimmt, also auch die Deklination gemessen. Für die Lokalisation von Erzkörpern ist dies notwendig, weil auf Grund der Messungen in den Stollen, in denen die Stationen notwendigerweise auf einzelnen isolierten Linien angeordnet sind, keine zweidimensionalen magnetischen Karten gezeichnet werden können.

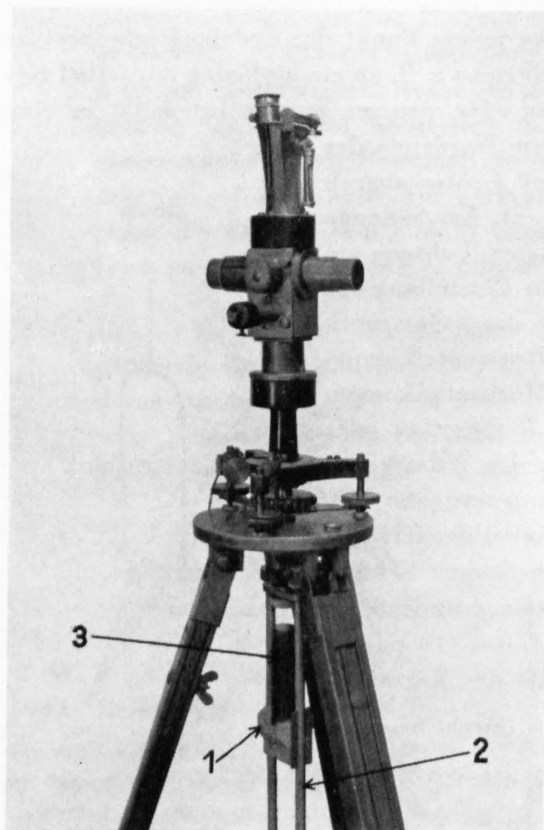


Fig. 8. Das magnetische Universalvariometer Koenigsberger, mit Eichvorrichtung.

5. Reduktion der mit dem Variometer gemessenen Werte

Denkt man sich die Magnetitlinsen und andere Einlagerungen, die das erdmagnetische Feld lokal stören, beseitigt, so bleibt das sogenannte normale Erdfeld übrig, das einen mehr oder weniger regelmässigen Verlauf zeigt. Über diesen Verlauf in der Schweiz orientieren die magne-

tischen Karten von Brückmann [40]. Für das Untersuchungsgebiet kann man daraus, berechnet für Mitte 1937, folgende Werte entnehmen:

- Vertikalintensität: 40060 γ , jährliche Zunahme zirka 25 γ .
- Horizontalintensität: 20970 γ , jährliche Abnahme zirka 20 γ .
- Deklination: 6°55' nach Westen, jährliche Abnahme 10½'.
- Inklination: 62°22' nach unten, jährliche Zunahme 2'.
- Örtliche Zunahme der Vertikalintensität: zirka 10 $\frac{\gamma}{\text{km}}$ nach E.
- » » » Horizontalintensität: zirka 10 $\frac{\gamma}{\text{km}}$ nach S.

Aus den beiden letzten Zahlen ist zu ersehen, dass man im Hinblick auf die weiter unten angegebene Messgenauigkeit das normale Erdfeld innerhalb des Untersuchungsgebietes als homogen ansehen kann, d. h. für einen beliebigen Zeitpunkt kann man das normale Feld überall im Untersuchungsgebiet als von gleicher Intensität und Richtung voraussetzen.

Subtrahiert man von der Vertikalintensität, die man zu irgendeinem Zeitpunkt an einer Station wirklich feststellt, die Vertikalintensität des normalen Erdfeldes für den gleichen Zeitpunkt, so erhält man die *Anomalie der Vertikalintensität*. Entsprechend ist die Anomalie der Horizontalintensität definiert. Die Anomalien sind die Störungen, die dem normalen Erdfeld infolge der Erzvorkommen im Untergrund überlagert sind. Die Anomalien bilden daher die Grundlage für die magnetische Prospektion der Erzlager.

Bei der Ermittlung der Anomalien ist im allgemeinen zu berücksichtigen, dass die Stationen auf verschiedenen Meereshöhen liegen und dass in gebirgigem Gelände topographische Effekte auftreten [34]. Die Intensität des normalen Feldes nimmt pro km Höhendifferenz um $\frac{1}{2} \text{ }^0\text{/}_{00}$ ab. Angesichts der relativ kleinen Ausdehnung jeder einer Erzlinse entsprechenden Anomalie sind auf dem Mont Chemin die Höhendifferenzen und die Topographie ohne merklichen Einfluss und brauchen daher nicht berücksichtigt zu werden.

Es ist hingegen bei der Bestimmung der Anomalien aus den Messungen der Tatsache Rechnung zu tragen, dass das magnetische Erdfeld zeitlich variiert. Die weiter oben angegebenen Werte für die jährliche Zunahme resp. Abnahme der erdmagnetischen Elemente zeigen dies. Ausser diesen im Laufe der Jahre allmählich erfolgenden Änderungen des Erdfeldes, die man Säkularvariationen nennt, zeigt das Erdfeld einen sogenannten täglichen Gang, d. h. jedes erdmagnetische Element schwankt im Rythmus des Wechsels zwischen Tag und Nacht um einen Mittelwert. Diese Schwankungen zeigen von Tag zu Tag mehr oder weniger grosse Unterschiede und sind namentlich von den Jahreszeiten abhängig; ihr Charakter ist ähnlich dem der Schwankungen der Lufttemperatur im Verlaufe der Tage und Jahreszeiten. Eine weitere Art von Variationen sind die eigentlichen magnetischen Störungen, die man unter dem Namen erdmagnetische Aktivität zusammenfasst. Sie hängt eng zusammen mit der Sonnenflecktätigkeit. Die Störungen sind so unregelmässig, dass ihre Berücksichtigung bei den magnetischen Messungen unmöglich wird, wenn sie ein gewisses Mindestmass überschreiten. Messungen an magnetisch stark gestörten Tagen sind daher unbrauchbar und müssen an magnetisch ruhigeren Tagen wiederholt werden.

Die erdmagnetischen Variationen werden an magnetischen Warten ständig registriert. Die Meteorologische Zentralanstalt hat die Registrierungen der Warte Regensburg bereitwilligst zur Verfügung gestellt. Anhand dieser Registrierungen konnten die Tage mit starken magnetischen Störungen bestimmt und daraufhin die betreffenden Messungen wiederholt werden. Die magnetische Warte Regensburg war für einige Wochen wegen einer Umstellung des Instrumentariums ausser Betrieb. In dieser Zeit hat Prof. Burmeister die Registrierungen der magnetischen Warte Maisach bei München zur Verfügung gestellt. Der Meteorologischen Zentralanstalt sowie Prof. Burmeister sei hier für die Hilfe angelegentlich gedankt.

Mit einem magnetischen Variometer können keine absoluten Werte der erdmagnetischen Elemente gemessen werden, sondern nur *Differenzen* zwischen den Intensitäten an verschiedenen Stationen. Zur Ermittlung der Anomalien auf dem Mont Chemin wurden demnach die Differenzen der Intensitäten an den dortigen Stationen zu den Intensitäten an irgendeiner «normalen» Station, d. h. einer Station ohne magnetische Störungen, festgestellt. Eine normale Station ist als solche allerdings nicht direkt zu erkennen, auch wenn

man darauf achtet, dass sie nicht in der Nähe einer bekannten Wasserleitung oder einer andern bekannten natürlichen oder künstlichen Störungsquelle des Magnetfeldes liegt. Es ist stets mit der Möglichkeit zu rechnen, dass eine unbekannte Störungsquelle das Feld an einer vermeintlich normalen Station stört. Das normale Feld wurde daher nicht bloss durch eine einzige Station, sondern durch ein ganzes Netz von Stationen in der weitem Umgebung des Mont Chemin festgestellt (Fig. 1).

Zur Kontrolle des Variometers im Untersuchungsgebiet selbst wurden einige sogenannte Basisstationen benützt, d. h. die tägliche Vermessungsarbeit wurde mit einer Messung auf einer der Basisstationen begonnen und beendet und auch im Laufe des Tages wurden zwei bis vier Messungen auf der gleichen Basisstation eingeschaltet. Die Basismessungen lieferten gleichzeitig unabhängig von den Registrierungen der magnetischen Werte Regensberg mit genügender Genauigkeit die täglichen Variationen der erdmagnetischen Elemente und konnten daher als Grundlage für die Elimination des täglichen Ganges aus den Messresultaten benützt werden.

Aus Gründen der Zeitersparnis wurde nicht für das ganze Untersuchungsgebiet die gleiche Basisstation benützt. Die verschiedenen Basisstationen wurden aber aneinander angeschlossen. Der Anschluss einer Station an eine zweite erfolgte dadurch, dass während eines ganzen Tages abwechselungsweise an den beiden Stationen die Intensitäten gemessen wurden.

Die Messgenauigkeit des Variometers wurde bestimmt, indem an einer Kontrollstation an verschiedenen Tagen mit verschiedenen Witterungsverhältnissen zu verschiedenen Tageszeiten, im ganzen elfmal, die Anomalien bestimmt wurden. Für den mittleren Fehler einer einzelnen Beobachtung wurden dabei 12γ für die Vertikalintensität und 49γ für die Horizontalintensität gefunden. Unter Berücksichtigung der Grösse der gemessenen Anomalien und der Tatsache, dass für die Auswertung in erster Linie die Vertikalintensität benützt wurde, genügten diese Genauigkeiten vollauf. 1940 konnte anlässlich einer Revision des Instrumentes die Messgenauigkeit der Horizontalintensität auf die gleiche Grösse wie die der Vertikalintensität gebracht werden.

6. Stationsnetz und Messresultate

Einen Überblick über das ganze Untersuchungsgebiet und über die Verteilung der Stationen geben Fig. 1 und Tafel I. Die magnetischen Anomalien der Vertikal- und der Horizontalintensität in Einheiten von $10 \gamma = 10^{-4}$ Gauss für die einzelnen Stationen des eigentlichen Untersuchungsgebietes auf dem Mont Chemin sind enthalten in den Tafeln II und III. Insgesamt sind die Anomalien an zirka 4000 Stationen bestimmt worden. Zur Erleichterung der Orientierung sind in allen Karten einheitlich die gleichen geodätischen Koordinaten verwendet. In das Stationsnetz im Untersuchungsgebiet auf dem Mont Chemin (Gebiet der Tafeln I bis III) ist überdies ein Polygonzug gelegt. Die genauen Koordinaten und Meereshöhen der numerierten Eckpunkte dieses Polygonzuges sind bei Herrn A. Ribordy, Geometer, St. Maurice, deponiert.

Wie aus den Tafeln II und III zu entnehmen ist, wurde in das Untersuchungsgebiet ein Grundnetz mit rechteckigen Maschen gelegt mit Stationsabständen von 30 m in streichender Richtung (SW—NE) und 15 m senkrecht dazu. Auf diese Weise konnte kein für die Lagerstätte bedeutungsvoller magnetischer Effekt der Feststellung entgehen. Die Messungen an den Stationen des Grundnetzes liessen alle die Fälle mit magnetischer Indikation erkennen, die durch Verdichtung des Netzes noch genauer auszumessen waren. Zur

bequemen Bezeichnung der Örtlichkeiten, unter denen Linsen vermutet wurden, dienen die grossen Buchstaben mit den Zahlenindizes. Mit dem gleichen Buchstaben wurden Linsen zu Gruppen, die sich in streichender Richtung erstrecken, zusammengefasst. Die Örtlichkeiten, unter denen Linsen vermutet werden, fallen in der Regel ungefähr zusammen mit Stellen maximaler Vertikalintensität.

7. Die magnetischen Isanomalien

Um über die Verteilung der Werte der Anomalien der Vertikalintensität und der Horizontalintensität einen Überblick zu gewinnen, werden Kurven gleicher Werte dieser Anomalien gezogen. Diese Kurven heissen Isanomalien der Vertikalintensität und der Horizontalintensität. Es ist üblich, die Isanomalien für äquidistante Werte zu nehmen. Dieses Verfahren hat jedoch erhebliche Nachteile, wenn auf der Karte grosse Effekte vorkommen, wie dies für unseren Fall zutrifft. Nimmt man die Äquidistanz klein, so lassen sich die Maxima nicht mehr gut darstellen, da die Kurven zu dicht liegen; nimmt man sie gross, so gehen die Feinheiten in grösserer Entfernung vom Maximum und kleinere Effekte überhaupt verloren. Man hilft sich in solchen Fällen durch mehr oder weniger willkürlich gewählte Zwischenkurven. Diese unsystematische Methode wurde im vorliegenden Falle verlassen. Um nach einheitlichem Gesichtspunkt eine Kurvenkarte für das ganze Untersuchungsgebiet entwerfen zu können, die sowohl die grossen, wie die kleinen Störungen gut zur Darstellung bringt, wurden die Kurven gezeichnet für Werte, die eine *geometrische Progression* bilden, nämlich für $\pm 5, \pm 10, \pm 20, \pm 40$ usw. Einheiten (1 Einheit = 10γ) für die Vertikalintensität und, der geringeren Genauigkeit Rechnung tragend, die gleichen Werte ohne ± 5 Einheiten für die Horizontalintensität. Die Fig. 9 bis 11 zeigen deutlich den Unterschied zwischen der bisherigen Darstellungsmethode mit äquidistanten Werten und der im vorliegenden Fall angewandten Methode mit Werten in einer geometrischen Progression. Es kommt allerdings auch bei der neuen Methode vor, dass Kurven nahe zusammen kommen. Es sind aber im Gegensatz zur alten Methode vor allem die Kurven, die zu kleinen Absolutwerten gehören, so dass die Übersichtlichkeit der Darstellung darunter nicht leidet. Überdies kann man je nach der Art und dem Zweck der kartographischen Darstellung den Quotienten der geometrischen Progression kleiner oder grösser wählen. Man ist nicht an den hier verwendeten Quotienten 2 gebunden. Als weitere Neuerung wurde überdies die Kurve für den Wert Null weggelassen. An Stellen mit starken Störungen ist sie ohne weiteres entbehrlich. In magnetisch wenig gestörten Gebieten ist ihr Verlauf kompliziert und unbestimmt, denn eine noch in den Fehlergrenzen liegende Änderung in der Annahme des normalen Feldes des Untersuchungsgebietes kann eine völlige Umgestaltung der Nullkurve bewirken. Die Nullkurve ist daher für die Darstellung von magnetischen Störungen wenig charakteristisch. Sie ist nicht nur entbehrlich, sondern störend. Lässt man sie nämlich weg, so treten die positiven und negativen Anomalien in der Karte erheblich deutlicher in Erscheinung.

8. Die magnetischen Eigenschaften des Erzes und der andern Gesteine

Dringt ein Magnetfeld F durch Materie, so wird diese magnetisiert, d. h. die einzelnen Materieteilchen werden zu kleinen Magneten. Die Stärke der Magnete, auf die Volumeneinheit gerechnet, d. h. das magnetische Moment der Volumeneinheit, heisst Magne-

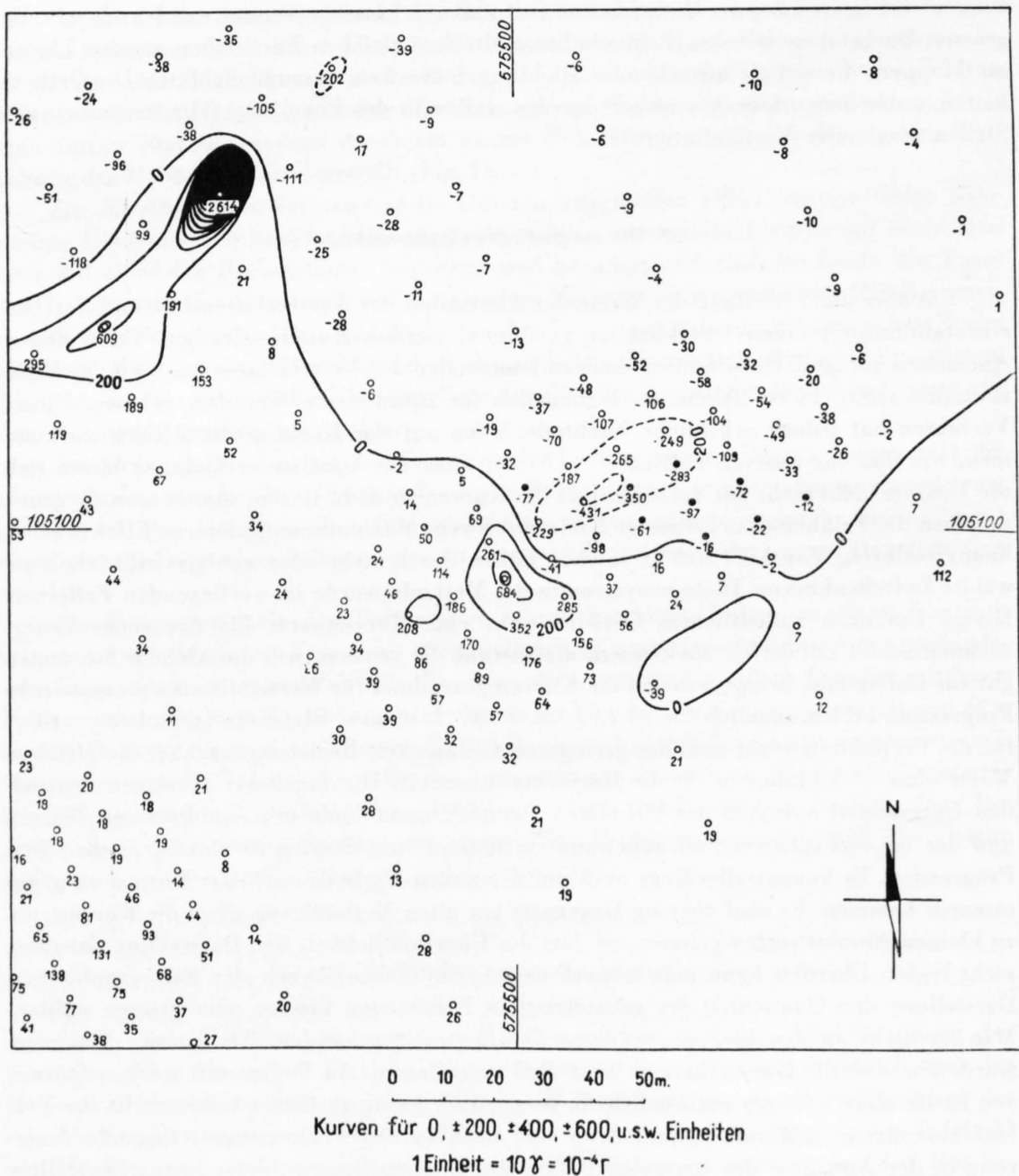


Fig. 9. Ausschnitt 1:2000 aus der magnetischen Karte der Vertikalintensität, Umgebung von S₇. Aequidistanz der Kurven 200 Einheiten = 2000 γ .

tisierung M. Bei den für geomagnetische Messungen in Betracht kommenden, relativ kleinen Feldstärken F ist die Magnetisierung zur Feldstärke an der betreffenden Stelle proportional, d. h. $M = z \cdot F$. Der Proportionalitätsfaktor z ist eine Materialkonstante. Sie heisst magnetische Suszeptibilität. Sie ist ein Mass für die Magnetisierbarkeit des Materials.

Wird ein Körper beliebiger Form in ein homogenes Magnetfeld F_0 , z. B. ins erdmagnetische Feld gebracht, so ist zu berücksichtigen, dass die Feldstärke F im Innern des

Körpers, die für die Magnetisierung massgebend ist, nicht mit F_0 übereinstimmt. Selbst wenn man annimmt, die Magnetisierung des Körpers sei ebenfalls homogen und habe die Richtung von F_0 (in der Regel trifft diese Annahme höchstens angenähert zu), so kommt zu F_0 im Innern des Körpers ein zusätzliches Feld, das von den Elementarmagnetchen der magnetisierten Materie herrührt und rückläufig ist, d. h. die magnetisierende Wirkung von F_0 abschwächt. Das rückläufige Feld ist proportional zur Magnetisierung. Der Proportionalitätsfaktor N wird Entmagnetisierungsfaktor genannt. Er ist von der Körperform abhängig. Für die Kugel ist $N = \frac{4\pi}{3}$, für einen in Richtung des Feldes F_0 langgestreckten

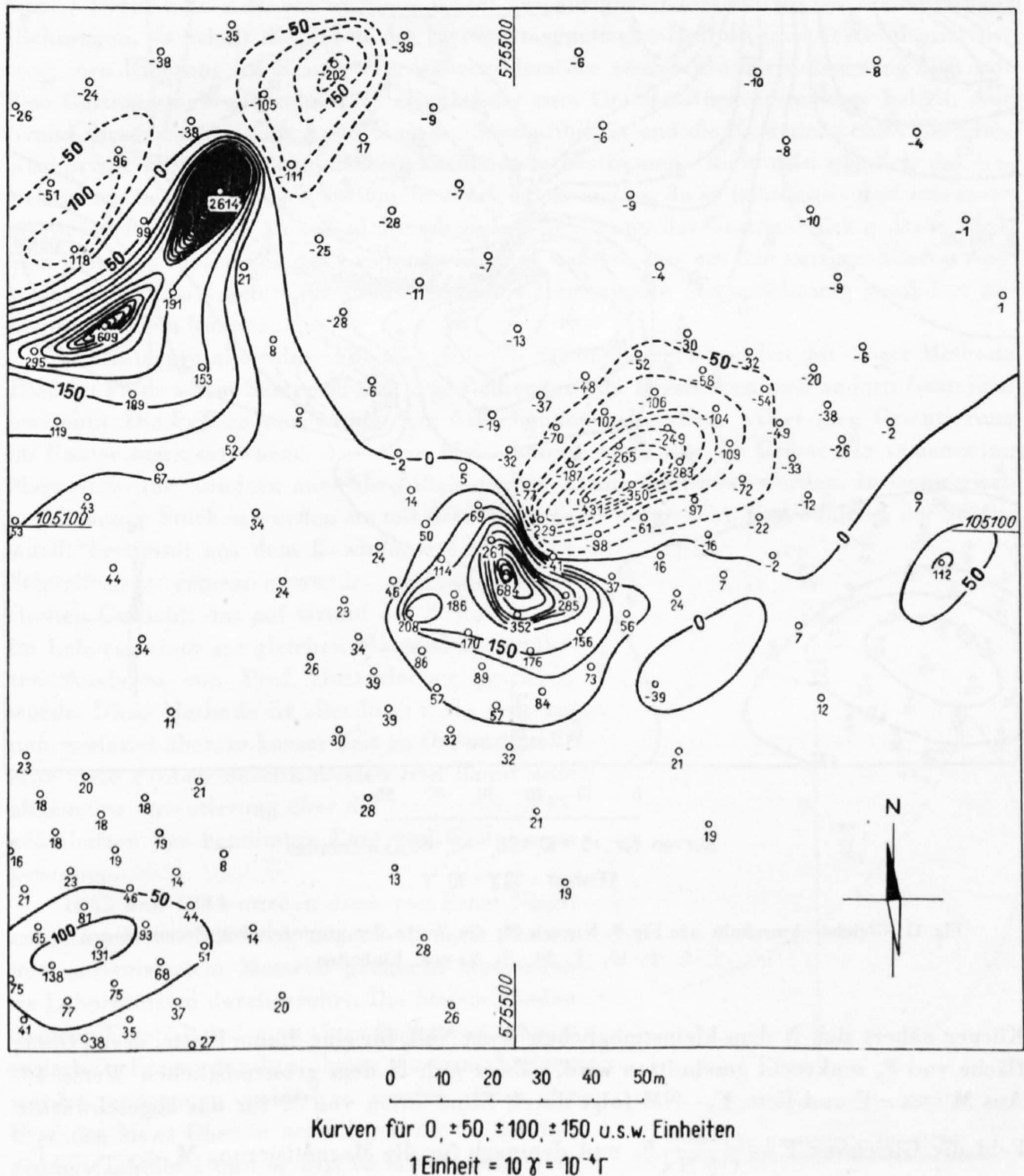
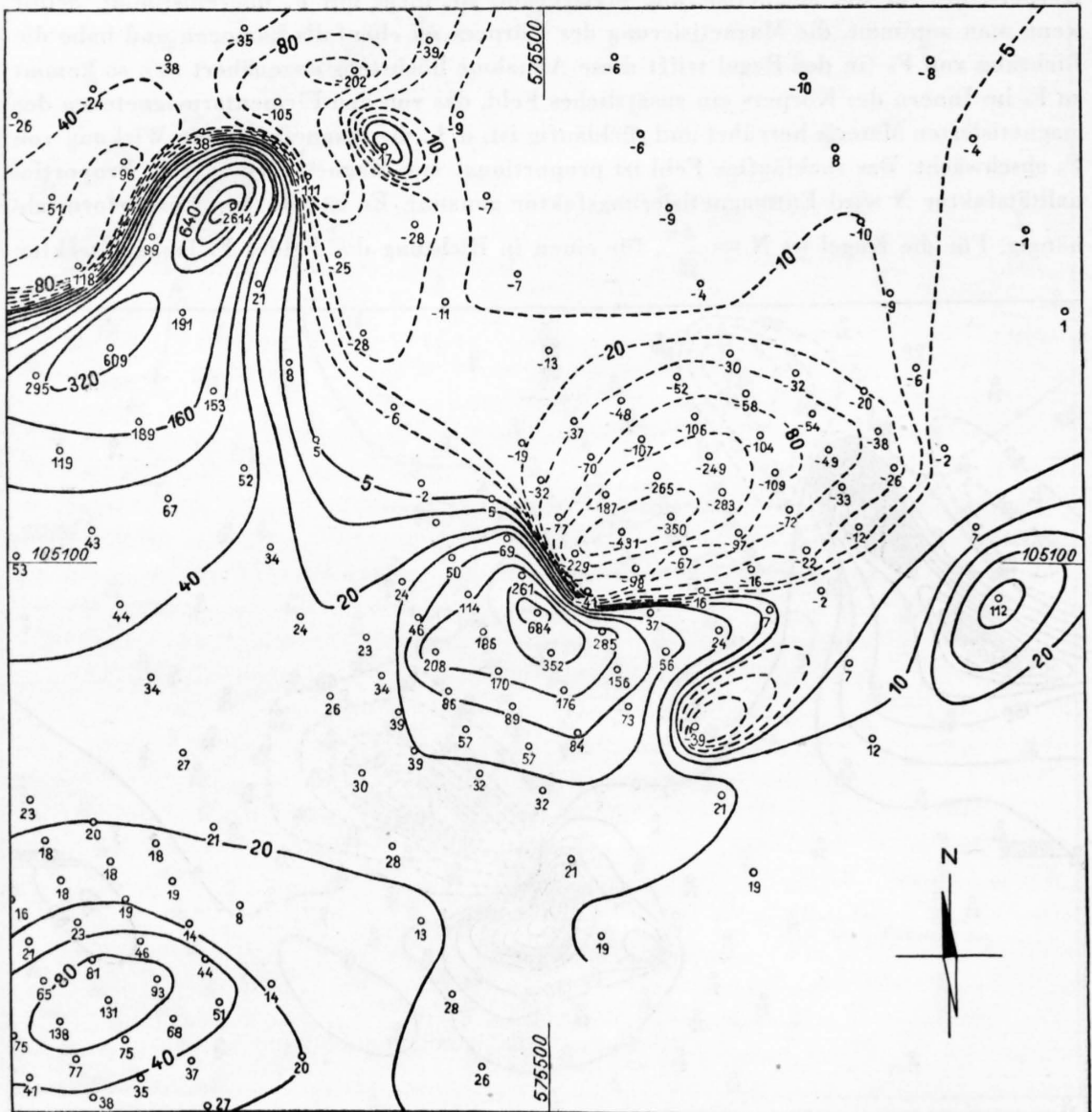


Fig. 10. Gleicher Ausschnitt wie Fig. 9, Aequidistanz 50 Einheiten = 500 γ .



