

BEITRÄGE ZUR GEOLOGIE DER SCHWEIZ

Geotechnische Serie, Lieferung 38

Herausgegeben mit Subvention der Eidgenossenschaft von der

Schweizerischen Geotechnischen Kommission

Organ der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft

Untersuchungen über radioaktive Mineralien und Gesteine  
in der Schweiz

**Die Kupfer- und Uranmineralisationen der Mürtschenalp  
(Kt. Glarus, Schweiz).**

von Kurt Bächtiger

KOMMISSIONSVERLAG:

Kümmerly & Frey, Geographischer Verlag, Bern

1963

Druck von Aschmann & Scheller AG, Buchdruckerei zur Frochau, Zürich

# BEITRÄGE ZUR GEOLOGIE DER SCHWEIZ

Geotechnische Serie, Lieferung 38

Herausgegeben mit Subvention der Eidgenossenschaft von der

Schweizerischen Geotechnischen Kommission

Organ der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft

Untersuchungen über radioaktive Mineralien und Gesteine  
in der Schweiz

## **Die Kupfer- und Uranmineralisationen der Mürtschenalp (Kt. Glarus, Schweiz).**

von Kurt Bächtiger

KOMMISSIONSVERLAG:

Kümmerly & Frey, Geographischer Verlag, Bern

1963

Druck von Aschmann & Scheller AG, Buchdruckerei zur Frochau, Zürich



# Vorwort

## der Schweizerischen Geotechnischen Kommission

An der Sitzung vom 19. Januar 1963 legte Herr Kurt Bächtiger, dipl. ing. petr., seine Promotionsarbeit an der Eidg. Technischen Hochschule «Die Kupfer- und Uranmineralisationen der Mürtschenalp (Kt. Glarus, Schweiz)» vor. Die Kommission beschloss, die Arbeit zum Druck in den «Beiträgen» entgegenzunehmen. Die Untersuchung behandelt einerseits die altbekannte kleine Kupferlagerstätte im Verrucano der Mürtschenalp, andererseits die vom Verfasser entdeckten interessanten Uranvererzungen in benachbarten Verrucanogesteinen.

Herrn Bächtiger sei für seine wertvolle Arbeit und für seine finanzielle Mitwirkung an den Druckkosten der beste Dank ausgesprochen. Die Kommission ist den Konzessionärinnen der Uranvorkommen auf der Mürtschenalp, der Georg Fischer Aktiengesellschaft und nachfolgend der Eisenbergwerk Gonzen AG, für ihre Förderung der Untersuchung und für die Zustimmung zur Publikation wesentlicher Ergebnisse zu großem Dank verpflichtet. Vor allem dankt sie Herrn Direktor H. Naegeli und Herrn Direktor Dr. E. Eugster für ihre großen Bemühungen. Der Eisenbergwerk Gonzen AG und den Regierungsräten der Kantone Glarus und St. Gallen dankt sie vielmals für ihre Beiträge an den Druck.

Für den Inhalt von Text und Figuren ist der Verfasser allein verantwortlich.

Zürich, im November 1963

Für die Schweiz. Geotechnische Kommission

Der Präsident: Prof. F. de Quervain

## Vorwort

Die vorliegende Dissertation ist aus meiner Diplomarbeit entstanden, die ich im Sommer 1956 auf der Mürtschenalp und im Herbst/Winter 1956/57 an der Eidgenössischen Technischen Hochschule zur Erlangung des Diplomes als Ingenieur-Petrograph ausführte. Während der Feldarbeiten für die Diplomarbeit im Jahre 1956 fand ich dann die von EMIL STÖHR (1865) erwähnten, aber bis zu diesem Zeitpunkt wieder verschollenen Uranerze auf der Halde des Sondierstollens im Grossen Chalttal und bei einer Schürfstelle im Chlinen Chalttal. Diese Entdeckung veranlaßte mich, die Kupfer- und Uranmineralisation der Mürtschenalp zu der vorliegenden Dissertation auszuarbeiten. Zu ihrem Gelingen bin ich den Dozenten und Angestellten der ETH, der Aktiengesellschaft GEORG FISCHER, Schaffhausen, der Eisenbergwerk GONZEN AG, Sargans, der Abteilung für Industrielle Forschung am Institut für Technische Physik an der ETH (AFIF), sowie vielen Einzelpersonen und meinen lieben Eltern zu größtem Dank verpflichtet.

Im besonderen möchte ich dabei meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. F. de Quervain, für sein stetiges Interesse und seine mannigfache Hilfe herzlich danken. Während meiner vierjährigen Assistentenzeit wurden die wichtigsten Probleme intensiv diskutiert und durchgearbeitet. Dann aber danke ich auch Herrn Prof. Dr. P. Ramdohr vom Mineralogisch-Petrographischen Institut der Universität Heidelberg. Er hat meine Bestimmungen der Erzminerale in freundlicher Weise nachgeprüft, verbessert und ergänzt und mich auf manche interessante Einzelheiten und Zusammenhänge aufmerksam gemacht. Die Grundlagen der Erzmikroskopie durfte ich indessen in liebenswürdiger Weise von Herrn Prof. Dr. R. L. Parker in seinem erzmikroskopischen Praktikum an der ETH erfahren, wofür ihm bestens gedankt sei. Die fundamentalen Erkenntnisse der Petrographie vermittelte mir in verdankenswerter Weise Herr Prof. Dr. C. Burri in seinen Vorlesungen, Übungen und Praktika. Herrn Prof. Dr. R. Trümpy danke ich für die Einführung in die Probleme der Stratigraphie und der geologischen Kartierung in Terrainkursen und auf Exkursionen und Herrn Prof. Dr. F. Laves für seine Kenntnisse der Röntgenographie, die ich in einem Praktikum kennenlernen durfte. Besonders dankbar blicke ich aber auch auf die unvergeßlichen Exkursionen und Ausführungen über geologisch-tektonisches Denken von Herrn Prof. Dr. R. Staub † zurück. Herrn Prof. Dr. W. Epprecht verdanke ich manchen wertvollen Ratschlag bei den Prospektionsarbeiten im Felde. Ebenso bin ich meinen Mitarbeitern, Herrn Dr. rer. nat. W. Fisch und Herrn stud. geol. F. Maurer, für ihre tatkräftige Mithilfe im Felde und die Entdeckung des Uranvorkommens Chilbiweid bzw. Murgsee zu Dank verpflichtet. Herrn Prof. Dr. H. Pallmann bin ich dankbar für das mir gewährte zweimonatige Stipendium an der Universität Heidelberg. Herr PD Dr. M. Weibel hatte die Freundlichkeit, mir eine spektralanalytische Analyse eines Fahlerzes auszuführen, und mit Herrn PD Dr. R. Hantke durfte ich äußerst angeregte Diskussionen über das Helvetikum führen. Für ihre Beobachtungen und Ratschläge bin ich sehr dankbar.

Herrn H. Lämmli vom Mineralogisch-petrographischen Institut der Universität Heidelberg verdanke ich hervorragende, relieffreie Maschinenschliffe, die erst die eindeutige Bestimmung der Pechblende, des Brannerites und des Molybdänglanzes ermöglichten. Eine größere Anzahl von Dünnschliffen verdanke ich Herrn H. Weber sowie Herrn E. Schärli, der auch noch einige vorzügliche Erzanschliffe besorgte. Ebenso verdanke ich Herrn K. Pfister vom Photograph. Institut der ETH einige ausgezeichnete Kopien und Vergrößerungen.

Dem Naturhistorischen Museum Bern danke ich für die Überlassung einiger Erzproben der Mürtschenalp aus der Sammlung Fellenberg zur näheren Untersuchung.

Schließlich ist es aber auch noch das Verdienst von Herrn Generaldirektor Dr. h. c. E. Müller † und Herrn Direktor H. Naegeli von der GEORG FISCHER AG, daß sie neben ihrem großen Arbeitspensum auch noch die Uranforschungen auf der Mürtschenalp übernahmen. Sowohl ihnen als auch den Regierungen der Kantone Glarus und St. Gallen, welche sich in bezug auf eine Schürfkonzession durch die oben erwähnte Firma sehr entgegenkommend zeigten, sei dafür von Herzen gedankt. Nach der Übergabe der Konzession an die Eisenbergwerk GONZEN AG gebührt der Dank auch Herrn Direktor Dr. E. Eugster für seine Förderung der Uranprospektion und Schürfung. Aber auch den Bergleuten der gleichen Firma sei für ihre guten Leistungen bei den Schürfungen auf der Mürtschenalp der Dank ausgesprochen.

Ohne die tatkräftige Mithilfe und positive Einstellung der einheimischen Bevölkerung wären die Arbeiten aber auch nicht so gut gelungen. So verdanke ich dem Alpvoigt der Neuen Alpgenossenschaft, Herrn J. Grob, die Gemeindehütte im Unter Mürtschen als Unterkunft sowie den Sennen Herrn J. Dürst, Salleregg, P.

Ackermann, Hüttenberge/Obstalden und Dachdecker Herrn J. Ackermann, Walenguffen/Obstalden, Materialtransport, Verpflegung, Post und technische Hilfe im allgemeinen.

Frl. V. Jenny, Sekretärin der Geotechnischen Kommission, möchte ich noch für eine Anzahl Karbonatbestimmungen und Frl. J. Marquard, Bibliothekarin des Institutes, für wertvolle Hilfe beim Literaturstudium danken.

Ganz außerordentlich dankbar bin ich aber meinen lieben Eltern für ihre unermüdliche Anteilnahme und Unterstützung.

Die Drucklegung dieser Arbeit ermöglichten finanzielle Beiträge der Geotechnischen Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft, der Eisenbergwerk GONZEN AG und der Regierungen der Kantone Glarus und St. Gallen, wofür ihnen von Herzen gedankt sei.



# Inhaltsverzeichnis

<b>I. Einleitung</b>	10
<b>II. Historisches</b>	
1. Die erste Bergbauperiode 1608–1848	11
2. Die zweite Bergbauperiode 1849–1865	11
3. Die dritte Bergbauperiode 1916–1918	13
4. Untersuchungsarbeiten 1924–1956	14
<b>III. Geographische Übersicht</b>	15
<b>IV. Geologisch – tektonische Übersicht</b>	18
<b>V. Geologie des Lagerstättengebietes</b>	
A. Das Perm der Gufelstockscholle	19
1. Germanotype Strukturen	20
2. Alpinotype Erscheinungen	23
B. Die Trias der Gufelstockscholle	23
C. Das Perm der Mürtischenscholle	24
D. Die Trias der Mürtischenscholle	25
<b>VI. Die engeren Nebengesteine (Trärgesteine) der Vererzung</b>	
A. Ursprüngliche unvererzte Gesteine	27
1. Der Sernifit	27
2. Der Rotbergsandstein	28
3. Die Schönbühlschiefer	29
4. Die dolomitische Gangmasse	29
5. Die Gangbrekzie	30
6. Die Quarzgänge	30
B. Veränderte (reduzierte) unvererzte Gesteine	30
1. Der veränderte, chloritisierte Sernifit der Kupfermineralisation [«Graues Gebirge» nach STÖHR (1865)]	30
2. Der veränderte, pyritisierte Sernifit der Uranmineralisation («Schwarzes Gebirge» nach Verfasser)	31
C. Veränderte vererzte Gesteine	31
1. Das Uranerz	31
2. Das Kupfererz	33
3. Das Kupfer-Uran-Mischerz	33
<b>VII. Die Erzminerale</b>	
A. Die Pechblende-Paragenese	34
1. Der Mineralbestand	34
a) Rutil	34
b) Anatas	35
c) Pechblende	35
d) Parapechblende	35
e) Brannerit	35
f) Arsenkies	36
g) Melnikovit-Pyrit	36
h) Bravoit	36
i) Pyrit	36

k) Zinkblende . . . . .	37
l) Millerit . . . . .	37
m) Linneit . . . . .	37
n) Bleiglanz . . . . .	37
o) Blei-Sulfosalz (?) . . . . .	38
p) Kupferkies . . . . .	38
q) Fahlerz . . . . .	38
2. Geochemie der Pechblende-Paragenese . . . . .	38
<b>B. Die Bornit-Paragenese . . . . .</b>	<b>39</b>
1. Der Mineralbestand . . . . .	39
a) Hämatit . . . . .	39
b) Gediegen Silber . . . . .	40
c) Pyrit . . . . .	40
d) Molybdänglanz . . . . .	40
e) Bleiglanz . . . . .	40
f) Betehtinit . . . . .	40
g) Fahlerz . . . . .	40
h) Kupferkies . . . . .	41
i) Wismutglanz . . . . .	41
k) Tenorit (?) . . . . .	41
l) Wittichenit . . . . .	42
m) Bornit . . . . .	42
n) Weißer, anisotroper, lamellarer Kupferglanz . . . . .	42
o) Blauer, anisotroper, grobkörniger Kupferglanz . . . . .	43
p) Stromeyerit . . . . .	43
q) Covellin . . . . .	43
2. Geochemie der Bornit-Paragenese . . . . .	44
 <b>VIII. Die einzelnen Erzfundstellen</b>	
<b>A. Gufelstockscholle . . . . .</b>	<b>45</b>
1. Sernifit . . . . .	45
I. Walenchengelsystem . . . . .	45
1. Das Vorkommen Großer Walenchengel . . . . .	45
2. Die Lagerstätte Chline Walenchengel. . . . .	45
Erzkörper IV . . . . .	46
Erzkörper II . . . . .	49
Die Zone zwischen Erzkörper II und Erzkörper I im markanten jüngeren N-S-Bruch . . . . .	52
Erzkörper I . . . . .	52
Erzkörper VII. . . . .	53
Erzkörper IX . . . . .	53
3. Die Lagerstätte Silberplangge . . . . .	54
4. Die Lagerstätte Chlis Chalttal . . . . .	55
Teilkörper V . . . . .	56
Teilkörper VIa . . . . .	57
5. Die Lagerstätte Chalttalboden. . . . .	58
Erzkörper III . . . . .	58
Erzkörper VI . . . . .	58
6. Das Vorkommen Dreitürme . . . . .	59
7. Das Vorkommen Schafplatten. . . . .	59
II. Spontalsystem . . . . .	63
1. Die Grube Erzbett . . . . .	63
a) Der Ausbiß . . . . .	63

b) Die Bauten unter Tag . . . . .	65
c) Die Vererzung und die Erzminerale . . . . .	67
d) Die Radioaktivität . . . . .	67
2. Die Hauptgrube . . . . .	68
a) Übersicht . . . . .	68
b) Der Gesamtaufschluß . . . . .	69
c) Die Bauten unter Tag . . . . .	70
d) Die Vererzung und die Erzminerale . . . . .	72
e) Die Radioaktivität . . . . .	74
3. Das Vorkommen Rote Riese . . . . .	74
4. Der Sondierstollen im Großen Chaltal . . . . .	74
a) Übersicht . . . . .	74
b) Die Bauten unter Tag . . . . .	76
c) Die Vererzung und die Erzminerale . . . . .	76
d) Die Radioaktivität . . . . .	78
2. Rotbergsandstein . . . . .	78
I. Walenchengelsystem . . . . .	78
1. Die Lagerstätte Tschermannercharren-West . . . . .	78
3. Rötidosomit . . . . .	78
1. Das Vorkommen Chüetal . . . . .	78
2. Die radioaktiven Pyritisierungen Tschermannenbach und Schwämmli . . . . .	79
B. Mürtschenscholle . . . . .	80
1. Schönbühlschiefer . . . . .	80
1. Das Vorkommen Etscherzapfen . . . . .	80
2. Das Vorkommen Chli Hochmättli . . . . .	80
3. Das Vorkommen Großes Hochmättli-West . . . . .	81
4. Das Vorkommen Großes Hochmättli-Ost . . . . .	82
5. Die Vorkommen am Silberspitz . . . . .	83
2. Melser Sandstein . . . . .	84
1. Das Kupfer-Uran-Vorkommen Bärenboden . . . . .	85
3. Rötidosomit . . . . .	88
1. Das Vorkommen Judenweg . . . . .	88

## IX. Vergleich der Uran- und Kupfervererzungen der Mürtschenalp mit ähnlichen Vorkommen

A. Kriterien für eine sedimentäre Genese anhand neuer Beobachtungen und Vergleiche mit ähnlichen Lagerstätten . . . . .	88
1. Eigene Beobachtungen an den Vererzungen der Mürtschenalp . . . . .	88
2. Ähnliche Lagerstätten, die von ihren Erforschern ebenfalls einer sedimentären Genese zugeordnet werden . . . . .	89
B. Kriterien für eine hydrothermale Genese anhand neuer Beobachtungen und Vergleiche mit ähnlichen Lagerstätten . . . . .	90
1. Eigene Beobachtungen an den Vererzungen der Mürtschenalp . . . . .	91
2. Ähnliche Lagerstätten, die von ihren Erforschern ebenfalls einer hydrothermalen Genese zugeordnet werden . . . . .	92
Kupfermineralisation . . . . .	92
Uranmineralisation . . . . .	93
C. Mögliche Herkunft von Erzlösungen in ariden Wannen . . . . .	94
1. Der Detritus der ariden Wanne . . . . .	94
2. Saure und basische Intrusiva und Effusiva mit gleichzeitigen und nachfolgenden Erzlösungen . . . . .	96
a) Saure Gesteine . . . . .	96
b) Basische Gesteine . . . . .	97
c) Basische Ganggesteine, teilweise mit Turmalin, Fahlbändern und Uran-Kupfer-Vererzungen in den umliegenden Gesteinen . . . . .	99



3. Erzlösungen oder erzeleere Thermen als Nachläufer des oben genannten Vulkanismus oder späterer tektonischer Bewegungen, die Metalle aus dem Nebengestein (kristallines Grundgebirge und darüberliegende Sedimente) extrahierten, anreicherten und in höheren Schichten wieder absetzten, oder ältere Lagerstätten regenerierten [Durchgepauste Lagerstätten nach SCHNEIDERHÖHN (1953)] . . . . .	100
D. Betrachtungen über ein Ursprungsmagma . . . . .	100

## X. Vermutlicher Ablauf der Lagerstättenbildung der Müritschenalp

1. Tektonik und Stratigraphie der Lagerstätten . . . . .	102
2. Die Vererzung . . . . .	103
a) Die Pechblende-Paragenese . . . . .	103
b) Die Bornit-Paragenese . . . . .	104

## XI. Vermutliche Herkunftsorte der Metalle der Lagerstätte

106

## XII. Zusammenfassung

107

Literaturverzeichnis . . . . .	109
Verzeichnis der Textfiguren und Tafeln . . . . .	112
Abstract . . . . .	113

# I. Einleitung

Im Jahre 1956 fand der Verfasser bei seiner Diplomarbeit an Erzen des Sondierstollens im Großen Chalttal auf der Mürtschenalp (Kt. Glarus) gelbe, gelbgrüne und braune Oxydationserze, die für eine reine Kupfer-Paragenese unwahrscheinlich sind und in ihm den Gedanken aufkommen ließen, daß es sich um die von STÖHR (1865) erwähnten, aber im Laufe der Zeit verschollenen Uranerze handeln könnte.

1957 wurde von Herrn Prof. Dr. W. Epprecht an der AFIF (Abteilung für industrielle Forschung des Institutes für Technische Physik an der ETH) dem Verfasser ein Geigerzähler zur Abklärung der Radioaktivität zur Verfügung gestellt. Der Verfasser stellte dabei an einigen Proben tatsächlich eine erhöhte Radioaktivität fest. Anschließend wurde von Herrn A. Giezendanner, Laborant an der AFIF, der Urangehalt chemisch bestätigt. Durch die Erwerbung der Schürfkonzession durch die GEORG FISCHER AG, Schaffhausen, bzw. Eisenbergwerk GONZEN AG, Sargans, und die Bereitstellung von finanziellen Mitteln durch die beiden erwähnten Firmen war es möglich, neben rein wissenschaftlichen Untersuchungen auch noch systematische Prospektionen auf der Mürtschenalp und im Murgtal und bergbauliche Arbeiten auf der Mürtschenalp durchzuführen, deren Resultate in der vorliegenden Dissertation veröffentlicht werden durften. Im Sommer 1957 erhielt die GEORG FISCHER AG die erwähnte Konzession vom Kanton Glarus und im Januar 1958 vom Kanton St. Gallen. Gleichzeitig begann der Verfasser in Zusammenarbeit mit der erwähnten Firma und der AFIF mit systematischen Radioaktivitätsmessungen im Ostteil der Mürtschenalp mit einem Szintillometer. Dabei wurden eine Menge neuer Uranvorkommen entdeckt und Handstücke für radiometrische Gehaltsanalysen gesammelt. Anschließend erstellte der Verfasser im Laufe des Winters einen Tätigkeitsbericht für die GEORG FISCHER AG über die Arbeiten des vergangenen Sommers. Gleichzeitig bestimmte die AFIF radiometrisch die Urangehalte der gesammelten Erzproben. Im Rahmen der Dissertation bestimmte der Verfasser im Laufe des Winters mit Unterstützung seines Chefs, Herrn Prof. Dr. F. de Quervain, erzmikroskopisch den größten Teil des Erzinhalt.

Im Jahre 1958 wurde von der AFIF das neue Arbeitsprogramm für den Sommer ausgearbeitet. Gleichzeitig fand die Übertragung der Schürfkonzession von der GEORG FISCHER AG an die Eisenbergwerk GONZEN AG, Sargans, statt. Im Sommer wurden im Raume der Mürtschenalp und des oberen Murgtales weitere systematische Prospektionsarbeiten durchgeführt und einige neue Uranvorkommen entdeckt. Zudem fanden im Chline Walenchengel und beim Sondierstollen im Großen Chalttal die ersten Schürfarbeiten durch die Eisenbergwerk GONZEN AG statt mit anschließender detaillierter lagerstättenkundlicher Aufnahme der Schürfstellen durch den Verfasser. An einigen weiteren Uranvorkommen wurden Erzproben entnommen für ergänzende radiometrische Gehaltsanalysen. Infolge technischer Schwierigkeiten gelang es noch nicht, den Sondierstollen im Großen Chalttal wieder zugänglich zu machen. Im Herbst erstellte der Verfasser einen Tätigkeitsbericht für die Eisenwerk GONZEN AG über die Arbeiten des vergangenen Sommers. Die AFIF bestimmte wiederum radiometrisch den Urangehalt der gesammelten Erzproben. Gleichzeitig wurden mit dem Szintillometer noch einige Messungen in der Umgebung von Murg durchgeführt.

In den Jahren 1959–1962 wurden die Feldarbeiten vorläufig eingestellt, und der Verfasser konnte in dieser Zeit seine Dissertation beenden.

## II. Historisches

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

Nach STÖHR (1865) soll es zudem eine Sage geben, «daß ein von den Baslern betriebener Bergbau erst zur Zeit des großen Sterbens, des Schwarzen Todes, also im 14. Jahrhundert, eingegangen sei». BARTEL und JENNY (1936) und THÜRER (1936), sowie HEER et alii (1846) weisen darauf hin, daß zu späteren Zeiten mehr als einmal Versuche unternommen worden sein sollen, den Bergbau wieder aufzugreifen.

### 1. Die erste Bergbauperiode 1608–1848

**1608** wird in den Glarner Ratsprotokollen erstmals ein Kupferbergwerk auf der Mürtschenalp erwähnt. Der damalige Landammann und Besitzer eines Eisenbergwerkes bei Seerüti im Klöntal, namens H. SCHWARZ, verkaufte sein Eisenbergwerk samt Konzession für einige Silbergruben auf Mürtschen einem elsässischen Freiherrn JOACHIM CHRISTOPH VON MÖRSBERG und BELFORT, Herr zu Bonndorf und Rosenegg. Aus dem gewonnenen Silber sollen einige Glarner Münzen geprägt worden sein.

**1610** erfolgt eine Übertragung der Konzession an die «Herren HUBER samt anderen synen Mitkonsorten». Da keine genaueren Angaben bekannt sind, dürfte der Erfolg mäßig gewesen sein.

**1680** erhalten ein Seckelmeister JOHANN PETER MILT und Lieutenant HEINRICH MILT eine Konzession für 20 Jahre. Irgendwelche Nachrichten, ob ausgebeutet wurde, fehlen jedoch.

**1723** bewarben sich ein Quartierhauptmann MISSEN aus Zürich mit Landeshauptmann MARTI um eine Konzession.

**1834** schließt AUGUST KÖNLEIN, Bergwerkbesitzer von Uznach (wahrscheinlich Schieferkohlen) mit der Gemeinde Kerenzen einen Pachtvertrag von folgendem Inhalt ab: Er oder eine von ihm gegründete Gesellschaft darf auf den Alpen Mürtschen und Tschermannen, sowie am Silberspitz, alle vorkommenden Erze ausbeuten und wegführen. Da weitere Berichte fehlen, dürfte auch zu diesem Zeitpunkt kein ernsthafter Betrieb aufgekommen sein.

### 2. Die zweite Bergbauperiode 1849–1865

**1849** machen PETER KAMM von Obstalden und JOST DURSCHER von Walenguflin bei Obstalden neue Schürfun gen auf der Mürtschenalp.

**1850** schließen die beiden Schürfer mit der Gemeinde Kerenzen einen Vertrag ab und ziehen zudem zwei Tiroler Bergleute bei. Infolge der beschränkten Geldmittel kommen sie aber bald in eine mißliche finanzielle Lage.

**1853** erfährt der aus Breslau stammende deutsche Freiheitskämpfer Dr. HEINRICH SIMON von diesen Schürfun gen. Dieser beauftragt EMIL STÖHR, von dem wir die wertvolle Publikation aus dem Jahre 1865 besitzen, das Vorkommen näher zu untersuchen. Jener gelang zu der Feststellung,

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

Auf Grund dieses Gutachtens gründet SIMON eine Gewerkschaft mit 32 Gesellschaftsanteilen à 3000 Gulden zur Ausbeutung der silberhaltigen Kupfererze. Diese Summe verteilt sich mit ungleicher Beteiligung auf 10



Personen. Die Grube wird von den früheren Besitzern, die selbst bei der Gewerkschaft beteiligt bleiben, samt Zubehör um 18000 Gulden erworben, allerdings mit der Bedingung, daß diese Summe um 7000 Gulden zu kürzen sei, wenn die Erze nicht wenigstens bis zu einer flachen Tiefe von 17 Lachter (= 34 m) in gleicher Mächtigkeit und Reichhaltigkeit niedersetzen würden wie am Ausgehenden.

**1854** wird nach Abschluß der nötigen weiteren Verträge mit Gemeinden und Kanton mit den Arbeiten begonnen. SIMON übernimmt die Oberleitung; STÖHR, als Teilhaber der Gewerkschaft, wird mit der technischen Leitung betraut. Als erstes werden Zugangsmöglichkeiten für die Materialtransporte geschaffen. Es wird ein Saumweg von Merlen im Murgtal nach dem Unter Mürtchen angelegt. Man beginnt mit den Untersuchungsarbeiten über Tage und in der Grube. Die Arbeiten werden den Winter hindurch fortgesetzt.

**1855** tritt STÖHR von der technischen Leitung zurück, und ein gewisser Herr TRÖGER aus Freiberg in Sachsen übernimmt diese. Anlässlich der Schneeschmelze im Frühling werden fast alle unterirdischen Bauten überschwemmt. Die Pumpen sind zu schwach, und die gewaltigen Wassermassen können nur mit einem Blechheber bewältigt werden.

**1857** werden ausgedehntere Arbeiten geplant. Diese verlangen aber eine größere Belegschaft. Es wird ein größeres Gebäude erstellt mit Wohnungen für zwei Beamte und Schlaf- und Kochsälen für 50 Mann. Ein älteres kleines Haus dient vorläufig als Schmiede und Lokal für die Aufbereitung. Später wird ein kleines Pochwerk mit Stoßherd hineingelegt. Da die einheimischen Arbeiter den Eisenbahnbau vorziehen, müssen deutsche Bergleute mit einem Steiger engagiert werden. Die Belegschaft steigt damit auf 30 Mann an, später auf 48 Mann. Man führt an drei Orten Aufschlußarbeiten durch: Bei der Grube Erzbett, bei der Hauptgrube und im Großen Chalttal [Die alten Pläne der Gruben Erzbett und Hauptgrube aus STÖHR (1865) befinden sich auf den Seiten 65, 66 und 68, wo auch eine detaillierte Beschreibung der Grubenbauten und der Vererzung gegeben wird]. Im Großen Chalttal, im äußersten Osten, sind es nur Untersuchungsarbeiten, in der Hauptgrube dagegen und im westlich gelegenen Erzbett bergmännische Arbeiten. Mehrere Pfeiler werden zum Abbau vorgerichtet, versuchsweise werden einzelne auch schon abgebaut. Die gemachten Aufschlüsse ergeben die ersten wissenschaftlichen Resultate: Es liegt ein Erzgang vor, der mehrfach durch Verwerfungen gestört ist. Die Erzführung ist nicht konstant, denn ganz erzeleere Mittel wechseln mit sehr erzeichen. In den erzeichen Mitteln gibt es schöne, zum Teil prachtvollere Erze. Da nun das Unternehmen bereits eine solche Ausdehnung besitzt, daß zu einem größeren, rationelleren Betrieb die Mittel der bestehenden Gewerkschaft nicht mehr ausreichen, versucht SIMON die Bildung einer großen Aktiengesellschaft mit einem Nominalkapital von 1000000 Fr., verteilt zu 1000 Aktien à 1000 Fr.

**1858** sind bereits 706 Aktien ausgegeben. Es entsteht ein neues Direktorium von 5 Personen. SIMON wird Generaldirektor. Infolge einer Geld- und Handelskrisis werden leider keine neuen Aktien mehr vom Markte aufgenommen. Für einen größeren Betrieb fehlt aber das Geld. Aus Rücksicht auf die geschlossenen Verträge wird der Betrieb aber nicht eingestellt, sondern es wird «temporisiert», d. h. der Betrieb wird eingeschränkt in der Erwartung besserer Zeiten. Die Folge davon ist, daß die Generalunkosten in keinem Verhältnis zu den Betriebsausgaben stehen.

**1859** betragen die Generalunkosten 19000 Fr., die Betriebsausgaben 21000 Fr. Ein Teil der ohnehin schon knappen Geldmittel wurde also durch «temporisieren» verbraucht, ohne vollständigen Vorteil für das Unternehmen.

**1860** verunglückt bei einer Bootsfahrt auf dem Walensee SIMON tödlich. STÖHR als Gründer und Aktionär der Gesellschaft wird Generaldirektor und übernimmt die Oberleitung. Er stoppt das «temporisieren» und beginnt mit dem Abbau. 320 Quadratlachter (1280 m<sup>2</sup>) Gangfläche sind zum Abbau vorgerichtet. Es werden 30000 Zentner Roherz erwartet. In einem Versuchsabbau werden die erwarteten Hoffnungen aber nicht erfüllt, sondern es ergibt sich folgendes Bild:

	Berechnung	Wirklichkeit
<i>Erz pro Quadratlachter Gangfläche (4 m<sup>2</sup>)</i>	100 Zentner	62 Zentner
<i>Erzarten:</i>		
Reiche Scheideerde	3 – 6 %	1,6 – 2,5 %
Gute Pochgänge	77 %	55 – 68 %
Tauber Berg	20 %	30 – 45 %

	Berechnung	Wirklichkeit
<i>Verwaschen der Pocherze:</i>		
Schliche	14 Zentner	9 Zentner
Gehalt: Cu:	18 %	13½ %
Ag:	0,11 %	0,063 %

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

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

Dadurch wird zudem ersichtlich, daß der Abbau der meisten aufgeschlossenen Erzmittel nicht lohnend sein kann. Ein lohnender Abbau kann erst dann wieder eintreten, wenn ähnliche Erzmittel wie am Ausgehenden angetroffen werden. Dazu sind aber weitere umfassende Untersuchungsarbeiten notwendig, namentlich gegen die Tiefe hin, wo es möglich, jedoch nicht sehr wahrscheinlich ist, solche reichen Erze wieder zu finden. Dazu sind aber weitere Geldmittel nötig. Durch die ungünstigen Resultate ist aber kein Kapital mehr erhältlich.

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

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

1865 wird die 2. Bergbauperiode mit der Publikation von STÖHR (1865) abgeschlossen.

### 3. Die dritte Bergbauperiode 1916–1918

Infolge des Rohstoffmangels des 1. Weltkrieges führt die Firma «GUSTAV WEINMANN», Zürich, neue Untersuchungs- und Erschließungsarbeiten durch [FEHLMANN (1919)]. Diese beschränken sich aber auf die sogenannte Hauptgrube und die Grube Erzbett, während die Baue vom Großen Chalttal nicht aufgewältigt werden, da diese Grube eine große Zahl von Verwerfungen und dementsprechend die unregelmäßigste Gangbildung aufweist, obwohl früher von dort die reichsten Erze kamen. In der Hauptgrube beschränken sich die Arbeiten auf das Ausräumen der alten Stollen, da der am Ausbiß bis 2 m mächtige Gang nur bis zu einer Tiefe von einigen Metern abbauwürdige Erze enthielt. Außerdem wird der Hauptstollen um 35,5 m verlängert. In der Grube Erzbett wird der alte tonnlägige Schacht der unteren Sohle entwässert. Er besitzt eine Tiefe von 27 m und erschließt das Erz in ca. 10 m Tiefe, wo sich dasselbe als Buntkupfererz in Gängchen von höchstens 5 cm Mächtigkeit zeigt. Etwa 37 m unter der tiefern alten Sohle (Kote 0) wird ein Querschlag vorgetrieben, der 142 m ab Mundloch die Erzmittel anschlagen sollte, jedoch trotz seiner Verlängerung bis auf 181 m den Erzgang nicht erschließt. Nach den Beobachtungen des Verfassers verhält es sich tatsächlich so, daß auf der Halde unzweifelhafte Proben von Grauem Gebirge mit Karbonatführung festgestellt werden können. Unter dem Begriff «Graues Gebirge» wird nach STÖHR (1865) der veränderte, chloritisierte Sernifit der Kupfermineralisation verstanden. Da dieses Ganggestein aber vollständig taub ist, wurde das Durchschlagen dieses Imprägnationskörpers bei 142 m ab Mundloch wahrscheinlich nicht bemerkt und der Stollen sinnlos bis auf 181 m vorge- trieben. Zu erwähnen sind noch vier neue Stollen von 4 m, 81 m, 3 m und 11 m, welche im Feldried, ca. 200 m unter der Hauptgrube geologisch vollständig unverständlich angelegt wurden. Sie sind heute nur noch zum Teil zugänglich. Die Installationen bestehen aus einer kleinen, durch einen Benzinmotor angetriebenen Kompressoranlage, welche die Bohrluft für den Vortrieb der Stollen liefert. Um die Höhenstufe Merlen-Gspon (Differenz 425 m) zu überwinden, wird eine Seilbahn erstellt und mangels elektrischer Energie ebenfalls mit einem Benzinmotor betrieben. Im Herbst 1918 werden die Arbeiten eingestellt und die Installationen abgebrochen. Damit endet die 3. Bergbauperiode.

In der nun folgenden Zeit werden vor allem wissenschaftliche Untersuchungen an Erzen der Mürtschen- alp angestellt.

## 4. Untersuchungsarbeiten 1924–1956

**1924** stellt HUTTENLOCHER fest, daß der Erzinhalt gewisse Ähnlichkeit mit den Erzen des Val d'Anniviers aufweist. Er bemerkt dazu folgendes:

«Kupferkies, die Hauptmasse, tritt hier deutlich als jüngste Bildung auf; es sind ausgesprochene Verdrängungen von Buntkupfer durch Chalkopyrit wahrnehmbar. (Der Verfasser hat diese Beobachtung an einigen Stellen auch gemacht und auf Seite 73 beschrieben. Er hält diese Erscheinung jedoch eher für umgekehrte Zementation als für eine primäre Abfolge!) Dem Buntkupfer fehlen die Entmischungen durchaus. Spurenhalt, als deutlicher Korrosionsrest, tritt ein bläulich reflektierendes Mineral auf, das man zunächst als Kupferglanz bezeichnen möchte; bei genaueren Untersuchungen vermißt man jedoch die für dieses Mineral charakteristischen Daten. Höchst wahrscheinlich handelt es sich um Fahlerz. Beim Ätzen mit alkalischer Permanganat-Lösung entwickelt die Kupferglanzmasse ein pflastrig-körniges Gefüge. (Die vom Verfasser ebenfalls beobachtete Brikettstruktur des weißen, rhombischen, anisotropen Kupferglanzes.) Es ist nicht entschieden, ob die beschriebenen Proben dieses Vorkommens primären (hypogenen) oder sekundären (supergenen) Zementationskupferkies enthalten.»

**1925** durchgeht HIRSCHI im Naturhistorischen Museum Bern die Erzsammlung FELLEBERG und nimmt anschließend Erzstücke mit dem Vermerk «Uranit?» (= Uranglimmer) in Untersuchung. Er stellt dabei folgendes fest:

«Das Gestein entspricht einer feinen, vererzten Konglomeratbrekzie. Kleine, gut gerundete Stückchen verschiedenartiger Gesteine liegen eingebettet in meist scharfkantigem Granitgrus, der vorherrschend aus fleischfarbigen Kalifeldspäten und etwas milchigen Quarzkörnern besteht. Die Feldspäte sind als scharfkantige Kristalle erhalten, ein Beweis, daß der Granitgrus nur wenig entfernt von seinem Bildungsort festgehalten wurde. Auf feinen Kluftflächen dieses Verrukanogesteins sind zierliche, kupfergrüne Kristallgebilde zu beobachten. Diese haben rosettenförmige, radialstrahlige, fächerförmige oder farnblattähnliche Gestalt und zeigen besonders randlich einen weißen Seidenglanz. Diese Gebilde lösen sich in Ammoniak leicht auf unter Hinterlassung eines grauen Rückstandes. Es handelt sich offenbar um ein gewöhnliches Kupfersalz, wofür auch die mikroskopischen Befunde sprechen. Eine Verwechslung mit Uranit ist möglich, indessen fehlt dem Mineral der glimmerige Habitus, sowie die mehr gelblich-grüne Färbung, welche die meisten Uranglimmer auszeichnet. Bemerkenswert ist aber der relativ kräftige Ionisationseffekt, welchen die obengenannten Gesteinsproben liefern. 67 cm<sup>2</sup> Pulverfläche gaben bei etwa 4 cm Kapazität des Elektrometersystems ein Stromäquivalent von  $4,0\text{--}4,5 \times 10^{-4}$  statischen Einheiten, das also etwa 40–50× größer ist als das eines normal aktiven Gesteinspulvers mit beispielsweise  $5 \times 10^{-12}$  g Radium pro Gramm Gestein. Wenn auch nicht ausgeschlossen ist, daß die radioaktiven Stoffe zusammen mit den hydrothermalen Erzbildungen sich ausschieden, so liegt doch der Gedanke näher, den Gehalt an radioaktiven Stoffen mit dem Granitgrus in Beziehung zu bringen, zumal sehr reiche Erzstücke (Buntkupfererz, Fahlerz) sich als völlig inaktiv erwiesen. Die stark rot gefärbten Kalifeldspäte weisen ebenfalls auf einen ursprünglich stark radioaktiven Granit hin. Die Erzlagerstätten an der Mürtschenalp sollten im Auftrag der Schweizerischen Geotechnischen Kommission näher untersucht werden, und es ist zu hoffen, daß auch den radioaktiven Stoffen nachgegangen wird.»

Nach den Untersuchungen des Verfassers stammte die von HIRSCHI (1925) untersuchte Probe wahrscheinlich aus dem Sondierstollen des Großen Chalttals. Die erwähnten Kupfer-Oxydationsminerale sprechen für ein Kupfer-Uran-Mischerz mit makroskopisch unsichtbarer, aber mikroskopisch feinverteilter Pechblende oder Brannerit in einer Sulfid-Grundmasse.

**1943** hat WINTERHALTER den Verrucano der Schweizeralpen näher untersucht. In bezug auf die Kupfervererzungen kommt er zu folgendem Schluß:

«Die Kupfererzführung des Verrucanos steht nicht im direkten Zusammenhang mit den permischen Ergußgesteinen. Die Kupfererze befinden sich auf sekundärer und tertiärer Lagerstätte.»

Indessen wird vom Verfasser anhand der Beobachtungen von AMSTUTZ (1950) und seiner eigenen Untersuchungen (1960 b) doch ein Zusammenhang zwischen den Kupfererzen der Mürtschenalp und an andern Orten im Verrucano und denjenigen in den basischen Ergußgesteinen des Kärpfgebietes angenommen.

**1948** führt sodann Herr Dr. O. Grütter, Konservator am Naturhistorischen Museum in Basel, im Auftrag der Schweizerischen Studienkommission für Atomenergie (SKA) auf der Mürtschenalp mit einem Geigerzähler Untersuchungen auf Uranerze durch. Er konstatiert unterhalb der Alp Bärenboden an der Basis des Melser Sandsteines eine lokale und sehr wenig mächtige Schicht von Graphitschiefern mit erhöhter Radioaktivität. Infolge der beschränkten Ausdehnung der Schicht und der tektonischen Auswalzung ist das Vorkommen wirtschaftlich völlig bedeutungslos. Herr Dr. Grütter hat auch die Gruben Hauptgrube und Erzbett mit dem Geigerzähler begangen und als inaktiv befunden. Eine schwache Radioaktivität stellt er hingegen am Silberspitz und am Großen Hochmättli fest.

**1949** hat HÜGI schweizerische Kupfererze spektrographisch untersucht. Darunter befanden sich auch zwei Proben von der Mürtschenalp. HÜGI stellt dabei als Hauptmerkmal folgendes fest:



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

Der Verfasser kommt dann auf Seite 44 noch auf die Resultate dieser wertvollen spektrographischen Untersuchung zurück.

1950 haben ERLÉNMEYER et alii die von Herrn Dr. Grütter gesammelten Erzproben chemisch näher untersucht und dabei einen Gehalt von 180 g UO<sub>2</sub>/t Gestein für die bituminösen Schiefer des Bärenbodens festgestellt.

### III. Geographische Übersicht

(Vergleiche dazu die Landeskarte der Schweiz, 1:50000, Blatt 237, Walenstadt, Ausgabe 1956).

#### A. Begrenzung

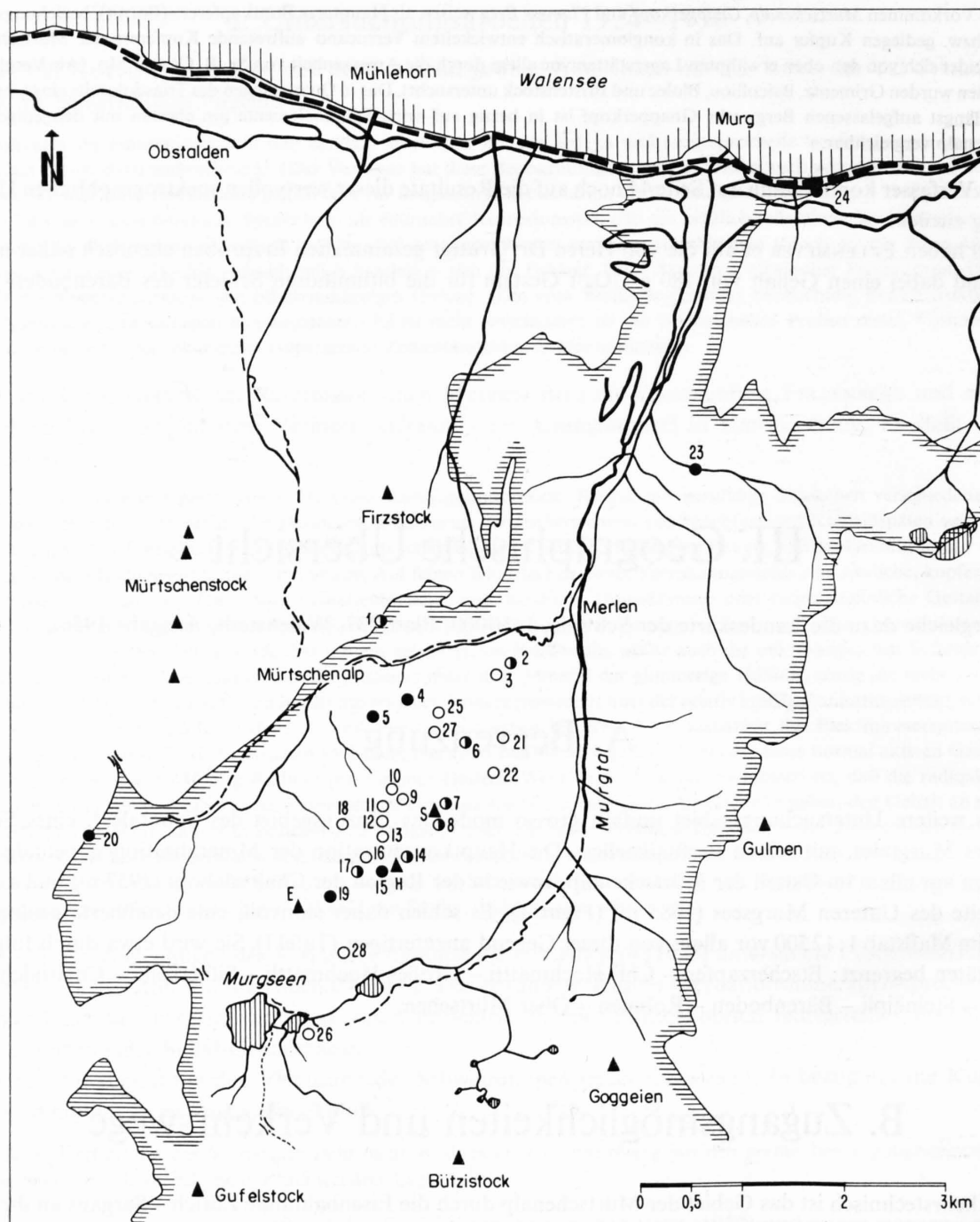
Das weitere Untersuchungsgebiet umfaßt grosso modo das Einzugsgebiet des Spontales<sup>1</sup>, eines Seitentales des Murgtales, mit seinen Erzfundstellen. Die Hauptkonzentration der Mineralisationen befindet sich hingegen vor allem im Ostteil der Mürtschenalp, sowie in der Region der Chalttalchöpf (1957 m) und auf der Nordseite des Unteren Murgsees (1685 m) (Figur 1). Es schien daher sinnvoll, eine detaillierte geologische Karte im Maßstab 1:12500 vor allem von dieser Gegend anzufertigen (Tafel I). Sie wird etwa durch folgende Lokalitäten begrenzt: Etscherzapfen – Chli Hochmättli – Großes Hochmättli – Silberspitz – Chalttalchöpf – Gspon – Steinälpli – Bärenboden – Robmen – Ober Mürtschen.

#### B. Zugangsmöglichkeiten und Verkehrswege

Verkehrstechnisch ist das Gebiet der Mürtschenalp durch die Eisenbahnlinie Zürich – Sargans an die übrigen Wirtschaftsgebiete angeschlossen. Von dieser aus bestehen im Prinzip zwei Möglichkeiten, das Gebiet zu erreichen: 1. Von Mühlehorn – Obstalden, oder 2. Von Murg. Von Obstalden führt heute eine neue Straße nach Hütten<sup>2</sup> (1018 m), von dort ein Saumpfad in südlicher Richtung über den Sattel von Robmen (1760 m) auf die Mürtschenalp. Von Murg gibt es eine gute Straße bis Mornen (1335 m). Von Mornen führt ein Saumweg bis Murgsee (1828 m) und weiter nach Norden über die Murgsee-Furggel (2002 m) nach dem Ober Mürtschen oder nach Süden über die Widersteiner-Furggel (2014 m) nach Engi (821 m) ins Sernftal. Halbwegs zwischen Bachlaui (1213 m) und Mornen zweigt zudem ein Saumweg ab in die westlich davon gelegene Bütz (1580 m).

<sup>1</sup> Sämtliche vorkommenden Orts- und Lokalnamen entsprechen in der Rechtschreibung denjenigen des Übersichtsplanes der Grundbuchvermessung 1:10000.

<sup>2</sup> Der Ortsname Hütten deutet wahrscheinlich auf eine alte Schmelzhütte hin, vielleicht von Dogger-Eisenerzen des Mürtschenstockes (vergleiche dazu Hüttenberg in Kärnten).



Figur 1. Verrucanogebiet Murgtal-Mürtschenalp und seine Kupfer-Uranvorkommen.

**Kupfer-Erzvorkommen**  
(schwarze Kreise)

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

**Kupfer-Uran-Erzvorkommen**  
(schwarz-weiße Kreise)

- 1 Bärenboden

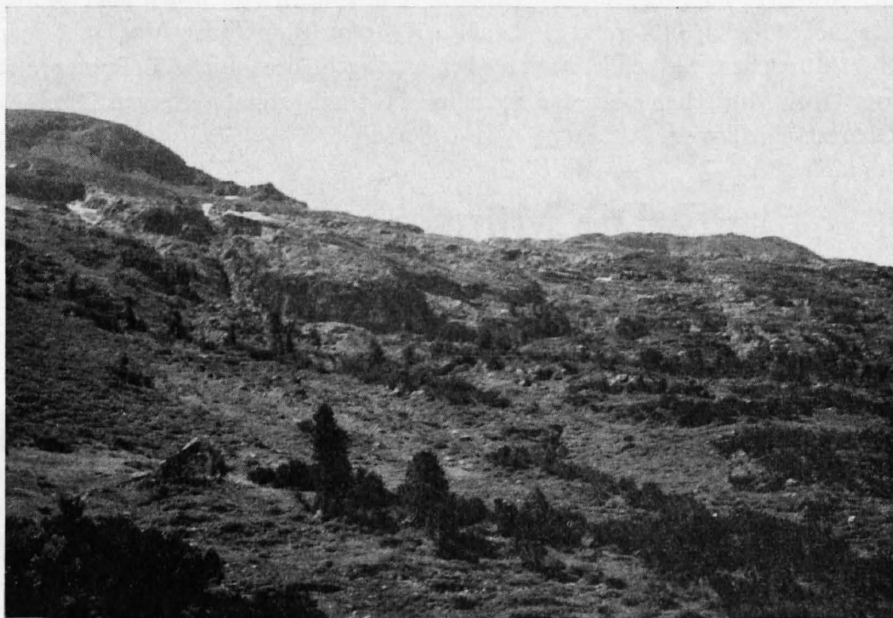
- 2 Großes Chalttal
- 6 Chlis Chalttal
- 7 Silberspitz-Ost und -Nordost
- 8 Silberspitz-Süd
- 14 Hochmättli-Ost
- 17 Tschermannercharren-West
- Uran-Erzvorkommen (weiße Kreise)
- 3 Chalttalboden
- 9 Silberplange-Ost und -Nord
- 10 Silberplange-West
- 11 Chline Walenchengel, Erzkörper IX-XII

- 12 Chline Walenchengel, Erzkörper V-VIII
- 13 Chline Walenchengel, Erzkörper I-IV
- 16 Tschermannercharren-Ost
- 18 Großer Walenchengel
- 21 Chalttalchöpf
- 22 Dreitürme
- 25 In den Hörnern
- 26 Chilbiweid
- 27 Tschermannen
- 28 Unterer Murgsee

Die normale Verbindung mit der Mürtschenalp wird von Merlen aus über das Gspon (1387 m) durch den zum Teil steilen Saumpfad hergestellt, der anlässlich des Bergbaues 1854 angelegt wurde, im Frühling 1961 durch einen Felssturz aber leider größtenteils verschüttet wurde. Im Gspon befand sich die Bergstation der Seilbahn nach Merlen, welche die Firma WEINMANN anlässlich der Schürfarbeiten während des Ersten Weltkrieges konstruieren ließ. Auf den noch vorhandenen Fundamenten steht heute eine Schutzhütte. Vom Gspon führt ein Saumweg über den Unter Mürtschen (1495 m) bis zum Ober Mürtschen (1734 m) und von dort nach Norden zur Spannegg (1563 m) oder nach Süden zum Murgsee. Vom Unter Mürtschen gehen zudem Saumwege nach Robmen (1760 m) und der Rinderalp Tschermannen (1819 m).

## C. Topographie

Es handelt sich um ein topographisch reich gegliedertes Gelände mit Höhen zwischen 1400 m und 2200 m. Im Norden des Untersuchungsgebietes liegt das SW-NE verlaufende Spontal mit den Alpen Unter und Ober Mürtschen. Auf der Nordseite ragt im Westen der mächtige Mürtschenstock mit seinen weiträumigen Geröllhalden markant empor. Im Osten steht der Beschauer unmittelbar vor den Felswänden des Rotberges und des Steinälplis. Auf der Südseite liegen die zum Teil steilen Felswände unterhalb der Alp Tschermannen, und weiter gegen Süden im Osten die Tschermannercharren, im Westen die Grashänge des Etscherzapfens. In den schroffen Wänden unterhalb Tschermannen liegen von Osten nach Westen auf einer mehr oder weniger geraden Linie die heute verlassenen Gruben Erzbett (1720 m), Hauptgrube (1690 m) und Großes Chalttal (1510 m). Weiter südlich schließen die Alpweiden und karrenartigen Felsformen der Alp Tschermannen selbst an. Den südlichen Abschluß bildet der Grenzkamm, die Hochmättli- Silberspitz-Kette. Südlich davon folgt ein 500–1000 m hoher Steilabfall ins Murgtal.



Figur 2. Blick von der Alp Tschermannen gegen Chline Walenchengel (links) und Etscherzapfen (im Hintergrund rechts).

## D. Hydrographie

Die Wasserführung ist völlig durch die Art des Gesteins bestimmt. Der Sponbach führt lediglich in seinem obersten Teilstück, das vollständig in permischen Gesteinen liegt, bis ca. 1700 m ganzjährig Wasser. Dort verschwindet er in einem Erosionsloch an der Grenze Melser Sandstein-Dolomit, worauf er erst im Unter Mürtschen (1480 m) an einem Querbruch als Quelle wieder erscheint. Das erwähnte Zwischenstück sowie der Unterlauf des Tschermannerbaches führen nur in ausgesprochenen Regenzeiten und während der Schnee-



schmelze Wasser. Ebenso verhält es sich mit einer Unzahl von kleinen Rinnsalen im gesamten Verbreitungsgebiet des Sernifites. Eine Ausnahme davon machen die Bäche im Chline Walenchengel und Großen Walenchengel sowie der Tschermannenbach in seinem Oberlauf, die erst bei starker Trockenheit versiegen.

## IV. Geologisch — tektonische Übersicht

(Vergleiche dazu die geologische Detailkarte 1:12500, Tafel I).

Die Mürtschenalp befindet sich geologisch in den Helvetischen Decken, im Bereich der sogenannten Glarner Schubmasse. Die Gesteine des Helvetikums bestehen vorwiegend aus Sedimenten von Perm bis Alttertiär, die von ihrem kristallinen Untergrund abgeschert und von SE gegen NW verfrachtet worden sind. Sie liegen heute zum Teil auf einer kretazisch-tertiären Flyschunterlage.

Durch die tektonischen Bewegungen sind die Helvetischen Decken bekanntlich in mehrere Teilelemente zerlegt worden, die von OBERHOLZER (1933) eingehend untersucht, und dann neuerdings von STAUB (1954) gegliedert wurden. Im Raume Murgtal-Mürtschenalp unterscheidet STAUB (1954) eine Gufelstockscholle (OBERHOLZERs Glarnerdecke) und eine Mürtschenscholle (OBERHOLZERs Mürtschendecke). Die STAUB'sche Gliederung wird hier übernommen.

### A. Die Gufelstockscholle

Sie umfaßt an permischen Gesteinen die tieferen Regionen des Murgtales und die südlichen bzw. östlichen Teile der Mürtschenalp, also die markante Sernifit-Region von Murg über Merlen bis Murgsee, sowie das gesamte Liegende der Silberspitz-Hochmättli-Kette im Raume der Alp Tschermannen, dazu den Talkessel von Ober Mürtschen. Sie schließt auch noch eine recht beachtliche Triasserie ein, die sich mit Unterbrüchen vom Ober Mürtschen über das Steinälpli bis ins Murgtal verfolgen läßt. Höhere Schichten fehlen von den Quartenschiefen an.

### B. Die Mürtschenscholle

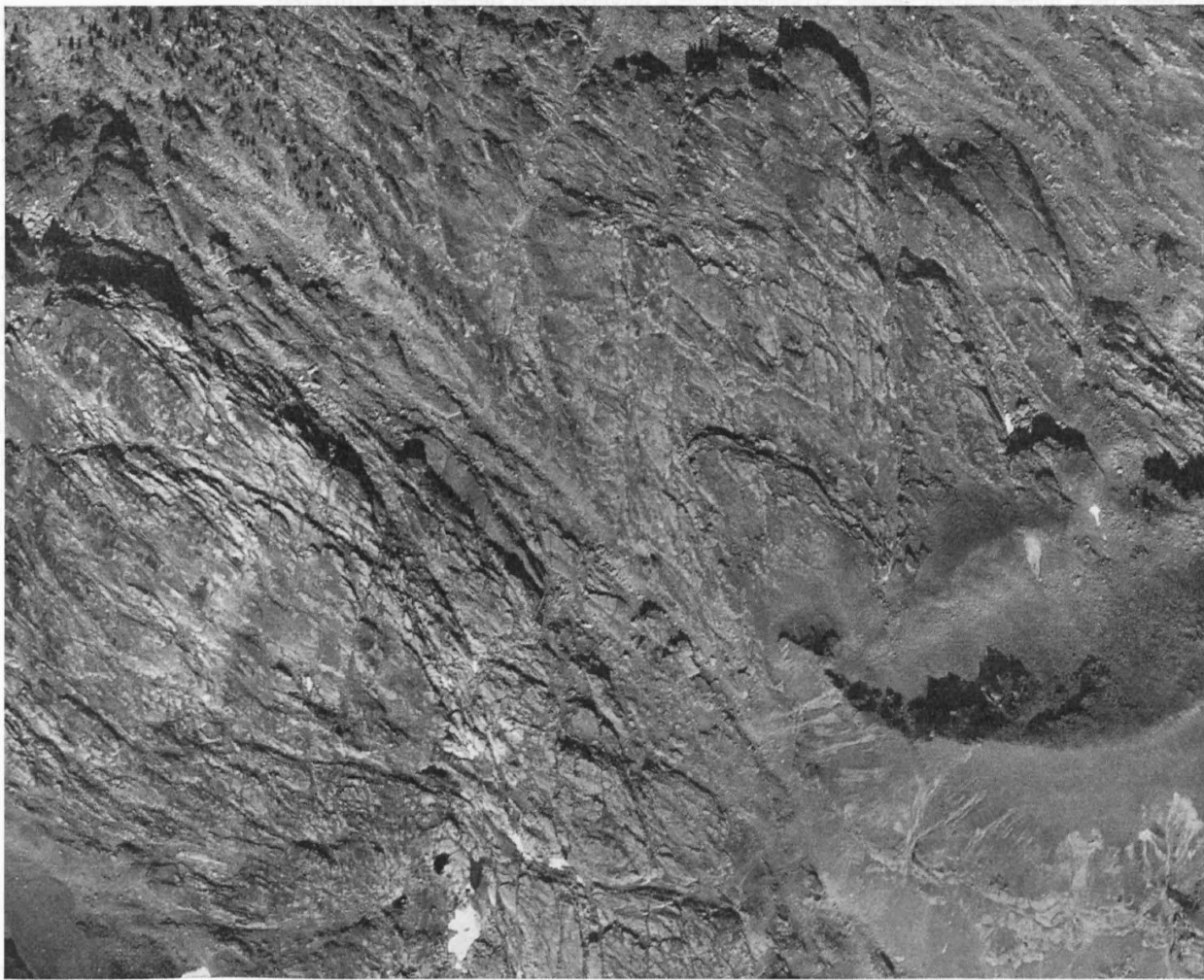
Sie baut als tektonisch höheres Element mit einer Perm-Trias-Lias-Serie im Süden des Murgtales die markanten Gipfel des Rot Tor, Erdis, Magerrain und Sexmor auf; im Norden des Tales ist ihr die permische Phyllitregion der Silberspitz-Hochmättli-Kette sowie des Etscherzapfens zugehörig. Dazu tritt als Hauptbaustein der Gebirgsbildung im Norden der Mürtschenalp die Sandsteinregion des Rotberges, Bärenbodens, Steinälplis und Chüemettlers mit einer darüberliegenden mächtigen Trias-Jura-Serie. Der Verfasser möchte die charakteristischen permischen Sandsteine nach der Typuslokalität Rotberg nördlich vom Unter Mürtschen im folgenden kurz Rotbergsandstein nennen. Diese Rotbergsandsteine, welche bisweilen auch eine feinkörnige Ausbildung haben können, stehen dabei dem Sernifit der Gufelstockscholle faziell näher als den Phylliten der Silberspitz-Hochmättli-Kette, denen sie tektonisch eigentlich entsprechen sollten. Sie besitzen lediglich als Hangendes im Raume Rotberg eine Serie von Phylliten, die aber nach SW und NE auskeilen. FISCH (1961) hat diese blutroten Schiefer Schönbühl-Schiefer genannt; Typuslokalität ist nach ihm der Punkt 2237 (Koo. 736.100/208.550) auf Schönbühl (L. K. 1:50000), südwestlich des Spitzmeilen. Sie haben ihre Hauptverbreitung in den Gipfelregionen des Silberspitz-Hochmättli-Etscherzapfens sowie des Rot Tor, Goggeien und Gulderstockes. Die Rotbergsandsteine der Typuslokalität zeigen dabei faziell ziemlich große Ähnlichkeit mit den obersten Sernifit-Sandstein-Phyllit-Wechselagerungen der Region des Chli Hochmättli und des Liegenden der Schönbühl-Schiefer des Etscherzapfens, so daß der Verfasser versucht ist, diese Wechselagerungen – obwohl nicht abgeschert – der Fazies des Rotbergsandsteins parallel zu setzen. Diese Überlegung wird einerseits noch dadurch gestützt, als ein entsprechendes Äquivalent dieser westlichen Serie zwischen den Schönbühlschiefen des Großen Hochmättli und Silberspitzes der Mürtschenscholle und dem darunterliegenden mittelkörnigen Sernifit der Gufelstockscholle eigentlich völlig fehlt. FISCH (1961) bezeichnet

die erwähnten Wechsellagerungen am Chli Hochmättli in seinem Profil in Figur 5 als Chilbiweid-Serie. Ob nun die vom Verfasser geprägte Rotbergsandstein-Serie mit der von FISCH (1961) bezeichneten Chilbiweid-Serie parallel gesetzt werden darf, müßten weitere Detailuntersuchungen beweisen. Andererseits ist diese Überlegung noch darin begründet, daß der Verfasser (1959) und TRÜMPY in FISCH (1961) bereits die Beobachtung gemacht haben, daß bei N-S-Brüchen und Verwerfungen im Raume Murgtal-Mürtschenalp die östlichen Elemente um wechselnde Beträge einerseits abgesenkt und andererseits gegenüber dem Westteil nach Norden vorgeschoben wurden.

Falls diese Parallelisation dann tatsächlich zutreffen würde, wäre es dann so, daß im Raume Etscherzapfen-Chli Hochmättli die Abscherung zwischen Chilbiweid-Serie und Schönbühlschiefer, im Raume Hochmättli-Silberspitz zwischen Sernifit und Rotbergsandstein – bzw. Chilbiweid-Serie stattgefunden hätte.