Kurven für $\pm 5, \pm 10, \pm 20, \pm 40, \pm 80$, u.s.w. Einheiten
 1 Einheit = $10 \gamma = 10^{-4} r$

Fig. 11. Gleicher Ausschnitt wie Fig. 9, Kurven für die Werte der geometrischen Progressionen $\pm 5, \pm 10, \pm 20, \pm 40$ usw. Einheiten.

Körper nähert sich N dem kleinstmöglichen Wert Null, für eine dünne Platte, deren Oberfläche von F_0 senkrecht geschnitten wird, nähert sich N dem grösstmöglichen Werte 4π . Aus $M = z \cdot F$ und $F = F_0 - NM$ folgt durch Elimination von M für das abgeschwächte Feld die Gleichung $F = \frac{1}{1 + Nz} F_0$ und demnach für die Magnetisierung $M = \frac{z}{1 + Nz} F_0$.

Die magnetischen Eigenschaften von Erzen und andern Gesteinen werden praktisch ausschliesslich durch die in ihnen enthaltenen ferromagnetischen Mineralien, in erster Li-

nie durch den Magnetit, bestimmt. Die ferromagnetischen Stoffe haben u. a. die Eigenschaft, eine in ihnen induzierte Magnetisierung wenigstens teilweise beizubehalten, auch wenn das magnetisierende Feld weggenommen wird. Man nennt diese übrigbleibende Magnetisierung die remanente Magnetisierung oder Remanenz. Viele Gesteine besitzen eine von ihrer geologischen und thermischen Vorgeschichte herrührende Remanenz, die vom heutigen Erdfeld praktisch unabhängig ist. (Diese allgemeine Definition der Remanenz mag in einem gewissen Gegensatz zu der in der Physik gebräuchlicheren speziellen Definition stehen. Sie wird aber in der geophysikalischen Literatur häufig benutzt. Andere Ausdrücke für den gleichen Begriff sind «Eigenmagnetismus» oder «natürlicher Magnetismus».) Dreht man z. B. ein zu einer Kugel geschliffenes Gesteinsstück in verschiedenen Richtungen, so behält die durch das heutige magnetische Erdfeld induzierte Magnetisierung ihre Richtung im Raume bei, währenddem die remanente Magnetisierung sich mit dem Gesteinsstück mitdreht, d. h. eine relativ zum Gesteinsstück feste Lage behält. Auf Grund dieser Erscheinung kann man die Suszeptibilität und die Remanenz eines Gesteinsstückes mit Hilfe des magnetischen Variometers bestimmen. Stellt man nämlich das Gesteinsstück in der Nähe des Variometers auf, so erzeugt es, da es ja induktiv und remanent magnetisiert ist, einen Ausschlag. Dieser ändert sich, wenn das Gesteinsstück gedreht wird. Man kann die Stellungen des Gesteinsstückes so wählen, dass aus den entsprechenden Ausschlägen des Variometers die induktive und die remanente Magnetisierung gesondert berechnet werden können.

Zur Interpretation der 1937 ausgeführten Feldmessungen wurden mit dieser Methode 1938 im Felde selbst Suszeptibilität und Remanenz von Erzstücken und andern Gesteinen bestimmt. Die Proben wurden aus dem Anstehenden gebrochen, wobei ihre Orientierung im Raume markiert wurde. Auf diese Weise konnte nicht nur die Grösse der remanenten Magnetisierung, sondern auch ihre Richtung im Raume bestimmt werden. In isometrisch zugehauenen Stücken wurden sie mit dem Variometer untersucht. Das Volumen der Stücke wurde bestimmt aus dem Gewicht, das mit einer Schnellwaage gemessen wurde, und dem spezifischen Gewicht, das auf Grund der Kenntnis von im Laboratorium am gleichen Material ausgeführten Analysen von Prof. Huttenlocher geschätzt wurde. Diese Methode ist allerdings nicht sehr genau, gestattet aber, in kurzer Zeit an Ort und Stelle sehr viele Proben durchzumessen und damit eine allgemeine Orientierung über die magnetischen Eigenschaften der beteiligten Erze und Gesteine zu gewinnen.

1943 und 1944 wurden dann von Ernst Niggli anhand von würfelförmig zugeschnittenen Proben und pulverisiertem Material genauere Messungen im Laboratorium durchgeführt. Die Messmethoden und die Ergebnisse der an einer Reihe von schweizerischen Erzen durchgeführten Untersuchungen werden andernorts publiziert werden. Über die Erze des Mont Chemin orientieren die in der folgenden Tabelle I und in Fig. 12 zusammengestellten Ergebnisse für eine Auswahl von typischen Vertretern. Die Bestimmung des Fe- und Ti-Ge-

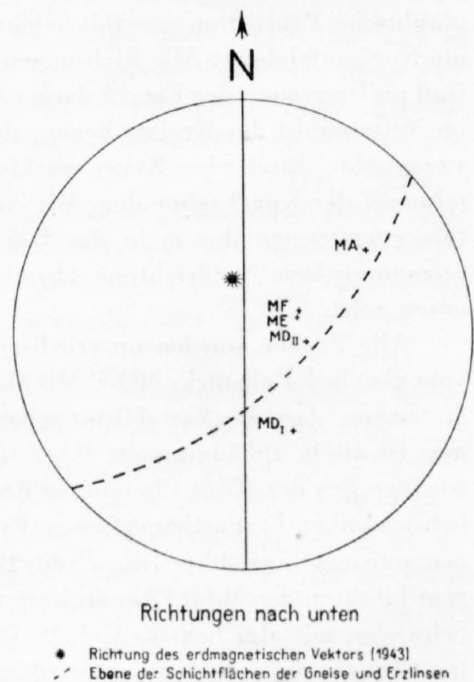


Fig. 12. Richtungen der remanenten Magnetisierung Mont Chemin.

haltes durch chemische Analyse wurde von Herrn Prof. J. Jakob, Zürich, ausgeführt. Die Proben sind aus Stollen genommen. Proben, die dem an der Erdoberfläche Anstehenden entnommen werden, zeigen nämlich oft kräftige Blitzschlagmagnetisierung.

Tabelle 1: MAGNETISCHE EIGENSCHAFTEN VON ERZPROBEN

Probe	Nähere petrographische Bezeichnung	Lokalität	Volumen-Suszeptibilität %	Verhältnis Q der remanenten zur induktiven Magnetisierung	Dichte	Fe-Gehalt (als metallisches Fe gerechnet) Gewicht in %	TiO ₂ -Gehalt Gew. in %
MG	sehr magnetitreiches Erz (über 80 % Magnetit)	Galérie VI (P ₈) Les Planches; zuunterst in der Descenderie	0,82	nicht bestimmt	4,53	62,3	0,26
MD I	magnetitreiches Erz, von Calcit-Adern durchzogen	Galérie II B (R ₃), Les Planches	0,55	0,39	4,05	48,54	0,19
MD II	wie MD I	Galérie II B, Les Planches	0,51	0,33	4,06		
ME I	wie MD I	Galérie II B, Les Planches	0,329	0,26	3,87		
MF	wie MD I	Galérie II B, Les Planches	0,331	0,47			
MA	Pyrit-Magnetiterz	Galérie VI, Les Planches	0,057	0,94	3,83		

Zu den in der Tab. I und der Fig. 12 zusammengestellten Ergebnissen gibt Ernst Niggli folgende Erklärungen:

«Zur Darstellung der Richtungen der remanenten Magnetisierung wurde die stereographische Projektion gewählt (siehe Lehrbücher für Mineralogie). Projektionsebene ist die Horizontalebene. Alle Richtungen, die festgestellt wurden, zeigen nach unten und sie sind im Diagramm der Fig. 12 dargestellt. Eine Richtung senkrecht nach unten würde z. B. im Mittelpunkt des Kreises liegen: die Richtungen sind durch die Projektion ihrer Durchstosspunkte durch eine Kugel markiert, wobei sich alle dargestellten Richtungen im Mittelpunkt der Kugel schneiden. Mit einem Stern ist die Richtung des erdmagnetischen Vektors eingetragen, der ja in der Horizontalen zirka 6° von der ebenfalls eingetragenen astronomischen Nordrichtung abweicht und mit einer Inklinaton von zirka 60° nach unten zeigt.

Alle Proben wurden unterirdisch aus Stollen entnommen. MD I und MD II stammen vom gleichen Rohstück, MD I, MD II, ME und MF stammen aus einem Umkreis von 1 m². Sie zeigen, dass die Variabilität schon auf kleinem Raume recht gross ist. Der Magnetismus ist allein abhängig vom *Magnetitgehalt*; der Magnetit ist aber auch das einzig abbauwürdige Erz des Mont Chemin, so dass magnetische Feldmessungen gerade die wirtschaftlich wichtigen Erzpartien erfassen. Pyritreiche Erze (siehe MA) sind bedeutend schwächer magnetisiert, ausschliesslich *Pyrit* führende Erze sind praktisch unmagnetisch. Die Suszeptibilitäten der Mont Chemin-Erze zeigen gute Übereinstimmung mit Magnetiterzen von Schweden mit gleichem Fe-Gehalt. Die remanente Magnetisierung schwankt in recht weiten Grenzen, ist jedoch an unterirdisch entnommenen Proben nie grösser als die durch das Erdfeld induzierte Magnetisierung. Die Richtungen der remanenten Magnetisierungen sind recht variabel, selbst von sehr nahe gelegenen Erzproben. Die Richtungen scheinen eine

systematische Abweichung von der Richtung des erdmagnetischen Vektors zu zeigen, und zwar so, dass die Richtung in die Streichflächen der Erzlinsen abgedreht ist (siehe Fig. 12).

Die Magnetisierung der umliegenden *Gneise* ist schwach (α unter 0,0005); im Vergleich zu den Magnetiterzlinsen kann sie vernachlässigt werden. Hingegen haben wirtschaftlich bedeutungslose Skarn-Bildungen z. T. auch eine recht starke Magnetisierung; es kann unter Umständen nicht möglich sein zu entscheiden, ob eine magnetische Anomalie durch Skarn oder eine eigentliche Erzlinse verursacht wird.»

Bei der Bestimmung des in Tab. I angeführten Verhältnisses Q ist vorausgesetzt, dass das betreffende Erzstück durch das heutige normale Erdfeld induktiv magnetisiert sei mit dem Entmagnetisierungsfaktor $N = 0$. Die von Ernst Niggli verwendete Messmethode ist brauchbar für Suszeptibilitäten von 0,0002 bis 1,0. Sie umfasst somit den bei Erzuntersuchungen wichtigen Bereich. Die Messgenauigkeit ist je nach Suszeptibilität verschieden, sie liegt jedoch stets innerhalb $\pm 10\%$. Versuche über die Magnetisierung von Würfeln und Kugeln haben ergeben, dass man einen Fehler begeht, der auf keinen Fall 4 % überschreitet, wenn man für die Messungen würfelförmig zugeschnittene Proben verwendet, in den Berechnungen aber die Würfel durch volumengleiche Kugeln ersetzt denkt.

9. Allgemeines zur Interpretation der magnetischen Karten

Das Stationsnetz der Vermessung (Fig. 1) lässt sich in folgende Gruppen einteilen:

- a) eigentliches Untersuchungsgebiet (Fig. 1, rot umrandet);
- b) Stationen zwischen Mont Chemin und Charrat;
- c) Stationen bei Bovernier;
- d) Querprofil von Les Trappistes nach Le Guercet im Rhonetal;
- e) übrige in der weitem Umgebung des Mont Chemin verteilte Stationen.

Die Stationen *e*) dienen vor allem der Ermittlung der Normalwerte der Vertikal- und der Horizontalintensität im Sinne von Abschnitt 5. Mit den Messungen *b*) zwischen Mont Chemin und Charrat sollte geprüft werden, ob hier noch weitere Erzlinsen magnetisch festzustellen wären. Es haben sich für das Vorhandensein solcher Linsen keine Anhaltspunkte ergeben. Das Querprofil *d*) und die Messungen *c*) bei Bovernier dienen der Untersuchung der Frage, ob die Magnetitlinsen auf dem Mont Chemin lediglich Ausläufer einer mächtigeren Erzschiebt in grösserer Tiefe seien, die sich unter Umständen unter dem Tal der Dranse hindurch nach Südwesten fortsetze. Die Messresultate deuten nicht auf das Vorhandensein einer solchen Erzschiebt. Immerhin ist zu bemerken, dass das Stationsnetz bei Charrat und Bovernier zu wenig dicht ist, um die Möglichkeit des Vorhandenseins von einzelnen Erzlinsen vollständig auszuschliessen.

Im eigentlichen Untersuchungsgebiet auf dem Mont Chemin hingegen wurde das Stationsnetz so dicht gelegt, dass durch eine weitere Verdichtung des Netzes keine neuen Erzvorkommen von irgendwelcher praktischer Bedeutung hätten festgestellt werden können.

Bei der Verwendung der magnetischen Karten (Taf. II und III) zur Bestimmung der Eisenerzlager im Untergrund muss man sich eine grundlegende Tatsache der Potentialtheorie vor Augen halten. Es ist nämlich nicht möglich, aus der Kenntnis der magnetischen Störungen an der Erdoberfläche die Störungsursachen, d. h. die Erzlager, eindeutig zu bestimmen. Selbst wenn die magnetischen Störungen nicht mit Messfehlern behaftet wären und in jedem beliebigen Punkt der Erdoberfläche (also nicht nur an den Meßstationen) genau bekannt wären, würde dies nicht genügen, um daraus die Verteilung der magnetisierten Materie eindeutig zu bestimmen. Es sind stets unendlich viele Verteilungen

von magnetisierter Materie im Untergrund denkbar, die an der Erdoberfläche genau das gleiche Magnetfeld ergeben. Die Bestimmung der Erzlager aus den magnetischen Karten ist daher kein eindeutig verlaufender mathematischer Prozess, sondern die Interpretation der Karten besteht darin, unter den unendlich vielen Möglichkeiten diejenige auszuwählen, die geologisch die grösste Wahrscheinlichkeit für sich hat. Vor allem wird man für die Erzlager von vorneherein bestimmte geometrische Formen für wahrscheinlich halten (z. B. flache Linsen mit bestimmtem Streichen und Fallen) und die magnetischen Eigenschaften der Erze der betreffenden Gegend (nach Abschnitt 8) berücksichtigen.

Praktisch geht die Interpretationsarbeit stufenweise vor sich. Die erste Stufe besteht darin, dass man für das gesuchte Erzlager eine mehr oder weniger rohe *Schätzung* vornimmt, d. h. das Erzlager wird ersetzt gedacht durch ein Lager von möglichst einfacher geometrischer Form. Natürlich wird diese Form so gewählt, dass sie einerseits wenigstens in groben Umrissen ein nach geologischen Erwägungen wirklich mögliches Lager darstellt und dass andererseits die magnetischen Störungen, die der angenommenen geometrischen Form entsprechen und die man für beliebige Punkte der Erdoberfläche berechnen kann, wenigstens in den Hauptzügen mit den gemessenen Störungen übereinstimmen.

In vielen Fällen liefert diese erste Interpretationsstufe, die Stufe der Schätzung, schon eine genügende Orientierung über die Natur und den Umfang der untersuchten Lagerstätte. Ist dies nicht der Fall, so wird als zweite Stufe der Interpretationsarbeit das Störungsfeld berechnet, das der auf der ersten Stufe angenommenen einfachen geometrischen Form der Lagerstätte entspricht. Das berechnete Feld wird mit dem gemessenen verglichen. Die Differenzen zwischen den beiden Feldern werden nun zur Verbesserung und Verfeinerung der Annahme über die Lage und geometrische Form der Lagerstätte benutzt. Wie dies in systematischer Weise geschehen kann, wird vom Verfasser andernorts dargestellt werden. Es sei nur erwähnt, dass in weiteren Interpretationsstufen dieses Verfahren der zweiten Stufe wiederholt werden kann. Es gelingt auf diese Weise, ein beliebig kompliziertes, gemessenes Störungsfeld schliesslich mit jeder gewünschten Genauigkeit durch eine im Untergrund angenommene Lagerstättenform darzustellen.

Für die erste Interpretationsstufe, die Stufe der Schätzung, gibt es verschiedene Verfahren, die in der Literatur zu finden sind. Eine Zusammenstellung solcher Verfahren ist z. B. im Taschenbuch der angewandten Geophysik von Reich und Zwerger [49] zu finden, wo auch weitere Literatur angegeben ist. Für die in Abschnitt 11 näher erörterte Bearbeitung der Messungen im Couloir Collaud hat Ernst Niggli vor allem Dipole (d. h. kurze Magnetstäbe, resp. magnetische Kugeln) benutzt und gezeigt, dass die Methode bei geschickter Handhabung auch auf kompliziertere Fälle angewandt werden kann. (Ein weiteres, für die Lagerstätte des Mont Chemin geeignetes Verfahren, bei dem die magnetische Doppelstrecke verwendet wird, ist im nächsten Abschnitt 10 dargestellt.)

Es seien nun die magnetischen Karten des Mont Chemin (Taf. II und III) betrachtet mit der Absicht, gemäss der ersten Interpretationsstufe eine Schätzung der Erzvorkommen vorzunehmen. Da in unseren geographischen Breiten der erdmagnetische Vektor steil steht (er bildet mit der Vertikalen einen Winkel von zirka 30°), so wird ein Erzkörper im Untergrund im allgemeinen so magnetisiert, dass er als Magnet mit ebenfalls steilstehender Achse betrachtet werden kann. Der remanente Magnetismus ändert daran nichts, da er nach Abschnitt 8 ebenfalls steil steht. Die Erzvorkommen auf dem Mont Chemin lassen sich daher in erster Näherung als einzelne vertikal stehende Magnetstäbe oder als Kombination mehrerer solcher Stäbe auffassen. Ein einzelner Magnetstab ergibt auf der horizontal angenommenen Erdoberfläche eine positive Anomalie der Vertikalintensität mit einem Maximum senkrecht über dem Stab. Die Isanomalien der Vertikalintensität sind kon-

zentrische Kreise um das Maximum. Ausserhalb eines bestimmten Kreises schliesst sich konzentrisch ein Gebiet negativer Anomalie an, die aber so schwach ist, dass sie in der Regel auf der magnetischen Karte gar nicht feststellbar ist.

Das Kartenbild der Horizontalintensität ist komplizierter. Es zeigt nämlich südlich vom Zentrum der Vertikalintensität ein positives, nördlich davon ein negatives Zentrum von gleicher Intensität, das Bild ist also bipolar. Als Illustration möge z. B. auf beiden Karten die Anomalie S_5 dienen. Es ist nach dem Gesagten verständlich, dass im vorliegenden Falle die Karte mit den Isanomalien der Vertikalintensität sich für einen Überblick über die Lagerstätte besser eignet als die Horizontalintensität. Die Maxima der Vertikalintensität geben direkt die Stellen an, unter denen die Erzkörpern liegen.

Ein Blick auf die Karte des Mont Chemin (Taf. I) genügt, um festzustellen, dass die gemessenen magnetischen Anomalien von einzelnen, voneinander getrennten Erzkörpern herrühren und nicht etwa von einer oder mehreren, durch das ganze Untersuchungsgebiet streichenden, zusammenhängenden Erzsichten. Die einzelnen Erzkörper ordnen sich in streichender Richtung zu Zügen. (In der Bezeichnung durch einheitliche Buchstaben für die Körper des gleichen Zuges angedeutet.) Die Isanomalien für den einzelnen Körper sind auch nicht kreisrund wie im Idealfall eines isolierten, vertikal stehenden Magnetstabes, sondern in streichender Richtung langgestreckt. Dies deutet darauf hin, dass die Erzkörper nicht isometrisch sind, sondern mehr oder weniger flache Linsen, deren Streichen und Fallen mit dem allgemeinen Streichen und Fallen des Gebietes übereinstimmt. Die Isanomalien der Vertikalintensität geben daher einen guten Überblick über den Charakter der Lagerstätte und der geologischen Struktur des Gebietes überhaupt, und zwar auch da, wo der gewachsene Fels nicht aufgeschlossen ist.

10. Die Schätzungsmethode mit der Doppelstrecke

Es liegt nun nahe, für eine erste Schätzung der Lage und Grösse einer Linse nicht einen einzelnen Magnetstab zu benützen, sondern eine magnetische Platte, die dadurch entsteht, dass man gleichlange, vertikal stehende Magnetstäbe in streichender Richtung aneinanderreihet (Fig. 13). Die Südpole der Stäbe bilden die obere, horizontal verlaufende Kante der rechteckigen Platte, die Nordpole die untere. Für die Berechnung des Magnetfeldes wird nun die Platte ersetzt durch eine gleichmässig mit positivem (= Nord-)Magnetismus belegte horizontale Strecke (= ungefähr untere Kante der Platte) und eine dazu parallele, gleichlange, gleichmässig mit gleichviel negativem (= Süd-)Magnetismus belegte Strecke (= ungefähr obere Kante der Platte). Diese beiden Strecken bilden zusammen ein magnetisches Streckenpaar. Die Fig. 13 und 14 zeigen, wie das Streckenpaar in ein rechtwinkliges (x, y, z) -Koordinatensystem gelegt wird. Die (x, y) -Ebene des Systems werde horizontal, die $+z$ -Achse ver-

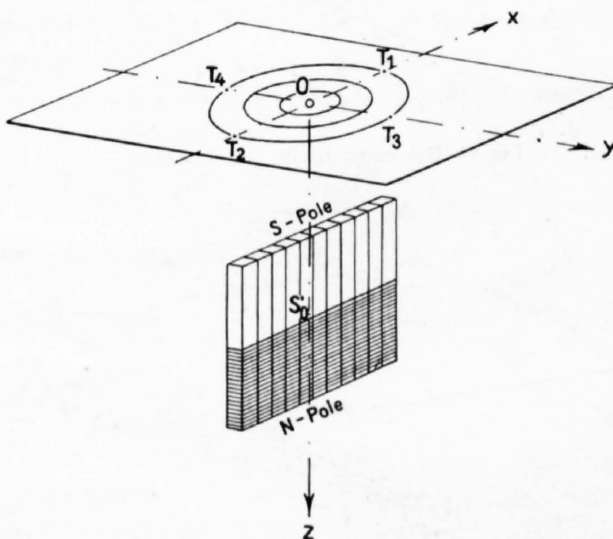


Fig. 13. Vertikale magnetische Platte mit zugehörigen Isanomalien der Vertikalintensität.

tikal nach unten genommen. Für die Schätzung soll vom Einfluss der Topographie abgesehen werden. Es kann daher die (x, y) -Ebene als Erdoberfläche betrachtet werden. Die Störung der Vertikalintensität, die durch das Streckenpaar an der Erdoberfläche hervorgerufen wird, besitzt senkrecht über dem Mittelpunkt S_0' des Streckenpaares, also im Nullpunkt O des Koordinatensystems, ein Maximum Z_0 und die Kurven gleicher Vertikalintensität sind Ovale mit der x - und y -Achse als Symmetrieachsen (siehe Fig. 13). Wir betrachten insbesondere das Halbwertoval, d. h. die Kurve, die aus den Punkten mit der Anomalie $\frac{1}{2} Z_0$ besteht. Die grosse Achse des Halbwertovals sei $\overline{T_1 T_2} = 2a$, die kleine Achse $\overline{T_3 T_4} = 2b$. Man kann diese beiden Strecken als grosse und kleine Halbwertbreite bezeichnen.

Auf Grund der magnetischen Messungen sind die Grössen Z_0 , $2a$ und $2b$ bekannt. Wenn dies die einzigen Grössen sind, die wir der Schätzung zugrunde legen, d. h. wenn wir keine Rücksicht nehmen auf weitere Details der Karte der Vertikalintensität und ebenso verzichten auf die Benützung der Karte der Horizontalintensität, so lässt sich das Streckenpaar nicht eindeutig bestimmen. Man kann z. B. noch den Vertikalabstand $\overline{S_1' S_3'} = \overline{S_2' S_4'} = 2p$ der beiden Strecken willkürlich vorschreiben. Dann allerdings ist das Streckenpaar und sein Moment W' eindeutig bestimmt. Nimmt man für $2p$ verschiedene Werte an, und zwar eine Reihe von gegen unendlich wachsenden Werten, so wächst schliesslich die Mittelpunktstiefe $h' = OS_0'$ auch unbegrenzt, ebenso das Moment W' , währenddem die obere Strecke $\overline{S_3' S_4'}$ einer eindeutig bestimmten Grenzlage zustrebt. Lässt man umgekehrt $2p$

zu Null abnehmen, so fallen schliesslich die beiden Strecken des Paares in eine zusammen. Es entsteht eine *magnetische Doppelstrecke* (Fig. 15). Die Streckenlänge $2c' = \overline{S_1' S_2'} = \overline{S_3' S_4'}$, die Mittelpunktstiefe h' und das Moment W' streben dabei Grenzwerten $2c = \overline{S_1 S_2}$, $h = OS_0$ und W zu.

Wenn eine sich im Untergrunde befindliche, steil stehende Linse angenähert durch ein magnetisches Streckenpaar nach Fig. 14 dargestellt wird, so ist die Güte der Darstellung noch abhängig vom gewählten Abstand $2p$ der beiden Strecken. Es wird einen ungefähr mit der vertikalen Erstreckung der wirklichen Linse übereinstimmenden besten Wert für diesen Abstand geben. Für Berechnungen und Schätzungen ist es jedoch sehr vorteilhaft, den Abstand Null zu nehmen, d. h. das Streckenpaar durch die magnetische Doppelstrecke zu ersetzen, um so mehr, als ja im allgemeinen der beste Abstand $2p$ ohnehin nicht bekannt ist. Sind Z_0 , $2a$ und $2b$ fest gegeben,

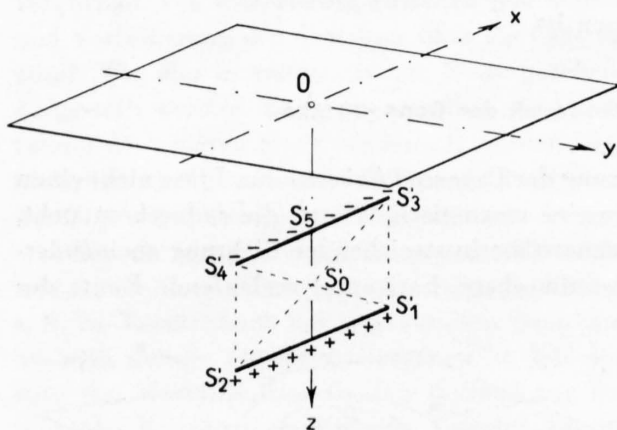


Fig. 14. Das magnetische Streckenpaar.

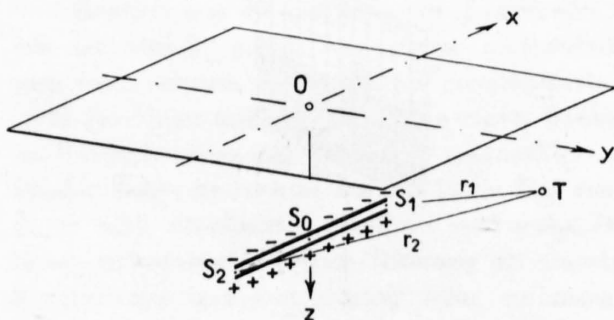


Fig. 15. Die magnetische Doppelstrecke.

so können wir zwischen dem zugehörigen Streckenpaar mit dem Abstand $2p$ und der zugehörigen Doppelstrecke folgende Beziehungen benützen:

- (1) $h \leq h'$
- (2) $h \geq h' - p \quad (h' - p = \overline{OS'_5})$
- (3) $W \leq W'$
- (4) $2c \cong 2c' \quad (\cong \text{heisst «angenähert gleich»}).$

Für die Beziehungen (1) bis (3) liegt kein strenger algebraischer Beweis vor, ihre Gültigkeit kann aber für die vorliegende Schätzungsmethode unbedenklich vorausgesetzt werden. Die vier Beziehungen haben folgende anschauliche Bedeutung: Man entnimmt der magnetischen Karte der Vertikalintensität die Grössen Z_0 , $2a$ und $2b$. Man bestimmt nach dem weiter unten noch zu beschreibenden Verfahren die Tiefe h der Doppelstrecke, ihre Länge $2c$, sowie ihr magnetisches Moment W . Dann kann man über die magnetische Platte von Fig. 13, die uns die gesuchte Linse repräsentiert, folgendes aussagen:

Nach (1) ist ihre Mittelpunktstiefe h' mindestens gleich h .

Nach (2) ist die Tiefe $h' - p = \overline{OS'_5}$ ihres oberen Randes unter der Erdoberfläche höchstens gleich h .

Nach (3) ist ihr Moment W' mindestens gleich W .

Nach (4) ist ihre horizontale Erstreckung $2c'$ ungefähr gleich $2c$.

Insbesondere gibt uns die Beziehung (3), wenn wir noch die Magnetisierung M der Linse und das spezifische Gewicht s des Erzes kennen, eine Minimalschätzung für die Tonnage der Linse. Die Magnetisierung M ist (siehe Abschnitt 8) das magnetische Moment der Volumeneinheit. Das Volumen der Linse ist daher, gleichmässige Magnetisierung vorausgesetzt, gleich $\frac{W'}{M}$ und ihr Gewicht $\frac{W'}{M} s$, also nach (3) mindestens gleich $\frac{W}{M} s$.

Um nun aus den Grössen Z_0 , $2a$ und $2b$ die Lage, Länge und das Moment der Doppelstrecke bestimmen zu können, muss das Magnetfeld einer solchen Doppelstrecke betrachtet werden. Es seien $S_1(c, 0, h)$ und $S_2(-c, 0, h)$ die beiden Endpunkte der Doppelstrecke. In Klammern stehen ihre rechtwinkligen Koordinaten. Es soll zunächst das Magnetfeld der Doppelstrecke in einem beliebigen Punkte $T(x, y, z)$ des Raumes betrachtet werden. Es sei $\overline{TS_1} = r_1$, $\overline{TS_2} = r_2$ (Fig. 15).

Nach den Lehren der Potentialtheorie ist das Potential U des Magnetfeldes der Doppelstrecke im Punkte T durch folgenden Ausdruck gegeben:

$$U = \frac{W(z-h)}{2c} \left(\frac{1}{r_2(r_2-x-c)} - \frac{1}{r_1(r_1-x+c)} \right).$$

Daraus folgt für die Vertikalkomponente Z des Magnetfeldes:

$$Z = \frac{\partial U}{\partial z} = - \frac{W}{2c} \left(\frac{1}{r_2(r_2-x-c)} - \frac{1}{r_1(r_1-x+c)} \right) + \frac{W(z-h)^2}{2c r_2^2(r_2-x-c)} \left(\frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_2-x-c} \right) - \frac{W(z-h)^2}{2c r_1^2(r_1-x+c)} \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_1-x+c} \right).$$

Dieser Ausdruck für Z liefert das Maximum Z_0 , wenn $T = O$, d. h. $x = y = z = 0$ gesetzt wird. Lässt man T auf der x -Achse variieren, so erhält man die grosse Halbwertbreite $2a$, entsprechend auf der y -Achse die kleine Halbwertbreite $2b$. Bekannte Spezialfälle erhält man, wenn man $c = 0$ und $c = \infty$ setzt. Für $c = 0$ schrumpft die magnetische Doppelstrecke zu einem magnetischen Doppelpunkt oder Dipol zu-

sammen, für $c = \infty$ erhält man die unendlich lange magnetische Doppelgerade. Für diese beiden Spezialfälle ist der Zusammenhang zwischen der Tiefe h und der kleinen Halbwertbreite $2b$ bekannt. Für den Dipol ist nämlich $h = 2b$, für die unendliche Doppelgerade $h = 1,03 \cdot 2b$. Die kleine Differenz zwischen diesen beiden Werten für h legt die Vermutung nahe, dass auch für alle dazwischen liegenden Fälle, d. h. für beliebige Länge $2c$ der Doppelstrecke, $h \cong 2b$ gesetzt werden kann. In der Tat wird durch eine diesbezügliche Untersuchung bestätigt, dass der Fehler für h auf keinen Fall 5 % übersteigt, wenn man die Näherungsgleichung $h \cong 2b$ benützt. Die Tiefe h der Doppelstrecke ist daher im wesentlichen durch die kleine Halbwertbreite allein bestimmt. Zur Bestimmung der Länge $2c$ der Doppelstrecke hingegen muss natürlich auch die grosse Halbwertbreite herangezogen werden. In der Tat kann man, ebenfalls mit völlig genügender Annäherung,

$$2c \cong \sqrt{(2a)^2 - (2b)^2}$$

setzen. $2c$ ist am einfachsten graphisch zu bestimmen, denn diese Grösse ist die Kathete eines rechtwinkligen Dreiecks, von dem $2a$ die Hypothenuse, $2b$ die andere Kathete ist. Betrachtet man die Ellipse, deren Achsen mit denen des Halbwertovals übereinstimmen, so ist

$$\sqrt{(2a)^2 - (2b)^2}$$

der Abstand der beiden Brennpunkte der Ellipse. Um das Moment W der Doppelstrecke zu bestimmen, hat man in der Gleichung für Z : $x = y = z = 0$ zu setzen. Für diesen Fall ist Z gleich dem Maximum Z_0 und man erhält folgende Gleichungen für die Bestimmung von W :

$$u = \frac{2c}{h}, \quad H(u) = \frac{2(8 + u^2)}{\sqrt{(4 + u^2)^3}}, \quad W = \frac{h^3 Z_0}{H(u)}.$$

Für $u > 10$ kann $H(u) \cong \frac{2}{u}$ gesetzt werden, was $W \cong c h^2 Z_0$ ergibt.

Aus dem magnetischen Moment W der Doppelstrecke erhält man die Erzmenge $G = \frac{W}{M} \cdot s$, wenn man nach Abschnitt 8 die Magnetisierung M und das spezifische Gewicht s bestimmt hat. Setzen wir z. B. den Entmagnetisierungsfaktor $N = 0$, so ist $M_i = z F_0$ die induktive und $M_r = Q M_i$ die remanente Magnetisierung. Stimmen die beiden Magnetisierungen in ihrer Richtung überein (was nach Abschnitt 8 in der Tat angenähert der Fall

ist), so ist $M = M_i + M_r = z(1 + Q)F_0$, also $G = \frac{W \cdot s}{z(1 + Q)F_0}$.

Zusammenfassend geht also die Schätzung folgendermassen vor sich: Der Karte der Vertikalintensität (Taf. II) entnimmt man das Maximum Z_0 (in Γ auszudrücken) sowie die beiden Achsen $2a$ und $2b$ des Halbwertovals (in Meter ausgedrückt). Man konstruiert $2c$ aus dem obenerwähnten rechtwinkligen Dreieck. Dann ist $h = 2b$ ein minimaler Wert für die Mittelpunktstiefe der Linse und ein maximaler Wert für eine Tiefe ihres obern Randes, $2c$ eine Schätzung der Horizontalerstreckung. Man bildet nun $u = \frac{2c}{h}$ und entnimmt, wenn $u \leq 10$, den Wert für $H(u)$ der Fig. 16, resp. setzt $H(u) = \frac{2}{u}$, wenn $u > 10$. Der Tabelle I von Abschnitt 8 entnimmt man folgende mittleren Werte:

$$z = 0,5, \quad Q = 0,3, \quad s = 4 \frac{t}{m^3} \text{ (Tonnen pro } m^3 \text{)}.$$

Setzt man noch $F_0 = 0,4$ Gauss für das normale Erdfeld und berücksichtigt man, dass

$$\frac{s}{z(1 + Q)F_0} = 13 \text{ beträgt, so ist } G = 13 \cdot \frac{h^3 Z_0}{H(u)} = 13 W$$

eine in Tonnen ausgedrückte Schätzung für die Erzmenge. Im allgemeinen wird diese Schätzung eine untere Grenze für die vermutete Erzmenge bedeuten.

11. Ergebnisse der magnetischen Sondierung der Erzlager

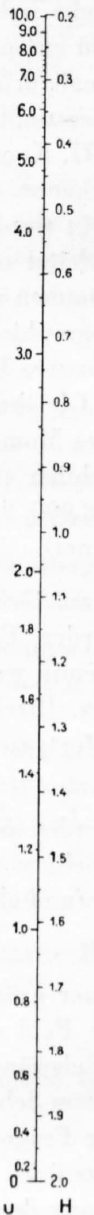
Die letzte Gleichung des vorhergehenden Abschnittes erlaubt eine Abschätzung der Reichweite der magnetischen Vermessung. Nimmt man zu diesem Zwecke an, das Erz bilde eine homogen magnetisierte Kugel, so ist sein Magnetfeld nach der Potentialtheorie gerade gleich dem Feld eines magnetischen Dipoles. Wir können daher die erwähnte Gleichung für G benützen und darin $u = 0$ $H(u) = 2$ setzen. Nimmt man an, das Maximum

Z_0 der magnetischen Störung müsse mindestens $100 \gamma = 0,001 \text{ I}$ betragen, um auf der magnetischen Karte noch eine sichere Diagnostizierung des Lagers zu erlauben, so ist $G = 0,0065 h^3$ das Minimalgewicht, das eine Erzkugel mit Mittelpunktstiefe h besitzen muss, um an der Erdoberfläche magnetisch sicher feststellbar zu sein. In Fig. 17 kann für $h = 10 \text{ m}$ bis 200 m das zugehörige Minimalgewicht abgelesen werden. Beispielsweise wären danach 1000 Tonnen bis in 54 m Tiefe, 10 000 Tonnen bis 115 m Tiefe magnetisch feststellbar. Die magnetische Feststellbarkeit einer Linse ist allerdings nur gewährleistet, wenn nicht über ihr noch andere Linsen liegen, deren magnetische Störungen die der untern Linse überdecken.

Nach Abschnitt 2 zerfällt das Untersuchungsgebiet in zwei Teilgebiete. Das grössere davon, es sei «Gebiet a» genannt, beginnt zirka 500 m südwestlich von Chez Larze und erstreckt sich von hier aus nach Nordosten bis über Les Planches hinaus. Das kleinere, «Gebiet b» genannt, schliesst südwestlich an das Gebiet a an. Es ist das Couloir Collaud. Die beiden Gebiete sind auf den Tafeln I bis III durch eine Linie gegeneinander abgegrenzt.

Das Gebiet a ist 1937 vermessen worden. Es umfasst die Anomalien E bis Y_4 . Die magnetische Vermessung hat die Basis für den 1940/43 betriebenen Abbau von Erzen gebildet. Der Abbau hat das magnetische Feld namentlich in der Umgebung der Anomalien R_1 bis R_3 , O_1 bis O_4 sowie bei Chez Larze völlig geändert. Sofern in einem späteren Zeitpunkt in diesen Gebieten neue magnetische Aufschlussarbeiten ausgeführt werden, so ergibt ihre Vergleichung mit den vorliegenden magnetischen Karten 1937 und mit den Angaben über 1940/43 abgebauten Erze eine sehr wertvolle und seltene Gelegenheit für den Ausbau und die Kontrolle der magnetischen Aufschlussmethode. Ferner ist zu vermuten, dass tieferliegende Linsen, wie sie sich z. B. bei P_5 bis P_8 abzeichnen scheinen, lokalisiert und abgeschätzt werden können.

Das Gebiet b ist 1942 vermessen worden und das Magnetfeld dürfte sich seither nicht merklich geändert haben. Die vorliegenden magnetischen Karten können daher für zukünftige bergbauliche Arbeiten, wie sie z. B. weiter unten besprochen werden, ohne weiteres als Grundlage dienen.



$$H = \frac{2(8+u^2)}{\sqrt{4+u^2}}$$

Fig. 16. Hilfsfunktion $H(u)$ zur Schätzungsmethode mit der magnetischen Doppelstrecke.

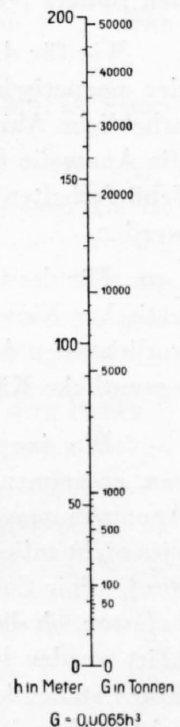


Fig. 17. Diagramm zur Abschätzung der Reichweite der magnetischen Messungen.

Die magnetische Vermessung des Gebietes a bildete eine der Grundlagen für den 1940 aufgenommenen Abbau. Die magnetischen Karten (Tafeln II und III) wurden mit Hilfe einer Schätzungsmethode nach Art der in Abschnitt 10 beschriebenen und nach verschiedenen mehr ins einzelne gehenden Methoden, die teils aus der Literatur bekannt sind, teils anderweitig noch publiziert werden, bearbeitet. Vor allem konnten die Positionen der Erzlinsen sehr gut bestimmt und für ihre magnetischen Momente W Abschätzungen vorgenommen werden. Da damals die magnetischen Eigenschaften der Erze mangels guter Aufschlüsse und mangels entsprechender Laboratoriumseinrichtungen noch nicht sehr sicher bestimmt werden konnten, hafteten der Abschätzung der Tonnagen G der Linsen entsprechende Unsicherheiten an; die Unterlagen genügten aber durchaus, um die damals dringlichste Aufgabe zu lösen, nämlich anzugeben, an welcher Stelle mit Vorteil der erste Stollen für die Aufnahme des Abbaues anzulegen sei. Die Linse R_1 (Tafeln II und III, Koord. 573300/105030) wurde als das grösste der magnetisch erfassbaren Erzlager erkannt, obgleich an der Erdoberfläche keine geologischen Anzeichen ihrer Existenz bemerkt werden konnten. Ihr magnetisches Moment W wurde zu minimal 1500—2500 Γm^3 geschätzt und der nach den magnetischen Berechnungen angelegte Stollen erschloss das Vorkommen ungefähr an der Stelle grösster Mächtigkeit. Erst die 1943/44 durchgeführten petrographisch-magnetischen Erzuntersuchungen (siehe die Abschnitte 2 und 8) lieferten genauere Unterlagen für die Abschätzung von Erzmengen. Unter Berücksichtigung der Gleichung $G \cong 15,4 W$ von Abschnitt 10 entspricht der oben angegebenen Abschätzung des Momentes W von R_1 die Erzmenge 23 000—38 000 Tonnen. Der Abbau ergab tatsächlich eine innerhalb dieses Bereiches liegende Erzmenge, nämlich gemäss Seite 101 zirka 28 000 Tonnen Roherz (ein nicht abgebauter, auf 2000 Tonnen geschätzter Rest eingerechnet).

Wie für das Vorkommen R_1 konnten auch für den Abbau weiterer Linsen auf Grund der magnetischen Karten des Gebietes a die nötigen Angaben bereitgestellt werden. Eine erhebliche Abweichung vom magnetischen Kartenbild der Linsen des Mont Chemin weist die Anomalie S_7 auf. Ihre Ursache konnte bisher noch nicht abgeklärt werden. Direkte Schürfarbeiten zur Abklärung wurden wohl begonnen, müssten aber noch fortgesetzt werden.

Für das Couloir Collaud (Gebiet b) geben, wie schon bemerkt, die vorliegenden magnetischen Karten den heutigen Stand des Magnetfeldes an. Es soll daher zum Abschluss des vorliegenden Abschnittes 11 der von Ernst Niggli 1943 darüber ausgearbeitete Befund ohne wesentliche Kürzungen angeführt werden:

Die Anomalien B_1 und B_2 : Die Maxima B_1 und B_2 liegen im Bereiche einer grösseren, zusammenhängenden magnetischen Störung. Es konnte nicht das gesamte Feld der Anomalie magnetisch vermessen werden, da Geländeschwierigkeiten (steile Felswände) dies nicht zulassen. Zwei Maxima und ein grosser Teil der Anomalie liegen auf dem Schutt des Couloir Collaud. Die Interpretation hatte sich daher in erster Linie mit der Frage zu befassen, ob die Effekte unter Umständen durch im Schutt sich befindende Erzstücke erklärt werden könnten. Eine eingehende Untersuchung mit nochmaliger Begehung der in Frage stehenden Lokalitäten (zusammen mit den Herren Dir. Boubier und Dr. Ladame) zeigte folgendes: Es kann mit Sicherheit ausgeschlossen werden, dass die Anomalie durch die an der Oberfläche des Schuttes liegenden Erzstücke hervorgerufen wird, und zwar aus folgenden Gründen:

1. Es besteht kein Zusammenhang zwischen dem oberflächlich sichtbaren Gehalt des Schuttes an Erzstücken und der Stärke der magnetischen Anomalie.

2. Neben den positiven Maxima der Vertikalintensität besteht auch ein ausgedehntes Feld negativer Anomalien, das durch oberflächennahes Erz nicht erklärt werden kann.
3. Die Anomalie erstreckt sich auch noch über grössere Strecken auf anstehendem Gestein am Rande des Couloirs.

Zur Erklärung der Anomalie bleiben noch zwei Möglichkeiten:

- α) Starke Anhäufung von Erzstücken im Schutt in grösserer Tiefe (10—20 m). Es würde sich dann aber um eine grössere Masse handeln, die eventuell eine Ausbeute lohnen würde,
- β) Magnetitlinsen im Fels (mindestens zwei: bei B₁ und B₂).

Beim Versuche der rechnerischen Auswertung unter Annahme von Möglichkeit β) war sehr hinderlich, dass nicht das gesamte Feld gemessen werden konnte. Es fehlt das Gebiet nördlich und nordwestlich der Galerie VIII, wo die steilen Felswände jegliche Messung verunmöglichten. Es ist nicht ausgeschlossen, dass sich in diesem Gebiet noch weitere Erzlinsen befinden. Weitere Schwierigkeiten verursachten die starken topographischen Effekte, die durch das steile Gelände bedingt sind.

Welche von den beiden Möglichkeiten α) und β) der Wirklichkeit entspricht, kann nur durch Sondierungen festgestellt werden. Die Sondierungen haben ausserdem den Zweck, die Tiefe des Schuttes im Couloir Collaud festzustellen. Wir schlagen Sondierungen an folgenden Orten vor:

1. Sondiergraben oder zwei bis drei Sondierschächte («puits») auf der Linie γ—γ (siehe Tafel II, Koordinaten 573970/103680);
2. Sondiergraben oder zwei bis drei Sondierschächte auf der Linie δ—δ. (Tafel II, Koordinaten 573900/103650).

Die Sondierungen wären bis zum anstehenden Fels vorzutreiben. Wenn sich nun im Schutt keinerlei grössere Anhäufung von Magnetiterzstücken vorfinden sollte, so rührt die magnetische Anomalie von Magnetitlinsen im anstehenden Fels her. Wenn es sich um anstehende Erzlinsen handeln sollte, kann ungefähr folgendes über Tiefe und Grösse gesagt werden:

Anomalie B₁: *maximale* Tiefe des obern Randes der Erzlinse: 30 m unter dem Punkt * (Tafel II, Koordinaten 573900/103657). *Wahrscheinliche* Tiefe des obern Randes: 15—24 m.

Anomalie B₂: *maximale* Tiefe des obern Randes der Erzlinse: 30 m unter dem Punkt ■ (Tafel II, Koordinaten 573970/103685). *Wahrscheinliche* Tiefe des obern Randes: 14—24 m.

Ein Vergleich dieser Anomalie mit derjenigen der grossen Linse R₁ zeigt folgendes:

Die Halbwertbreite ist bei R₁ etwas kleiner (geringere Tiefe!); das Maximum der Intensität dagegen etwas grösser (3700 γ gegenüber 2000 γ im Couloir Collaud). Die Längserstreckung der Anomalie R₁ ist etwas grösser als diejenige der Anomalie im Couloir Collaud, wo auch nicht ein zusammenhängendes Maximum, sondern zwei getrennte Maxima, die zwei Linsen entsprechen dürften, zu finden sind. Im grossen und ganzen lässt sich also die Anomalie im Couloir Collaud durchaus mit der Anomalie R₁ vergleichen.

Erst wenn durch die vorgeschlagenen Sondierungen die Frage, ob die magnetischen Effekte von Erzstücken im Schutt oder von Erzlinsen im anstehenden Fels stammen, abgeklärt und die Tiefe des Schuttes im Couloir bestimmt ist, können wir Vorschläge für das weitere Vorgehen (Anlage von Stollen, weitere magnetische Messungen) machen.

Anomalien C_1 — C_7 : Es handelt sich um mehrere kleinere Anomalien. Auffallend ist die grosse Unregelmässigkeit des Kurvenverlaufs. Einzelne Partien sehen wie zerfressen aus. Besonders deutlich zeigt dies das Bild der Horizontalintensität (Tafel III). Die Maxima der Anomalien liegen im Gebiet der alten Stollen IV, V und VI des Couloir Collaud. Es ist möglich, dass die Effekte von Erzpartien herrühren, die beim alten Abbau übrigblieben.

Anomalie D_2 : Der Abfall der Intensität vom Maximum D_2 ist sehr stark. Der Verlauf der Kurven, die nahe beieinander liegen, deutet auf eine oberflächennahe Linse, die eventuell zum Teil sogar anstehend ist. Die maximale Tiefe des oberen Randes der Linse kann mit 8 m angegeben werden. Die wahrscheinliche Lage der Linse ist auf Tafel II mit der Linie ε — ε (siehe die Detailkarte) bezeichnet worden.