## V. Geologie des Lagerstättengebietes

### A. Das Perm der Gufelstockscholle



Aufnahme Eidg. Landestopographie

Figur 3. Luftaufnahme des Großen und Chline Walenchengels. Man beachte die markanten germanotypen Brüche im Sernifit (oben und linke Bildhälfte) sowie die kaum ausgeprägten Strukturen in den Schönbühlschiefern (unten rechts) des Großen Hochmättli. Der Große Walenchengel verläuft von der linken oberen Ecke der Luftaufnahme (Pfeil) in Richtung SSE und ist gut an den Schattenbildern erkennbar. Der westliche Bruch des Chline Walenchengel ist auf der rechten Bildhälfte als nahezu N-S verlaufende Linie (Pfeil) erkennbar. Weitere strahlenartig konvergierende Brüche liegen östlich davon und zeigen wieder gute Schattenbilder.

Das tiefste und zugleich älteste Schichtglied der Gufelstockscholle wird von weinroten, quarzig-silikatischen Brekzien bis Konglomeraten des Perms aufgebaut, für welche HEER (1865) den noch heute gebräuchlichen Namen Sernifit eingeführt hat, nach der großen Verbreitung dieses Gesteins im Sernftal. Eine detaillierte makroskopische und mikroskopische Beschreibung des Sernifites erfolgt auf Seite 27.

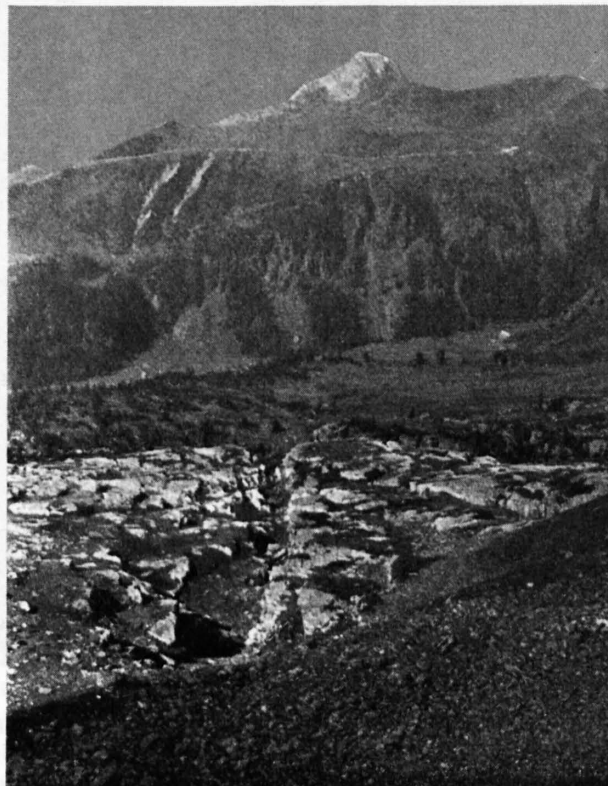
Als außerordentlich kompaktes, oft weitklüftiges, morphologisch granitähnliches Gestein verhält sich dieser Sernifit im Gelände wie eine einheitliche Felsplatte, die einerseits vor allem ältere germanotype Tektonik in Form von markanten Klüften, Brüchen und Verwerfungen konserviert hat (Figur 3), andererseits sich aber doch auch gegenüber jüngeren alpinotypen Einflüssen wie Faltungen, Flexuren etc. erstaunlich plastisch erwies.

## 1. Germanotype Strukturen

Sie sind außerordentlich häufig, denn das ganze Gebiet ist sehr augenfällig von tektonischen Bruchzonen durchzogen. Neben schlecht ausgebildeten und daher nur mühsam erkennbaren Längsbrüchen (parallel zu den alpinen Faltenachsen) parallel dem SW-NE verlaufenden Spontal (Spontalsystem) existieren im Gelände ausgezeichnet sichtbare Querbrüche, die zum Teil als N-S, zum Teil als NW-SE verlaufende Brüche und Verwerfungen durch die dort stärker angreifende Erosion sehr ausgeprägt sind. Bisweilen können dann, wie zum Beispiel im Chline Walenchengel, strahlenartige Konvergenzen der Brüche eintreten.

### a) Die N-S-verlaufenden Querbrüche

Sie sind vor allem in der alpinen Region oberhalb der Baumgrenze, aber auch in den steilen Felswänden des Bärenbodens oder in der Hauptgrube sehr schön aufgeschlossen und zu studieren. Prinzipiell können zwei Generationen unterschieden werden. Bei der älteren Generation handelt es sich um krummflächige, aber generell N-S verlaufende Zerrüttungszonen, die im Zusammenhang mit den Vererzungen eine eingehende Beschreibung erfahren. Die jüngere Generation verläuft ziemlich streng, im Ausbiß fast linealartig N-S, mit



Figur 4. Blick von Süden gegen Rotberg, Alp Bärenboden und Firzstock im Norden. Im Vordergrund der markante N-S-Bruch des Chline Walenchengel mit seinen zahlreichen Vererzungen.



höchstens 5° Abweichung von der Nordrichtung. Die streichende Länge dürfte sehr groß sein, unter Umständen mehrere Kilometer. Die Brüche des Chline Walenchengels oder des Chlinen Chalttals dürften vom Robmen und Bärenboden bis ins Murgtal reichen. Die Mächtigkeit der Bruchzone ist innerhalb des gleichen Bruches bisweilen erstaunlich konstant. So beträgt zum Beispiel die Breite des ziemlich direkt N-S verlaufenden Chline Walenchengels gleichmäßig ca. 10 m (Figur 4). Die Endigung der Brüche ist vorläufig noch unbekannt. Die Tiefenerstreckung dürfte wie die Längenerstreckung sehr groß sein. Die gleichen Bruchzonen lassen sich nämlich quer durch Sernifit, Rotbergsandstein und Schönbühlschiefer sowie durch die gesamte Trias des Bärenbodens verfolgen. Die Begrenzung der Bruchzonen ist bisweilen sehr scharf. Bei den Schürfungen im Chline Walenchengel kamen am Westrand vom Vererzungskörper I ein Rutschharnisch sowie 0,3–0,4 m Kluftletten zum Vorschein. Ebenso begrenzen einige Zentimeter mächtige Kluftletten die Ostseite von Erzkörper II. Es handelt sich somit um salbandähnliche Erscheinungen. In sehr vielen Fällen ist es dann, wie bereits früher erwähnt wurde, noch so, daß der östlich des Bruches gelegene Gesteinsverband gegenüber dem westlichen um einen unbekannten Betrag abgesunken erscheint. Es kann also von einer eigentlichen Verwerfung gesprochen werden. Die Füllung dieser Zonen ist in den oben erwähnten Schürfgräben ebenfalls klar ersichtlich geworden. Einerseits ist es gewöhnlicher, weinroter Sernifit, der ziemlich stark zerrüttet und damit eigentlich brekziös ist, andererseits kann man ein Mischgestein von normalem Sernifit und verändertem Sernifit beobachten; selten liegt in der jüngeren N-S-Verwerfung eigentlicher vererzter Sernifit. Einzig im Falle eines Schnittes zwischen der jungen, linealartigen N-S-Verwerfung und der älteren, kurvenartigen Zerrüttungszone erscheint vererzter Sernifit im Hauptbruch, so zum Beispiel zwischen Erzkörper I und II und zwischen Erzkörper IX und X. Die Entstehung der Querbrüche dürfte vor allem mit den Senkungserscheinungen zur Triaszeit zusammenhängen.

## b) Die SW-NE verlaufenden Längsbrüche

Es sind zwei Arten von Längsbrüchen zu unterscheiden, die eng mit den Vererzungen verknüpft sind:

1. Kurze, wenige Meter anhaltende Klüfte treten schon bei den Uranvererzungen in Erscheinung und konnten als wichtige Faktoren für die Vererzung erkannt werden. In der Regel haben sie eine Lagerung von 55°–65°/50°–60° und werden im Gegensatz zu anders verlaufenden Klüften als Hauptklüfte bezeichnet. Die streichende Länge beträgt immer nur wenige Meter, maximal etwa 10 m bei Erzkörper I im Chline Walenchengel. Die Mächtigkeit der an diese Hauptklüfte gebundenen Vererzungszonen ist maximal ca. 5 m. Die Endigung ist auf der Seite des N-S-Bruches, von dem sie in der Regel ausgehen, meist ziemlich scharf und durch die N-S-Klüfte bestimmt, auf der Gegenseite naturgemäß diffus, ebenso die Begrenzung. Die Tiefenerstreckung ist sehr schwer anzugeben, denn die einzelnen Erzkörper sind meist zerlegt und paketweise abgeschert.



Figur 5. Blick gegen den Westfuß des Großen Hochmättli mit einem deutlich ausgeprägten SW-NE verlaufenden Längsbruch im Sernifit, allerdings ohne Vererzungen.

2. Besser ausgeprägt und geradezu grundlegende Erscheinungen sind die Längsklüfte bei den Kupfervererzungen. Hier ist ihre Lagerung gewöhnlich  $60^{\circ}$ – $100^{\circ}/25^{\circ}$ – $40^{\circ}$ , nämlich nach STÖHR (1865) ca.  $87^{\circ}/50^{\circ}$  beim Erzbett,  $60^{\circ}$ – $70^{\circ}/30^{\circ}$ – $40^{\circ}$  bei der Hauptgrube und  $90^{\circ}$ – $105^{\circ}/25^{\circ}$ – $40^{\circ}$  beim Großen Chalttal. Das scheinbar geringere Fallen gegenüber den kurzen Hauptklüften der Uran-Paragenese wird hier nur durch den stärker nach Norden fallenden Sernifit vorgetäuscht. Im Prinzip sind die beiden Werte quasi identisch, was heißt, daß die alpinotypen Phänomene (Flexuren) unabhängig davon sind, und daß die beiden Arten von Längsbrüchen, und damit auch die beiden Paragenesen, eng zusammenhängen. Hingegen dürften sich die bereits erwähnten Flexuren durch diese früheren germanotypen Längsbrüche leichter gebildet haben. Die streichende Länge der Hauptklüftzone kann über 120 m betragen, dabei können aber auch Lücken vorhanden sein (zum Beispiel Hauptgrube). Die Mächtigkeit der Zerrüttungszone ist sehr variabel, sie kann von wenigen Zentimetern bis Metern gehen, so zum Beispiel beim Erzbett bis 6 m, bei der Hauptgrube im Durchschnitt ca. 1 m, maximal ca. 2 m, und beim Großen Chalttal im Durchschnitt ebenfalls ca. 1 m, maximal ca. 1,5 m. Die Endigung ist in der Regel sehr diffus, selten scharf durch Verwerfung bestimmt. Die Tiefenerstreckung der Längsbrüche ist unbekannt, eindeutige Werte sind deshalb schwer anzugeben. Ein mit diesen Längsbrüchen bei den Kupfervererzungen vergleichbarer Bruch – hier allerdings ohne Vererzungen – konnte der Verfasser am Westfuß des Großen Hochmättli beobachten (Figur 5). Es kann dort eine Tiefenerstreckung von mindestens 50 m festgestellt werden. Die Begrenzung dieser Zerrspalten und Auflockerungszonen ist in der Regel meist unscharf, einzig im Sondierstollen des Großen Chalttales treten stellenweise ausgeprägte Rutschharnische als scharfe Begrenzung des Erzkörpers auf. Die Füllung der Klüfte erfolgte mit Gangart und Erzen von wechselnder Zusammensetzung.

### c) Die Gangspalten

Unter Gangspalten werden Offenklüfte von mehreren Zentimetern bis Dezimetern Durchmesser verstanden, die sich nachträglich mit Gangmasse füllten.

Im Raume der Mürttschenalp kommen Gangspalten nur im Bereiche der SW-NE verlaufenden Längsbrüche vor, bei den N-S verlaufenden Querbrüchen fehlen sie völlig.

In der Hauptgrube kann die Gangspaltenfüllung sehr schön studiert werden, da dort bekanntlich ein eigentlicher Gangdolomit durch den Bergbau in anschaulicher Weise aufgeschlossen worden ist. Wie es im allgemeinen die Regel ist, liegt nur ein echtes Spaltensystem vor. Die Lagerung der Hauptspalte beträgt im allgemeinen  $60^{\circ}$ – $70^{\circ}/30^{\circ}$ , die der Trümer kann aber auch ganz beliebig sein. Dazu treten noch kleinere, völlig diskordante Spalten und Klüfte, die sehr schwer einzumessen sind und als jüngere Bildung das Hauptsystem durchbrechen.

Die streichende Länge dieser Hauptspalte beträgt mit zahlreichen Unterbrüchen mindestens 120 m. Es ist sogar anzunehmen, daß das Spaltensystem noch bedeutend weiter reicht, denn in der Grube Erzbett muß nach dem Material auf der Halde auch ein Gangdolomit von ca. 0,1 m Mächtigkeit mit mehreren Seitentrümmern anstehend sein. Aber auch gegen Osten können zum Beispiel im Aushubmaterial des Sondierstollens im Großen Chalttal Füllungen von Offenspalten gefunden werden. Die eigentliche Länge ist dort noch unbekannt. Die Mächtigkeit der Gangspalte in der Hauptgrube ist, wie der schematische Seigerriß auf Figur 27 veranschaulicht, sehr variabel. Die noch heute sichtbare maximale Gangfüllung beträgt ca. 0,3 m. STÖHR (1865) gibt für den Bergbau der damaligen Zeit sogar 0,5 m (=  $1\frac{1}{2}$  Fuß) an. Die Spalte kann aber auch bis auf eine Klüftfläche oder Zerrüttungszone mit feinsten Zerrklüften verschwinden. Diese Abnahme muss indessen eher primär als eine Folge tektonischer Beanspruchung nach der Vererzung sein, denn große Deformationen oder gar Auswalzungen des Dolomites lassen sich überhaupt keine beobachten. Auf der Westseite ist in der Hauptgrube eine Endigung der Gangspalte durch Zertrümmern im dunkelroten Sernifit (Grundstrecke) und einfaches Abschneiden durch eine Verwerfung (Mittel- und Tagesstrecke) gegeben. Auf der Ostseite der Grube geht die Spalte als tauber Gangdolomit im dolomitisierten Sernifit weiter. Ihre Endigung gegen Süden erfolgt teilweise durch einfaches Zertrümmern im veränderten chloritisierten Sernifit, für den STÖHR (1865) infolge seiner graugrünen Farbe den sehr charakteristischen Namen «Graues Gebirge» geprägt hat, teilweise wahrscheinlich auch durch eine sogenannte Blattverschiebung. Die Tiefenerstreckung ist relativ gering bei einer aufgeschlossenen Horizontalabstand von kaum 25 m. Die Begrenzung der Spalte gegen das Nebengestein ist meist scharf. Oft kann man Rutschharnische beobachten. Bei den Trümmern ist die Begrenzung eher diffus. Teil-

weise kommen noch geringmächtige, bunte Gangletten als unregelmäßig auftretende Zwischenschichten hinzu. Die Füllung der Spalte hat wahrscheinlich gleichzeitig mit der Öffnung und vor der Vererzung stattgefunden. Generell ist festzuhalten, daß gegen Osten der Karbonatgehalt abnimmt, der Quarzgehalt stark zu, gegen Westen verhält es sich umgekehrt. Vorherrschendes Karbonat ist Dolomit. Eine Zentralzone von Kalzit und Quarz mit Erzen als Grenzschicht, sowie die Vorliebe des Erzabsatzes in der Mitte der Gangmasse weisen jedoch darauf hin, daß während des Erzabsatzes tektonische Bewegungen anhielten und es zu weiteren Öffnungen und Füllungen der Spalten kam. Die Entstehung derartiger einmaliger Hohlräume kann nur als eine bereits oben erwähnte Blattverschiebung, d.h. als Überschiebungsspalte und Gangerweiterung beim Überspringen der Gangspalte von einem Kluftsystem ins andere, verstanden werden. Ein Schub von Südosten muß wohl die bestimmende Kraft für die Anlage von Klüften und Spalten gewesen sein. Einerseits, und wahrscheinlich in weitaus häufigeren Fällen entstanden dabei Klüfte mit Zerrüttungszonen und einer mächtigen Zerrspaltenbildung, andererseits aber auch in geringerem Masse eigentliche Offenspalten.

## 2. Alpinotype Erscheinungen

Sie sind bedeutend weniger häufig als die germanotypen Strukturen. Sie können vor allem durch Messen von Streichen und Fallen im Sernifit festgehalten werden.

Der Sernifit bildet im Süden der Mürtschenalp das Liegende der Schönbühlschiefer der Hochmättli-Silberpitz-Kette. Er fällt dort nur wenig nach Nordwesten ein. Sein Verlauf ist bei Erzkörper I und II der Lagerstätte Chline Walenchengel ca.  $240^{\circ}\text{--}245^{\circ}/22^{\circ}\text{--}25^{\circ}$ . Gegen Norden wird das Fallen des Sernifites aber meist etwas steiler. Westlich vom Nordende des Chline Walenchengels ist zudem ein prächtiges Antiklinalgewölbe sichtbar, was durch Änderung des Fallwinkels auf wenigen Metern Distanz sehr schön zum Ausdruck kommt. Überhaupt läßt sich auf 1870 m sowohl dort wie auch bei der Lokalität «In den Hörnern» östlich der Alphütten von Tschermannen ein ca. 20–30 m hoher, flexurartiger Steilabsturz der Schichtung feststellen, bei dem der Sernifit fast plastisch, ohne Bruchzone, sein Fallen von  $20^{\circ}$  auf  $45^{\circ}\text{--}50^{\circ}$  erhöht, wobei er aber etwas weiter nördlich mit ca.  $10^{\circ}\text{--}15^{\circ}$  wieder einen fast horizontalen Absatz bildet. Erst am Nordrand der Alp Tschermannen erfolgt dann der charakteristische Steilabfall des Sernifites, so daß die Schichten dann zum Beispiel in der Nähe der Hauptgrube auf 1700 m  $250^{\circ}/60^{\circ}$  oder oberhalb des Chalttalbodens auf 1810 m ca.  $240^{\circ}\text{--}250^{\circ}/40^{\circ}$  aufweisen, was als eigentliche Flexur bezeichnet werden kann. Auf der Strecke Unter Mürtschen-Steinälpli taucht der Sernifit dann mit einem Verlauf von ca.  $215^{\circ}\text{--}230^{\circ}/30^{\circ}\text{--}35^{\circ}$  und einer schwächtigen Triasserie als Hangendes unter die Rotbergsandsteine der Mürtschenscholle unter. Charakteristisch ist also ein wahrscheinlich mehrmaliges, treppenartiges Absinken des Sernifites gegen Nordwesten, wobei die Verbindungen zwischen den einzelnen Paketen als flexurartige Steilabstürze erhalten bleiben. Ein eigentlicher Abbruch konnte dabei nie festgestellt werden.

## B. Die Trias der Gufelstockscholle

Sie wird, wie es im Helvetikum üblich ist, deutlich dreigeteilt in Melser Sandstein, Röti-Serie und Quarten-Serie. Auf die neuere Gliederung der Trias im Sinne von BRUNNSCHWEILER (1948) wird in dieser Arbeit nicht näher eingegangen.

### 1. Der Melser Sandstein

Er schließt im Norden der Mürtschenalp als jüngere Schicht unmittelbar an den Sernifit an. Als gewöhnlich ca. 12 m mächtiges, ehemaliges marines Strandsediment setzt er sich hauptsächlich aus weißgrauen Quarzkomponenten mittlerer Größe zusammen. Vereinzelt sind blaugraue Quarzitzerölle sowie grüne Schieferstückchen sichtbar, die jedoch rasch herauswittern.

Von Westen nach Osten tritt er zuerst im Sponbach auf 1650 m auf als graugrüne, stark verschieferte Masse, die teilweise auch ausgewalzt zu sein scheint, denn die Mächtigkeit ist im allgemeinen stark variabel von 0,2–1,0 m. Eine scharfe Grenze ist nur gegen den überliegenden Röti-Dolomit erkennbar, gegen den



Sernifit besitzt er einen fließenden Übergang. Seine Lagerung ist ungefähr  $250^{\circ}/40^{\circ}$ . Weiter unten im Sponbach, auf 1580 m, westlich der neuen Jagdhütte, weist er ungefähr dieselbe Ausbildung auf, ist jedoch ziemlich pyritisiert, teilweise sogar dolomitisiert, und verläuft dabei mit einer Schichtmächtigkeit von 1,2–1,5 m ca.  $175^{\circ}/25^{\circ}$ . Nach oben geht er infolge der verkehrten Lagerung der Serie an dieser Stelle in einen Sandstein über, vielleicht könnte es bereits Rotbergsandstein sein; darunter liegt mit scharfer tektonischer Grenze gelber Röti-Dolomit der Gufelstockscholle. Weiter östlich liegt der nächste Melser Sandstein-Aufschluß unmittelbar unterhalb der Grube Erzbett auf 1620 m mit einer normalen Mächtigkeit von ca. 8–10 m und einer Lagerung von  $215^{\circ}/40^{\circ}$ . Weiter gegen Osten werden die Schichten plötzlich steilgestellt; in der Erzbettriase beispielsweise  $215^{\circ}/70^{\circ}$ . Beim Milchwäuschen im Unter Mürtschen verläuft der Melser Sandstein mit  $212^{\circ}/18^{\circ}$  jedoch wieder ziemlich flach. Dann ist der weitere Verlauf gegen Osten unter Moränen- und Alluvialschutt verborgen. Bei der sogenannten Murgegg auf 1500 m ist er auf dem Weg zum Ober Mürtschen sowie im Sponbach mit einer relativen steilen Lagerung von  $235^{\circ}/60^{\circ}$  hingegen wieder schön aufgeschlossen. Im frischen Bruch ist er grau-grün, durch die reichlich Pyritisierung aber gelb bis braunrot anwitternd, zudem auch ein wenig dolomitisiert. Ob diese Erscheinungen mit den Kupfer-Uran-Vererzungen im unterliegenden Sernifit zusammenhängen, konnte nicht abgeklärt werden. Nördlich vom Feldried ist der Melser Sandstein dann ununterbrochen anstehend von den alten Gebäuderesten des Kupferbergwerkes bis zu einer NS verlaufenden Bruchzone auf 1660 m im Steinälpli, wo er plötzlich verschwindet und bis ins Murgtal nicht mehr anstehend gefunden wird. Im Feldried ist er ca. 2–3 m mächtig, flachgelagert mit  $215^{\circ}/25^{\circ}$ , jenseits der Steinälplirunse  $235^{\circ}/35^{\circ}$  und auf 1580 m, nahe am Weg, in der Runse des Sponbodens ca.  $210^{\circ}/30^{\circ}$ . Die Runse ist infolge einer Verwerfung entstanden, die ca. 10 m Höhe aufweist.

## 2. Die Röti-Serie

Sie beginnt an der Basis mit einer ca. 2–3 m mächtigen Wechsellagerung von gelben Dolomitbänken mit sandigen, fast phyllitähnlichen Mergelschichten. Die einzelnen Straten sind ca. 10–15 cm mächtig. Darüber folgt der eigentliche Dolomit. Er ist von Natur aus sehr feinkristallin, im frischen Bruch grauweiß, wittert aber bald gelb an. Im allgemeinen ist er gut gebankt und kann je nachdem bis 20 m mächtig werden. Über diesem Dolomit konnten dann entgegen der Ansicht von FREULER (1925) sowohl im Trockental des Tschermannenbaches (ein Gewässer von Karstnatur) als auch über dem Dolomit der Sponbodenrunse Rauhwackeneinschaltungen von variabler Mächtigkeit (ca. 3 m maximal) beobachtet werden. Sie treten in bezug auf ihre horizontale Verteilung und Ausdehnung ohne bestimmte Gesetzmäßigkeit auf und keilen meist sehr bald wieder aus. Diese Rauhwacken sind wiederum überlagert von eigentlichem Dolomit, der ca. 30 m mächtig als Krete der Murgegg markant hervorstechen kann. In vielen Fällen fehlt dieser Obere Dolomit aber auch.

## 3. Die Quarten-Serie

Ganz im Westen des Untersuchungsgebietes hat der Verfasser im Sponbach östlich des Ober Mürtschen auf 1700–1720 m anstehende Quartenschiefer beobachtet, wie es schon FREULER (1925) erwähnt. Es sind weiche, weinrote, pelitische Schiefer. Ihre Lagerung dürfte stark tektonisch beeinflusst sein, denn auf kurze Distanz wechselt ihr Streichen und Fallen von  $325^{\circ}/10^{\circ}$  auf  $20^{\circ}/20^{\circ}$ .

# C. Das Perm der Mürtschenscholle

Wie der Verfasser bereits auf Seite 18 und ff. hingewiesen hat, konnten die von OBERHOLZER (1942) im Bereich der Hochmättli-Silberspitz-Kette kartierten Phyllite nach FISCH (1961) als Schönbühlschiefer bezeichnet werden, während der Verfasser die in der Region Rotberg-Bärenboden-Steinälpli kartierten Phyllite OBERHOLZERS (1942) als Rotbergsandsteine definiert. Da die Trennung dieser beiden Gesteine im Felde noch nicht eingehend untersucht wurde, hat sie der Verfasser auf seiner geologischen Detailkarte (Tafel I) nicht näher unterschieden.

Tektonisch treten auch hier die gleichen Erscheinungen wie in der Gufelstockscholle auf, also germanotype und alpinotype Strukturen. Es kann folglich auf Seite 20 und ff. verwiesen werden. Brüche, die zudem im Sernifit aufsetzen, gehen fast ohne jede Veränderung in diese beiden Elemente über, allerdings etwas weniger ausgeprägt. Die Lagerung der Rotbergsandsteine im Norden des Spontales entspricht, abgesehen von einer kleinen Diskordanz von höchstens 5°, derjenigen des darüberliegenden, klar geschichteten Melser Sandsteines, dessen Lagerung weiter unten beschrieben wird. Die Lagerung der Schönbühlschiefer in der Hochmättli-Silberspitz-Kette ist sehr variabel und auf starke tektonische Beanspruchung zurückzuführen. Wie bei der Beschreibung der Vererzungen ersichtlich wird, fallen die Schönbühlschiefer oft nach Süden ein. Vereinzelt, so zum Beispiel auf der Nordseite des Etscherzapfens und der Nordwestseite des Silberspitzes, treten auch Sackungen auf.

Bezüglich der Fazies hat der Verfasser folgende Feststellungen gemacht:

1. An der Basis der Schönbühlschiefer der Hochmättli-Silberspitz-Kette nimmt die Korngröße in Wechselagerungen oft zu, und das Gestein wird dabei dem Rotbergsandstein ähnlich.
2. Gegen Norden nimmt die Korngröße der Schönbühlschiefer ebenfalls zu, und es scheint, daß diese dabei in den Rotbergsandstein übergehen.
3. In den höheren Horizonten des Rotbergsandsteines nimmt die Korngröße eher ab, und es scheint ein Übergang zu den Schönbühlschiefern stattzufinden.

## D. Die Trias der Mürtschenscholle

### 1. Der Melser Sandstein

In der Region des Rotberges und Bärenbodens ist er das Hangende einer verschieden mächtigen und teils fehlenden Schicht von Schönbühlschiefern. Eine ca. 0,2 m mächtige grüne, sandige Mergelschicht trennt ihn in zwei Horizonte von ca. 5 m Dicke. Bisweilen kann diese Zwischenschicht aber auch fehlen. Die Zusammensetzung und Bildungsart des Melser Sandsteines der Mürtschenscholle dürfte denjenigen der Gufelstockscholle ziemlich entsprechen. Vereinzelt treten innerhalb der unteren Melser Sandsteinbank sowie als Einschaltungen zwischen Rotbergsandstein (bzw. Schönbühlschiefer) und der unteren Melser Sandsteinbank schwarze, mylonitisierte bituminöse Schiefer auf, die als Uranträger in Frage kommen können, wie es Herr Dr. Grütter bereits 1948 festgestellt hat. Als Beleg einer marinen Strandbildung des Melser Sandsteines dienen die schönen Ripplemarks an der Grenze Melser Sandstein und Dolomit auf 1870 m in der Falte östlich vom schmalen Leist.

Unmittelbar über dem feinsandigen Rotbergsandstein anstehend ist er schon auf 1770 m nördlich vom Weg Ober Mürtschen-Robmen beim Ober Mürtschen mit einem Streichen und Fallen von 245°/45° sichtbar. Die 2 m vertikaler Aufschluß dürften dort auch seiner wirklichen Mächtigkeit entsprechen. Gegen Osten verschwindet er jedoch dann bald unter dem Gehängeschutt der Mürtschenstock-Südwand. Unterhalb der Südostecke des Mürtschenstockes sind dann auf 1630 m wieder ca. 10 m Melser Sandstein mit einer Lagerung von 240°/60° aufgeschlossen. Merkwürdigerweise hat der Verfasser dann noch ca. 100 m darüber einen weiteren Aufschluß mit Melser Sandstein gefunden. Das tektonisch Liegende des Gesamtaufschlusses wird von rotgrünen mergeligen Schiefern mit starker Klüftung gebildet, wahrscheinlich Quartenschiefer; dann folgen ca. 5 m Melser Sandstein mit einer Lagerung von 215°/55°, hierauf ca. 2 m graue bis gelbgrüne mergelige Schiefer, die tektonisch sehr stark beansprucht sind, wahrscheinlich Schönbühlschiefer; darüber nochmals ca. 2 m Melser Sandstein mit 205°/35°. Das Hangende bilden schwarze, schiefrige Kalke mit ca. 2 mm dicken, gelben Kalk- bis Dolomitzwischenlagen, die vermutlich dem untersten Dogger entsprechen. Das tektonisch Liegende dieser Serie, die farbigen Mergelschiefer, gehen weiter östlich ohne scharfe Grenzen in den gewöhnlichen, gelb anwitternden Dolomit über und entsprechen somit den Quartenschiefern. Die beiden Melser Sandsteinbänke könnte man als eine in die weichen Mergel und Schiefer eingepreßte Faltenstirn auffassen. Am Ostende

des Gehängeschuttes liegen wieder zwei Melser Sandsteinbänke übereinander; die obere auf 1620–1700 m oberhalb des Weges vom Unter Mürtschen zum Robmen verläuft ca.  $205^{\circ}/40^{\circ}$  und weist eine sehr schön sichtbare N-S-Verwerfung mit einer Sprunghöhe von ca. 6 m auf. Das Liegende dieser oberen Schicht bilden sandige Schiefer des Perm mit  $210^{\circ}/40^{\circ}$ , die zugleich das Hangende der unteren Melser Sandsteinbank sind. Diese untere Bank verläuft, abgesehen von einer Senkrechthstellung südlich des kleinen Moores unterhalb Robmen, mehr oder weniger gleichförmig ansteigend mit einem Streichen und Fallen von  $210^{\circ}/40^{\circ}$  bis zu den Alphütten des Bärenbodens.

Östlich der Alpgebäude steigt der Melser Sandstein als schmales, gegen Norden aufgeschobenes Felswändchen mit einer Lagerung von  $255^{\circ}/80^{\circ}$  bis zum Bigligenstöckli auf 1900 m an. Auf 1795 m ist das östliche Teilstück in der Schwieruns zudem um ca. 10–15 m nach Norden vorgeschoben.

Die markante Fortsetzung dieses Melser Sandsteines treffen wir weiter im sogenannten Schmalen Leist ( $100^{\circ}/20^{\circ}$ ) an, der auf ca. 1900 m die Wasserscheide bildet. In dieser Region sind außerdem zwei sehr schöne nach Norden vorgeschobene Faltenstirnen aus Melser Sandstein und Rotbergsandstein sichtbar. Der untere Schenkel der Faltenstirn zieht sich weiter gegen Osten in die Wand des sogenannten Chüemettlers hin, wobei das Nordfallen ständig abnimmt; und beim Felsabsturz gegen das Murgtal beträgt dann die Lagerung  $195^{\circ}/5^{\circ}$ .

## 2. Die Röti-Serie

Sie ist beim Ober Mürtschen in zwei Schichten gegliedert. Die obere umfaßt den eigentlichen Rötidolomit; die untere, die Rauhwacke, liegt hier unmittelbar dem Melser Sandstein auf. Beide weisen prinzipiell dieselbe Ausbildung auf wie ihre entsprechenden Glieder in der Gufelstockscholle.

Im Triasaufschluß unterhalb Robmen ist jedoch noch ein weiteres Schichtglied erkennbar. Unmittelbar über dem Melser Sandstein beginnt eine intensive Wechsellagerung von Mergelschiefern mit Dolomit, wobei die Mergelzwischenlagen von unten nach oben abnehmen, die Mächtigkeit der Dolomitbänke zunimmt und die Mergelschichten zuletzt ganz verschwinden. An dieser Stelle ist der untere Dolomit bereits 10 m mächtig, nimmt gegen Osten aber noch mehr zu und beträgt in den beiden Erosionsrinnen unterhalb des Spitzenkämmli ca. 20 m. In diesem rötlich-gelb-grünen, immer noch etwas mergeligen Dolomit sind verschiedene, sporadisch auftretende Pyritisierungen in bituminösen Schieferlagen erkennbar. Es wäre möglich, daß auch sie mit den Kupfer- und Uranvorkommen im Melser Sandstein und den darunterliegenden permischen Gesteinen zusammenhängen. In ihnen selbst konnte jedoch im Gegensatz zu den Angaben von STÖHR (1865) in dieser Region nirgends eine Kupfervererzung festgestellt werden, hingegen sind die pyritisierten bituminösen Lagen bisweilen schwach radioaktiv.

Über diesem unteren Rötidolomit liegt eine teils sehr geringe, teils sehr mächtige (ob primär oder durch tektonische Auswalzung konnte der Verfasser noch nicht abklären) Masse von Rauhwacke, einerseits in zelliger Ausbildung, anderseits in Form eines mergeligen Dolomites, manchmal beide ohne bestimmte Gesetzmäßigkeiten wechsellagernd. Auf diese Rauhwackenbildungen folgen dann noch ca. 5 m schlecht gebankte Dolomite in Lagen von ca. 0,2 m mit einem Streichen und Fallen von ca.  $210^{\circ}/25^{\circ}$ – $40^{\circ}$  beim Robmenhüttli, darauf weitere 10 m gutgebankte Dolomite, die den Abschluß der Röti-Serie bilden.

## 3. Die Quarten-Serie

Sie ist infolge ihres geringen Widerstandes gegenüber der Erosion meist gar nicht oder nur schlecht aufgeschlossen, meist unter Gehängeschutt verdeckt. Ein schöner Aufschluß befindet sich auf dem Bärenbodenkamm, wo der allmähliche Übergang des oberen Dolomites ( $240^{\circ}/30^{\circ}$ ) in die weinroten, weichen Quartenschiefer sehr schön beobachtet werden kann. Das Hangende dieser Quartenschiefer wird dort nochmals durch einen tektonischen Kontakt mit Melser Sandstein (?) gebildet, der eine Lagerung von  $230^{\circ}/35^{\circ}$  hat. Sie scheinen also auch hier wie im Sponbach auf 1710 m, wo Rotbergsandstein auf Quartenschiefer ruht, eine beliebte Scherfläche zu sein, längs der die oberen Schichtglieder entfernt wurden.



## VI. Die engeren Nebengesteine (Träbergesteine) der Vererzung

Sie werden in drei Gruppen eingeteilt, nämlich in A. Ursprüngliche unvererzte Gesteine, B. Veränderte (reduzierte) unvererzte Gesteine und C. Veränderte (reduzierte) vererzte Gesteine. Die Gruppen A und B unterscheiden sich prinzipiell durch den Oxydationsgrad des Eisens, indem bei der ersten Gruppe das Eisen in oxydierter Form vorliegt und die Rotfärbung bedingt, bei der zweiten Gruppe entweder ganz zurücktritt, wobei das Gestein hellgrau wird, oder dann in reduzierter Form im Chlorit erscheint und so eine Grünfärbung hervorruft, oder als feinverteilter Pyrit eine Blau- bis Schwarzfärbung des Gesteins verursacht. Zwischen den Gruppen B und C besteht naturgemäß ein fließender Übergang.

### A. Ursprüngliche unvererzte Gesteine

#### 1. Der Sernifit

Die Farbe ist, wie bereits erwähnt, in der Regel weinrot infolge des oxydierten Eisens. Strukturell liegt eine terrestrische Brekzie bis Konglomerat mit vorwiegend Silikatgesteinskomponenten vor. Der Korndurchmesser der Feinfraktion beträgt 1 bis 2 mm, derjenige der Grobfraktion im Durchschnitt etwa 15 mm. Die Textur ist in der Regel massig. Nur bei feinerer Körnung und stärkerer tektonischer Beanspruchung kann vereinzelt eine Schieferung wahrgenommen werden. Der Sernifit besteht in der Regel aus drei Hauptbestandteilen, nämlich a) Gesteinskomponenten, b) Mineraltrümmern, und c) sekretionärem Basalzement mit Mineralklüften.

Die Gesteinskomponenten lassen sich in Eruptiva: Mikroklingranit, Quarzporphyr, Porphyr, Spilit und Quarzkeratophyr, und in Sedimente: schwarzer bituminöser Quarzit, graublauer bis weinroter Hornstein und seltener Kalk unterteilen. Bei einer detaillierten sedimentpetrographischen Untersuchung ergäben sich wahrscheinlich noch mehr Komponenten.

Unter den Mineraltrümmern dominiert der rosarote Mikroklin, der in der Regel schwer verwittert; relativ häufig sind auch Bruchstücke von Chalzedon bis Achat, Quarz und Muskowit, eher selten sind eigentliche Quarzmandeln.

Der Basalzement und die relativ häufigen Mineralkluftfüllungen bestehen vorwiegend aus sekretionärem Gelquarz. Selten enthalten die Kluftfüllungen auch Karbonate, so zum Beispiel Dolomit und Kalzit. Da die Quarz- und Karbonatgänge bei der Vererzung eine wichtige Rolle spielen können, werden sie weiter unten noch gesondert beschrieben.

Mikroskopisch ergibt sich von einem Sernifit etwa folgendes Bild:

#### a) Gesteinskomponenten

Hauptbestandteil des Mikroklingranites bis -pegmatites ist buchtförmiger, siebartiger, magmatisch resorbierter Quarz, der häufig mit Mikrolin verwachsen ist. Bisweilen trifft man solchen Quarz aber auch allein als nicht zerstörbaren Bestandteil in der feinkristallinen hornsteinartigen Grundmasse des Basalzementes. Er könnte dann einerseits von solchem Mikroklingranit herkommen, andererseits aber auch von vulkanischen Tuffen. Eine Kataklase ist in vielen Fällen erkennbar, sie ist aber meist nicht sehr stark; vereinzelt erkennt man Böhm'sche Streifung. Der Mikroklin ist in der Regel prachtvoll verzwilligt und erstaunlich frisch. Serizitisierungen sind äußerst selten. Resorbierte Verwachsungen mit Quarz, Orthoklas sind häufig, mit Plagioklas eher selten. Der Orthoklas hat ebenfalls oft resorbierte Korngrenzen. Bisweilen fand auch (durch Verwitterung?) eine Zerlegung in Inseln statt, die aber durch eine zweite Generation von Orthoklas mit mehr Seriziteinschlüssen und anderer optischer Orientierung wieder ausgeheilt worden ist. In einigen Exemplaren

können auch perthitische Entmischungen und Karlsbader Zwillinge beobachtet werden. Als sekundäre Erscheinungen sind Serizitisierungen und Kataklasen aufzufassen. Plagioklas tritt nur untergeordnet auf, höchst selten mit Quarz, Orthoklas oder Mikroklin verwachsen. Infolge der geringen Anzahl von Individuen und dem fast völligen Fehlen von gewachsenen Kristallgrenzen kann mit einfachen Mitteln nur eine Bestimmung der Auslöschungsschiefe nach dem Albitgesetz erfolgen. Die Auslöschung geht dabei fast ausnahmslos parallel den Zwillingslamellen des Albitgesetzes, was auf Oligoklas schließen läßt. Stark verbogene Lamellen deuten auf Zwillingsbildung durch Druckbeanspruchung hin. Sehr selten sind braungrüner, pleochroitischer Biotit und farbloser Muskowit, welcher letzterer in größeren Einzelkristallen oft im Quarz erscheint. Apatit kann bisweilen als idiomorphe Einschlüsse im Quarz beobachtet werden.

Die Quarzporphyre bis -porphyroide bestehen aus einer hornsteinähnlichen Grundmasse mit nicht seltenen Entglasungssphärolithen, in der vor allem resorbierte, oft auch kataklastische Quarzkörner, seltener Orthoklas- und Plagioklaskristalle eingesprengt sind. Dunkle Gemengteile fehlen mit Ausnahme von spärlichen Biotitrelikten nahezu vollständig.

Die Spilit- und Keratophyrgerölle unterscheiden sich in bezug auf Struktur, Textur und Mineralbestand relativ wenig von denjenigen Laven, die von AMSTUTZ (1954) vom Kärpfgebiet beschrieben worden sind.

Die Spilite bestehen aus einem hypidiomorphen bis panidiomorphen Grundgewebe von Albit, in dessen Winkel man Chlorit und Erz findet.

Ein interessantes basisches Geröll hat der Verfasser auf der unteren Halde der Grube Erzbett gefunden. Im Dünnschliff erkennt man in einem hypidiomorphen bis panidiomorphen Grundgewebe von Albit prachtvoll verzwilligte Einprenglinge von Albit. Die Zusammensetzung beider Plagioklase wurde nach dem Verfahren der maximalen Auslöschungsschiefe an Zwillingslamellen nach dem Albitgesetz bestimmt. Daneben enthält dieses Gestein als reichliche Nebengemengteile in Mandeln und in der Grundmasse reichlich Quarz und Chlorit. Das Erz bildet vereinzelt pseudomorphe Umrisse nach Augit (?). (Ein Rest von Augit, von Erz umhüllt, ist sogar noch erhalten geblieben!) oder dann ellipsoid- bis kugelförmige Schalen um Quarzaggregate, die an Pillowstrukturen erinnern. Als Übergemengteil kann man bisweilen hexagonale Querschnitte von Apatit erkennen. Gemäß seiner Struktur und Zusammensetzung muß dieses Gestein als Quarzkeratophyr bezeichnet werden.

Quarzite und Hornsteine aus pflasterartigem Quarz, oft feinpigmentiert durch kohlige Substanzen oder Eisenoxyde, sind überaus häufig.

Kalkgerölle sind relativ selten und dann meist nur auf ganz bestimmte Horizonte beschränkt. Sie verwittern rasch und liefern dabei auffällige Höhlen im sonst äußerst kompakten Sernifit, so zum Beispiel im Hangenden der Lagerstätte Silberplange-Ost.

## b) Mineralkomponenten

Vereinzelt trifft man Mikroklin, Plagioklas und Quarz sowie Muskowit als Einzelkristalle im Zement. Sie unterscheiden sich aber in der Form und in der Ausbildung nicht groß von den oben beschriebenen Mineralien in den Geröllen.

## 2. Der Rotbergsandstein

Die Struktur ist grosso modo psammitisch; infolge der unregelmäßigen Ablagerung bestehen jedoch auch pelitische oder psephitische Übergänge je nach der vorherrschenden Korngröße. Der Korndurchmesser der Hauptkomponenten ist in der Regel kleiner als 1 mm, es gibt aber Konglomerat- bis Brekzienpartien mit Gerölldurchmessern von 3–5 mm im Durchschnitt und bis 20 mm im Maximum. Diese inhomogene und regellose Schichtung ist wiederum auf den fanglomeratischen Ursprung der Ablagerung zurückzuführen. Infolge der geringen Rundung der Komponenten kann der Rotbergsandstein in vielen Fällen mit FISCH (1961) auch als Feinbrekzie bezeichnet werden.

Die Farbe entspricht weitgehend derjenigen des Sernifites. Die Textur der psammitisch-psephitischen Partien ist meist massig, diejenige der pelitischen Schichten eher geschiefert durch die meist starke tektonische

Beanspruchung. In bezug auf die Bestandteile kann gesagt werden, daß der Rotbergsandstein in der Regel geröllärmer und auf Kosten der Feldspäte quarzreicher ist als der Sernifit, aber immer noch quarzärmer als die Schönbühlschiefer. Als vereinzelte Nebenbestandteile findet man Zirkonkörner und stark pleochroitische Nadelchen von Turmalin. Beides sind ziemlich sicher sedimentierte Schwerminerale.

### 3. Die Schönbühlschiefer

Ihre Farbe kann mit FISCH (1961) als blutrot bezeichnet werden. Die Struktur ist pelitisch mit Übergängen zu psammitisch; die Textur ist meist geschiefert. Gesteinskomponenten sind in der Regel selten und sehr klein. Die Mineralkomponenten beherrschen weitgehend das Bild. Allen voran steht mengenmäßig der Quarz; hinzu kommen noch detritischer Muskowit und wahrscheinlich autigener Serizit mit sehr geringen Mengen von Feldspäten.

### 4. Die dolomitische Gangmasse

Unter der Bezeichnung Gangdolomit wurde sie erstmals von STÖHR (1865) erwähnt. Diese Gangmasse hat durch den vorherrschenden Dolomit eine gelbe bis orange Farbe. Die vereinzelten Kalzitadern sind weißgelb. Graublaue Partien werden vor allem durch Quarz-Albit-Gemische im Dolomit bedingt. Eisenreichere Dolomite bewirken eher eine Farbänderung gegen Gelbbraun. Die Struktur ist fein- bis mittelkörnig und spätig. Die Textur ist massig und Kataklasen sind wohl in den meisten Fällen verheilt.

Von den Mineralkomponenten ist der gelbe, feinkristalline Dolomit am häufigsten, und er kann deshalb als kennzeichnender Bestandteil der Gangmasse bezeichnet werden. Gegenüber dem Kalzit ist er sehr verwitterungsbeständig. Der Kalzit findet sich vorzugsweise in der Mitte der Spaltenfüllung in Nestern und Lagen und seitlichen Gängchen, die somit auf erneute tektonische Bewegungen, Brekzienbildungen und Spaltenöffnungen hinweisen. Farbloser Quarz ist von durchaus untergeordneter Bedeutung und bisweilen nur schwer als solcher in Bändern, Lagen oder Nestern erkennbar. Der Albit kann infolge der geringen Größe der Einzelkristalle makroskopisch nicht erkannt werden.

Der Entstehung nach handelt es sich bei der dolomitischen Gangmasse sicher um die Füllung einer Offenspalte, wie es bereits auf Seite 22 erwähnt worden ist.

Mikroskopisch ist das Bild bedeutend klarer. Die Struktur ist holokristallin, fein- bis grobkörnig, hypidiomorph bis xenomorph, mit Gängchen, Nestern oder Einzelkristallen von Quarz und Albit; zum Teil ist sie auch brekziös. Die Textur ist ausgesprochen massig.

Der Quarz zeigt merkwürdige, resorbierte, oft hexagonale Querschnitte, die manchmal vollständig xenomorph, amöbenartig sind. Bisweilen sind hypidiomorphe Individuen von Quarz von Karbonatrhomboedern poikilitisch durchwachsen. Ziemlich sicher handelt es sich bei diesen Resorptionsstrukturen um eine Verdrängung des primären Quarzes durch die nachfolgenden Karbonate, vor allem durch den Dolomit. Es ist indessen nicht ausgeschlossen, daß manche xenomorphe Individuen von Quarz Kristalloblasten einer Letzt-kristallisation sein könnten im Zusammenhang mit den Erzlösungen.

Der Dolomit ist meist hypidiomorph, fein- bis grobkörnig entwickelt, teils auch stark verzahnt. Eklatant sind bisweilen die enormen Größenunterschiede der Kristalle, die eine porphyrtartige Struktur ergeben. Dieses Phänomen ist wahrscheinlich auf alpine Kataklase zurückzuführen. Der Dolomit ist infolge fehlender Zwillingbildung gegenüber dem Kalzit leicht erkennbar. Als Anomalie muß eine gewisse Zweiachsigkeit mit sehr kleinen Achsenwinkeln bezeichnet werden. DANA (1944) bestätigt diese Möglichkeit. Es ist dies wohl ebenfalls auf Druckbeanspruchung zurückzuführen. Fräulein V. Jenny, Sekretärin der Geotechnischen Kommission, hatte die Freundlichkeit, den Eisengehalt von drei Proben von dolomitischer Gangmasse aus der Hauptgrube zu bestimmen. Sie fand Eisengehalte von 4,9%, 6,3% und 13,8%. Die ersten beiden Proben müssen somit als eisenhaltiger Dolomit, die letzte Probe als Ankerit bezeichnet werden.

Der Kalzit läßt im Gegensatz zum Dolomit prachtvolle Druckzwillinge erkennen. Er tritt vereinzelt in Nestern oder in Gängchen ziemlich grobkörnig auf. Er ist sicher jünger als der Dolomit. Der Albit ist von sehr untergeordneter Bedeutung, meist xenomorph bis hypidiomorph. Die Einzelkriställchen sind fast immer verzwilligt.



## 5. Die Gangbrekzie

Ihre Namengebung erfolgte ebenfalls von STÖHR (1865). Sie unterscheidet sich von der dolomitischen Gangmasse dadurch, daß Bruchstücke des Nebengesteins in einer Karbonatmasse schwimmen, wodurch die Brekzie eine braungelb bis rot gefleckte Farbe erhält. Da die Karbonate hier eher braungelb sind, handelt es sich wahrscheinlich um Ankerit. Quarz und Kalzit konnten in der Gangbrekzie bis heute nicht beobachtet werden, ebenso wenig Erze. Die Nebengesteinsbruchstücke in der Gangmasse können Durchmesser bis zu 50 mm haben.

## 6. Die Quarzgänge

Infolge des xenomorph-körnigen bis hypidiomorphen Quarzes mit Pfllockstruktur als Hauptkomponente sind sie meist von milchig-weißer Farbe. Nebengemengteile, die entweder in Hohlräumen oder in zentralen Offenklüften von nachfolgenden tektonischen Bewegungen, ganz analog wie bei der dolomitischen Gangmasse auftreten, nuancieren den Farbeindruck je nach der Eigenfarbe der entsprechenden Mineralien. Makroskopisch können dabei relativ selten auf der offenen Kluftfläche glasklare, idiomorphe Quarzindividuen beobachtet werden. Häufiger wurden diese Hohlräume aber von resistantem Dolomit oder wenig witterungsbeständigem Kalzit ausgefüllt. Durch Zurücktreten des Quarzes und Zunahme der Karbonate, vor allem natürlich des Dolomites, können so Übergänge zur dolomitischen Gangmasse entstehen. Bei wenigen Vorkommen konnten im Zentrum von Quarzgängen auch Lagen von metallischem Eisenglanz oder dann vereinzelte Schüppchen dieses Mineralen in Hohlräumen festgestellt werden. Im Dünnschliff findet man dann noch relativ häufig mindestens zwei Varietäten von Chlorit. An einer Stelle wurden sphärolithische Säume von Chlorit zwischen Nebengestein und Quarz/Eisenglanz-Gangmasse beobachtet. Chlorit in Gängen oder als Hohlraumfüllung ist zudem ziemlich charakteristisch für die Quarzgänge. Ein weiteres, unbekanntes Mineral mit deutlichem Relief, d.h. relativ hoher Lichtbrechung, aber niedriger Doppelbrechung, ähnlich derjenigen des Quarzes oder der Feldspäte, bildet oft radialstrahlige und gekrümmte, farblose Aggregate, die bisweilen leicht pigmentiert sein können. Da dieses fragliche Mineral im Nebengestein oft auch in Plagioklasen als Verdränger auftreten kann, könnte es sich um Prehnit (?) handeln. Es wurde zudem in Hohlräumen des Pfllockquarzes festgestellt. Bei einem Vorkommen konnten in der Gangmasse sowie im Nebengestein eindeutige Körner von Titanit identifiziert werden. In einem andern Quarzgang kommen als Seltenheit Körner von Siderit vor. Baryt wurde in büscheligen Aggregaten gefunden.

## B. Veränderte (reduzierte) unvererzte Gesteine.

### 1. Der veränderte, chloritisierte Sernifit der Kupfermineralisation („Graues Gebirge“ nach STÖHR [1865]).

STÖHR (1865) bezeichnete diesen veränderten Sernifit, der bei den Kupfervererzungen eine wichtige Rolle spielt, als sogenanntes «Graues Gebirge». In der Tat berechtigt die grau-grün-weiß gefleckte Farbe vollkommen diese Namengebung, die im folgenden auch beibehalten wird. Die Struktur dieses «Grauen Gebirges» ist fein- bis mittelkörnig mit einem mittleren Korndurchmesser von 5–10 mm und einem maximalen Durchmesser von ca. 20 mm, sofern es aus einem Sernifit hervorgegangen ist. Im Prinzip kann natürlich auch veränderter, chloritisierter Rotbergsandstein oder Schönbühlschiefer als «Graues Gebirge» bezeichnet werden. Die Struktur kann weiter als brekziös bis konglomeratisch bezeichnet werden und entspricht auch damit immer noch dem ursprünglichen Sernifit. Die Textur ist teils massig, teils flaserig-flatschig, teils auch geschiefert. Die Komponenten, die das Gestein aufbauen, sind im Prinzip die gleichen wie beim Sernifit; als Folge der chemischen Umsetzungen fehlen lediglich einige, und andere kommen neugebildet hinzu. Vor allem findet eine Umkristallisation des Quarzes des Basalzementes und der Feldspäte statt. Dazu kommen Neukristallisationen von Serizit und Chlorit sowie Zuführen von Quarz und Karbonaten und einigen selteneren Mineralien, die meist denjenigen der soeben besprochenen Quarzgänge entsprechen.

Die Entstehung dieses Grauen Gebirges dürfte etwa so vor sich gegangen sein, daß zuerst wahrscheinlich saure, anschließend aber basische Lösungen Gesteine, Mineralien und Basalzement zum Teil selektiv beein-

fließt und resorbiert haben. Besonders gröbere Geröllpartien förderten naturgemäß die Zirkulation der Lösungen, kleinere Kristalle und Gerölle wurden dabei rasch zersetzt. Ein Dünnschliffbild gibt etwa den Eindruck, daß intakte bis halbzerstörte Bruchstücke der ehemaligen Brekzie, von Geröllen sowie von Einzelkristallen inselartig in einer umkristallisierten Grundmasse schwimmen. Unangreifbar für die Lösungen scheint dabei der Mikroklin und der magmatisch gebildete, resorbierte Quarz (Quarz I) gewesen zu sein. Eine starke Umwandlung erlitten vor allem die übrigen Feldspäte, die sich weitgehend zu Serizit umsetzten. Richtiggehend umkristallisiert wurde aber der Quarz des Basalzementes (Quarz II) und der Hornstein mit einem Pigment von Metalloxyden oder kohlig Substanz. Dieser Quarz rekrystallisiert dabei granoblastisch unter Kornvergrößerung (Quarz III). Diese Körner sind dann meistens glasklar und setzen sich aus vielen stark verzahnten und optisch unregelmäßigen Einzelkörnern zusammen. Bei den Erzen der Uranparagenese sind sie infolge der Gammastrahlung als braune Rauchquarzkörner auch makroskopisch gut erkennbar. Das ursprüngliche Pigment erscheint einestheils als Erzblättchen, oft als intergranulare Einschlüsse, im Quarz wieder, andertheils könnten die bei einigen Vorkommen beobachteten Graphitblättchen aus dem kohligen Pigment der umkristallisierten Hornsteine entstanden sein. Aber auch Neukristallisationen sind sehr häufig. Der farblose Serizit tritt meist besenartig auf, besonders reichlich als Interpositionen in den Feldspäten, längs Zwillingslamellen oder sonstigen ausgezeichneten Richtungen, in allen Häufigkeitsgraden bis zur gänzlichen Verdrängung der Feldspäte. Fast immer ist er sehr feinblättrig, vereinzelt tauchen Nester oder Schlieren mit größeren Einzelkristallen auf. Durch Druckbeanspruchung ist der Serizit oft sehr schön zu Zügen geregelt. Häufig erscheint er auch im Zentrum von Klüften mit Kalzit. Der Chlorit ist grünlich, sehr feinblättrig, oft typisch würmchenartig und prägt die Farbe des Gesteins; meist ist er fein verteilt, aber er tritt auch nesterweise auf mit auffallend viel Apatit. Der Apatit konnte öfters in kataklastischem Quarz in den Sprüngen festgestellt werden. Er ist jedoch nicht mit ihm verwachsen. Bisweilen häuft er sich zu eigentlichen Aggregaten mit sehr schönen, idiomorphen, hexagonalen und rechteckigen Querschnitten. Infolge seiner Häufigkeit vermutet der Verfasser, daß er mit der Erzmineralisation eventuell eine Neubildung ist. Die besonderen Kluftminerale Quarz, Dolomit, Kalzit, Eisenglanz, Albit, Prehnit und Titanit haben schon bei der Behandlung der Gänge eine eingehende Beschreibung erfahren.

## 2. Der veränderte, pyritisierte Sernifit der Uranmineralisation („Schwarzes Gebirge“ nach Verfasser).

Im Prinzip gehört er nicht eigentlich zu den Trägergesteinen, bzw. zu den veränderten, unvererzten Gesteinen, denn im Gegensatz zum veränderten Sernifit der Kupfermineralisation ist das Eisen hier selten im Chlorit oxydisch, sondern meistens in geringeren bis sehr großen Mengen von Pyritvarietäten sulfidisch gebunden, wobei das Gestein natürlich sofort als Erz bezeichnet werden muß. Als Gegenstück der Uranmineralisation zum Grauen Gebirge der Kupferformation schien es dem Verfasser doch zweckmäßig, dieses Gestein hier kurz zu charakterisieren. Andererseits können die Pyrite auch völlig fehlen, und der veränderte Sernifit nimmt dann Melser-Sandstein-ähnlichen Charakter an, wobei das Gestein eine gelblich-weiße Farbe erhält mit rötlichen Flecken durch die Relikte von unzerstörbarem Mikroklin.

Ganz analog wie das Graue Gebirge nicht nur aus Sernifit hervorgegangen zu sein brauchte, kann das Schwarze Gebirge auch den Rotbergsandstein oder Schönbühlschiefer als Ausgangsgestein gehabt haben.

## C. Veränderte vererzte Gesteine

Gemäß den beiden meist voneinander getrennten Paragenesen des Kupfers und Urans sind auch zwei Hauptertypen mit einem Kupfer-Uran-Mischerz als drittes komplexes Übergangsglied vorhanden.

### 1. Das Uranerz

Die Farbe eines reichhaltigen Uranerzes, welches meistens auch sehr viel Pyrite enthält, ist im frischen Bruch fast schwarz mit weißen Flecken von unvererzten Quarzgeröllen. Mit abnehmendem Uranerz- und Pyritgehalt verändert sich aber die Farbe über Grauschwarz zu Graublau und Grau. Ziemlich reiche uran- und

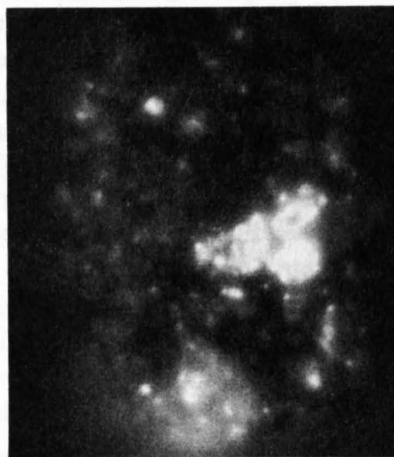
pyritfreie Zinkerze können jedoch infolge der wenig gefärbten Zinkblende (sogenannte eisenarme Honigblende) noch ziemlich hell sein. Durch Sekundärerzminerale, vor allem gelbe und gelbgrüne Krusten und Anflüge von sekundären Uranerzen und rotbraunem Limonit, wird die Primärfarbe aber bald verdeckt.

Die Struktur der Uranerze entspricht in der Regel fast vollständig derjenigen der Ausgangsgesteine, ebenso die Textur. Ähnliche Umkristallisationen wie beim Grauen Gebirge, wenn auch in viel geringerem Maße, lassen sich auch beim Uranerz beobachten. Sehr charakteristisch sind dabei die schon erwähnten nelsonbraunen Körner von Rauchquarz, die wahrscheinlich nur zum Teil durch Quarzzufuhr gebildet worden sind, denn als einziges Gangartmineral trifft man selten noch bis 5 mm mächtige Gängchen und diffuse Imprägnationen von Kalzit an, der durch die radioaktive Strahlung rot gefärbt ist.

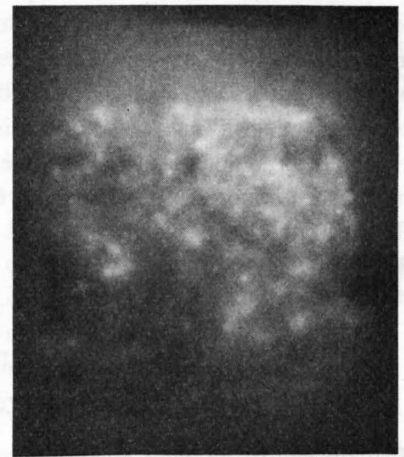
Sonstige Gangartminerale fehlen vollständig.

Die Erzminerale treten am häufigsten im Basalzement oder in Klüften von Geröllen, seltener in den Geröllen selbst auf. Primäre Uranminerale sind makroskopisch schwierig zu erkennen. Sie überziehen entweder als hauchdünne schwarze Schalen Mineral- und kleine Geröllkomponenten oder bilden kleine, kaum sichtbare schwarze Körner. Besser kommt ihre Verteilung im Gestein auf Radiographien zur Geltung. Die Figuren 6–9 zeigen uns Beispiele davon.

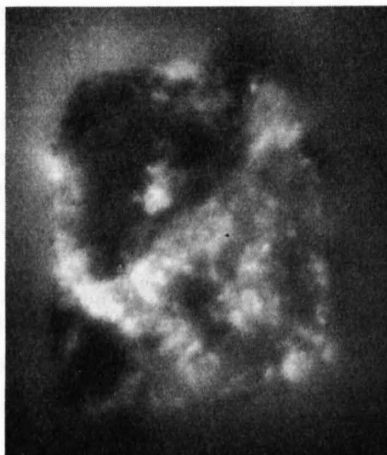
Radiographien (Vergrößerung aller Figuren ca. 2×)



Figur 6. Pechblende und Brannerit sind auf wenige Stellen konzentriert.  
Silberplange-Ost  
Erzkörper I



Figur 7. Die Pechblende ist ziemlich gleichmäßig über das ganze Gestein fein verteilt.  
Chline Walenchengel  
Erzkörper VII



Figur 8. Pechblende und Brannerit sind konzentriert und relativ gleichmäßig im Basalzement verteilt. Die beiden Gerölle (links oben und unten) sind ausgesprochen erzarm.  
Großes Chalttal, Halde



Figur 9. Pechblende und Brannerit sind linsenförmig sehr stark konzentriert.  
Großes Chalttal, Halde



Die Uranminerale können erst unter dem Mikroskop als Pechblende, Parapechblende und Brannerit differenziert werden. Makroskopisch kann hingegen Pyrit in derben Körnern von 0,1–1 mm Durchmesser relativ leicht erkannt werden. Daß neben dem gewöhnlichen Pyrit auch sogenannter Melnikovit-Pyrit bei gewissen Vorkommen auftreten kann, äußert sich in der Tatsache, daß sich Handanschliffe oft aufblähen und dann zerspringen. Da es sich bei der Zinkblende um eine eisenarme Abart, die sogenannte Honigblende, handelt, sind ihre farblosen bis gelblichgrünen Körner wieder eher schwierig erkennbar. Kupferkies ist in Form sattgelber Körnchen wieder gut diagnostizierbar; etwas schwieriger sind die weißgelben Körnchen des Linneites vom Pyrit zu unterscheiden. Ganz charakteristisch sind hingegen Bleiglanz-Würfelchen mit ihrer typischen Spaltbarkeit. Alle erwähnten Erzminerale haben kaum einen größeren Durchmesser als 1 mm.