III. KAPITEL

Bergwirtschaftliche Untersuchungen

(Fehlmann)

1. Historischer Überblick

a) DER FRÜHERE BERGBAU

Der Beginn des Bergbaus am Mont Chemin ist historisch nicht genau festzustellen. Schon Gerlach [9] machte auf die vielen Schlackenhäufen aufmerksam, die ihrer Art nach auf die Verhüttung der Erze in Rennfeuern hinweisen. Ausserdem sind in einigen alten Bauen Asche und Kohlen gefunden worden, die vom «Feuersetzen» herrühren. Die betreffenden Bergbauarbeiten müssen infolgedessen zu einer Zeit entstanden sein, als die Verwendung des Schiesspulvers für die Sprengarbeiten noch nicht gebräuchlich war. In den ältesten Zeiten beschränkte sich der Bergbau voraussichtlich auf den Abbau der anstehenden Erze. Eingestürzte Pingen sind noch da und dort erkennbar. Erst als diese Erze ausgebeutet waren, wurden die mühsamen und kostspieligen Tiefbaue in Angriff genommen.

Die erste geschichtliche Nachricht über den Bergbau am Mont Chemin stammt aus dem Jahre 1756 und besteht in einer Urkunde über den Verkauf des Bergwerkes an Philippe Hennegart [6]. Bis 1842 wurden nach Gerlach ausschliesslich die Erze des *Couloir Collaud* ausgebeutet. Bergingenieur Gueymard [2, S. 18] besuchte diesen Bergbau im Jahre 1814 und beschrieb ihn folgendermassen: «Cette mine se trouve dans une position difficile pour le transport. Aussi l'extraction présente beaucoup de difficultés puisque le minerai n'a pas un gisement bien suivi. La couche qui le renferme est du genre des schistes magnésiens. Il y est, pour ainsi dire, répandu en rognons dont la puissance varie à chaque instant. L'irrégularité des travaux est dictée par les variations du minerai qu'on exploite.» — Wie primitiv dieser Bergbau damals betrieben wurde, geht daraus hervor, dass das abgebaute Erz durch die Arbeiter von den Abbauörtern auf Leitern über Tag getragen werden musste. Die Abfuhr der Erze nach Bovernier war sehr mühsam und gefährlich, da sie mit Hilfe von Schlitten auf einem eigens dafür erstellten engen und steilen Schlittweg bewerkstelligt werden musste. — Wie lange im *Couloir Collaud* Bergbau getrieben und welche Erzmenge gefördert wurde, lässt sich nicht mehr feststellen. Über den Erfolg des Bergbaus äusserte sich Ingenieur Gueymard schon 1814 folgendermassen: »Cette mine a été exploitée depuis longtemps par diverses sociétés, mais toutes ont éprouvé des pertes. Il est difficile de prouver si ces pertes doivent leur origine à une mauvaise administration, ou bien à la nature de la mine.»

Im Jahre 1818 wurde die Konzession von Mont Chemin mit derjenigen von Chamoson von Augustin Pinçon von Genf [45] für die Dauer von 50 Jahren erworben. Aber auch der geschäftliche Erfolg dieser Unternehmung scheint nicht gross gewesen zu sein, wie aus einem Schreiben derselben an den Staatsrat des Kantons Wallis hervorgeht, dem die folgenden Stellen entnommen sind: «Le filon de Chemin est très problématique; il est

formé de rognons qui se perdent de distance en distance. Il nous est arrivé dans l'hiver 1824 de le perdre entièrement, de faire 9 pieds de gallerie, qui nous coûtèrent 900 frs. de France, pour le retrouver sans obtenir 200 livres de minerai.» [45]

Nach dem Tode von Augustin Pinçon (1827) ging das Bergwerk an die «Compagnie des Forges d'Ardon» über. Diese Gesellschaft ersuchte die Regierung um den Erlass der Konzessionsgebühren während zwölf Jahren mit der Begründung, dass die Unternehmung bisher alles eher als nutzbringend (plutôt ruineuse que profitable) gewesen sei. Da es ihr nach einiger Zeit schwer fiel, das für den Hochofen nötige Holz zu beschaffen, verlangte sie zudem gewisse Vorrechte für das Flößen des Holzes auf der Rhone. Zur Unterstützung dieses Begehrens machte die Gesellschaft auf den schlechten Geschäftsgang des Unternehmens aufmerksam und schrieb im Jahre 1834 an die Bergbau-Behörde: «Nous sommes à la veille de manquer de minerai; celui de Chemin est mélangé d'un métal qui nuit à la qualité du fer.»

In den Jahren 1842 bis 1855 wurde eine Linse von *Les Planches* (auch Vence oder Vincs oder Charraz genannt) abgebaut. Gerlach macht darüber in seinem im Jahre 1859 an die «Administration der Minen des Wallis» gerichteten Bericht folgende Angaben: «Das nierenförmige Eisensteinlager war zirka 30 bis 40 m lang und in der Mitte 12 bis 14 Fuss mächtig, keilte sich aber nach allen Seiten vollständig aus. Der Eisenstein sowie die Lagerungsverhältnisse waren denen von Chemin (gemeint ist Chez Larze) ziemlich ähnlich, allein das Einfallen war hier viel schwächer und im Hangenden fand sich ein schwaches Schwefel- und Kupferkieslager, welches auch wohl die Kupfergrünung und Kupferlasur geliefert haben mochte, mit welchen die Klüfte des Eisensteins fein überzogen waren. Das hier gewonnene Eisensteinquantum mag gewiss 150 bis 200 000 Centner (7500 bis 10 000 Tonnen) betragen haben. — Es ist nur zu bedauern, dass kein regelmässiger Bau, sondern eine Art Raubbau stattgefunden hat. Nachdem eine gewisse Erzmenge fortgenommen war, sind nur unbedeutende Unternehmungen (lies Vorrichtungen)-Arbeiten getrieben worden und als diese nicht sofort ein günstiges Resultat lieferten, hat man den ganzen Bau zusammenbrechen lassen, ja sogar das Terrain und den Schlittelweg verkauft.»

Aus dieser anschaulichen Beschreibung gehen nicht nur der Charakter der Lagerstätte und die durch ihn bedingten Bergbau-Schwierigkeiten, sondern auch die Art und Weise, wie das Bergwerk betrieben wurde, deutlich hervor. Die Eigenart der Lagerstätte besteht darin, dass das Erz in unzusammenhängenden Anhäufungen, sogenannten Linsen, vorkommt, deren Auffindung umfangreiche Erschliessungsarbeiten notwendig machte. Dies ist wahrscheinlich auch der Grund, warum kein kontinuierlicher Bergbau entstehen konnte.

Nach der Erschöpfung der Linsen von *Les Planches* (1855) wurde im Jahre 1856 die Ausbeutung einer Linse bei *Chez Larze* (früher Chez Larzes oder Tzi Larzes genannt) in Angriff genommen. Die anstehenden Erze derselben waren schon früher abgebaut worden. Durch die neuen Erschliessungsarbeiten wurde festgestellt, dass die Linse zum Teil auch im Tiefbau ausgebeutet worden war. Die vorgefundenen Spuren zeigten, dass der frühere Bergbau durch Feuersetzen erfolgte. Über das Vorkommen und die zur Ausbeutung der Erze ausgeführten Arbeiten weiss Gerlach [9] das Nachstehende zu berichten: «Das Eisensteinlager tritt in grünen, talkigen Schiefern auf, streicht unter den Hütten des Dorfes hindurch und fällt 50—60° gegen Süden. Es bildet nierenförmige Massen, welche sich schwach anlegen und ebenso wieder verschwinden und in der Mitte eine Mächtigkeit von 8—10 Fuss erreichen. Am Liegenden kommen häufig Schwefelkies und auch Spuren von Manganblüthe vor, in den derben Eisenlagen jedoch selten. — Der Eisenstein als Magneteisenstein ist von ganz vorzüglicher Güte, ausserordentlich derb und fest, feinkörnig und von grauschwarzer Farbe. Die bisher (d. h. von 1856—1859) ausgeführten Arbeiten sind nicht sehr bedeutend.

Man hat nahe, fast zu nahe unter dem Ausgehenden eine querschlägige Galerie durch die hangenden, talkigen Schichten getrieben und nach ca. 30 m Länge die Lagerstätte erreicht, dann dieselbe gegen Osten verfolgt und als man hier in alte Baue kam, ist man mit zwei kleinen Schächten in kurzen Absätzen auf dem Lager hinabgegangen, um unter die alten, abgebauten Räume zu kommen. Diese alten Baue scheinen aus sehr alter Zeit zu stammen. Die jetzigen Arbeiten sind seit 2 Jahren im Gange. In den beiden ersten Jahren sollen 12 000—14 000 Centner und in diesem Jahre ca. 10 Centner gewonnen worden sein. Das Erz wird nach Martigny hinab geschlittelt.»

Über die geförderte Erzmenge, die Zahl der beschäftigten Arbeiter und die Gesteungskosten des Erzes sind nur spärliche und ungenaue Angaben vorhanden; sie sind in der nachstehenden Tabelle zusammengetragen.

Die Erze wurden seit dem Jahre 1827 der Hauptsache nach in Ardon verhüttet. Ein Teil derselben scheint aber zeitweise nach Frankreich ausgeführt worden zu sein, wie H. Bischoff [4] mitteilt.

Gerlach gibt in seinem weiter oben angeführten Bericht an die Minen-Administration des Wallis der Meinung Ausdruck, dass es für die Walliser Eisenindustrie von grösster Wichtigkeit wäre, wenn man den interessanten Vorkommen am Mont Chemin etwas mehr Aufmerksamkeit schenken wollte, als dies bisher geschah. Es scheint, dass dieser Rat nicht befolgt wurde und dass die Konkurrenz des ausländischen Eisens dem Bergbau immer mehr zusetzte, so dass er im Jahre 1862 zum Erliegen kam. Drei Jahre später wurde die Ausbeutung während neun Monaten wieder aufgenommen. Von 1868—1872 verbesserten sich die Marktverhältnisse für das schweizerische Eisen infolge des deutsch-französischen Krieges etwas. Sie führten aber nur zu unbedeutenden Bergbauarbeiten. Im Jahre 1873 wurde das Bergwerk vollständig stillgelegt.

Tabelle II

Herkunft	Couloir Collaud		Les Planches	Chez Larze			
Jahr	1816 ¹⁾	1826 ²⁾	1842-55 ³⁾	1856 ⁴⁾	1857 ⁴⁾	1858 ⁴⁾	Bemerkungen
Geförderte Erzmenge in Tonnen im Jahresmittel	180	300	650	600-700	600-700	600-700	
Gesteungskosten p. t Erz lco. Mine fr. . .			4. 20	4. —	4. —	4. —	
Transportkosten p. t. Erz fr.			20. — *)	4. — **)	4. — **)	4. — **)	*) bis Ardon **) bis Martigny
Zahl der beschäftigten Arbeiter		16		6-8	6-8	6-8	

¹⁾ Lit. 6. ²⁾ Lit. 57. ³⁾ Lit. 9, Seite 53. ⁴⁾ Lit. 9, Seite 52.

b) NEUERE UNTERSUCHUNGEN

Der Eisenmangel während des ersten Weltkrieges veranlasste das damals bestehende Eidg. Bergbau-Büro (1917—1919) die Lagerstätte gründlich zu untersuchen, um sie womöglich der Ausbeutung entgegenzuführen. Auf Grund von Photogrammeter- und Meß-

tisch-Aufnahmen, die im Sommer 1918 ausgeführt wurden, liess es eine Karte des ganzen Erzgebietes im Maßstab 1 : 2500 erstellen. Im Herbst des gleichen Jahres wurden durch Ing. Wohlers die Vermessungen mit einem Magnetometer Thalen und Tiberg begonnen, deren Ergebnisse durch ausgedehnte Schürfarbeiten nachgeprüft werden sollten. Nach der Aufhebung des Bergbau-Büros im Sommer 1919 anerbote sich die «Studiengesellschaft für die Nutzbarmachung schweizerischer Erzlagerstätten»¹⁾ die begonnenen Untersuchungen zu vollenden. Der damalige Konzessionär, der, wie man meinen sollte, das grösste Interesse an der objektiven Abklärung der bergwirtschaftlichen Verhältnisse hatte, widersetzte sich jedoch der Durchführung der vorgesehenen Arbeiten, so dass dieselben nicht fertiggestellt werden konnten. Dagegen erteilte er einem gewissen Ingenieur Bornand den Auftrag zur Erstattung eines Berichtes [55], der als Grundlage für die Bewertung der Konzession dienen sollte. Die durch den Konzessionär ausgeführten Schürfungen beschränkten sich auf die Öffnung des alten Querschlag bei Chez Larze und die Abdeckung einiger unbedeutender Linsen bei La Tetaz²⁾ und Les Planches, deren Lage magnetometrisch festgestellt worden war.

Da infolge dieser Umstände keine den heutigen wissenschaftlichen Anforderungen genügende magnetometrische Aufnahme der Lagerstätte vorhanden war, wurde auf Anregung der Studiengesellschaft dem Institut für Geophysik, das im Jahre 1934 an der Eidg. Technischen Hochschule in Zürich gegründet wurde, der Auftrag erteilt, auf der Grundlage der vom Bergbau-Büro erstellten topographischen Karte, eine magnetometrische Voruntersuchung durchzuführen, um die Erfolgsaussichten einer eingehenden Vermessung des ganzen Erzgebietes abzuklären. Die Kosten dieser Aufnahmen übernahm in verdankenswerter Weise die Zentralstelle für Arbeitsbeschaffung.

Die eigentlichen magnetometrischen Vermessungen, deren Kosten zu zwei Dritteln die Zentralstelle, zu einem Drittel die inzwischen gegründete «Mines du Mont Chemin S. A.» übernahmen, wurden im folgenden Jahre (1936) unter der Leitung von Professor Dr. Gassmann durchgeführt. Sie stellten unter anderen in der Gegend von Les Planches eine früher nicht bekannte grosse Erzlinse fest.

Diese Feststellung war für die Beurteilung der Abbauwürdigkeit der Lagerstätte von grosser Bedeutung. Das Vorhandensein der Linse, ihre Grösse und Zusammensetzung musste jedoch durch einen Querschlag nachgeprüft werden. Im Mai 1939 erklärte sich die Zentralstelle für Arbeitsbeschaffung einverstanden, diese auf zirka Fr. 50 000 veranschlagten Arbeiten mit 60 % zu subventionieren, unter der Voraussetzung, dass der Kanton Valais eine Subvention von 15 % leiste und dass der Konzessionär den Restbetrag aufbringe.

Im Juni des gleichen Jahres wurden die Erschliessungsarbeiten, mit deren Beaufsichtigung die Zentralstelle für Arbeitsbeschaffung den Verfasser betraute, begonnen. Sie führten tatsächlich zur Auffindung der vermuteten Linse. Durch den Ausbruch des zweiten Weltkrieges im September 1939 erfuhren die Bergbauarbeiten eine Unterbrechung und wurden erst im darauffolgenden Frühling weitergeführt.

c) KONZESSIONSVERHÄLTNISSE

Die im Jahre 1818 an Augustin Pinçon erteilte und den jeweiligen Besitzern des Hochofens von Ardon erneuerte Konzession erlosch im Jahre 1874 infolge der Liquidation der «Compagnie des Forges d'Ardon». Ihre Grenzen sind heute nicht mehr bekannt.

1) Gegründet im Herbst 1918.

2) Südlich des heutigen Le Cotentin.

Eine neue Bergbaukonzession wurde am 31. August 1917 an Jules Métral, Schlosser in Martigny-Ville, erteilt. Die Konzession ist folgendermassen begrenzt (vgl. Fig. 1):

Im Norden: Durch die Verbindungslinie von Le Lein nach Chemin d'en Bas.

Im Westen: Durch die Verbindungslinie von Chemin d'en Bas nach Bovernier.

Im Süden: Durch die Verbindungslinie von Bovernier nach Les Evouettes.

Im Osten: Durch die Verbindungslinie von Les Evouettes nach Le Lein.

Am 20. Januar 1928 wurde die Konzession von Ingenieur August Boissonaz von Genf erworben, der für ihre Ausbeutung die «S. A. des Mines du Mont Chemin» gründete. Nachdem es geglückt war, die Linse I von Les Planches nachzuweisen, verkaufte Ingenieur Boissonaz bzw. dessen Erben die Aktien im Spätherbst 1939 für die Summe von zirka 100 000 Franken an einen ehemaligen russischen Staatsangehörigen.

2. Der Bergbau während des zweiten Weltkrieges

a) GESCHICHTLICHES

Die neue Gesellschaft begann im Frühling 1940 mit der Ausbeutung der magneto-metrisch festgestellten Linse I. Der Bergbau stand von Anfang an unter keinem guten Stern. Der Gründer und Leiter der Gesellschaft, Paul Dormann, ein Russe, der später tschechoslowakischer Staatsbürger wurde und auch in Spanien und Marokko an gewissen Bergwerksunternehmungen beteiligt war, hatte die Mont Chemin-Konzession in ausgesprochen spekulativer Absicht erworben. Zum Teil wegen Kapitalmangel, zum Teil wegen ungenügenden Fachkenntnissen und falschen Dispositionen kam es schon im Herbst 1940 zum Zusammenbruch. Im Frühling 1941 gelang es jedoch Dormann, der in der Zwischenzeit auch die Konzession der Lagerstätte von Chamoson erworben hatte, ein Konsortium zu gründen, das sich «Société pour le développement de mines et d'entreprises sidérurgiques» nannte, und nicht nur die Anthrazitgruben von Etablou und Champsec, sondern auch die Aktien der Guss- und Stahl AG., Zürich, aufkaufte, die in Kallnach einen Elektro-Ofen besass. Die Absicht Dormanns bestand darin, die stückigen Mont Chemin-Erze zu verkaufen und die Feinerze mit Walliser Anthrazit und Torf in der Schweiz nach dem DeVecchis-Verfahren zuerst in der Zementfabrik Hunziker in Olten und später in Kallnach zu verhütten. Durch die finanzielle Verschachtelung der verschiedenen Gesellschaften gelang es ihm, von gutgläubigen und im Bergbau unerfahrenen Geldgebern immer wieder die notwendigen Mittel aufzutreiben, um seine kostspieligen und unwirtschaftlichen Unternehmungen über Wasser zu halten, bis das Konsortium im Frühling 1943 in finanzielle Schwierigkeiten kam. Auch der Pachtvertrag, den die «Mines du Mont Chemin S. A.» im Frühling 1943 abschloss, führte nicht zur Sanierung, so dass der ganze Konzern im Spätherbst desselben Jahres endgültig zusammenbrach. Im Frühling 1944 wurde dann von einigen Gläubigern die «Société d'Etude et de Recherche de mines S. A.» mit einem Kapital von Fr. 50 000. — gegründet, die beabsichtigte, den Erzbergbau am Mont Chemin weiterzuführen. Auf Grund einer neuen magnetometrischen Vermessung hoffte sie eine im Couloir Collaud vermutete Erzlinse ausbeuten zu können. Zur Feststellung dieser Linse wurde im Herbst 1944 eine Tiefbohrung angesetzt, die aber wegen Mangel an Mitteln nicht vollendet werden konnte. Seither ruht der Bergbau am Mont Chemin vollständig.

Die Verluste, welche der Dormann-Konzern der schweizerischen Volkswirtschaft verursacht hat, können im ganzen auf 6 Millionen Franken geschätzt werden. Auf die Investitionen für den Bergwerksbetrieb am Mont Chemin werden wir später zurückkommen.

Die neueren Bergbauarbeiten sind chronologisch in folgende Perioden einzuteilen:

1. Periode (Sommer 1939): Vortrieb des Querschlages zur Feststellung der Linse I. (Ausgeführt durch «Mines du Mont Chemin S. A.» Ing. Boissonaz mit 75 % Subventionen von Bund und Kanton.)
2. Periode (Frühling-Herbst 1940): Ausbeutung der Linse I (durch die «Mines du Mont Chemin S. A.» Dormann).
3. Periode (Frühling 1941 bis Nov. 1943):
 - a) Ausbeutung der Linse I,
 - b) Erschliessung und Ausbeutung der Linse II,
 - c) Erschliessung und Ausbeutung der Linse VI,
 - d) Erschliessung und Ausbeutung der Linsen auf Chez Larze,
 - e) Schürfarbeiten und magnetometrische Aufnahmen im Couloir Collaud.

b) VORRICHTUNGS- UND GEWINNUNGSARBEITEN

Für die Durchführung der Vorrichtungsarbeiten waren die magnetometrischen Aufnahmen des Instituts für Geophysik der ETH massgebend. Ausser den schon erwähnten Vermessungen wurden im Auftrag der «Mines du Mont Chemin S. A.» im Frühling und im Herbst 1943 weitere magnetometrische Untersuchungen gemacht, über die Prof. Dr. Gassmann im II. Kapitel dieser Arbeit berichtet.

aa) DIE GRUBEN VON LES PLANCHES

Insgesamt wurden in diesem Gebiet acht Querschläge mit einer Gesamtlänge von rund 1000 m vorgetrieben (siehe Tafel IV). Der Querschlag I (Fig. 18) von 80 m Länge, wurde nach den früheren Mitteilungen im Sommer 1939 ausgeführt. Etwa 170 m NE von I wurde

der Querschlag II A angesetzt. Derselbe durchfuhr kristalline Schiefer und erschloss den höher gelegenen Teil der Linse II. Nachdem dieser abgebaut war, wurde im November 1941, 50 m westlich und etwa 15 m unterhalb des Stolleneingangs II A, ein neuer Querschlag II B begonnen, der nach 80 m auf das Erz traf.

Ebenfalls im Jahre 1941 wurde durch den Querschlag VI die Linse VI vorgerichtet. Dieser Querschlag wurde später noch um 200 m verlängert, da man unter der Linse I eine weitere Erzlinse

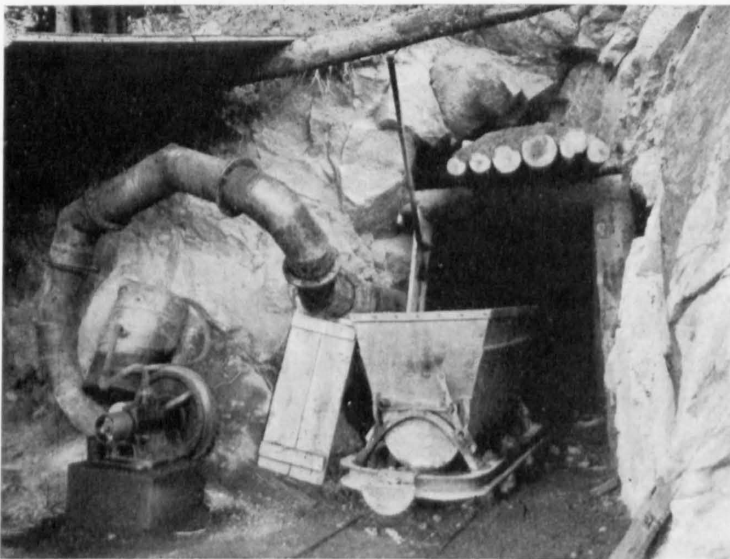


Fig. 18. Querschlag zu Linse I.

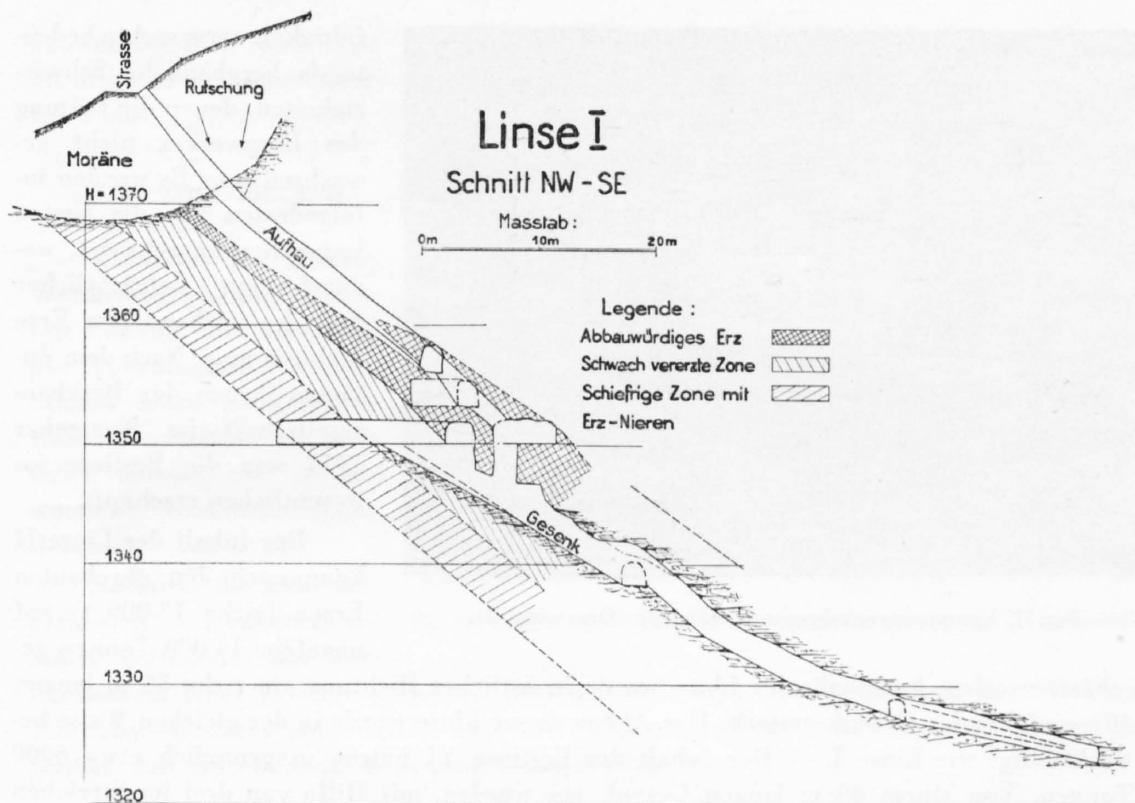


Fig. 19.

vermutete. Diese Erwartung erfüllte sich indessen nicht. Die übrigen Querschnitte des Gebietes von Les Planches, nämlich III, IV B und V trafen kein Erz, weil sich die Leitung des Bergwerkes nicht rechtzeitig über Ansatzpunkte und Richtung mit dem Institut für Geophysik verständigte.

Die Linse I erwies sich als die grösste aller aufgefundenen Linsen mit einem Inhalt von rund 28 000 Tonnen. Der Abbau derselben geschah meist von Gesenken aus, die in der Fallrichtung der Linse nach SE angelegt wurden. Es zeigte sich, dass die Vererzung dieser Linse, wie übrigens auch aller andern, sehr unregelmässig war. Zonen mit einem Eisengehalt von 40—50 % wechselten unvermittelt mit erzarmen oder sogar erzfreien Zonen (Fig. 19). Ebenso unregelmässig war die Ausdehnung der vererzten Schichten im Streichen und Fallen und deren Mächtigkeit. Diese Mannig-

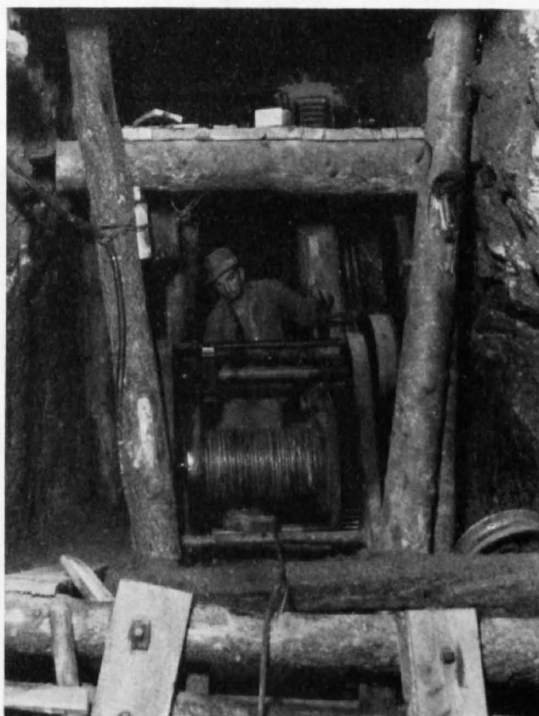


Fig. 20. Förderwinde (Gesenk der Linse II)



Fig. 21. Kompressorenanlage und Schmiede (Querschlag I).

schätzt werden. Innerhalb der Linse wurde in östlicher Richtung ein zirka 30 m langes, 40° einfallendes Gesenk erstellt. Der Abbau dieser Linse wurde in der gleichen Weise bewerkstelligt wie Linse I. — Der Inhalt der Erzlinse VI betrug ursprünglich etwa 6000 Tonnen. Von einem 60 m langen Gesenk aus wurden, mit Hilfe von drei im Streichen übereinander liegenden Strecken etwa 5000 Tonnen Roherze ausgebeutet.

bb) DIE GRUBEN BEI CHEZ LARZE

Der Eingang des Stollens II befindet sich etwa 140 m südlich der Häusergruppe Chez Larze. Er liegt dicht neben einer, zwischen den beiden Weltkriegen abgebauten Marmorlinse und traf nach zirka 150 m eine kleine Erzlinse. Etwa 50 m, bzw. 80 m nördlich dieser



Fig. 22. Obere Seilbahnstation.

faltigkeit verursachte bedeutende bergbauliche Schwierigkeiten, denen die Leitung des Bergwerkes nicht gewachsen war. Es wurden infolgedessen nur die besten Erzpartien ausgebeutet, wodurch ein beträchtlicher Teil der vorhandenen Erze verloren ging. Nach dem Zusammenbruch der Bergbaugesellschaft im November 1943 war die Erzlinse im wesentlichen erschöpft.

Der Inhalt der Linse II kann nach den abgebauten Erzen (zirka 13 000 t) auf ungefähr 14 000 Tonnen ge-

schätzt werden. Innerhalb der Linse wurde in östlicher Richtung ein zirka 30 m langes, 40° einfallendes Gesenk erstellt. Der Abbau dieser Linse wurde in der gleichen Weise bewerkstelligt wie Linse I. — Der Inhalt der Erzlinse VI betrug ursprünglich etwa 6000 Tonnen. Von einem 60 m langen Gesenk aus wurden, mit Hilfe von drei im Streichen übereinander liegenden Strecken etwa 5000 Tonnen Roherze ausgebeutet.

Erzlinse wurden zwei weitere kleine Linsen erschlossen, deren Erz einen starken Pyritgehalt aufwies. Auch diese Linsen wurden magnetometrisch festgestellt. Die Gesamtlänge der auf Chez Larze neu vorgetriebenen Querschläge und Strecken beträgt rund 200 m.

Der Inhalt dieser Linsen, deren Erze stark mit Skarn vergesellschaftet sind, kann auf ungefähr 12 000 Tonnen geschätzt werden, von denen rund 9000 Tonnen abgebaut wurden. Die Erzgewinnung erfolgte vom Stollen II und dem rund

125 m nördlich und etwa 30 m höher gelegenen Stollen I aus.

cc) COULOIR COLLAUD

Während des zweiten Weltkrieges wurden im Couloir Collaud, mit Ausnahme der Aufwältigung der alten Stollen, keine weiteren Vorrichtungsarbeiten ausgeführt. Ebenso war die gewonnene Erzmenge unbedeutend.

Nachdem die 1943 ausgeführten magnetometrischen Aufnahmen das Vorhandensein einer Erzlinse vermuten liessen, wurde etwa 250 m oberhalb der Bahnlinie Martigny—Orsières ein Schacht abgeteuft; die vorgesehene Bohrung konnte wegen ungenügenden Mitteln nicht mehr ausgeführt werden.

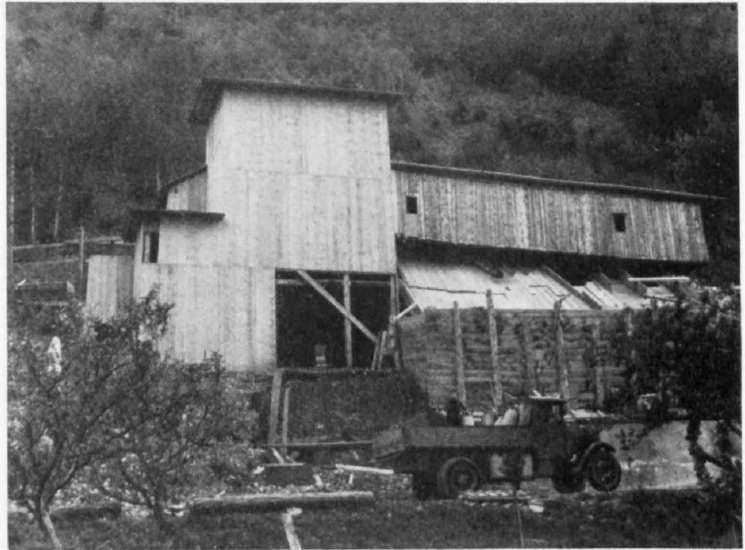


Fig. 23. Untere Seilbahnstation und Magnetscheide-Anlage in Le Guercet.

c) INSTALLATIONEN UND AUFBEREITUNGSANLAGEN

Unter Tag wurden in allen Querschlägen und Strecken Geleise Spurweite 60 cm verlegt. In den Gesenken waren Bremsberge und Förderwinden vorhanden (Fig. 20), die zum Teil elektrisch, zum Teil mit Pressluft angetrieben wurden. Sämtliche Hauptstollen waren mit Druckluft- und Ventilationsleitungen ausgestattet.

Über Tag befanden sich sowohl bei Les Planches wie bei Chez Larze Kompressorenanlagen (Fig. 21) mit elektrischem oder Dieselmotorantrieb. Es waren zeitweilig bis drei fahrbare oder fest montierte Kompressoren vorhanden, deren grösster Anschlusswert 130 PS betrug.

Für den Transport der Erze wurde eine Seilbahn mit einer Leistung von 300 Tonnen pro Tag erstellt, die von Les Planches nach Le Guercet führte (Fig. 22 und 23). Ihre Länge betrug 1100 m. Von Le Guercet bis zum Bahnhof Martigny bzw. zu den elektrischen Öfen der



Fig. 24. Handscheidung bei Querschlag I.



Fig. 25. Erzhalde unterhalb Querschlag I.

den Linsen I und II gewonnenen Erze auf die Halde geschüttet wurden (Fig. 25), um sie später der Magnetscheidung zu unterwerfen. Eine provisorische Magnetscheideanlage mit Brech- und Sortiermaschinen kam schon 1941 in Les Planches in Betrieb (Fig. 26).

Die definitive Aufbreitungsanlage wurde bei der untern Seilbahnstation in Le Guerret gebaut. Sie bestand aus leistungsfähigen Brech- und Sortiermaschinen und einem Magnetscheider, der nach dem nassen Verfahren arbeitete (siehe Bild 23). Diese Magnetscheideanlage sollte nach den Angaben der Ersteller Konzentrate von 50 bis 70 % Eisen liefern. Sie kam jedoch nie aus dem Versuchsstadium heraus und wurde später in der Zementfabrik Hunziker in Olten montiert.

d) PRODUKTION, INVESTITIONEN UND GESTEHUNGSKOSTEN

aa) PRODUKTION UND ABSATZ

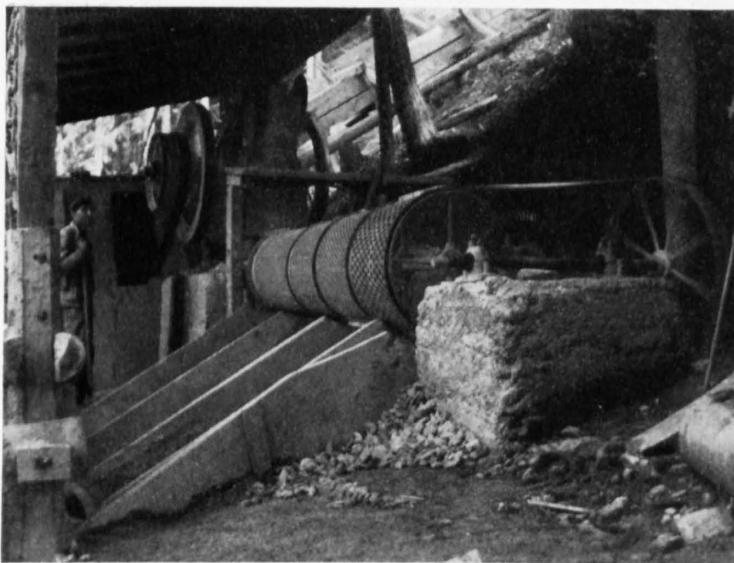


Fig. 26. Provisorische Sortier- und Magnetscheide-Anlage Les Planches.

Société des Produits Azotés S. A. wurde das Erz mit Lastwagen befördert.

Die in Chez Larze gewonnenen Erze wurden mit einer kleinen Einseilbahn, die von der früheren Marmorgewinnung her noch vorhanden war, nach der Station Bovernier gebracht.

Da der Eisengehalt der ausgebeuteten Erze starken Schwankungen unterworfen war, mussten die Roherze angereichert werden. Zuerst erfolgte diese Anreicherung mit Handscheidung (Fig. 24), wobei die Rückstände der in

Die nachstehende Tabelle gibt Auskunft über die vom April 1940 bis 23. November 1943 ausgebeuteten und verkauften Erze. Die untere Korngrösse der Konzentrate betrug 10 mm. Die Feinerze blieben vorläufig auf der Halde und sollten später nach dem Arbeitsprogramm der «Société pour le développement de Mines et d'Entreprises sidérurgiques» in Olten und Kallnach verhüttet werden. Aus den Pro-

duktions- und Verkaufszahlen kann berechnet werden, dass die Roherze einen mittleren Eisengehalt von 25—30 % aufwiesen. Der Eisengehalt der Konzentrate wechselte von 37 bis 44 %. Die total ausgebeutete Erzmenge belief sich nach den Monatsrapporten, welche die Grube dem Büro für Bergbau einzureichen hatte, auf 54 178 Tonnen. An Konzentraten wurden nach Deutschland, Italien und Ungarn im ganzen 18 453 Tonnen verkauft, während 14 792 Tonnen zum Teil in Martigny, zum Teil in Choindez verhüttet wurden.

GEFÖRDERTE ROHERZE UND KONZENTRATE

Tabelle III

Geförderte Roherze		Verkaufte Konzentrate			
Zeit	Tonnen	Zeit	Empfänger	Tonnen	Mittlerer Eisengehalt
1940: April—Oktober	4 792 ¹⁾	1940	Société des Produits Azotés S. A. Martigny	4 792	ca. 37 ‰
1941: August—Oktober	3 836	1940-42	Deutschland	9 805	ca. 40 ‰
1942: Januar—Oktober	26 318	1942	Italien	873	—
		1942-43	Choindez	10 000	ca. 42 ‰
1943: Januar—November	19 232	1942-43	Ungarn	7 774	—
Total	54 178		Total	33 244	ca. 40 ‰

¹⁾ Konzentrate

Nach einer ganz approximativen Schätzung verteilen sich die ausgebeuteten Erze folgendermassen auf die verschiedenen Linsen:

Tabelle IV

Bezeichnung der Linse	Geschätzter Inhalt in Tonnen	Abgebaute Roherze in Tonnen	Erzreserve in Tonnen	Bemerkungen
Linse I	28 000	26 000	2 000	—
Linse II	14 000	13 000	1 000	—
Linse VI	6 000	5 000	1 000	—
Chez Larze	12 000	9 000	3 000	Pyrithaltiges Erz
Couloir Collaud	?	1 000	?	—
Total	60 000	54 000	7 000	—

bb) INVESTITIONEN

Die Abschlussbilanz der «Mines du Mont Chemin S. A.» vom 31. Dezember 1943 wies einen Passivsaldo von rund 3,9 Millionen Franken aus. An Aktiven waren ein kleiner Vorrat an ausgebeuteten Erzen und die Installationen des Bergwerks vorhanden. Die letzteren (Seilbahnen, Baracken, Gebäude, Aufbereitungs-, Kompressoren- und Ventilationsanlagen, Geleise, Rollwagen usw.) standen mit über einer Million Franken zu Buch, konn-

ten aber nur zum kleinsten Teil realisiert werden. Für die Gründung der Gesellschaft und den Erwerb aller Konzessionen wurden etwa Fr. 130 000 ausgegeben. Aus der Bilanz geht im weitem hervor, dass die Mittel für den Bergwerksbetrieb zur Hauptsache durch die Herausgabe von Aktien (Fr. 700 000) und Prämienobligationen (Fr. 1 200 000) sowie durch Bankkredite (Fr. 670 000) beschafft wurden.

cc) GESTEHUNGSKOSTEN UND VERKAUFSRPREISE

Die Ausbeutung der Mont Chemin-Erze war nie ein lukratives Geschäft. Schon Gueymard und Gerlach machten auf die Schwierigkeiten des Bergbaues aufmerksam. Sie hoben aber auch hervor, dass schon zu ihren Zeiten nicht rationell gearbeitet, sondern Raubbau getrieben wurde. Auch während des zweiten Weltkrieges litt der Bergbau unter den gleichen Fehlern und ging daran zugrunde. Die komplizierte Lagerung der Erze und ihr variabler Eisengehalt verlangten einen äusserst sparsamen und zweckmässigen Bergbaubetrieb, wenn er wirtschaftlich sein sollte.

Über die Gestehungskosten der Erze in den Jahren 1842—1858 sind im «Dossier des Forges d'Ardon» und in den Publikationen Furrers und Gerlachs gewisse Angaben erhalten (siehe Seite 93). Diese Zahlen lassen sich nicht ohne weiteres mit den Gestehungskosten zur Zeit des zweiten Weltkrieges vergleichen, weil die Kaufkraft des Frankens inzwischen auf ein Fünftel bis ein Siebentel gesunken ist. Ausserdem wissen wir, dass damals nur die leicht gewinnbaren Erze abgebaut wurden. Es ist immerhin bemerkenswert, dass sich die Gewinnungskosten in der Grube während diesen 16 Jahren wenig geändert haben.

Im Interesse der Eisenversorgung des Landes beschäftigte sich die Studiengesellschaft für die Nutzbarmachung schweizerischer Erzlagerstätten nach dem ersten Zusammenbruch der S. A. du Mont Chemin (Sommer 1940) intensiv mit der Frage der Weiterführung des Bergbaubetriebes bzw. dem Abschluss eines Pachtvertrages. Dem durch den Verfasser erstatteten Gutachten¹⁾ ist zu entnehmen, dass Abbau und Transport bis Martigny pro Tonne Erz (ohne Vorrichtungsarbeiten, Verzinsung und Amortisation der Investitionen) auf rund Fr. 20. — geschätzt wurden.²⁾ Die Kosten der Vorrichtungsarbeiten der Linsen I, II und VI und ebenso die Verzinsung und Amortisation des investierten Kapitals wurden damals zu niedrig angenommen, weil es sich später herausstellte, dass diese Linsen wesentlich weniger Erze enthielten, als auf Grund der ersten provisorischen magnetometrischen Schätzung angenommen wurde. Unter der Voraussetzung eines rationellen und fachmännischen Bergbaubetriebes wurden die Gesamtkosten pro Tonne Konzentrat, franko Station Martigny, unter den damaligen Verhältnissen auf rund Fr. 45. — geschätzt, während sie tatsächlich noch höher waren.

Im Auftrag des Büros für Bergbau, das Mittel und Wege suchte, um den Erzabbau nach dem endgültigen Zusammenbruch des Dormann-Konzerns weiterzuführen, berechnete Ing. Knobel, Direktor der Firma Losinger & Co. in Lausanne, im Juli 1943³⁾ die totalen Gestehungskosten pro Tonne angereichertes Erz auf Fr. 52. — und schlug zur Verminderung des Bergbaurisikos vor, die Ausbeutung «in Régie co-intéressée» durchzuführen.

1) Die Wirtschaftlichkeit des Bergbaus am Mont Chemin, Bericht vom 19. Juni 1940.

2) Die Stundenlöhne betrugen damals: für den Mineur (Hauer) Fr. 1.30; für den Handlanger Fr. —.80 bis Fr. —.90.

3) Rapport vom 22. Juli 1943. Die Mineurlöhne waren auf Fr. 1.90 pro Stunde, die Handlangerlöhne auf Fr. 1.50 pro Stunde gestiegen.

Die Verkaufspreise franko Martigny, auf der Basis eines Eisengehaltes von 50 %, welche die S. A. du Mont Chemin erzielte, variierten pro Tonne Konzentrat zwischen Fr. 25. — und Fr. 42. —. Es ist selbstverständlich, dass der Bergbau unter diesen Verhältnissen, sogar während der Zeit des grössten Eisenmangels, nicht wirtschaftlich betrieben werden konnte, wobei allerdings zu berücksichtigen ist, dass die Bergbaugesellschaft in technischer und kaufmännischer Beziehung ungenügend geleitet wurde.

3. Chemischer und physikalischer Charakter der Erze

Bis zum zweiten Weltkrieg wurde die Qualität der Mont Chemin-Erze stark überschätzt. Schon Gerlach [9] spricht von einem Magneteisenstein von vorzüglicher Güte. Da es infolge der unkonstanten Erzführung der Lagerstätte schwer ist, Schlitzproben zu entnehmen, die ein richtiges Mittel ergeben, wurde die chemische Zusammensetzung der Erze auf Grund von Einzel-(Pick-)Proben beurteilt, wobei man die Analysen der eisenarmen Skarne vernachlässigte, weil man von der Annahme ausging, dass dieselben für den Abbau nicht in Betracht kommen. So kam es, dass in der bisherigen Literatur über die Lagerstätte Eisengehalte von 50—67 % zu finden sind, während nach den Erfahrungen des zweiten Weltkrieges der mittlere Eisengehalt der Erze bedeutend tiefer liegt.

Über die chemische Zusammensetzung der Erze orientiert Tabelle V. Massgebend für die Beurteilung des Eisengehaltes der Lagerstätte, soweit sie während des zweiten Weltkrieges ausgebeutet wurde, sind die Analysen der an die Ludw. von Roll'schen Eisenwerke gelieferten Konzentrate Nr. 7 und 8 in Tab. V, die zum grössten Teil aus den Linsen I und II stammten. Der Vergleich der Säuren und Basen zeigt bei den Einzelproben einen starken Säureüberschuss. Die Konzentrate, die als Mittelproben zu bewerten sind, besitzen

Tabelle V

Nr.	Art und Ort der Probeentnahme	Fe	Mn	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	P	S	Analyse mitget. von
1	Einzelprobe (Les Planches)	62,79	—	9,06	0,74	0,87	0,27	—	—	Bischoff 1848
2	Einzelprobe (Couloir Collaud)	54,44	—	17,18	1,39	2,00	0,51	—	—	Bischoff 1848
3	Einzelprobe (La Tetaz) ¹⁾	67,7	0,16	8,66	2,25	0,059	0,19	0,018	0,5	Stud.-Ges. 1921
4	Einzelprobe (Le Planard)	59,6	0,14	2,09	3,72	3,76	3,18	0,027	0,15	Stud.-Ges. 1921
5	Einzelprobe (Chez Larze)	54,2	—	15,13	—	—	—	0,034	0,07	Stud.-Ges. 1918
6	Mittelprobe Skarn (Couloir Collaud)	20,45	1,08	44,12	8,13	13,16	3,45	0,17	0,02	Stud.-Ges. 1919
7	Mittelprobe Konzentrat . . . (Linsen I und II)	44,00	0,15	16,42	1,64	4,8	11,8	0,08	0,41	von Roll 1943
8	Mittelprobe Konzentrat . . . (Linsen I und II)	41,8	0,17	17,69	2,47	5,00	13,2	0,18	0,38	von Roll 1943

¹⁾ Südlich des heutigen Le Cotentin

dagegen einen wesentlich höheren MgO-Gehalt, so dass sich ihr Säureüberschuss auf rund 2 % vermindert. — Der Phosphorgehalt der Einzelproben liegt unter 0,05 % und beträgt für die Konzentrate 0,08 bis 0,18 %. — Der Schwefelgehalt ist sehr unterschiedlich. Da insbesondere die Linsen von Chez Larze viel Pyrit enthielten, musste der letztere durch Handscheidung entfernt werden. Die Gehalte an Blei, Arsen, Kupfer, Zink und Titan, die für eine grössere Zahl von Proben durch die Studiengesellschaft bestimmt wurden, sind sehr gering und spielen für die Verhüttung keine Rolle. Aus den Analysen geht hervor, dass es möglich ist mit den Mont Chemin-Erzen ein Roheisen zu erzeugen, das knapp an der Grenze eines Hämatitroheisens liegt.

Die Schätzung des mittleren Eisengehaltes der einzelnen Linsen wird durch ihre unkonstante Erzführung, die ihrerseits durch die Genesis der Lagerstätte bedingt ist, ungemün erschwert. Im Gegensatz zu den früheren Ansichten hat der Bergbau des zweiten Weltkrieges gezeigt, dass der mittlere Eisengehalt der Linsen I, II und VI nur 25—30 % betrug.

Die Magnetite von Couloir Collaud und Chez Larze sind massig, von schwarzer Farbe und metallischem Glanz, sehr hart und mit dem Hammer schwer spaltbar. Die Linsen von Les Planches enthalten einen Magnetit von körniger Beschaffenheit und grauer Farbe, der sich talkig anfühlt. — Das scheinbare spezifische Gewicht des Erzes, das für die Berechnung der Erzreserven massgebend ist, ist etwas höher als das wahre spezifische Gewicht, weil die Erze kleine Risse und Hohlräume aufweisen. Es wurde von Ing. Wohlers im Auftrage der Studiengesellschaft seinerzeit im Mittel zu 4,0 bestimmt.

4. Verhüttung

a) IM HOLZKOHLEN-HOCHOFEN

Der erste Holzkohlen-Hochofen, in welchem die Mont Chemin-Erze verhüttet wurden, stand bei Les Valettes und scheint bis 1825 betrieben worden zu sein. Über die Verhüttung und das gewonnene Roheisen macht Gueymard [2] die folgenden Angaben:

«Les pyrites qu'elle (la mine) contient, donnent quelquefois une mauvaise qualité de fer. Le minerai, d'une fusion difficile, exige beaucoup de combustible, et la fonte est presque toujours grise, à gros grains, d'une contexture poreuse. Elle ne peut être moulée que lorsqu'il s'agit d'objets qui ne demandent aucune délicatesse dans leur forme, en sorte que son usage est assez borné. De plus, elle est difficile à traiter dans les raffineries, vu la grande quantité de carbone qu'elle contient.»

Wegen diesen Verhüttungsschwierigkeiten wurden die Mont Chemin-Erze später mit den Erzen von Chamoson vermischt, und zwar bestand die Mischung nach einem Schreiben, das sich unter den Akten der Hammerwerke von Ardon befindet, aus einer Tonne Chamoson-Erz und einer halben Tonne Mont Chemin-Erz.

Im Jahre 1827 wurde die «Compagnie des Forges d'Ardon» (siehe Seite 92) gegründet, die Berg- und Hüttenwerk aus dem Nachlass Pinçons erwarb und in Ardon einen neuen Hochofen baute. Die Roheisenproduktion betrug in den guten Jahren (um 1840) bis 1700 Tonnen jährlich [45, Seite 139], von dem der grösste Teil in die Frischfeuer kam und in schmiedbares Eisen umgearbeitet wurde. Nur ein kleiner Teil diente zur Herstellung von Gußstücken.