Unter den Sekundärerzminerale können makroskopisch nicht viele eindeutig diagnostiziert werden. Zeisiggrüne, diamantglänzende Täfelchen, die nur schwach fluoreszieren, könnten Autunit sein. Himbeerrote Fasern und Krusten in Begleitung von Linneit sind ziemlich sicher Erythrin.

## 2. Das Kupfererz

Die vom unvererzten Gestein her bekannte graugrüne Farbe des Grauen Gebirges verändert sich mit zunehmendem Erzgehalt (besonders natürlich durch Kupferglanz und Covellin sowie die Anlauffarben des Bornites) zu Dunkelblau bis Blauschwarz. Die Struktur und Textur entsprechen weitgehend derjenigen des Grauen Gebirges. Erst bei starker Vererzung und nachträglicher tektonischer Beanspruchung könnte vielleicht von einer Erzbrechie gesprochen werden. Die Erzminerale sind meistens dispers im Gestein eingesprengt, weniger häufig sind Nester, Knotten und feinste haardünne bis zentimeterdicke Gängchen und Spaltenfüllungen. Der Pyrit als ältestes Mineral läßt sich meist als derbe, seltener hexaedrische oder pentagondodekaedrische Körner und Kristalle erkennen, vielfach als teilweise resorbierte Einzelkörner in einer Grundmasse von Kupfererzminerale. Der schon von STÖHR (1865) erkannte Molybdänglanz ist in feinsten Blättchen vielfach auf Rutschharnischen angesammelt und bildet dort oft spiegelnde hauchdünne Überzüge. Er ist nicht leicht als solcher erkennbar. Kupferkies und graues Fahlerz mit öligem Glanz sind vielfach eng miteinander verwachsen und paragenetisch wahrscheinlich gleichaltrig. Oft sind bis 10 mm große derbe Körner dieses Gemisches willkürlich in quarziger oder karbonatischer Gangart eingesprengt. Im Grauen Gebirge sind die Körner meist kleiner und gleichmäßiger verteilt. Gleich wie Kupferkies und Fahlerz erscheint der Bornit sozusagen immer derb; vielfach bildet er in reinen Erzgängen eher die Zentralpartien, oft fein mit Kupferglanz und Covellin verwachsen, während der Kupferkies eher schmale Säume zwischen Grauem Gebirge und den übrigen Erzminerale formt. Abweichungen von diesen Beobachtungen sind vielfach nicht nur primären Ursprungs, sondern durch alpine tektonische Durchbewegungen mit nachträglichen Rekristallisationen verursacht worden. Kupferglanz und Covellin sind in der Regel nur dann eindeutig diagnostizierbar, wenn es sich um fast reine Kupferglanz- oder Covellinerze handelt. Vereinzelt können noch isolierte Schüppchen von Eisenglanz, sehr selten eisenrosenartig, in dolomitischer Gangmasse oder Grauem Gebirge festgestellt werden.

Die mikroskopischen Beobachtungen, insbesondere der meist sehr kleinen, selteneren Erzminerale, folgen wegen der Unterschiedlichkeit der einzelnen Vererzungen bei den entsprechenden Lagerstätten und Vorkommen.

Unter den Sekundärerzminerale können nur Malachit, Azurit und Limonit eindeutig identifiziert werden.

Die Gangartminerale sind schon weitgehend unter den Begriffen «Dolomitische Gangmasse, Quarzgänge und Graues Gebirge», die ja in der Regel die Träger der Kupfermineralisation sind, beschrieben worden.

## 3. Das Kupfer-Uran-Mischerz

Es fällt besonders durch seine bunten Farben auf. Diese werden natürlich speziell durch die komplexen Oxydationsprodukte des Kupfers und Urans verursacht. So können zum Beispiel blaue, radialstrahlige Konkretionen oder Rosetten von smaragdgrünen, glasglänzenden, fast talkartigen Täfelchen oder zitrongelbe, diamantglänzende Täfelchen von drei unbekannten Sekundärerzminerale von bloßem Auge unterschieden

werden. Dazu kommen noch schwarze, rußartige, orange, gelbgrüne und braune Krusten und Anflüge von weniger ausgeprägten Kristallformen unbekannter Mineralien. Einzig die grasgrünen Täfelchen mit Perlmutter- bis Diamantglanz auf stark radioaktiven Proben können mit einiger Sicherheit dem Torbernit zugewiesen werden. Die Struktur ist oft verwischt durch die radioaktive Strahlung, welche vor allem die Feldspäte mit Ausnahme des Mikroklines je nach Urangehalt mehr oder weniger stark kaolinartig zersetzt hat. Die granoblastisch rekristallisierten und durch die Gammastrahlung nelkenbraun gefärbten Rauchquarze treten in diesem oft sehr mürben Gestein markant hervor. Grauweiße Körner von magmatischem Quarz aus ehemaligen Geröllen gehören ebenfalls noch zu den resistenteren Komponenten. Durch die weitgehende Zersetzung ist auch die Textur nicht mehr so ausgeprägt. Interessant ist die Lage bei den primären Erzmineralien. Da es sich um eine Überlagerung der Uranmineralisation durch die Kupfermineralisation handelt, konnte selbst bei der mikroskopischen Untersuchung von der ursprünglichen Pechblende-Paragenese nur noch Pechblende vorgefunden werden. Die restlichen Erzminerale scheinen von der Bornit-Paragenese absorbiert und ihre Elemente teilweise vielleicht im Fahlerz deponiert worden zu sein. So entsprechen denn die primären Erzminerale ganz im Gegensatz zu den Sekundärerzmineralien eines Kupfer-Uran-Mischerzes in ihrem ganzen Aspekt nahezu vollständig einem einfachen Kupfererz. Die Sekundärerzminerale wurden infolge ihrer auffallenden Farben bereits zum größten Teil weiter oben erwähnt. Natürlich fehlen Malachit, Azurit und Limonit auch hier nicht. Da die Uranmineralisation keine eigentlichen Gangartminerale besaß, kamen lediglich jene der Kupfermineralisation hinzu.

## VII. Die Erzminerale

### A. Die Pechblende – Paragenese

#### 1. Der Mineralbestand

Der Erzinhalt der Pechblende-Paragenese ist überaus vielfältig. In der Reihenfolge ihrer wahrscheinlichen Kristallisation treten folgende Erzminerale auf: Melnikovit-Pyrit, Bravoit, Pechblende, Parapechblende, Pyrit, Arsenkies, Rutil, Anatas, Brannerit, Zinkblende, Millerit, Linneit, Bleiglanz, Blei-Sulfo-Salz (?), Kupferkies, Fahlerz, sowie zementativ blauer, anisotroper Kupferglanz und Covellin. Sie werden im folgenden nach Oxyden und Sulfiden beschrieben.

##### a) Rutil

In den Maschinenschliffen ist er sehr gut polierbar. Seine Spaltbarkeit ist kaum ausgeprägt. Da nach RAMDOHR (1960) das Reflexionsvermögen von 18% für oranges Licht sehr nahe bei demjenigen von Zinkblende (18,5%) liegt, sind feinkristalline Aggregate von Rutil nicht immer leicht von Zinkblende zu unterscheiden. Auch der Farbeindruck der beiden Mineralien ist täuschend ähnlich. Im allgemeinen ist es aber so, daß die Rutilen einen bräunlicheren Grauton der Reflexionsfarbe gegenüber der Zinkblende haben. In Öl sind die Unterschiede im Reflexionsvermögen glücklicherweise etwas deutlicher; beim Rutil beträgt es nach RAMDOHR (1960) immer noch 7%, bei der Zinkblende nur noch 5,5%. Dazu kommt noch, daß die Zinkblende meist viel gröber kristallisiert ist. Der Pleochroismus ist beim Rutil selten sichtbar, und die Anisotropie ist im allgemeinen durch Innenreflexe verschleiert. Die Farbe der Innenreflexe geht von Braun über Gelborange bis Gelb, mit einem eindeutigen Rotstich. Im Gegensatz dazu haben die Zinkblenden oft Innenreflexe mit einem Grünstich, was wieder ein Kriterium für die Unterscheidung der beiden Mineralien darstellt. Bisweilen sind vom Rutil sehr schöne trigonale Netzwerke oder gehirnrähnliche Aggregate, oft pseudomorph nach Titanit, zu beobachten. Da der Rutil im ursprünglichen Sernifit nicht festgestellt werden konnte, könnte er entweder mit den übrigen Erzmineralien zugeführt oder höchstens noch durch zirkulierende Lösungen mit oder ohne Erze aus authigenem titanreichem Hämatit des Sernifites nach E. NIGGLI (1944) entstanden sein.

### b) Anatas

Er ist dem Rutil und der Zinkblende sehr ähnlich. In vielen Fällen scheint er durch weitere Einwirkung der hydrothermalen Lösungen auf den Rutil entstanden zu sein. Im Gegensatz zu Rutil und Zinkblende sind die Innenreflexe des Anatas aber in der Regel farblos, weiß oder etwas bläulich. Meist ist er ebenfalls sehr feinkörnig kristallisiert und zu Aggregaten gehäuft, vielfach noch mit Rutil verwachsen. In der Regel ist er nahezu isometrisch, selten findet man von ihm rechteckige Querschnitte. Rutil und Anatas haben in vielen Fällen mit den Uranlösungen reagiert; das Reaktionsprodukt war dabei Brannerit, ein Uran-Titanat. RAMDOHR (1957) hat diesen Vorgang zum ersten Mal in konglomeratischen Uranerzen von der Pronto Mine im Blind River Distrikt, Ontario, festgestellt und ihn deshalb Pronto Reaktion genannt.

### c) Pechblende

Sie ist in den meisten Fällen sehr gut polierbar. Eine Spaltbarkeit ist nicht ausgeprägt. Das Reflexionsvermögen ist gering. Die Reflexionsfarbe ist in Luft ein helles Grau mit Braunstich; in Öl kommt der Braunstich gegenüber der sogenannten Parapectblende noch besser zur Geltung. Eine Anisotropie konnte nirgends festgestellt werden. Innenreflexe wurden keine beobachtet. Da fast ausnahmslos kugelige, nierige oder ähnliche Kornformen mit Schrumpfungsrissen beobachtet wurden, kann mit Recht von Pechblende gesprochen werden (Tafel II, Figur 1). Uraninit, der quadratische Querschnitte haben müßte, wurde nirgends mit Sicherheit festgestellt. Verwachsungen von Pechblende mit andern Erzmineralien sind noch ziemlich häufig, so vor allem mit Pyriten. Einerseits handelt es sich um schalige Verwachsungen von Pechblende und Melnikovit-Pyrit abwechselungsweise, andererseits sind Pechblendekugeln mit Melnikovit-Pyritkernen in einigen Fällen von Pyrithexaedern umwachsen, die nach RAMDOHR (1958 b) bei der Isotropisierung der Pechblende gesprengt worden sein sollen (Tafel II, Figur 2). Außerdem kommen aber noch Verwachsungen von Pechblende mit Parapectblende, Brannerit und Honigblende vor (Tafel II, Figur 1). Vielfach kommen im Zentrum der Pechblendekugel Serizitkerne zum Vorschein, und man könnte sich fragen, ob dies vielleicht mit bakterieller Fällung im Zusammenhang stehen könnte.

### d) Parapectblende

Der Verfasser möchte unter diesem Begriff sowohl oxydierte Pechblende als auch möglichen Thucholith verstanden haben. Die nachstehend angeführten Beobachtungen wurden alle in Öl gemacht. Das Mineral ist sehr schlecht polierbar und liegt meistens als feinkörnige, pulverige Aggregate vor. Die Härte ist kaum zu definieren. Eine Spaltbarkeit wurde nicht beobachtet. Das Reflexionsvermögen ist wenig tiefer als dasjenige der Pechblende. Die Reflexionsfarbe ist ein kühles Grau, dem aber der typische Braunstich der Pechblende fehlt. Ein Pleochroismus fehlt ebenso; hingegen scheint eine Anisotropie vorhanden zu sein, ebenso wie eine Vielzahl weisser, bunt irisierender Innenreflexe. In Zentralpartien sind manchmal eigentliche Pechblendekörner zu beobachten (Tafel II, Figur 1), die vielleicht als Entmischungen oder Sammelkristallisationen von  $\text{UO}_2$  aus eventuellen organischen Uranverbindungen aufgefaßt werden könnten. Der Verfasser glaubt in diesem Zusammenhang überhaupt, daß bei Mineralisationsprozessen in ariden Wannen organische Verbindungen und Bakterien wahrscheinlich eine größere Rolle gespielt haben, als nach den heute noch sichtbaren Resten geschlossen werden könnte.

### e) Brannerit

$(\text{U}, \text{Ca}, \text{Fe}, \text{Y}, \text{Th})_3\text{Ti}_5\text{O}_{15}$ . Pseudotetragonal.

Von DANA (1944) wird die obenstehende Formel als die wahrscheinlichste angegeben; nach RAMDOHR (1960) soll die Zusammensetzung etwa  $\text{UTi}_2\text{O}_6$  sein mit Ca, Seltenen Erden und Th für U, oft zudem mit einem  $\text{TiO}_2$ -Überschuß. Brannerit soll außerdem prismatisch sein. Die Politur wird selbst in Maschinenschliffen wegen seiner Porosität nicht ausgesprochen gut. Seine Härte ist größer als diejenige des Pyrites. Eine Spaltbarkeit ist nicht ausgeprägt. Das Reflexionsvermögen ist besonders in Öl sehr tief, nach RAMDOHR (1958 b) ca. 8–10% für oranges Licht. Die Reflexionsfarbe ist dunkelgrau mit schokoladebraunem Unterton infolge der durchscheinenden Innenreflexe. Pleochroismus und Anisotropie konnten selbst in Ölimmersion nicht beobachtet werden. Kastanien- bis rotbraune Innenreflexe sind jedoch massenhaft vorhanden, bisweilen scheinen sie schon in Luft durch. Eine Deformation scheint in Form von Kataklase teilweise vorzuliegen. In den meisten



Fällen umkrustet der Brannerit in xenomorphen, körnigen Aggregaten Rutil- und Anatasreste als Produkt der bereits erwähnten Pronto-Reaktion. An wenigen Orten ist er als ausgefranzte Körner oder gar als feinfilzige und längliche Nadeln, die dann in dünnen Splittern jeweils braunrot durchscheinend sind, anzutreffen (Tafel II, Figur 3).

#### f) Arsenkies

Seine Politur ist im allgemeinen sehr gut. Da er nicht ein einziges Mal mit andern Sulfiden verwachsen festgestellt wurde, kann in bezug auf seine relative Härte gegenüber andern Mineralien nichts ausgesagt werden. Eine Spaltbarkeit wurde nicht beobachtet. Sein Reflexionsvermögen entspricht etwa demjenigen des Pyrites. Gegenüber Pyrit ist er etwas weißer. Der Pleochroismus ist vereinzelt deutlich. Infolge seiner starken Anisotropie ist er eindeutig diagnostizierbar. Meist tritt er in isolierten Nadeln auf, die aber oft schwarmweise aggregiert sind. Charakteristisch sind dabei auch die rhomboedrischen Querschnitte. Auch hier können wie bei der Pechblende oder beim Pyrit Serizitkerne erkannt werden.

#### g) Melnikovit-Pyrit

Er wird auch als «Gelpyrit» bezeichnet, denn er entspricht kristallin gewordenem  $\text{FeS}_2$  – Gel. RAMDOHR (1960) gibt keine exakte Formel, sondern faßt ihn als Gele von FeS und  $\text{FeS}_2 \pm \text{As}$  auf, die jetzt meist aus Pyrit bestehen, aber noch geringe Mengen FeS, As und vielleicht sogar  $\text{H}_2\text{O}$  eingeschlossen haben könnten. Daß das Mineral nicht stabil ist, äußert sich zum Beispiel darin, daß Erzproben mit Melnikovit-Pyrit an der Luft oxydieren, sich aufblähen und zerspringen können, wie es bereits weiter oben erwähnt worden ist. Im Anschliff läßt er sich jedoch relativ gut polieren. Die Härte ist geringer als beim Pyrit. Das Reflexionsvermögen ist wechselnd, und zwar so, daß die äußeren Schalen heller sind als der Kern. Die Farbe der zentraleren Partien geht dabei eher gegen Braun. Meist ist es zudem so, daß schalige Strukturen vorwiegen. Es können ein Kern und mehrere Schalen vorliegen, dabei kann auch Gangart, Nebengestein oder ein weiteres Erzmineral beteiligt sein. Oft sind die Schalen aus Melnikovit-Pyrit auch porös, und die Kerne können dabei erstaunlicherweise aus einem Aggregat von Pyrithexaedern bestehen (Tafel II, Figur 4).

#### h) Bravoi

Er ist ein Mischkristall von  $\text{FeS}_2$  und  $\text{NiS}_2$ . Die Härte ist je nach der Zusammensetzung sehr wechselnd, ebenso das Reflexionsvermögen, wodurch der Zonenbau überhaupt zur Geltung kommt. Die Reflexionsfarbe der einzelnen Schalen geht dabei eher gegen das Bräunliche. Die Kornform kann als Mittelding zwischen Kugeln und Kristallen bezeichnet werden. Er wurde nur in einer einzigen Lagerstätte gefunden.

#### i) Pyrit

Er ist das weitaus häufigste Erzmineral und liefert einzigartige Strukturen und Texturen. In den Maschinenschliffen ist der Pyrit meist hervorragend poliert, lediglich die porösen Aggregate und Einzelkristalle gelingen weniger gut. Die Reflexionsfarbe ist weißgelb-crémeweiß, einige sind auch dunkler. Der Verfasser vermutet, daß die Übergänge zwischen Melnikovit-Pyrit, Bravoi und eigentlichem Pyrit in manchen Erzen der Mürt-schenalp fließend sind, so daß ein einzelnes Individuum nicht immer mit Sicherheit der einen oder andern Gruppe zugewiesen werden kann. Eine Anisotropie konnte indessen nirgends beobachtet werden. Ganz ausgeprägt ist auch ein Zonenbau entwickelt bei schaligen Pyriten. Zum Teil sind es abwechselnde Zonen Pyrit-Gangart, bzw. Nebengestein, zum Teil aber auch abwechselnde Zonen Pyrit-Fremdmineralien, darunter speziell Kupferkies, Fahlerz und Bleiglanz. Der Kern ist in vielen Fällen Serizit, seltener Kupferkies, Bleiglanz oder Zinkblende, dann folgt eine Schale Pyrit, oft wieder Bleiglanz oder Serizit, und dann nochmals Pyrit. Der Verfasser hat sich schon weiter oben die Frage gestellt, ob bei diesen ausgeprägt schaligen Fällungen nicht in vielen Fällen Bakterien beteiligt gewesen sein könnten. Neben diesen Schalenformen des Pyrites findet man natürlich auch die charakteristischen Hexaeder und Pentagondodekaeder. Ein schönes Beispiel lieferten die bereits erwähnten Umkrustungen von kugeliger Pechblende (Tafel II, Figur 2). In tektonischen Zerrüttungs-zonen konnten auch sehr schöne Pyrit-Sernifit-Brekzien beobachtet werden; die Zwischenräume der

einzelnen Sernifitbruchstücke wurden durch Melnikovit-Pyrit und Pyrit ausgeheilt, wobei filigranartige Netzstrukturen entstanden (Tafel III, Figur 5): Pyrite konnten bei jedem Vorkommen der Uranmineralisation festgestellt werden.

Markasit fehlt hingegen merkwürdigerweise in allen Lagerstätten und Vorkommen sowohl der Uran- als auch der Kupfermineralisation.

### k) Zinkblende

Sie läßt sich ordentlich gut polieren. Meistens sind aber noch Grübchen oder charakteristische Spaltdreiecke vorhanden. Das Reflexionsvermögen ist mit 18,5% nach RAMDOHR (1960) für oranges Licht demjenigen von Rutil sehr ähnlich; nur in Öl sind die Unterschiede etwas größer, wie bereits beim Rutil dargelegt worden ist. Die Reflexionsfarbe der Zinkblende ist grau mit einem leichten Braunstich, der vielfach von den durchscheinenden Innenreflexen herrührt. Innenreflexe sind meist massenhaft vorhanden und je nach chemischer Zusammensetzung fast weiß, fahlgelb, fahlbraun, gelbgrün, braun, braunrot (besonders bei eisenreichen Varietäten) bis grünlich (bei ausgesprochen eisenarmen Varietäten, welche dann als Honigblende bezeichnet werden). Vereinzelt ist bei gekreuzten Nicols ein sehr schöner Schalenbau zu beobachten. Kataklyse ist sehr häufig. Als Entmischungen können vielleicht die kleinen Einschlüsse von Kupferkies und Bleiglanz betrachtet werden. Die Zinkblendekörner sind im Verhältnis zu den übrigen Erzmineralien meist sehr groß, aber sehr selten idiomorph. Ihre Umriße sind oft gerundet und buchtförmig gelappt. Anwachsungen konnten in einigen Fällen an Pyrit beobachtet werden, häufiger sind jedoch Pyritreste reliktiert in der Zinkblende erhalten geblieben. Selten konnte sogar erkannt werden, daß die Zinkblende Gelpyrite ersetzt unter vollständiger Beibehaltung der Struktur. Die Zinkblende erscheint wie die Pyrite in den meisten Vererzungen der Uranmineralisation. Die eisenarmen Honigblendesollen nach RAMDOHR (1958 b) dann entstehen, wenn die Erzlösungen viel Schwefel enthalten, so daß das Eisen der Zinkblende als Pyrite gefällt werden kann.

### l) Millerit

Er hat meist eine ausgezeichnete Politur und ist ziemlich weicher als der mit ihm meist verwachsene Linneit. Die Spaltbarkeit ist infolge der geringen Größe der Kristalle nirgends ausgeprägt. Das Reflexionsvermögen ist hoch, etwa ähnlich demjenigen von Kupferkies und Bleiglanz. Sehr typisch sind die Farben des Pleochroismus: lichtgelb-rosaweiß. Die Anisotropie ist sehr stark in den Farben hellgrau bis dunkelblau bis violett, in Öl schmutziggelb-dunkelstahlgrau. Die Individuen sind praktisch nie idiomorph, sondern körnig und bisweilen schilfförmig ausgefranst. Der Millerit wurde bis jetzt nur in einem einzigen Erzkörper festgestellt.

### m) Linneit

Die Politur ist in der Regel ausgezeichnet. Er ist härter als Kupferkies, aber weicher als Pyrit. Selten findet man dreieckige Spaltausbrüche. Das Reflexionsvermögen von 44% für oranges Licht nach RAMDOHR (1960) liegt etwas unter demjenigen von Pyrit. Die Reflexionsfarbe ist ein zartes Rosa. Pleochroismus, Anisotropie und Innenreflexe fehlen völlig. Zwillingsbildung scheint nach einem bis jetzt noch nicht abgeklärten Gesetz vorhanden zu sein (Tafel III, Figur 6). Ein Zonenbau liegt deutlich mit Kupferkies vor, andererseits aber besitzt Linneit auch einen Zonenbau in sich selbst. Eine Deformation konnte nicht eindeutig nachgewiesen werden. Als Entmischung können vielleicht die äußerst feinen Fahlerz-Kupferkies-Myrmekite in den Randpartien von Linneit aufgefaßt werden. Die Kornform des Linneites ist häufig idiomorph bis isometrisch. Verwachsungen sind geradezu die Regel. Als willkommene Kristallkeime wirkten vor allem Zinkblendexenoblasten (Tafel III, Figur 6). Als Füllung von Rissen (Schrumpfung oder Kataklyse?) findet man fast immer Kupferkies, der oft auch vom Kern aus den Linneit zu verdrängen scheint. Sehr häufig besitzt der Linneit auch dünne Überzüge von Kupferkies. Bei diesen engen Verwachsungen von Linneit und Kupferkies könnte man auch an den Zerfall eines Villamaninites denken. Linneit wurde in einigen Vererzungen festgestellt.

### n) Bleiglanz

Seine Politur ist meist ausgezeichnet. Bei Maschinenschliffen sind die charakteristischen Spaltdreiecke relativ selten. Ein Zonenbau ist, wie bereits erwähnt, nur mit dem Pyrit zusammen zu beobachten, indem jener mit dem Bleiglanz abwechselnd Schalen bildet. Eine Deformation ist oft klar erkennbar in Form von

scharf ausgebildeten, geometrischen Klüften, die wieder ausgeheilt wurden. Unregelmäßige Tröpfchen von Bleiglanz in Zinkblende oder von Kupferkies in Bleiglanz könnte man vielleicht als Entmischungen deuten. Die Kornform des Bleiglanzes ist nicht selten quadratisch-rechteckig idiomorph. Vielfach findet man ihn aber auch tröpfchenförmig, siebartig im Gestein eingesprengt. Verwachsungen mit Zinkblende sind naturgemäß geradezu die Regel, mit andern Erzminerale eher selten.

#### o) Blei-Sulfosalz (?)

Das Reflexionsvermögen scheint in Öl etwas heller als dasjenige des Bleiglanzes. Die Reflexionsfarbe ist hingegen mehr gelblich. Pleochroismus, Anisotropie und Innenreflexe fehlen vollständig. Leider konnten bis heute nur isolierte, runde Körner gefunden werden, so daß nichts über die Härte gegenüber anderen Mineralien und über die kristalline Ausbildung gesagt werden kann. Nach RAMDOHR (1958 b) könnte es sich aber am ehesten um Bournonit handeln; weniger wahrscheinlich sind Aikinit und Schapbachit-Matildit.

#### p) Kupferkies

Die Politur ist meist ausgezeichnet. Es ist deutlich weicher als der häufig mit ihm verwachsene Linneit. Die Anisotropie ist bisweilen klar erkennbar in Form von Lamellen von hell- bis dunkelblaugrauer Farbe. Ein Zonenbau ist zum Teil prachtvoll sichtbar. Wie beim Linneit bereits gesagt worden ist, zeigen auch diese beiden Mineralien sehr schöne und charakteristische Verwachsungen. Häufig sind Verwachsungen auch mit Fahlerz; die Myrmekite im Linneit zwischen Kupferkies und Fahlerz wurden ebenfalls schon erwähnt, ebenso die tröpfchenförmigen Einschlüsse in Zinkblende.

#### q) Fahlerz

Die Politur ist ordentlich gut. Das Reflexionsvermögen ist mäßig. Gegenüber Bleiglanz sind die meisten Fahlerze grau mit einem ausgesprochenen Blaustich; in Öl ergibt sich sogar recht häufig der Eindruck eines deutlichen Grünstiches. Es liegt also einerseits sicher ein Arsen-Fahlerz vor, das als Tennantit bezeichnet wird; andererseits gibt es aber auch solche mit weiß-gelblichem Stich, die man wohl als Wismut-Fahlerze ansehen darf. Eine Anisotropie oder Innenreflexe konnten trotz eifrigem Suchen in Öl nicht ein einziges Mal beobachtet werden. Die Kornform ist durchweg xenomorph gerundet bis buchtförmig gelappt. Verwachsungen mit Kupferkies wurden häufig beobachtet; Myrmekite zwischen Kupferkies und Fahlerz in Linneit wurden bereits dort erwähnt.

Blauen, anisotropen Kupferglanz hat der Verfasser in Spuren randlich von Kupferkies festgestellt, ebenso Covellin erstaunlicherweise meistens randlich von Bleiglanz. Beides sind wohl Zementationsminerale.

Die Verbreitung der Erzminerale der Uranmineralisation auf den einzelnen Vorkommen und Lagerstätten ist aus Tabelle 1a-1e, S. 60-64 ersichtlich.

## 2. Geochemie der Pechblende – Paragenese

Dank dem Entgegenkommen seines Chefs, Herrn Prof. Dr. F. de Quervain, konnte der Verfasser je eine reichhaltige Erzprobe von den Lagerstätten Chlis Chalttal, Teilkörper V, von Silberplange-Ost, Erzkörper I, und von der Halde des Sondierstollens im Grossen Chalttal auf Leicht- und Schwermetalle untersuchen lassen. Die Analyse wurde mit Hilfe der Röntgenfluoreszenz-Methode von der Firma Analix SA in Genf durchgeführt.

Die erste Probe von der Lagerstätte Chlis Chalttal führte im Erzschnitt Pechblende, Pyrit, Brannerit, Zinkblende, Linneit, Kupferkies, Fahlerz und Bleiglanz. Die Hauptelemente U, Ti, Zn, Co, Cu, As und Pb wurden naturgemäß auch in der chemischen Analyse festgestellt. Dazu kommen noch ca. 0,16% Ba, 0,04% Cd, 0,05% Ni und 0,05% Mn. Das Barium könnte einerseits in den Kalifeldspäten, andererseits als Baryt vorhanden sein. Kadmium erscheint häufig als Beimengung in der Zinkblende. Nickel könnte einerseits im Brannerit, dem



nickelhaltigen Gelpyrit, andererseits im Linneit Unterschlupf gefunden haben. Ein spezielles Manganmineral wurde nicht festgestellt. Nach RAMDOHR (1960) kann aber Mangan, untergeordnet auch Barium, einen Teil der Zinkatome in der Zinkblende vertreten.

Die zweite Probe von der Lagerstätte Silberplangge-Ost, Erzkörper I, ließ im Erzanschliff Pechblende, Parapechblende, Brannerit, Pyrit, Arsenkies, Zinkblende, Linneit, Kupferkies, Fahlerz und Bleiglanz erkennen. Dadurch werden die chemisch nachgewiesenen Elemente U, Ti, As, Zn, Co, Cu und Pb erklärbar. Daneben ergab die Analyse aber noch 0,16% Ba, 0,04% Cd, 0,05% Y, 0,04% Rb, 0,01% Ga, 0,01% Ni und ca. 0,02% Seltene Erden (Samarium, Gadolinium und Neodym). Barium könnte wieder einerseits als Baryt, andererseits mit Kadmium zusammen als Ersatz von Zinkatomen in der Zinkblende auftreten. Yttrium kann nach der bereits weiter oben zitierten Formel ein Bestandteil des Brannerites sein. Die Träger von Rubidium und Gallium sind dem Verfasser unbekannt. Nickel könnte mit dem Linneit und vielleicht Spuren von Bravoit in Verbindung gebracht werden. Die Seltenen Erden sind nach WINCHELL (1951) und RAMDOHR (1960) in kleinen Mengen im Uranpecherz bzw. der Pechblende möglich; da sie aber weder in der vorigen Probe noch in der nächstfolgenden mit Pechblende und Brannerit festgestellt worden sind, vermutet der Verfasser die Existenz eines Oxydes mit Seltenen Erden, dessen erzmikroskopische Diagnose bis heute allerdings noch nicht gelungen ist.

Bei der dritten Probe von der Lagerstätte Großes Chalttal mit einer Uran-Kupfer-Mischparagenese wurden im Erzanschliff Pechblende, Brannerit, Pyrit, Kupferkies, Fahlerz, Bornit, Wittichenit, Kupferglanz, Stromeyerit, Covellin und Bleiglanz festgestellt. Die chemisch nachgewiesenen Gehalte von U, Y, Ti, Cu, As und Pb finden damit eine Erklärung. Hinzu kommen noch 0,01% W, 0,13% Ba, 0,04% Zn, 0,02% Ni und 0,06% Co. Der Träger des Wolframs ist dem Verfasser unbekannt. Barium könnte ein Bestandteil der Kalifeldspäte oder als Baryt selbständig sein. Zink wurde von Herrn PD. Dr. M. Weibel spektralanalytisch im Fahlerz festgestellt, welches aber frei von Kobalt ist. Die Träger von Kobalt und Nickel sind dem Verfasser bis heute also noch unbekannt.

## B. Die Bornit – Paragenese

### 1. Der Mineralbestand

Er ist sehr mannigfaltig und umfaßt die folgenden Erzminerale: Hämatit, Gediengen Silber, Pyrit, Molybdänglanz, Bleiglanz, Betehtinit, Fahlerz, Kupferkies, Wismutglanz, Tenorit (?), Wittichenit, Bornit, weißer, anisotroper Kupferglanz, blauer, anisotroper Kupferglanz, Stromeyerit und Covellin.

#### a) Hämatit

Er tritt meist als vereinzelte, idiomorphe Kristalle auf in Form von Tafeln und Blättchen, die zum Teil stark verbogen sind und auf Druckbeanspruchung während der Erzmineralisation hinweisen. Bisweilen sind sie eisenrosenartig aggregiert. Diese idiomorphen Ausbildungen sollen nach RAMDOHR (1960) typisch für hydrothermale Lagerstätten sein; sie treten besonders häufig in der dolomitischen Gangmasse auf, im gewöhnlichen Grauen Gebirge treten sie eher zurück und bilden einfache Körner, die sich allerdings bisweilen zu Netzen vereinigen können. Man könnte dann von einem Xenoblastensieb, seltener von einem Idioblastensieb sprechen. Solche können allerdings ganz ähnlich wie bei Bleiglanz auch in der dolomitischen Gangmasse beobachtet werden (Tafel IV, Figur 11). Nach RAMDOHR (1960) sollen diese Kristallnetze in kolloidaler Matrix entstanden sein. Eher in der Art eines Gangartminerals kann idiomorpher Eisenglanz auch sehr schön in einigen Quarzgängen beobachtet werden, wie der Verfasser dort bereits dargetan hat. Häufig wird eine Resorption des Hämatites durch Kupferkies festgestellt; andererseits kann nach RAMDOHR (1960) eine Paragenese Hämatit-Bornit auch durch eine ascendente Umwandlung von Kupferkies entstehen.

## b) Gediegen Silber

Da die Körnchen meist sehr klein sind, lassen sie sich relativ gut polieren. Die Härte dürfte etwa derjenigen von Bornit entsprechen. Das Reflexionsvermögen ist sehr hoch und wird von RAMDOHR (1960) mit 94% für oranges Licht angegeben. Die Reflexionsfarbe ist Weiß bis leicht Crème. Nach einiger Zeit läuft die Oberfläche aber meist an und der Gelbeindruck verstärkt sich dabei. Die Kornform ist meist unregelmäßig: gerundet, zackig, hakenförmig; selten sind quadratische Querschnitte. Charakteristisch ist das Auftreten von Gediegen Silber in der dolomitischen Gangmasse (Tafel III, Figur 8); vereinzelt, jedoch weit weniger häufig, findet man es in Quarz, Fahlerz, Bornit, blauem, anisotropem Kupferglanz und sogar Malachit. Die lagerstättenkundliche Stellung ist nicht eindeutig.

## c) Pyrit

In der Bornit-Paragenese scheinen Melnikovit-Pyrit und Bravoit zu fehlen und nur der eigentliche Pyrit vorzukommen. Bisweilen hat man den Eindruck, daß er leicht anisotrop ist; vielleicht könnte dies von einer gewissen Arsenbeimischung herrühren. Vereinzelt sind Hexaeder und Pentagondodekaeder zu beobachten, im allgemeinen ist er aber körnig. Bei den Resorptionsstrukturen in Kupferkies und Bornit zeigt er naturgemäß die gewohnten, zahnruinenartigen Relikte (Tafel III, Figur 7). Nur ganz selten wurden schalige Pyrite mit Quarz- und Serizitkernen angetroffen. Viele zerbrochene Individuen deuten auf kataklastische Beanspruchung. Auf Rutschharnischen findet man ihn oft mit feinsten Schüppchen von Molybdänglanz. Lagerstättenkundlich wurde schon von STÖHR (1865) beobachtet, daß er bei großer Häufigkeit gewöhnlich das Ausgehende eines Kupfererzkörpers anzeigt.

## d) Molybdänglanz

Da er meist nur in feinsten Schüppchen auftritt, ist er im allgemeinen schlecht polierbar; erst in Maschinenschliffen konnte er eindeutig diagnostiziert werden. Das Reflexionsvermögen variiert nach RAMDOHR (1960) infolge des sehr starken Pleochroismus von 18–32%. Die Anisotropie ist sehr ausgeprägt. Neben dem bereits erwähnten häufigen Auftreten mit Pyrit und vor allem Serizit auf Rutschharnischen im Grauen Gebirge, seltener in der dolomitischen Gangmasse, findet man Blättchen und Schüppchen von Molybdänglanz oft auch zu Haufen aggregiert oder feindispers im Gestein verteilt.

## e) Bleiglanz

In der Bornit-Paragenese ist er relativ selten. Makroskopisch wurde er vom Verfasser in einem Kupfer-Uran-Mischerz festgestellt, mikroskopisch selten als runde Körner im Bornit und tröpfchenförmige Entmischungen (?) im Fahlerz. Nach STÖHR (1865) soll Bleiglanz mit Molybdänglanz und Pyrit zusammen auch am Ausgehenden der Erzkörper in der Hauptgrube vorgekommen sein.

## f) Betehtinit

Seine chemische Zusammensetzung wird von STRUNZ (1957) mit  $6(\text{Cu, Fe})_2\text{S} \cdot \text{PbS}$  angegeben. Da er in mancher Beziehung dem Fahlerz sehr ähnlich ist, wurde er anfänglich übersehen. Seine Polierfähigkeit ist aber schlechter, die Härte geringer und das Reflexionsvermögen höher gegenüber dem Fahlerz. Der Farbeindruck ist etwa gleich, hingegen ist eine schwache Anisotropie vorhanden. Meist tritt er wie das Fahlerz in runden, xenomorphen Körnern in der dolomitischen Gangmasse auf, vielfach sogar mit Fahlerz verwachsen.

## g) Fahlerz

Die Politur ist zum Teil gut, häufig bleiben aber Grübchen zurück. Manchmal sind Spaltdreiecke wie beim Bleiglanz und der Zinkblende erkennbar. Seine Reflexionsfarbe ist gegenüber Kupferkies ein neutrales, stumpfes Grau. Arsenhaltige Varietäten reflektieren in Öl eher grünlich, wismutreiche eher gelblich; das erstere ist auch nach den Beobachtungen von STÖHR (1865) entschieden häufiger. Einen schönen Beweis dafür liefert auch die bereits erwähnte spektralanalytische Untersuchung eines Fahlerzes vom Großen Chaltal durch

Herrn PD Dr. M. Weibel, die eine Anwesenheit von Wismut oder Antimon nicht bestätigen konnte. Anisotropie und Innenreflexe wurden keine beobachtet. Eine Deformation ist sehr wahrscheinlich, denn Gangarteinschlüsse in feiner Durchstäubung ohne kristallographische Umgrenzung deuten auf Durchbewegung hin. Teilweise sind es auch mehr oder weniger parallel oder kreuzweise angeordnete Durchaderungen des Fahlerzes von Gangart und Oxydationsprodukten. Speziell an den Korngrenzen gegen Gangart und Nebengestein konnten in einigen Fällen im Fahlerz auch hochreflektierende, drahtige bis gezackte Körnchen von Gediegen Silber beobachtet werden. Die Kornform des Fahlerzes ist fast immer xenomorph, gerundet, gelappt, buchtförmig, selten winklig, orthogonal. Verwachsungen mit Kupferkies sind, wie bereits erwähnt, infolge ihrer paragenetischen Gleichaltrigkeit geradezu die Regel. Das Fahlerz wird von Bornit, den beiden Arten Kupferglanz und Covellin verdrängt. Fahlerz wurde vielfach als randliche Säume zwischen Nebengestein, bzw. Gangmasse und zentralen Bornit-Kupferglanz-Gemischen oder als runde Körner in Bornit festgestellt. Fahlerz wurde in den meisten Vererzungen der Bornit-Paragenese gefunden und dürfte als möglicher Silberträger auch den ersten Anlaß zu Bergbauversuchen gegeben haben.

### h) Kupferkies

Er ist ausgezeichnet polierbar, die Oberfläche läuft aber mit der Zeit gerne an. Die Anisotropie ist zum Teil sehr deutlich erkennbar. Eine Zwillingsbildung dürfte bei den stark verzahnten Individuen vorliegen. Die Kornform des Kupferkieses ist in sich selbst isometrisch bis tafelig, gegen andere Erzminerale, Nebengestein und Gangmasse eher xenomorph, gerundet und gelappt. Die Kornbindung ist zum Teil geradlinig einfach, zum Teil aber auch stark verzahnt. Spaltensysteme von ähnlicher Art wie beim Fahlerz deuten auf alpine Bewegungen hin.

Im Kupferkies wurden auch Einschlüsse eines unbekannten Minerals, welches folgende Daten aufweist, beobachtet: Sehr gute Polierfähigkeit, wenig härter als Kupferkies, keine ausgeprägte Spaltbarkeit, etwas geringeres Reflexionsvermögen als Kupferkies, gegen Kupferkies gelbbraune Reflexionsfarbe, schwache Anisotropie und zum Teil gewinkelte Umgrenzungen. Vielleicht handelt es sich wie bei ähnlichen Einschlüssen im Bornit und Kupferglanz um das Cu-Bi-Sulfid Wittichenit, das weiter unten noch beschrieben wird.

Unter den Verwachsungen wurden diejenigen mit Fahlerz bereits mehrmals erwähnt, andererseits gibt es aber auch solche mit Bornit in Form von ausgeprägten Implikationsstrukturen. Typisch sind auch die Reliktstrukturen mit Pyrit, sowie Entmischungsstrukturen mit Bornit. In letzterem bildet er dabei die bekannten Entmischungsspindeln, die oft in orthogonalen Systemen angeordnet sind. Randliche Säume von Kupferkies um Bornit-Kupferglanzmassen, wobei noch Kupferkiesspindeln in den Bornit hineinsprießen können, möchte der Verfasser hingegen eher auf eine umgekehrte Zementation zurückführen. Kupferkies wird meist von Limonit, selten von Covellin verdrängt. Nach STÖHR (1865) und den eigenen Beobachtungen gibt auch der Kupferkies als nächstinnere Zone gegenüber Pyrit und Molybdänglanz vorzugsweise das Ausgehende der Kupfererzkörper an.

### i) Wismutglanz

Er läßt sich gut polieren und besitzt etwa die gleiche Härte wie Kupferglanz. Das Reflexionsvermögen ist deutlich höher als dasjenige des Fahlerzes oder des Kupferglanzes. Die Reflexionsfarbe ist leicht cremeweiß, gegenüber Fahlerz fast reinweiß. Es wurde kein oder höchstens ein sehr schwacher Pleochroismus beobachtet. Die Anisotropie ist hingegen sehr deutlich. Er wurde einerseits als xenomorphe Körner, Tröpfchen und Lamellen in Kupferglanz, andererseits als schmaler Saum zwischen dolomitischer Gangmasse und Bornit-Kupferglanz-Gemischen festgestellt. Diese Daten passen am besten auf Wismutglanz, obwohl der Verfasser ähnliche, aber seltenere Erzminerale nicht ganz ausschließen möchte.

### k) Tenorit (?)

Es wurden von diesem fraglichen Mineral nur einige runde, körnige Einschlüsse im Fahlerz beobachtet. Er läßt sich relativ gut polieren und scheint härter als Fahlerz zu sein. Das Reflexionsvermögen liegt in der Nähe desjenigen des Covellins. Die Reflexionsfarbe ist graubräunlich; zudem ist er pleochroitisch und stark anisotrop. Innenreflexe wurden keine festgestellt.



## l) Wittichenit

Er läßt sich sehr gut polieren. Nach den Beobachtungen des Verfassers ist er etwas weicher als der ihn meist umgebende blaue, anisotrope Kupferglanz. Eine Spaltbarkeit wurde nicht festgestellt. Das Reflexionsvermögen ist höher als dasjenige des Kupferglanzes. Die Reflexionsfarbe kann etwa als crème gegenüber Bornit bezeichnet werden; bei Einschlüssen in Kupferglanz schien sogar ein gewisser Rotstich vorzuliegen, der für Wittichenit eher ungewöhnlich wäre und im Verfasser sogar den Verdacht aufkommen ließ, daß es sich eventuell noch um ein weiteres, unbekanntes Erzmineral handeln könnte. Pleochroismus wurde nicht festgestellt, hingegen eine deutliche Anisotropie in den Farben Gelbbraun bis Stahlgraublau. Innenreflexe wurden keine beobachtet. Die Korngrenzen können rechtwinklig, gerundet und sogar ausgefranst sein. Nach RAMDOHR (1960) kann Wittichenit vielfach durch Zerfall eines Wismut-Fahlerzes entstehen. Seine chemische Zusammensetzung wird von ihm mit  $\text{Cu}_3\text{BiS}_3$  angegeben. Charakteristisch sind Einschlüsse von Wittichenit in Bornit und in Gemengen von Bornit-blauem, anisotropem Kupferglanz.

## m) Bornit

Die Polierfähigkeit ist sehr gut; die Oberfläche läuft aber mit der Zeit rot-blauviolett an, kleine Einzelpartien scheinbar häufiger als große Flächen. Er ist deutlich härter als weißer, anisotroper Kupferglanz, aber ein wenig weicher als Kupferkies. Selten kann man dreieckige Spaltausbrüche beobachten. In ganz frischen Schliffen zeigt der Bornit ein frisches Rosa, das aber in relativ kurzer Zeit in ein stumpfes Rosabraun übergeht. Eine Anisotropie ist zum Teil deutlich erkennbar. Besonders ein äußerer Umwandlungssaum von orangegelber Farbe ist oft stark anisotrop. Nach RAMDOHR (1958 b) entstand dieser Saum durch Zirkulation an Korngrenzen. Kristallchemisch soll es sich um ein Mittelding zwischen Bornit und Kupferglanz handeln, welches FRENZEL (1958) näher untersuchte und Idait nannte. Auffällig ist eine Anisotropie oft an Randpartien des Bornites gegen Fahlerz. Klüfte, Spaltenrisse und randlich oft reichliche Gangarteinschlüsse deuten auf Deformationen und Durchbewegungen hin. Entmischungen sind recht häufig. Einerseits gehören dazu die schon erwähnten, oft orthogonal angeordneten Kupferkiesspindeln, andererseits gibt es aber auch Tröpfchen von Kupferkies, Bleiglanz, Wittichenit und einigen andern unbekannten Erzmineralien, auf die der Verfasser hier nicht weiter eingehen möchte. Die Korngrenzen des Bornites sind im allgemeinen gerundet, gelappt, seltener gewinkelt, orthogonal, quadratisch bis rhomboedrisch, dann wohl meist durch Verdrängung. Verwachsungen sind ebenfalls recht häufig. Charakteristisch sind Implikationsgefüge zwischen Kupferkies und Bornit, und graphische Implikationsgefüge und Myrmekite von weißem und blauem, anisotropem Kupferglanz mit Bornit (Tafel IV, Figur 9). Der Bornit ist wie der Kupferkies ein charakteristischer Verdränger, vor allem von Hämatit, Pyrit, Fahlerz und Kupferkies, wobei dann die bereits erwähnten Resorptions- und Reliktstrukturen entstanden. Der Bornit selbst scheint zementativ von blauem, anisotropem, körnigem Kupferglanz und von Covellin, zudem wahrscheinlich umgekehrt zementativ von Kupferkies verdrängt worden zu sein. Der letzte Fall soll nach RAMDOHR (1960) dann eintreten, wenn pyritreiche Partien zersetzt werden und sulfatreiche Wässer den Bornit zu Kupferkies umsetzen können.

## n) Weißer, anisotroper, lamellarer Kupferglanz

Seine Polierfähigkeit ist meist sehr gut. In bezug auf die Härte ist er deutlich weicher als der Bornit. Selten ist eine rechtwinklige Spaltbarkeit ausgeprägt. Das Reflexionsvermögen ist höher als dasjenige des Bornites. Die Reflexionsfarbe ist ziemlich reinweiß mit einem leichten Blaustich. Vereinzelt scheint auch ein sehr schwacher Pleochroismus vorzuliegen. Die Anisotropie ist zum Teil sehr stark. Auch Deformationen sind zu beobachten in Form von Sprüngen. Es ist zudem noch eine offene Frage, ob die feinsten Lamellen von Bornit im Kupferglanz Entmischungen sind. Es sieht zudem fast so aus, als ob sich die graphischen Implikationsgefüge zwischen Kupferglanz und Bornit durch Sammelkristallisation dieser Lamellen gebildet hätten. Durch Ätzung wurde im Kupferglanz eine sehr schöne Backsteinstruktur festgestellt. Nach RAMDOHR (1960) soll diese Backsteinstruktur durch Umwandlung bei  $103^\circ$  entstehen. Die Umrisse dieser Kupferglanzmassen sind gegenüber dem Grauen Gebirge und anderen Erzmineralien eher gerundet und gelappt; in der dolomitischen Gangmasse kann vereinzelt eine Verdrängung nach rechten Winkeln festgestellt werden. Er verdrängt also vor

allem Dolomit und Kalzit, seltener Serizit, Chlorit oder gar Quarz. Unter den Erzmineralien scheint einzig der Bornit in größerer Menge vom Kupferglanz verdrängt worden zu sein. Der Kupferglanz selbst wird zementativ von Covellin und oxydativ von Malachit vom Rande her oder auch sehr häufig längs ausgezeichneten kristallographischen Richtungen verdrängt.

### o) Blauer, anisotroper, grobkörniger Kupferglanz

Die Politur ist sehr gut; deshalb ist die Spaltbarkeit nicht ausgeprägt. Er hat ein mäßiges Reflexionsvermögen, das etwas höher ist als dasjenige des Bornites, aber tiefer als dasjenige des weißen, anisotropen Kupferglanzes. Die Reflexionsfarbe ist bläulichweiß. Die Anisotropie ist zum Teil sehr stark. Eine Deformation läßt sich an geregelten Gangarteinlagerungen erkennen. Sie ist jedoch nicht immer ausgeprägt und überall vorhanden. Die Kornform kommt durch Luftätzung und Anisotropie sehr schön zur Geltung. Der blaue, anisotrope Kupferglanz ist relativ grobkörnig, seltener lamelliert. Als Kornbindung herrschen einfache Linien bis stark verzahnte Körner vor. Auch er bildet auf vielen Fundstellen graphische Implikationsgefüge mit Bornit. Es war zudem wiederholt zu beobachten, daß der Bornit in oval gerundeten Körnern von rhomboedrisch sich kreuzenden Lamellen von blauem, anisotropem Kupferglanz durchsetzt wird. RAMDOHR (1960) weist darauf hin, daß es sich bei solchen Erscheinungen in den meisten Fällen um eine Verdrängung des Bornites durch Kupferglanz handelt und weniger um eine Entmischung des Bornites aus Kupferglanz, wie es beim weißen Kupferglanz angedeutet wurde. Der blaue Kupferglanz wird auf die selbe Art und Weise wie der weiße Kupferglanz von Covellin und Malachit verdrängt. Inwiefern der blaue Kupferglanz aus weißem Kupferglanz entstanden ist, konnte noch nicht eindeutig abgeklärt werden.

### p) Stromeyerit

Seine chemische Zusammensetzung wird von STRUNZ (1957) mit  $\text{Cu}_2\text{S}$ .  $\text{Ag}_2\text{S}$  angegeben. Er läßt sich sehr gut polieren und liefert im allgemeinen eine kratzerfreie Oberfläche. Spaltbarkeit wurde keine beobachtet. Es scheint aber eine deutliche Härteanisotropie vorzuliegen. Parallel  $a'$  (graurosa mit Gelbstich) ist er deutlich härter als der blaue, anisotrope Kupferglanz; parallel den übrigen Achsen dürfte die Härte etwa gleich sein. Das Reflexionsvermögen ist etwa gleich hoch wie dasjenige von Fahlerz oder von weißem Kupferglanz, aber etwas höher als dasjenige von blauem Kupferglanz oder Bornit. Die Reflexionsfarbe ist grauosa und wechselt infolge des Pleochroismus von hellila bis hellbraunrosa. Die Anisotropie ist sehr stark und zeigt Farben von hellgrau mit grün-weißem Stich über hell-dunkelbraun bis violett. Vereinzelt können als Einschlüsse weiße, etwas höher reflektierende Tröpfchen eines unbekannten Erzminerales beobachtet werden. Der Stromeyerit kann körnig und lamelliert auftreten; Kristallflächen sind bisweilen gut erkennbar. Oft sind die Körner stark miteinander verzahnt. Gegenüber andern Erzmineralien liegen jedoch eher einfache Korngrenzen vor. Als nieriige, gerundete Körner, umgeben von blauem, anisotropem Kupferglanz, kann er direkt der Gangart aufsitzen, als Lamellen tritt er wie eine Art Füllung von Sprüngen in blauem, anisotropem Kupferglanz auf.

### q) Covellin

Er poliert sich ausgezeichnet und liefert eine vorzügliche Oberfläche. Die Spaltbarkeit ist besonders parallel (0001) ausgeprägt. Die Härte ist deutlich anisotrop und ergibt, wie RAMDOHR (1960) erwähnt, für Basisschnitte eine geringere und für Prismenschnitte eine etwas größere Härte als für Kupferglanz. Das Reflexionsvermögen ist ebenfalls stark anisotrop und schwankt etwa von demjenigen des Nadeleisenerzes bis zu demjenigen des blauen, anisotropen Kupferglanzes. Die Reflexionsfarbe ist lichthellblau mit einem Rosastich bis sattpreußischblau (Basisschnitte), was einem sehr starken Pleochroismus entspricht. Die Anisotropie ist naturgemäß ebenfalls sehr stark. Der Covellin ist zur Hauptsache in mehr oder weniger idioblastischen Tafeln kristallisiert, dazu kommen auch fiederartige Aggregate. Zwischen den einzelnen Tafeln sind die Korngrenzen eher einfach, bei verschiedenen orientierten Aggregaten vielfach verzahnt. Covellin ist als zementativer Verdränger überaus häufig, wobei er bei den graphischen Implikationsgefügen und Myrmekiten zwischen Bornit und den beiden Arten Kupferglanz selektiv den letzteren befällt, wiederum meist nach ausgezeichneten kristallographischen

Richtungen. Es ist nicht ausgeschlossen, daß neben dem zementativen Covellin auch solcher azendenten Ursprungs vorkommt, da der Verfasser auch die von RAMDOHR (1960) bereits erwähnten zwei Varietäten von Covellin beobachten konnte.

Über die Verbreitung und relative Häufigkeit der Erz- und Gangartminerale der Bornit-Paragenese gibt uns Tabelle 2, Seite 86–87, Auskunft.

## 2. Geochemie der Bornit – Paragenese

Der Verfasser besitzt leider keine Resultate von chemischen Analysen in dieser Richtung. Er versucht deshalb seine erzmikroskopischen Untersuchungen mit den spektralanalytischen Resultaten von HÜGI (1949) zu kombinieren. Leider sind die genauen Fundorte der von HÜGI (1949) zitierten Erzproben nicht bekannt. Abgesehen von den Elementen, die bereits nach dem Erzmineralbestand ausgerechnet werden können, sind Gehalte an Mangan (1–0,1%), Strontium, Kadmium, Bor, Gallium, Thallium, Zinn, Vanadium, Antimon, Chrom und Kobalt in Mengen von ca. 0,1–0,01%, und Wismut- und Nickelspuren von besonderem Interesse. Einige dieser Elemente lassen sich einigermaßen unterbringen. So zum Beispiel gibt es Ankerite mit erheblichem Mangangehalt. Andererseits könnten Antimon, Wismut, aber auch Kobalt, Nickel und Zinn nach RAMDOHR (1960) im Fahlerzgitter enthalten sein. Strontium und Barium erscheinen meist als Sulfate oder Karbonate. Die Träger von Kadmium, Bor, Gallium, Thallium, Vanadium und Chrom sind dem Verfasser allerdings vorläufig unbekannt.

# VIII. Die einzelnen Erzfundstellen

In diesem Kapitel werden diejenigen Erzkörper beschrieben, an denen lagerstättenkundliche und erzmikroskopische Untersuchungen durchgeführt worden sind. Eine systematische Zusammenstellung sämtlicher Erzfundpunkte erfolgte in Tabelle 1a–1e.

Um das Bild besser verständlich zu machen, werden die Vererzungen nach den beiden tektonischen Elementen Gufelstockscholle und Mürtchenscholle getrennt behandelt. Innerhalb einer tektonischen Einheit gibt nun eine Aufzählung der Vererzungen im Sinne der stratigraphischen Abfolge die klarste Übersicht. Dabei werden innerhalb eines stratigraphischen Horizontes zuerst die älteren Uran- und dann die jüngeren Kupfervererzungen untersucht. Die Uranvererzungen sind zudem an N-S-Brüche gebunden, bei denen sich bis jetzt 6 verschiedene mehr oder weniger parallel verlaufende Erzzonen unterscheiden lassen. Die einzelnen Zonen – und in gleicher Weise die Kupferlagerstätten des Spontalsystems – werden der Reihe nach von Westen nach Osten behandelt. Eine Vererzung wird zudem nach folgenden Gesichtspunkten charakterisiert:

- A. Allgemeine Lage.
- B. Anzahl Erzkörper.
- C. Beschreibung der einzelnen Erzkörper.
  1. Lage im Detail.
  2. Radioaktive Intensität<sup>1</sup>.
  3. Koordinaten.
  4. Tektonik (Lagerung, Begrenzung, Klüfte).
  5. Größe (Höhe, Breite, Tiefe).
  6. Petrographie (Erzgestein, Begleitgestein).
  7. Mineralogie (Primär- und Sekundärerze; Gangart).

<sup>1</sup> Die Radioaktivitätsmessungen wurden mit einem Szintillometer von der Marke TA, Modell FFS-11 der Technical Associates, Burbank, California (USA) durchgeführt. Die Ablesungen erfolgten in Mikroröntgen pro Stunde ( $\mu\text{r/h}$ ). Eine Ablesung wurde dann mit absoluter Intensität bezeichnet, wenn der Kristall des Szintillometers auf dem Gestein aufgelegt wurde; mit relativer Intensität, wenn der Kristall während der Ablesung auf Kniehöhe gehalten wurde.



# A. Gufelstockscholle

## 1. Sernifit

### I. Walenchengelsystem

## 1. Das Vorkommen Großer Walenchengel

Diese Vererzung liegt unmittelbar am Ostrand des Großen Walenchengels. Sie ist noch sehr wenig untersucht. Nach den provisorischen radiometrischen Messungen dürften aber mehrere Erzkörper vorhanden sein.

Erzkörper I liegt in der Nähe des Steilabsturzes zum Großen Walenchengel. Das Erz zeigt keine Erhöhung der Radioaktivität gegenüber dem normalen, unveränderten Sernifit. Die Koordinaten lauten: 731.180/213.180/1980 m. Es handelt sich um eine seitliche Imprägnation längs einer typischen W-E verlaufenden Hauptkluft, die ein Streichen und Fallen von  $90^\circ/40^\circ$  besitzt. Der Sernifit verläuft an dieser Stelle ca.  $270^\circ/25^\circ$ . Die Haupterz Imprägnation liegt 1–2 m westlich eines N-S-Bruches (Siehe dazu Tafel I). Eine Kluft von  $160^\circ/80^\circ$  begrenzt das Erz östlich, eine solche von  $230^\circ/85^\circ$  auf der Westseite. Das Begleitgestein ist mittelkörniger Sernifit. Das Schwarze Gebirge ist längs der erwähnten Hauptkluft in einer Höhe von 1 m aufgeschlossen, die Breite nach N ist auf ca. 10 m erkennbar, und die Ausdehnung nach W dürfte von N-S-Bruch aus ca. 20 m betragen. Die Bleivererzung, die vom Verfasser nahezu ausgebeutet wurde, umfaßte ein dreiseitiges Prisma von etwa 1 m Kantenlänge und mindestens 0,6 m aufgeschlossener Höhe. Es handelt sich um ein typisches Knottenerz, das nachträglich noch ein wenig verschiefert wurde. Als Primärerze konnten im Erzanschliff vor allem Bleiglanz mit Einschlüssen von Kupferkies beobachtet werden. Limonit, Malachit und schwarze Krusten sind die üblichen Oxydationserze.

## 2. Die Lagerstätte Chline Walenchengel

Unter dem Namen «Chline Walenchengel» wird das fächerartige Bruchzonengebiet nördlich des Großen Hochmättli verstanden. Die Hauptvererzungszone ist dabei weitgehend an die Umgebung des westlichsten Bruches gebunden. Die Erzausbisse sind auf einer kurvenartigen N-S-Zerrüttungszone angeordnet, die später durch einen geradlinigen, markanten N-S-Bruch verworfen worden ist. Dieser spätere Bruch läßt sich zudem durch die überschobenen Schönbühlschiefer des Großen Hochmättli verfolgen. Er besitzt außerdem ein sehr steiles, nahezu senkrechtes Fallen. Die Vererzung erstreckt sich auf eine Länge von ca. 300 m und ist bis jetzt auf 12 bekannte Erzkörper verteilt, die meist mehrere Stellen mit einer absoluten Maximalintensität besitzen. Details über die Lagerung, Größe, Petrographie und Mineralogie werden bei der Beschreibung der einzelnen Erzkörper eingehend erörtert. Generell kann aber schon hier folgendes festgestellt werden:

1. Es ergibt sich, wenn auch mit Unterbrüchen, eine Vererzungszone, die mehr oder weniger N-S verläuft, von Erzkörper XI im Norden über die Erzkörper X, IX, VIII, VII, V, I, II, III bis Erzkörper IV im Süden. Genauer gesagt liegen diese Erzkörper auf einer Kurve mit einem ziemlich großen Radius.
2. Es existiert anderseits eine kürzere Zone gegen W mit einem Verlauf von ca.  $65^\circ/55^\circ$  von Erzkörper XI b bis Erzkörper XII c. Von einer eigentlichen, vererzten Hauptkluft wie beim Erzvorkommen Unterer Murgsee kann nicht gesprochen werden, obwohl die kurvenartige Anordnung der Erzkörper I bis XI eine solche stückweise doch vermuten läßt.
3. Aus Vergleichen mit anderen Vorkommen, zum Beispiel Unterer Murgsee und Chlis Chalttal, darf geschlossen werden, daß diese Oberflächenausbisse auch eine gewisse Tiefenerstreckung besitzen.
4. Es können 3 Typen von Erzkörpern unterschieden werden:
  - A. Hochprozentige Imprägnation in der engsten Umgebung einer ca. N  $60^\circ$  E streichenden und ca.  $55^\circ$  SE fallenden Hauptkluft.

B. Mit Erz imprägnierte Ruschelzonen in  $\pm$  N-S verlaufenden, senkrecht stehenden Querbrüchen.

C. Diffus imprägnierte Körper, vermutlich stratigraphische Horizonte.

Diese Typen können bei den verschiedenen Erzkörpern und Vorkommen sowohl einzeln, mit Vorliebe aber kombiniert auftreten, sehr häufig A und B zusammen.

5. Die stellenweise hohe Radioaktivität bzw. starke Vererzung besitzt keine zufällige Verteilung, sondern ist in den meisten Fällen gesetzmäßig geordnet nach folgenden 3 Hauptfaktoren:

a) Innerhalb eines Erzkörpers bestehen nach den Ergebnissen der Radioaktivitätskarten (zum Beispiel Figur 15) klare Achsen mit maximalen Intensitäten. Es sind dies einerseits N-S verlaufende Zonen, die im größeren Maßstab den N-S-Ruschelzonen und den großtektonischen N-S-Querbrüchen entsprechen, andererseits ca. N 60° E verlaufende Zonen, die im größeren Maßstab den Hauptklüften (4. A) und den großtektonischen Längsbrüchen entsprechen.

Intensitätsmaxima treten naturgemäß bei den Schnittpunkten dieser beiden Zonen auf.

b. Innerhalb dieser Zonen lassen Klüfte mit einer magnetischen Deklination von 50°–65° (Streichen von 50°–65° nach W und E) und einem steilen Fallwinkel in den meisten Fällen eine Vererzung erwarten. Fast sicher dann, wenn noch eine größere Anzahl Klüfte mit einer magnetischen Deklination von 0°–10° und einem Fallwinkel von 80°–90° hinzutreten. Viele Klüfte mit größerer oder kleinerer Deklination als den oben erwähnten Werten hatten daher kaum einen Einfluß auf den Erzabsatz.