Das in den Verhüttungsanlagen investierte Kapital belief sich im Jahre 1827 auf 350 000 Schweizer Franken. Im Jahre 1835 wendete die «Compagnie des Forges d'Ardon» weitere 100 000 Franken an die Erstellung eines Walzwerkes. Im Jahre 1843 befanden sich die Anlagen im Besitze der «Société Kohler & Co.» und bestanden aus einem Hochofen, einer Giesserei, einem Frischofen, zwei Schmieden, zwei grossen Hämmern, zwei Walzwerken und einer Konstruktionswerkstätte. Der Wert des ganzen Werkes wurde auf 800 000 Franken geschätzt. Es beschäftigte eine Belegschaft von durchschnittlich 500 Arbeitern und war für den Kanton Wallis von beträchtlicher wirtschaftlicher Bedeutung. Infolge der Konkurrenz des ausländischen Eisens musste das Werk nach dem Bau der Eisenbahnen liquidiert werden.

b) IM ELEKTRO-OFEN

Nachdem im Frühling 1940 der Bergbau durch die S. A. des Mines du Mont Chemin aufgenommen worden war, entschloss sich das auf Veranlassung der Sektion für Eisen und Maschinen gegründete «Konsortium für die Verhüttung schweizerischer Eisenerze» Verhüttungsversuche mit den gewonnenen Erzen in den Niederschachtöfen der «Société des Produits Azotés» (SPA) in Martigny durchzuführen. Zur Verbesserung der Roheisenversorgung des Landes beabsichtigte das Konsortium die Verhüttung dieser Erze in grösserem Maßstabe aufzunehmen, sobald es sich gezeigt hatte, dass mit ihnen ein Roheisen von befriedigender Hämatitqualität erzeugt werden kann. Am Konsortium waren sämtliche der Studiengesellschaft für die Nutzbarmachung schweizerischer Erzlagerstätten angeschlossene Firmen der Eisenindustrie beteiligt. Die Versuche stützten sich auf die Erfahrungen, welche die Studiengesellschaft drei Jahre früher im Werk Burgholz der Berner Elektro-Chemischen Werke gemacht hatte¹⁾ und



Fig. 27. Roheisen aus Mont Chemin-Erzen (S. P. A. Martigny).

wurden durch Dr. E. Schaffner, Choindez, in mustergültiger Weise geleitet. Infolge des Mangels an Hüttenkoks hatten die Versuche auch darüber Aufschluss zu geben, ob es möglich sei, die Reduktion mit Gaskoks, Koksgries und Walliser Anthrazit durchzuführen.

Der Verhüttungsbetrieb wurde am 1. Mai 1940 aufgenommen und nach befriedigenden Ergebnissen der Versuchsperiode bis zum 24. Oktober 1940 durchgeführt. Leider stand von diesem Termin an keine elektrische Energie mehr zur Verfügung. Während dieser Zeit wurden im ganzen 4792 Tonnen Mont Chemin-Konzentrate verhüttet, die eine Produktion (Fig. 27) von:

¹⁾ Siehe Jubiläumsschrift «Die Studiengesellschaft für die Nutzbarmachung der schweizerischen Erzlagerstätten 1918—1943» [48 a].

1 390 615 kg Masseln und
411 344 » Klötzen und Rinneisen

d. h. Total 1 801 959 kg Roheisen mit folgenden Analysen ergaben:

	Si	Mn	P	S
Maximum	5 %	2 %	0,2 %	0,05 %
Minimum	0,5 %	0,2 %	0,08 %	Spur
Mittel	2—3 %	0,4—0,6 %	0,1—0,15 %	0,01—0,03 %

Sofern Klötze und Rinneisen als vollwertiges Roheisen betrachtet werden, betrugen die Produktionskosten pro Tonne rund Fr. 240.—, wobei die elektrische Energie zu 0,8 Rp./kWStd. abgegeben wurde.

Wegen der Unregelmässigkeit der Erzlieferungen und dem Zusammenbruch der Bergbaugesellschaft im Herbst 1940 verzichtete das Konsortium darauf, die Verhüttung in den folgenden Jahren in Martigny weiterzuführen. Dagegen wurden später Gonzen-, Fricktaler-, Delsberger- und teilweise auch Mont Chemin-Erze in den elektrischen Öfen von Flums, Bex und Choindoz verhüttet.

5. Die vorhandenen Erzreserven

a) FRÜHERE SCHÄTZUNGEN

In seiner im Jahre 1910 erschienenen Arbeit über die Eisenerzvorräte der Schweiz teilt C. Schmidt bezüglich des Vorkommens von Mont Chemin das Folgende mit: «Innerhalb mehrerer, dicht gedrängt parallel verlaufender Marmorzüge liegen eisenreiche Linsen von Hornblendefels, innerhalb welcher stellenweise fast reine Magnetit-Nieren sich herausbilden. Die Unregelmässigkeit in der Art des Auftretens und der gegenseitigen Verdrängung von Marmor und Hornblendefels, die vollständige Regellosigkeit, in welcher die magnetitreichen Linsen innerhalb der letzteren auftreten, machen jede irgendwie zuverlässige Schätzung hinsichtlich der in der Erzzone vorhandenen Erzmenge unmöglich. Die vorhandenen Aufschlüsse sind zudem äusserst mangelhaft.» Er fügt dann weiter hinzu: «Immerhin ist versuchsweise folgende Berechnung angestellt worden: Die ganze erzführende Zone in nordöstlicher Richtung zwischen Drance und Rhonetal ist in einer Mächtigkeit von zirka 100 m auf eine Länge von zirka 2 km und eine Tiefe von 600 m nachgewiesen. Die Marmor- und Erzzüge dieser Zone betragen vielleicht 10 Millionen m³; nach den vorhandenen Aufschlüssen nimmt der Hornblendefels zirka den zehnten Teil des Marmors ein, also zirka 1 Million m³. Mehr als den zehnten Teil können wir kaum als Magnetit rechnen. Wir hätten also in der ganzen Masse von 10 Millionen m³ etwa 100 000 m³ Erz von zirka 50 % Eisengehalt, d. h. 400 000 Tonnen Erz entsprechend 200 000 Tonnen Roheisen.» In seinen spätern Publikationen hat der Autor diese Zahlen ohne jede Abänderung immer wiederholt.

Der frühere schon erwähnte Ing. Bönrand, der die Lagerstätte im Jahre 1918 untersuchte, um im Auftrage des Konzessionärs J. Métral deren Wert zu bestimmen, berichtet in seinem «Etude géologique et minière» [55]: «Comme le dépôt de carbonate de fer avant de s'être transformé en magnétite s'est primitivement déposé sous forme de sédiment, sur une étendue considérable, on peut être certain que la couche de magnétite accompagne les

strates de gneis sur de très grandes distances et ne prend peut-être fin qu'au moment où cette roche cesse d'exister. On peut donc conclure qu'horizontalement, vers l'Est, dans le sens de sa direction, la couche s'étend jusqu'à l'endroit où le gneis est recoupé par d'autres terrains. — Vers l'Ouest elle doit très probablement se retrouver de l'autre côté de la Dranse, dans les contreforts du Mont Catogne, formés par les mêmes gneis du Mont Chemin. Dans le sens de la profondeur, il est à peu près certain que ce gisement est exploitable bien au-dessous du niveau de la Dranse, car tout fait supposer que les strates de gneis plongent très profondément.» Bornand will aber für seine Berechnungen nur den Teil der Lagerstätte berücksichtigen, die über der Dranse liegt. Auf diese Weise berechnet er die totale Lagerfläche zu 2 Millionen m². Nach seinen Annahmen wechselt die Mächtigkeit des durchgehenden Lagers zwischen 0,8 m und 4,00 m. Um allen Möglichkeiten gerecht zu werden, nimmt er eine mittlere Mächtigkeit von 0,6 m an. Auf diese Weise errechnet er einen totalen Erzvorrat von 1 200 000 m³, zieht von demselben «sicherheitshalber» noch 20 % ab und kommt mit dem mittleren spezifischen Gewicht 5 auf 4 800 000 Tonnen Erz. Diese phantasievolle Schätzung ist nur zu verstehen, wenn man berücksichtigt, welchen Zweck sie verfolgte.

b) NEUE SCHÄTZUNG

Alle früheren Schätzungen gehen von der Annahme aus, dass die Lagerstätte aus einem eisenschüssigen Sediment-Komplex bestehe, der nachträglich aufgerichtet worden sei und die Wirkung einer sehr intensiven Metamorphose erfahren habe. Prof. Dr. Emil Hugi war der erste, der auf Grund seiner Untersuchungen [26] einwandfrei nachwies, dass die Lagerstätte ihre Entstehung pneumatolytisch-hydrothermal-metasomatischen Einwirkungen der Granitintrusionen verdankt. Nach Hugi muss angenommen werden, dass die Marmoreinlagerungen ursprünglich Kalklinsen in tonigen oder sandigen Gesteinen waren, die den Dämpfen als Absorptions- und Kondensationsmittel dienten. Die Nebengesteine (Gneise und Glimmerschiefer) wurden nur schwach imprägniert. Nach dieser Genesis darf keine konstante Erzführung erwartet werden. Die Unregelmässigkeit der Lagerstätte wurde zudem durch die nachträgliche Verschuppung und Verschiebung der Erznester infolge der alpinen Gebirgsbildung noch wesentlich verstärkt.

Die Erfahrungen des Bergbaus während des letzten Weltkrieges haben diese Auffassung in jeder Beziehung bestätigt. Die innerhalb bestimmter erzführender Zonen liegenden Erzanhäufungen sind gegeneinander verschoben und verschert und sollten eigentlich nicht als Linsen, sondern eher als unregelmässig ausgebildete Nester erzhaltiger Gesteine bezeichnet werden. Ebenso wenig wie diese Erzanhäufungen nach Form und Inhalt einem Gesetz gehorchen, gilt dies auch für den Eisengehalt der Erze. Unmittelbar aneinander grenzende Erzkomplexe können, ohne von blossen Auge wahrnehmbare Unterschiede aufzuweisen, in ihrem Eisengehalt von 20—60 % variieren. Diese Eigenart der Mont Chemin-Erze erschwert Abbau und Handscheidung ganz beträchtlich.

Unter diesen Verhältnissen ist es begreiflich, dass eine Schätzung des vorhandenen Erzvorrates unmöglich ist. Als sicher vorhandene Reserven dürfen nur die in Tabelle IV aufgeführten 7000 Tonnen betrachtet werden. Es ist zwar anzunehmen, dass Erzimprägnationen auch in tiefergelegenen Zonen vorhanden sind. Unter gewissen Voraussetzungen wäre es möglich, dieselben mit Hilfe von magnetischen Sondierungen festzustellen (siehe II. Kapitel). Da die magnetische Vermessung jedoch keinen Aufschluss über die Qualität der Erze zu geben vermag, müssten diese Sondierungen durch bergmännische Aufschlussarbeiten nachgeprüft werden.

6. Zusammenfassung

1. Während früher angenommen wurde, dass die Magnetit-Lagerstätte am Mont Chemin aus einem nachträglich aufgerichteten eisenschüssigen Sediment-Komplex bestehe, der die Wirkung einer intensiven Metamorphose erfahren habe, wurde durch die Untersuchungen Hugis einwandfrei nachgewiesen, dass die Entstehung des Vorkommens auf pneumatolytisch-hydrothermal-metasomatische Einwirkungen der Granitintrusionen zurückzuführen ist.
2. Die ausserordentlich schwierigen Bergbauverhältnisse, die den wirtschaftlichen Abbau der Erze während des zweiten Weltkrieges stark beeinträchtigten, sind durch die Genesis der Lagerstätte bedingt, obwohl in bemerkenswerter Weise auch für diesen Bergbau das Urteil Gueymards ¹⁾ zutrifft.
3. Auch die Zusammensetzung der Erze und ihr unregelmässiger Eisengehalt hängt mit der Entstehung der Lagerstätte zusammen. Es sind an einzelnen Stellen allerdings «Erze von ganz vorzüglicher Qualität», wie sich Gerlach ausdrückt, vorhanden. Die Bergbauerfahrungen des zweiten Weltkrieges haben aber gezeigt, dass der mittlere Eisengehalt der ausgebeuteten Linsen nur zu 25—30 % angenommen werden darf. Die Erze müssen daher durch Magnetscheidung angereichert werden.
4. Über die vorhandenen Erzreserven kann, mit Ausnahme der vorgerichteten zirka 7000 Tonnen nichts bestimmtes ausgesagt werden. Es darf angenommen werden, dass die Lagerstätte in grösserer Tiefe noch weitere Erzlinsen enthält. Da die Mont Chemin-Erze neben den Bohnerzen und den Gonzenerzen die einzigen schweizerischen Eisenerze sind, aus denen Hämatitroheisen erzeugt werden kann, empfiehlt es sich, die Lagerstätte aus kriegswirtschaftlichen Gründen durch magnetische Feldmessungen noch eingehender zu untersuchen. Nach dem Abbau der an der Oberfläche gelegenen Linsen I, II und VI besteht die Möglichkeit, eventuell vorhandene tiefere Linsen, die früher durch die ausgebeuteten Linsen überdeckt waren, zu erkennen und zu lokalisieren. Ebenso sollten die im Couloir Collaud festgestellten Anomalien, die unter Umständen auf Erzkomplexe zurückzuführen sind, genauer untersucht werden. — Es muss aber darauf aufmerksam gemacht werden, dass die magnetischen Untersuchungen allein zur Feststellung von Erzmenge und Erzqualität nicht genügen.
5. Unter normalen wirtschaftlichen Verhältnissen muss die Abbauwürdigkeit der Lagerstätte verneint werden. In Kriegs- und Mangelzeiten kann sie, je nach dem Ergebnis der empfohlenen Untersuchungen für die schweizerische Eisenindustrie eine gewisse Bedeutung erlangen.

¹⁾ «Cette mine a été exploitée depuis longtemps, par diverses sociétés, mais toutes ont éprouvé des pertes. Il est difficile de prouver, si ces pertes doivent leur origine à une mauvaise administration, ou bien à la nature de la mine.»

B.

Anhang: Übrige Magnetitlagerstätten

(Hügi-Huttenlocher)

1. Allgemeine Bemerkungen

Im Anschluss an die eingehende Beschreibung der Magnetitlagerstätten des Mont Chemin seien die übrigen schweizerischen Magnetitfundstellen in einem Anhang der Vollständigkeit halber erwähnt. Es handelt sich dabei um die Vorkommen im *Simplongebiet* und um dasjenige von *Punteglias*. Angaben über das letztere, in praktischer Hinsicht unbedeutende Vorkommen, erübrigen sich in diesem Zusammenhang, da C. Friedländer in seiner Publikation «Die Erzvorkommnisse des Bündner Oberlandes und ihre Begleitgesteine» die Magnetitlagerstätte von *Punteglias* bereits beschrieben hat¹⁾. Wir können uns daher im Nachstehenden auf die Magnetitlagerstätten im Simplongebiet beschränken. Während und nach dem ersten Weltkrieg durchgeführte Untersuchungen haben ergeben, dass keines der Vorkommen des letztgenannten Gebietes abbauwürdige Erzmengen führt. Eine im Jahre 1942 an das Büro für Bergbau des KIAA gerichtete Anfrage bot einzig Anlass zu einem Besuch des Langtales und insbesondere des Magnetitvorkommens am Helsen.

Die verschiedenen Vorkommen werden nachfolgend anhand des alten, unveröffentlichten Gutachtenmaterials und anhand der übrigen Literatur kurz beschrieben.²⁾ Auf die geologischen und lagerstättenkundlichen Verhältnisse kann hier nur soweit eingetreten werden, als dies zur Begründung der bergwirtschaftlichen Schlussfolgerungen notwendig ist. Eine erneute Sichtung des seinerzeit von Herrn Prof. Hügi gesammelten, im Mine-

¹⁾ Siehe Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechn. Serie, XVI. Liefg., Heft 1, Bern 1930.

²⁾ Weitere petrographisch-geologische Angaben über die Magnetitvorkommen im Simplongebiet können den folgenden, bei der Abfassung dieses Anhangs benutzten Arbeiten und den darin erwähnten Publikationen entnommen werden:

Schmidt C. und Preiswerk H., Geologische Karte der Simplongruppe 1:50 000, Beitr. z. Geologie der Schweiz, Spez. Karte Nr. 48 mit Erläuterungen Nr. 6, Bern 1908.

Weber J. und Schardt H., Geologisches Gutachten über versch. Eisenerzlagerstätten im Kt. Waadt und im Wallis, IV Eisenbergwerk von Ober-Stafel bei Berisal (Simplon), 14. 2. 1918. Manusk. im Archiv der Studienges. f. d. Nutzbarmachung d. schweizerischen Erzlagerstätten.

Die Magnetitvorkommen im Simplongebiet: Geologische Studie von Staub W. und Bergmännische Studie von Wohlers J., Okt. 1921 bzw. Febr. 1921. Beide Manuskripte im Archiv der Studienges. f. d. Nutzbarmachung d. schweiz. Erzlagerstätten.

Hügi E., Über ein neues schweizerisches Vorkommen von Alkalihornblende, Schweiz. min. u. petr. Mitt., Bd. 7, p. 179–206 (1927).

Bader H., Beitrag zur Kenntnis der Gesteine und Mineralagerstätten des Binnentales, Schweiz. min. u. petr. Mitt., Bd. 14, p. 319–441 (1934).

† Hügi E. und Hirschi H., Die metamorphen, erzführenden, radioaktiven Gesteine von Feldbach (Binnental), Schweiz. min. u. petr. Mitt., Bd. 18, p. 12–36 (1938).

Glauser A., Bericht über das Magnetitvorkommen am Helsenhorn (Binnental). Bericht Nr. 2040, 21 des Büro für Bergbau des KIAA vom 18. 8. 1942 (Manuskript).

ralogisch-petrographischen Institut der Universität Bern deponierten Materials berechtigt zur Annahme, dass eine detaillierte petrographische Untersuchung der Vorkommen in wissenschaftlicher Hinsicht noch interessante Ergebnisse zeitigen dürfte.

Die Magnetitvorkommen im Simplongebiet lassen sich einteilen in:

- a) Magnetitvorkommen am *Helsen* und bei *Fleschstaffel* ¹⁾.
- b) Magnetitvorkommen bei *Feldbach* und bei *Schmiedmatten*.

2. Die Magnetitvorkommen im Simplongebiet

a) DIE MAGNETITVORKOMMEN AM HELSEN UND BEI FLESCHSTAFFEL

Das Magnetitvorkommen am *Helsen* befindet sich am nördlichen Ende des Helsengrates in den Felsbändern am oberen Rande der Schutthalden zirka zwischen 2300 und 2350 m (vgl. hierzu Fig. 28 und Landeskarte der Schweiz 1 : 50 000, Normalblatt 550 V. d'Antigorio-W oder TA Blatt 498).

Man gelangt zu den alten Stollen von Heiligkreuz aus, über Brand und unterhalb Kummembord abbiegend nach Osten über die Geröllhalden am Nordabhang des Helsengrates.

Die Magnetitlagen und -linsen, die in etwa sechs Schürfen und kurzen Stollen abgebaut worden sind, liegen in einer aplitischen Ausbildung des Monte Leone - Gneises (Monte Leone-Decke). Ein gut gebankter, parallel struierter aplitischer Granit bildet das Hangende der Stollen, während man im Liegenden, soweit dieses nicht durch Schutt überdeckt ist, einen mehr schlierigen, porphyrisch struierten Gneistyp antrifft. Das Erz ist diffus im Gestein eingesprengt oder es bildet kurzanhaltende Magnetitschnüre oder -linsen von höchstens 4 cm Mächtigkeit. Die Mächtigkeit der Zone, in der seinerzeit der Abbau erfolgte, beträgt nur wenige Meter.

Das Erz wird stets vom *Epidotfels* begleitet, der zusammen mit pegmatitischen Quarzgängen als Produkt der alpin metamorphen Verformung

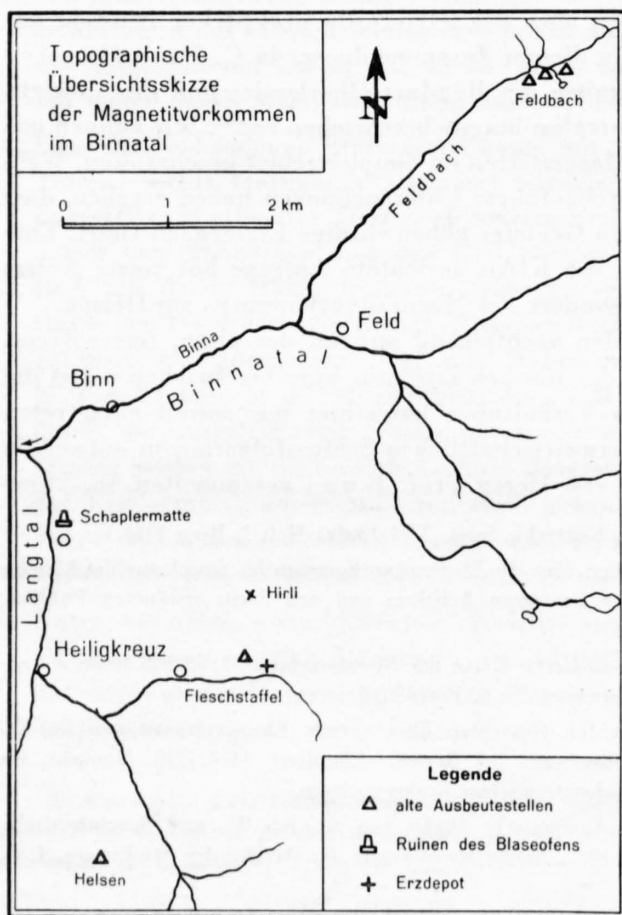


Fig. 28.

anzusehen ist. Ausserdem bestehen deutlich erkennbare Zusammenhänge zwischen Erz und Mineralklüften mit folgendem Inhalt: *Turmalin*, *Biotit*, *Adular*, *Periklin*, *Epidot*, *Kalkspat*, *Quarz* und *Pyrit*.

¹⁾ Ortsbezeichnung gemäss Landeskarte der Schweiz 1 : 50 000 identisch mit Fleschen des TA.

Das Magnetitvorkommen von *Fleschstaffel* weist mehrere alte Schürfstellen auf, die am Südfuss des Hirli in zirka 2180 m oberhalb des Alpweges nach Fleschstaffel liegen (vgl. hierzu Fig. 28 und Landeskarte der Schweiz 1 : 50 000 Normalblatt 550 V. d'Antigorio-W oder TA Blatt 498). In einem granitartigen Gneis von unruhig-schlierigem Aussehen ist das Erz eingesprengt und es bildet in der stärksten Anreicherung bloss 2—3 cm mächtige, *pyritführende Magnetit-Linsen*. Helle granit-aplitische Gänge durchsetzen biotitreiche Gneispartien.

Die kleinen Erzlinsen treten am Helsen etwas zahlreicher auf als bei Fleschstaffel. Da diese kurz charakterisierten Erzvorkommen zudem in einer Höhe von über 2000 m ü. M. in abgelegenen Alpentälern liegen, so darf man derartige Magnetitvorkommen mit Sicherheit als nicht abbauwürdig bezeichnen.

b) DIE MAGNETITVORKOMMEN BEI FELDBACH UND BEI SCHMIEDMATTEN

Bei *Feldbach* ¹⁾, zirka 6 km NE von Binn, führen die hochmetamorphen Triasdolomite, die ihrer einzigartigen Mineralisation wegen in Fachkreisen längst weltbekannt geworden sind, Erz. Mit dem Abbau des Feldbacher Magnetitierzes wurde im Jahre 1731 begonnen. Der verlustreiche Bergbau ging bereits 1757 wieder ein. Bis heute baute man die Eisenerze von Feldbach, die zusammen mit denjenigen von Helsen und Fleschstaffel in einem Blaseofen bei Schaplermatte im Langtal verhüttet wurden, nicht mehr ab.

Der erzführende, 15—30 m mächtige Triasdolomit bildet das Liegende der Monte Leone-Decke. Den Dolomit selbst unterlagern biotitreiche, stellenweise granatführende Bündner Schiefer. Darin finden sich Aplites sowie Dolomiteinlagerungen in Geröll- und Schuppenformen. Die Bündner Schiefer werden durchsetzt von turmalinführenden Quarzgängen und -adern und enthalten Einlagerungen von metamorphen basischen Eruptivgesteinen (Ophiolithe, Grünschiefer, Giltstein). Im Hangenden des Dolomitlagers erscheint ein stark gepresster, biotitführender Augengneis, der dem Eistengneis von Schmiedmatten entspricht (vgl. Seite 112).

Im Lager des feinkristallinen, zuckerkörnigen *Dolomitmarmors* erweisen sich einzelne Horizonte, besonders die mittleren als vererzt, und zwar wird der *Magnetit* meist von *Pyrit* begleitet. Die chalkographische Untersuchung ergab, dass der Magnetit ausserdem Beimengungen von *Hämatit* und *Kupferkies* enthält. Der in der Hauptsache den Erzträger bildende Dolomitmarmor weist folgende Zusammensetzung auf: MgO = 20,7 %, CaO = 31,6 %, CO₂ = 47,7 %. Die Vererzung folgt im allgemeinen dem Streichen der Bänke (N 60° E, Fallen 55—65° SE). Die Erzbänder messen z. B. 5—10 cm und erscheinen oft quer verworfen. Man beobachtet aber auch diffus im Dolomit verteilte Erzschiefer. Im Dolomitlager sind ferner kupferkiesführende Quarzgänge festgestellt worden. Als weitere Erzträger wären diesem Triasdolomitband als Linsen eingelagerte *albitführende Quarzite* und *Albit-Biotit-Muskovitfelse* zu nennen.

Auf Grund vergleichender petrographischer und chemischer Untersuchungen hält H u g i (lit. cit.) solche Albit-Glimmerfelse für hochmetamorphe basische Eruptiva, die sich besonders durch hohen Natrongehalt (Albitisierung), auszeichnen. Vermutlich handelt es sich um kleine, linsen- und schlierenförmige, posttriadische (wahrscheinlich jurassische) Intrusionen dieser basischen Magmen in den Dolomit, mit denen möglicherweise die Vererzung des Triasdolomites in Verbindung zu bringen ist.