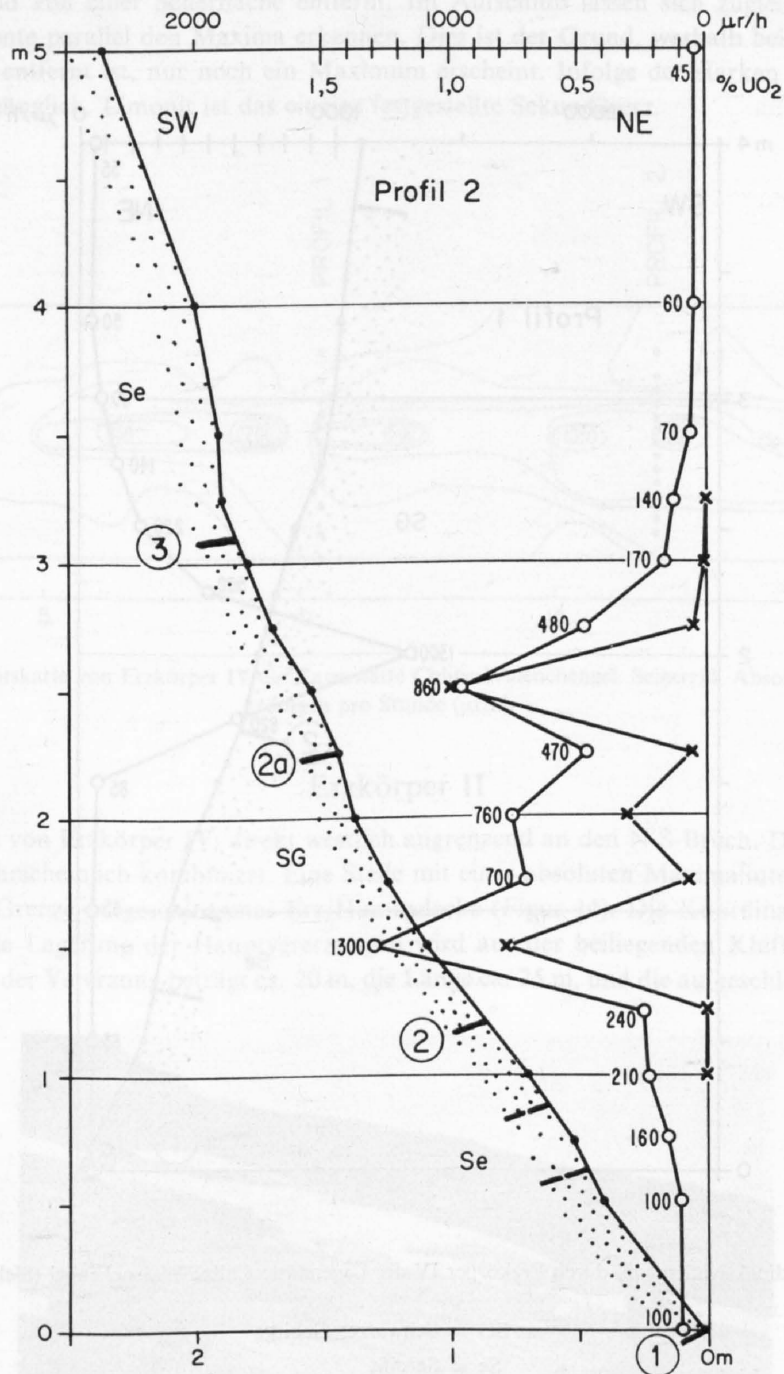
c) Konglomerathorizonte und -taschen mit einer größeren Anzahl Geröllen, vor allem von bituminösen Quarziten oder basischen Eruptiva haben den Erzabsatz ganz eindeutig begünstigt. Eine maximale Vererzung tritt ein beim gleichzeitigen Auftreten der Faktoren b und c.

#### Erzkörper IV

Er ist der südlichste aufgeschlossene Erzkörper der Lagerstätte und liegt westlich vom markanten N-S-Bruch. Die Vererzung gehört dem Lagerstättentyp C an. Die Profilsur verläuft ca. N 30° W. Erzkörper IV besitzt zwei Linsen stärkster Konzentration, die durch Geröllhorizonte über einer Scherfläche bedingt sind (Figur 10). Die Koordinaten lauten: 731.590/212.970/2070 m. Die Lagerung der Linsen und der Gesamtvererzung entspricht derjenigen des Trägergesteins. Die Größe der radioaktiven Vererzung ist aus Figur 13 ersichtlich. Die durchschnittliche Höhe beträgt ca. 4 m, die Breite ca. 35 m, die Tiefenerstreckung ist infolge einer fehlenden Beschürfung vollständig unbekannt. Zwei Profile, bei denen die Radioaktivität und der Gehalt bestimmt und kombiniert wurden, geben zudem noch folgende weitere Resultate:



Figur 10. Blick von Norden auf Erzkörper IV vom Typ C der Lagerstätte Chline Walenchengel. Die Scherfläche ist etwa in der Mitte der Felswand deutlich sichtbar.



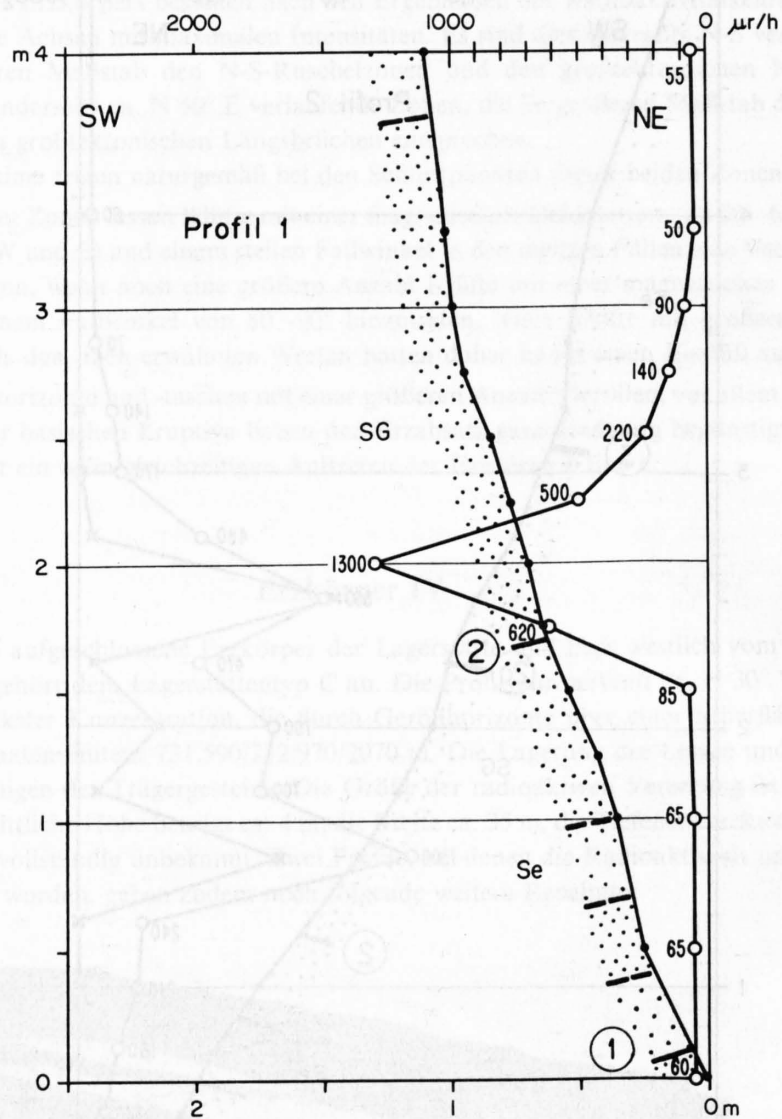
Figur 11. Radioaktivitäts- und Gehaltsprofil durch Erzkörper IV der Lagerstätte Chline Walenchengel (Siehe Figur 13).

SG = Schwarzes Gebirge

Se = Sernifit

1, 2, 2a, 3 = Scherflächen





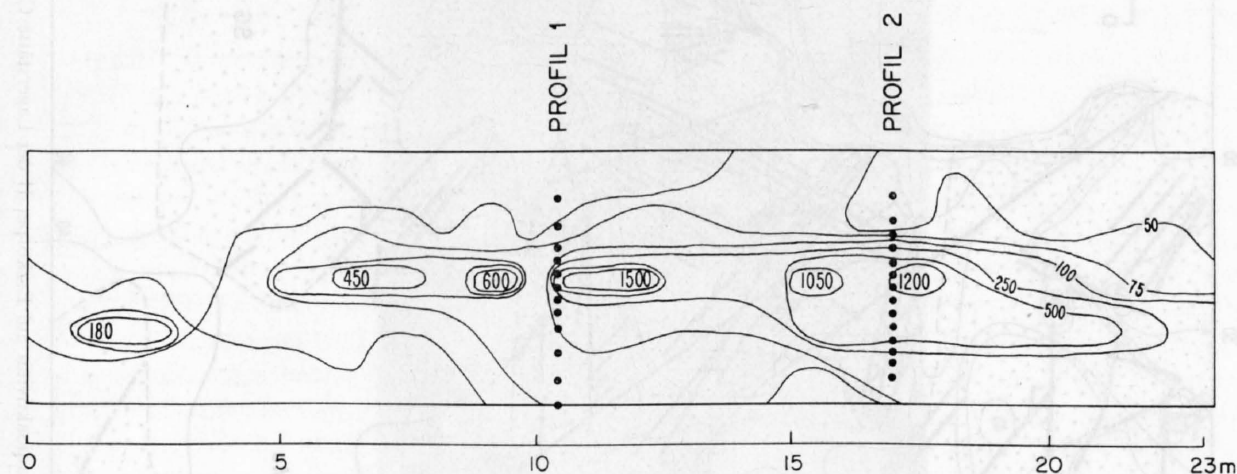
Figur 12. Radioaktivitätsprofil durch Erzkörper IV der Lagerstätte Chline Walenchengel (Siehe Figur 13).

SG = Schwarzes Gebirge

Se = Sernifit

1, 2 = Scherflächen

Die Gehaltkurve geht bei Profil 2 (Figur 11) sehr schön mit der Kurve der Radioaktivität parallel. Beide Hauptmaxima liegen ca. 20–30 cm über einer Scherfläche (2 und 2a); ebenso verhält es sich mit dem Maximum von Profil 1 (Figur 12). Die Scherflächen sind durch tonige Schichten bedingt. Da es sich zum Teil um rhythmische Wechsellagerungen von feinkörnigem und grobkörnigem Material handelt, erscheinen beide Maxima im gleichen Abstand von einer Scherfläche entfernt. Im Aufschluß lassen sich zugleich wenig anhaltende Konglomerathorizonte parallel den Maxima erkennen. Dies ist der Grund, weshalb bei Profil 1, das nur ca. 6,5 m von Profil 2 entfernt ist, nur noch ein Maximum erscheint. Infolge der starken Verwitterung ist das Primärerz nicht zugänglich. Limonit ist das einzige festgestellte Sekundärerz.



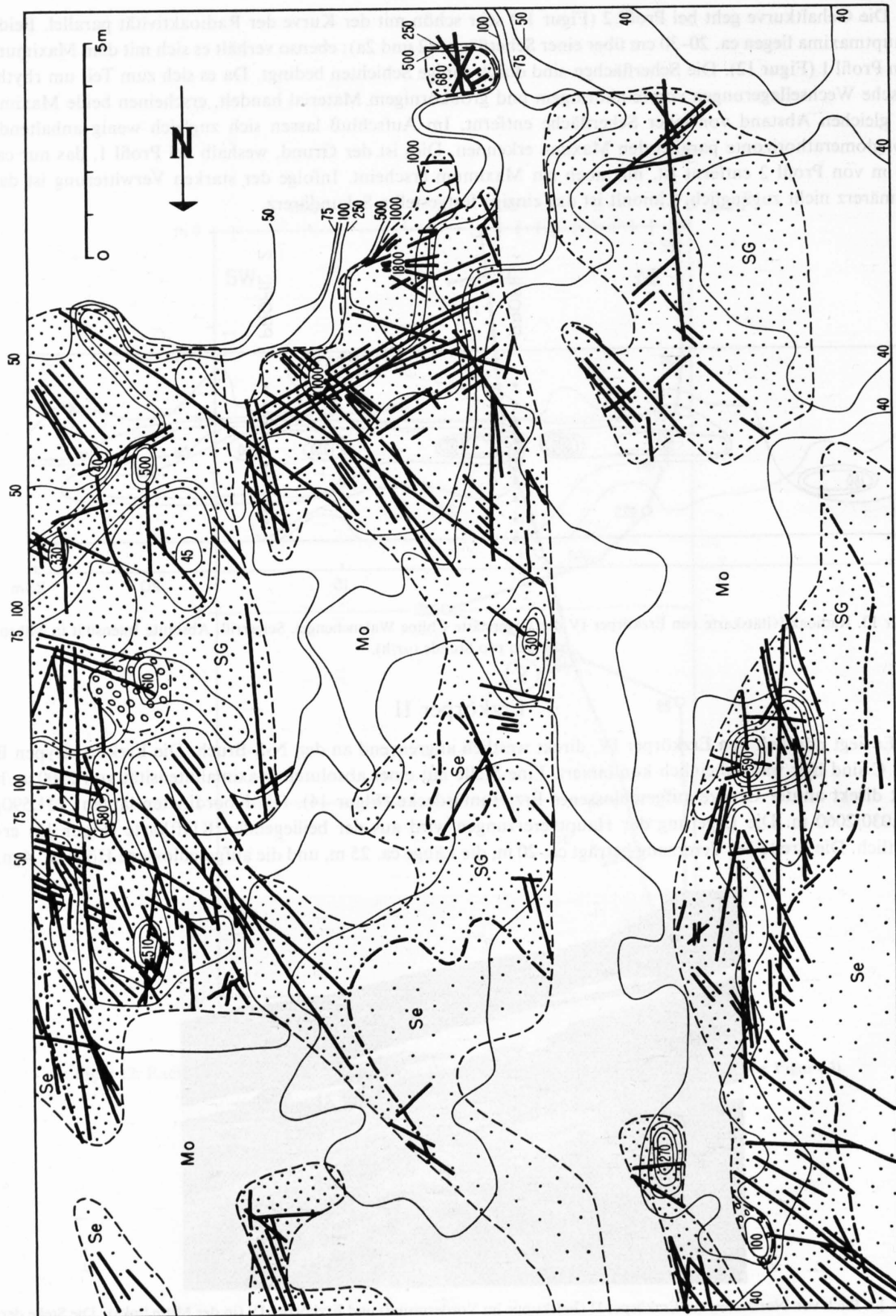
Figur 13. Radioaktivitätskarte von Erzkörper IV der Lagerstätte Chline Walenchengel. Seigerriß. Absolute Intensität in Mikroröntgen pro Stunde ( $\mu\text{r/h}$ ).

## Erzkörper II

Er liegt nördlich von Erzkörper IV, direkt westlich angrenzend an den N-S-Bruch. Die Erzkörpertypen B und C sind hier wahrscheinlich kombiniert. Eine Stelle mit einer absoluten Maximalintensität von  $2500 \mu\text{r/h}$  liegt direkt an der Grenze aufgeschlossenes Erz/Humusdecke (Figur 14). Die Koordinaten lauten: 731.590/213.030/2060 m. Die Lagerung der Hauptvererzungen wird aus der beiliegenden Kluftkarte (Figur 15) ersichtlich. Die Breite der Vererzung beträgt ca. 20 m, die Länge ca. 25 m, und die aufgeschlossene Höhe ca. 4 m.



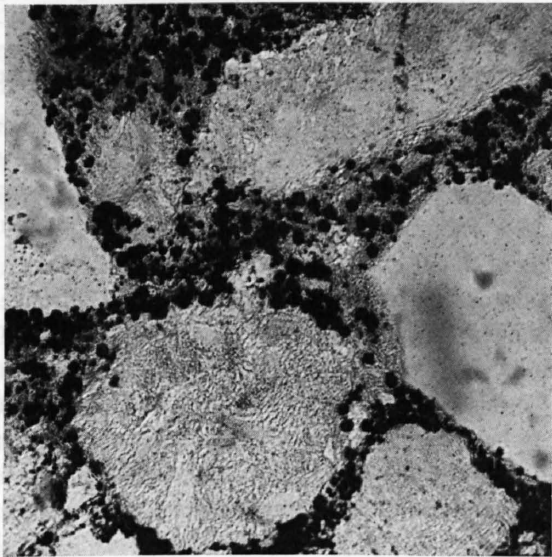
Figur 14. Blick von Nordosten auf Erzkörper II (Felskuppe im Vordergrund) und Erzkörper IV (in der Mitte links). Die Stelle der absoluten Maximalintensität liegt an der oberen Grenze aufgeschlossenes Erz/Humusdecke, ein wenig links vom Zentrum des Bildes.



Figur 15. Verteilung von Sernifit, Schwarzem Gebirge, wichtigen Klüften und Kurven gleicher Radioaktivität auf Erzkörper II der Lagerstätte Chline Walenchengel (Grundriß).

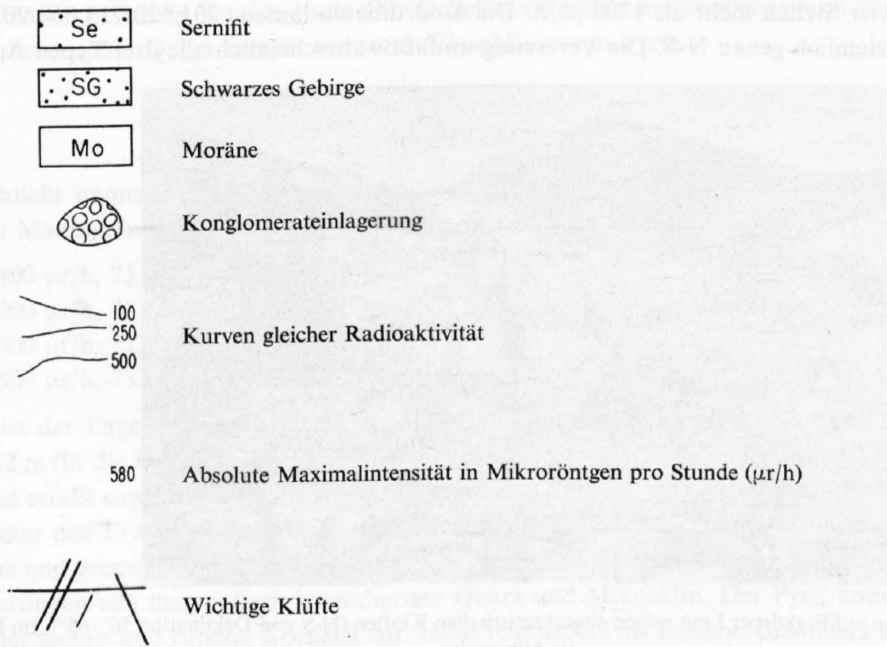


Der Sernifit besitzt im Bereich der Vererzung einen ungefähren Verlauf von 245°/22°. Wahrscheinlich erstreckt sich die Vererzung linealartig in die Tiefe. Das unverwitterte Erz ist blauschwarz bis tiefschwarz mit milchig-weißen Quarzgeröllen; es besitzt damit eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Gold-Uran-Pyrit-Erz vom Witwatersrand, wie man es bisweilen in Sammlungen sieht. Im Dünnschliff kann die Verteilung der Erzminerale sehr schön beobachtet werden (Figur 16). Im Anschliff konnten folgende Erzminerale festgestellt werden: Pyrit in prachtvollen Gel- und Birds-eye-Strukturen, sowie netz- und filigranartig, wahrscheinlich als



Figur 16. Dünnschliffaufnahme von Schwarzem Gebirge aus Erzkörper I der Lagerstätte Chline Walenchengel. Man beachte vor allem die Häufung der kugeligen Pyrite und der anderen Erzminerale im Basalzement. 1 Nicol. Vergrößerung ca. 95 ×.

Legende zu Figur 15.



Füllung tektonischer Kluftsysteme (Tafel III, Figur 5). Erzreiche Partien können deshalb als Gangbrekzie bezeichnet werden. Teilweise haben die Gelpyrite poröse Ränder. Sie verursachen leicht ein Aufblähen und Zerspringen der Anschliffe durch Oxydation. Die Honigblende besitzt im Verhältnis zum Pyrit relativ große, xenomorphe Körner. Zum Teil ist sie deutlich kataklastisch. Sie enthält außerdem oft Einschlüsse von Pyritkörnern, xenomorphem Millerit, Linneit und Kupferkies. Der Brannerit ist fleckig verteilt und zeigt relativ häufig die bereits erwähnte Pronto-Reaktion mit Rutil und Anatas. Selten kann Bleiglanz als Verwachsung mit Pyrit beobachtet werden. Limonit und gelbe Krusten sind die einzigen Oxydationserze.

### Die Zone zwischen Erzkörper II und Erzkörper I im markanten jüngeren N-S-Bruch

Um die Beziehungen zwischen den Erzkörpern I und II abzuklären, wurden im Laufe des Sommers 1958 durch eine Arbeitsgruppe der EISENBERGWERK GONZEN AG auch zwei Schürfschlitzte angelegt. Der eine verläuft von der aktivsten Stelle von Erzkörper I aus fast genau gegen Westen; er ist ca. 17 m lang und ca. 1.75 m breit. Der andere verbindet in SSW-Richtung die beiden Erzkörper I und II; seine Länge beträgt ca. 29 m, seine Breite ca. 2 m. Wie man kurz nach der Freilegung des anstehenden Felses aus der geologischen Aufnahme schon erraten konnte (fast alles Sernifit oder Sernifit/Graues Gebirge-Mischgestein), waren in bezug auf die Radioaktivität keine Überraschungen zu erwarten. Dies traf denn auch zu. Die durchschnittliche absolute Intensität in den Schürfschlitzten beträgt ca. 50  $\mu\text{r/h}$ , höhere Werte bis 125  $\mu\text{r/h}$  am Ostende des W-E-Schürfschlitzes gehören einem schwachen N-S verlaufenden Erzkörper an. Die Werte über 65  $\mu\text{r/h}$  am Nordende des N-S-Schürfschlitzes rühren wahrscheinlich nicht einmal vom anstehenden Fels her, sondern werden durch vererzte, hochhaltige Sturzblöcke von Erzkörper I verursacht. Es ergibt sich somit eindeutig, daß der markante N-S-Querbruch jünger als die Vererzung und selbst nicht vererzt ist. Dies dürfte auch für andere markante N-S-Querbrüche zutreffen. Seine Anlage scheint jedoch schon in einem älteren, krummen und wenig markanten Bruch begründet zu sein, auf dessen Kurve die Erzkörper I–XI liegen, und der von dem linealartigen N-S-Bruch zwei Male geschnitten und gleichzeitig verworfen wird, indem der Ostteil wahrscheinlich erstens gegen Norden vorgeschoben und zweitens abgesunken ist, wie der Verfasser auf Seite 19 erörtert hat. TRÜMPY in FISCH (1961) hat diese zum Teil schon von ROTHPLETZ (1898) beobachtete Erscheinung auch für den großen Murgseebruch bestätigen können. Daraus kann man schließen, daß in der näheren Umgebung markanter N-S-Brüche ältere, weniger ausgeprägte Schwächezonen vorhanden sein können, die unter Umständen Uranerze führen.

### Erzkörper I

Er liegt nordöstlich von Erzkörper II, direkt am Ostrand des Hauptbruches. Seine absolute Maximalintensität beträgt an vier Stellen mehr als 1700  $\mu\text{r/h}$ . Die Koordinaten lauten: 731.620/213.060/2050 m. Die Lagerung ist generell ziemlich genau N-S. Die Vererzung umfaßt wahrscheinlich alle drei Typen A, B und C.



Figur 17. Blick von Westen auf Erzkörper I mit seinen charakteristischen Klüften (N-S und Deklination 50°–65°). Im Hintergrund der Silberspitz.

Klüfte sind sehr häufig und weisen charakteristische Streichrichtungen auf (Figur 17). Die Begrenzung ist gegen den Hauptbruch sehr scharf und in Form eines Rutschharnisches ausgebildet. Der Sernifit hat etwa eine Lagerung von  $240^{\circ}/25^{\circ}$ . Er ist mittelkörnig. Die wirkliche Länge des Erzkörpers beträgt ca. 35 m, die wirkliche Breite etwa 15 m und die aufgeschlossene Höhe ca. 7 m. Im Dünnschliff kann unter den Erzmineralien lediglich Pyrit und Zinkblende sicher erkannt werden. Der erstere fällt durch seine Hexaeder und Pentagondodekaeder auf. Zu Aggregaten gehäuft, findet man ihn teils im Basalzement des Sernifites sowie auch bevorzugt an Rändern von Geröllen und Kristalltrümmern, besonders von Spilit- und Chalzedongeröllen (Figur 16). Oft durchsetzt der Pyrit auch siebartig die letzteren beiden Gesteine. Andererseits kann man auch Verdrängungen von serizitisiertem Plagioklas feststellen. Gewisse Pyrite erwecken den Eindruck solcher Pseudomorphosen. Die Zinkblende ist meist sehr feinkörnig und in der Regel zu xenomorphen Aggregaten vereinigt. Sie verdrängt häufig Serizit und Orthoklas. Im Anschliff findet man neben Pyrit und Zinkblende noch sehr wenig Kupferkies und Brannerit. Umwachsungen von oft mehrschaligem Gelpyrit durch Zinkblende deuten an, daß die letztere jünger ist. Kupferkies findet man einerseits mit Pyrit verwachsen, andererseits auch randlich von Zinkblende. Der Brannerit erscheint fast immer fleckenartig in xenomorphen Körnern.

### Erzkörper VII

Er schließt unmittelbar nördlich an Erzkörper VI an, der über Erzkörper V seinerseits mit Erzkörper I verbunden ist. Seine absolute Maximalintensität beträgt  $1300 \mu\text{r/h}$ . Die Koordinaten lauten: 731.610/213.140/2030 m. Außerordentlich typisch sind hier Klüfte, die fast genau N-S und E-W laufen und somit Typ B charakterisieren. Die Begrenzung ist wie bei den übrigen Erzkörpern naturgemäß diffus. Die aufgeschlossene Länge der Vererzung beträgt ca. 10 m, die aufgeschlossene Breite ca. 3 m und die aufgeschlossene Höhe ebenfalls ca. 3 m. Der reduzierte Sernifit ist an dieser Stelle ordentlich feinkörnig. Im Dünnschliff zeigt das Gestein eine typische Brekzienstruktur, indem Gesteins- und Kristalltrümmer durch Erz verkittet sind. Besonders Quarz des Zementes ist oft eng mit Bleiglanz und Zinkblende verwachsen. Diese beiden Erzmineralien können aber auch als Verdränger von Plagioklas und Serizit auftreten. Der Bleiglanz erscheint oft als geordnete Interposition in teilweise resorbiertem Feldspat. Er besitzt vielfach rechteckige Umrisse, während Zinkblende in der Regel xenomorph ist. Im Anschliff wird das paragenetische Bild noch durch Pechblende, Pyrit, Kupferkies, Linneit und Covellin vervollständigt. Die Pechblende ist oft sehr stark porös und zeigt bisweilen eine gehirnlähnliche Struktur. Vereinzelt findet man relativ große, körnige Einzelkristalle mit Schrumpfungsrissen, die vereinzelt mit Bleiglanz gefüllt sind. Der Pyrit ist meist sehr feinkörnig, kugelig und dispers im Gestein verteilt. Kupferkies erscheint randlich von Pechblende und Zinkblende, teils auch als Tröpfchen in der letzteren, oder auch völlig isoliert in xenomorphen Körnern. Sehr wenig Linneit ist fast immer mit Kupferkies verwachsen. Die Zinkblende ist häufig kataklastisch. Der Covellin verdrängt erstaunlicherweise vor allem Bleiglanz. Sehr schöner idiomorpher Quarz enthält vereinzelt Einschlüsse von Pyrit.

### Erzkörper IX

Er schließt unmittelbar an Erzkörper VII in nördlicher Richtung an und besitzt vier Stellen mit einer absoluten Maximalintensität und den Koordinaten von:

- (a)  $800 \mu\text{r/h}$ , 731.610/213.150/2020 m.
- (b)  $1300 \mu\text{r/h}$ , 731.610/213.160/2020 m.
- (c)  $1500 \mu\text{r/h}$ , 713.610/213.170/2010 m.
- (d)  $1500 \mu\text{r/h}$ , 731.610/213.180/2000 m.

Hier ist der Lagerstättentyp B sehr schön ausgeprägt und sichtbar. Die aufgeschlossenen Dimensionen sind ca. 12 m für die Höhe, 8 m für die Breite und ca. 30 m für die Länge. Das Primärerz hat eine blauschwarze Farbe und erfaßt sowohl psammitische wie psephitische Partien. Im Dünnschliff können nur Pyrit und Zinkblende unter den Erzmineralien identifiziert werden. Beide sind sehr häufig im Zement, häufig im zersetzten Plagioklas und granoblastisch rekristallisiertem Quarz; sehr selten findet man sie in zersetztem Orthoklas und in den Sprüngen von magmatisch korrodiertem Quarz und Mikroklin. Der Pyrit kommt in Hexaedern, Pentagondodekaedern und runden Körnern vor, meist feindispers im Zement, besonders im Serizit. Es kann eine



Häufung der Kristalle im Randbereich außerhalb der Geröllkomponenten beobachtet werden (ähnlich Figur 16). Bei den Körnern ist der Zonenbau relativ häufig. Auf einen dichten Pyritkern folgt eine poröse Außenzone, dann eine Gangartzone, dann nochmals eine poröse bis dichte Außenzone von Pyrit. Akzessorisch findet man noch sehr wenige xenomorphe Körner von Fahlerz, Zinkblende und Kupferkies. Außerordentlich häufige Limonitkrusten sind die einzigen Sekundärerze.

### 3. Die Lagerstätte Silberplangge

Sie läßt sich in drei einzelne Vererzungen unterteilen, die ihrer Lage entsprechend nach den Himmelsrichtungen benannt worden sind, in der Reihenfolge abnehmender Bedeutung:

- Silberplangge-Ost
- Silberplangge-West
- Silberplangge-Nord

Es wurde nur die Lagerstätte Silberplangge-Ost näher untersucht.

#### Die Lagerstätte Silberplangge-Ost

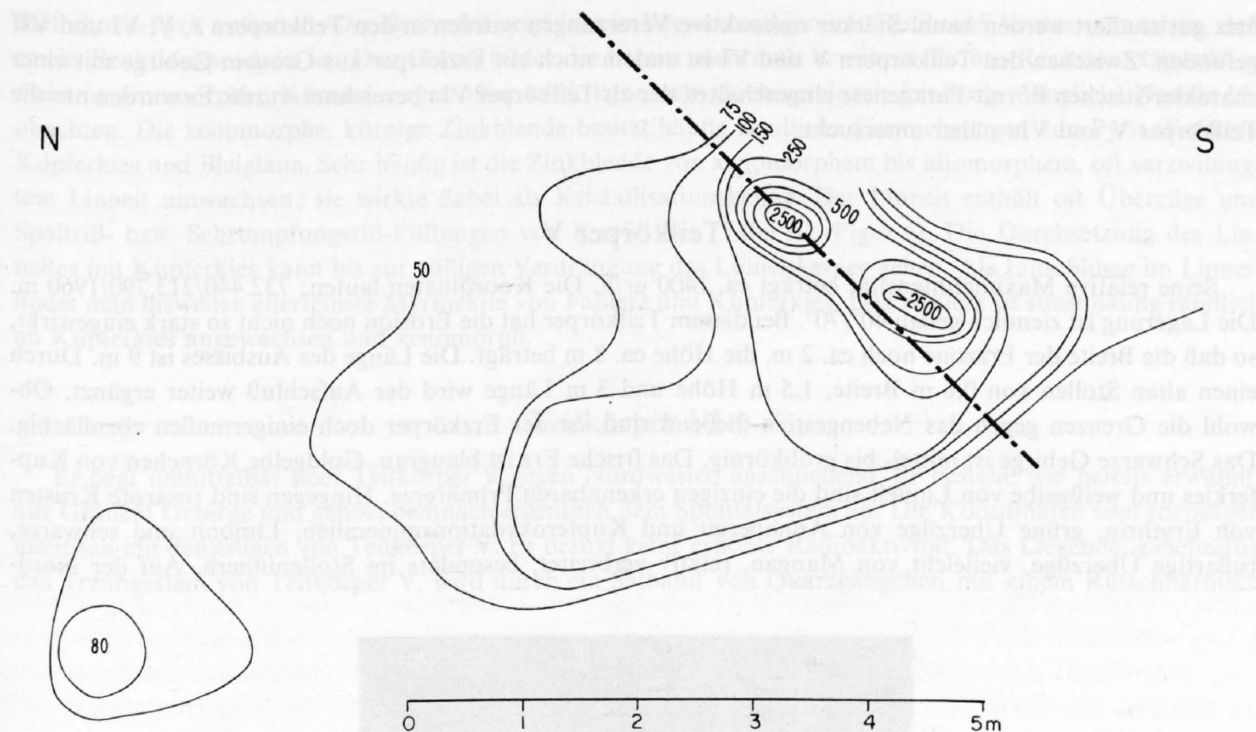
Sie liegt nordöstlich des Chline Walenchengels in einer kleinen NW-SE verlaufenden Bruchzone, die heute zu einem großen Teil mit Schutt gefüllt ist. Sie liegt zudem ziemlich genau auf der südlichen Fortsetzung des charakteristischen N-S-Bruches der Hauptgrube, ähnlich wie die Verwerfung der Lagerstätte Chline Walenchengel auch die Grube Erzbett in nördlicher Richtung tangiert (Tafel I). Bis jetzt sind 2 Erzkörper bekannt. Erzkörper I liegt auf der Nordost- und Erzkörper II auf der Südwestseite der Bruchzone.

#### Erzkörper I

Die Verteilung der Radioaktivität geht aus Figur 19 hervor. Die absolute Maximalintensität beträgt  $> 2500 \mu\text{r/h}$ ; eine zweite Stelle auf derselben Hauptkluft, ca. 3 m höher, erreicht die absolute Intensität von  $2500 \mu\text{r/h}$ . Die Koordinaten für beide Stellen lauten: 731.830/213.480/1985 m. Bestimmend für die Vererzung ist eine typische SW-NE-Hauptkluft, die auf N-S-Querklüften aufsitzt (Figur 18). Die Hauptkluft besitzt eine aufgeschlossene Länge von maximal 3 m, die Querklüfte eine solche von maximal 3–4 m. Die Hauptkluft ver-



Figur 18. Blick von Südwesten auf Erzkörper I der Lagerstätte Silberplangge-Ost. Ein wenig rechts vom Zentrum des Bildes der Beginn der SW-NE-Hauptkluft (nach oben links), sowie die beiden Hauptpunkte der Vererzung.



Figur 19. Radioaktivitätskarte von Erzkörper I der Lagerstätte Silberplangge-Ost. Seigerriß. Absolute Intensität in Mikroröntgen pro Stunde ( $\mu\text{r/h}$ ).

läuft ca.  $35^\circ/60^\circ$ , die Querklüfte weisen ein Streichen und Fallen von ca.  $170^\circ$  bzw.  $350^\circ/80^\circ-90^\circ$  auf. Als tatsächliche Länge der Vererzung können 9 m angegeben werden, als aufgeschlossene Höhe 2,5 m und als aufgeschlossene Tiefe 1,5 m. Das Begleitgestein ist mittelkörniges Schwarzes Gebirge. Im Dünnschliff können lediglich Zinkblende und Arsenkies spezifisch identifiziert werden, die übrigen Erzminerale erscheinen indifferent als schwarze Körner oder Flecken. Die Erzminerale sind vor allem auf den Zement konzentriert, analog den schon oben besprochenen Vererzungen. Zinkblende ist in xenomorphen Körnern häufig randlich an Quarz und Feldspäte oder an andere Erzminerale angewachsen. Sie verdrängt dabei vor allem Serizit oder Chalzedonquarz. Der Arsenkies sticht besonders durch seine Nadeln und rhombischen Querschnitte hervor. Der Erzanschliff bringt ein ganz reichhaltiges Bild. Neben der schon erwähnten Zinkblende und dem Arsenkies können wir im selben Anschliff noch Pechblende, Parapechblende, Brannerit, Pyrit, Linneit, Bleiglanz, Kupferkies, Fahlerz und Covellin antreffen. Eine eingehende Beschreibung aller dieser Erzminerale wurde schon weiter oben auf Seite 34 und ff. gegeben. Von dieser Lagerstätte stammt die Pechblende mit ihren girlandenförmigen Gelstrukturen (Tafel II, Figur 1), oder die charakteristischen Umwachsungen von kugelige Pechblende durch Pyrithexaeder, die bei der Isotropisierung der ersteren wieder gesprengt worden sind (Tafel II, Figur 2). Kugelige bis schalige Pechblende findet man auch häufig in diesem vorläufig Parapechblende genannten Mineral, oder auch einfach als größere, vereinzelt Körner oder kleine, feindisperse Partien im Gestein verteilt. Linneit ist als runde Körner meist mit Pyrit verwachsen. Fahlerz und Kupferkies, ebenfalls meist verwachsen, sind wie üblich fast immer xenomorph und zeigen kataklastische Sprünge. Bleiglanz ist eher selten. Man findet von ihm Einschlüsse in xenomorpher Zinkblende und im Fahlerz. Der Covellin verdrängt in dieser Lagerstätte erstaunlicherweise vor allem Fahlerz. Kleine Blättchen von Torbernit auf Kluftflächen und Limonit sind die einzigen sicher bestimmbar Sekundärerze.

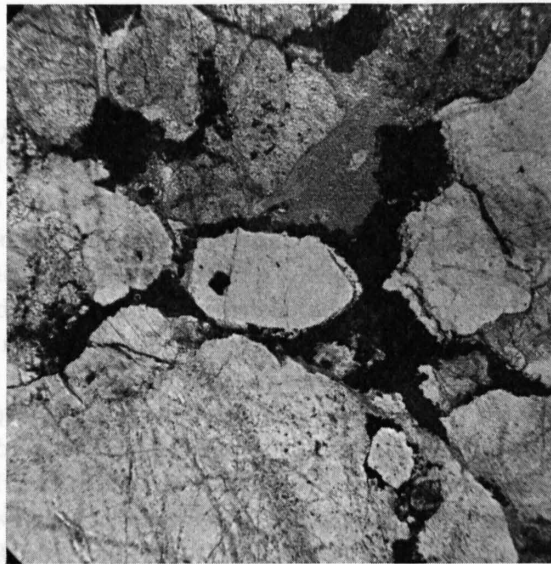
## 4. Die Lagerstätte Chlis Chaltal

Sie liegt westlich der Felsgruppe Dreitürme im Chlinen Chaltal. Die Vererzung ist lagerstättenkundlich sehr interessant, denn eine früher ca. 50 m tiefe Vererzungszone ist heute in 7 sichtbaren Teilkörpern, die einzeln nach Nordwesten abgeschert worden sind, prachtvoll aufgeschlossen, so dass die Tektonik des Serni-

fites gut studiert werden kann. Stärker radioaktive Vererzungen wurden in den Teilkörpern I, V, VI und VII gefunden. Zwischen den Teilkörpern V und VI ist zudem noch ein Erzkörper aus Grauem Gebirge mit einer charakteristischen Bornit-Paragenese eingeschaltet, der als Teilkörper VIa bezeichnet wurde. Es wurden nur die Teilkörper V und VIa näher untersucht.

### Teilkörper V

Seine relative Maximalintensität beträgt ca. 1400 ur/h. Die Koordinaten lauten: 732.440/213.790/1960 m. Die Lagerung ist ziemlich genau  $40^\circ/70^\circ$ . Bei diesem Teilkörper hat die Erosion noch nicht so stark eingewirkt, so daß die Breite der Erzzone noch ca. 2 m, die Höhe ca. 8 m beträgt. Die Länge des Ausbisses ist 9 m. Durch einen alten Stollen von 0,6 m Breite, 1,5 m Höhe und 3 m Länge wird der Aufschluß weiter ergänzt. Obwohl die Grenzen gegen das Nebengestein fließend sind, ist der Erzkörper doch einigermaßen ebenflächig. Das Schwarze Gebirge ist mittel- bis grobkörnig. Das frische Erz ist blaugrau. Goldgelbe Körnchen von Kupferkies und weißgelbe von Linneit sind die einzigen erkennbaren Primärerze. Hingegen sind rosarote Krusten von Erythrin, grüne Überzüge von Annabergit und Kupferoxydationsmineralien, Limonit und schwarze, rußartige Überzüge, vielleicht von Mangan, relativ verbreitet, besonders im Stolleninnern. Auf der Nord-



Figur 20. Dünnschliffaufnahme von Schwarzem Gebirge mit reichlich Zinkblende (dunkelgrau) und wenig anderem Erz (schwarz) vor allem im Basalzement aus Teilkörper V der Lagerstätte Chlis Chaltal. 1 Nicol. Vergrößerung ca.  $30\times$ .

westseite des Stolleneinganges kann man auch 4–5 cm mächtige Quarzgängchen mit Kupfersulfiden beobachten. Im Dünnschliff kann man vor allem xenomorphe Zinkblendekörner erkennen, bisweilen so reichlich, daß man fast von einer Zinkblende-Brekzie sprechen könnte (Figur 20). Sie verdrängt merkwürdigerweise vor allem Schachbrettalbit und sonstige Plagioklase; sehr häufig ist sie zudem auch im Zement mit granoblastischem Quarz verwachsen. Auch die übrigen Erzminerale verdrängen entweder Feldspäte oder sind mit Quarz des Basalzementes verwachsen. Als vereinzelte Zwickelfüllungen und rhomboedrische Idioblasten in granoblastischem Quarz findet man Kalzit. Der Erzanschliff bereichert das gegebene Bild ziemlich stark. Wir finden eine reichhaltige Sukzession von Pechblende, Brannerit, Pyrit, Zinkblende, Linneit, Bleiglanz, Kupferkies und Fahlerz. Die paragenetische Stellung der Pechblende gegenüber dem Pyrit ist hier nicht ganz eindeutig, denn einerseits findet man sie feinkörnig und feindispers im Zement um den Pyrit herum, andererseits aber auch in dessen Schrumpfungsrissen und dem Pyrit vollkommen ähnlichen Schalentexturen. Der Pyrit selbst zeigt sehr häufig Zonarbau, zum Teil mehrschalig, wobei die Kerne entweder aus Nebengestein oder andern Erzmineralien, zum Beispiel Kupferkies oder Bleiglanz, bestehen können. Die Schalen sind oft etwas poröser als der Kern. Naturgemäß kommen dazu auch Atollstrukturen. Es könnte neben eigentlichem Pyrit auch noch



Melnikovit-Pyrit auftreten. Der Brannerit zeigt hier in Verwachsungen mit Rutil und Anatas sehr schön, daß er ein Reaktionsprodukt ist. Das Ganze bildet die bereits mehrmals erwähnte Pronto-Reaktion. Obwohl er meist in xenomorphen Körnern angetroffen wird, kann man doch vereinzelt feinfilzige, längliche Nadeln beobachten. Die xenomorphe, körnige Zinkblende besitzt häufig randliche Einwachsungen von Pyrit (Relikte), Kupferkies und Bleiglanz. Sehr häufig ist die Zinkblende von xenomorphem bis idiomorphem, oft verzwilligtem Linneit umwachsen; sie wirkte dabei als Kristallisationskeime. Der Linneit enthält oft Überzüge und Spalttriß- bzw. Schrumpfring-Füllungen von Kupferkies (Tafel III, Figur 6). Die Durchsetzung des Linneites mit Kupferkies kann bis zur völligen Verdrängung des Linneitkernes gehen. Als Einschlüsse im Linneit findet man bisweilen allerfeinste Myrmekite von Fahlerz und Kupferkies. Das Fahlerz ist sonst häufig randlich an Kupferkies angewachsen und xenomorph.

### Teilkörper VIa

Er liegt unmittelbar über Teilkörper V gegen Nordwesten anschließend. Er besteht, wie bereits erwähnt, aus Grauem Gebirge und gehört demnach eigentlich dem Spontalsystem an. Die Koordinaten sind sozusagen identisch mit denjenigen von Teilkörper V. Er besitzt keine erhöhte Radioaktivität. Das Liegende, gleichzeitig das Trenngestein von Teilkörper V, wird durch ein Salband von Quarzgängen mit einem Rutschharnisch



Figur 21. Dünnschliffaufnahme von Hämatit (eisenrosenartig, schwarz) in quarziger Gangart (weiß) mit Chlorit (grau) aus dem Teilkörper VIa der Lagerstätte Chlis Chaltal.

1 Nicol. Vergrößerung ca. 95 ×

charakterisiert. Die Lagerung verläuft ca.  $220^\circ/20^\circ$ . Auch innerhalb des Erzkörpers treten bis 1,5 cm mächtige Quarz-Karbonat-Gängchen konkordant zum Salband auf, welche dispers, in Nestern und Gängchen reichlich Hämatit und Kupfersulfide führen. Der Dünnschliff zeigt weiterhin, daß an der Grenze Graues Gebirge/Gangquarz ein Sphärolithensaum von Chlorit vorhanden ist, wobei oft Aggregatkreuze beobachtet werden können. Der Gangquarz besteht aus granoblastischen Körnern, die ziemlich stark tektonisch beansprucht sind und deshalb undulöse Auslöschung zeigen. Der Hämatit liegt als prachtvolle Lepido- bis Nematoblasten vor, die teilweise dem Chlorit aufsitzen und teilweise mit Chlorit und Quarz verwachsen sind. Parallel zum Schliff erscheinen die Hämatittafeln als rotbraune, durchscheinende Blättchen, senkrecht dazu als schwarze «Nadeln» (Figur 21). Der Erzanschliff bereichert das Bild weiterhin. Der Hämatit bildet oft eisenrosenartige Gebilde, wobei die einzelnen Tafeln fächerartig angeordnet und oft verbogen sind. In den Zwickeln des Hämatites findet man dabei häufig ein graphisches Implikationsgefüge von Bornit und blauem, anisotropem Kupferglanz. Von Pyrit findet man nur noch einzelne Körner als Relikte. Der Kupferglanz wird häufig von Covellin, Covellin und Bornit werden ihrerseits von Limonit verdrängt.

## 5. Die Lagerstätte Chalttalboden

Diese Vererzung befindet sich ca. 170 m westlich vom Eingang des alten Sondierstollens im Großen Chalttal. Die einzelnen Erzkörper sind stark von Wald und Blockschutt bedeckt. Bis jetzt sind jedoch 6 wichtigere Ausbisse bekannt geworden, die sich auf eine mehr oder weniger N-S verlaufende Linie verteilen auf eine Länge von ca. 100 m. Auf der Nordseite des Spontales konnten keine Spuren einer Vererzung mehr gefunden werden. Die Begrenzung der Erzkörper ist infolge ihrer Bindung an Kluftsysteme und -kreuze sehr unscharf; aus denselben Gründen ist auch die Radioaktivität sehr ungleichmäßig verteilt.

### Erzkörper III

Zwei Stellen, die ziemlich nahe beieinander liegen, weisen eine Maximalintensität von je 1400  $\mu$ r/h auf. Für beide Punkte lauten die Koordinaten: 732.910/214.590/1570 m. Die Lagerung der Hauptkluftzone des vererzten Gangkreuzes ist  $300^{\circ}/85^{\circ}$  und  $20^{\circ}/60^{\circ}$ , wobei aber das Streichen und Fallen um  $5^{\circ}$ – $10^{\circ}$  variieren kann. Das stratigraphische Streichen und Fallen ist wahrscheinlich  $255^{\circ}/35^{\circ}$ . Alpine Scherklüfte laufen ziemlich sicher  $115^{\circ}/25^{\circ}$ . Der Erzausbiß ist 9 m breit und 9 m hoch, die Tiefe ist unbekannt. Der veränderte Sernifit ist mittel- bis grobkörnig. Pyrit, Kupferkies und Fahlerz sind die einzigen feststellbaren Primärerze im Felde; Limonit, Malachit und gelbgrüne Krusten von Uranerzen und schwarze Krusten markieren die Oxydationszone. Selten sind 5 mm mächtige Karbonatgängen mit Fahlerz und Kupferkies. Die teilweise Chloritisierung des Gesteins läßt auf Einflüsse der Bornit-Paragenese schließen. Im Dünnschliff kann man feststellen, daß der Gangquarz mit Vorliebe Pflöckstrukturen bildet. Die entstehenden Hohlräume werden dabei entweder mit Kalzit oder bläulichgrauem, verzwillingtem Prehnit (?) gefüllt. Auch die beiden erwähnten Kupfererze sind häufig mit Pflöckquarz verwachsen.

### Erzkörper VI

Er ist der nördlichste Erzkörper und ca. 20 m von Erzkörper III entfernt. Seine absolute Maximalintensität beträgt 1400  $\mu$ r/h. Die Koordinaten lauten: 732.910/214.610/1550 m. Die Fläche von  $10^{\circ}$ – $20^{\circ}/60^{\circ}$ – $70^{\circ}$  dürfte einerseits die Streichrichtung der Erzkörpers wie auch dessen Begrenzung sein, die teilweise als Rutschharnisch ausgebildet ist. Andere Kluftsysteme fehlen. Es ist jedoch möglich, daß der Erzkörper in einzelne Teilkörper zerlegt ist wie im Chlinen Chalttal, die auf Scherflächen, zum Beispiel  $255^{\circ}/60^{\circ}$ , um wechselnde Beträge gegen Nordwesten vorgeschoben sind. Der Erzaufschluß ist ca. 10 m lang und 8 m hoch, die Tiefe ist auf 1 m aufgeschlossen, beträgt aber sicher mehr. Der mittel- bis grobkörnige Sernifit hat blaugraue Farbe. Er ist wie üblich im allgemeinen schlecht sortiert und gerundet. Makroskopisch kann man dispersen Pyrit und Bleiglanzwürfelchen erkennen. Der Erzanschliff zeigt eine sehr reichhaltige Paragenese von Pechblende, Parapechblende, Brannerit, Arsenkies, Melnikovit-Pyrit, Bravoit, Zinkblende, Linneit, Bleiglanz, Kupferkies, Fahlerz. Die Pechblende bildet meist körnige, xenomorphe Aggregate; oft ist sie auch nierig oder kokardenförmig. Die Parapechblende kommt in xenomorphen Körnern vor und bildet bisweilen die Matrix für Aggregate von Rutil- und Anataskörnern. Der Brannerit umkrustet häufig Anatas. Meist ist er auch feindispers xenomorph, selten nadelig. Der Arsenkies ist wie üblich meist isoliert, zu Schwärmen gehäuft und zeigt stengelige bis rhombische Querschnitte. Der Melnikovit-Pyrit besitzt sehr häufig schalige Strukturen, wobei oft zwei bis drei Erzschaalen mit sehr dünnen Gangartschaalen abwechseln können; der Kern hat dann bisweilen kristalline Ausbildung. Das Reflexionsvermögen der Schalen ist dabei variabel, die äußeren sind meist heller als der Kern. Teilweise sind die Schalen auch porös. Als Bravoit könnte man vielleicht zonare Melnikovit-Pyrite bezeichnen, deren einzelne Schalen teilweise richtig bräunlich sind. Der Form nach handelt es sich um Mitteldinge zwischen Kugeln und Kristallen. Die Zinkblende erscheint wie üblich in xenomorphen Körnern, oft zu Aggregaten gehäuft, und enthält bisweilen Einschlüsse von Bleiglanz und Melnikovit-Pyrit. Der Linneit tritt in xenomorphen bis idiomorphen Körnern mit Kupferkiesrändern auf. Zudem wird er oft von einem helleren und etwas härteren Mineral umkrustet. Da es isotrop zu sein scheint, ist der Verfasser nicht ganz sicher, ob es sich nur um Pyrit oder vielleicht noch um eine weitere Linneitvarietät handelt. Der Bleiglanz kommt neben Verwachsungen mit Zinkblende und Kupferkies häufig auch isoliert als tröpfchenförmige Interpositionen im Schwarzen Gebirge vor; die Tröpfchen sind dann oft zu Schwärmen gehäuft. Der Kupfer-

kies umkrustet in typischer Weise wie bei andern Vererzungen den Linneit oder zeigt Verwachsungen mit Fahlerz. Covellin konnte randlich von Kupferkies und Bleiglanz als zementativer Verdränger beobachtet werden. Das Fahlerz füllt überdies reichlich die Zwischenschalen bei Melnikovit-Pyrit.

## 6. Das Vorkommen Dreitürme

Es sind bis heute zwei Erzkörper mit ungleicher Vererzung bekannt.

### Erzkörper II

Er liegt nördlich von Erzkörper I. Die absolute Maximalintensität zweier nahe beieinander liegender Stellen auf ca. 1860 m Höhe beträgt 600  $\mu\text{r/h}$  und 200  $\mu\text{r/h}$ . Die Koordinaten lauten für beide Punkte: 732.725/213.825/1860 m. Die Lagerung ist völlig undurchsichtig, es könnte vielleicht ein vererztes Gangkreuz mit einer typischen Kluft von ca.  $60^\circ/50^\circ$  sein. Die Größe der Vererzung ist infolge Schuttbedeckung und mangels weiterer Untersuchungen unbekannt. Typisch für die Mineralführung ist stellenweise ein erheblicher Bleiglanz-Zinkblende-Gehalt in Sturzblöcken, deren Anstehendes aber bis heute leider noch nicht gefunden werden konnte. Pyrit, Zinkblende, Bleiglanz und Kupferkies können teils makroskopisch teils mit der Lupe bereits erkannt werden. Die Zinkblende erscheint im Dünnschliff als xenomorphe Körner. Teils ist sie dabei mit Quarz oder anderen Erzmineralien, speziell Bleiglanz, verwachsen, teils verdrängt sie Plagioklas. Die übrigen Erzmineralien treten als größere xenomorphe Körner oder feinste Durchstäubung im Zement und in Chalzedongeröllern auf. Im Erzanschliff können neben der kataklastischen Zinkblende, die bei gekreuzten Nicols oft sehr schönen Schalenbau zeigt und anhand ihrer braunroten Innenreflexe ziemlich eisenreich sein dürfte, noch Pyrit, Bleiglanz, Kupferkies, Fahlerz und Covellin, sowie das fragliche Blei-Sulfosalz festgestellt werden. Besonders schöne Strukturen liefern die Pyrite, wahrscheinlich eigentlicher Pyrit und Melnikovit-Pyrit. Er ist teilweise prachtvoll schalig und liefert oft schöne Atollstrukturen, wie der Verfasser weiter oben schon erwähnt hat (Tafel II, Figur 4). Der Kern kann dabei aus Nebengestein, Pyrit in kristalliner Ausbildung, Bleiglanz oder Kupferkies bestehen, ganz analog eventuelle Zwischenschalen, mit Ausnahme des kristallinen Pyrites. Der Bleiglanz selbst ist bei diesem Vorkommen ausnahmsweise eher xenomorph und fast immer mit Zinkblende verwachsen. Er enthält bisweilen tröpfchenförmige Einschlüsse von Kupferkies. Sehr häufig ist er auch poikilitisch im Quarz eingesprengt. Kupferkies kann man als Einwachsungen zudem in Zinkblende beobachten. Das Fahlerz von eher gelblicher Reflexionsfarbe entspricht wahrscheinlich einem Wismut-Fahlerz und ist wie üblich xenomorph bis körnig. Relativ häufig findet man Verwachsungen mit Bleiglanz. Das fragliche Blei-Sulfosalz tritt in isolierten und isotropen Körnern von gelblicher Reflexionsfarbe und etwas höherem Reflexionsvermögen als dasjenige des Bleiglanzes auf.

## 7. Das Vorkommen Schafplatten

Es liegt etwa in der Mitte zwischen den beiden Vorkommen Dreitürme und Chalttalchöpf und umfaßt bis jetzt nur einen einzigen Erzkörper. Die absolute Maximalintensität beträgt höchstens 50  $\mu\text{r/h}$  am anstehenden Fels. Merkwürdigerweise wurden aber noch hochhaltigere Sturzblöcke gefunden, deren genaue Herkunft aber noch unbestimmt ist. Die Koordinaten lauten: 732.720/213.920/1870 m. Die Lagerung ist völlig undurchsichtig, da das ganze Gebiet wahrscheinlich versackt ist. Der sichtbare Erzkörper umfaßt einen mehrere Meter mächtigen Block von Grauem Gebirge, der eine fließende Begrenzung gegen das Nebengestein aufweist. An Primärerzen können makroskopisch Kupferkies und Bornit, an Sekundärerzen Limonit und Malachit festgestellt werden. Im Erzanschliff erscheint der Pyrit in Körnern, seltener Kristallen, die oft von Bornit umwachsen sind. Der letztere enthält nun seinerseits oft ein System von quadratisch bis rechteckig ausgerichteten Entmischungslamellen von Kupferkies. Kupferkies kann aber auch selbständig als xenomorphe Körner mit Relikteinschlüssen oder Pentagondodekaedern von Pyrit vorkommen; er wird stark von Limonit verdrängt. Fahlerz bildet selbständige, xenomorphe Partien und wird vor allem von Malachit verdrängt. Covellin schließlich bildet randliche Säume um Bornit mit kristallographisch orientierten Lamellen.



Tabelle 1 a

## Tabelle sämtlicher Uranvorkommen der Mürttschenalp.

Name der Vererzung Typ Größe	Koordinaten Höhe	Streichen und Fallen der Erzkörper	Nebengestein	Näher unter- suchte Mineralisation	Absolute Maximal- intensität	Besondere Merkmale
<b>Unterer Murgsee</b>						
Erzkörper I	731380/211980 1930–1960 m	25–30°/60–70°	Grobkörniges bis mittelkörniges Graues Gebirge		1300 $\mu\text{r/h}$	N-S-Bruch von 35°
Erzkörper II	731370/211960 1930–1960 m	25–30°/60–70°	Grobkörniges bis mittelkörniges Graues Gebirge	Quarzgängchen, Pyrit, Linneit, Kupferkies	1300 $\mu\text{r/h}$ (1000 $\mu\text{r/h}$ )	
Erzkörper III	731330/211820 1900–1940 m	45°/50°	Mittelkörniges Schwarzes Gebirge		450 $\mu\text{r/h}$	Kluft von 225°/50° mit Konglomerat- einlagerungen
	731320/211810 1900–1940 m	45°/50°			200–250 $\mu\text{r/h}$	
Erzkörper IIIa	731350/211860 1940 m	30°/60°	Mittelkörniges Graues Gebirge	Kupferkies, Fahlerz, Bornit, Kupferglanz	60 $\mu\text{r/h}$	Einzelne Teile des Erzkörpers nach NW abgesichert
Erzkörper IV	731250/211730 1870 m	25°/40°	Mittelkörniges Graues Gebirge	Pyrit, Kupferkies	200 $\mu\text{r/h}$	Bruch von 40°
<b>Tschermannercharren-West</b>						
Erzkörper I	731340/212760 2075 m		Schwarzes Gebirge	Pyrit, Zink- blende, Fahlerz, Bornit, Kupfer- glanz, Covellin	> 2500 $\mu\text{r/h}$	
Erzkörper II	731300/212770 2090 m		Mittelkörniges Graues Gebirge		1800 $\mu\text{r/h}$	
Erzkörper III	731220/212725 2110 m				400 $\mu\text{r/h}$	
Erzkörper IV	731210/212710 2120 m				400 $\mu\text{r/h}$	
Erzkörper V	731260/212750 2100 m				250 $\mu\text{r/h}$	
<b>Großer Walenchengel</b>						
Erzkörper I 100 m <sup>2</sup>	1910 m	Hauptkluft von 90°/40° an N-S-Bruch	Mittelkörniges Schwarzes Gebirge	Bleiglanz (Kupferkies)		Sernifit 270°/25°
<b>Tschermannercharren-Ost</b>						
Erzkörper I	731470/212820 2080 m		Mittelkörniges Schwarzes Gebirge		2500 $\mu\text{r/h}$	

Tabelle 1b

## Tabelle sämtlicher Uranvorkommen der Mürtchenalp (Fortsetzung).

Name der Vererzung Typ Größe	Koordinaten Höhe	Streichen und Fallen der Erzkörper	Nebengestein	Näher unter- suchte Mineralisation	Absolute Maximal- intensität	Besondere Merkmale
Chline Walenchengel						N-S-Bruch
Erzkörper I 525 m <sup>2</sup> Typ A, B, C	731620/213060 2050 m	240°/25°	Mittelkörniges Schwarzes Gebirge	Brannerit, Pyrit, Zinkblende, Kupferkies	1700 µr/h (an vier Stellen)	Sernifit 240°/25°
Erzkörper II Typ B, C	731590/213030 2060 m		Mittelkörniges Schwarzes Gebirge	Brannerit, Rutil, Anatas, Gelpyrit, Pyrit, Zink- blende, Millerit, Linneit, Kupfer- kies, Bleiglanz	2500 µr/h	Sernifit 245°/22°
Erzkörper III Typ C	731580/213000 2060 m				410 µr/h	
Erzkörper IV 140 m <sup>2</sup> Typ C	731590/212970 2070 m		Mittelkörniges bis grobkörniges Schwarzes Gebirge			
Erzkörper V Typ B	731620/213100 2040 m				800 µr/h	
Erzkörper VI Typ B	731610/213110 2040 m				1700 µr/h	
Erzkörper VII 30 m <sup>2</sup> Typ B	731610/213140 2030 m	N-S- und E-W-Klüfte	Feinkörniges Schwarzes Gebirge	Pechblende, Pyrit, Zink- blende, Blei- glanz, Linneit, Kupferkies, Covellin	1300 µr/h	
Erzkörper VIII 60 m <sup>2</sup> Typ B, C	731600/213150 2020 m 731600/213610 2020 m				1900 µr/h 1500 µr/h	
Erzkörper IX 240 m <sup>2</sup> Typ B	731610/213150 2020 m		Mittelkörniges bis grobkörniges Schwarzes Gebirge	Pyrit, Zink- blende, Kupfer- kies, Fahlerz	800 µr/h	
Typ B	731610/213160 2020 m				1300 µr/h	
Typ B	731610/213170 2010 m				1500 µr/h	
Typ B	731610/213180 2000 m				1500 µr/h	
Erzkörper X 45 m <sup>2</sup> Typ A	731600/213230 1980 m 731600/213240 1980 m	Hauptkluft von 90°/45° Hauptkluft von 100°/40°			> 2500 µr/h 1500 µr/h	
Erzkörper XI 65 m <sup>2</sup> , Typ B 3,5 m <sup>2</sup> , Typ A	731580/213270 1970 m 731580/213270 1970 m 731570/213270 1970 m 731600/213260 1960 m 731600/213280 1960 m	330°/90° Hauptkluft von 65°/55° 80°/30° 70°/50°-60°	Mittelkörniges Schwarzes Gebirge Karbonat- brekzie, Graues Gebirge Dolomit-Gang- brekzie	Pyrit Quarzgängchen Pyrit, Kupfer- kies, Bornit, Kupferglanz, Covellin	> 2500 µr/h 300 µr/h	

Tabelle sämtlicher Uranvorkommen der Mürtschenalp (Fortsetzung).

Name der Vererzung Typ Größe	Koordinaten Höhe	Streichen und Fallen der Erzkörper	Nebengestein	Näher unter- suchte Mineralisation	Absolute Maximal- intensität	Besondere Merkmale
Erzkörper XII	731560/213270 1980 m	Hauptkluft von 60°/50°			800 µr/h	
2 m²	731540/213270 1980 m				500 µr/h	
9 m²	731530/213270 1980 m				> 2500 µr/h	
Silberplangge-Ost						
Erzkörper I 14 m² Typ A, B	731830/213480 1985 m	Hauptkluft von 35°/60°	Mittelkörniges Schwarzes Gebirge	Pechblende, Brannerit, Pyrit, Arsenkies, Zink- blende, Linneit, Fahlerz, Kupfer- kies, Bleiglanz, Covellin, Para- pechblende	> 2500 µr/h (2500 µr/h)	Querklüfte von 170° bzw. 350°/80°-90°
Erzkörper II 36 m² Typ B, C	731820/213480 1980 m	Klüfte von 315°/70°-80° und 80°/80°				Sernifit 200°/20°
Silberplangge-West						
Erzkörper I 42 m² Typ B	731750/213320 1970 m	Klüfte von 0°/90°, 160°/90°, 100°/80°	Schwarzes Gebirge		400 µr/h (relativ)	
Erzkörper II Typ A, C	731730/213320 1970 m		Schwarzes Gebirge	Pyrit, Kupfer- kies		
Silberplangge-Nord						
Erzkörper I		Hauptkluft von 140°/80°	Schwarzes Gebirge	Pyrit	220 µr/h	Nebenklüfte von 180°/70°
Tschermannen						
Erzkörper I	732315/213860 1980 m				1500 µr/h	
Erzkörper II	732340/213870 1980 m				600 µr/h	
In den Hörnern						
Erzkörper I 6 m²	732340/214060 1920 m	20°/80°	Mittelkörniges Schwarzes Gebirge	Kupferkies, Bleiglanz	1600 µr/h (1400 µr/h)	N-S-Bruch
Erzkörper II Typ A	732310/214075 1920 m	65°/50°-60°	Feinkörniges Schwarzes Gebirge	Quarzgängchen	1500 µr/h	



Tabelle 1 d

## Tabelle sämtlicher Uranvorkommen der Mürtschenalp (Fortsetzung).

Name der Vererzung Typ Größe	Koordinaten Höhe	Streichen und Fallen der Erzkörper	Nebengestein	Näher unter- suchte Mineralisation	Absolute Maximal- intensität	Besondere Merkmale
Erzkörper III	732300/214030 1930 m	300°/80°	Mittelkörniges Schwarzes Gebirge	Quarzgängchen	1200 µr/h	
Erzkörper IV Typ A	732325/214050 1930 m	Hauptkluft von 65°/45°	Mittelkörniges Schwarzes Gebirge		1000 µr/h (900 µr/h)	N-S-Bruch
Erzkörper V	732290/214060 1920 m				800 µr/h	
Chlis Chalttal						
Erzkörper I	732510/213670 1970–2000 m	0°–5°/80°–90°	Schwarzes Gebirge	Pyrit, Kupfer- kies		
Erzkörper II 8 m²		50°/35°–45°	Schwarzes Gebirge	Bleiglanz		
Erzkörper III 14 m²		40°/70°	Schwarzes Gebirge			
Erzkörper IV 13 m²		40°/70°	Schwarzes Gebirge			
Erzkörper V 24 m²	732440/213790 1960 m	40°/70°	Grobkörniges bis mittelkörniges Schwarzes Gebirge	Pechblende, Pyrit, Brannerit, Zinkblende, Lin- neit, Kupfer- kies, Fahlerz, Bleiglanz	1400 µr/h (relativ)	
Erzkörper VIa	732440/213790 1960 m	40°/70°, 220°/20°	Graues Gebirge	Quarz-Dolomit- Gängchen, Hämatit, Pyrit, Bornit, Kupfer- glanz, Covellin		
Erzkörper VIb	732420/213790 1970 m	40°/70°	Schwarzes Gebirge		> 2500/2500/ 2500 µr/h	
Erzkörper VII	732420/213720 2000m	40°/90° bzw. 160°/80°–90°	Schwarzes Gebirge		2000/1500/1500/ 800/600 µr/h	
Chalttalchöpf						
Erzkörper I	732690/214000 1890 m	40°/40°		Pyrit, Kupfer- kies	1700/1400/ 1250 µr/h	
Erzkörper II	732825/214160 1865 m				1300 µr/h	
Erzkörper III	732775/214080 1850 m				1400/700 µr/h	
Erzkörper IV	732875/214110 1780 m	40°/40°–50°			500 µr/h	
Erzkörper V	732840/214100 1810 m	40°/40°–50°	Fein- bis mittelkörniges Graues Gebirge	Pyrit, Kupfer- kies	400 µr/h (2 ×)	

Tabelle 1e

## Tabelle sämtlicher Uranvorkommen der Mürtschenalp (Fortsetzung).

Name der Vererzung Typ Größe	Koordinaten Höhe	Streichen und Fallen der Erzkörper	Nebengestein	Näher unter- suchte Mineralisation	Absolute Maximal- intensität	Besondere Merkmale
<b>Chalttalboden</b>						
Erzkörper I	732920/214560 1580 m	5°/50°	Grobkörniges Schwarzes Gebirge		700 µr/h	Sernifit 255°/60°
Erzkörper II 8 m	732910/214570 1580 m	5°/50° und 315°/85° (145°/90°)	Quarzgängchen, Grob- bis mittel- körniges Schwar- zes Gebirge		450 µr/h	
Erzkörper III	732910/214590 1570 m	300°/85° und 20°/60°	Grob- bis mittel- körniges Schwar- zes und Graues Gebirge, Quarz- Kalzit-Gängchen	Pyrit, Kupfer- kies, Fahlerz	1400 µr/h (2 ×)	
Erzkörper VI	732910/214610 1550 m	10°–20°/60°–70°	Grob- bis mittel- körniges Schwar- zes Gebirge	Melnikovitpyrit, Bravoit, Pech- blende, Brannerit, Zinkblende, Lin- neit, Kupferkies, Fahlerz, Blei- glanz, Arsenkies, Linneit II (?)	1400 µr/h	
<b>Fullau</b>						
Erzkörper I	733015/214500 1510 m				160/80 µr/h	
<b>Dreitürme</b>						
Erzkörper I	732725/213775 1840 m 732740/213775 1860 m	10°/45°	Mittel- bis fein- körniges Schwarzes Gebirge	Kalzitgängchen, Pyrit	1300 µr/h 400 µr/h	
Erzkörper II	732725/213825 1860 m	60°/50°		Pyrit, Zink- blende, Blei- glanz, Pb-Sulfo- salz, Kupferkies, Fahlerz, Covellin	600/200 µr/h	

## II. Spontalsystem

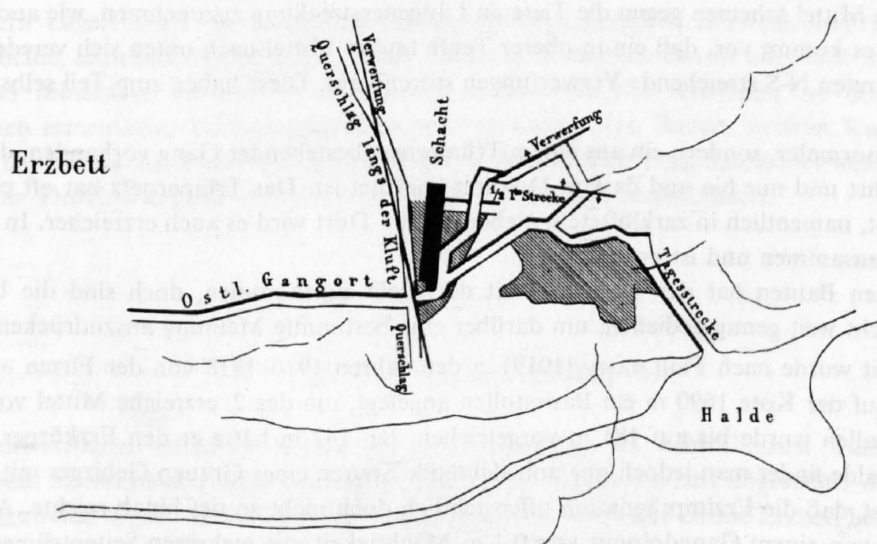
### 1. Die Grube Erzbett

#### a) Der Ausbiß

Der Eingang zur Grube liegt genau auf dem Weg vom Unter Mürtchen zu den Alphütten von Tschermannen. Die entsprechenden Koordinaten lauten: 731.550–731.570/214.110/1720 m. Der Erzkörper beißt unmittelbar über dem Grubeneingang und dem Weg aus. Die genaue Lagerung des Ausbisses ist schwer anzugeben, dürfte aber ähnlich wie bei der Hauptgrube und beim Großen Chalttal sein. Die Mächtigkeit des Grauen Gebirges beträgt ca. 2–3 m, die Ausdehnung ca. 20 m. Karbonate sind relativ spärlich in Nestern. Die Erze sind dispers im Grauen Gebirge verteilt, vereinzelt können bis 5 mm mächtige Lagen, Nester und Gängchen von Erzen beobachtet werden.

#### b) Die Bauten unter Tag

Die Grube selbst ist heute nur unter großer Gefahr zugänglich, denn die Tagesstrecke verläuft in derart verwittertem Gestein, daß fast jederzeit mit einem Einsturz gerechnet werden muß. Die Grube wurde vom Verfasser ein einziges Mal kurz begangen, um einige typische Handstücke zu sammeln. STÖHR (1865) gibt uns aber in der bereits mehrmals erwähnten Schrift von der Lagerstätte eine so klare und anschauliche Beschreibung, daß sie im folgenden kurz zusammengefaßt worden ist. Man beachte dazu auch Figur 22 aus der Arbeit von STÖHR (1865). Die Tagesstrecke folgt zuerst einer erzleeren N-S-Hauptkluft, die von einem eigentümlichen Trümnernetz von parallelen Erzschnüren begleitet ist. Hauptsächlich Erze sind Bornit und Pyrit. Gegen das Grubeninnere sollen sich aber die Trümer zusammentun zu einem ca. 2' (= 0,6 m) mächtigen Gang mit einem normalen Streichen und Fallen wie bei der Hauptgrube von hora 5–6 ( $75^{\circ}$ – $90^{\circ}$ ) und  $35^{\circ}$ – $50^{\circ}$  nach Süd. Das Erzgestein ist Graues Gebirge mit wenig Kalzit, Bornit, Kupferkies, Molybdänglanz und gediegen Silber in Flimmern und Blättchen. Es wäre dies ein 1. erzreiches Mittel. Nach einer rechtwinklig übersetzenden Verwerfung – im südlichen Abschnitt der Tagesstrecke (?) – gelangt man zuerst wieder zu einer schwachen Vererzung mit etwas Dolomit und wenig Bornit in schmalen Schnürchen, später aber in ein 2. erzreiches Mittel. Dieses hat ein stärkeres Südeinfallen als früher, ist über 2 m mächtig, und enthält ein erzreiches Trümnernetz mit sehr schönem Bornit, Kupferkies und Molybdänglanz. Die Erztrümer haben alle ein E-W-Streichen, jedoch sehr verschiedenes Einfallen. Nach weiteren 16 m schneidet eine N-S streichende, östlich einfallende Kluft alles ab und verwirft den Gang. Sie selbst führt Graues Gebirge mit dolomitischem Kalzit (?) und Erzspuren. Östlich dieser Kluft geht das Graue Gebirge aber weiter mit Pyrit und Molybdänglanz; nur sporadisch trifft man andere Erze in der Nähe übersetzender Klüfte, die das Gestein gleichzeitig sehr gebräuch

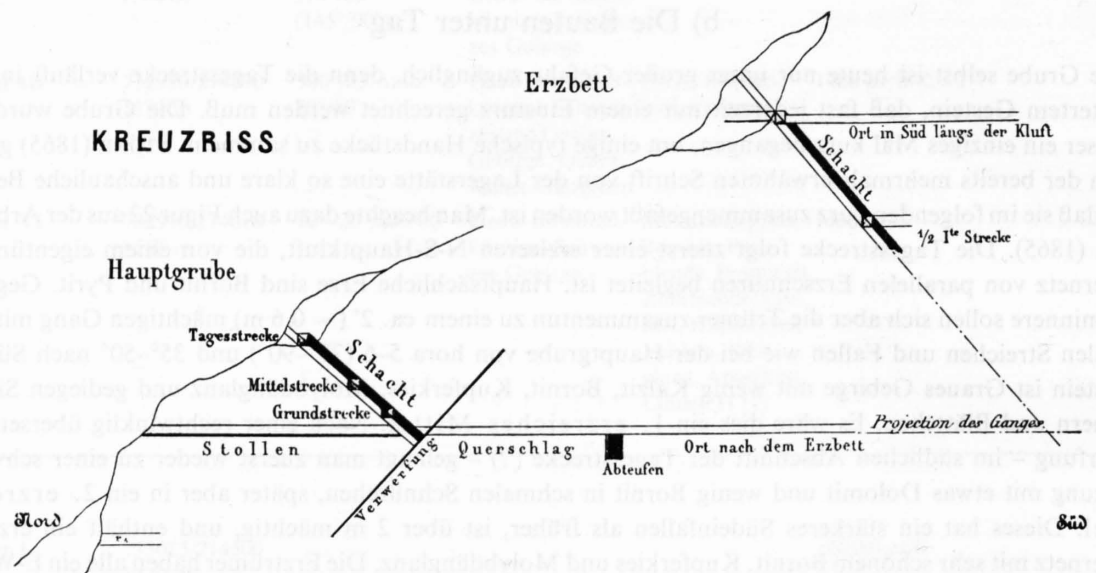


Figur 22. Grundriß der Grube Erzbett aus der Arbeit von STÖHR (1865), Maßstab 1:2000.



machen. Die merkwürdige, N-S streichende Verwerfungskluft wurde im Verlauf des Bergbaues nach S verfolgt, aber es zeigte sich, daß sie neben ein dem Grauen Gebirge ähnlichen Gebilde nur Kalkspat und Erzspuren führt. Der Verfasser fand hier zudem in Quarzgängen den seltenen Siderit. Im 2. erzreichen Mittel, das ein Streichen und Fallen von ca.  $87^\circ/50^\circ$  besitzt, wurde ein tonnlägiger Schacht abgeteuft, der dem Liegenden folgt (Figur 23). Er faßte aber nicht den ganzen Erzkörper, denn dieser beträgt im Mittel 3 m, maximal sogar 6 m. Innerhalb dieses Gangraumes ist das Graue Gebirge nach allen Seiten von Erzschnürchen durchschwärmt und mit Erzen imprägniert. Beim Zusammenkommen der einzelnen Schnürchen, die ca.  $\frac{1}{2}$ –1 Zoll (= 1,5–3 cm) mächtig sind, wurde eine ziemliche Menge derbes Erz gefunden. Der tonnlägige Schacht wurde bei einer flachen Tiefe von 25 m aufgegeben.

Interessant ist noch die Tatsache, daß vom 2. erzreichen Mittel an der Oberfläche kein Ausbiß gefunden worden ist. Der Ausbiß des 1. erzreichen Mittels scheint in früheren Jahren schon abgebaut worden zu sein und ist deshalb heute weitgehend von der Vegetationsdecke überwachsen.



Figur 23. Kreuzriß in N-S-Richtung der Gruben Erzbett und Hauptgrube aus der Arbeit von Stöhr (1865), Maßstab 1:2000.

Die Hauptresultate dieser Lagerstätte faßt Stöhr (1865) folgendermaßen zusammen:

1. Reiche und taube Mittel wechseln auch hier im Streichen, letztere sind weitaus überwiegend.
2. Die reichen Mittel scheinen gegen die Tiefe an Längenerstreckung zuzunehmen, wie auch erzreicher zu werden; ja es kommt vor, daß ein in oberer Teufe taubes Mittel nach unten sich veredelt.
3. Auch hier treten N-S streichende Verwerfungen störend auf. Diese haben zum Teil selbst wieder Gangnatur.
4. Es ist kein normaler, sondern ein aus einem Trümnernetz bestehender Gang vorhanden, der bloß Graues Gebirge führt und nur hie und da von Dolomit begleitet ist. Das Trümnernetz hat oft eine bedeutende Mächtigkeit, namentlich in zerklüftetem Nebengestein. Dort wird es auch erzreicher. In festem Gestein tut es sich zusammen und ist es erzärmer.
5. Bei einzelnen Bauten hat der Erzgehalt mit der Tiefe zugenommen, doch sind die Untersuchungsarbeiten nicht weit genug gediehen, um darüber eine bestimmte Meinung auszudrücken können.

In neuerer Zeit wurde nach FEHLMANN (1919) in den Jahren 1916–1918 von der Firma «GUSTAV WEINMANN», Zürich, auf der Kote 1690 m ein Basisstollen angelegt, um das 2. erzreiche Mittel von unten her zu erreichen. Der Stollen wurde bis auf 181 m vorgetrieben. Bei 142 m hätte er den Erzkörper durchschlagen sollen. Auf der Halde findet man jedoch nur unbedeutende Spuren eines Grauen Gebirges mit gelben Karbonaten, was beweist, daß die Erzimprägnation offensichtlich doch nicht so tief hinab reichte. Außerdem kann man Handstücke von einem Gangdolomit von 0,1 m Mächtigkeit mit mehreren Seitentrümnern antreffen, in denen jedoch keinerlei Erze beobachtet worden sind.

### c) Die Vererzung und die Erzminerale

Anhand der Erzproben, die am Ausbiß, auf der Halde und im Grubeninnern gesammelt worden sind konnten weitere wichtige makroskopische und mikroskopische Beobachtungen gemacht werden.

Die Dünnschliffe zeigen deutlich, daß das Gestein als Gangbrekzie bezeichnet werden muß. Gesteins-trümmer von Grauem Gebirge schwimmen in einer Matrix von Kalzit, Serizit und Quarz sowie etwas Dolomit. Der Kalzit und Dolomit tritt vorzugsweise in Nestern auf, der Chlorit als feinste Schuppen und Würmchen. Ein sehr gut erkennbares Erzmineral ist der Pyrit. Man findet ihn in isometrischen Körnern oder Hexaedern und Rhombendodekaedern nahezu statistisch verteilt in der Karbonat-Serizit-Quarz-Matrix, weniger häufig im Grauen Gebirge. Ähnlich treten die Kupfererze auf. Man findet von ihnen aber auch Gängchen, insbesondere auf Scherzonen, welche die Gangbrekzie oft gewebeartig durchziehen. Starke Verfaltungen der Erzgängchen lassen auf kräftige tektonische Bewegungen – wahrscheinlich alpinen Alters – schließen.

An Erzproben dieser Grube war es zum ersten Male möglich, den bereits von STÖHR (1865) erwähnten Molybdänglanz eindeutig nachzuweisen. Nachdem spektroskopisch von Herrn PD Dr. M. Weibel an einer Probe aus der Mineralogischen Sammlung der ETH, die mit Molybdänglanz und Mürtschenalp beschriftet war, eindeutig Molybdän festgestellt werden konnte, fand der Verfasser ähnliche dunkelgraue Filme auf Rutschharnischen des Grauen Gebirges auch an eigenen Erzproben. Unter den Kupfererzen ist der rotbraune, violett anlaufende, derbe Bornit weitaus am häufigsten. Er formt die Grundmasse der Erznester und -gängchen. In den Zentralpartien lassen sich zudem häufig Pyritnester erkennen, die von Kupferkies umwachsen sind. Andere Erzminerale sind selbst mit der Lupe kaum diagnostizierbar.

Im Erzanschliff findet man jedoch noch eine Serie weiterer Mineralien, unter anderem Hämatit, Fahlerz, Bleiglanzkörner im Bornit, weißer und blauer, anisotroper Kupferglanz, sowie Covellin als Zementationsmineral. Der Hämatit bildet sehr häufig eine sperrige bis ophitisch-intersertale Struktur mit dem Nebengestein; er tritt dann als eigentliche Porphyroblasten auf. Mit Kupferkies und Bornit kann bisweilen auch eine Resorptionsstruktur beobachtet werden. Der Hämatit bildet dabei Lamellen, Stäbchen und Körner, die einzeln aggregiert sind, und in deren Zwickel dann die Sulfide sitzen. Der Molybdänglanz ist auf Rutschharnischen in feinsten Schüppchen zu Zügen geordnet oder dann in Serizitnestern angehäuft. Der Pyrit ergibt mit Kupferkies und Bornit die bereits mehrmals erwähnten Resorptionsstrukturen. Das Fahlerz bildet in charakteristischer Weise um Bruchstücke von Grauem Gebirge und Gangmasse randliche Säume. Man findet von ihm aber auch xenomorphe Einschlüsse im Bornit. Kupferkies und Bornit sind andererseits oft auch poikilitisch-arteritisch verwachsen. Der Kupferkies erscheint wie üblich stark mit Fahlerz verwachsen, beide sind in der Regel xenomorph. Aus den Anisotropieeffekten des Kupferkieses ergibt sich, daß seine innere Struktur lamellar bis körnig ist. Der Bornit ist in der Regel isotrop. Er enthält häufig körnige Relikte von Pyrit und Entmischungsspindeln von Kupferkies. Andererseits können aber im Bornit auch Körner und Lamellen von Bleiglanz beobachtet werden. Außerdem ergeben Bornit und der weiße, anisotrope Kupferglanz die auch von den andern Lagerstätten her bekannten myrmekitisch-graphischen Implikationsstrukturen (Tafel IV, Figur 9). Der blaue, anisotrope Kupferglanz bildet randliche Säume um Bornit oder füllt in ihm auch Klüfte. Er scheint eher zementativ zu sein. Covellin formt in Büscheln von Kristallen mit dem blauen Kupferglanz zusammen zementative Verdrängungsstrukturen in Kupferkies, Bornit, weißem Kupferglanz und seltener Fahlerz. Die Textur von Fahlerz-Kupferkies-Bornit-Erz kann als lagig bezeichnet werden, mit Anzeichen typischer alpiner Durchbewegung in Form von Serizit- und Gangarteinschlüssen.

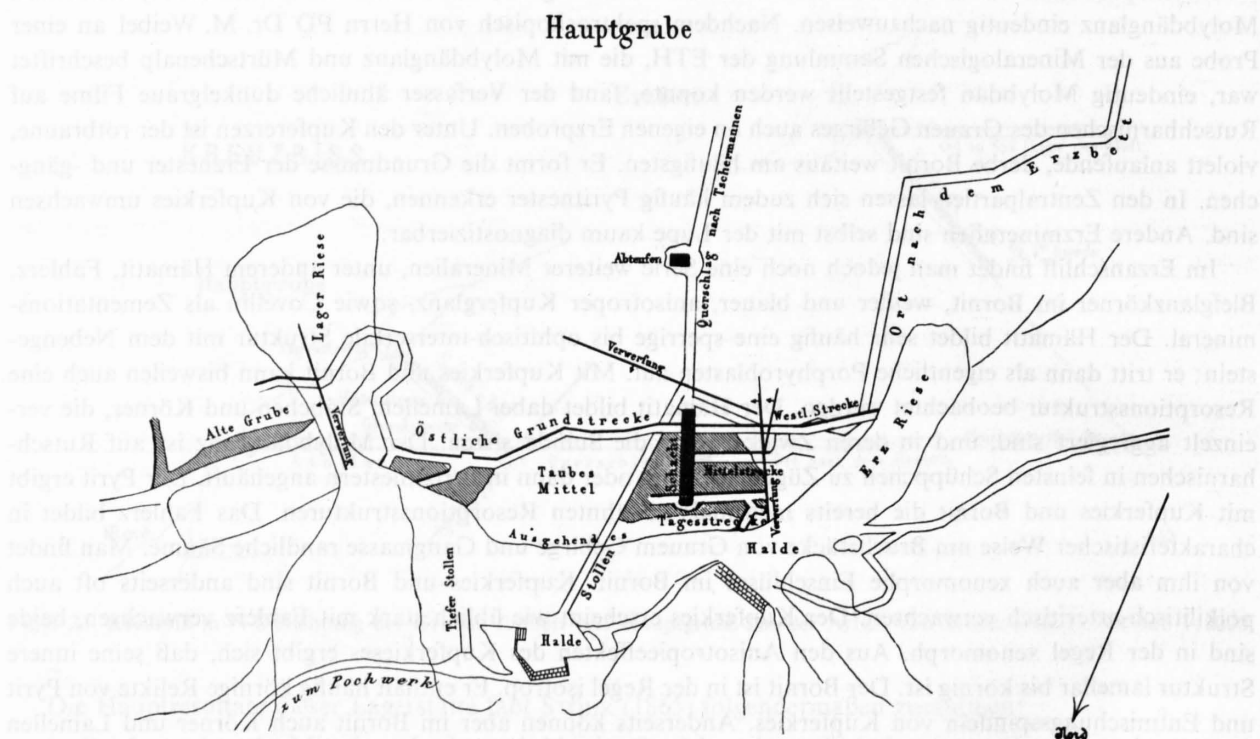
### d) Die Radioaktivität

Im Laufe der Arbeiten im Jahre 1957 für die GEORG FISCHER AG, Schaffhausen, wurden vom Verfasser (1958 a) mit dem Szintillometer auch die beiden Halden der Grube Erzbett abgesucht, wobei sich keinerlei erhöhte Radioaktivität ergab. Man kann somit sagen, daß in den von der Grube Erzbett befahrenen Gesteins- und Erzpartien wahrscheinlich keine Uranerze anstehend sind. Außerdem wurden weder in Handstücken noch bei Anschliffuntersuchungen Anzeichen einer Uranmineralisation gefunden.

## 2. Die Hauptgrube

### a) Übersicht

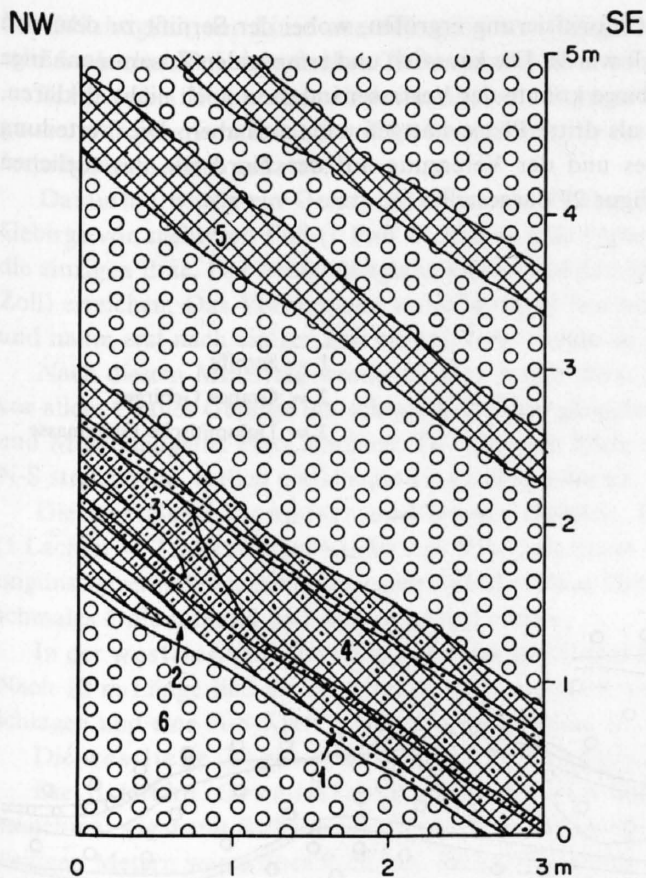
Sie befindet sich südlich der Alpegebäude vom Unter Mürtchen an der Grenze Gehängeschutt-anstehender Fels in den schroffen Wänden unterhalb der Alp Tschermannen, ca. 100 m in nordöstlicher Richtung von der Grube Erzbett entfernt. Die Koordinaten lauten: 731.730–731.850/214.270–214.300/1690–1700 m. Die Zugänge sind nicht gerade gut. Der Knappenweg vom Unter Mürtchen über die Halde zur Grube ist vollständig mit Erlengebüsch überwachsen. Besser erreichbar ist die Hauptgrube von der Grube Erzbett her auf einem horizontalen Weg, der während der Bergbauperiode 1854–1861 angelegt worden ist.



Figur 24. Grundriß der Hauptgrube aus der Arbeit von STÖHR (1865), Maßstab 1:2000.

Die Grube besitzt mehrere Aufschlüsse und Stolleneingänge (Figur 24). Westlich der Erzriese sind an zwei Stellen unbedeutende Schürfungen vorgenommen worden. Östlich der Erzriese liegt auf 1695 m der nach NNW gerichtete Westeingang mit einem gut aufgeschlossenen Profil (Figur 25). Ca. 10 m nordöstlich davon ist etwa 4 m höher als die Basis des Westeinganges wieder eine alte, heute mit Grundwasser gefüllte Pinge. Es ist in diesem Zusammenhang interessant festzustellen, daß an der betreffenden Stelle der Tagesstrecke im Grubeninnern besonders reiche Fahlerzpartien anstehen, die als zusätzlicher Silberträger in Frage kommen können neben Gediegen Silber. Es wäre dies wieder ein Hinweis, daß in früheren Zeiten die Kupfererze, insbesondere das Fahlerz, vor allem infolge ihres Silbergehaltes abgebaut worden sind. Weiter nordöstlich liegt auf 1690 m der ebenfalls nach N gerichtete Osteingang. Nach der Traversierung der Lagerriese liegt weitere 15 m nordöstlich die sogenannte «Alte Grube» mit vollständig eingestürztem Dach und einem mit Grundwasser gefüllten Stollen. Weiter im Nordosten keilt der Gangkörper ohne scharfe Grenze bald aus und ist in der Kopfriese überhaupt nicht mehr sichtbar. Ca. 12 m tiefer als der Westeingang liegt zudem der Eingang und die Halde des Basisstollens. Weitere 15 m nordöstlich liegt 15 m tiefer der ca. 9 m lange, völlig in taubem Sernifit verlaufende «Tiefe Stollen».





Figur 25. Profil auf der Ostseite des Westeinganges der Hauptgrube.

- 1 = Dolomitische Gangmasse, vererzt
- 2 = Dolomitische Gangmasse, unvererzt
- 3 = Graues Gebirge, stark vererzt
- 4 = Graues Gebirge, schwach vererzt
- 5 = Graues Gebirge, unvererzt
- 6 = Sernifit

### b) Der Gesamtaufschluß

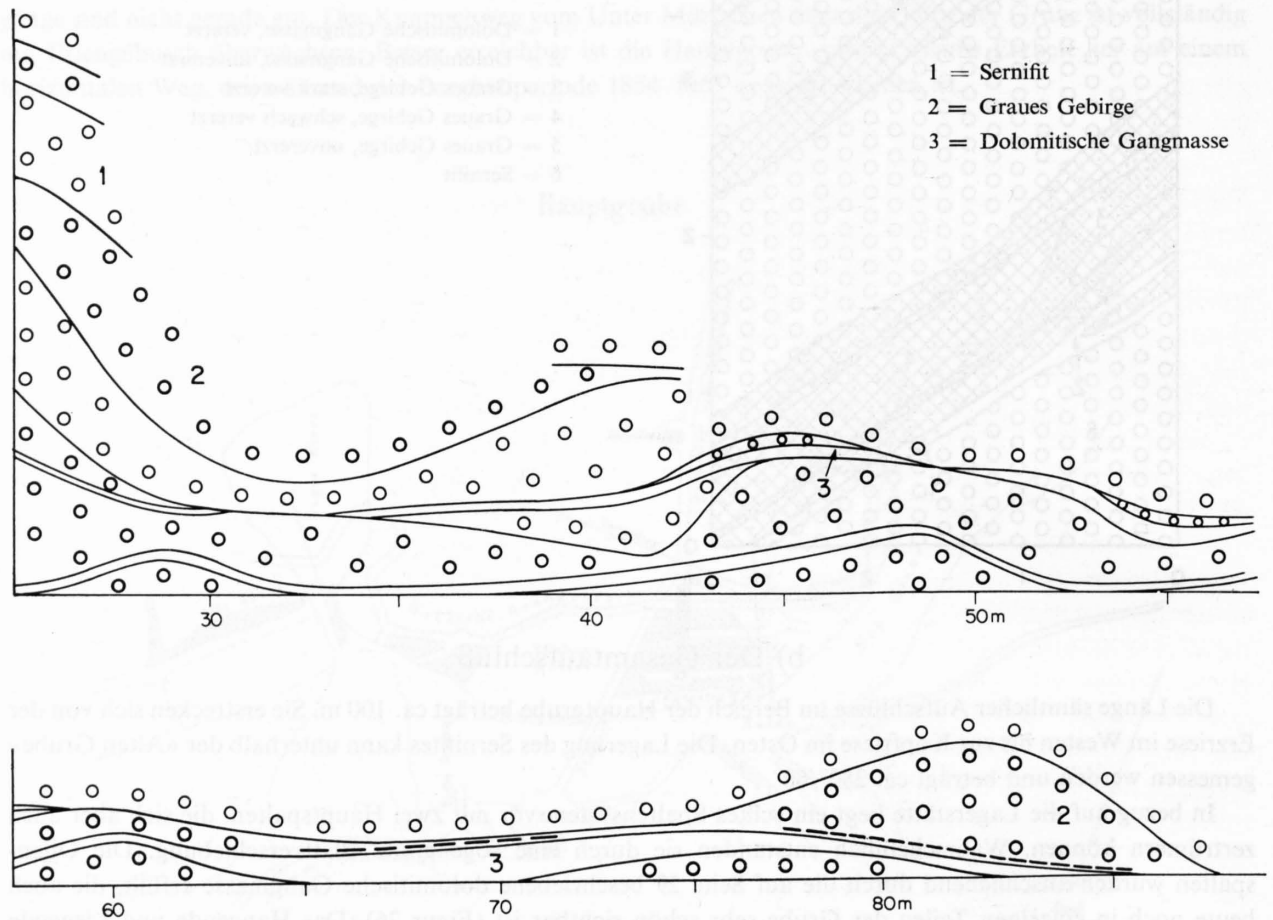
Die Länge sämtlicher Aufschlüsse im Bereich der Hauptgrube beträgt ca. 100 m. Sie erstrecken sich von der Erzriese im Westen bis zur Kopfriese im Osten. Die Lagerung des Sernifites kann unterhalb der «Alten Grube» gemessen werden und beträgt ca.  $250^{\circ}/60^{\circ}$ .

In bezug auf die Lagerstätte liegt ein echtes Spaltensystem vor mit zwei Hauptspalten, die sich aber auch zertrümmern können. Wahrscheinlich entstanden sie durch eine sogenannte Blattverschiebung. Die Offenspalten wurden anschließend durch die auf Seite 29 beschriebene dolomitische Gangmasse erfüllt, die auch heute noch in einzelnen Teilen der Grube sehr schön sichtbar ist (Figur 26). Das Hangende und Liegende



Figur 26. Die von dolomitischer Gangmasse erfüllte Offenspalte (Gangdolomit) ohne Vererzung im tauben Mittel der östlichen Tagesstrecke der Hauptgrube. Blitzlichtaufnahme.

dieses Spaltensystems wurde zudem noch von einer Chloritisierung ergriffen, wobei der Sernifit zu dem von STÖHR (1865) benannten Grauen Gebirge umgewandelt wurde. Die kausalen und temporalen Zusammenhänge zwischen dolomitischer Gangmasse und Grauem Gebirge konnte der Verfasser indessen noch nicht abklären. Die Vererzung selbst scheint wiederum erst nachher als dritte Phase stattgefunden zu haben. Die Verteilung der dolomitischen Gangmasse, des Grauen Gebirges und der Vererzung auf der Nordseite der östlichen Tagesstrecke wurde vom Verfasser skizzenhaft auf Figur 27 dargestellt.



Figur 27. Schematische Skizze der Verteilung von dolomitischer Gangmasse, Grauem Gebirge und Sernifit auf der Nordseite der östlichen Tagesstrecke der Hauptgrube, 1:200

### c) Die Bauten unter Tag

Die Hauptgrube ist mit Ausnahme des abgeteuften Schachtes im Querschlag nach Tschermannen (Figur 23 und 24), der vollständig mit Grundwasser gefüllt ist, heute noch gut zugänglich. Die meisten Bauten sind in der 2. Bergbauperiode 1849–1865 angelegt worden. In der 3. Bergbauperiode 1916–1918 wurde die westliche Grundstrecke bis unter die Grube Erzbett sowie die östliche Tages- und Mittelstrecke bis zum 2. erzreichen Mittel im Osten verlängert. Doch auch in dieser Grube wie in der Grube Erzbett selbst blieb der Erfolg der Aktionen in den Jahren 1916–1918 aus, denn es wurden keine neuen erzreichen Mittel angefahren. Auch bei der Hauptgrube geizt STÖHR (1865) die Ehre, die einzelnen Bauten sehr schön beschrieben zu haben, weshalb sie der Verfasser zusammengefaßt wiedergeben möchte. Man vergleiche dazu auch Figur 24. Der Ausbiß enthielt ursprünglich 0,3–0,45 m mächtige dolomitische Gangmasse und war von 0,3–0,6 m Grauem Gebirge begleitet. Das Erz war sehr reich. Als erstes wurde ein tonnlägiger Schacht nach Südosten abgesenkt (Figur 23). Dieser hatte anfänglich eine Neigung von 35° S, später aber eine solche von 40° und 45°.

Die Mächtigkeit der Linse aus dolomitischer Gangmasse und Grauem Gebirge und der Erzgehalt waren sehr wechselnd. Bei einer flachen Tiefe von nur 30 m betrug die Mächtigkeit aber nur noch einige Zoll (1 Zoll = 3 cm), wobei die Imprägnation nur noch aus Grauem Gebirge bestand, der Dolomit (=dolomitische Gangmasse) war ganz verschwunden. Eine Hauptkluft, die etwa 105° streicht und 45° nach N einfällt, schneidet die Imprägnation dann ganz ab.

Daraufhin wurde ein Querschlag nach Tschermannen gemacht. Man kam in zerklüftetes Graues Gebirge von mehreren Fuß (1 Fuß = 30 cm) Mächtigkeit. Pyrit, Molybdänglanz und Molybdänocker waren die einzigen Erze. Der Molybdänglanz konnte auf den häufigen Rutschflächen eine Dicke bis zu 7 mm (= 1/4 Zoll) erreichen. Das Vorkommen verlief anfangs fast horizontal, senkte sich dann aber flach nach S mit 6° und nahm erst nach einiger Zeit ein stärkeres Fallen an.

Nach diesem Mißerfolg wurde ein Ort nach dem Erzbett angepackt. Das beibrechende Gestein war vor allem Graues Gebirge mit schmalen Dolomitgängen. Man fand wenige Kupfererze, die aber bald Pyrit und Molybdänglanz Platz machten. Der Dolomit hörte schließlich ganz auf und bei 16 m Länge schnitt eine N-S streichende, östlich einfallende Hauptkluft alles ab.

Die westliche Grundstrecke brachte Dolomit, Bornit und viel Kupferkies. Nach wenigen Lachtern (1 Lachter = 2 m) kam aber wieder eine Kluft mit einem Verlauf von ca. 355°/85°, welche die Situation wieder ungünstig veränderte, denn das nachfolgende Graue Gebirge war ca. 0,9 m mächtig, hatte nur noch ein sehr schmales Dolomitband und war sonst fast erzleer.

In der westlichen Mittelstrecke war der Gangkörper anfangs 0,6 m mächtig mit prachtvollen Erzen. Nach 10 m Länge ließ die Erzführung aber merklich nach. Der Gang begann sich zu zertrümmern und zerbrechen und eine N-S-Kluft mit einem Verlauf von ca. 355°/85°, die Dolomit führte, schnitt ihn bald ab.

Die westliche Tagesstrecke führte bis zu 14 m schöne, oft sogar prachtvolle Erze.

Die östliche Grundstrecke offenbarte vom tonnlägigen Schacht aus einen wahren Gangkörper, manchmal sogar mit Salbändern. Dieser bestand aus dolomitischer Gangmasse und Grauem Gebirge. Nach wenigen Metern waren aber Pyrit und Hämatit noch die einzigen Erzminerale, und der Gang selbst war zu wenigen Zollen zusammengedrückt. Obwohl am Ausgehenden die Situation analog war, kam die Grundstrecke noch früher in ein erzleeres Mittel. Später wurde dann gegen E ein 2. erzreiches Mittel angefahren. Es wies eine ca. 0,3 m mächtige dolomitische Gangmasse auf, die von Grauem Gebirge begleitet war. Das Mittel brachte schöne Erze, vor allem Bornit, dazu silberreiche Kupferschwärze. Beim weiteren Vortrieb gegen E ergab sich aber, daß nach der Verwerfung der Lagerrieße nur noch eine 0,3 m mächtige dolomitische Gangmasse mit Pyrit vorhanden war; d. h. nach nur 14 m flacher Tiefe unter der «Alten Grube» war der Dolomit praktisch erzleer.

Auch in der östlichen Tagesstrecke traf man schöne, oft prachtvolle Erze bis zu einer Entfernung von 10 m vom tonnlägigen Schacht, dann kam man in das taube Mittel.

Am Ausgehenden war die Situation so, daß der Gang anfangs gegen E erzleer und verdrückt war, daß er sich im weiteren Verlauf aber wieder auftat und schönen Bornit und etwas Fahlerz brachte.

Abschließend faßt STÖHR (1865) die Resultate für die Hauptgrube folgendermaßen zusammen:

1. In oberer Tiefe erscheint der Gang normal, wobei er aus dolomitischer Gangmasse und Grauem Gebirge mit reichen Erzen besteht; manchmal, doch im ganzen selten, trümmert er sich.
  2. In der Tiefe läßt die dolomitische Gangmasse und die Erzführung nach; und es ist überhaupt zweifelhaft, ob die Erze in größerer Tiefe niedersetzen.
  3. Mehrfach übersetzende N-S-Klüfte stören und verwerfen den Gang, meist jedoch nur unbedeutend; im W schneidet ihn eine Hauptkluft mit einem Verlauf von 355°/85° ab und hat eine bedeutende Verwerfung ins Hangende veranlaßt.
  4. Taube Mittel wechseln mit erzreichen im Streichen.
  5. Die erzreichen Mittel gehen bis zu ungleicher Tiefe hinab; im Tiefsten eines erzreichen Mittels ist zufällig der Stollen angesessen, und es ist dort eine flache, bauwürdige Pfeilerhöhe von 28 m vorhanden.
- Ein anderes Mittel, erzführend am Tage («Alte Grube»), reicht keine 14 m hinab.

Die angefahrenen reichen Erzmittel sind in oberer Teufe ausgedehnter als tiefer unten und haben ihre größte Längenausdehnung am Ausgehenden.

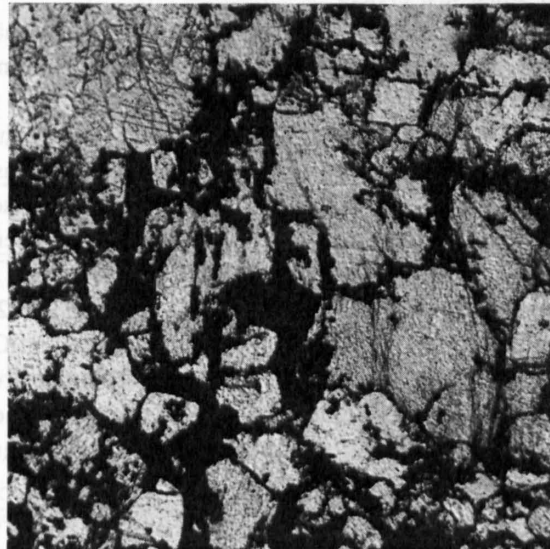
In der 3. Bergbauperiode 1916–1918 hat dann die bereits erwähnte Firma «WEINMANN» die alten Stollen wieder ausgeräumt und gangbar gemacht. Nach FEHLMANN (1919) wurde auch die westliche Grundstrecke



nach dem seinerzeitigen Vorschlag von STÖHR (1865) bis unter die Grube Erzbett verlängert, ohne daß jedoch nennenswerte Erzmittel angefahren worden wären. Wie aus den alten Grubenplänen ersichtlich ist, muß auch die östliche Tagesstrecke mit der östlichen Grundstrecke verbunden und der dazwischenliegende Pfeiler abgebaut worden sein.

#### d) Die Vererzung und die Erzminerale

Die Vererzung erstreckt sich sowohl auf die dolomitische Gangmasse als auch auf das Graue Gebirge. Fein- bis mittelkörniger Dolomit, bisweilen in idiomorphen größeren Rhomboedern, bildet die eigentliche Matrix der dolomitischen Gangmasse. Durch Druckbeanspruchung ist er bisweilen schwach zweiachsig negativ. In dieser Matrix erscheint der Kalzit als größere, meist xenomorphe Einschlüsse, Nester und Gängchen. Er zeigt die typischen Druckzwillinge. Quarz kann als amöbenartige, oft poikilitisch von kleinen Dolomitrhomboedern durchwachsene, xenomorphe Körner beobachtet werden. Seltener sind hexagonale Querschnitte, die meist resorbiert sind. Quarzähnliche, nach FÜCHTBAUER (1956) nach dem Albitgesetz und X-Karlsbadgesetz verzwillingte Kristalle sind wahrscheinlich authigene Albite. Das Erz erscheint als Füllungen von feinsten Haarklüften, die brekzienartig kreuz und quer durch die dolomitische Gangmasse laufen und sich vereinzelt zu Lagen und Nestern vergrößern (Figur 28). Die Vererzung erfolgte teilweise auffällig an der Grenze



Figur 28. Kupfererzminerale verdrängen von feinsten Haarklüften aus Kalzit und Dolomit der dolomitischen Gangmasse nesterartig und ergeben dadurch das Bild einer Erzbrekzie.

Dünnschliffaufnahme eines Kupfererzes der Hauptgrube. 1 Nicol, Vergrößerung ca. 95×.

Quarz-Karbonat oder dann in deren Nähe. Bei den Karbonaten blieben dabei oft in charakteristischer Weise rechteckige bis quadratische Gangartinseln stehen. In der dolomitischen Gangmasse konnten bis jetzt die Erzminerale Hämatit, Gediegen Silber, Pyrit, Molybdänglanz, Betehtinit, Fahlerz, Kupferkies, Wismutglanz (?), Wittichenit, Bornit, weißer und blauer, anisotroper Kupferglanz, Stromeyerit und Covellin diagnostiziert werden.

Der Hämatit wird in eisenrosenartigen Büscheln angetroffen, wobei die einzelnen Blättchen oft verbogen sind, was wahrscheinlich auf tektonische Bewegungen während des Erzabsatzes schließen läßt. Daneben erscheint er als Idioblasten in sperriger bis ophitischer Struktur mit den Karbonaten zusammen. Xenomorph bis körnig bildet er ebenfalls in Verbindung mit den Karbonaten gestrickte Kristallskelette, die wahrscheinlich auf eine Fällung von Eisenhydroxyden in kolloidaler Matrix hinweisen (Tafel IV, Figur 11). Nach RAMDOHR (1958 b) könnte auch heute nicht mehr vorhandener Siderit bei der Bildung von Hämatit eine gewisse Rolle gespielt haben.

Auf Rutschharnischen und in Mikroruschelzonen der dolomitischen Gangmasse können relativ selten feinste Schüppchen und Filme von Molybdänglanz beobachtet werden.

Gediegen Silber stellt man als zackige Drähtchen und Körnchen im Dolomit, seltener im Quarz, Fahlerz, Bornit und blauem, anisotropem Kupferglanz fest (Tafel III, Figur 8).

Der Pyrit ist in der dolomitischen Gangmasse weniger häufig als im Grauen Gebirge. Er kann als Hexaeder, Pentagondodekaeder, Körner, isoliert oder zu Nestern und Gängchen gehäuft, vorkommen. Tritt er mit Kupfersulfiden auf, so kann man meistens Atolle (vom Kern aus resorbierte Körner) und zahnruinenartige Relikte von Pyrit in einer Matrix von Kupferkies oder Bornit oder in einem Implikationsgefüge von beiden feststellen (Tafel III, Figur 7).

Der Betehtinit ist relativ schwer diagnostizierbar, um so mehr als er fast immer mit dem ihm ähnlichen Fahlerz zusammen vorkommt; er ist im Gegensatz zu letzterem jedoch schwach anisotrop und etwas heller.

Das Fahlerz besitzt in charakteristischer Weise krummlinige Spaltrisse und vielfach Grübchen in der Oberfläche. Gegenüber Kupferkies ist oft ein Grünstich zu beobachten, was auf ein Arsenfahlerz schließen läßt. Mit Hämatit und Kupferkies zusammen erscheint es eher randlich von Kupfererzpartien in xenomorphen Körnern. Bisweilen kann man in ihm auch runde, körnige Einschlüsse von Bornit oder blauem, anisotropem Kupferglanz oder selten von Gediegen Silber beobachten.

Der Kupferkies wird neben den erwähnten Verwachsungen mit Hämatit, Fahlerz und Bornit vielfach auch als randliche Säume zwischen dolomitischer Gangmasse und Bornit-Kupferglanzpartien angetroffen, wobei unter Umständen vom Kupferkies aus noch flammenartige Lamellen in den Bornit hineinsproßen können. Eine regelmäßige Dicke des Saumes veranlaßt den Verfasser, einen sekundären Ursprung für diesen Kupferkies anzunehmen als Folge einer umgekehrten Zementation. Es gibt indessen aber sicher auch primäre randliche Säume von Kupferkies, da dieser ja zu den Frühkristalliten gehört.

Fraglicher Wismutglanz kann häufig als Grenzsaum zwischen Bornit und blauem, anisotropem Kupferglanz und der dolomitischen Gangmasse beobachtet werden. Er ist gut polierbar und hat gegen Fahlerz eine reinweiße Farbe. Sein Reflexionsvermögen ist höher als dasjenige von Fahlerz; eine Anisotropie ist in manchen Fällen sehr deutlich.

Der Wittichenit konnte als cremeweiße Körner vor allem im Bornit festgestellt werden, seltener in den beiden Arten Kupferglanz. Der Bornit ist das häufigste und charakteristische Erzmineral der Hauptgrube. Er bildet mit Kupferkies zusammen häufig das bereits erwähnte Implikationsgefüge, welches die Matrix der Pyritrelikte liefert; nicht selten kann man darin auch runde Körner von Fahlerz finden (Tafel III, Figur 7). Vielfach findet man aber mit weißem und blauem Kupferglanz graphische Implikationsgefüge in Nestern und Gängchen, die randlich oft reichlich Einschlüsse von dolomitischer Gangmasse führen, so daß der Verfasser diese Erscheinung als Folge einer alpinen Durchbewegung werten möchte. Der Dolomit wird zudem vielfach von Bornit unter Zurücklassung rechteckiger Korngrenzen verdrängt. An frischem Bornit konnte bisweilen eine deutliche Anisotropie festgestellt werden, stark verwitterte Partien sind oft leicht orange, vielleicht durch einen gewissen Gehalt an dem von Frenzel (1958) entdeckten Idait.

Der weiße und blaue, anisotrope Kupferglanz bildet mit Bornit die bereits erwähnten graphischen Implikationsgefüge. Gesetzmäßigkeiten über das Vorkommen des einen oder andern Kupferglanzes konnten noch nicht eindeutig abgeklärt werden. Der weiße Kupferglanz zeigt beim Ätzen eine sehr charakteristische Brikettstruktur und ist wahrscheinlich eher primären Ursprungs, während der blaue Kupferglanz eher grobkörnig und wahrscheinlich zementativer Entstehung ist. Die Kupferglanze können auch nahezu monomineralisch vor allem die Zentralpartien der Erznester und -gängchen bilden.

In Sprüngen vor allem des blauen Kupferglanzes findet man nicht selten rosarote und stark anisotrope Lamellen von Stromeyerit. In größeren Mengen konnten aber auch direkt der dolomitischen Gangmasse aufsitzend nieriige bis kugelige Partien von Stromeyerit in einer Matrix von blauem Kupferglanz beobachtet werden. Meist sind diese Erzproben dann auch relativ reich an Gediegen Silber.

Covellin wurde häufig als Verdränger der beiden Arten Kupferglanz und von Bornit festgestellt.

Im Grauen Gebirge wurden Hämatit, Molybdänglanz, Pyrit, Fahlerz, Kupferkies, Bornit, blauer, anisotroper Kupferglanz und Covellin beobachtet. Wie schon STÖHR (1865) berichtet, scheinen hier vor allem die Silberträger, Gediegen Silber und Stromeyerit, zu fehlen, hingegen Hämatit, Pyrit, Kupferkies und Fahlerz häufiger zu sein.

Der Hämatit erscheint meist als Körner, würmchenartig und skelettförmige Netze; idiomorphe Blättchen gelten eher als Ausnahmen.

Der Pyrit kommt in runden Körnern, Hexaedern und Pentagondodekaedern vor. Häufig ist er auch schalig und porös. Eigentlicher Melnikovit-Pyrit oder Bravoit konnte aber im Gegensatz zur Pechblende-Paragenese

nirgends eindeutig festgestellt werden. Hingegen ist er vereinzelt kataklastisch. In feinsten Haarklüften findet man jedoch selten etwas Kupferkies. Als Einschlüsse in Bornit und Kupferkies ist der Pyrit meist zerfressen und zerteilt und bildet somit Resorptionsstrukturen.

Der Kupferkies formt neben Zentralpartien in Bornitgängen mit Bornit vielfach einfache Implikationsgefüge. Andererseits können in Bornit oft orthogonal orientierte Entmischungsspindeln von Kupferkies festgestellt werden. Pyrit und Kupferkies zeigen nach STÖHR (1865) und den Beobachtungen des Verfassers eindeutig das Ausgehende der Erzkörper an.

Fahlerz tritt nur vereinzelt in Form von runden Körnern als Einschlüsse in Bornit und Kupferkies auf.

Der Bornit als häufigstes Kupfererzmineral bildet mit Kupferkies einfache und mit blauem, anisotropem Kupferglanz graphische Implikationsgefüge in vielen Fällen. Als nahezu monomineralische Füllung von Gängen ist er ebenfalls ziemlich verbreitet.

Der blaue, anisotrope Kupferglanz wird fast nur in Verwachsungen mit Bornit oder Covellin angetroffen, wobei der letztere wahrscheinlich in den weitaus meisten Fällen zementativen Ursprungs sein dürfte.

### e) Die Radioaktivität

Auch diese Grube wurde mit dem Szintillometer kurz begangen, es wurde leider keine außerordentliche Radioaktivität festgestellt. Der relative Maximalwert wurde in der östlichen Grundstrecke im Bereich der Lagerrieße mit ca. 53  $\mu\text{r}/\text{h}$  gefunden. Der Verfasser konnte schon seinerzeit (1958 a) keine Erklärung dafür abgeben, weshalb dieser Wert ein wenig über dem üblichen Durchschnitt für den unvererzten Sernifit liegt. Er erhielt jedoch den Eindruck, daß auch die Hauptgrube und ihre nähere Umgebung wahrscheinlich nicht von einer früheren Uranmineralisation betroffen worden sind.

## 3. Das Vorkommen Rote Riese

Es wird bereits von STÖHR (1865) erwähnt. Es ist jedoch fraglich, ob die vom Verfasser gefundene Schürfstelle, die sowohl unzugänglich als auch unbedeutend ist, mit derjenigen von STÖHR (1865) identisch ist. Die Koordinaten lauten: 732.130/214.360/1720 m. Die Vererzung ist wahrscheinlich durch ein Gangkreuz bedingt, indem hier ein N-S-Bruch sich mit dem SW-NE-Gangsystem der Linie Erzbett-Hauptgrube-Großes Chalttal schneidet. Die Mächtigkeit des Ganges, die jedenfalls nicht sehr bedeutend zu sein scheint, konnte nicht bestimmt werden. Das Nebengestein ist Graues Gebirge. In Erzgeröllen konnte mit der Lupe Fahlerz, Bornit und Kupferglanz festgestellt werden. Die Radioaktivität dürfte etwa 40  $\mu\text{r}/\text{h}$  betragen.

## 4. Der Sondierstollen im Großen Chalttal

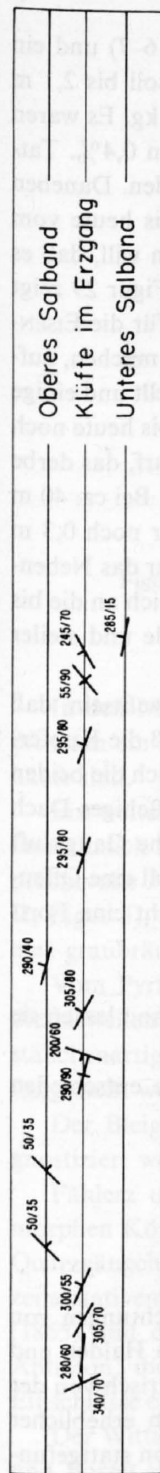
### a) Übersicht

Das Stollenmundloch und die eine Halde befinden sich unmittelbar am Felsabsturz gegen das Murgtal (a), die andere Halde liegt am Fuße dieses Absturzes (b). Die Koordinaten lauten: (a) 733.080/2146.10/1510 m, (b) 733.140/214.610/1430 m. Auf der oberen Halde hat der Verfasser im September 1956 anlässlich der Begehung für seine Diplomarbeit (1957) die ersten Uranerze gefunden. Auf der Nordseite des Stollenmundloches befindet sich der einzige Erzausbiß. Wie mit dem Szintillometer festgestellt werden konnte, zeigt er keine Spur von Radioaktivität. Einige Meter vom Eingang entfernt im Stolleninnern findet man jedoch schon Rauchquarze, aber immer noch keine erhöhte Radioaktivität. Die genaue Fundstelle der Kupfer-Uran-Mischerze, die auf den Halden liegen, muß folglich tiefer im Stollen drin sein, der leider am Eingang verschüttet und bis heute nicht mehr zugänglich gemacht werden konnte. Wir können deshalb wiederum der guten Beschreibung der Gangverhältnisse von STÖHR (1865) folgen.



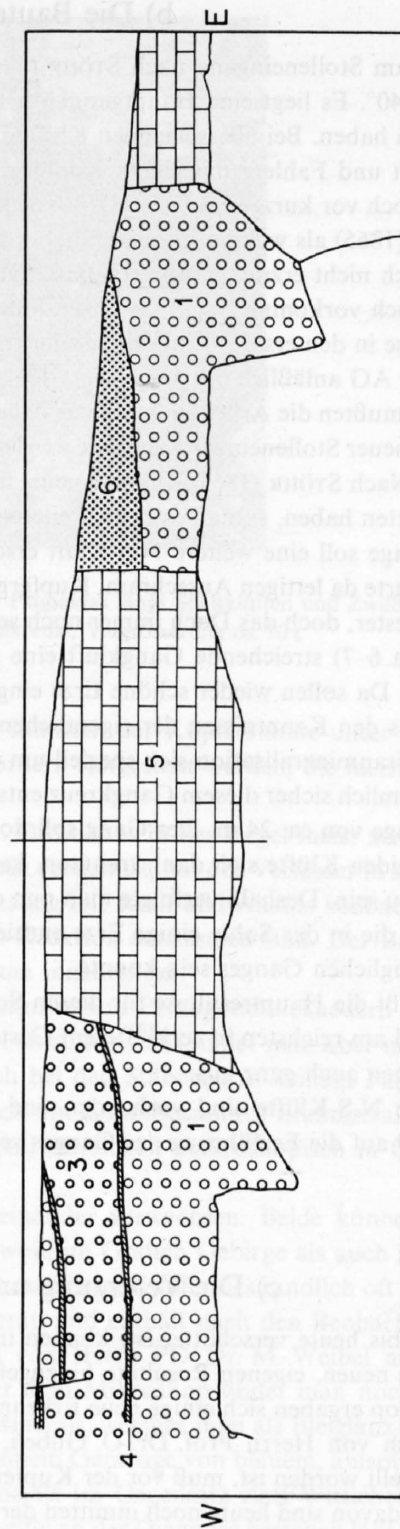
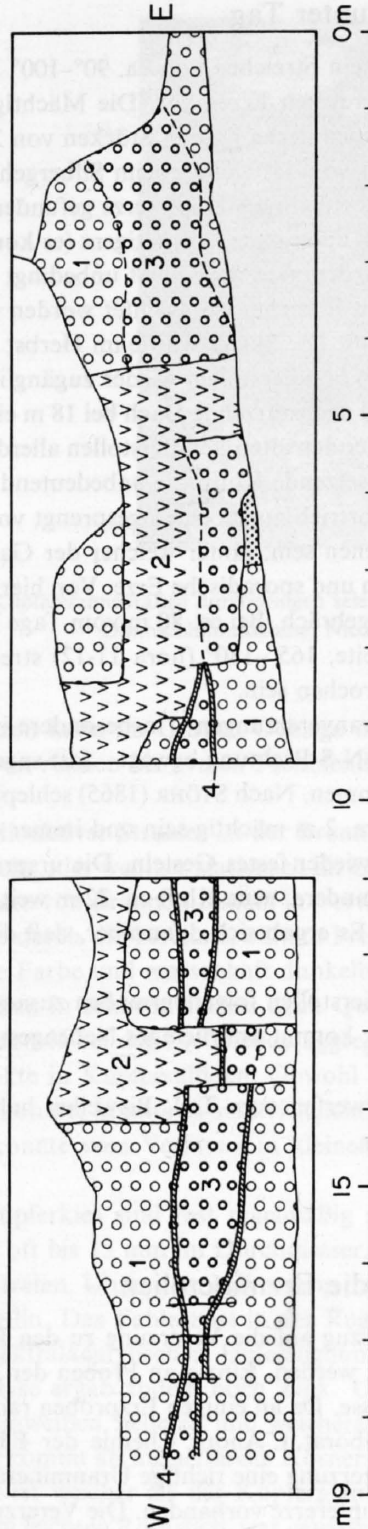
Klüfte

N



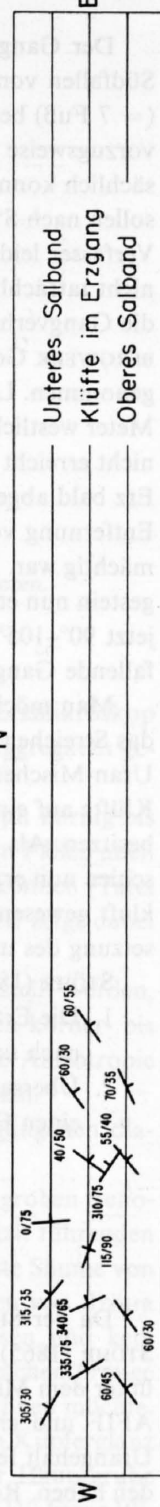
Nordseite des Stollens im Aufriss

S



Südseite des Stollens im Aufriss

N



Klüfte

S

Figur 29. Die Gangverhältnisse im Sondierstollen des Großen Chalttals, 1:100.