¹⁾ Vgl. hierzu Fig. 28 und Landeskarte der Schweiz 1 : 50 000 Normalblatt 530 Nufenenpass -W oder TA Blatt 494.

Die während des Weltkrieges 1914—18 auf Veranlassung des Schweiz. Bergbaubüros letztmals durchgeführte Untersuchung des Feldbacher Erzvorkommens ergab, dass dieser Magnetitlagerstätte keine praktische Bedeutung zukommt. Vom alten Bergbau her sind nur noch spärliche Reste des reichlich schwefelhaltigen Erzes übriggeblieben. Das Erz dürfte bloss $\frac{1}{10}$ des Fördergutes ausmachen.

Das oben erwähnte, bei Feldbach erhaltige Dolomitband ist in seiner streichenden Fortsetzung zunächst erzfrei und weist zirka 18 km weiter westlich bei *Schmiedmatten* erneut Erzimprägnationen auf. Dieses Erzvorkommen liegt am Nordhang des Gantertales gegenüber Berisal (an der Simplonstrasse) in 1950—2050 m Höhe, und zwar nördlich oberhalb der Alp Schmiedmatten (vgl. hierzu Fig. 29 und Landeskarte der Schweiz 1:50 000 Normalblatt 549 Visp- E oder TA Blatt 497). Die Trias ist hier in drei Bänder unterteilt, die zwischen Bündner Schiefer der Bedrettomulde und den Eistengneis eingelagert sind. Der Eistengneis erweist sich U M als ein quarzreicher, turmalinführender Muskovit-Biotit-Augengneis. Vom Ganterbach am nördlichen Talhang gegen die Rosswald-Alp hinaufsteigend trifft man nachstehende Schichtfolge an:

1. Gantergneis,
2. *Triasmarmor*, zirka 20 m mächtig,
3. Bündner Schiefer der Eistenmulde, zirka 200 m,
4. *Triasmarmor* mit Magnetit, zirka 30 m,
5. Eistengneis, zirka 100 m,
6. *Triasmarmor*, zirka 40 m,
7. Graue Bündner Schiefer der Bedrettomulde.

Da wo das mittlere Triasband oberhalb Schmiedmatten die «Bisse» von Alp Rosswald quert, enthält der *Dolomitmarmor* lagenweise *Erzimprägnationen*, die in letzterem auf eine Länge von zirka 300 m anhalten. Makroskopisch erscheint der Triasmarmor durch den Wechsel von quarz- und erzreichen Lagen gebändert. Dieser gebänderte Marmor erhält ausserdem durch reichliche Führung einer dunkelvioletten Hornblende ein ganz besonderes Gepräge. Mikroskopisch stellt sich zu dem richtungslos verzahnten Quarz-Dolomit-Aggregat ausser der Alkalihornblende noch Phlogopit, Antigorit und Albit ein. Zirka 40 m

über der «Bisse» erscheint die Erzführung in Linsenform (maximal zirka 4 m mächtig). Diese Erze wurden um die Mitte des vorigen Jahrhunderts letztmals abgebaut. In zwei kurzen, streichenden Stollen konnten insgesamt etwa 30 t Erz ausgebeutet werden.

Die Untersuchungen von Hug i (lit. cit.) ergaben, dass das Erz vorwiegend *Hämatit* und nur zum kleineren Teil *Magnetit* enthält. Nach der Ausbildung und der Anordnung der Erze zu schliessen, wäre der Hämatit später gebildet worden als der Magnetit. Die mit Erz imprägnierten Bänder sind in charakteristischer Weise

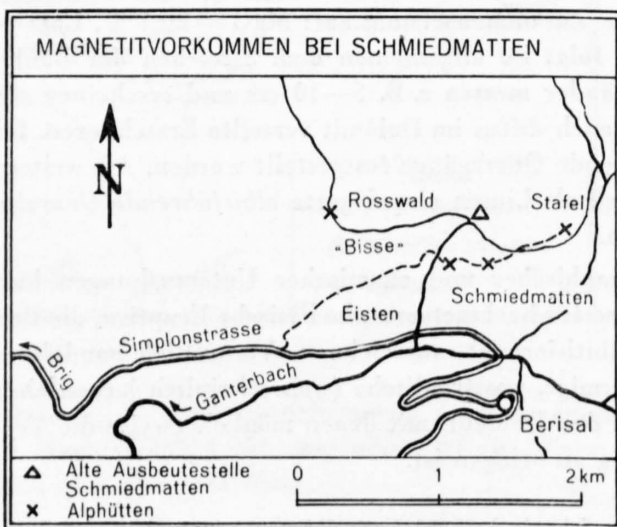


Fig. 29.

von *Alkalihornblende* begleitet. Die Hornblenden stellen sich besonders in hämatitreichen Partien ein. Nach H u g i (lit. cit.) handelt es sich bei der Alkalihornblende um ein dem *Rhodusit* nahestehendes, ferrreiches Endglied der Gastaldit-Crossitreihe. Dieser Autor nimmt für die *Hämatit-Magnetit-Lagerstätte* von *Schmiedmatten* eine kontaktmetamorphe Bildungsweise an. Da Linsen ophiolithisch-metamorpher Grünschiefer den Triasdolomit begleiten, oder, wie zum Beispiel am Saflischpass, dem Dolomit als Linsen eingelagert sind, so ist die Ursache der Natron- und Eisenanreicherung bei Schmiedmatten in der Anwesenheit der Ophiolithe und in stattgehabten Kontaktwirkungen zwischen letztern und dem Dolomit zu suchen. Die vollständige Albitisierung gewisser Partien des Triasdolomitmarmors von Schmiedmatten und das Vorkommen Albit-pegmatitischer Bildungen bekräftigen diese genetische Interpretation. So füllt ein Biotit-Albitgestein als posttektonische, pegmatitähnliche oder hydrothermale Neubildung Klüfte und Spalten des Marmors.

Die *Hämatit-Magnetit-Lagerstätte* von *Schmiedmatten* ist ihrer geringen Erzführung wegen als nicht abbauwürdig anzusehen.

LITERATURVERZEICHNIS

a) Publikationen

1. 1784. Razoumowsky, G. de, Voyages aux environs de Vevey et dans le Bas-Valais. Mém. Soc. Sc. Phys. Lausanne, Tom. Ier, p. 90.
2. 1814. Gueymard, Notice sur la géologie et la minéralogie du Simplon, etc., Journal des Mines, vol. 35 Nr. 205 p. 18, Paris.
3. 1843. «Eingabe der schweizerischen Eisenfabrikanten an die Tagsatzung vom 21. Oktober 1843.»
4. 1848. Bischoff, H., Analyse de quelques minerais de fer employés aux usines d'Ardon. Bull. Soc. vaud. Sc. nat., Tome II., p. 333—36.
5. 1848/51. Franscini, St., Neue Statistik der Schweiz. Zweite gänzlich umgearbeitete Ausgabe (aus dem Italienischen übers.), 3 Bde.
6. 1850/52. Furrer, Pater S., Geschichte, Statistik und Urkundensammlung über das Wallis, Bd. I bis III.
7. 1867. Favre, A., Recherches géologiques dans les parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisine du Mont-Blanc. 3 vol. Genève.
8. 1871. Gerlach, H., Das südwestliche Wallis. Beitr. zur geolog. Karte d. Schweiz, 9 Liefg., p. 54—57, Bern.
9. 1883. Gerlach, H., Die penninischen Alpen und: Die Bergwerke des Kantons Wallis. Erschienen als Teile 2 und 3 in: Beitr. zur geolog. Karte der Schweiz, 27. Liefg., Bern.
10. 1893. Schardt, H., Profil du Mont Catogne et au Mont Chemin près Martigny (Valais). Archives des Sc. Phys. et Nat., 3^e période, tome 30 p. 490—92, Genève.
11. 1894. Schardt, H., in: Livret-guide géologique dans le Jura et les Alpes de la Suisse, Lausanne.
12. 1894. Graeff, Fr., Geologische und petrographische Studien in der Mont-Blanc-Gruppe. I. Teil: Die geologischen Verhältnisse des Mont Catogne und der Südostflanke des Mont-Blanc-Massivs. Bericht der Naturf. Ges. zu Freiburg i. Br., Bd. 9, p. 71—110.
13. 1898. Duparc, L. und Mrazec, L. Recherches géologiques et pétrographiques sur le Massif du Mont-Blanc. Mém. de la Soc. phys. et d'hist. naturelle de Genève, tome 33, p. 227.
14. 1902. Helbling, R., Die Erzlagerstätten des Mont Chemin bei Martigny im Wallis. Dissertation der Phil. Fak. der Univ. Basel.
15. 1905. Sandberg, C. G. S., Etude géologique sur le massif de la Pierre-à-Voir (Bas-Valais). Thèse Paris.
16. 1907. Schmidt, C., Asphalt, Steinsalz, Erze. Aus Reichesbergs Handwörterbuch der schweizerischen Volkswirtschaft, Sozialpolitik und Verwaltung, p. 126—128, Bern.
17. 1910. Schmidt, C. Die Eisenvorräte der Schweiz. The Iron Ore Resources of the World, p. 133, Stockholm.
18. 1913. De Launay, L., Traité de Metallogénie. Gîtes minéraux et métallifères. vol. II p. 347 et vol. III p. 142. Paris et Liège.
19. 1916. Schmidt, C., Über goldhaltigen Leukopyrit von Salanfe im Kanton Wallis. Z. f. prakt. Geol., p. 157—161, Berlin.
20. 1917. Schmidt, C., Erläuterungen zur Karte der Fundorte von Mineralischen Rohstoffen in der Schweiz. Beitr. zur Geologie der Schweiz, Geotechn. Serie, p. 64, Bern.
21. 1919. Fehlmann, H., Der schweizerische Bergbau während des Weltkrieges. Bern.
22. 1920. Oulianoff, N., Sur les relations des amphibolites et du calcaire ancien dans le massif des Aiguilles Rouges. Procès-verbaux Soc. vaud. Sc. nat. Extr. procès-verbaux, Séance du 18 févr.
23. 1920. Oulianoff, N., Quelques résultats de recherches géologiques dans le massif de l'Arpille et de ses abords. Eclogae geol. Helv. vol. 16, p. 79—84.

24. 1920. Schmidt, C., Texte explicatif de la carte des gisements des matières premières minérales de la Suisse. p.193—196, Bâle.
25. 1921. Wehrli, L., Der Flußspat von Sembrancher im Wallis. Schweiz. min. u. petr. Mitt., Bd. 1, p. 160 bis 212.
26. 1921. Hugli, E., Pneumatolytisch-hydrothermale Wirkungen alpiner Granitintrusionen. Eclogae geol. Helv., Bd. 16, p. 471—473.
27. 1924. Oulianoff, N., Le massif de l'Arpille et ses abords. Mat. pour la carte géol. de la Suisse, nouv. série, 54^e livraison II^e partie, Berne.
28. 1925. Corbin, P. et Oulianoff, N., Deux systèmes de filons dans le massif du Mont Blanc. C.R. Séances de la Soc. géol. de France, p. 202—203.
29. 1926. Corbin, P. et Oulianoff, N., Recherches tectoniques dans la partie centrale du massif du Mont-Blanc. Bull. Soc. vaudoise Sc. nat. vol. 56, p. 101—114.
30. 1926. Corbin, P. et Oulianoff, N., Les contacts éruptifs et mécaniques de la protogine et leur signification pour la tectonique du massif du Mont-Blanc. Bull. Soc. géol. de France, vol. 26, p. 153—162.
31. 1926. Corbin, P. et Oulianoff, N., Sur les éléments des deux tectoniques, hercynienne et alpine, observables dans la protogine du Mont Blanc. C.R. de l'Acad. Sc., tome 182, p. 935, Paris.
32. 1926. Oulianoff, N., Une contribution à l'étude de la tectonique du massif du Mont-Blanc (partie suisse). Eclogae geol. Helv., vol. 19, p. 651—652.
33. 1927. Jakob, J., Der Stülpnomelan vom Mont Chemin. Schweiz. min. u. petr. Mitt., Bd. 7, p. 311 bis 313.
34. 1928. Koenigsberger, J., Über den Einfluss von Geländeunebenheiten auf das erdmagnetische Vertikalfeld. Gerlands Beitr. zur Geophysik, Bd. 20, p. 293—307.
35. 1928. Oulianoff, N., Nouvelles observations sur le Mont Chemin (extrémité NE du massif du Mont Blanc). Eclogae geol. Helv., vol. 21, p. 7—9.
36. 1928. Corbin, P. et Oulianoff, N., Les roches basiques de la région du lac Cornu (Aiguilles Rouges). Bull. Soc. géol. de France, 4^e sér. tome 28, p. 43—54.
37. 1928. Oulianoff, N., Contribution à la connaissance des calcaires des massifs hercyniens des alpes occidentales. Bull. Soc. vaudoise Sc. nat. vol. 56, p. 633—38.
38. 1928. von Kaenel, F., Die Arsenkieslagerstätte von Salanfe (Kanton Wallis). Jahrb. d. Phil. Fak. II der Univ. Bern. Bd. 8, p. 78—83.
39. 1929. Koenigsberger, J., Messung lokaler magnetischer Anomalien zur Bestimmung des Gesteinsmagnetismus im Feld und zur Vergleichung mit dem Handstück; Beschreibung eines Variometers für den erdmagnetischen Vektor. Gerlands Beiträge zur Geophysik, Bd. 23, p. 264—67.
40. 1930. Brückmann, W., Erdmagnetische Vermessung der Schweiz. Annalen der Schweiz. Meteorolog. Zentralanstalt, Jahrgänge 1930 u. 1931.
41. 1930. Oulianoff, N., Sur quelques failles et quelques zones de mylonites dans le massif du Catogne (Valais). Eclogae geol. Helv. vol. 23, p. 31—33.
42. 1930. Ladame, G. Ch., Les gîtes métallifères du Mont Chemin (Valais), C.R. Soc. phys. et hist. nat. Genève, vol. 47, p. 30—34.
43. 1930. Ladame, G. Ch., Le Mont Chemin, Etude géologique et minière. Thèse Nr. 884 Université de Genève.
44. 1931. Huttenlocher, H. F., Die Blei-Zinklagerstätten von Goppenstein (Wallis). Beitr. zur Geol. der Schweiz, Geotechn. Serie 16. Liefg., Heft 2, Bern.
45. 1932. Fehlmann, H., Die schweiz. Eisenerzeugung, ihre Geschichte und wirtschaftliche Bedeutung (gleichzeitig ersch. als Beitr. z. Geol. d. Schweiz, Geotechn. Serie, Lfg. 13, Bd. 3). Bern.
46. 1934. Huttenlocher, H. F., Die Erzlagerstättenzonen der Westalpen. Beitr. zur Geol. der Schweiz, Geotechn. Serie, Kleinere Mitt. Nr. 4, Bern.
47. 1937. Fehlmann, H., Die Eisenerzlagerstätten der Schweiz mit besonderer Berücksichtigung der Lagerstätte im Fricktal, Aarau.
48. 1941. Kündig und de Quervain, Fundstellen mineralischer Rohstoffe in der Schweiz, herausg. von der Geotechn. Kommission der S. N. G. Bern.

- 48a. 1943. Fehlmann, H., Die Studiengesellschaft für die Nutzbarmachung der schweizerischen Erz-lagerstätten 1918—1943, Bern.
49. 1943. Reich, H., und von Zwerverger, R., Taschenbuch der angewandten Geophysik. Leipzig.
50. 1945. Fehlmann, H., Die Eisenerzlagerstätten der Schweiz. von Roll-Mitteilungen Nr. 1/2.
51. 1946. Schweizer Lexikon, Artikel «Erdmagnetismus» Bd. II.

b) Manuskripte

52. Dossier des Forges d'Ardon. Archives cantonales de Sion.
53. 1901. Schardt, H., Geologische Notizen über den Mont Chemin bei Martigny. Mit geolog. Karte 1 : 50 000 und 2 geolog. Profilen und 4 Photos.
54. 1918. Schardt, H. und Weber, J., Geologisches Gutachten über verschiedene Eisenlagerstätten im Kanton Waadt und im Wallis. II. Mont Chemin bei Martigny. p. 9—17. 14. Febr. 1918.
55. 1918. Bornand, E. M., Etude géologique et minière sur les gisements ferrifères du Mont Chemin, 3 août 1918 (comm. par le Bureau féd. des Mines).
56. 1921. Studiengesellschaft für die Nutzbarmachung der schweiz. Erz-lagerstätten (Ing. Wohlers). Die Nutzbarmachung der schweiz. Erz-lagerstätten, p. 10—21.
57. 1922. Schmidt, C., Bericht über die Magneteisenstein-Lagerstätte des Mont Chemin bei Martigny (Wallis), 7. April 1922.
58. 1947. Büro für Bergbau (Fehlmann, H.), Der schweiz. Bergbau während des zweiten Weltkrieges.

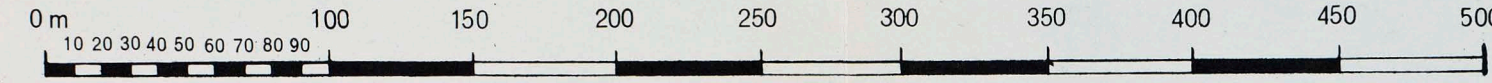
c) Karten

59. 1898. Duparc, L., Mrazec, L. et Pearce, F., Carte géologique du massif du Mont-Blanc, 1 : 50 000, Genève.
60. 1902. Helbling, R., Geologische Karte des Mont Chemin 1:10 000, Basel (vgl. Lit. Nr. 14).
61. 1905. Sandberg, C. G. S., Carte géologique du massif de la Pierre-à-Voir (Bas Valais) (vgl. Lit. Nr. 15).
62. 1918. Magnetitlagerstätten bei Mont Chemin (Gruben von Chez Larze und Les Planches, Linsenzüge von Vélán, Le Planard und La Tetaz), 1:2000 Aequid. 5 m. Aufnahme von Hirs, Topogr., Thalwil, im Auftrage der Studienges., ergänzt im Jahre 1921 durch topographische Aufnahmen von J. Wohlers, Ing. der Stud.ges. (Manuskript).
63. 1918. Wohlers, J., Topographische Karte vom Col des Planches 1 : 1000, Aequid. 5 m, mit magnetometrischen Eintragungen (Manuskript).
64. 1918. Wohlers, J., Topographische Karte von Chez Larze. 1 : 1000, Aequid. 5 m, mit magnetometrischen Eintragungen (Manuskript).
65. 1918. Eisenerzlagerstätten Chemin (Couloir Collaud) 1 : 2000 Aequid. 5 m. Aufnahme vom «Stereautogram. Vermessungsbüro Schweiz in Flums». Im Auftrage der Studienges. (Manuskript).
66. 1928. Ladame, G. Ch., Leupin und Schwank, Carte topographique des mines du Mont Chemin 1 : 5000 aufgenommen von G. Ladame (1927) und Leupin und Schwank (1928), mit geolog. Eintragungen von Ladame (Manuskript).
67. 1933. Topographischer Atlas der Schweiz, Blatt 526, Martigny, 1 : 50 000.
68. Landeskarte der Schweiz 1:50 000, Normalblatt 565 Martigny-Ost (in Vorbereitung).

GEOLOGISCH-PETROGRAPHISCHE KARTE DES MONT CHEMIN

TAFEL I

MIT ISANOMALEN DER MAGNETISCHEN VERTIKALINTENSITÄT



AEQUIDISTANZ 10 METER

Gebiet b
1942
magnetisch vermessen

Gebiet a
1936/37
magnetisch vermessen

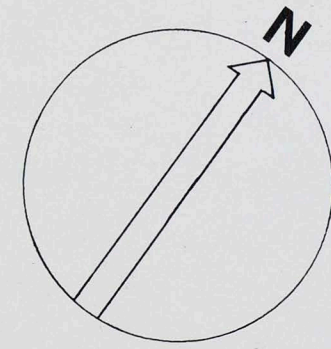
Chez-Larze

FORÊT DU GOILLET

TÊTE DES ÉCONDUITS

Les Planches

HOTEL DU VÉLAN



VENCE

Legende

- | | |
|---|--|
| <p>I. QUARTÄR</p> <ul style="list-style-type: none"> Glazialüberdeckung mit Moränenkamm Gehängeschutt Torf | <p>II. SEDIMENTE DER VAL-FERRET-ZONE</p> <ul style="list-style-type: none"> Dunkle, glänzende Tonschiefer; Aalenien Quarzitische Kalk; Lias Dolomit, Rauhwacke; Trias |
|---|--|

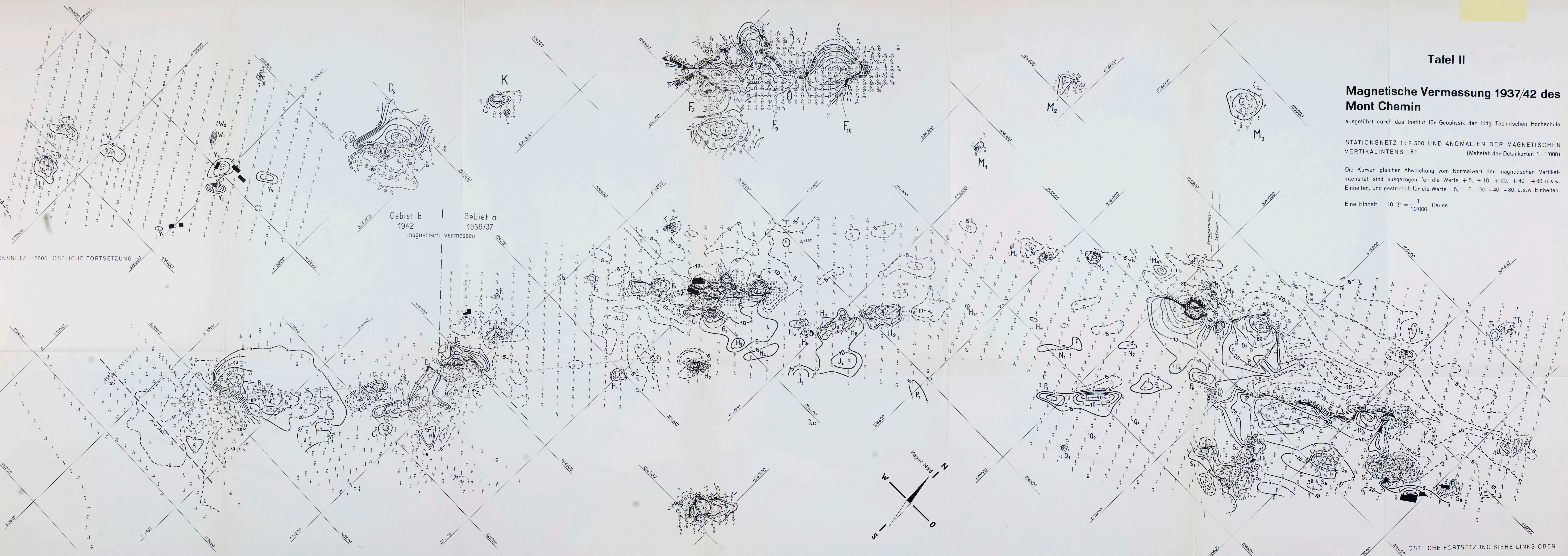
- | | |
|--|---|
| <p>III. KRISTALLINE SCHIEFER DES MONT BLANC MASSIVS</p> <p>a. nordwestl. der Mont-Blanc-Granitzone</p> <ul style="list-style-type: none"> 1. ± stark sericitisierter oder chloritisierter Biotitgneis mit grösserem Feldspatgehalt als oben unter 1 mit Aplitadern quarzreiche Ausbildung, z. T. mit Verquarzungslinsen Magnetitlinienführende Zonen (z. T. haematitisch), bei Hotel Vélan übergehend in talkreichen Magnetit | <p>b. südöstl. der Mont-Blanc-Granitzone</p> <ul style="list-style-type: none"> 2. ± stark sericitisierter oder chloritisierter Biotitgneis mit grösserem Feldspatgehalt als oben unter 1 mit Aplitadern quarzreiche Ausbildung, z. T. mit Verquarzungslinsen biotitschiefrige Ausbildung Magnetitlinienführende Zonen Kalksilikatfels (Granat- oder Hornblende-Epidotfels) z. T. mit Magnetit Marmor, grösstenteils silikat- u. magnetitfrei |
|--|---|

- IV. INTRUSIVZONE
- Granit- bis quarzporphyrische Fazies der Mont-Blanc-Granitintrusion
 - desgl. mit vorherrschend roten Feldspäten
 - desgl. Resorptionsfazies, mit rotem Feldspat
 - schliefrige Resorptionsfazies, ohne rote Feldspäte

- Mylonit
- Stolleneingänge

Roter Überdruck:
MAGNETISCHE VERMESSUNG
1936/42 DES INSTITUTS FÜR GEO-
PHYSIK DER EIDG. TECHNISCHEN
HOCHSCHULE

Kurven gleicher Abweichung der erdmagne-
tischen Vertikalintensität vom Normalwert, in
Einheiten von 10⁻⁵ Gauss;
für die Werte +5, +10, +20, +40 u.s.w.
Einheiten ausgezogen und
-5, -10, -20, -40 u.s.w.
Einheiten gestrichelt
(Normalwert d. Vertikalintensität ≈ 0,40 Gauss)
Umgrenzung des vermessenen Gebietes
punktirt