- 1 = Sernifit
- 2 = Versackter Sernifit
- 3 = Graues Gebirge
- 4 = Salbandähnliche Zone
- 5 = Versatz
- 6 = Schutt

## b) Die Bauten unter Tag

Der Gang hat am Stolleneingang nach Stöhr (1865) ein Streichen von ca.  $90^{\circ}$ – $100^{\circ}$  (hora 6–7) und ein Südfallen von  $25^{\circ}$ – $40^{\circ}$ . Es liegt eine Hauptgangkluft mit reichen Erzen vor. Die Mächtigkeit soll bis 2,1 m (= 7 Fuß) betragen haben. Bei übersetzenden Klüften kamen derbe Erze in Stücken von 25–30 kg. Es waren vorzugsweise Bornit und Fahlerz mit einem Kupfergehalt von 54% und einem Silbergehalt von 0,4%. Tatsächlich konnten noch vor kurzem auf der Halde solche hochhaltigen Kupfererze gefunden werden. Daneben sollen nach Stöhr (1865) als weitere Erzminerale noch Kupferglanz, Rotgiltigerz (es konnte bis heute vom Verfasser leider noch nicht erzmikroskopisch bestätigt werden, was aber nicht unbedingt heißen will, daß es nicht tatsächlich doch vorkommt!) und Gediegen Silber in Blättchen beobachtet worden sein. Figur 29 zeigt die Gangverhältnisse in den ersten 18 m des Sondierstollens. Die Skizze wurde im Herbst 1958 für die EISENBERGWERK GONZEN AG anlässlich des Versuches, den alten Sondierstollen wieder zugänglich zu machen, aufgenommen. Leider mußten die Arbeiten durch das dauernd nachstürzende Dach bei 18 m eingestellt und einige Meter westlich ein neuer Stolleneingang gebohrt werden, der den alten Sondierstollen allerdings bis heute noch nicht erreicht hat. Nach Stöhr (1865) soll eine neue, übersetzende Kluft, die unbedeutend verwarf, das derbe Erz bald abgeschnitten haben, so daß es beim weiteren Vortrieb nur noch eingesprengt vorkam. Bei ca. 40 m Entfernung vom Tage soll eine weitere N-S-Kluft erschienen sein, hinter welcher der Gang nur noch 0,3 m mächtig war. Er führte da lettigen Ausschram, Kupfergrün und sporadische Erze. Von hier an war das Nebengestein nun etwas fester, doch das Dach immer noch sehr gebräch. Bei ca. 80 m vom Tage legte sich an die bis jetzt  $90^{\circ}$ – $105^{\circ}$  (hora 6–7) streichende Gangkluft eine zweite,  $165^{\circ}$ – $180^{\circ}$  (hora 11–12) streichende und steiler fallende Gangkluft. Da sollen wieder schöne Erze eingebrochen sein.

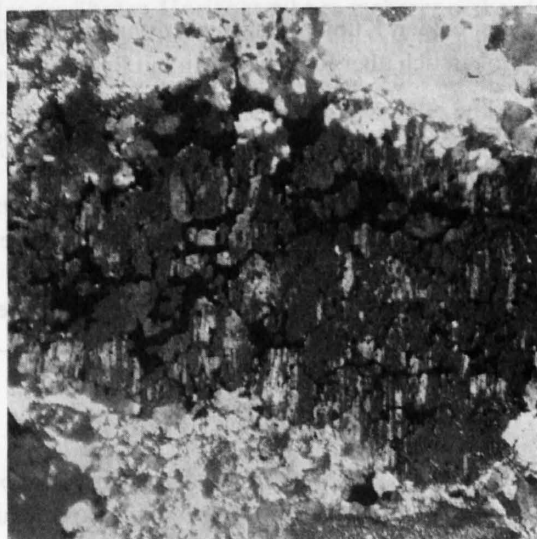
Man möchte aus den Kenntnissen der eigentlichen Uranvererzungen – insbesondere im Bewußtsein, daß das Streichen der Uranmineralisation sich speziell um die N-S-Richtung bewegt – fast sagen, daß die Kupfer-Uran-Mischerze ziemlich sicher diesem Gangkreuz entstammen. Nach Stöhr (1865) schleppten sich die beiden Klüfte auf eine Länge von ca. 24 m. Der Gang soll dort ca. 2 m mächtig sein und immer ein brüchiges Dach besitzen. Als die beiden Klüfte sich dann trennten, kam wieder festes Gestein. Die ursprüngliche Gangkluft schien nun erzleer zu sein. Deshalb verfolgte man nun die andere, neue Kluft ca. 22 m weit. Es soll eine Offenkluft gewesen sein, die in der Sohle einige Erze enthielt. Es ergab sich dann aber, daß dies nicht eine Fortsetzung des ursprünglichen Ganges sein konnte.

Stöhr (1865) faßt die Hauptresultate für diesen Sondierstollen folgendermaßen zusammen:

1. Die Erze sind am reichsten in zerklüftetem Gestein; kommt unbrüchiges Nebengestein, dann lassen sie nach und gehen auch ganz aus.
2. Übersetzende N-S-Klüfte sind vorhanden und verwerfen zum Teil. Bisweilen haben sie entschieden einen Einfluß auf die Erzführung des Ganges selber.

## c) Die Vererzung und die Erzminerale

Da der Stollen bis heute verschüttet ist, können in bezug auf die Vererzung zu den Beobachtungen von Stöhr (1865) keine neuen, eigenen Resultate hinzugefügt werden. Einzig an Proben der beiden Halden und unter dem Mikroskop ergaben sich einige neue Erkenntnisse. Da an einigen Erzproben radiometrisch von der AFIF und chemisch von Herrn Prof. Dr. O. Gübeli, Laborat. f. Anorg. Chemie der ETH, ein erheblicher Urangehalt festgestellt worden ist, muß vor der Kupfervererzung eine richtige Uranmineralisation stattgefunden haben. Relikte davon sind heute noch inmitten der Kupfererze vorhanden. Die Vererzung umfaßt deshalb von den beiden bekannten Paragenesen folgende Mineralien: Pechblende, Brannerit, Pyrit, Bleiglanz, Fahlerz, Kupferkies, Wittichenit, Bornit, weißer und blauer, anisotroper Kupferglanz, Stromeyerit und Covellin. Neben den für das Große Chaltal charakteristischen Kupfer-Uran-Mischerzen, die bereits auf Seite 33 beschrieben worden sind, gibt es auch reine Kupfererze, die wiederum in zwei Arten zerfallen, nämlich ältere Fahlerz-Kupferkies- und jüngere Bornit-Kupferglanz-Covellin-Erze. Charakteristisch sind von dieser Lokalität selektive Durchdringungen von Plagioklas durch die erwähnten Kupfererze längs Klüften und Zwillingsgrenzen (Figur 30). Man könnte sich vorstellen, daß es sich bei den Plagioklasen zum Teil um Druckzwillinge infolge mechanischer Beanspruchung während der Lagerstättenbildung und anschließender Vererzung handelt.



Figur 30. Kupfererzminerale durchdringen selektiv Plagioklas längs Spaltklüften und Zwillingsgrenzen.  
Dünnschliffaufnahme. Nicols gekreuzt, Vergrößerung ca. 70x

In den Mischerzen kann im Grauen Gebirge oder inmitten der Kupfersulfide unter dem Erzmikroskop oft noch ein Rest von runden bis ovalen Pechblendekörnern festgestellt werden, die meist zu Aggregaten gehäuft sind.

Ein weiterer radioaktiver Strahler ist der Brannerit. Obwohl er in der Regel meist xenomorph körnig bis faserähnlich und mehr oder weniger statistisch im Gestein verteilt ist, hat der Verfasser in seltenen Fällen auch prachtvolle Aggregate von Branneritnadeln in Verwachsung mit Rutil und Anatas beobachten können (Tafel II, Figur 3), welche durch die bereits erwähnte Pronto-Reaktion entstanden sind. Der Brannerit zeigt dabei eine graubräunliche Farbe und massenhaft dunkelbraune Innenreflexe.

Vom Pyrit können in seltenen Fällen noch Querschnitte von Pentagondodekaedern festgestellt werden, die bisweilen ähnlich wie bei der Pechblende aggregiert sind. Meistens findet man aber nur noch körner- bis stäbchenartige Relikte in Kupfersulfiden. Obwohl auch bei den Stäbchen in keinem Falle eine Anisotropie festgestellt werden konnte, könnte es sich vielleicht noch um ein unbekanntes Erzmineral handeln.

Der Bleiglanz konnte vom Verfasser in kleinen Spaltwürfelchen makroskopisch in Quarzgängchen diagnostiziert werden.

Fahlerz und Kupferkies sind fast regelmäßig miteinander verwachsen. Beide können in groben xenomorphen Körnern, oft bis 15 mm im Durchmesser, sowohl im Grauen Gebirge als auch in Kalzit führenden Quarzgängchen auftreten. Unter dem Mikroskop findet man beim Kupferkies randlich oft dünnste Säume von zementativem Covellin. Das Fahlerz ist in der Regel grau und enthält nach den Beobachtungen von STÖHR (1865) und den spektralanalytischen Untersuchungen von Herrn PD Dr. M. Weibel nur Arsen und kein Antimon; die Analyse ergab zudem noch Zink. Unter dem Mikroskop findet man noch tröpfchenförmige Einschlüsse eines reinweißen, helleren und weicheren Minerals, welches man als Bleiglanz bezeichnen möchte.

Der Wittichenit kommt als ausgefrante Körner in einem Gemenge von blauem, anisotropem Kupferglanz und Bornit vor. Er ist weicher als der Kupferglanz und ist im Gegensatz zum Wittichenit der Hauptgrube cremegrau mit einem leichten Rosastich, was gewisse Zweifel an der Diagnose bestehen läßt (Tafel IV, Figur 10).

Der Bornit bildet mit beiden Arten Kupferglanz die von der Grube Erzbett und Hauptgrube bereits bekannten einfachen und graphischen Implikationsgefüge. Andererseits ist er auch ein Verdränger des Kupferkieses.

Die beiden Arten Kupferglanz, weiß, lamellar, anisotrop, und blau, körnig, anisotrop, kommen neben den Verwachsungen mit Bornit und dem fraglichen Wittichenit auch häufig mit Covellin vor, der in den meisten Fällen sicher ein zementativer Verdränger der beiden Kupferglanze und des Bornites ist. Interessant ist noch die Tatsache, daß im Bornit von graphischen Implikationsgefügen mit Kupferglanz vielfach Entmischungslamellen von Kupferkies gefunden werden können.



Der Stromeyerit wurde nur in den beiden Kupferglänzen als dünne Lamellen angetroffen. Er ist an seinem Pleochroismus, der von Weiß mit Violettstich über Rosa bis Grau mit Braunstich geht, und an seiner sehr starken Anisotropie sehr gut erkennbar.

Gediegen Silber konnte nur vereinzelt als Körnchen und Drähtchen in Quarz, Bornit und den Kupferglänzen beobachtet werden.

Besonders schön und reichlich sind bei dieser Vererzung die Kupfer-Uran-Oxydationserze. Makroskopisch eindeutig konnte hier auf stark radioaktiven Bornit-Kupferglanz-Covellin-Erzen der schon von STÖHR (1865) erwähnte Uranglimmer Torbernit in Form von diamantglänzenden, zeisig- bis grasgrünen Blättchen und Tafeln diagnostiziert werden. Viele weitere Oxydationsminerale in den buntesten Farben konnten noch nicht näher bestimmt werden. Daneben findet man natürlich reichlich Malachit und Limonit, bisweilen auch Azurit.

#### d) Die Radioaktivität

Erzproben von der Halde von ca. 0,3 m Kantenlänge im Durchschnitt ergaben absolute Maximalintensitäten von ca. 800  $\mu\text{r/h}$ . Das anstehende Graue Gebirge mit Kupfererzen und Rauchquarz ergab auf der ganzen Stollenlänge von 18 m vom Eingang aus nicht mehr als 55  $\mu\text{r/h}$  absoluter Maximalintensität.

### 2. Rotbergsandstein

#### I. Walenchengelsystem

## 1. Die Lagerstätte Tschermannercharren-West

Die Lagerstätte liegt am Westrand und oberen Abschluß des Großen Walenchengels. Es sind bis heute vier Erzkörper bekannt geworden, aber es ist nicht ausgeschlossen, daß beim näheren Absuchen der Umgebung noch weitere Erzkörper gefunden werden.

Erzkörper I liegt am Fuße einer markanten Schichtplatte. Die absolute Maximalintensität geht nordwestlich und südöstlich eines markanten Bruches weit über 2500  $\mu\text{r/h}$  hinaus. Die Koordinaten lauten für beide Stellen: 731.340/212.760/2075 m. Das Vorkommen dürfte tektonisch ein wenig beansprucht sein, indem einzelne Schichtgruppen wahrscheinlich verworfen und abgesichert sind. Neben Mineralisationen von vertikalen Zerrüttungszonen – der erwähnte Bruch dürfte eine wegweisende Rolle gespielt haben – gibt es aber auch solche von stratigraphischen Horizonten. Die Größe der Vererzung wurde noch nicht näher untersucht, dürfte aber beträchtlich sein. Im Erzanschliff konnten die Mineralien Pechblende, Pyrit, Zinkblende, Fahlerz, Bornit, blauer, anisotroper Kupferglanz und Covellin diagnostiziert werden. Fast alle Mineralien kommen in isolierten, xenomorphen Körnern vor, einzig der Pyrit weist vereinzelt Pentagondodekaederumrisse auf. Der Bornit scheint zudem randlich von blauem, anisotropem Kupferglanz und Covellin verdrängt zu werden. Auch hier scheinen sich anhand des Bornites und des Kupferglanzes geringe Einflüsse einer jüngeren Kupfermineralisation bemerkbar zu machen.

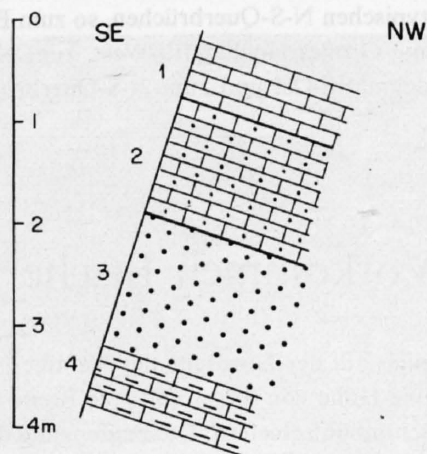
### 3. Rötidolomit

## 1. Das Vorkommen Chüetal

Es liegt direkt am Weg vom Ober Mürtschen zum Schilt auf 1960 m und wurde von STÖHR (1865) in seiner Arbeit unter der Bezeichnung «unterhalb des Schilt» erwähnt.

Die Vererzung befindet sich ca. 10 m über der Grenze Sernifit-Melser Sandstein in einem graubraunen, grobspätigen Dolomit, welcher etwa  $210^\circ/70^\circ$  lagert. Sie umfaßt einen Horizont von ca. 1,2 m Höhe; die Breite ist infolge der Vegetationsdecke unbekannt. Einigen Aufschluß über die Tiefenerstreckung gibt ein alter Stollen, der einige Meter in Fahlerz führendem Dolomit vorgetrieben wurde. An seinem Ende wurde zudem noch

ein kleiner Schacht abgeteuft. Im erwähnten Horizont gibt es mehrere diskordant, aber unter sich parallel verlaufende Brüche und kleine Verwerfungen. Eine solche verschiebt zum Beispiel den Westteil der Vererzung um ca. 1,1 m nach Nordwesten. Teilweise sind diese Brüche und Verwerfungen mehrere mm mächtig und mit weißer, feinkristalliner Gangart erfüllt. Mit der Lupe erkennt man randlich Kalzit/Dolomit, gegen das Zentrum als feine Linsen Quarz und/oder Fahlerz. Malachit, Azurit (übrigens ein charakteristischer Indikator von



Figur 31. Profil des Fahlerz-Vorkommens Chüetal unterhalb des Schilt.

- 1 = Gelb anwitternder Dolomit mit Malachit und Azurit
- 2 = Grobspätiger braun anwitternder Dolomit mit Fahlerz, Malachit und Azurit in Kalzit/Quarz-Gängchen
- 3 = Blaugrauer Quarzit mit Malachit
- 4 = Orange anwitternder erzfreier Dolomit

Fahlerz, wie der Verfasser bei mancher Fahlerzmineralisation konstatieren konnte!) und Limonit sind die häufigen Sekundärerzminerale. Der Erzanschliff zeigt, daß es sich praktisch um eine reine Fahlerz-Paragenese handelt. Seltene kleine, harte und hochreflektierende gelbe Körner im Fahlerz dürften Relikteinschlüsse von Pyrit sein. Daneben kann man noch Entmischungströpfchen von Bleiglanz, Kupferkies und Bornit beobachten. Die beiden letzteren sind meist eng verwachsen. Über die Erzführung in den einzelnen Gesteinslagen gibt Figur 31 Auskunft. Die Radioaktivität ist gering. Die absolute Intensität beträgt 23  $\mu\text{r/h}$  für den gelbanwitternden feinkörnigen bis dichten Dolomit, 30  $\mu\text{r/h}$  für den braun anwitternden, spätigen Dolomit und 35  $\mu\text{r/h}$  für den blaugrauen Quarzit, wobei schwarze Tonschieferlagen aber bis 52  $\mu\text{r/h}$  aufweisen können; der orange anwitternde Dolomit hat wieder eine absolute Intensität von 32  $\mu\text{r/h}$ .

## 2. Die radioaktiven Pyritisierungen Tschermannenbach und Schwämmli.

Auch die schwarzen, kohligen Tonschiefer über dem Melser Sandstein sind im allgemeinen leicht radioaktiv. Zwei Stellen sind besonders beachtenswert.

Die erste liegt südlich vom Gaden der Alp Unter Mürtchen im Tschermannenbach. Die genauen Koordinaten lauten: 731.560/214.670/1490 m. Da der Aufschluß nur etwa 1 m<sup>2</sup> groß ist, läßt sich über die Fortsetzung des Horizontes nichts aussagen. Limonitkrusten deuten auf eine Eisensulfidführung. Das Uran dürfte wahrscheinlich an organische Substanzen gebunden sein. Die absolute Maximalintensität wurde mit 60  $\mu\text{r/h}$  bestimmt.

Die zweite Fundstelle liegt direkt auf dem Weg vom Unter Mürtchen zum Steinälpli auf der Lokalität «Schwämmli». Der Aufschluß beträgt hier einige Quadratmeter. Die genauen Koordinaten lauten: 731.810/214.870/1520 m. Pyrit, eventuell Melnikovit-Pyrit oder Markasit, ist hier ziemlich verbreitet. Auch hier dürften organische Substanzen mit Uran eine absolute Intensität von 60  $\mu\text{r/h}$  bedingen.

## B. Mürtschenscholle

### 1. Schönbühlschiefer

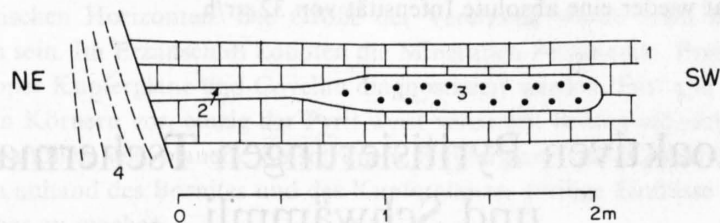
In diesem Gesteinskomplex treten die von STÖHR (1865) erwähnten Lagergänge auf. Diese sind besonders häufig in der engsten Umgebung von typischen N-S-Querbrüchen, so zum Beispiel gehört zum N-S-Querbruch der Grube Erzbett die Kupfervererzung Großes Hochmättli-West, zum N-S-Querbruch der Hauptgrube die Kupfer-(Uran)-Vererzung Großes Hochmättli-Ost und zum N-S-Querbruch der Grube Großes Chalttal die Kupfervererzungen am Silberspitz.

### 1. Das Vorkommen Etscherzapfen

Es befindet sich unterhalb des Gipfels auf der Nordseite des Kammes. Die Koordinaten lauten: 730.500/212.220/2130 m. Der Erzausbiß hat eine Höhe von 0,2 m und eine Breite von 10 m, die Tiefe ist unbekannt. Die Lagerung ist konkordant zu den Schönbühlschiefern. Die Begrenzung der Linse aus feinkörnigem Grauem Gebirge ist ziemlich scharf. Vereinzelt sind Quarz-Kalzit-Gängchen zu beobachten. Im Dünnschliff ergibt sich, daß der Kalzit als Nester in der Grundmasse oder im Zentrum der Quarzgängchen linsig auftritt. Das Erz bildet perlschnurartige Lagen und Schichten mit Chlorit zusammen (wahrscheinlich Scherflächen) oder es liegt in Zwickeln von körnigen Quarzaggregaten und -gängchen. Makroskopisch ist Kupferglanz und Malachit festzustellen.

### 2. Das Vorkommen Chli Hochmättli

Es befindet sich auf der Westseite des Chli Hochmättli westlich eines N-S-Querbruches. Die Koordinaten lauten: 731.110/212.460/2160 m. Die Höhe des Erzausbisses ist ca. 0,2 m, die Breite ca. 2 m, die Tiefe ist unbekannt (Figur 32). Die Lagerung des konkordanten Erzkörpers ist  $65^{\circ}/15^{\circ}$  und die Begrenzung ist ziemlich



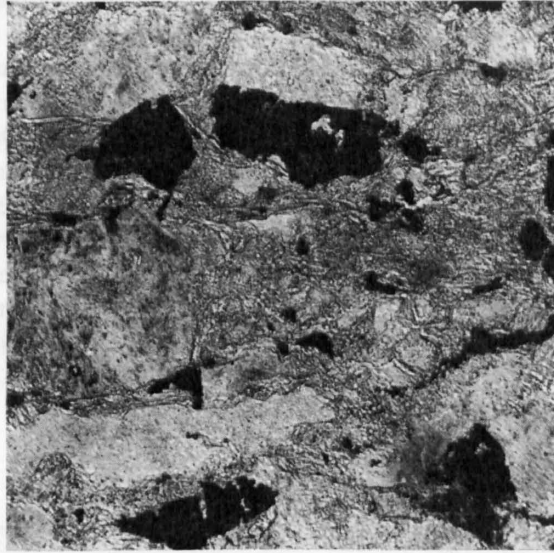
Figur 32. Seigerriß des Kupferglanz-Vorkommens Chli Hochmättli.

- 1 = Feinbrekzie ähnlich dem Rotbergsandstein
- 2 = Erzfreier Quarzit mit Feldspäten
- 3 = Kupferglanz und Titanit führender Quarzit mit Feldspäten
- 4 = Nasser Schuttkegel

scharf. Klüfte haben eine geringe Bedeutung. Das Begleitgestein ist ein weißer Quarzit mit Feldspäten, der durch Reduktion einer Feinbrekzie ähnlich dem Rotbergsandstein entstanden ist. Makroskopisch ist reichlich Kupferglanz und Malachit in Lagen, Nestern oder feindispers eingesprengt. Der Dünnschliff zeigt noch den seltenen, aber äußerst charakteristischen Titanit und zwei Arten Chlorit als markante Gangmineralien auf. Der erstere ist häufig mit Quarz verwachsen oder verdrängt Plagioklas (Figur 33). Er bildet feinkörnige braune Aggregate mit hohem Relief und hohen Interferenzfarben. Typisch sind auch Umrisse in Briefkuvert-



form oder schwalbenschwanzähnliche Zwillingsbildungen. Die eine Varietät Chlorit erscheint in spärolithischer Ausbildung in Hohlräumen. Im Dünnschliff ist er ziemlich stark grünlich und zeigt gelblichgrün-dunkelbraune Interferenzfarben. Es handelt sich wahrscheinlich um einen Vertreter der Leptochlorite, vielleicht um Delessit. Der gewöhnliche Chlorit ist eher würmchenartig und farblos bis bläulichgrün und weist bläulichgraue Interferenzfarben auf. Im Erzanschliff wird ersichtlich, daß es sich beim Kupferglanz um die blaue,



Figur 33. Dünnschliffaufnahme eines Quarzites mit Feldspäten, Chloriten und Titanit (dunkel). Der Titanit verdrängt häufig Plagioklas (oben Mitte) oder besitzt Briefkuvertform (unten links).  
1 Nicol, Vergrößerung  $95\times$ . Chli Hochmättli.

anisotrope und grobkörnige Varietät handelt. Er enthält zudem als Einschlüsse Körnchen von Hämatit und Gediegen Silber, sowie wahrscheinlich als Entmischung längliche Tröpfchen von Bornit. Der Kupferglanz wird vom Rande her zementativ von Covellin und oxydativ von Malachit verdrängt. Der Covellin könnte vielleicht auch zu den Primärerzen gehören. Der Malachit bildet oft schöne radialstrahlige Aggregate. Gegenüber Covellin überwiegt er stark.

### 3. Das Vorkommen Großes Hochmättli-West

Es liegt ganz in der Nähe des N-S-Querbruches Erzbett-Chline Walenchengel, ca. 60 m östlich davon. Eine direkte Verbindung mit der Vererzung am Ostabhang, wie es STÖHR (1865) auf seinen Plänen und im Text angibt, besteht indessen nicht. Es sind zwei Erzausbisse vorhanden; für beide lauten die Koordinaten etwa folgendermaßen: 731.690/212.730/2230 m.

Ausbiß 1 liegt ca. 1,5 m oberhalb Ausbiß 2. Die Höhe der Vererzung ist ca. 0,6 m, die Breite ca. 1,0 m, die Tiefe ist unbekannt. Die Lagerung wurde als konkordant und  $35^{\circ}\text{--}45^{\circ}/10^{\circ}\text{--}12^{\circ}$  bestimmt. Die Begrenzung ist sehr scharf. Klüfte sind nur unbedeutend vorhanden. Das Begleitgestein ist Graues Gebirge, das aus Schönbühlschiefern und einer Feinbrekzie hervorgegangen ist. Makroskopisch sichtbarer Kupferglanz ist dispers eingesprengt. Malachit ist das übliche Oxydationserz. Der Dünnschliff zeigt, daß das Erz meist sehr feinkörnig vorzugsweise in Serizitnestern der Grundmasse vorkommt. Hier begegnen wir auch wieder dem fraglichen Prehnit, der speziell als Verdränger von Plagioklasen auftritt. Seine Umrisse sind zum Teil parallel den Spalt- bzw. Zwillingebenen des Plagioklases. Er besitzt hohe Lichtbrechung und damit ein deutliches Relief, aber eine relativ niedrige Doppelbrechung mit bläulichen bis gelblichen Interferenzfarben, ähnlich denjenigen des Quarzes oder der Feldspäte. Meist ist er farblos oder leicht pigmentiert. Im Erzanschliff findet man noch

Hämatit und Covellin. Der erstere ist körnig bis würmchenförmig ausgebildet, oft zu skelettartigen Aggregaten gehäuft, und fast immer mit xenomorphem, feinkörnigem, blauem und anisotropem Kupferglanz verwachsen. Der Covellin kommt vereinzelt oder als Verdränger des Kupferglanzes vor.

Ausbiß 2 liegt am Mundloch eines verschütteten Stollens. Die Höhe beträgt 0,3 m, Breite und Tiefe der Linse sind infolge Schuttbedeckung nicht erkennbar, ebensowenig die genaue Lagerung; sie kann jedoch als konkordant eingeschätzt werden. Markante Klüfte fehlen. Das Begleitgestein ist feinkörniges Graues Gebirge, in welchem Nester und bis 4 cm mächtige Gängchen von eigentlichem Gangquarz auftreten. In beiden ist perlschnurartig oder dispers Kupferglanz eingesprengt. Im Dünnschliff sind in Hohlraumfüllungen xenomorpher Kalzit und Chloritaggregate festzustellen. Der letztere erscheint vorzugsweise als Gängchenfüllung und besitzt dann hohe Interferenzfarben, vielleicht handelt es sich hier um einen Leptochlorit; in den Zentralpartien enthält er das Erz. Das Erz kann aber auch häufig in den Zwickeln von Quarz- und Feldspataggregaten vorkommen, ebenso als Tröpfchen im Quarz. Durch Oxydationsvorgänge scheint sich aus Erz und Kalzit Malachit in radialstrahligen Aggregaten gebildet zu haben. Der Erzanschliff zeigt wieder, daß blauer, grobkörniger, anisotroper Kupferglanz die Haupterzmasse ausmacht. Daneben kommen noch sehr wenig Hämatit, Kupferkies, Bornit und etwas reichlicher Covellin vor. Der erstere bildet vereinzelt Körner an der Grenze Erz-Nebengestein oder im Nebengestein selbst. Kupferkies und Bornit sind meist verwachsen und füllen Haarklüfte im Quarz in der Umgebung von Malachit-Gängchen; Covellin ist der übliche randliche Verdränger von Kupferglanz.

## 4. Das Vorkommen Großes Hochmättli-Ost

Es liegt am Nordostabhang des Großen Hochmättli, wenige Meter vom Nordostgrat entfernt, genau 50 m unter dem Gipfel, wie es Stöhr (1865) beschreibt. Es sind drei verschiedene Ausbisse zu unterscheiden. Die Gesamtkoordinaten lauten etwa: 731.920/212.760–212.810/2200 m.

Ausbiß 1 hat eine Höhe von 1,4 m und eine Breite von 2 m. Die Tiefenerstreckung ist unbekannt. Die Lagerung ist wahrscheinlich  $65^{\circ}/10^{\circ}$  und die Begrenzung ziemlich scharf. Ziemlich typisch ist hier ca. 0,1 m mächtiger, linsenartiger Gangquarz in feinkörnigem Grauem Gebirge mit eingesprengtem Erz. Die makroskopisch sichtbaren Haupterze sind Fahlerz, Kupferglanz und Covellin. Neben Malachit sind in radioaktivem Sandstein gelbgrüne und orangebraune Oxydationserze unbekannter Metalle auffallend. Im Dünnschliff finden wir im Grauen Gebirge wieder farblosen bis leicht gelblichen Prehnit, der amöbenartig die Zwickel zwischen den Quarzkörnern füllt. Die Kupfererze sind ebenfalls wie gewohnt als Zwickelfüllungen in Quarzgängchen meistens von idiomorphem Malachit umkrustet. Im Gangquarz tritt das Erz auch als Füllmasse von Hohlräumen auf, ebenso Kalzit und sphärolithische Aggregate von Leptochlorit. Der Quarz besitzt zudem oft Aggregatkreuze. Im Erzanschliff können wir eine relativ reichhaltige Paragenese erkennen. Fahlerz, blauer, anisotroper Kupferglanz und Bornit sind am häufigsten. Kupferkies und der fragliche Wismutglanz und Tenorit sind relativ selten. Das Fahlerz bildet vor allem randliche Säume um die Kupferglanz-Bornitmassen. Der blaue, anisotrope Kupferglanz ist meist grobkörnig. Er enthält zentrale und randliche Einschlüsse von Bornit, welcher meist runde Umrisse aufweist. Der Bornit seinerseits enthält auch vereinzelte Entmischungsspindeln von Kupferkies. Ein weiterer Einschluß im Kupferglanz ist der tropfen- bis lamellenförmige cremeweiße fragliche Wismutglanz. Das Reflexionsvermögen ist höher als dasjenige von Fahlerz oder Kupferglanz. Die Härte dürfte derjenigen von Kupferglanz entsprechen. Eventuell ist das Mineral schwach pleochroitisch, sicher aber deutlich anisotrop. Covellin ist der übliche Verdränger des Kupferglanzes. Ein weiterer unbekannter Begleiter des Covellines, häufig auch als Einschlüsse im Fahlerz, ist ein körniges, graubräunliches Mineral, dessen Reflexionsvermögen in der Nähe desjenigen des Covellins liegen dürfte. Es ist wahrscheinlich härter als Fahlerz, stark pleochroitisch und stark anisotrop. Der Verfasser denkt an Tenorit. Was die Radioaktivität anbelangt, so finden wir eine absolute Maximalintensität von 200  $\mu\text{r/h}$ .

Ausbiß 2 liegt ca. 3 m höher. Es handelt sich um einen alten, aber heute noch zugänglichen über 2 m hohen Stollen mit einer Trockenmauer auf der Nordseite des Einganges. Die Mächtigkeit des feinkörnigen Grauen Gebirges wurde bis heute noch nicht näher untersucht; die Tiefe dürfte etwa den 10 m der W-E ver-

laufenden Stollenachse entsprechen. An ehemals erzeichen Stellen kann man seitliche Pingen und Schürflöcher erkennen. Die Erze sind sehr spärlich und wurden nicht weiter untersucht. Die absolute Maximalintensität beträgt beim Ausbiß ca. 40  $\mu\text{r/h}$ , im Stolleninnern ca. 50  $\mu\text{r/h}$ .

Ausbiß 3 liegt ca. 5 m höher und südlich vom alten Stolleneingang. Die Mächtigkeit des Erzgesteins wurde noch nicht näher bestimmt. Die Lagerung entspricht etwa derjenigen von Ausbiß 1. Das feinkörnige Graue Gebirge ist zudem stark verworfen. Die absolute Maximalintensität beträgt ca. 400  $\mu\text{r/h}$ . Limonit und gelbe Anflüge sind die üblichen Sekundärerze.

## 5. Die Vorkommen am Silberspitz

Es sind von hier die drei Fundstellen Silberspitz-Süd, Silberspitz-Ost und Silberspitz-Nordost bekannt. Alle drei entsprechen grosso modo den von Stöhr (1865) erwähnten «Lagergängen», obwohl vom Verfasser keine direkte Verbindung zwischen den einzelnen Erzkörpern festzustellen ist und wahrscheinlich auch keine existiert.

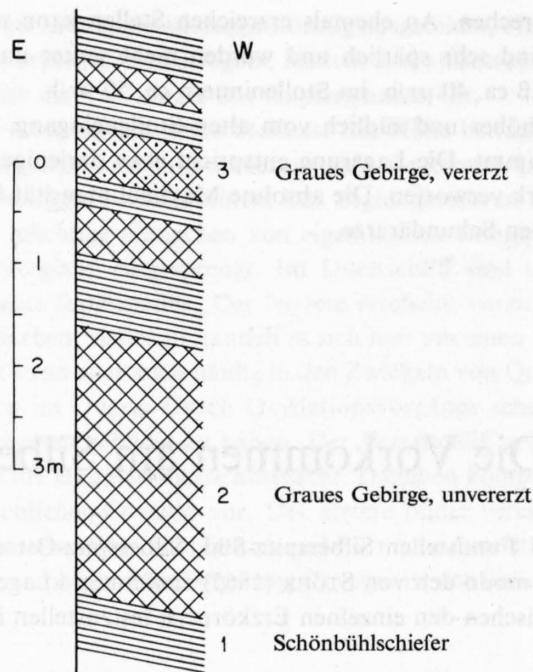
### a) Das Vorkommen Silberspitz-Süd

Es liegt in der südlichen Gipfelwand. Seine Koordinaten lauten: 732.230/213.110/2190 m. Die Mächtigkeit des Ausbisses wurde nicht näher bestimmt. Er keilt auf der Nordseite jedoch plötzlich aus. Die Tiefenerstreckung ist unbekannt. Die Lagerung ist konkordant zu den Schönbühlschiefern, etwa  $225^\circ/10^\circ$ . Klüfte sind nicht besonders typisch. Malachitkrusten sind die einzigen Erze, die sich makroskopisch leicht feststellen lassen. Im Dünnschliff sind hingegen zwei Mineralien charakteristisch: Chlorit und Prehnit. Der erstere ist hell- bis dunkellauchgrün und besitzt graubraune bis schwarzblaue Interferenzfarben. Er ist teils würmchen-, teils amöbenförmig, oft zu Aggregaten gehäuft. Der Prehnit ist hier von allen Fundorten weitaus am schönsten entwickelt. Er verdrängt amöbenartig Schachbrett-Albit (?), daneben erscheint er aber auch mit Chlorit als Gängchenfüllung. Vereinzelt scheint er radialstrahlige, gekrümmte Aggregate zu bilden oder dann mit einem braungelben oder gelbgrünen Mineral verwachsen zu sein. Bisweilen erkennt man eine orthogonale Spaltbarkeit. Diese glimmerartigen gelbgrünen und braungelben Mineralien kommen auch mit Chlorit auf Klüften vor und enthalten kleine schwarze bis dunkelbraune Körnchen. Der Quarz weist zudem oft typische Aggregatkreuze auf. Mit der Lupe und im Erzanschliff konnten Bornit, blauer, anisotroper Kupferglanz und Covellin identifiziert werden. Die relative Maximalintensität beträgt an einer Stelle 48  $\mu\text{r/h}$ .

### b) Das Vorkommen Silberspitz-Ost

Es liegt am Ostabhang des Silberspitz. Die Koordinaten lauten: 732.280/213.220/2180 m. Die Höhe des Ausbisses beträgt ca. 5 m, die Breite ist etwa ähnlich, die Tiefe ist unbekannt. Aus Figur 34 ergibt sich, daß vier chloritisierte Horizonte vorhanden sind, die durch Zwischenschichten von Schönbühlschiefern getrennt sind. Die beiden untersten Horizonte sind erzarm bis taub, der dritte ist relativ erzeich, und der oberste wieder erzarm. Die Lagerung ist  $225^\circ/20^\circ$ , die Begrenzung ist scharf. Klüfte sind wenig bedeutend. Das Begleitgestein ist meist feinkörniges Graues Gebirge mit runden, grobkristallinen Quarzlinsen bis zu mehreren Zentimetern Durchmesser. Bornit und Kupferglanz sind die makroskopisch erkennbaren Primärerze. Im Erzanschliff kann man im Bornit häufig Kupferkiesspindeln beobachten. Der Bornit bildet zudem mit weißem und blauem, anisotropem Kupferglanz die schon erwähnten graphischen Implikationsgefüge. Covellin ist der übliche Verdränger des Kupferglanzes; er selbst wird von Malachit verdrängt. Hie und da trifft man auch vereinzelte pleochroitische und stark anisotrope Lamellen von Graphit an.





Figur 34. Profil des Kupfer-Vorkommens Silberspitz-Ost.

### c) Das Vorkommen Silberspitz-Nordost

Es befindet sich am Nordost-Abhang des Silberspitzes (Ausbiß 1). Ausläufer der Erzkörper sind sogar am Fuße des Gipfels noch erkennbar (Ausbiß 2).

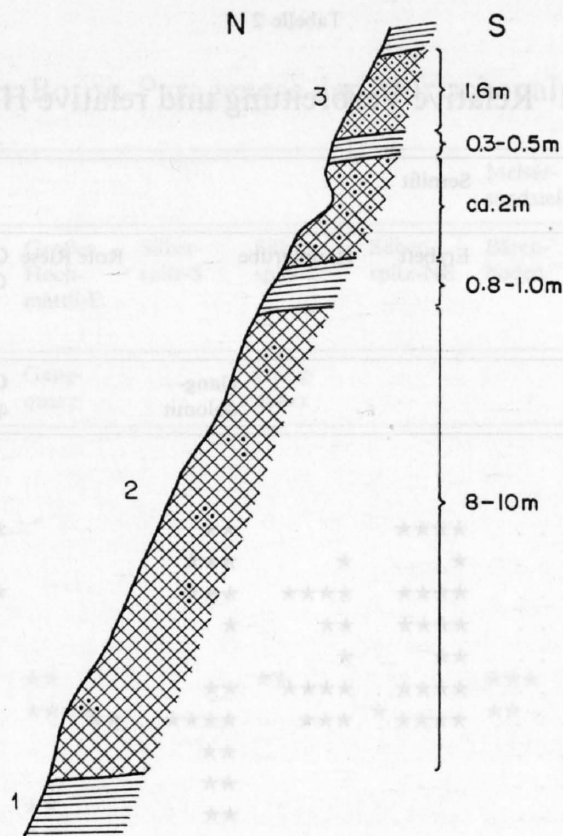
Ausbiß 1 hat folgende Koordinaten: 732.270/213.260/2170 m. Der Erzkörper ist zudem in drei Einzel-linsen aufgeteilt, die eine Gesamthöhe von 12–15 m aufweisen (Figur 35). Die Tiefenerstreckung ist unbekannt. Die Lagerung ist  $225^\circ/20^\circ$ . Die Begrenzung ist ziemlich scharf. Klüfte sind wenig auffällig. Die Chloritisierung und Vererzung hat besonders die psammitischen und psephitischen Horizonte ergriffen. Die Erzführung ist relativ reichlich; vereinzelt Nester findet man im untersten Horizont, häufigere Erzführung und eine alte Schürfstelle kann man im mittleren Horizont feststellen. Die relativ stärkste Vererzung hat aber paketweise den obersten Horizont erfaßt. Makroskopisch konnten als Erze wieder Bornit und Kupferglanz diagnostiziert werden. Im Erzanschliff findet man wieder die üblichen graphischen Implikationsgefüge zwischen diesen beiden mit seltenen randlichen Säumen von Fahlerz. Im Bornit treten auch hier häufig entmischte Kupferkiesspindeln auf. Vereinzelt trifft man noch Covellin und Graphitlamellen an.

Ausbiß 2 hat folgende Koordinaten: 732.190/213.330/2120 m. Die Mächtigkeit des Grauen Gebirges beträgt 0,8–1,0 m, die Breite erfüllt fast die ganze Wand. In der westlichen Runse biegt das Graue Gebirge gegen Süden um unter enormer gleichzeitiger Mächtigkeitszunahme. Es handelt sich hier wahrscheinlich um eine Stirnfalte innerhalb der Schönbühlschiefer alpinotyper Tektonik. Erze wurden hier keine festgestellt.

Die Verbindung der drei Vorkommen am Silberspitz geschieht demnach durch mehrere linsenförmige Einschaltungen, die teilweise willkürlich auftreten, aber im großen ganzen auf einer konstanten Höhe von 2160–2180 m liegen. Die Beobachtung von STÖHR (1865), wonach ein Lagergang vorliege, trifft demnach auch hier nicht zu.

## 2. Melser Sandstein

In der Nähe der typischen N-S-Bruchzonen sind die unmittelbar unter dem Melser Sandstein liegenden Schönbühlschiefer gelbgrün gebleicht und etwas dolomitisiert. Diese Zone kann bis 0,5 m mächtig sein mit scharfer Grenze gegen den hangenden Melser Sandstein und fließendem Übergang gegen die liegenden Schönbühlschiefer. Die horizontale Ausdehnung ist meist nie sehr groß. Die Form ist eher linsenförmig. Da diese Zonen oft von Malachitkrusten bedeckt sind, besteht der Verdacht, daß sie spärliche Kupfererze führen. Etwas reichhaltiger an Erzen ist dann der Melser Sandstein selbst. Eine dieser Stellen liegt unterhalb der Alp Bärenboden.



Figur 35. Profil des Kupfer-Vorkommens Silberspitz-Nordost.

- 1 = Schönbühlschiefer
- 2 = Graues Gebirge, schwach vererzt
- 3 = Graues Gebirge, stark vererzt

## 1. Das Kupfer-Uran-Vorkommen Bärenboden

Typisch ist seine Lage in der Umgebung des N-S-Bruches, der die Lagerstätten Hauptgrube und Silberplange verbindet. Die Koordinaten für die Kupfer-Uran-Vererzung lauten: 731.670/215.160/1690 m. Ein weiterer Ausbiß mit Uran-Vererzung liegt einige Meter weiter nordöstlich. Die Lagerung ist für beide etwa  $210^\circ/70^\circ$ . Die beiden Paragenesen sind an zwei verschiedene Gesteinstypen gebunden.

An der Basis enthält der Melser Sandstein an beiden erwähnten Stellen bis maximal 0,2 m mächtige, schwarze, bituminöse Schiefer, die teilweise mylonitisiert und ausgewalzt sind. Beim ersten Ausbiß wurde eine absolute Maximalintensität von  $170 \mu\text{r/h}$ , beim nordöstlichen Ausbiß eine solche von  $150 \mu\text{r/h}$  gemessen. Der Uranträger konnte bis heute nicht identifiziert werden; es könnte sich um eine organische Uranverbindung handeln. Im Erzanschliff findet man aber auch Kupfererze in Körnchen, die höchstens einige Millimeter groß sind. Das Haupterz ist auch hier der Bornit, der oft Entmischungsspindeln von Kupferkies enthält. In Verwachsungen mit ihm findet man selten Fahlerz. Der Kupferkies scheint zudem auch hier in sekundärer Form als umgekehrt zementativer Verdränger von Bornit aufzutreten; ein zementativer Verdränger von Bornit ist Covellin. Nahezu statistisch verteilt kann man im ganzen Gestein rötlichbraune Lamellen von Graphit beobachten, die auf Scherflächen oft angehäuft und zu Zügen geregelt sind.

Im Melser Sandstein selbst wurde eine typische Bornit-Paragenese festgestellt. Das Haupterzmineral ist Bornit, welcher zementativ von Covellin und umgekehrt zementativ von Kupferkies randlich und von Spalt-rissen aus verdrängt wird. Auch diese Einschlüsse sind dispers verteilt und höchstens einige Millimeter groß. Charakteristisch sind für dieses Vorkommen idiomorphe Kristalle von Azurit neben reichlichen Anflügen von Malachit.

Tabelle 2

## Relative Verbreitung und relative Häufigkeit der Erz- und

Nebengestein	Sernifit					
	Lagerstätte bzw. Vorkommen	Erzbett	Hauptgrube	Rote Riese	Chlis Chalttal	Großes Chalttal Schafplatten
Besondere Ganggesteine			Gang-dolomit		Gang-quarz	Gang-quarz
Erzminerale						
1. Hämatit . . . . .	★★★★		★★		★★★★	
2. Gediengen Silber . . . . .	★	★	★★★★			★★
3. Pyrit . . . . .	★★★★	★★★★	★★★★		★★	★★
4. Molybdänglanz . . . . .	★★★★	★★	★			★★★
5. Bleiglanz . . . . .	★★	★				
6. Kupferkies . . . . .	★★★★	★★★★	★★			★★★★
7. Fahlerz . . . . .	★★★★	★★★	★★★★	★★		★★★★
8. Betehtinit . . . . .			★★			
9. Wittichenit . . . . .			★★			★★★
10. Wismutglanz . . . . .			★★			
11. Tenorit . . . . .						
12. Bornit . . . . .	★★★★	★★★★	★★★★	★★	★★★★	★★★★
13. Weißer, anisotroper Kupferglanz . .	★★★★	★★	★★★★			★★
14. Blauer, anisotroper Kupferglanz . .	★★★★	★★★★	★★★	★★	★★★★	★★★★
15. Stromeyerit . . . . .			★★★			★★
16. Covellin . . . . .	★★★★	★★★★	★★★★		★★★★	★★
Pechblende . . . . .						★★★
Brannerit . . . . .						★★★
Gangartminerale						
1. Quarz . . . . .	★★★	★★★	★★		★★★★	★★★★
2. Titanit . . . . .						
3. Prehnit . . . . .						
4. Graphit . . . . .						
5. Chlorit . . . . .	★★★★	★★★★		★★★	★★★★	★★★★
6. Siderit . . . . .	★★					★★
7. Ankerit . . . . .			★★★★			
8. Dolomit . . . . .	★★★★	★★	★★★★		★★★★	
9. Albit . . . . .			★			
10. Kalzit . . . . .	★★	★★	★★★			★★★★
11. Baryt . . . . .	★★					



# Gangartmineralien der Bornit-Paragenese der Mürtschenalp

Schönbühlschiefer							Melser-sandstein	Röti-dolomit	Sernifit	
Etscher-zapfen	Chli Hoch-mättli	Großes Hoch-mättli-W	Großes Hoch-mättli-E	Silber-spitz-S	Silber-spitz-E	Silber-spitz-NE	Bären-boden	Chüetal	Chline Walen-chengel, IK XIa	Chalttal-boden IK III
Gang-quarz	Gang-quarz	Gang-quarz	Gang-quarz		Gang-quarz			Gang-quarz		
★★	★★★									
★★										
								★	★★★	★★★
								★		
		★	★★		★★		★★★	★	★★★	★★★
			★★★★			★	★★	★★★★	★★★	★★★
			★★							
			★★							
★★	★		★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★	★★★	
★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★			★★★	
	★★★★	★★★	★★★	★★★	★★★	★★★	★★★			
★★★	★★★★	★★★★	★★★★		★★★★			★★★	★★★	★★★
	★★★		★★	★★	★★★★					★★
★★★	★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★	★★★★		★★★★	★★★★
									★★★★	
★★★		★★★	★★★					★★★	★★★★	★★★★

- ★★★★ Relativ sehr verbreitet auf der Lagerstätte
- ★★★ Relativ häufig auf der Lagerstätte
- ★★ Relativ vereinzelt auf der Lagerstätte
- ★ Relativ sehr selten auf der Lagerstätte

### 3. Rötidolomit

Auch in der Mürtschenscholle führt der Rötidolomit bituminöse Tonschieferhorizonte, die örtlich – besonders wieder natürlich in der Umgebung der bekannten N-S-Bruchzonen – Pyritisierungen und eine leichte Uranführung aufweisen.

## 1. Das Vorkommen Judenweg

Es liegt unmittelbar am Weg vom Unter Mürtschen über das Heuloch zum Bärenboden. Der Horizont der bituminösen Tonschiefer liegt einige Meter über dem Melser Sandstein als konkordante, ziemlich ausgedehnte Schicht. Die Pyritisierungen erstrecken sich mehr oder weniger gehäuft oder dispers über den ganzen Horizont. Die absolute Maximalintensität beträgt an einer Stelle mit den folgenden Koordinaten: 731.520/215.120/1760 m ca. 52  $\mu\text{r/h}$  und an einer andern Stelle mit den Koordinaten 731.370/215.030/1710 m ca. 50  $\mu\text{r/h}$ . Kupfervererzungen scheinen infolge fehlender Malachitanflüge nicht vorhanden zu sein.

## IX. Vergleich der Uran- und Kupfervererzungen der Mürtschenalp mit ähnlichen Vorkommen

### Bisherige Auffassungen

Da sich die Vererzungen der Mürtschenalp ausnahmslos in Sedimenten vorfinden – und zwar vorwiegend in permischen Schiefern, Sandsteinen und Brekzien bis Konglomeraten des Red Bed-Typus (sogenannte Fan-glomerate), seltener in triadischen marinen Sandsteinen und Dolomiten – hat sie SCHNEIDERHÖHN (1955) in seinem Lehrbuch seinerzeit mit einem gewissen Recht seiner Hauptgruppe III: Verwitterungslagerstätten auf dem Festland, 14. Aride Kupfer-Konzentrationslagerstätten (Red Bed-Typus) zugeordnet. Nach ihm wären dann die bisher bekannten Kupfer-Silber-Uran-Erze aus Trümmern von erodierten Erzgängen herausgelöst und nachträglich im gleichen Gesteinskomplex wieder ausgefällt worden. Diese Auffassung hat infolge ihrer Einfachheit tatsächlich etwas Bestechendes an sich. Dazu kommen noch einige weitere Tatsachen, die der Verfasser einerseits während seiner Feld- und Laborarbeiten beobachtet hat, oder die andererseits von weiteren Forschern an ähnlichen Lagerstätten in sedimentären permischen und triadischen Gesteinen beobachtet worden sind. Im folgenden werden diese Gründe zusammengestellt.

### A. Kriterien für eine sedimentäre Genese anhand neuer Beobachtungen und Vergleiche mit ähnlichen Lagerstätten.

#### a. Eigene Beobachtungen an den Vererzungen der Mürtschenalp.

1. Die Vererzungen sind stratigraphisch ziemlich eng begrenzt. Sie erfassen die obersten 200 m des Sernifites, in geringerem Maße den Rotbergsandstein, die Schönbühlschiefer, den Melser Sandstein und die untersten Schichten der Röti-Serie.
2. Sowohl bei der Pechblende- als auch bei der Bornit-Paragenese gibt es konkordante, linsenförmige Erzimprägnationen, die stratigraphischen Horizonten entsprechen könnten.

3. Die Pechblende-Paragenese ist teilweise tieftemperierte, denn sie führt Melnikovit-Pyrit, Bravoit (nickelhaltiger Gelpyrit), Pechblende in Gelstrukturen und eisenarme Zinkblende. Pechblende und Pyrit sind also wahrscheinlich kolloidale Fällungen.
4. Wie schon erwähnt, handelt es sich um Vererzungen in «Ariden Wannen», die für die Bildung von Erzlösungen und -lagerstätten ausgesprochen günstige Bedingungen aufwiesen.

#### b. Ähnliche Lagerstätten, die von ihren Erforschern ebenfalls einer sedimentären Genese zugeordnet werden.

Bei vielen Erzlagerstätten in Sedimenten hat es sich im Verlaufe genauerer Erforschung gezeigt, daß ihre Entstehung vielfach – wenn auch oft nur sehr entfernt – mit azendenten Vorgängen in dieser oder jener Form verknüpft war. So kann denn der Verfasser für die Kupfermineralisation nur ein einziges Beispiel einer Lagerstätte mit einer sicheren sedimentären Genese als Vergleich anführen. Es handelt sich dabei um den deutschen Kupferschiefer, der ja schon häufig lagerstättenkundlich bearbeitet worden ist und auch immer wieder neue Interessenten in dieser Richtung findet.

In marinen bituminösen Mergelschiefern des Zechsteins kommen nach SCHNEIDERHÖHN (1955) konkordante Imprägnationen von Pyrit, Zinkblende, Bleiglanz, Fahlerz, Kupferkies, Buntkupfer, Gedingen Silber und Tiefkupferglanz vor. Selten findet man noch wahrscheinlich sekundäre Trümchen von Kupferkies. Interessant sind die Spurenelemente Mo, V, Ni, Au, Pt, Pd, Re. Allgemein wird ein syngenetisch-sedimentärer Ursprung der Vererzung angenommen, der durch unzählige Detailuntersuchungen noch weiter gestützt wird.

Unter den Uranlagerstätten, deren Entdeckung allerdings meist erst in neuerer Zeit erfolgte, wird eine sedimentäre Genese bedeutend häufiger postuliert.

Ein der Mürtschenalp vielleicht vergleichbares Vorkommen in der Schweiz wurde 1957 vom Arbeitsausschuß für die Untersuchung schweizerischer Mineralien und Gesteine auf Atombrennstoffe und seltene Elemente durch systematische Stollenuntersuchungen in der Nähe von Isérables (Kt. Wallis) entdeckt. Nach DE QUERVAIN (1958), HÜGI et al. (1959) und neuere Mitteilung von DE QUERVAIN (1962) wurden ca. 2,6 km im Berginnern, später auch an Oberflächenaufschlüssen, in Chlorit-Serizit-Schiefern bis -Gneisen des wahrscheinlich permischen Anteiles des Casannaschiefer-Komplexes der Bernhard-Decke vorwiegend konkordante, selten diskordante, lagergangartige bis diffuse Imprägnationen von Pechblende, begleitet von Pyrit, verschiedenen Kupfermineralien (Kupferkies, Fahlerz, Bornit u. a.), lokaler auch von Bleiglanz, festgestellt. Eine Gangart fehlt. Es sind Anzeichen einer starken alpinen Umlagerung vorhanden. Die Autoren halten einen sedimentären Ursprung der Vererzung für diskutabel.

Weitere Lagerstätten in permischen Schichten außerhalb der Schweiz liegen im Val Rendena an der Ostflanke des Adamello Massives und im Val Daone an der Südflanke des gleichen Massives in den Ostalpen. Nach einer Publikation des CNRN (1959) und nach CEVALES (1960) gibt es in dunkelgrauen, feinkörnigen Arkosen konkordante dünne Lagen und linsenförmige Imprägnationen mit Erzen. Diese Arkosen liegen einige Dekameter über den permischen Vulkaniten (vorwiegend quarzlatitische bis rhyodazitische Laven und Tuffe, vielfach als Ignimbrite bezeichnet) und bilden den Übergang zur hangenden «Wüstenfazies» von rötlicher Farbe der Val-Gardena-Serie. Die Arkosen setzen sich aus Gesteins-, Quarz- und Feldspatkörnern von kristallinen und vulkanischen Gesteinen zusammen. Die Erzminerale sind feindispers eingesprengt, hauptsächlich Pechblende, wenig Brannerit, reichlich Pyrit, Arsenkies, Zinkblende, Bleiglanz, Arsen-Fahlerz, Kupferkies, Kupferglanz und Covellin. Im Val Rendena kommen eventuell noch primäre Vanadium-Erzminerale, wie Coffinit, sowie eine organische Uranverbindung vor; daneben wurden mancherlei sekundäre Uranminerale bestimmt. Im Val Daone wurde selten noch etwas Magnetit und Graphit gefunden. Die Elemente Cu, P, V, Pb und As kommen mit Uran in etwa proportionalen Mengen vor; als Maximalgehalte wurden indessen 2,5% Pb, 0,6% As, 0,2% P, 0,3% Cu und 1% V bestimmt. Charakteristische Begleitminerale sind Rutil, Anatas, Ilmenit, inkohlte Holzreste und verkieselte Baumstämme. Obwohl der Urangehalt der erwähnten Ignimbrite sehr niedrig, im Mittel nur 1,42 g/t ist, gibt es lokale Anreicherungen von Uran in den Ignimbriten selbst, die als Fumarolenprodukte gedeutet werden. Diese Gesteine zeigen zudem Anzeichen starker pneumatolytischer und hydrothermalen Tätigkeit; jene mußte sich während der Entgasung und Abkühlung der Ignimbrit-Ablagerungen abgespielt haben. Ein Alter von 220 Mio. Jahren (bestimmt an drei unabhängigen



Proben) schließt andererseits die Herkunft des Urans aus hangenden mittel- bis oberpermischen Sandsteinen aus. Es ist daher anzunehmen, daß Verwitterungsprodukte der Ignimbritformation und kondensierte vulkanische Gase und Sublimationsprodukte von Fumarolen (Uran, ausgesprochen pneumatophil, wandert somit leicht mit den Fumarolen) in das Val Rendena-Sedimentationsbecken (eine Übergangszone zwischen Ignimbritdecken und Bergamasker Graben mit rascher Sedimentation) verfrachtet worden sind und so eine sekundäre syngenetisch-sedimentäre Vererzung bedingten.

Ziemlich ähnlich sind nach CNRN (1959) und CEVALES (1960) die Erzvorkommen von Bric Balacorda und Grange Serre im Valle del Preit, westlich von Cuneo in den Westalpen. Dort liegen konkordante, diffuse bis linsenförmige Imprägnationen in Quarz-Muskovit-Schiefern bis Porphyroidschiefern des Perm. Haupterzminerale sind nach CEVALES (1960) Pechblende, Pyrit, Zinkblende, Bleiglanz, Kupferkies, Fahlerz und etwas Bravoit. Begleitminerale sind Quarz, Rutil, Anatas und kohlige Substanz. Da die organischen Substanzen und Uranverbindungen vielfach im Apatit eingeschlossen sind, nehmen die Erforscher eine Phosphatablagerung mit Uran und anderen Erzen in seichten Sümpfen von kleinen und unzusammenhängenden Sedimentationsbecken an. Eine terrigene Ablagerung bildete schließlich den Abschluß der Vererzungsphase.

Eine weitere kleinere Vererzung in den Westalpen wird von Liouc im Westen des «Dôme de Barrot» beschrieben. Dort gibt es nach KERVELLA (1958) im Sandstein der kontinentalen Trias Linsen mit kohligen Substanzen, an welche die Urangehalte vorwiegend gebunden sein sollen. Als Uranträger dürften Karburane noch unbestimmter Zusammensetzung anzunehmen sein. Das Uran soll aus detritischem Granit ausgewaschen und durch Pyrit und kohlige Substanz ausgefällt worden sein, also eine sedimentäre Bildung.

Verschiedene Vererzungen liegen weiter nordöstlich an der Westflanke des Massives der Argentera (Mercantour). Dort führen nach KERVELLA (1958) und BARREAU (1959) Sandsteine des Unterperm bei Roya zum Beispiel Karburane, Uranoxyde, die sekundären Uranminerale Uranocircit und Zeunerit, sowie etwas Pyrit und Covellin. Die Entstehungsbedingungen dürften denjenigen von Liouc analog sein.

Im Departement Hérault am Südrand der Cevennen wurden nach KERVELLA (1958) in Sandsteinen des Saxonian und Mergeln des Autunian (Perm) vor allem Pechblende, Coffinit, nach STRUNZ (1957)  $U[Si, H_4]O_4$ , Kupferkies, Karburane, Urangraphitoide, Covellin, Ankerit, asphaltische Produkte, sowie viele Sekundärerzminerale des Kupfers und Urans festgestellt. Spurenanalytisch wurden zudem die Metalle As, V, Zn, Pb und Ti noch nachgewiesen. Eine sedimentäre Genese scheint hier sehr wahrscheinlich.

Eine dem deutschen Kupferschiefer ähnliche Bildung wurde von GRIMBERT (1956) von St. Hippolyte (Dep. Haut-Rhin) beschrieben. Dort sind schwarze Schiefer des Westphalian und Stephanian (Karbon) mit Karburanen, Pyrit, Zinkblende, Bleiglanz, Kupferkies und Arsenkies vererzt. Es wurden darin bestimmt: 15% Kohlenstoff, ca. 2% Teer und 13% Siderit, an Spurenelementen Mn, Ag, Ni, V, Bi, Ti und Sn. Die dunkelsten Lagen dieser Schiefer sind zugleich die uranreichsten. Eine sedimentäre Genese scheint hier gesichert.

## B. Kriterien für eine hydrothermale Genese anhand neuer Beobachtungen und Vergleiche mit ähnlichen Lagerstätten.

Seit den Funden von Kupfererzen in Keratophyren des Kärpfgebietes durch AMSTUTZ (1949 und 1950) und den Verfasser (1960 b) ist eine sedimentäre Genese der Kupfervererzungen der Mürtschenalp bereits etwas fragwürdig geworden, obwohl AMSTUTZ (1950) die Auffassung von SCHNEIDERHÖHN (1949) für die Kupfer-Uran-Silber-Erze im Verrucano noch gelten läßt.

Die Theorie einer sedimentären Genese trägt indessen auch nicht allen geologisch-petrographischen Feldbeobachtungen und den Untersuchungen des Verfassers (1960 a) im Polarisations- und Erzmikroskop Rechnung. Vollends revisionsbedürftig wurde nach Ansicht des Verfassers die Auffassung von einer sedimentären Genese der Kupfererze durch Entdeckung eines anders gearteten Gangsystems mit der komplexen Uran-Paragenese im Jahr 1957 (1958 b).

## a. Eigene Beobachtungen an den Vererzungen der Mürtschenalp.

1. Imprägnationen von diskordanten Klüften und Ruschelzonen, ja sogar Füllungen von diskordanten Offenspalten, herrschen gegenüber konkordanten Imprägnationen und Gängen eindeutig vor.
2. Wir haben im Felde ganz eindeutig 2 tektonische Gangsysteme mit zwei Paragenesen, die sich im Mineralbestand deutlich unterscheiden. Es kann ein N-S-System mit einer Pechblende- und ein SW-NE-System mit einer Bornit-Paragenese festgestellt werden.
3. Die beiden Gangsysteme haben verschiedenes Alter. Nachdem bei einem Vererzungspunkt (Sondierstollen Großes Chalttal) eine Überlagerung der beiden Systeme und Mineralisation erkannt werden konnte, ließ sich feststellen, daß die Pechblende-Paragenese mit dem N-S-System älter als das SW-NE-System mit der Bornit-Paragenese ist.
4. Innerhalb der beiden Paragenesen kann eine zeitliche Temperaturänderung festgestellt werden. Bei der älteren Pechblende-Paragenese ist die Temperatur ansteigend, bei der jüngeren Bornit-Paragenese fallend.
  - A. Die Pechblende-Paragenese beginnt mit Gel-Pechblende und Gel-Pyriten (Melnikovit-Pyrit und Bravoit), mit eisenarmer Zinkblende und endet mit Millerit, Linneit, Bleiglanz, Kupferkies und Fahlerz.
  - B. Die jüngere Bornit-Paragenese beginnt mit Quarz, vereinzelt Siderit, örtlich starker Füllung von Offenspalten durch Dolomit, Ankerit, Hämatit und wahrscheinlich Gediegen Silber. Hierauf tritt mit Molybdänglanz und kristallinem Pyrit die Sulfidmineralisation ein. Wir finden keine Gel-Pyrite, keinen Markasit und keine Spuren des amorphen Molybdänsulfides Jordisit, wie dies zum Beispiel typisch für den deutschen Kupferschiefer sein soll, dessen Mineralisation mit einer gewissen Sicherheit einer sedimentären Genese zugeschrieben wird. Auch Spuren von Bleiglanz sind anzutreffen. Die Kristallisationsfolge geht dann weiter mit Kupferkies/Fahlerz/Betehtinit, hierauf folgen Bornit/Wittichenit/fraglicher Wismutglanz, anschließend weißer und blauer, anisotroper Kupferglanz/Stromeyerit und zuletzt Covellin.
5. In nur 10 km Entfernung finden wir im südlich gelegenen Käpfgebiet in etwas tieferen Niveaus derselben Formation intrusive und effusive basische Laven mit Kupfervererzungen innerhalb der Eruptivgesteine. Neben den bereits von AMSTUTZ (1950) beschriebenen Fundstellen entdeckte der Verfasser (1960 b) im Sommer 1959 am Nordwestfuß des Gandstockes im Gehängeschutt stark verquarzten, chloritisierten und Karbonat führenden ausgebleichten Keratophyr mit reichlichen Kupfererzen. Die erzmikroskopischen Beobachtungen ergaben neben viel Titanit eine sehr schöne Ausscheidungsfolge von Kupferkies-Bornit-anisotropem Kupferglanz-Covellin. Vor allem die drei zuletzt genannten Kupferminerale machen nun aber in der soeben erwähnten Sukzession nicht nur in den keratophyrischen Laven des Käpfgebietes, sondern auch in den umliegenden permischen Sedimenten, insbesondere im Raume der Mürtschenalp, den Hauptmineralbestand der Kupfervererzungen aus.
6. Das Kupferglanz-Vorkommen Chli Hochmättli im Gebiet der Mürtschenalp führt neben quarziger und chloritischer Gangart reichlich Titanit wie die Erze des Gandstockes.
7. Vorläufige chemische Analysen von Uranerzen weisen zum Teil ebenfalls einen hohen Titan-Gehalt auf.
8. Daß aber neben den soeben erwähnten möglichen Zusammenhängen zwischen den Kupfervererzungen im Raume der Mürtschenalp und jenen in den Keratophyrlaven des Käpfgebietes auch Beziehungen hinsichtlich der Uranmineralisation bestehen können, macht nach AMSTUTZ (1951 a) ein Spilit vom Gandstock (!) wahrscheinlich, der neben dem bereits erwähnten Indikatormineral Titanit (1,5%) gegenüber andern basischen, und zum Teil sogar sauren, Eruptivgesteinen des Käpfgebietes eine ziemlich erhöhte Radioaktivität aufweist. Nach demselben Autor wäre mögliches Uran oder Thorium am ehesten als diadocher Ersatz von  $\text{Ca}^{++}$  im Titanit des betreffenden Spilites zu erwarten.
9. Im Sommer 1959 sind von Herrn A. Bitschnau nördlich des Talsees in ca. 5 km Entfernung nordwestlich der Mürtschenalp in Kreidekalk tief violett gefärbte Fluorite gefunden worden. In bezug auf ihre Farbe stehen sie – abgesehen von einigen seltenen Ausnahmen des Säntisgebietes – heute in der Schweiz einzig da. Hiezu sei festgestellt, daß nach ZESCHKE (1956) der Fluorit vieler Pechblende-Gänge, so zum Beispiel des französischen Zentralmassives oder der bayrischen Oberpfalz, immer tief violett gefärbt ist.

## b. Ähnliche Lagerstätten, die von ihren Erforschern ebenfalls einer hydrothermalen Genese zugeordnet werden.

Der Verfasser möchte hier nur solche Lagerstätten anführen, deren Charakter – zumeist in Sedimenten – am ehesten mit einer sedimentären Genese in Einklang gebracht werden könnte, die aber dennoch als hydrothermal bezeichnet werden. Dabei werden auch solche Vererzungen in Sedimenten nicht oder an anderer Stelle behandelt, die irgendwie mit Eruptivgesteinen, zum Beispiel mit basischen Gängen, in unmittelbarer Nachbarschaft verknüpft sein könnten. Aus diesem Grunde wird die der Mürtschenalp am nächsten liegende Kupfervererzung vom Ual Schmuèr bei Ruis-Andest (Kt. Graubünden) weiter unten auf Seite 99 beschrieben.

Sehr viel Ähnlichkeit mit der Kupfermineralisation der Mürtschenalp besitzen aber die Kupfer-Wismut-Lagerstätten des Val d'Anniviers (Kt. Wallis) im Bereich der Bernhard-Decke (Penninikum). Die wichtigsten Lagerstätten sind Baicolliou, Biolec und Pétolliou.

Baicolliou weist die größte Vererzung auf. HALM (1945) berichtet von einer konkordanten Gangzone mit linsigen oder perlschnurartigen Lagergängen, seltener diffusen, lagigen Imprägnationen in karbonatführendem Serizit-Chlorit-Albit-Schiefer in einem vielleicht permischen Casannaschiefer-Komplex, da er unmittelbar von triadischen Quarziten und Dolomiten überlagert wird. Er stellte eine eindeutige Abfolge von vier Formationen fest mit gleichzeitiger Rejuvenation. Die erste, mesothermale Karbonat-Formation führt Ankerit und eisenreichen, manganhaltigen Dolomit. Hierauf folgt eine zweite pneumatolytische Phase mit Pyrit-Fahlbändern, Quarz, Albit, Turmalin, Rutil, Chlorit und Serizit. Als dritte Phase kann man eine mesothermale Erzformation mit vorwiegendem Fahlerz, Kupferkies und Wismutglanz erkennen. Ein Teil des Wismutglanzes könnte nach Auffassung desselben Autors auch Antimonglanz sein. Bornit wird als kleine Einschlüsse im Pyrit beobachtet. Wenig Eisenglanz soll eventuell sekundär sein. HÜGI (1949) hat die Erze spektralanalytisch untersucht, so daß ein Vergleich mit den Erzen der Mürtschenalp möglich ist. Im Gegensatz zur Mürtschenalp enthalten diese Erze nach HALM (1945) maximal ca. 2,6 g Gold pro Tonne Erz, sowie nach HÜGI (1949) auch Hg, In, Ge und Te in Mengen von ca. 0,01–0,1%, wahrscheinlich als Bestandteil des Fahlerzes anstelle der Kupfer- oder Arsen-Atome. Eine vierte epithermale Phase wird schließlich noch durch den Baryt dargestellt. In bezug auf das Nebengestein und die Gangarten, vererzt und unvererzt, lassen sich Brekzientexturen und Lagentexturen erkennen, in bezug auf Erz und Gangarten ausgesprochene Resorptionsstrukturen, ganz analog wie bei den Vererzungen der Mürtschenalp, die wahrscheinlich durch innere Gangmetasomatose entstanden sind. HALM (1945) erwähnt zudem gegen die Tiefe eine Zunahme an Pyrit, Kupferkies und Quarz und eine Abnahme der übrigen Erze und des Karbonates. Es entspricht dies einem gewissen «telescoping», was auch in gleicher Weise schon von STÖHR (1865) in der Hauptgrube auf der Mürtschenalp beobachtet wurde, und nach SCHNEIDERHÖHN (1941) einem subvulkanischen Ursprung entsprechen müßte. HALM (1945) nimmt demnach eine aszendente, pneumatolytisch-hydrothermal gemischte, epigenetische und telemagmatische Genese mit Rejuvenation an.

Biolec und Pétolliou sind zwei kleinere Lagerstätten südöstlich von Baicolliou. In ähnlichem Nebengestein wie bei Baicolliou stellte HALM (1945) konkordante, linsige-perlschnurartige Lagergänge und selten diskordante Seitentrümer fest. In Quarz-Albit-Karbonat-Gangart ist neben den Haupterzen Pyrit, Kupferkies, Fahlerz und Wismutglanz vor allem Polydymit ( $\text{Ni}_3\text{S}_4$ ) typisch. Der Autor sieht darin einen Übergang zu den Co-Ni-Lagerstätten von Kaltenberg im östlich davon gelegenen Turtmantal. Die Spurenelemente decken sich nach HÜGI (1949) mit Ausnahme von Te-Spuren in erstaunlicher Weise mit denjenigen der Mürtschenalp. Obwohl Ba geochemisch ebenfalls festgestellt wurde, soll an beiden Orten nirgends Baryt vorgekommen sein.

Zum Vergleich möchte der Verfasser noch zwei außeralpine Vorkommen kurz beschreiben.

Das hydrothermale Analogon zum sedimentären deutschen Kupferschiefer bilden die sogenannten «Kobaltrücken» im Kupferschiefer. Es handelt sich dabei um diskordante Kalzit-Baryt-Gängchen, die von den liegenden Glimmerschiefern durch das Rotliegende, das Zechsteinkonglomerat, den marinen bituminösen Mergelschiefer bis in die Zechsteinkalke reichen. Sie führen hauptsächlich Kobaltarsenide, Speiskobalt und Safflorit, seltener Kupferkies, Fahlerz, Buntkupfer, Gediegen Wismut und Rotnickelkies. Die Vererzung ist topomineralisch vor allem an die Zone des Kupferschiefers gebunden, in den übrigen Horizonten ist sie sehr spärlich bis fehlend. Nach RAMDOHR (1960) soll das Vorkommen von Gediegen Wismut jeweils ein Kriterium



für einen azenditen, hydrothermalen Ursprung sein, den auch SCHNEIDERHÖHN (1941) in diesem speziellen Falle als gesichert betrachtet.

Eine weitere kleine Vererzung liegt in der Saar-Nahe-Senke nordöstlich von Imsbach. Dort gibt es nach SCHNEIDERHÖHN (1941) und GEIS (1955) in Sandsteinen und Tonschiefern des Oberrotliegenden auf Ruschelzonen Imprägnationszonen mit Tiefkupferglanz und oxydischen Kupfererzen, vereinzelt auch Gediegen Kupfer und Bleiglanz. GEIS (1955) stellte zudem in Kupferglanzmassen Kupferkieskerne fest. Gangarten sind Quarz und Kalzit. SCHNEIDERHÖHN (1941) nimmt einen azenditen, epithermalen Ursprung an.

In bezug auf die Uranmineralisation liegen die nächsten vergleichbaren Vorkommen im Bündner Oberland. Eine Bleiglanz-Zinkblende-Lagerstätte – allerdings bis heute ohne Uran – wird von FRIEDLÄNDER (1930) von Sul Rhein südlich Ruis erwähnt. In grünlichem Serizit-Schiefer der Verrucano-Formation der Helvetischen Wurzelzone sollen neben Bleiglanz und Zinkblende seltener noch Kupferkies, Fahlerz, Enargit und Silberglanz vorkommen. Die Erze und die Gangarten Quarz und Chlorit, seltener Dolomit, treten in konkordanten Gängchen und quarzitischen Lagen auf. Erze und Nebengestein sind epimetamorph umgeprägt, unter Umständen sogar alpin regeneriert. Eine hydrothermale Entstehung ist wahrscheinlich.

Weiter erwähnt FRIEDLÄNDER (1930) südwestlich von Ruis in Konglomeratgneisen des Ilanzer Verrucano die Fahlerz-Lagerstätte von Vivèr (Obersaxen). Er stellte hier unregelmäßig verlaufende, verquetschte Quarztrümer mit Fahlerz und den Kupferoxydationserzen Malachit und Azurit fest. Die ganze Vererzung samt Nebengestein ist alpin epimetamorph beeinflusst. Nach demselben Autor soll es eine hydrothermale und telemagmatische Bildung sein.

Durch die Entdeckung von diskordanten Quarzgängchen mit Pechblende und Pyrit nach Mitteilung von E. NIGGLI (1962) im selben Konglomeratgneis in der Umgebung von Vivèr wurde der Zusammenhang von Kupfer- und Uranerzen erneut bestätigt. Der Entdecker nimmt auch hier einen azenditen, hydrothermalen Ursprung an.

Außerhalb der Schweiz gibt es noch einige interessante Vorkommen in den Kottischen Alpen und den Seealpen.

Das Vorkommen von Rio Freddo bei Peveragno, ca. 10 km südlich Cuneo, führt nach CEVALES (1960) in Porphyroidschiefern permischen Alters konkordante diffuse bis linsenförmige Imprägnationen von Pechblende, Pyrit, Bleiglanz, Kupferkies, Fahlerz, Markasit, Kupferglanz und Covellin. Quarz, Kalzit und kohlige Substanz sind Gangarten.

Bei Bric Colmè bei San Giacomo di Robourent, 13 km südöstlich von Mondovi, treten in Quarz-Chlorit-Serizit-Schiefern konkordante linsenförmige Imprägnationen und lagerartige Zerrklüfte mit Pechblende, Pyrit, Arsenkies, Zinkblende, Bleiglanz, Kupferkies, Fahlerz, Kupferglanz und Covellin auf. Gangarten sind wieder Quarz und kohlige Substanz.

Die Vererzungen von L'Assunta und La Limona im Casottotal, ca. 15 km südöstlich von Mondovi in den Ligurischen Alpen, bilden nach CEVALES (1960) konkordante Lagergänge in Serizit-Schiefern. Sie enthalten Pechblende, Pyrit, Arsenkies, Zinkblende, Bleiglanz, Kupferkies, Fahlerz (Tennantit), Boulangerit und Kupferglanz. Gangartminerale sind Apatit, Rutil und kohlige Substanz. Die Genese der Vererzungen von Rio Freddo, Bric Colmè, L'Assunta und La Limona scheint noch nicht eindeutig geklärt, obwohl CEVALES (1960) anhand der weitgehenden Ähnlichkeit der Paragenese und Lagerstättenmerkmale mit denjenigen der Ostalpen im Val Daone und Val Rendena einstweilen eine sedimentäre Bildung annimmt. Jene besitzen jedoch, wie wir weiter oben gesehen haben, eindeutig hydrothermal-sedimentär gemischte Züge der Entstehung.

Granges du Colonel an der Westflanke des Massives der Argentera (Mercantour) zeigt nach BARREAU (1959) Arkosen des Oberperms mit konkordanten Linsen und Quarzgängchen, in denen sich Pechblende, schwarze, pulverige Oxyde, Kupferkies, Bornit, Kupferglanz, Covellin, Smaltit, Cuprosklodovskit und  $\alpha$ - und  $\beta$ -Uranotil abgesetzt haben. Weitere Gangartminerale sind Chlorit und Hämatit. Typisch sind noch Pflanzenreste sowie ein gewisser Vanadiumgehalt. Infolge der Quarzgängchen mit Smaltit oder mit Hämatit und Kupferglanz in ihrer engeren Umgebung nimmt der Autor eher eine hydrothermale Genese für die relativ gleichzeitige Förderung von Kupfer und Uran an.

Die Vererzungen von La Cabre und Castelly im Massiv von Esterel liegen nach KERVILLA (1958) in limnischen Sandsteinen und Schieferen des Perm. Jene sind unterlagert, überdeckt und durchdrungen von Quarzporphyrströmen. Uranphosphate und Bleiglanz imprägnieren mit schwarzem Fluorit die Sedimente. Der Fluorit macht eher eine hydrothermale Entstehung im Zusammenhang mit den Quarzporphyren wahrscheinlich.

## C. Mögliche Herkunft von Erzlösungen in ariden Wannen.

Man kann sich ganz allgemein die Frage stellen, wieviele Möglichkeiten der Herkunft für Vererzungen in ariden Wannen überhaupt bestehen können. Der Verfasser sieht vier Möglichkeiten, nämlich: 1. Der Detritus der ariden Wanne mit und ohne Gerölle von erodierten Erzkörpern. 2. Saure und basische Intrusiva und Effusiva mit gleichzeitigen und nachfolgenden Erzlösungen. 3. Erzleere Thermen als Nachläufer des oben genannten Vulkanismus, die Metalle aus dem Nebengestein (Kristallines Grundgebirge, saure und basische Intrusiva und darüberliegende oder umgebende Sedimente) extrahieren, anreichern und in höheren Schichten wieder absetzen können. 4. Erzlösungen oder erzleere Thermen, die ältere Lagerstätten regenerieren.

### 1. Der Detritus der ariden Wanne.

Ein wichtiger Herkunftsort von Erzlösungen bleibt nach wie vor nach SCHNEIDERHÖHN (1955) die «Aride Wanne» selbst mit ihren Gesteins- und Mineraltrümmern und möglichen Erzgeröllen. Der Verrucanotrog des Helvetikums führt nach WINTERHALTER (1943) und STAUB (1954) vor allem Detritus des Aarmassives, des Gotthardmassives und des Tavetscher Zwischenmassives sowie von permischen Ergußgesteinen und Sedimenten in älterem Verrucano. Dabei ist es ganz natürlich, daß unter Umständen auch Lagerstätten der erwähnten Massive und des älteren Verrucano erodiert worden sind. Inwieweit auch noch vielleicht penninische oder gar ostalpine Deckengesteine erodiert und abgelagert worden sind, bleibt eine offene tektonische Frage.

Wenn wir nun die drei erwähnten Massive genauer betrachten, so müssen wir doch feststellen, daß sie sehr wenig eigentliche Lagerstätten führen, die als Metallieferanten für sedimentäre Uran- und Kupfervererzungen im Verrucano in Frage kommen; sondern es handelt sich mit wenigen Ausnahmen fast nur um sporadische Vorkommen, denen ein Lagerstättencharakter auch bei den günstigsten Bedingungen abgeht. Der Verfasser möchte nun anhand der Sukzession der Erzminerale der beiden Paragenesen der Mürtschenalp die Herkunftsmöglichkeiten von Metallen aus den drei erwähnten Massiven kurz skizzieren.

Erst in neuester Zeit wurde nach HÜGI (1958) vom Arbeitsausschuß für die Untersuchung schweizerischer Mineralien und Gesteine auf Atombrennstoffe und seltene Elemente in den südlichen Gneisen des Aarmassives in der Umgebung von Brig (Kt. Wallis) in einem Biotit-Epidot-Gneis in konkordanten Zonen etwas Pechblende und Pyrit festgestellt. Die Untersuchungen sind noch im Gange.

Im Gotthardmassiv wurden bis heute keine Uranvererzungen gefunden.

Ebenfalls in allerneuester Zeit wurde nach E. NIGGLI (1962) durch die Studiengesellschaft für die Nutzbarmachung schweizerischer Lagerstätten mineralischer Rohstoffe im Kristallin des Tavetscher Zwischenmassives, welches von vielen Forschern als Kern der Helvetischen Decken angesehen wird, bei Truns (Kt. Graubünden) relativ grobkörnige Pechblende gefunden.

Als etwas fragwürdige Quelle detritischen Urans könnte noch die Lagerstätte von Taspin östlich von Zillis in der Gelbhorn-Decke der Schamserdecken (Oberstes Penninikum) in Frage kommen. ESCHER (1935) hat dort in sogenanntem Taspinitgneis paläozoischen Alters konkordante (seltener diskordante) Gänge (seltener Imprägnationen) mit wenig Pyrit, Arsenkies und Zinkblende, aber vor allem Bleiglanz festgestellt; dazu kommen noch eher spärlich Kupferkies, Fahlerz, fraglicher Stephanit, Bornit und Kupferglanz. GRÜNENFELDER (1955) hat zudem im Auftrag der SKA\* mit einem Geigerzähler Untersuchungen durchgeführt und in pyritreichem Erz eine lokal stark erhöhte Radioaktivität festgestellt, die er auf mögliche Pechblende zurückführt. Als Gangarten werden von ESCHER (1935) Quarz, Baryt, ein eisenschüssiges Karbonat (eventuell Ankerit) und Albit angegeben. Neben primären und sekundären (teilweise durch Auswalsung infolge Dislokationsmetamorphose) Gangbrekzien sollen auch Lagertexturen vorkommen. Der Autor nimmt einen syngenetischen, aszendenden, hydrothermalen Ursprung an. Als Alter der Vererzung kann von ihm lediglich Vor-Oberoligozän, möglicherweise jünger als Lias, angegeben werden.

Infolge der neu entdeckten Pechblende-Lagerstätten im Aarmassiv bei Brig (Kt. Wallis) und im Tavetscher Zwischenmassiv bei Truns (Kt. Graubünden) besteht doch die Möglichkeit, daß das Uran der Mürtschenalp aus Erzgeröllen dieser beiden Massive stammen könnte. Eine Extraktion aus Detritus von Gesteinen, welche im Aar- und Gotthardmassiv verbreitet sind, kann indessen nach RYBACH und HAFNER (1962) weniger in Betracht kommen, da in ihnen ein Maximalgehalt an Uran von lediglich 27 g/t gefunden wurde.

\*Schweiz. Studienkommission für Atomenergie



Ebenfalls nicht schlecht stehen die Chancen für Zink und Blei. Die diesbezüglich wohl größte Lagerstätte liegt in der Umgebung von Goppenstein, Wilerrück und Tennerrück (Kt. Wallis). Nach HUTTENLOCHER (1931) handelt es sich um eine der allgemeinen Schieferung konkordante Störungszone mit stellenweiser Mineralisierung, die wenigstens im westlichen Abschnitt den Charakter eines größeren Lagerganges aufweisen soll. Vertaubungen, Zertrümmungen oder Abquetschungen durch nachträgliche Störungen sollen mehrfach vorkommen. Stellenweise sollen auch parallel verlaufende weitere Gangbildungen vorhanden sein. Die Lagerung der Gänge ist fast senkrecht. Es kommen hauptsächlich Bleiglanz und Zinkblende, seltener Magnetkies, Pyrit, Arsenkies, Kupferkies und Fahlerz vor, neben den Gangarten Albit, Quarz, Kalkspat, Baryt und Fluorit. Erze und Gangarten treten in wechselnden Mengenverhältnissen auf und markieren primäre Teufenunterschiede. Trotz starken metamorphen Umformungen nimmt HUTTENLOCHER (1931) begreiflicherweise einen hydrothermalen Ursprung an.

Eine in bezug auf Blei und Zink etwas kleinere, aber sonst doch sehr umfangreiche und paragenetisch höchst interessante Lagerstätte liegt bei Amsteg (Kt. Uri) auf der Westseite des Bristenstockes. Sie hat nach HUGI (1923) und HUTTENLOCHER (1936) neben Zinkblende und Bleiglanz noch eine Serie weiterer interessanter Mineralien geliefert. Das Nebengestein sind präherzynisch katametamorphe Paragesteine in häufigem Wechsel mit Orthogesteinen. Es handelt sich generell um Chlorit-Serizit-Biotit-Granat-Gneis, der in linsenartigen und gangförmigen Einlagerungen Molybdänglanz, Magnetkies, Pyrit, Manganblende, Zinkblende, Bleiglanz, Kupferkies, Fahlerz, Silberglanz, Gedingen Silber, Gedingen Wismut und Rhodonit enthält. Gangarten sind Quarz und Karbonat. Die beiden ersten Bearbeiter dieser sehr komplexen Lagerstätte, HUGI (1923) und HUTTENLOCHER (1936), nehmen an, daß der Magnetkies und der Kupferkies mit präherzynischen, basischen Eruptivgesteinen zusammenhängen, während der Absatz der übrigen Erzminerale als Nachphase der zentralaargranitischen und quarzporphyrischen Magmatätigkeit desselben Vererzungszyklus aufgefaßt wird. Geochemisch interessant ist zudem noch die Tatsache, daß auch hier wie an Erzen von Baicolliou und der Mürtschenalp von HÜGI (1949) spektralanalytisch Zinn, Gallium, Thallium, Antimon und Chrom nachgewiesen worden ist. Amsteg und Baicolliou führen zudem noch spektralanalytisch nachgewiesene Mengen von Quecksilber, Indium und Tellur. Lagerstätten mit ähnlicher merkwürdiger Paragenese und ihrem komplexen Metallinhalt könnten am ehesten als Lieferant von Erzlösungen für die Bildung von Lagerstätten der «Ariden Wanne» von der Art der Mürtschenalp in Frage kommen.

Viel kleiner ist nach KÜNDIG und DE QUERVAIN (1941) das Vorkommen von Bleiglanz in Zerrklüften in der Massaschlucht bei Naters (Kt. Wallis) in der Nähe der einzigen Uranvorkommen des Aarmassives.

Nach denselben beiden Autoren führen im hintern Lauterbrunnental bei Trachsellaunen (Kt. Bern) verschiedene Gänge spärlich Bleiglanz, Zinkblende und Kupferkies.

Ein Barytgang mit Bleiglanz am Siglisfadgrätli im Gornerental (Kt. Uri) scheint nach den beiden gleichen Autoren kaum erwähnenswert.

Im Gotthardmassiv finden sich einige sporadische Vorkommen, aber ohne jeden Lagerstättencharakter.

Im Val Cadlimo (Kt. Tessin) gibt es im Orthogneis diskordante Quarz-Bleiglanz-Gänge, die nach FRIEDLÄNDER (1930) in relativ geringen Mengen schwach silberhaltigen Bleiglanz führen.

Weitere Bleiglanzfunde von Tgetlems am Oberalppass, von der Lukmanierschlucht bei Disentis mit etwas Pyrit, von Fuorcla Stavelatsch im Val Somvix, alle im Kt. Graubünden, sind nach FRIEDLÄNDER (1930) nur von geringer Bedeutung.

Wenn wir nun gar die Verhältnisse für Kobalt und Nickel näher betrachten, müssen wir zu unserm Leidwesen feststellen, daß in allen diesen drei Massiven nicht einmal kleinste Vorkommen von Kobalt- oder Nickelmineralien bekannt geworden sind.

Etwas besser steht die Situation für Kupfer. Wie wir oben bereits gesehen haben, kommt Kupferkies und Fahlerz in Goppenstein, Amsteg und Trachsellaunen vor; aber auch sonst ist Kupferkies besonders in Dioriten und andern intermediären und basischen Gesteinen weit verbreitet.

Eine Anreicherung zu einer eigentlichen Lagerstätte hat im Diorit der Alp Puntaiglas bei Truns (Kt. Graubünden) stattgefunden. Nach HANTKE (1961) entsprechen die Eruptivgesteine des Gebietes der Alp Puntaiglas einigermaßen dem Deckenkern der Griesstock- und Gufelstockdecke. In der letzteren liegt aber bekanntlich auch ein Teil der Vererzungen der Mürtschenalp, nämlich die Kupfer- und Uranvorkommen im Sernifit. Rein formal betrachtet, müßten daher in diesen Eruptivgesteinen in Anbetracht der geothermischen Tiefenstufe höherthermale Lagerstätten eines gleichen Vererzungszyklus liegen, in unserem Falle also kata-



thermale, pneumatolytische, pegmatitische und intramagmatische Lagerstätten. Dies ist tatsächlich der Fall, denn bei der Lagerstätte von Alp Puntaiglas handelt es sich um eine kontaktpneumatolytische Vererzung, die aber nach ihrem Erforscher FRIEDLÄNDER (1930) von der alpinen Metamorphose erfaßt wurde und Kataklyse und Neubildung von Mineralien, wie Serizit, Chlorit und Epidot zur Folge hatte. Das Nebengestein ist, wie bereits gesagt, ein Diorit karbonen Alters sowie ein Chlorit-Serizit-Schiefer, wahrscheinlich permischen Alters. Die Erzminerale Magnetit, Pyrit und Kupferkies, seltener Hämatit, Magnetkies, Bornit, Kupferglanz, Covellin und Rotkupfererz kommen vor allem als Imprägnation und metasomatische Erzkörper, seltener als Gängchen, im Diorit und Chlorit-Serizit-Schiefer vor. Gangarten sollen Turmalin, Hornblende, Epidot, Chlorit, Apatit und Karbonat, vor allem Kalzit, sein. Charakteristisch ist ein in der Nähe der Lagerstätte gelegener Augitporphyrit und Biotit-Quarzporphyr mit Spuren von Bor und Cer. Nach dem Autor sollen Differentiate des Diorits diese epigenetische und intramagmatische Vererzung bewirkt haben.

Andere Kupfervorkommen in den drei Massiven sind bis heute nicht bekannt geworden.

Etwas günstiger steht die Situation beim Molybdän. Nach KÖNIGSBERGER (1914), KÜNDIG und DE QUERVAIN (1941) ist der Molybdänglanz im Aarmassiv ein relativ verbreitetes Mineral in Quarzgängen, Apliten und Pegmatiten. Eine gewisse lagerstättenkundliche Bedeutung kommt nach LEDERMANN (1955) und den beiden obigen Autoren indessen nur der Vererzung im Baltschiedertal (Kt. Wallis) zu. Dort tritt der Molybdänglanz mit Gangquarz in Aplitlinsen und zum Teil auch auf Klüften relativ reichlich auf. Eine pneumatolytische Genese scheint gesichert. Kleinere Vorkommen findet man besonders randlich des Aaregranites in den Kantonen Uri und Graubünden.

Wenig Schwierigkeiten dürften sich bei den Herkunftsorten des Silbers ergeben. Einerseits haben wir bereits Gedingen Silber und Silberglanz bei der Vererzung von Amsteg (Kt. Uri) angetroffen; andererseits sind beim Durchstich des Gotthardtunnels nach HUTTENLOCHER und HÜGI (1954) auch Funde von Elektrum (Gold-Silber-Legierung) in Quarz-Kalkspatgängen gemacht worden. Ebenso besitzen ja bekanntlich fast alle Bleiglanze wechselnde Gehalte an Silber, wie zum Beispiel der erwähnte vom Val Cadlimo.

Gedingen Wismut ist in den Massiven nur von der Lagerstätte Amsteg bekannt geworden.

Hinsichtlich der Herkunft des Arsens dürften ebenfalls keinerlei Schwierigkeiten bestehen. Führen doch nach FRIEDLÄNDER (1930) Serizitschiefer des Tavetscher Zwischenmassives, die ins Permokarbon gestellt werden, in der Lukmanierschlucht (Kt. Graubünden) zwischen Curaglia und Mompe Medels reichlich Arsenkies. Ebenso ist Arsenkies in den Vererzungen bei Goppenstein bekannt geworden. Dazu kommen noch die Arsen-Fahlerze von Goppenstein, Amsteg, und nach WINTERHALTER (1930) von der Nordostecke des Fillung (Val Lavaz, Kt. Graubünden).

Bei dieser relativen Armut an größeren Lagerstätten in den drei erwähnten Massiven, die als Herkunftsorte von Metalllösungen der «Ariden Wanne» der Mürtchenalp in Betracht gezogen werden können, hält es der Verfasser für zweckmäßig, nach anderen Herkunftsorten Umschau zu halten.

Wie groß der Betrag an Metallen durch Extraktion aus den dunklen Gemengteilen des Detritus oder der Verwitterungs- und Kluftzonen der Massive direkt sein könnte, ist vorläufig schwierig anzugeben. Nach GEFFROY und SARCIA (1958) sollen aber die Uranlagerstätten in den Graniten des Zentralmassives weitgehend durch Extraktion aus dem Nebengestein entstanden sein.

Eine bis heute weniger beachtete Quelle von direkten oder indirekten Metalllösungen bilden nach Ansicht des Verfassers die permischen Verrucano-Umhüllungen der Massive, also Sedimente und saure und basische Intrusiva und Effusiva, die erst im Verlaufe der jüngsten Prospektionsarbeiten auf Uranerze an manchen Orten in ihrer Bedeutung als Metalllieferanten und Träger von Erzlösungen einigermaßen erkannt worden sind.

## 2. Saure und basische Intrusiva und Effusiva mit gleichzeitigen und nachfolgenden Erzlösungen.

### a) Saure Gesteine

Der Verfasser denkt dabei zuerst an das Kärpfgebiet (Kt. Glarus). Von dort sind allerdings bis heute keine Uranvorkommen bekannt geworden. Immerhin sind ihm anlässlich einer Begehung im Sommer 1959 doch die stellenweise reichlichen Pyritisierungen der «Quarzporphyre» aufgefallen, bei denen analog der Mürtchenalp die Möglichkeit besteht, daß sie weitere Metallsulfide und eventuell sogar Uranerze enthalten könnten.

Diese Möglichkeit wird unterstützt durch ein Erzvorkommen am Kleinkärpf in fraglichen lagig-schlierigen Quarzporphyren (eher Ignimbrite?). AMSTUTZ (1950) erwähnt von dort Hämatit, Pyrit, Kupferkies, Fahlerz, Covellin, Azurit und Malachit, eventuell Magnetit und Kupferglanz, in Quarz-Chlorit-Gängchen auf Zerrklüften. Er nimmt einen azendenten, epi- bis mesothermalen, aber begreiflicherweise syngenetischen, intramagmatischen Ursprung an. Abgesehen vom fraglichen und in geringen Mengen erscheinenden Magnetit kommen alle übrigen Erzminerale ebenfalls in der Bornit-Paragenese der Mürtschenalp vor.

Eine etwas weiter entfernt liegende Lagerstätte erwähnt ESCHER (1935) von Ursera bei Andeer (Kt. Graubünden). Dort treten in verschiefertem Roffnagneis (ursprünglich ein permischer Quarzporphyr) und in Triasquarzit des Buntsandstein-Horizontes der Suretta-Decke (ostalpin) konkordante linsige-lagergangartige Imprägnationen von Pyrit, Bleiglanz, silberhaltigem Fahlerz, Kupferkies, Antimonglanz und Bornit auf. Als einzige Gangart wird Baryt genannt. Der Autor nimmt für das Alter der Vererzung den Zeitraum Trias bis Tertiär an. Er hält eine syngenetische, azendente, hydrothermale Genese für wahrscheinlich. Mit Ausnahme des Antimonglanzes sind wiederum alle anderen Erzminerale auch in der Bornit-Paragenese der Mürtschenalp vertreten.

Außerhalb der Schweiz bildet im Valganna (Prov. Varese) nach CNRN (1959) die Vererzung ein ziemlich ausgedehntes, ca. 0,5–2 m mächtiges, dunkelgefärbtes Lager in mittel- bis grobkörnigem Kristalltuff mit zahlreichen Lapilli einer permischen Vulkanitserie. Als Primärerze konnten erst ein schwarzes, pulveriges bis sehr feinkörniges Uranmineral, Pyrit, Markasit und sekundäre Uranminerale, die Pseudomorphosen nach würfelförmigen Pyritkristallen bilden, identifiziert werden. Gangarten sind Apatit und radialstrahliger Chlorit, der sonst typisch für hydrothermale Bildungen sein soll. Obwohl die lagerartige Vererzung eher für hydatogenen Ursprung spricht, sollen der erwähnte Chlorit und sonst verbreitete hydrothermale Anzeichen eher eine hydrothermale Genese wahrscheinlich machen.

Wie wir zudem weiter oben schon gesehen haben, wurden auch in den Ignimbriten des Val Daone und Val Rendena (Trient) lokale Urananreicherungen von Fumarolencharakter angetroffen.

Bei Le Charbonnier im Massiv des Esterel (Provence) wurden nach KERVILLA (1958) und BARREAU (1959) im Quarzporphyr sowie in den oberen Partien des Granit-Gneis-Sockels und in einem Quarzporphyrkonglomerat steilstehende, diskordante Linsen in Brekzienzonen und Kaminen gefunden. In den ersten beiden Gesteinen findet man vor allem Pyrit und Markasit, sowie Renardit, Phosphuranlyt und Autunit, wahrscheinlich sekundär aus Pechblende. Im Konglomerat wurde bis jetzt lediglich Uranocircit beobachtet. Charakteristische Gangart ist Fluorit. Die Autoren nehmen deshalb einen azendenten, eventuell pneumatolytisch-hydrothermalen bis subvulkanischen, exhalativen Ursprung an, der den letzten permischen vulkanischen Manifestationen entsprechen würde.

Es gibt bestimmt noch weitere Beispiele, aber der Verfasser möchte es bei diesen bewenden lassen.

## b) Basische Gesteine

Vererzungen, insbesondere von Kupfer, sind in basischen Gesteinen von manchen Orten bekannt; Uranvererzungen scheinen indessen bedeutend seltener zu sein.

Auch in dieser Beziehung können wir unsere Aufmerksamkeit wieder dem Kärpfgebiet zuwenden.

Der Verfasser hat bereits weiter oben die nach AMSTUTZ (1951 a) relativ hohe Radioaktivität seines Spilites No. 224 vom Gandstock erwähnt, der zudem reichlich Titanit führt. Eigentliche Uranvererzungen in basischen Laven sind indessen aus diesem Gebiet bis heute nicht bekannt geworden.

Im Sommer 1959 hat der Verfasser (1960 b) hingegen am Nordwestfuß des Gandstockes ein neues, ziemlich reichhaltiges Kupfervorkommen entdeckt. Man findet dort in propylitisiertem, schlackigem Keratophyr als Mandelfüllungen und als Imprägnationen Kupferkies, Bornit, anisotropen Kupferglanz und Covellin. Als Gangarten kann man reichlich Kalzit, Chlorit, Quarz und Titanit feststellen. Abgesehen von der Tatsache, daß die oben genannte Sukzession in gleicher Form auch eine fundamentale Erscheinung der Bornit-Paragenese der Mürtschenalp ist, ist im speziellen darauf hinzuweisen, daß auch das Tiefkupferglanz-Vorkommen am Chli Hochmättli reichlich Titanit führt, der kaum sedimentärer Entstehung sein dürfte. Ein genetischer Zusammenhang zwischen diesen Vorkommen scheint dem Verfasser angesichts dieser mannigfachen Übereinstimmung unverkennbar.

Das von AMSTUTZ (1950) erwähnte Vorkommen am Nordgrat des Gandstockes enthält in massiger bis schlackiger Spilit-Keratophyr-Lava diskordante Gängchen mit vermutlichem Kupferglanz, Covellin und Malachit.

Das Vorkommen von Matzlen führt nach demselben Autor in feinporösem-schlackigem Keratophyr in diskordanten Gängchen Bornit, grobkörnigen, rhombischen Tiefkupferglanz, Covellin und Malachit, dazu wenig Hämatit und fraglichen Cuprit. Als Gangarten sollen Chlorit, Albit und Titanit (Chli Hochmättli!) vorhanden sein.

Die Kupfererzspuren am Westhang des Sonnenberges kommen in schlackiger Spilit-Keratophyr-Lava in diskordanten Gängchen und Mandelfüllungen vor. AMSTUTZ (1950) vermutet Kupferglanz, Covellin und Malachit in Quarz-Albit-Gangart. [AMSTUTZ (1950) und der Verfasser (1960 b) sind sich in einer aszendenten, epi- bis mesothermalen, syngenetischen und intramagmatischen Genese der Kupfervererzungen in den basischen Laven des Kärpfgebietes einig. Geochemisch ist ein unmittelbarer Vergleich zwischen den Kupfererzen der Mürttschenalp und den Vorkommen im Kärpfgebiet leider nicht zu ziehen, denn von den Erzen des letztern Gebietes bestehen keine geochemischen Analysenresultate, während HÜGI (1949) doch zwei Erzproben der Mürttschenalp in seine «Spektrographische Untersuchungen an schweizerischen Kupfererzen» einbezogen hat. Andererseits besitzt der Verfasser dank dem verständnisvollen Entgegenkommen seines Chefs, Herrn Prof. Dr. F. de Quervain, zusätzliche neue Analysen von selbstgesammelten Proben mit genauer Fundortangabe. Es lassen sich deshalb lediglich ganz unsichere geochemische Beziehungen zwischen Kupfervererzungen der Mürttschenalp und den geochemischen Messungen von AMSTUTZ (1951 b und 1953) an basischen Laven des Kärpfgebietes herstellen. Von einer gewissen Bedeutung ist der relativ hohe Strontium- und Bariumgehalt der Spilite in Anbetracht ihrer Kalzium- und Kaliumarmut. Barium erscheint zudem als Gangartmineral Baryt in Quarzgängen der Grube Erzbett. In kleinen Mengen dürfte er auf den meisten Kupfervererzungen vorkommen. Der Spilit 224 vom Gandstock besitzt neben einer relativ hohen Radioaktivität nach AMSTUTZ (1951 a und 1954) noch einen relativ hohen Scandiumgehalt. Wie bereits weiter oben erwähnt ist er auch ziemlich reich an Titanit.

Ein direkter Zusammenhang zwischen den Erzvorkommen der Mürttschenalp und den Kupfervererzungen des Kärpfgebietes scheint dem Verfasser doch – im Gegensatz zu den Folgerungen von WINTERHALTER (1943), dem die Kupfervererzungen in den basischen Ergußgesteinen noch nicht bekannt waren – ziemlich sicher vorhanden zu sein.

Daß aber außer den einfachen und komplexen Kupfersulfiden wie in den basischen Laven des Kärpfgebietes auch Sulfide anderer Metalle und gar gediegene Elemente vorkommen können, zeigen uns außerhalb der Alpen die Minerallagerstätten der Saar-Nahe-Senke und ihre basischen Eruptiva des Perm. GEIS (1955) beschreibt Kupfervererzungen im Porphyry des Donnersberges, wobei nach Ansicht des Verfassers tholeyitische Gänge bei der Erzförderung eine wichtige Rolle gespielt haben könnten. Tholeyit ist dabei nach TRÖGER (1935) ein olivin- und augitführender, intersertal struierter Melaphyr mit Mesostasis. Eine erste Vererzung umfaßt gangartige Imprägnationen parallel Klüften und Kluftzonen im Porphyry. Haupterze sollen Gediegen Kupfer, Gediegen Silber, Kupferglanz, Rotkupfer und Malachit sein. An einer andern Stelle wird vom selben Autor im Donnersbergporphyry, aber ganz in der Nähe tholeyitischer Gänge, ein Gang mit Pyrit, Kobaltkies, Kupferkies, Fahlerz und Kupferglanz erwähnt. Gangarten sollen Ankerit, Kalzit und Fluorit sein. Ein drittes Vorkommen schließlich führt im Tholeyit selbst, nahe der Grenze Tholeyit/Porphyry, Schlieren von Kupferglanz, wenig Bleiglanz, vereinzelt Kupferoxyden, Kieselkupfer, Azurit und Malachit. Gangarten sind Quarz und Kalzit. GEIS (1955) nimmt einen hydrothermalen Ursprung für die Kupfervererzungen des Donnersberges an, wobei nach Ansicht des Verfassers der Porphyry die Fällung von Nichtkupfermineralien topomineralisch verursacht haben könnte.

Ein geradezu klassisches Beispiel von basischen Gesteinen und Kupfervererzungen in umliegenden Sedimenten liefern uns die triadischen Trappgesteine in den USA. Nach v. GRODDECK (1879) und SCHNEIDERHÖHN (1941) kommen in den Staaten New Jersey, Pennsylvania und Virginia triadische Sandsteine, tonige Schiefer, Arkosen und Fanglomerate vor (sogenannter New Red Sandstone), welche die sogenannten Trapp-Basalte in Form von Decken mit einigen Tuffen und Agglomeraten, seltener Gängen, Lagergängen und Intrusivlagern enthalten. Die Erzminerale kommen in Klüften, Brekzienzonen und als Imprägnationen in den erwähnten umgebenden Sedimenten vor und sind meist von Ausbleichungen der Gesteine begleitet. Gemäß der oben zitierten Autoren gibt es Vererzungen verschiedener Temperaturstufen, so zum Beispiel kontakt-pneumatolytische Magnetit-Pyrit-Kupferkies-Lagerstätten, katathermale Pyrit-Kupferkies-Buntkupfer-Lager-



stätten und epithermale Gediegen Kupfer-Buntkupfer-Kupferglanz-Lagerstätten mit oxydischen Kupfererzen, wobei die epithermale Gruppe die wichtigste ist. Gangarten sollen Quarz, Kalzit und Prehnit sein. Nach SCHNEIDERHÖHN (1941) sollen diese telemagmatischen Kupfererze direkt durch Differentiation des basaltischen Magmas herzuleiten sein. Bemerkenswert scheint dem Verfasser doch die weitgehende Übereinstimmung in geologischen Merkmalen, Paragenese und Sukzession als Folge der Herkunft und Thermalität zwischen diesen Vererzungen und jenen der Mürtschenalp und des Kärpfgebietes.

### c) Basische Ganggesteine, teilweise mit Turmalin, Fahlbändern und Uran-Kupfer-Vererzungen in den umliegenden Gesteinen

In diese Gruppe fallen jene Lagerstätten, deren Zusammenhang mit basischen Gängen nicht erwiesen, aber doch sehr wahrscheinlich ist. Sie bilden demnach die Übergangsgruppe zwischen den hydrothermalen Vererzungen in Sedimenten und solchen in Eruptivgesteinen, welche beide weiter oben schon besprochen worden sind.

In bezug auf die Kupfermineralisation gehört die im Verrucano des Vorderrheintales gelegene Kupfervererzung von Ual Schmuèr bei Ruis-Andest (Kt. Graubünden) in der Wurzelzone der Helvetischen Decken hierher. FRIEDLÄNDER (1930) erwähnt von dort Quarzgängchen mit Pyrit, Bleiglanz, Kupferkies, Fahlerz, Bornit und Covellin in quarzreichem grünlichem Verrucano. Zudem steht in der Nähe ein diabasähnliches Gestein mit Turmalin sowie Pyrit-Fahlbändern an. Alle diese Erzminerale erscheinen auch ausnahmslos in der Bornit-Paragenese der Mürtschenalp; ebenso finden wir auf der Mürtschenalp auch fahlbandähnliche Pyritisierungen sowie nach HÜGI (1949) einen gewissen Borgehalt in den Kupfererzen. Aber auch in den der Mürtschenalp am nächsten stehenden Lagerstätten des Val d'Anniviers, die in Sedimenten liegen und hydrothormaler Entstehung sind, haben wir Turmalin und Fahlbänder angetroffen. FRIEDLÄNDER (1930) nimmt denn auch einen telemagmatischen, azendenten, hydrothermalen Ursprung der Vererzung an, wobei infolge ihrer Lage bereits epimetamorphe Einflüsse vorhanden sind.

Aber auch für die Uranmineralisation hat der Verfasser einige Beispiele gefunden.

Eine Bleiglanz-Zinkblende-Lagerstätte, bis heute allerdings ohne Uran in der engeren Umgebung, beschreibt FRIEDLÄNDER (1930) von Alp Nadèls, südlich von Truns (Kt. Graubünden). Das Nebengestein ist verquarzter permokarboner Serizit-Schiefer bis Serizit-Gneis des Tavetscher Zwischenmassives, seltener triadischer Dolomit. Die Erze kommen mit den Gangarten Quarz, Kalzit, Dolomit, selten Siderit und gelegentlich Chaledon in linsig verquetschten Gängen und Imprägnationen vor. Neben Zinkblende und Bleiglanz werden als weitere, weniger häufige Erzminerale Pyrit, Kupferkies, Fahlerz, Antimonglanz und Silberglanz erwähnt. Charakteristisch scheint dem Verfasser ein metamorpher Augitporphyr unweit der Vererzung. Auch hier nimmt FRIEDLÄNDER (1930) einen azendenten, hydrothermalen Ursprung an. Es ist hier noch kurz darauf hinzuweisen, daß in neuester Zeit in der Umgebung von Truns im Kristallin des Tavetscher Zwischenmassives grobkörnige Pechblende gefunden worden ist, wie es der Verfasser bereits weiter oben erwähnt hat.

Außerhalb der Alpen liegen zwei ähnliche Vorkommen in Spanien. Nach ARRIBAS (1959) gibt es bei Cazorla (Prov. Jaén) in oolithischem Triaskalk Imprägnationen und Gangbrekzien mit Pechblende, kohligem Uranverbindungen, Pyrit, Kupferkies, Bornit, Kupferglanz und Covellin. Bezeichnend scheint dem Verfasser dabei das Vorkommen von Doleritgängen in der Trias der betreffenden Gegend. Nach ARRIBAS (1959) sollen die kohligen Uranverbindungen durch Mobilisation kohligter Substanzen, welche hernach Uranpecherz «verdauten», entstanden sein. Diese Auffassung wird durch einen variablen Urangehalt der Karburane (am höchsten in der Umgebung der Pechblende) gestützt. Die Rest-Paragenese von Kupferkies, Bornit, Kupferglanz und Covellin erinnert den Verfasser (1960 b) stark an die Paragenese im Keratophyr des Gandstockes. Der Autor nimmt denn auch einen azendenten, hydrothermalen Ursprung an.

Bei Epila (Prov. Zaragoza) sind es Imprägnationen von Pechblende (besonders in kohliger Substanz), etwas Pyrit, Kupferglanz und Covellin sowie reichlich Bornit, Malachit und Azurit in Kalksandstein der unteren Trias. Obwohl hier kohlige Substanz in Form von Pflanzenresten (faserige und zellige Elemente) beobachtet werden kann und auch die Erze Strukturen nach Pflanzenresten aufweisen, sind Melaphyre und Diabase in der Umgebung sowie die charakteristische Paragenese der Kupfererzminerale doch sehr auffällig und lassen eher analog dem vorigen Vorkommen hydrothermalen Ursprung annehmen. ARRIBAS (1959), welcher die Lagerstätte erforscht hat, glaubt infolge der Pflanzenreste eher an eine sedimentäre Genese.

3. Erzlösungen oder erzeleere Thermen als Nachläufer des oben genannten Vulkanismus oder späterer tektonischer Bewegungen, die Metalle aus dem Nebengestein (kristallines Grundgebirge und darüberliegende Sedimente) extrahierten, anreicherten und in höheren Schichten wieder absetzten oder ältere Lagerstätten regenerierten.

#### [Durchgepauste Lagerstätten nach SCHNEIDERHÖHN (1953)]

Als Beispiel einer Kupfermineralisation könnte die Lagerstätte vom Gnapperkopf (Kt. St. Gallen) hieher gehören. CADISCH (1939) gibt eine kurze Beschreibung der Lagerstätte, wobei in derselben Arbeit auf erzmikroskopische Untersuchungen von FRIEDLÄNDER und WINTERHALTER Bezug genommen wird. Die Untersuchungen von HÜGI (1949) liefern spektralanalytische Resultate eines Fahlerzes. Die Lagerstätte Gnapperkopf läßt sich am besten mit der Vererzung im triadischen Röti-Dolomit des Ober Mürtchen (wie wir weiter oben gesehen haben, eine nahezu reine Fahlerz-Paragenese) oder nach TRÜMPY in BRÜCKNER et al. (1957) mit der Fahlerz reichen Kupferlagerstätte des Bützistockes (Kt. Glarus), ebenfalls im Röti-Dolomit und im Melser Sandstein, vergleichen. Beim Gnapperkopf findet man in triadischem Röti-Dolomit, aber im autochthonen Sedimentmantel des Aarmassives statt der Helvetischen Decken, diskordante Quarz-Kalzit-Dolomit-Gänge und Imprägnationen mit Arsenkies, Bleiglanz, Kupferkies, Fahlerz, Silberglanz, Kupferglanz, Covellin und den Oxydationserzen Malachit und Azurit. Das Haupterz ist Fahlerz, die übrigen Erzminerale treten stark zurück. Im Fahlerz wurden von HÜGI (1949) auch die Spurenelemente Ag, Au, Zn, Cd, Pb, Sb, Bi, Te und Co gefunden. Charakteristisch gegenüber den Kupfererzen der Mürtchenalp sind dabei Au, Bi und Te; lediglich in den Kupfererzen des Val d'Anniviers wurden nach HALM (1945) und HÜGI (1949) noch die Spurenelemente Au und Te gefunden. Nach CADISCH (1939) hängt die Lagerstätte des Gnapperkopfes mit der allgemeinen Calandavererzung zusammen und muß nach ihm daher ins Jungtertiär datiert werden, um so mehr, als KAPPELER in CADISCH (1939) in der Umgebung des Kunkelspasses in Malmbrekzien verschieden hoher Helvetischer Schuppen sogar Kupfererze (Fahlerz, Malachit und Azurit in quarziger Gangart) gefunden hat. Die Förderung der Erze soll nach der letzten Hauptfaltung (Paroxysmus) stattgefunden haben; es läßt sich jedoch noch eine nachträgliche Zertrümmerung und merkliche spätpaläogene Durchbewegung feststellen. Nach Ansicht des Verfassers könnte es sich aber auch um eine jungtertiäre Remobilisierung von ursprünglich triadischen Erzen handeln.

Außerhalb der Schweiz könnte nach KERVELLA (1958) und BARREAU (1959) auch die Uranvererzung von St. Sauveur (Argentera) alpin regeneriert sein, sonst wohl ursprünglich herzynisch hydrothermal. Nach den beiden genannten Autoren sind nämlich sowohl die Phyllite und Glimmerschiefer des kristallinen Sockels als auch die Quarzite des Perms mit Pechblende, Pyrit, Arsenkies und Gummit vererzt.

Zwei weitere Vorkommen in Spanien möchte der Verfasser deshalb erwähnen, weil hier die Uranmineralisationen ins Tertiär fallen, was im allgemeinen eher selten ist für eine primäre Genese und Remobilisierungen ebenfalls wahrscheinlich macht.

Bei Sagarrillo (Prov. Huesca) gibt es nach ARRIBAS (1959) in Sanden und Mergeln des Oligozän unbedeutende Imprägnationen von Uranvanadaten auf Pflanzenresten. Die Sande können zudem vereinzelt auch Kupfer führen.

Ein anderes Vorkommen bei Paracuellos (Prov. Madrid) und Borox (Prov. Toledo) führt nach ARRIBAS (1959) in Sandsteinen und Arkosen des Miozän kohlige Mergellinsen mit Phosphaten und Tyuyamunit. Nach ARRIBAS (1959) handelt es sich um eine syngenetisch-sedimentäre Vererzung, wobei der Metallgehalt wahrscheinlich durch Auswaschung von altem Granitmaterial herzuleiten ist. Infolge der jungen Begleitgesteine könnte es sich aber bei beiden Vorkommen auch um eine Regeneration handeln.

## D. Betrachtungen über ein Ursprungsmagma (Stammagma)

Neben sauren und basischen Gängen und Ergußgesteinen kann man im Falle einer hydrothermalen Genese anhand der Paragenesen der Mürtchenalp natürlich auch gewisse Rückschlüsse in bezug auf ein Stammagma ziehen.

Da das Tavetscher Zwischenmassiv als Kern der Helvetischen Decken tektonisch nicht ganz eindeutig gesichert ist, hat der Verfasser die Lagerstätte von Alp Puntaiglas bei Truns im eben erwähnten Massiv weiter



oben als einen möglichen Lieferanten von Detritus der ariden Wanne in Betracht gezogen, aus dem sich Erzlösungen von der Art Mürtschenalp gebildet haben könnten. Im Falle einer Zusammengehörigkeit von Tavetscher Zwischenmassiv und Helvetischen Decken käme der Diorit der Alp Puntaiglas direkt als Stammagma in Frage. Infolge seiner einfachen Paragenese von Eisen- und Kupfererzen möchte der Verfasser noch darauf hinweisen, daß in der Nähe auch noch ein Augitporphyr und Biotit-Quarzporphyr mit Spuren von Bor und Cer gefunden wurden. Wie wir gesehen haben, hat HÜGI (1949) in den Kupfererzen der Mürtschenalp ebenfalls Bor nachgewiesen, und eine neue Analyse von Uranerzen hat Seltene Erden ergeben. Nach AMSTUTZ (1958) sollen zudem Diorite und Quarzdiorite das zugehörige Tiefengestein von Spiliten und Keratophyren mit ihren Lagerstätten sein, wodurch ebenfalls ein Zusammenhang des Diorites von Alp Puntaiglas und der Spilite und Keratophyre des Käpfergebietes wahrscheinlich gemacht würde. Nach AMSTUTZ (1954) soll auch der relativ hohe Zirkonwert der Spilite demjenigen von Dioriten entsprechen.

Durch die neuesten Funde von grobkörniger Pechblende im Kristallin des soeben erwähnten Massives bei Truns werden diese Vermutungen noch weiter gestützt.

Wenn wir noch kurz einen Blick auf Erzvorkommen außerhalb der Schweiz werfen, so verdient der Lagerstättendistrikt von Telemarken im südwestlichen Norwegen in bezug auf seine Kupfer-Molybdän-Mineralisation ein gewisses Interesse. Nach den leider etwas älteren Arbeiten von GRODDECK (1879) und BEYSLAG, KRUSCH, VOGT (1921) können nicht weniger als fünf verschiedene Arten von Erzgängen unterschieden werden. Eine erste Gruppe umfaßt Gänge auf vertikalen Absonderungsklüften in sehr quarzreichem und glimmerarmem Granit, der als Akezsorien reichlich Magnetit, Granat, Apatit und Beryll führt. Eine zweite Gruppe besteht aus Erzgängen auf vertikalen Absonderungsklüften von Granitgängen. Bei einer dritten Gruppe liegen die Erzgänge am Salband zwischen Granit und Schiefer (Quarzite, Quarzschiefer und Hornblende-schiefer). Eine vierte Gruppe bilden die mit Schiefer durchsetzten Erzgänge; und eine fünfte Gruppe umfaßt schließlich Lagergänge und fahlbandförmige Imprägnationen in den Schiefern. Die Erzminerale Hämatit, Pyrit, Molybdänglanz, Kupferkies, Buntkupfererz und Kupferglanz kommen in allen Gruppen als linsige, nesterartige Imprägnationen, vor allem in quarziger Gangart mit Turmalin, Muskovit, Kalzit und Fluorit vor. Unbedeutendere Vorkommen führen Arsenkies, Zinkblende, Bleiglanz, Gediegen Kupfer und Gediegen Silber; in Erzgängen in Quarzdiorit wurde zudem Gediegen Gold, Pyrit, Kupferkies, Wismuttellurid und Wismutglanz gefunden. Vereinzelt sollen auch Wolframit, Scheelit, Uranpecherz und Beryll vorkommen. Nach den Autoren stehen diese azendenten, pneumatolytischen bis hydrothermalen Vererzungen in Eruptivgesteinen oder deren Kontaktbereich in engem Zusammenhang mit jenen. VOGT hat diese Gänge in Anbetracht der genetischen Verhältnisse und ihrer Ähnlichkeit zu Zinnsteingängen als «Zinnsteingänge mit Kupfererz statt Zinnstein» bezeichnet. Auffallend ist nach Ansicht des Verfassers eine gewisse Übereinstimmung zwischen den Erzmineralien des Distriktes von Telemarken und den beiden Paragenesen der Mürtschenalp. In diesem Falle käme also für die Mürtschenalp auch ein saures granitisches bis quarzdioritisches Stammagma in Frage.

Ein weiteres außeralpines Beispiel einer Kupfer-Molybdän-Mineralisation liefern die Lagerstätten im Beaver Lake- und San Francisco-Distrikt im Staate Utah in den USA. Dort liegen nach BUTLER (1913) kaminartige Erzkörper in Brekzienzonen eines Quarzmonzonites. Sie enthalten hauptsächlich Pyrit, Molybdänglanz, Kupferkies, Fahlerz, Bleiglanz, Bornit, Magnetit, Hämatit und etwas Gediegen Kupfer und Cosalit ( $Pb_2 Bi_2 S_5$ ), sowie Covellin. Die enge Verknüpfung mit einem Quarzmonzonit spricht ziemlich für eine Herkunft der Erzlösungen aus dem betreffenden Magma.

Wenn wir nun von der Pechblende-Paragenese der Mürtschenalp auf ein Stammagma schließen wollen, so ist dies ebenfalls nicht einfach.

Pneumatolytische bis hydrothermale Vorkommen von Pechblende in Pegmatiten und von Uranophan auf Klüften des tertiären Bergellergranites, nach HIRSCHI (1924), stehen wahrscheinlich mit dem granitischen Magma selbst in direktem Zusammenhang.

Wie der Verfasser aber andererseits weiter oben schon bemerkt hat, sollen die Pechblende-Vererzungen in den Granuliten des französischen Zentralmassives nach GEFFROY (1958) weitgehend durch Extraktion aus dem Nebengestein, wahrscheinlich im Jura, entstanden sein. Es wäre also in diesem Falle nicht unbedingt ein Stammagma zur Lagerstättenbildung notwendig.

Andererseits sind aber viele bekannte europäische und außereuropäische Uranvererzungen mit Graniten verknüpft, so daß das Stammagma von vielen hydrothermalen Uranlösungen wahrscheinlich granitisch gewesen sein dürfte.



## X. Vermutlicher Ablauf der Lagerstättenbildung der Mürtschenalp

Auf Grund der in den vorigen Kapiteln dargelegten Tatsachen möchte der Verfasser die folgende Genese als die wahrscheinlichste bezeichnen:

### 1. Tektonik und Stratigraphie der Lagerstätten.

In einem permischen Grabenbruch, der von STAUB (1954) näher präzisiert worden ist, findet unter ariden, nach TRÜMPY in BRÜCKNER et al. (1957) zum Teil auch örtlich marinen Bedingungen eine Ablagerung von Trümmern sedimentärer und magmatischer Gesteine, von Mineralien und von sekretionären Bildungen (Basalzement und Kluftfüllungen) statt.

Nach MILCH (1892 und 1896), WINTERHALTER (1943) und dem Verfasser sind es unter den Sedimenten vor allem dunkle, bisweilen bituminöse Quarzite, graublaue bis weinrote Hornsteine und Schiefer, seltener Kalke. Unter den Eruptivgesteinen finden wir vor allem Mikroklin-Pegmatit, Mikroklin-Granit, Quarzporphyre, Quarzporphyroide, Porphyre, Spilite und Keratophyre, dazu Kluftquarze. Unter den Einzelmineralkomponenten konnten vor allem der nahezu unverwitterbare rosarote Mikroklin, Muskovitblättchen, Chalzedon, Achat, Quarzmandeln und eventuell tuffogene resorbierte Quarzsplinter festgestellt werden. Sekretionärer Quarz, seltener Dolomit und Kalzit, macht die Hauptmasse des Basalzementes und der anschließenden diagenetischen Zerrklüfte aus.

Der Herkunftsort des Mikroklin-Granites und -Pegmatites, der Porphyre und anderer seltenerer Eruptiva dürfte vor allem im Aarmassiv, Gotthardmassiv und Tavetscher Zwischenmassiv liegen, während WINTERHALTER (1943) und der Verfasser (1960 a und 1960 b) bei vielen Quarzporphyroiden, Spiliten und Keratophyren eine Identität zwischen den Geröllen im Sernifit, Rotbergsandstein und Schönbühlschiefern und den entsprechenden anstehenden Gesteinen in stratigraphisch tiefer liegenden Teilen des Verrucano des Kärpfgebietes feststellen zu können glauben. Bei den Trümmern von sedimentären Gesteinen kann der Herkunftsort sowohl in den alten Massiven, als auch ganz analog den permischen Ergußgesteinen in älteren, vielleicht bereits abgetragenen Schichten des Verrucano liegen. Die Mineralkomponenten können logischerweise von diesen beiden Gesteinsgruppen herkommen oder vielleicht auch tuffogenen Ursprungs sein.

Obwohl der Verfasser in den oxydierten sedimentären Gesteinen des Verrucano keinerlei Sulfidmineralien feststellen konnte, ist es ziemlich undenkbar, daß sie nicht primär gewisse Metallsulfide enthielten. Diese müssen unter diesen ariden Bedingungen also nahezu restlos, eventuell sogar durch Kapillarlösungen längs Korngrenzen der Mineralien, in den Geröllen weggelöst worden sein.

Der Stoffinhalt dieser so entstandenen vadosen Erzlösungen ist bereits unter den Stichworten «Der Detritus der ariden Wanne» und «Saure und basische Intrusiva und Effusiva mit gleichzeitigen und nachfolgenden Erzlösungen» angedeutet worden. Da aber längst nicht alle Lagerstätten bekannt sind (vor allem die bereits abgetragenen und die noch nicht erodierten) sind theoretisch alle Elemente in diesen Erzlösungen möglich. Paragenetisch wird die Auswahl an Elementen allerdings durch die Individualität der Lagerstättenprovinzen der möglichen Herkunftsorte, die bereits weiter oben skizziert worden sind, ziemlich eingengt.