Tafel II

Magnetische Vermessung 1937/42 des Mont Chemin

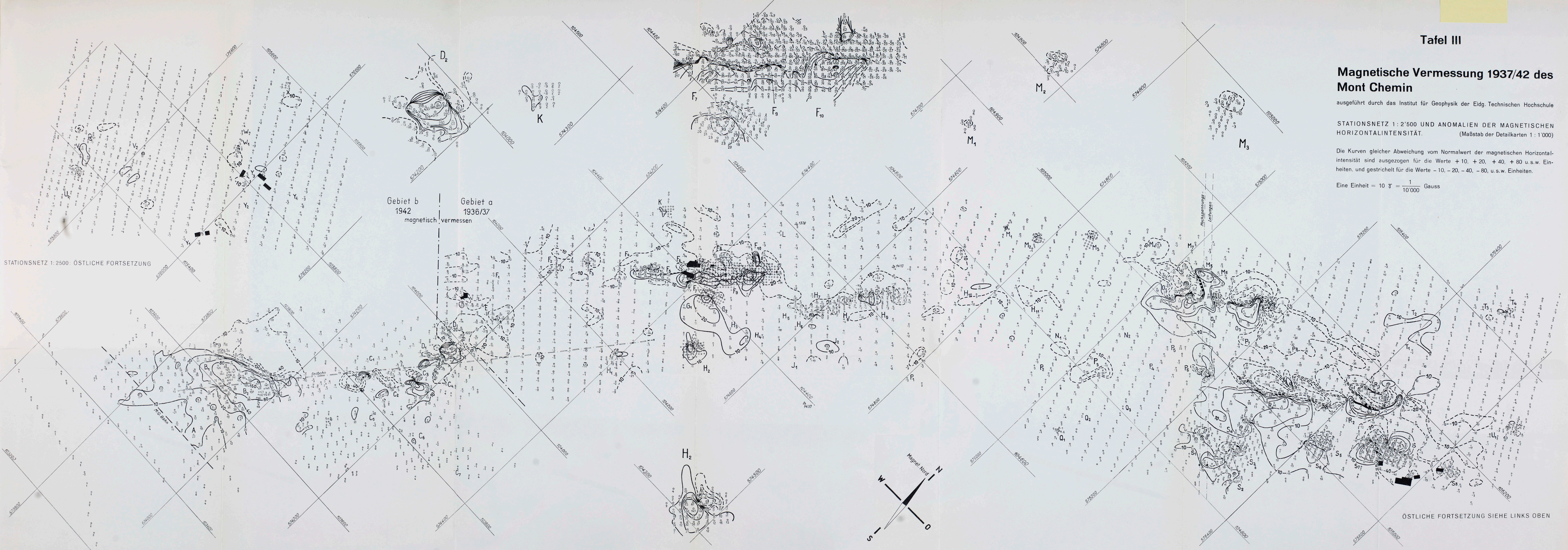
ausgeführt durch das Institut für Geophysik der Eidg. Technischen Hochschule

STATIONSNETZ 1:2'500 UND ANOMALIEN DER MAGNETISCHEN VERTIKALINTENSITÄT.
(Maßstab der Detailkarten 1:1'000)

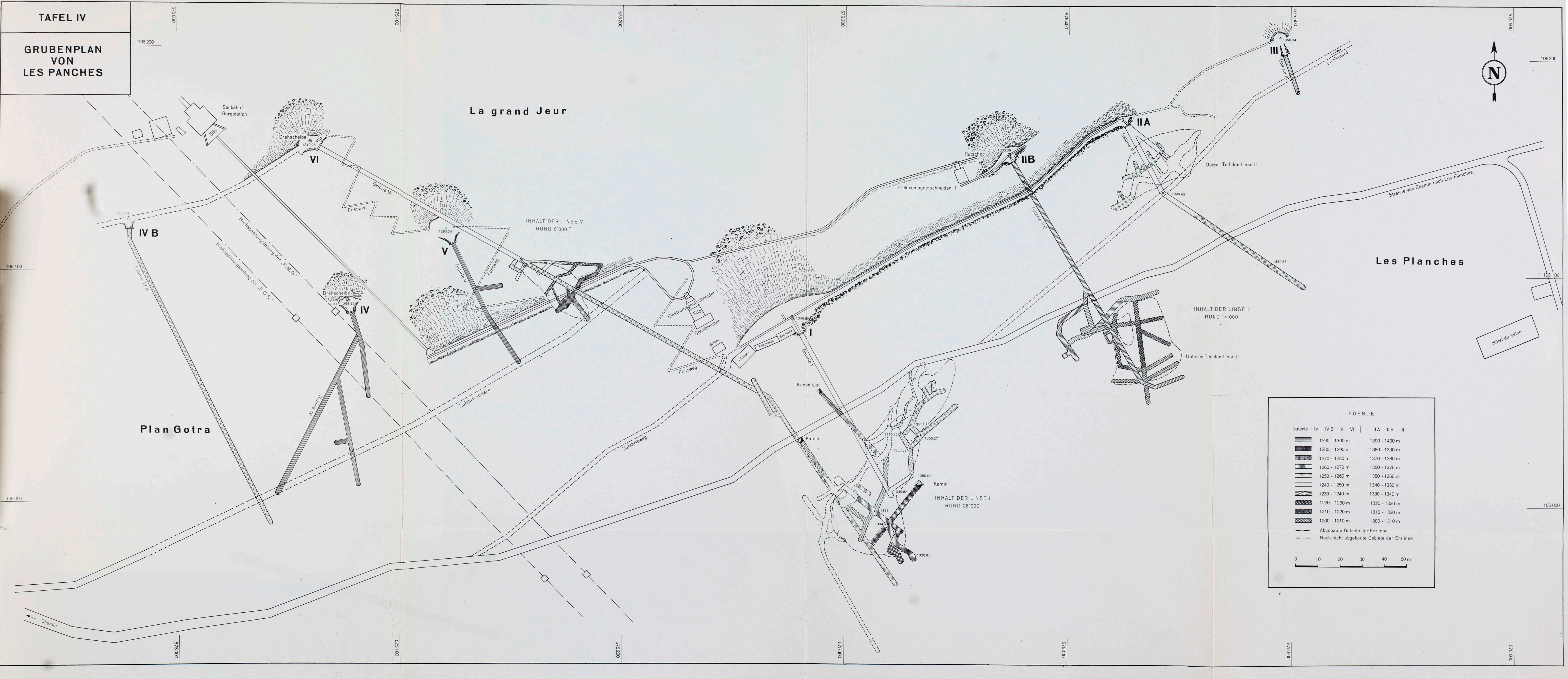
Die Kurven gleicher Abweichung vom Normalwert der magnetischen Vertikalintensität sind ausgezogen für die Werte +5, +10, +20, +40, +80 u.s.w. Einheiten, und gestrichelt für die Werte -5, -10, -20, -40, -80, u.s.w. Einheiten.

Eine Einheit = 10^{-5} Gauss

ÖSTLICHE FORTSETZUNG SIEHE LINKS OBEN



GRUBENPLAN
VON
LES PANCHES

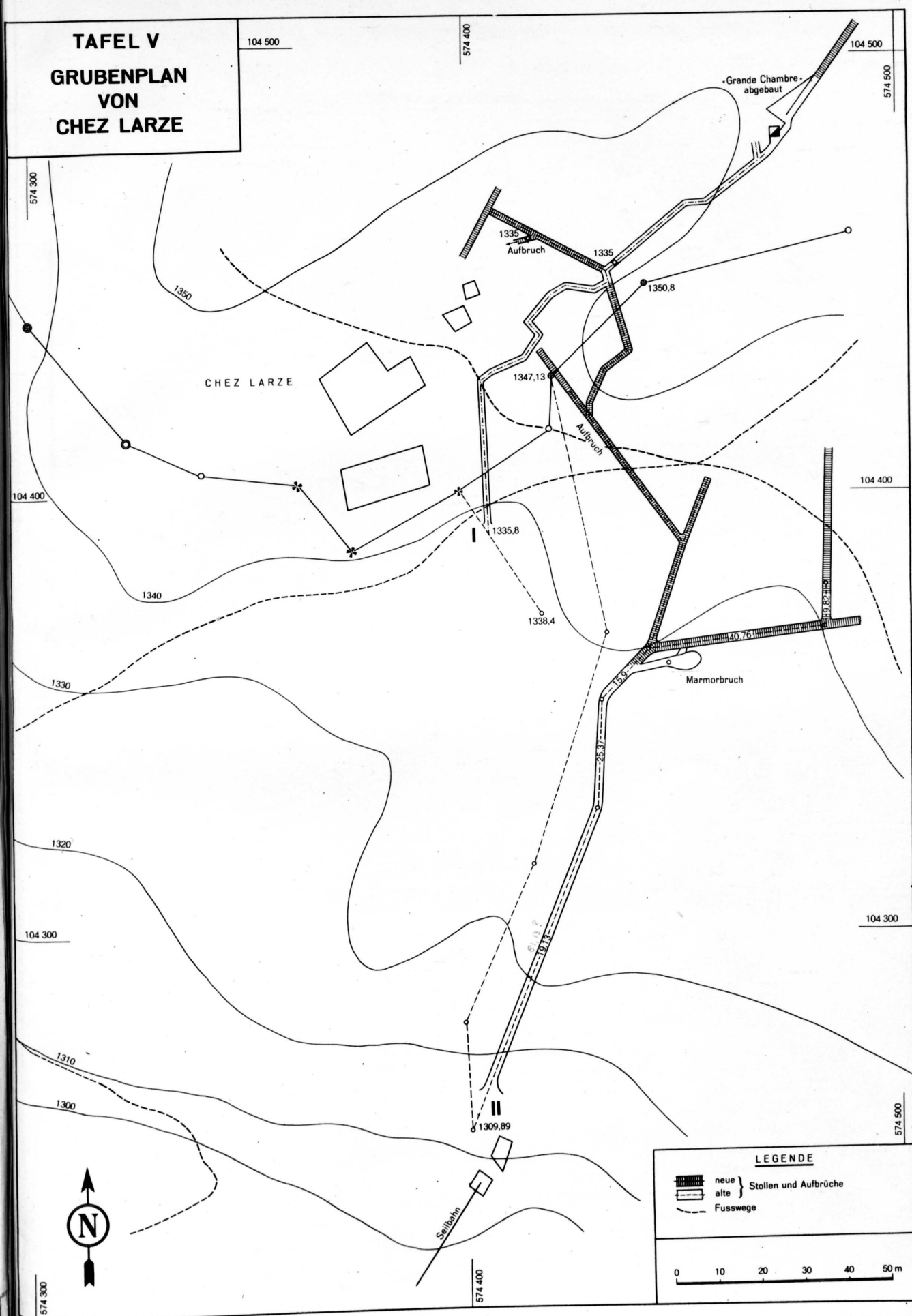


LEGENDE

Galerie : IV	IVB	V	VI	I	IIA	IIB	III
1290 - 1300 m							1390 - 1400 m
1280 - 1290 m							1380 - 1390 m
1270 - 1280 m							1370 - 1380 m
1260 - 1270 m							1360 - 1370 m
1250 - 1260 m							1350 - 1360 m
1240 - 1250 m							1340 - 1350 m
1230 - 1240 m							1330 - 1340 m
1220 - 1230 m							1320 - 1330 m
1210 - 1220 m							1310 - 1320 m
1200 - 1210 m							1300 - 1310 m
- - - - -				Abgebaute Gebiete der Erzlinse			
- - - - -				Noch nicht abgebaute Gebiete der Erzlinse			

0 10 20 30 40 50 m

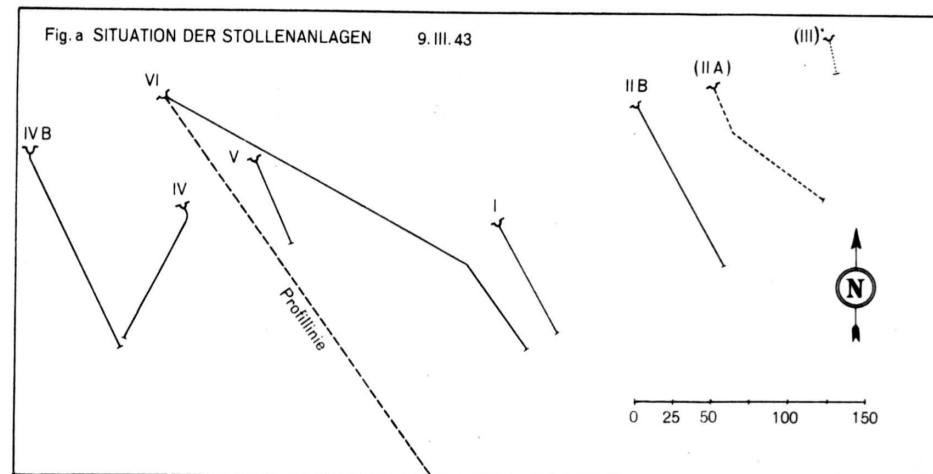
104 500



Profile durch die Bergwerksanlagen bei Les Planches am Mont Chemin entlang der Richtung N 145° Ost = \perp mittl. Streichen der kristallinen Schiefer

TAFEL VI

AUFGENOMMEN VON H. HUTTENLOCHER UND TH. HÜGI



0 10 20 30 m

1390
1380
1370
1360
1350
1340

SE

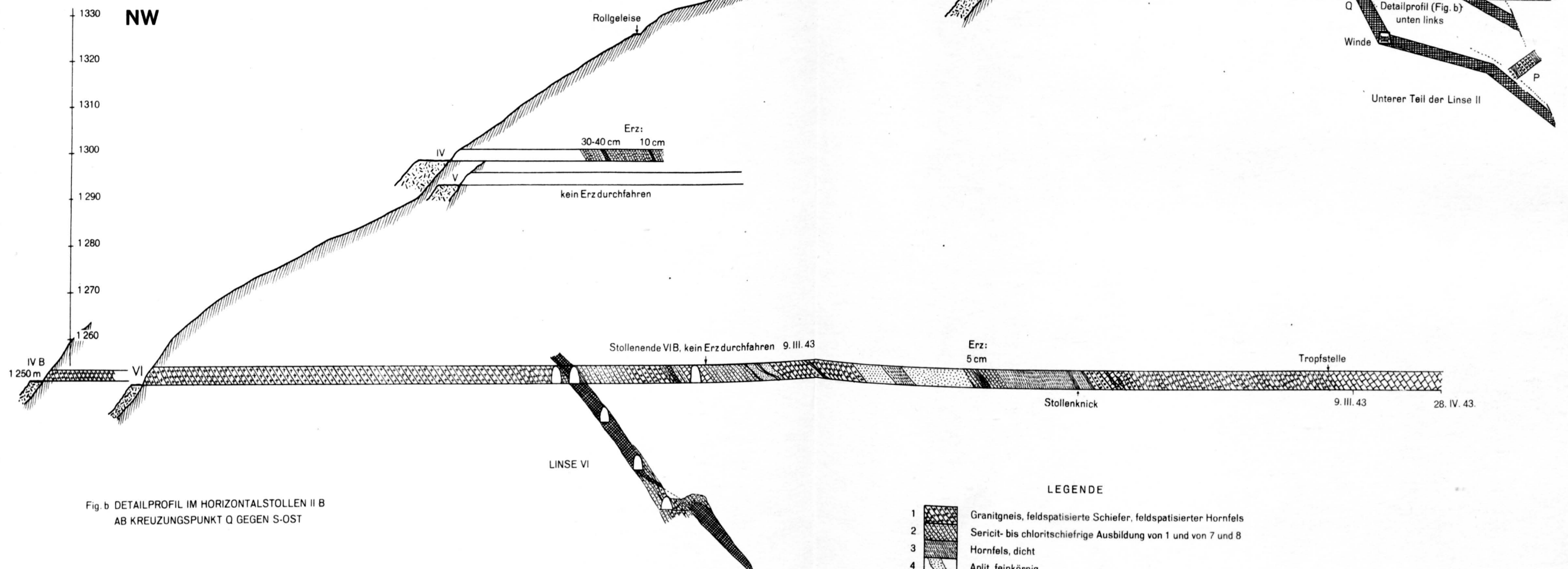


Fig. b DETAILPROFIL IM HORIZONTALSTOLLEN II B
AB KREUZUNGSPUNKT Q GEGEN S-OST



0 10 m

LEGENDE

- 1 Granitgneis, feldspatisierte Schiefer, feldspatisierter Hornfels
- 2 Sericit- bis chloritschiefrige Ausbildung von 1 und von 7 und 8
- 3 Hornfels, dicht
- 4 Aplit, feinkörnig
- 5 Quarz in Gängen und Nestern
- 6 Ruschelletten
- 7 Skarn (Silikatmagnetit), Hornblendeskarn \pm Erz, z.T. Übergänge in Sericitochloritschiefer
- 8 Erz: Magnetit mit serpentinos-talkiger Gangart, auch Nierencharakter, «rogons»
- 8a Erz: Magnetit \pm Pyrit \pm Quarz
- 9 Marmor, z.T. verquarzt

Tafel VII

Erklärungen zu Tafel VII

Photo 1 Anschliff; Magnetiterz, Couloir Collaud.

Die einzelnen Magnetitkörner erscheinen nach Anätzen je nach Orientierung verschieden grau. Dunkles Korn rechts von der Mitte und helles links davon mit Zonarstruktur.

Photo 2 Anschliff; Magnetiterz, Les Planches.

Magnetitkörner (grau) durchsetzt von Hämatit (hell).

Photo 3 Anschliff; Zinkblende aus Skarn, Vence.

Im Zinkblendeaggregat (Korngrenzen nicht sichtbar) eingelagertes Graphitblättchen (grau in der Mitte) und vereinzelte Magnetitindividuen (hell).

Photo 4 Dünnschliff, \times Nicols; Granat-Epidot-Skarn, Couloir Collaud.

Links unten von Mitte (Dreieckform) zonar gebauter Granat. Granat (1) und Epidot (2) alternieren am Zonenaufbau. Granat etwas dunkleres Relief. Helles Körnergemenge im Quadrant links oben besteht aus Kalzit (3). Rechts unten Epidot (2) mit Zonarstruktur des Granats.

Photo 5 Dünnschliff, \times Nicols (nicht ganz 90°); Fluoritführender, talkiger Chloritschiefer, Les Planches.

Dunkel = Fluorit, hell = Chlorit-Talkgemengsel. Links unten an der Grenze Chlorit-Talk zu Fluorit schmaler Magnetitsaum.

Photo 6 Dünnschliff, \times Nicols; Serizitisch-talkiges Magnetitgestein, Les Planches.

Untere Hälfte magnetitreich, obere Hälfte besteht aus Serizit und Chlorit.

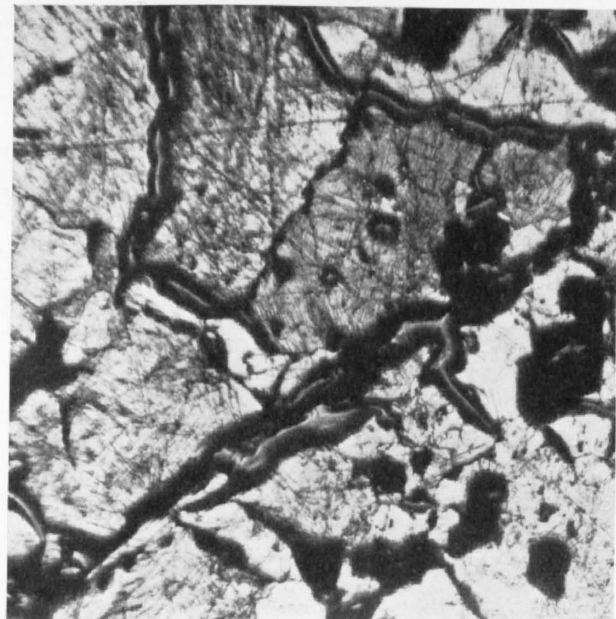


Photo 1

0,5 mm

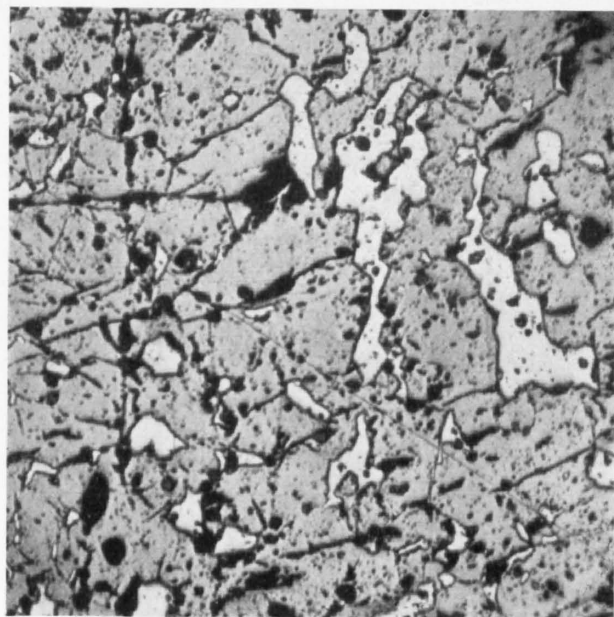


Photo 2

0,25 mm

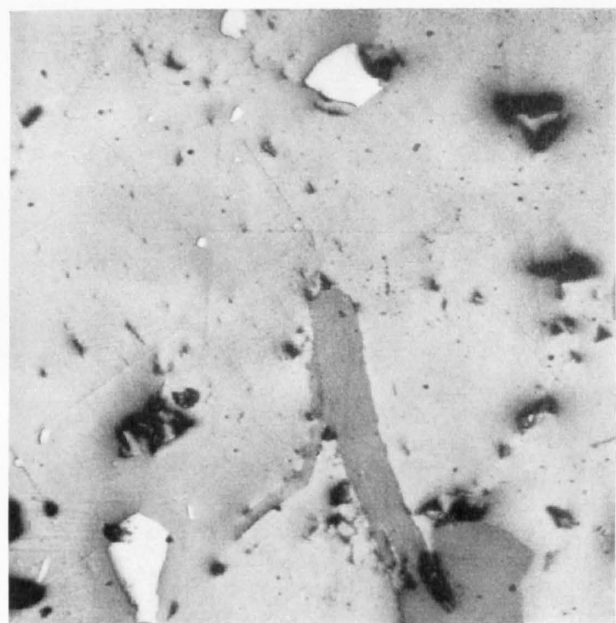


Photo 3

0,25 mm

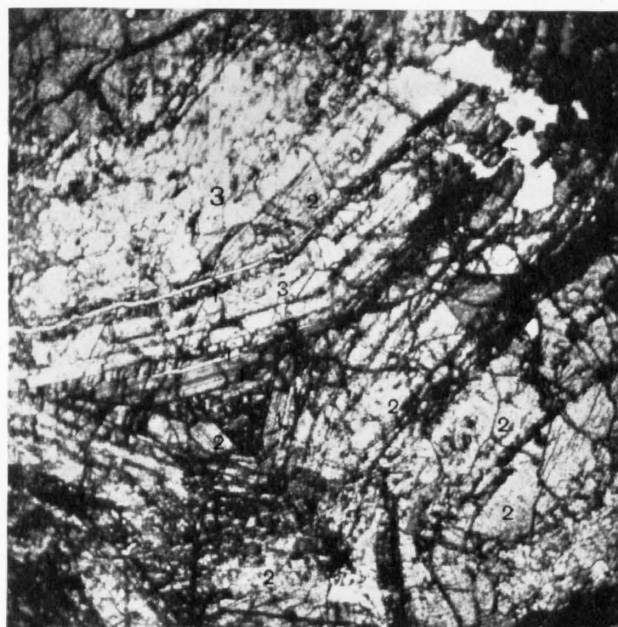


Photo 4

1 mm

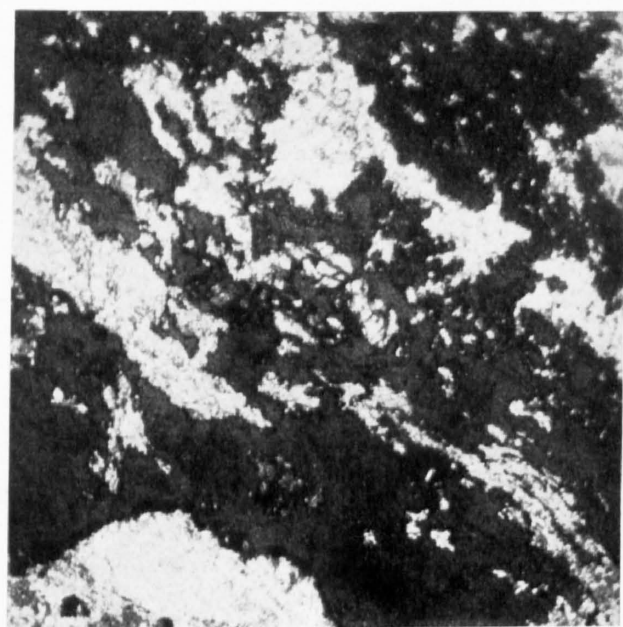


Photo 5

1 mm

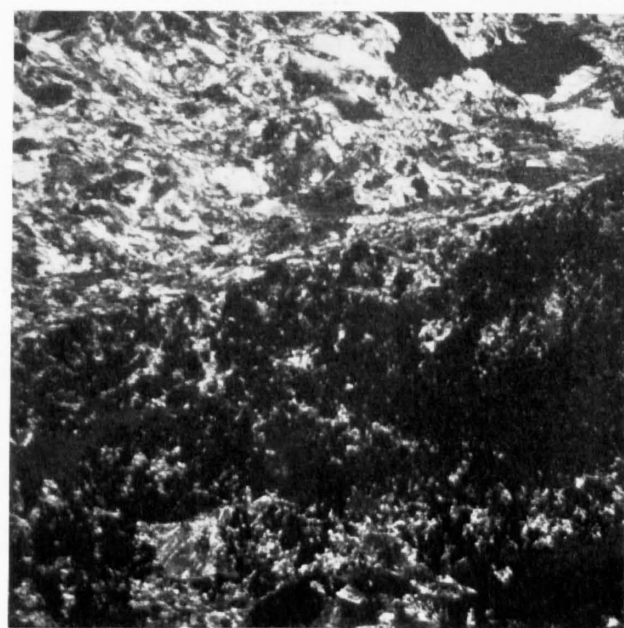


Photo 6

1 mm