Diese vadosen Erzlösungen scheinen nun nicht unmittelbar wieder ausgefällt worden zu sein; denn die Mehrzahl der Erzkörper, bei denen nicht nur hydrothermale, sondern auch diese vadosen Erzlösungen beteiligt gewesen sein können, treten nicht als diffuse, konkordante Imprägnationen in Schiefern, Sandsteinen und Brekzien bis Konglomeraten auf, sondern vor allem in diskordanten, meist sehr steilstehenden, zum Teil recht scharf begrenzten Klüften und Ruschelzonen, vereinzelt sogar mit Rutschharnischen (Chline Walenchengel, Erzkörper I und Sondierstollen Großes Chalttal). Dies muß nun heißen, daß nach der Absenkung des aufgefüllten Verrucanotroges vor der Vererzung eine ziemlich starke diagenetische Verfestigung der permischen Sedimente stattgefunden haben muß. Ob die Zeitspanne bis zum obersten Perm dazu bereits ausgereicht hat, möchte der Verfasser sehr bezweifeln. Selbst bei der Annahme einer ursprünglich größeren Mächtigkeit der Permschichten über den heutigen Horizonten mit den Uran- und Kupfervererzungen – eine Diskordanz von

ca. 5° nach HUBER (1961) zwischen Melser Sandstein und permischen Sedimenten spricht für eine leichte germanotype Tektonik und anschließende Erosion – scheint nach Ansicht des Verfassers die Intensität der Diagenese und die geothermische Tiefenstufe zur Permzeit noch nicht jenen Grad erreicht zu haben, den wir heute bei den Vererzungen vorfinden. Dazu kommt noch, daß die Uran- und Kupfervererzungen in Spuren bis in die Trias vorkommen, so zum Beispiel im Melser Sandstein des Bärenbodens oder im Rötidolomit des Judenweges und am Schilt.

Vor der Vererzung scheint also noch die Aufarbeitung der obersten Verrucanoschichten und die relativ gleichmäßige Transgression des marinen Melser Sandsteines stattgefunden zu haben; dazu kam noch eine lagunäre Fazies von jüngerem Rötidolomit. Ob die trichterförmige Einsenkung des Sernifites im Raume Silberplange bis Chline Walenchengel westlich des Tschermannerstöckli mit ihren reichen Uranvererzungen bereits eine triadische germanotype Tektonik verkörpert und dann als weitere Senkungserscheinung des permischen Grabenbruches gedeutet werden müßte, oder ob sie zur alpinen Faltungsphase gehört, gelang dem Verfasser nicht eindeutig abzuklären. Die Annahme einer primär mächtigeren Trias des Robmen und Bärenbodens (anscheinend sind auch die permischen Schönbühlschiefer auf dieses Gebiet beschränkt; ob primär oder sekundär durch Erosion konnte noch nicht abgeklärt werden) müßte dann zur ersten Auffassung führen. Damit kämen dann die relativ hohen Horizonte des Sernifites im Chline Walenchengel bereits in eine höhere geothermische Tiefenstufe. Man könnte diese Vermutung noch dadurch bestätigen, wenn man beweisen könnte, daß Uran- oder Kupfervererzungen in diesem Falle in Regionen außerhalb dieses Senkungsbereiches in relativen Hochgebieten entweder im gleichen Horizont eine tieferthermale Paragenese führen, oder daß dann Vererzungen gleicher Thermalität in Hochgebieten in tieferen Verrucanoschichten auftreten. Eine zusätzliche Erhöhung der geothermischen Tiefenstufe ergäbe sich am Ende der Trias auf andere Weise nur noch durch Überschiebungen kleineren Stils, wie sie von HUBER (1961) und vom Verfasser im Gebiet des Gufelstockes beobachtet worden sind. Wie dem auch sei: Die Sedimentmächtigkeit über den Verrucanohorizonten mit den Uran-Kupfer-Vererzungen dürfte am Ende der Trias nach TRÜMPY (1961), DE QUERVAIN (1962) und HANTKE (1961) höchstens 300–400 m betragen haben. Daß diese geothermische Tiefenstufe nun aber ausgereicht hat für eine mesothermale Vererzung vom Typus der Grube Erzbett mit Molybdänglanz, hexaedrischem Pyrit, Hämatit, Kupferkies und Fahlerz, scheint dem Verfasser doch etwas zweifelhaft.

Dennoch will nun der Verfasser den Vererzungsablauf unter den oben skizzierten Annahmen kurz darstellen.

## 2. Die Vererzung

Wie wir aus den Anschliff-Untersuchungen der Kupfer-Uran-Erze vom Sondierstollen im Großen Chaltal wissen, ist die Pechblende-Paragenese die ältere gegenüber der Bornit-Paragenese.

### a) Die Pechblende-Paragenese

In Anschliffen von vielen Vorkommen konnte der Verfasser als Anfangsminerale der Sukzession kugelige Pechblende und schalige Gelpyrite (zum Teil Melnikovit-Pyrit und Bravoit) feststellen, die ganz den Bildern gleichen, die z. B. CEVALES (1960) von sogenannten sedimentären Vorkommen anführt. Der Verfasser (1960 a) hat schon in einer früheren Arbeit darauf hingewiesen, daß bei der Fällung der Erzminerale Bakterien beteiligt gewesen sein könnten. Dies läßt immerhin schließen, daß die Anfangsbedingungen der Vererzung als «sedimentär» bezeichnet werden könnten. Man könnte es korrekter analog dem Ausdruck pseudohydrothermal von SCHNEIDERHÖHN (1953) auch als «pseudo-sedimentär» bezeichnen, da die Herkunft gewisser Elemente (unter Umständen sogar aller) ja doch azendenten, magmatischen Ursprungs sein kann und nur die Fällungsumstände Ähnlichkeiten oder Analogien mit Erscheinungen von echten sedimentären Lagerstätten hervorgerufen haben. Gegen eine rein sedimentäre Genese scheinen nach Ansicht des Verfassers die 0,02% Seltene Erden bei der Vererzung Silberplange-Ost, Erzkörper I, zu sprechen. Aus Ilmentit ist dabei durch Einwirkung der ersten Erzlösungen auch Rutil und Anatas entstanden, die ihrerseits mit Pechblende in Form der von RAMDOHR (1957) beobachteten Pronto-Reaktion reagierten. Leider macht derselbe Autor keine Angaben über die Reaktionstemperatur, hingegen erwähnt er in einer andern Arbeit (1958 a), daß bei Anwesenheit kohligter Substanz die Pronto-Reaktion nicht eintritt. Dies heißt nun, daß bei Vererzungen mit der Pronto-Reaktion die oben erwähnten Strukturbilder offensichtlich auch ohne Kohlenwasserstoffe erzeugt werden können.

Zusammen mit Gelpyriten und eigentlichem Pyrit kann an einigen Orten auch schilffartiger Millerit in Spuren auftreten. Vielfach wurden dann die Pyrite von meist xenomorpher und ziemlich eisenfreier Zinkblende umkrustet, die nach RAMDOHR (1954 b) und SCHNEIDERHÖHN (1953) durch Regeneration oder Umkristallisation entstanden sein könnte. Eisenreiche Zinkblende mit braunen bis braunroten Innenreflexen ist selten, wurde aber zum Beispiel an Erzen von Erzkörper I des Vorkommens Dreitürme festgestellt. Der Bleiglanz konnte in wenigen Fällen xenomorph mit Zinkblende verwachsen, in den meisten Fällen aber als isolierte idiomorphe Würfel festgestellt werden. Die xenomorphen Zinkblendekerne dienten häufig als Kristallisationskeime von prachtvoll idiomorphem und sehr häufig verzwilligtem Linneit. Im Zusammenhang mit Regeneration und Umkristallisation hat der Verfasser auch die Möglichkeit einer Entstehung von Millerit und Linneit durch Zerfall von Bravoit und eines Villamaninites von der Zusammensetzung  $(\text{Ni, Cu, Co, Fe}) (\text{S, Se})_2$  nach RAMDOHR (1954 a) gedacht. Häufig sind beim Linneit nämlich die Veränderungen von innen her oder die Umkrustungen durch Kupferkies. Letzterer ist vielfach mit xenomorphem Arsen-, seltener Wismut-Fahlerz verwachsen. Nach Ansicht des Verfassers deuten die drei letzten Erzminerale eher wieder höhere Temperaturen an. Gangart ist äußerst spärlich und dürfte nur etwas Quarz sein, was mit den Feststellungen von SCHNEIDERHÖHN (1941) übereinstimmt, wonach tieftemperierte Lösungen eher sauer und hochtemperierte eher basisch sind. Eine Bestätigung dafür liefert auch die bei der Kupfervererzung im Keratophyr des Gandstockes durch den Verfasser (1960 b) gefundene Sukzession von Kalzit-Chlorit/Serizit-Quarz bei gleichzeitiger Temperaturabnahme.

Für die Pechblende-Paragenese der Mürtchenalp denkt der Verfasser aber doch an einen Temperaturgradienten im ansteigenden Sinne, denn der Beginn dieser Vererzung wird durch sehr tieftemperierte Gelformen markiert, während später in derselben Paragenese plötzlich idiomorphe Formen wie beim Linneit auftreten können, und zudem die ablaufmäßig noch folgende, jüngere Bornit-Paragenese ziemlich eindeutig mindestens mesothermale Anfangsausscheidungen von Mineralien wie Siderit, Dolomit, Molybdänglanz, Hämatit und hexaedrischen Pyrit enthält.

## b) Die Bornit-Paragenese

Aus den Feldbeobachtungen auf den Erzkörpern der Pechblende-Paragenese ergab sich zudem ergänzend, daß sich die typischen Klüfte mit dem Azimut zwischen  $55^\circ$  und  $65^\circ$  zu den Offenspalten der Kupfer-Mineralisation erweiterten mit anschließender Füllung durch Gangarten und innerer Gangmetasomatose durch Erzminerale.

### a) Die Gangarten

Wie der Verfasser mancherorts, so zum Beispiel im Chlinen und Großen Chalttal feststellen konnte, scheint der Quarz als Einzelkristalle und Lagen, oft sehr schön idiomorph und unmittelbar auf dem Nebengestein aufsitzend, zur Erstkristallisation zu gehören. Der Beginn der hydrothermalen Phase dürfte somit auch hier tieftemperiert und sauer, zudem erzfrei gewesen sein. Ebenfalls im Chlinen Chalttal wurden auf dem Quarz radialstrahlige Büschel von Chlorit festgestellt, währenddem er bei der Vererzung am Chli Hochmättli die Hohlräume im Quarzgang füllt. Anschließend erfolgte die Füllung der letzten Hohlräume der Offenspalten und Klüfte mit Karbonaten in unterschiedlichen Mengen. Dominierend unter den Karbonaten ist der Dolomit, der in der Hauptgrube einen eigentlichen Gangdolomit bildet; stellenweise ist er etwas eisenhaltig und entspricht dann einem Ankerit. Ob ein Zusammenhang zwischen dem Gangdolomit und dem überlagernden Triasdolomit besteht, eventuell im deszendenden Sinne, konnte der Verfasser bis jetzt nicht abklären; er könnte aber durchaus bestehen. Der Chlorit scheint chemisch einer intermediären Stufe und wahrscheinlich einer etwas höheren Temperatur zu entsprechen. Merkwürdig ist zudem der Umstand, daß der Chlorit nie in dolomitischer Gangmasse vorkommt, hingegen massenhaft im unmittelbaren Nebengestein und ihm eine so charakteristische Farbe verliehen hat, daß STÖHR (1865) die Bezeichnung «Graues Gebirge» für diese Art von Gestein einführte. Wahrscheinlich hat hier auch der ursprüngliche Eisengehalt des Sernifites, Rotbergsandsteines und der Schönbühlschiefer zusammen mit dem Magnesium der hydrothermalen Lösungen eine Entstehung von Chlorit bewirkt, wobei natürlich azsender Chlorit ebenfalls möglich ist, wie der Verfasser an einigen Stellen ja zwei Varietäten von Chlorit beobachten konnte. Ganz selten wurde zudem in tauben Quarzgängen Siderit identifiziert. Die drei erwähnten Karbonate sind vermutlich Vertreter einer mesothermalen Stufe.



Gleichzeitig mit der Zufuhr und Ablagerung der Erzminerale dürfte auch der Kalzit und Albit in Erscheinung getreten sein. Der Kalzit wird dabei vor allem als Zentralfüllung von restlichen oder durch weiter andauernde tektonische Bewegungen wieder neugeschaffenen Hohlräumen in der Quarz-Dolomit-Gangmasse festgestellt. Vom Albit konnten nur kleine, vereinzelte und verzwilligte Täfelchen in der dolomitischen Gangmasse gefunden werden. Kalzit entspricht wahrscheinlich schon wieder einer epithermalen Stufe.

### *β) Die Erzminerale*

Unter die Erstkristallisation von Erzminerale fallen wahrscheinlich Hämatit und Gediegen Silber. Der Hämatit tritt meist als isolierte Blättchen von Eisenglanz, seltener eisenrosenartig aggregiert, in quarziger und dolomitischer Gangmasse auf. Er könnte einerseits durch Umkristallisation des eisenhaltigen Pigmentes von Sernifit, Rotbergsandstein und Schönbühlschiefer, andererseits auch durch eine solche von Siderit und Ankerit entstanden sein, wobei eine Zufuhr von primärem Hämatit ebenfalls noch in Betracht gezogen werden müßte. Vielfach ebenfalls isoliert in Quarz und Dolomit konnten auch Körnchen und Drähtchen von Gediegen Silber gefunden werden. Nach SCHNEIDERHÖHN (1941) könnte die Fällung des Silbers topomineralisch durch die primären und sekundären Eisenoxide bedingt sein, sicher ist es aber azendenten Ursprungs. Während die Anwesenheit von Gediegen Silber typisch für eine epithermale Stufe ist, könnte die Kristallisation des Eisenglanzes von der epithermalen bis in die mesothermale Stufe reichen. Unter den Erstkristallisationen der Sulfidmineralisation scheint der Molybdänglanz mit Sicherheit in einen mesothermalen Bereich zu fallen, während die ihn begleitenden Sulfide von kristallinem Pyrit und Bleiglanz wieder weniger charakteristisch sind. Vielleicht ebenfalls noch mesothermalen Entstehung sind die vielfach miteinander verwachsenen Erzminerale Kupferkies und Fahlerz. Beide sind resorptiv in ihrer Wirkung und hinterlassen vom ursprünglichen Pyrit, Bleiglanz und Eisenglanz oft nur noch Relikte in Form von Körnern, Haken oder Atollen. Das Fahlerz ist nach der Bestimmung von STÖHR (1865) und nach einer spektralanalytischen Untersuchung von Herrn PD Dr. M. Weibel ein einfaches Arsen-Fahlerz mit etwas Zink. Genetisch parallel dazu glaubt der Verfasser mit RAMDOHR (1958 b) zusammen den noch wenig bekannten Betschinit festgestellt zu haben. Seine Bildung wurde wahrscheinlich dadurch veranlaßt, daß das Blei nicht im Fahlerzgitter Platz hat und auf diese Weise gebunden werden mußte.

Die beiden nachfolgenden Minerale Bornit und Kupferglanz sind ebenfalls noch resorptiv in ihrer Wirkung gegenüber allen vorhergehenden Mineralen, aber ihre graphischen Implikationsstrukturen und die Entmischungen von Kupferkiesspindeln in Bornit scheinen bereits einen Temperaturabfall anzudeuten. Von den beiden Varietäten Kupferglanz ist der weiße mit Brikettstruktur wahrscheinlich eher azendenten Ursprungs, während der blaue einerseits durch Zerfall eines Fahlerzes, andererseits durch Zementation entstanden sein könnte. Ob auch der Wismutglanz und Wittichenit bei der Resorption des Fahlerzes entstanden sind oder einen primären Ursprung haben, gelang nicht eindeutig abzuklären; hingegen können Lamellen von Stromeyerit neben Körnern in sprungartigen Rissen von Kupferglanz wieder eher als Zerfallsprodukt gedeutet werden. Ebenso könnte ein Teil des feinkörnigen, oft skelettartigen Hämatites bei der Umwandlung des Kupferkieses zu Bornit entstanden sein. Diese Vorgänge dürften wahrscheinlich schon in einen epithermalen Bereich fallen.

Vielfach wahrscheinlich zementativ, wobei der Verfasser einen azendenten Ursprung in kleinen Mengen aber doch nicht ganz ausschließen möchte, sind die Tafeln von Covellin.

Eine zonare Anreicherung des Kupfers gegen das Zentrum der Erzfälle und insbesondere des Silbers in der dolomitischen Gangmasse, welches schon von STÖHR (1865) beobachtet und vom Verfasser bestätigt werden konnte, erinnert an ein gewisses «telescoping» und spricht nach SCHNEIDERHÖHN (1941) für einen subvulkanischen Ursprung mit relativ schneller Erzablagerung. Der Verfasser denkt in diesem Zusammenhang natürlich zuerst an die basischen Kärpflaven mit ihren Kupfermineralisationen.

Da die Ähnlichkeit zwischen der Kupfermineralisation der Mürtschenalp und den Vererzungen im Val d'Anniviers weitaus am größten ist, dürften für die Erzlösungen der Mürtschenalp auch ähnliche genetische Überlegungen zutreffen. Nicht nur, daß HALM (1945) auch dort ein «telescoping» und Resorptionsstrukturen festgestellt hat, sondern es scheint auch eine Analogie in bezug auf die Formationen von verschiedener Thermalität, die als Rejuvenation gedeutet werden können, zwischen Val d'Anniviers und den beiden Paragenesen der Mürtschenalp vorhanden zu sein. HALM (1945) postuliert dabei einen azendenten, pneumatolytisch-hydrothermalen, epigenetischen und telemagmatischen Ursprung für die Vererzungen im Val d'Anniviers.

## XI. Vermutliche Herkunftsorte der Metalle der Lagerstätte

Nachdem der mögliche Ablauf der Lagerstättenbildung im Raume der Mürtschenalp anhand der im Felde und im Laboratorium gemachten Beobachtungen kurz skizziert worden ist, möchte der Verfasser von diesen Tatsachen und Folgerungen aus nochmals auf den größeren Rahmen der Herkunft der Erzlösungen zu sprechen kommen.

Obwohl die Pechblende-Paragenese die ältere ist, dürfte der Ursprung der Kupferlösungen einfacher zu interpretieren sein. Eine direkt in die Augen springende Analogie besteht nach den Arbeiten von AMSTUTZ (1950) und des Verfassers (1960 b) zwischen den Vererzungen der Mürtschenalp und denjenigen in den Keratophyren des Kärpfgebietes in der Sukzession Kupferkies-Bornit-Kupferglanz-Covellin. Der Verfasser hat dabei in seiner soeben zitierten Arbeit bereits die Vermutung geäußert, daß die erwähnte Sukzession in den Vererzungen der Mürtschenalp ebenfalls ein Derivat intrusiver bis effusiver spilitisch-keratophyrischer Laven sein könnte, das als pneumatolytisch-hydrothermale Restphase in um- und höherliegende Sedimente gewandert wäre. Das gleichzeitig reichliche Auftreten von Titanit in den Kupfererzen der Keratophyre des Kärpfgebietes und vor allem in der Vererzung am Chli Hochmättli stützt nach Ansicht des Verfassers noch diese Vermutung. Da die Spilite und Keratophyre bei ihrem Durchbruch an die Oberfläche notwendigerweise tektonische Schwächezonen (Kontraktionsklüfte, Bruch- und Ruschelzonen, Verwerfungen, Gänge, alle zudem mit oder ohne Vererzungen) im Sockel der Massive benützen mußten, ist es durchaus möglich, daß einerseits ältere Lagerstätten dadurch regeneriert oder aber andererseits auch gewisse Elemente direkt aus dem Nebengestein extrahiert und auf diese Weise angereichert worden sein können, wie dies GEFFROY und SARCIA (1958) teilweise für die Uranvererzungen im französischen Zentralmassiv annehmen; eine Extraktion übrigens, die nach GEFFROY (1958) erst zur Jurazeit in herzynischen Granuliten zur Lagerstättenbildung geführt hat.

So kämen dann als Herkunftsort für den Molybdänglanz der Bornit-Paragenese ähnliche Vorkommen wie die zahlreichen Aplite oder Gangquarzlagerstätten mit Molybdänglanz im Aaregranit, insbesondere von der Art des Baltschiedertales, in Frage. Auf gleiche Weise könnten natürlich auch Vorkommen von Fahlerz, Gediegen Silber, Wismutglanz, Wittichenit und Stromeyerit regeneriert worden sein, wobei die vier letzten Mineralien erst noch durch einen Zerfall von silber- und wismuthaltigem Fahlerz entstanden sein könnten. Die Bildung von Hämatit aus eisenhaltigem Pigment der ariden Sedimente, Siderit oder Kupferkies wurde bereits weiter oben diskutiert. Der Kupferkies, Bornit, Kupferglanz und Covellin wären dann schließlich ein direktes Derivat des primären Erzbestandes der Spilite und Keratophyre.

Eine solche Auffassung scheint nach Ansicht des Verfassers durchaus im Bereich des Möglichen zu liegen, denn auch andernorts wurden neben den Kupfervererzungen in basischen Eruptivgesteinen auch solche in den umliegenden Sedimenten gefunden, so zum Beispiel in der Saar-Nahe-Senke und beiden triadischen Trappgesteinen der USA.

Die Herkunft der Erzminerale der Pechblende-Paragenese ist hingegen schwieriger zu interpretieren. Da die Pechblende-Paragenese zudem älter ist als die des Bornites und auch kein Vorherrschen von Kupfererzminerale besteht, muß nicht unbedingt ein Zusammenhang mit der Förderung von basischen Laven zur Permzeit bestehen. Es ist jedoch möglich, daß erlere Therme eines älteren Vulkanismus dieselben, oben erwähnten Schwächezonen als Aufstiegswege benützten und dabei natürlich durch Regeneration von älteren Lagerstätten oder Extraktion aus dem Nebengestein alle möglichen Stoffe mitschleppen konnten. Gerade die Möglichkeit einer Regeneration hat durch das Auffinden von grobkörniger Pechblende im Kristallin des Tavetscher Zwischenmassives bei Truns, welches vielfach als Kern der Helvetischen Decken angenommen wird, eine gewisse Bestätigung erfahren.

Dazu kommt natürlich noch die Möglichkeit, daß vadosse Lösungen von aufgelösten Erzen der «Ariden Wanne» sich mit juvenilen erzhaltigen Lösungen oder erzfreien Thermen, die mannigfach ältere Vererzungen regeneriert oder einfach Metalle auf ihrem Weg zur Oberfläche extrahiert haben, vermischt und dadurch die sehr komplexe Mineralisation und Sukzessionen der Mürtschenalp schufen.

Der Verfasser möchte bei den Vererzungen der Mürtschenalp demnach von einer aszendenten, meso- bis epithermalen Genese mit Rejuvenation sprechen, wobei eventuell bei der Pechblende-Paragenese noch sedimentäre und bei der Bornit-Paragenese infolge eines gewissen «telescoping» subvulkanische Einwirkungen festzustellen sind.



## XII. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wird zuerst ein historischer Überblick über die im Laufe der Jahrhunderte an den Erzen der Mürtschenalp durchgeführten Bergbauarbeiten und Untersuchungen gegeben. Abgesehen von kleineren Schürfungen und Abbauen vor allem in früheren Zeiten und einigen wissenschaftlichen Untersuchungen in neuerer Zeit fällt die Blütezeit des Bergbaues auf der Mürtschenalp in die Jahre 1849–1865. Das Unternehmen endete allerdings mit einem großen Verlust, doch sind die Resultate jener Zeit durch eine interessante Arbeit von STÖHR (1865) wissenschaftlich erhalten geblieben.

In neuester Zeit hat dann der Verfasser während seiner Feldaufnahmen für die Diplomarbeit die von STÖHR (1865) bereits erwähnten, aber in der Zwischenzeit wieder verschollenen Uranerze auf der Halde des Sondierstollens im Großen Chalttal wieder gefunden. Dies veranlaßte ihn, die Diplomarbeit zur vorliegenden Dissertation auszuarbeiten.

Es wird eine geographische und geologisch-tektonische Übersicht der Gegend anhand einer Lagerstätten-skizze und einer geologischen Detailkarte im Maßstab 1:12500 gegeben. Die Mürtschenalp liegt südlich des Walensees im Kt. Glarus unmittelbar an der Grenze gegen den Kt. St. Gallen, im Bereich der Helvetischen Schubmasse. Obwohl noch stratigraphisch höhere Formationen vorkommen, befinden sich die Vererzungen lediglich in permischen und triadischen Gesteinen und zwar häufiger in der Gufelstock- als in der Mürtschenscholle. Die Uranvererzungen sind dabei meist in charakteristischer Weise an germanotype Strukturen, das N-S verlaufende sogenannte Walenchengelsystem, gebunden, während die Kupfervererzungen an beginnende alpinotype Strukturen, das SW-NE verlaufende Spontalsystem, parallel zu den Faltenachsen, gebunden sind.

Bei den permischen Gesteinen sind es drei aride bis, nach FISCH (1961), semiaride Sedimente von charakteristischer weinroter Farbe, welche je nach ihrer Korngröße von HEER (1865) als Sernifit, vom Verfasser als Rotbergsandstein und von FISCH (1961) als Schönbühlschiefer bezeichnet worden sind. Der Sernifit kann dabei als Brekzie bis Konglomerat mit vorwiegend Silikatgesteinskomponenten bezeichnet werden. Neben typischen Geröllen von Spilit, Keratophyr, Mikroklingranit, Quarzporphyr und Hornsteinen finden sich im Basalzement noch detritische Reste von Einzelmineralien. Der Rotbergsandstein müßte hingegen, genau genommen, infolge seiner eckigen Trümmer von überwiegend Quarz und wenigen Gesteinsgeröllen eher als Feinbrekzie aufgefaßt werden. Bei den Schönbühlschiefern handelt es sich um tonige bis siltige Schiefer mit vorwiegend detritischem Quarz und Tonmineralien.

Sie sollen nach STAUB (1954) und anderen Autoren durch Abtragung des Aar-, Gotthard- und Tavetscher Zwischenmassives sowie ihrer karbonischen und älteren permischen Sedimente und Eruptiva entstanden sein. Ihre Ablagerung erfolgte in einem permischen Grabenbruch, dem sogenannten Verrucanotrog.

Nach einer gewissen Diagenese erfolgte eine marine Transgression, welche zur Aufarbeitung des obersten Verrucano und Entstehung des litoralen Melser Sandsteines zur Triaszeit führte. Anschließend erfolgte noch eine Ablagerung von triadischem Rötidolomit, Rauhwacke und Quartenschiefern.

Vor allem in den permischen Gesteinen bildeten sich wahrscheinlich Ende Trias (bis Lias?) infolge erneuter germanotyper und beginnender alpinotyper Bewegungen – wie ja TRÜMPY (1949) solche für den Lias in umliegenden Gebieten nachweisen konnte – offene Klüfte, Spalten und Ruschelzonen, welche sich mit Quarzgängen aus Quarz, Titanit, Chlorit und fraglichem Prehnit, oder dolomitischer Gangmasse aus vorwiegend Dolomit, wenig Siderit, Ankerit, Kalzit, Albit und Quarz oder Gangbrekzien füllten.

Durch Thermalwässer und Erzlösungen wurden in ausgeprägter Weise die drei ariden permischen Sedimente chemisch beeinflusst, umgewandelt und gefärbt. Das umgewandelte Begleitgestein der Kupfermineralisation erhielt schon von STÖHR (1865) infolge seiner graugrünen Farbe, verursacht durch Serizit und Chlorit, die sehr treffende Bezeichnung «Graues Gebirge». Analog dieser Bezeichnung hat der Verfasser dann für das umgewandelte Begleitgestein der Uranmineralisation mit seiner blaugrauen bis schwarzen Farbe durch feinverteilten Pyrit den Begriff «Schwarzes Gebirge» geprägt.

Da die beiden Mineralisationen auch räumlich ziemlich streng getrennt sind, können zwei Hauptgruppen von Erzen unterschieden werden, nämlich Uranerze und Kupfererze. Beide sind fast ausnahmslos durch Vererzung des «Schwarzen» bzw. «Grauen Gebirges» hervorgegangen. Lediglich bei der Vererzung im Großen Chalttal hat eine Überlagerung der beiden Paragenesen stattgefunden, wodurch einerseits ein charakteristisches Kupfer-Uran-Mischerz entstand und andererseits die Altersfolge der beiden Mineralisationen erkannt werden konnte.



Anschließend wird eine erzmikroskopische Beschreibung der Mineralien Rutil, Anatas, Pechblende, Parapechblende, Brannerit, Arsenkies, Melnikovit-Pyrit, Bravoit, Pyrit, Zinkblende, Millerit, Linneit, Bleiglanz, Bleisulfosalz (?), Kupferkies und Fahlerz der Pechblende-Paragenese gegeben, ergänzt durch eine kurze Betrachtung ihrer Geochemie und einige Fotos. Dasselbe erfolgt für Hämatit, Gediegen Silber, Pyrit, Molybdänglanz, Bleiglanz, Betehtinit, Fahlerz, Kupferkies, Wismutglanz, Tenorit (?), Wittichenit, Bornit, weißen, lamellaren und blauen, körnigen, anisotropen Kupferglanz, Stromeyerit, Covellin und die Geochemie der Bornit-Paragenese.

Bei der Beschreibung der einzelnen Erzfundstellen werden detaillierte Angaben über Geologie und Tektonik der Erzkörper sowie über mikroskopische Erscheinungen gemacht. Neben Beobachtungen an vielen neuen Fundstellen der Uranmineralisation, die gesamthaft in einer Tabelle festgehalten sind, werden auch für die alten Kupfer- und Silbergruben Erzbett, Hauptgrube und Großes Chalttal historische Beschreibungen in gekürzter Form und alte Grubenpläne von STÖHR (1865) wiedergegeben; zudem neue Feststellungen des Verfassers. Aufzeichnungen, Pläne und Fotos über weitere alte und neue Kupfervererzungen ergänzen das Bild. Die Extensität und Intensität der Erz- und Gangartmineralien der Bornit-Paragenese auf den einzelnen Vererzungen wird in einer Tabelle festgehalten.

Um sich ein Bild von der Genese machen zu können, werden zuerst die Kriterien für eine sedimentäre Genese angeführt und Vergleiche mit ähnlichen Lagerstätten gemacht; anschließend erfolgt dasselbe für eine hydrothermale Genese. Da die Gegenüberstellung der Kriterien für die beiden Hypothesen trotz häufiger Verknüpfung von permischen Vererzungen mit gleichaltrigen Eruptiva kein eindeutiges Urteil gestattete, stellt der Verfasser theoretische Überlegungen über mögliche Herkunftsorte von Erzlösungen der ariden Wanne des Verrucano an. Er zieht dabei erstens einmal den Detritus des Aar- und Gotthardmassives und des Tavetscher Zwischenmassives mit ihren Vererzungen in Betracht. Als zweite Möglichkeit werden die sauren und basischen Eruptiva des Kärpfgebietes mit ihren Vererzungen untersucht. Es zeigt sich, daß durch eine Kombination dieser beiden möglichen Herkunftsorte gewisse Metalle der Mürtschenalp erklärbar sind, so z. B. Uran, Blei, Zink, Molybdän, Silber und vor allem natürlich Kupfer durch das Auftreten von Kupfersulfiden im Kärpfgebiet. Andererseits bestehen doch hinsichtlich der Herkunft von Kobalt und Nickel gewisse Rätsel. So werden denn als dritte Herkunftsmöglichkeit von Erzlösungen die Regeneration von älteren unbekannten Vererzungen und erzeleeren Thermen eines permischen oder jüngeren Vulkanismus, die in bezug auf das Nebengestein extrahierend wirken konnten, und sich dabei selbst zu eigentlichen Erzlösungen durch Anreicherung entwickeln konnten, ins Auge gefaßt. Anhand ähnlicher Vorkommen außerhalb der Schweiz wird der Chemismus eines Stammagmas der Kupfermineralisation und der Uranvererzungen diskutiert. Nach all diesen Überlegungen wird der vermutliche Ablauf der Lagerstättenbildung der Mürtschenalp kurz skizziert, wobei nochmals ein Rückblick auf die Herkunftsorte der Metalle der Mürtschenalp geworfen wird.

Der Verfasser postuliert dann für die Vererzungen der Mürtschenalp eine aszendente, meso- bis epithermale Genese mit Rejuvenation zwischen den beiden Paragenesen, wobei bei der Pechblende-Paragenese eventuell noch sedimentäre und bei der Bornit-Paragenese infolge eines gewissen «telescoping» subvulkanische Einwirkungen festzustellen sind, vielleicht durch ähnliche vulkanische Vorgänge wie im Kärpfgebiet bedingt.

# Literaturverzeichnis

- AMSTUTZ, CHR. (1949): Kupfererze in spilitischen Laven des Glarner Verrucano. Schweiz. Min. Petr. Mitt. Bd. 29, S. 548–549.
- AMSTUTZ, G. C. (1950): Kupfererze in den spilitischen Laven des Glarner Verrucano. Schweiz. Min. Petr. Mitt. Bd. 30, S. 182–191.
- AMSTUTZ, G. C. (1951a): Radioaktivitätsmessungen an den Glarner Laven. Verh. Schweiz. Naturf. Ges. Luzern. S. 138–139.
- AMSTUTZ, G. C. (1951b): Spektrographische Untersuchungen auf seltene Elemente in den Laven der Glarner Decken. Verh. Schweiz. Naturf. Ges. Luzern. S. 139–140.
- AMSTUTZ, G. C. (1953): Geochemistry of Swiss Lavas, *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 3, S. 157–168.
- AMSTUTZ, G. C. (1954): Geologie und Petrographie der Ergußgesteine im Verrucano des Glarner Freiberges. Diss. Univ. Zürich.
- AMSTUTZ, G. C. (1958): Spilitic Rocks and Mineral Deposits. *Bull. Univ. Missouri, School of Min. and Met. Tech. Ser.* 96.
- ARRIBAS, A. (1959): Minéralisations uranifères alpines en Espagne. Colloque de Grenoble sur la Genèse des Minéralisations uranifères des Alpes Occidentales.
- BÄCHTIGER, K. (1957): Die Kupfererze der Mürttschenalp und ihre Begleitgesteine. Unveröffentl. Diplomarbeit der ETH, Zürich.
- BÄCHTIGER, K. (1958a): Bericht über die im Sommer 1957 auf der Mürttschenalp durchgeführten geologischen Feldarbeiten. Unveröffentl. Rapport an die GEORG FISCHER AG, Schaffhausen.
- BÄCHTIGER, K. (1958b): Die Uranmineralisationen an der Mürttschenalp (Kt. Glarus, Schweiz). Schweiz. Min. Petr. Mitt. Bd. 38, Heft 2, S. 387–391.
- BÄCHTIGER, K. (1959): Bericht über die im Sommer 1958 auf der Mürttschenalp, im Murgtal und in der Umgebung von Murg durchgeführten geologischen Feldarbeiten. Unveröffentl. Rapport an die Eisenbergwerk GONZEN AG, Sargans.
- BÄCHTIGER, K. (1960a): Die Kupfermineralisation an der Mürttschenalp (Kt. Glarus, Schweiz). *N. Jb. Miner. Abh.* 94, S. 627–635, Festband Ramdohr.
- BÄCHTIGER, K. (1960b): Ein neues intramagmatisches Kupfervorkommen in den Keratophyrlaven des Gandstockes (Kt. Glarus, Schweiz). Schweiz. Min. Petr. Mitt. Bd. 40, Heft 2, S. 279–288.
- BARREAU, J. (1959): L'uranium des Alpes françaises. Colloque de Grenoble sur la Genèse des Minéralisations uranifères des Alpes Occidentales.
- BEYSLAG, F.; KRUSCH, P. und VOGT, J. H. L. (1921): Die Lagerstätten der nutzbaren Mineralien und Gesteine nach Form, Inhalt und Entstehung. Band II, Erzlagerstätten. II. 2. neu bearb. Aufl. Stuttgart.
- BIZARD, CH. (1955): Présence de pechblende dans le Permo-Trias métamorphique des Alpes Françaises. *Compte-Rendu de l'Académie des Sciences* – t. 240, Séance du 14 Février.
- BRÜCKNER, W. D.; HEIM, ARN.; RITTER, E.; STAUB, R. und TRÜMPY, R. (1957): Bericht über die Jubiläumsexkursion der Schweiz. *Geol. Ges. durch die Glarner Alpen. Ecl. Geol. Helv.* Vol. 50, Nr. 2, S. 509–528.
- BRUNNSCHWEILER, R. O. (1948): Beiträge zur Kenntnis der Helvetischen Trias östlich des Klausenpasses. Diss. Univ. Zürich.
- BURRI, C. (1950): Das Polarisationsmikroskop. Basel. Birkhäuser.
- BUTLER, B. S. (1913): *Geology and Ore Deposits of the San Francisco and adjacent Districts, Utah.* U. S. Geol. Surv. Prof. Paper 80.
- CADISCH, J. (1939): Die Erzvorkommen am Calanda, Kt. Graubünden und St. Gallen. Schweiz. Min. Petr. Mitt. Bd. 19, S. 1–20.
- CEVALES, G. (1960): Erzmikroskopische Untersuchung von zehn Uranvorkommen des italienischen Perms der West- und Ostalpen. *N. Jb. Miner. Abh.* 94, S. 733–758, Festband Ramdohr.
- CEVALES, G. (1961): Metamorphe Mobilisationsvorgänge in der Uranlagerstätte des Preittales (Kottische Alpen). *N. Jb. Miner. Abh.* 96, S. 112–123.
- CNRN = COMITATO NAZIONALE PER LE RICERCHE NUCLEARI (1958): Studi e ricerche della divisione geomineraria (viele Autoren), Roma.
- COMITATO NAZIONALE PER LE RICERCHE NUCLEARI (1959): Führer zu den italienischen uranhaltigen Lagerstätten. Rom.
- DANA, E. S. (1944): *A system of mineralogy.* 7th ed. Vol. I. New York.
- DAUB (1861): Gutachten über Erze der Mürttschenalp.
- DEICKE, J. C. (1859): Über das Vorkommen der Blei-, Kupfer-, Nickel- und Silbererze in der Schweiz. *Berg- und Hüttenmänn. Zeitung*, Jg. 1859, Nr. 20, p. 177–180, in –4°, Freiberg.
- ERLENMEYER, H.; OPPLIGER, W.; STIER, K. und BLUMER, M. (1950): Die Bestimmung von Uran in Gesteinen. *Geochem. Untersuch. I. Helv. Chim. Acta*, Vol. XXXIII, S. 25–26.
- ESCHER, E. (1935): Erzlagerstätten und Bergbau im Schams, in Mittelbünden und im Engadin. *Beitr. z. Geol. d. Schweiz, Geotechn. Ser. Lfg.* 18.
- ESKOLA, P. (1946): *Kristalle und Gesteine.* Wien. Springer.
- FEHLMANN, H. (1919): Der schweizerische Bergbau während des Weltkrieges. Bern. S. 259–263.
- FISCH, W. (1961): Der Verrucano auf der Nordost-Seite des Sernftales (Kt. Glarus). *Mitt. Naturf. Ges. d. Kt. Glarus*, Heft XI.
- FRENZEL, G. (1958): Ein neues Mineral: Idait. *N. Jb. f. Miner. Mh.*, S. 142.
- FREULER, G. (1925): Geologische Untersuchungen in der Mürttschendecke. Diss. Univ. Zürich.
- FRIEDLÄNDER, C. (1930): Erzvorkommnisse des Bündner Oberlandes und ihre Begleitgesteine. *Beitr. z. Geol. d. Schweiz, Geotechn. Ser. Lfg.* 16. Heft 1.
- FÜCHTBAUER, H. (1956): Zur Entstehung und Optik authigener Feldspäte. *N. Jb. f. Min. Mh.* Heft 1, S. 9–23.

- GEFFROY, J. (1958): Mündliche Mitteilung.
- GEFFROY, J. et SARCIA, A. J. (1958): La notion de «gîte épithermal uranifère» et les problèmes qu'elle pose. Bull. Soc. Géol. France. 6e sér. t. 8e. Fasc. 3.
- GEIS, H.-P. (1955): Die Kupferlagerstätten von Imsbach/Rheinpfalz, Erzmetall, VIII, Heft 6, S. 267–275.
- GRIMBERT, A. (1956): Sur l'origine des imprégnations uranifères des schistes houillers de Saint-Hypolite (Haut-Rhin). Bull. Soc. Géol. France. 2e sér. t. 7e. Fasc. 6.
- v. GRODDECK, A. (1879): Die Lehre von den Lagerstätten der Erze. Leipzig.
- GRÜNENFELDER, M. (1955): Unveröffentl. Rapport an die Schweiz. Studienkomm. f. Atomenergie.
- GRÜTTER, O. (1948): Unveröffentl. Rapport an die Schweiz. Studienkomm. für Atomenergie.
- HALM, E. (1945): Die Kupfer-Wismut-Lagerstätten im obern Val d'Anniviers (Wallis). Beitr. z. Geol. d. Schweiz. Geotechn. Ser. Lfg. 22.
- HANTKE, R. (1961): Mündliche Mitteilung.
- HEER, O. (1865): Die Urwelt der Schweiz. Zürich.
- HEER, O.; ESCHER, A.; VON DER LINTH; BLUMER-HEER, J. J. (1846): Der Kanton Glarus, historisch – geographisch – statistisch geschildert von den ältesten Zeiten bis auf die Gegenwart. Historisch-geographisch-statistisches Gemälde der Schweiz, Heft oder Bd. 7, XIV + 665 pp., in –12°, 1 pl. Profile, 1 Karte, Xt. Gallen und Bern.
- HIRSCHI, H. (1924): Ein Pechblendevorkommen in der Schweiz. Schweiz. Min. Petr. Mitt. Bd. 4, S. 368.
- HIRSCHI, H. (1925): Uranglimmer (?) der Mürttschenalp. Schweiz. Min. Petr. Mitt. Bd. 5, S. 248–249.
- HUBER, R. (1961): Mündliche Mitteilung.
- HÜGI, TH. (1949): Spektrographische Untersuchungen an schweizerischen Kupfererzen. Experientia 5/7.
- HÜGI, TH. (1958): Uranvererzungen in Gesteinen des Wallis (Schweiz). Schweiz. Min. Petr. Mitt. Bd. 38, Heft 2, S. 393–400.
- HÜGI, TH., und DE QUERVAIN, F. (1957): Die Suche nach Ausgangsmaterialien für Kernbrennstoffe in der Schweiz. Mitt. Blatt Nr. 3 des Deleg. f. Fragen d. Atomenergie.
- HÜGI, TH.; DE QUERVAIN, F.; WELTI, G. (1958): Uranvererzungen in Gesteinen des Bernhardkristallin (Kt. Wallis, Schweiz). Experientia. Vol. XIV/7.
- HÜGI, TH.; DE QUERVAIN, F., und RICKENBACH, E. (1959): Les Minéralisations d'uranium dans les Alpes suisses. Colloque de Grenoble sur la Genèse des Minéralisations uranifères des Alpes Occidentales.
- HUGI, E. (1923): Über einige Gesteins- und Mineralvorkommnisse der Wasserstollen des Kraftwerkes Amsteg (Kt. Uri). Schweiz. Min. Petr. Mitt. Bd. 3, S. 263–297.
- HUTTENLOCHER, H. (1924): Über Mineralbestand und Struktur einiger schweizerischer Erzgänge (Chalkographische Untersuchung). Ecl. Geol. Helv. 18, S. 512–518.
- HUTTENLOCHER, H. (1927): Beiträge zur Charakteristik der westalpinen Mineralisation. Schweiz. Min. Petr. Mitt. Bd. 7, S. 165–178.
- HUTTENLOCHER, H. (1931): Die Blei-Zink-Lagerstätten von Goppenstein (Wallis). Beitr. z. Geol. d. Schweiz. Geotechn. Ser. XVI, Lief. Heft 2.
- HUTTENLOCHER, H. (1934): Erzlagerstättenzonen der Westalpen. Schweiz. Min. Petr. Mitt., Bd. 14, S. 22–149.
- HUTTENLOCHER, H. (1936): Zur Mangan-Zinn-Silber-Lagerstätte aus dem Wasserstollen des Amsteger Kraftwerkes. Schweiz. Min. Petr. Mitt. Bd. 16, S. 406–408.
- HUTTENLOCHER, H. und HÜGI, TH. (1954): Über den Goldfund im Gotthardtunnel vom Jahre 1873. Schweiz. Min. Petr. Mitt. Bd. 34, S. 505–512.
- BARTEL, O.; JENNY, A. (1936): Glarner Geschichte in Daten. 3 Bde. Glarus. Neue Glarner Zeitung.
- KERVILLA, F. (1958): Les gisements uranifères dans les formations sédimentaires en France et dans l'Union Française. Commissariat à l'énergie atomique. Bull. d'inform. No. 18, Juin 1958.
- KLÄSI, P. (1940): Das alte Kupferbergwerk an der Mürttschenalp. Neue Zürcher Zeitung. 15. Dez.
- KÖNIGSBERGER, J. (1914): Molybdänglanz im Aaregranit. Centralbl. f. Min. etc. Nr. 16.
- KÜNDIG, E. und DE QUERVAIN, F. (1941): Fundstellen mineralischer Rohstoffe in der Schweiz. Bern.
- LEDERMANN, H. (1955): Zur Kenntnis der Molybdänglanzlagerstätte im Baltschiedertal (Wallis). Beitr. z. Geol. d. Schweiz, Geotechn. Ser. Lfg. 33.
- MILCH, L. (1. Teil 1892, 2. Teil 1896): Beiträge zur Kenntnis des Verrucano. Leipzig.
- NIGGLI, E. (1944): Das westl. Tavetscher Zwischenmassiv und der angrenzende Nordrand des Gotthardmassivs. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 24, S. 58–301, und Diss. Univ. Zürich.
- NIGGLI, E. (1962): Mündliche Mitteilung.
- NIGGLI, P. (1920): Lehrbuch der Mineralogie. Berlin. Bornträger.
- NIGGLI, P. (1948): Gesteine und Minerallagerstätten. Basel. Birkhäuser.
- NIGGLI, P.; KÖNIGSBERGER, J.; PARKER, R. L. (1940): Die Mineralien der Schweizeralpen. Bd. I und Bd. II. Basel. Wepf & Co.
- OBERHOLZER, J. (1933): Geologie der Glarner Alpen. Beitr. Geol. Karte d. Schweiz. N. F. 28, mit Atlasband.
- PARKER, R. L. (1944): Die Mineralfunde der Schweizer Alpen. Basel. Wepf & Co.
- DE QUERVAIN, F. (1958): Chalkographische Beobachtungen an der Uranlagerstätte Iséables im Wallis. Schweiz. Min. Petr. Mitt. Bd. 38, Heft 2, S. 488–491.
- DE QUERVAIN, F. (1962): Mündliche Mitteilung.



- DE QUERVAIN, F. und HÜGI, Th. (1960): Die Erforschung radioaktiver Elemente im Untergrund der Schweiz. Bericht über die Tätigkeit der Schweiz. Studienkommission für Atomenergie von 1946 bis 1958. *Experientia, Supplementum VIII*. Basel, Stuttgart. Birkhäuser.
- RAMDOHR, P. (1954a): Klockmann's Lehrbuch der Mineralogie. 14. umgearb. Auflage. Stuttgart. Ferd. Enke.
- RAMDOHR, P. (1954b): Über Metamorphose und sekundäre Mobilisierung. *Geol. Rdsch.* Bd. 42, S. 11–19.
- RAMDOHR, P. (1955): Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. Berlin. Akademieverlag. 2. Aufl.
- RAMDOHR, P. (1957): Die «Pronto-Reaktion». *N. Jb. f. Min. Mh.* 10/11. S. 217–222.
- RAMDOHR, P. (1958a): Witwatersrand – Blind River – Dominion Reef – Serra de Jacobina: Ein Vergleich. *Abh. d. deutsch. Akad. d. Wiss.* Berlin, Jg. 1958, Nr. 3.
- RAMDOHR, P. (1958b): Mündliche Mitteilung.
- RAMDOHR, P. (1960): Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. 3. Auflage. Berlin.
- REICH (1857): Notiz über eine Kupfergrube an der Mürtschenalp neben dem Walensee im Kt. Glarus. *Berg- und Hüttenmänn. Zeitung*, Jg. 1857, Nr. 20, p. 168 (false 160), in –4°, Freiberg. Auszug in *Neues Jahrb. f. Miner. etc.* Jg. 1858, p. 476–477, in –8°, Stuttgart.
- ROLLIER, L. (1907): *Geolog. Bibliographie der Schweiz für das XIX. Jahrhundert (1770–1900)*. Beiträge z. geol. Karte d. Schweiz. XXIX. Lieferung, 2. Teil (1908).
- ROTHPLETZ, A. (1898): Das geotektonische Problem der Glarner Alpen, mit Atlas. Jena. Fischer.
- RYBACH, L. und HAFNER, St. (1962): Radioaktivitätsmessungen an Gesteinen des St. Gotthard-Profiles. *Beitr. z. Geol. d. Schweiz. Geotechn. Ser. – Kl. Mitt.* Nr. 25. Bern. Kümmerly & Frey.
- SCHNEIDERHÖHN, H. (1941): *Lehrbuch der Erzlagerstätten*, Bd. I. Die Lagerstätten der magmatischen Abfolge. Jena. Gustav Fischer.
- SCHNEIDERHÖHN, H. (1952): *Erzmikroskopisches Praktikum*. Stuttgart. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchh.
- SCHNEIDERHÖHN, H. (1953): Fortschritte in der Erkenntnis sekundär-hydrothormaler und regenerierter Lagerstätten. *N. Jb. f. Miner. Mh.*, S. 223–237.
- SCHNEIDERHÖHN, H. (1955): *Erzlagerstätten. Kurzvorlesungen zur Einführung und Wiederholung*. 3. Aufl. Stuttgart. Piscator.
- SCHOPFER, H. (1835): Rhätische Erzgebirge oder neueste Übersicht aller derjenigen Berg-Reviere im Umfange der Kantone Graubünden, St. Gallen und Glarus, wo ein oder mehrere Erzlager von Sachkennern für positiv oder relativ bauwürdig erklärt worden sind. 1 Blatt oder mineralogische Karte mit 13 Erzzeichen und ein Zeichen für Braunkohle. Maßstab 1:4000, St. Gallen.
- SIMON, H. (1857): Denkschrift betreffend dem Kupfer- und Silberbergwerk an der Mürtschenalp. in –4°, ... (L.)
- STAUB, R. (1954): Der Bau der Glarner Alpen und seine prinzipielle Bedeutung für die Alpengeologie. Glarus. Tschudi & Co.
- STÖHR, E. (1856): Das Vorkommen von Buntkupfererz an der Mürtschenalp. *Mitt. d. naturf. Ges. in Zürich*, Bd. 4, p. 1–8 in –8°, Zürich.
- STÖHR, E. (1864): Geognostische Verhältnisse des Kupfererzvorkommens der Mürtschenalp. *Verh. d. schweiz. naturf. Ges. zu Zürich*, p. 70–71, in –8°, Zürich.
- STÖHR, E. (1865): Die Kupfererze an der Mürtschenalp und der auf ihnen geführte Bergbau. *Neue Denkschr. d. Schweiz. Naturf. Ges.*, 21.
- STRUNZ, H. (1957): *Mineralogische Tabellen*. 3. völlig neu bearb. Aufl. Leipzig. Akad. Verl. Ges. Geest & Portig K.-G.
- THÜRER, G. (1936): Die Kultur des alten Landes Glarus. Glarus. R. Tschudy.
- TRÖGER, G. (1860): Über den Kupfer- und Silberbergbau an der Mürtschenalp im Canton Glarus der Schweiz. *Berg- und Hüttenmänn. Zeitung*, Jg. 1860, p. 305–312, in –4°, Freiberg. – *Compte-rendu in Annales des mines*, 5e série, t.20, p. 468–469, in –8°, Paris 1861.
- TRÖGER, W. E. (1935): *Spezielle Petrographie der Eruptivgesteine. Ein Nomenklaturkompendium*. Berlin.
- TRÖGER, W. E. (1956): Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale, Teil 1, Bestimmungstabellen. Stuttgart. E. Schweizerbart.
- TRÜMPY, R. (1949): Der Lias der Glarner Alpen. *Denkschr. Schweiz. Naturf. Ges.* 79, 1.
- TRÜMPY, R. (1961): Mündliche Mitteilung.
- WINCHELL, H. (1951): *Elements of optical mineralogy*. 4th ed. Part II, description of minerals. London. Chapman & Hall, Ltd.
- WINTERHALTER, R. U. (1930): Zur Petrographie und Geologie des östlichen Gotthardmassives, Schweiz. *Min. Petr. Mitt.* Bd. 10.
- WINTERHALTER, R. U. (1943): Der Verrucano der Schweizeralpen. *Verh. Schweiz. Naturf. Ges.* 212–214. (Autoreferat Schläfli-stiftung.)
- ZESCHKE, G. (1956): *Prospektion von Uran- und Thoriumerzen*. Stuttgart. E. Schweizerbart.
- ZWEIFEL, N. (1953): Die Kupfererze der Mürtschenalp. 7. Jan. *Neue Glarner Zeitung* (?).
- X. – (1854): Der Bergbau am Mürtschenstock. *Eidg. Zeitung*, Jg. 1854 oder Bd. 10, p. 1417, in –4°, Zürich, ... (L.).

#### Karten:

- EIDG. LANDESTOPOGRAPHIE (1956): Landeskarte der Schweiz, 1:50000, Blatt 237, Walenstadt, Ausgabe 1956.
- HÜGI, Th.; DE QUERVAIN, F. und Hofmänner, F. (1962): Übersichtskarte der Uran- und Thorium-Mineralisationen der Westalpen. 1:500000.
- OBERHOLZER, J. (1942): Geologische Karte des Kantons Glarus, 1:50000. *Spez. Karte* 117.

# Verzeichnis der Textfiguren und Tafeln.

Figur 1:	Verrucanogebiet Murgtal-Mürtschenalp und seine Kupfer-Uranyorkommen . . . . .	16
Figur 2:	Blick von der Alp Tschermannen gegen Chline Walenchengel (links) und Etscherzapfen (im Hintergrund rechts) . . . . .	17
Figur 3:	Luftaufnahme des Großen und Chline Walenchengels. Man beachte die markanten germanotypen Brüche im Sernifit (oben und linke Bildhälfte) sowie die kaum ausgeprägten Strukturen in den Schönbühlschiefern (unten rechts) des Großen Hochmättli. Der Große Walenchengel verläuft von der linken oberen Ecke der Luftaufnahme (Pfeil) in Richtung SSE und ist gut an den Schattenbildern erkennbar. Der westliche Bruch des Chline Walenchengel ist auf der rechten Bildhälfte als nahezu N-S verlaufende Linie (Pfeil) erkennbar. Weitere strahlenartig konvergierende Brüche liegen östlich davon und zeigen wieder gute Schattenbilder. . . . .	19
Figur 4:	Blick von Süden gegen Rotberg, Alp Bärenboden und Firzstock im Norden. Im Vordergrund der markante N-S-Bruch des Chline Walenchengels mit seinen zahlreichen Vererzungen . . . . .	20
Figur 5:	Blick gegen den Westfuß des Großen Hochmättli mit einem deutlich ausgeprägten SW-NE verlaufenden Längsbruch im Sernifit, allerdings ohne Vererzungen . . . . .	21
Figur 6:	Pechblende und Brannerit sind auf wenige Stellen konzentriert. Silberplange-Ost. Erzkörper I. Vergrößerung ca. 2×. Radiographie . . . . .	32
Figur 7:	Die Pechblende ist ziemlich gleichmäßig über das ganze Gestein fein verteilt. Chline Walenchengel, Erzkörper VII. Vergrößerung ca. 2×. Radiographie . . . . .	32
Figur 8:	Pechblende und Brannerit sind konzentriert und relativ gleichmäßig im Basalzement verteilt. Die beiden Gerölle (links oben und unten) sind ausgesprochen erzarm. Großes Chalttal, Halde. Vergrößerung ca. 2×. Radiographie . . . . .	32
Figur 9:	Pechblende und Brannerit sind linsenförmig sehr stark konzentriert. Großes Chalttal, Halde. Vergrößerung ca. 2×. Radiographie . . . . .	32
Figur 10:	Blick von Norden auf Erzkörper IV vom Typ C der Lagerstätte Chline Walenchenge . . . . .	46
Figur 11:	Radioaktivitäts- und Gehaltsprofil durch Erzkörper IV der Lagerstätte Chline Walenchengel. Profil 2 . . . . .	47
Figur 12:	Radioaktivitätsprofil durch Erzkörper IV der Lagerstätte Chline Walenchengel. Profil 1 . . . . .	48
Figur 13:	Radioaktivitätskarte von Erzkörper IV der Lagerstätte Chline Walenchengel. Seigerriß. . . . .	49
Figur 14:	Blick von Nordosten auf Erzkörper II (Felskuppe im Vordergrund) und Erzkörper IV (in der Mitte links). Die Stelle der absoluten Maximalintensität liegt an der oberen Grenze aufgeschlossenes Erz/Humusdecke, ein wenig links vom Zentrum des Bildes . . . . .	49
Figur 15:	Verteilung von Sernifit, Schwarzem Gebirge, wichtigen Klüften und Kurven gleicher Radioaktivität auf Erzkörper II der Lagerstätte Chline Walenchengel (Grundriß) . . . . .	50
Figur 16:	Dünnschliffaufnahme von Schwarzem Gebirge aus Erzkörper I der Lagerstätte Chline Walenchengel. Man beachte vor allem die Häufung der kugeligen Pyrite und anderen Erzminerale im Basalzement. 1 Nicol. Vergrößerung ca. 95× . . . . .	51
Figur 17:	Blick von Westen auf Erzkörper I mit seinen charakteristischen Klüften (N-S und Deklination 50°-65°). Im Hintergrund der Silberspitz . . . . .	52
Figur 18:	Blick von Südwesten auf Erzkörper I der Lagerstätte Silberplange-Ost. Ein wenig rechts vom Zentrum des Bildes der Beginn der SW-NE-Hauptkluft (nach oben links), sowie die beiden Hauptpunkte der Vererzung . . . . .	54
Figur 19:	Radioaktivitätskarte von Erzkörper I der Lagerstätte Silberplange-Ost. Seigerriß . . . . .	55
Figur 20:	Dünnschliffaufnahme von Schwarzem Gebirge mit reichlich Zinkblende (dunkelgrau) und wenig anderem Erz (schwarz) vor allem im Basalzement aus Teilkörper V der Lagerstätte Chlis Chalttal. 1 Nicol. Vergrößerung ca. 30× . . . . .	56
Figur 21:	Dünnschliffaufnahme von Hämatit (eisenrosenartig, schwarz) in quarziger Gangart (weiß) mit Chlorit (grau) aus dem Teilkörper VIa der Lagerstätte Chlis Chalttal. 1 Nicol. Vergrößerung ca. 95× . . . . .	57
Figur 22:	Grundriß der Grube Erzbett aus der Arbeit von Stöhr (1865). 1:2000 . . . . .	65
Figur 23:	Kreuzriß in N-S-Richtung der Gruben Erzbett und Hauptgrube aus der Arbeit von Stöhr (1865). 1:2000 . . . . .	66
Figur 24:	Grundriß der Hauptgrube aus der Arbeit von Stöhr (1865). 1:2000 . . . . .	68
Figur 25:	Profil auf der Ostseite des Westeinganges der Hauptgrube . . . . .	69
Figur 26:	Die von dolomitischer Gangmasse erfüllte Offenspalte (Gangdolomit) ohne Vererzung im tauben Mittel der östlichen Tagesstrecke der Hauptgrube. Blitzlichtaufnahme . . . . .	69
Figur 27:	Schematische Skizze der Verteilung von dolomitischer Gangmasse, Grauem Gebirge und Sernifit auf der Nordseite der östlichen Tagesstrecke der Hauptgrube. 1:200 . . . . .	70
Figur 28:	Kupfererzminerale verdrängen von feinsten Haarklüften aus Kalzit und Dolomit der dolomitischen Gangmasse nesterartig und ergeben dadurch das Bild einer Erzbrekzie. Dünnschliffaufnahme eines Kupfererzes der Hauptgrube. 1 Nicol. Vergrößerung ca. 95× . . . . .	72
Figur 29:	Die Gangverhältnisse im Sondierstollen des Großen Chalttales. 1:100 . . . . .	75
Figur 30:	Kupfererzminerale durchdringen selektiv Plagioklas längs Spaltklüften und Zwillingsgrenzen. Dünnschliffaufnahme. Nicols gekreuzt, Vergrößerung ca. 70× . . . . .	77
Figur 31:	Profil des Fahlerz-Vorkommens Chüetal unterhalb des Schilt . . . . .	79

Figur 32:	Seigerriß des Kupferglanz-Vorkommens Chli Hochmättli . . . . .	80
Figur 33:	Dünnschliffaufnahme eines Quarzites mit Feldspäten, Chloriten und Titanit (dunkel). Der Titanit verdrängt häufig Plagioklas (oben Mitte) oder besitzt Briefkuvertform (unten links). Chli Hochmättli. 1 Nicol. Vergrößerung ca. 95× . . . . .	81
Figur 34:	Profil des Kupfer-Vorkommens Silberspitz-Ost . . . . .	84
Figur 35:	Profil des Kupfer-Vorkommens Silberspitz-Nordost . . . . .	85
Tabelle 1:	Tabelle sämtlicher Uranvorkommen der Mürtschenalp . . . . .	60
Tabelle 2:	Relative Verbreitung und relative Häufigkeit der Erz- und Gangartminerale der Bornit-Paragenese . . . . .	86
Tafel I:	Geologische Karte der Mürtschenalp, 1:12500	
Tafel II:	4 Photos von Erzanschliffen der Pechblende-Paragenese	
Tafel III:	2 Photos von Erzanschliffen der Pechblende-Paragenese 2 Photos von Erzanschliffen der Bornit-Paragenese	
Tafel IV:	4 Photos von Erzanschliffen der Bornit-Paragenese	

## Abstract

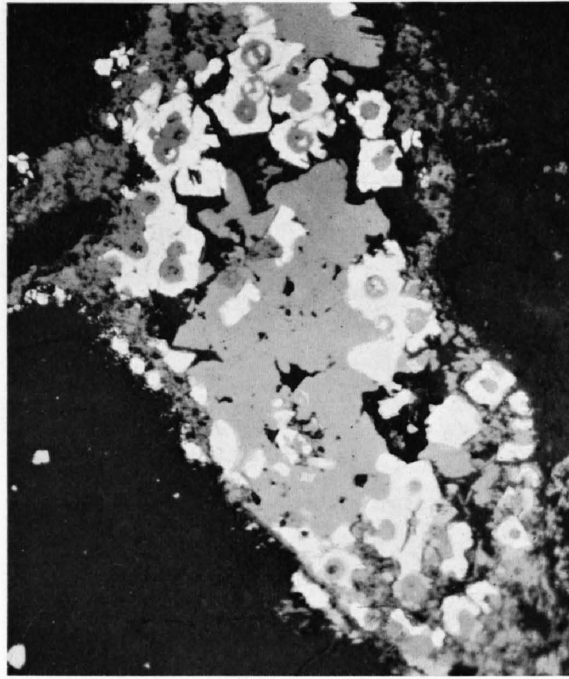
A historical summary of mining and scientific investigations of the copper and silver ores of the Mürtschenalp area from the early 17th century till 1950 is given first. The classical period of mining was between 1849-1865 and was described by STÖHR (1865). Three mining plans are copied from that publication to demonstrate the activity and the thoroughness of geological investigations of that time. As a consequence of the rediscovery of uranium minerals already mentioned by STÖHR (1865) the region received fresh attention. A map 1:12500 gives a general view of the geological and tectonic situation of the area and the distribution of the ore deposits. The mineralisations were mostly found in permian silicate-breccias, sandstones and siltstones of the so-called «Red-bed type», rarely in Triassic marine sandstones and dolomites of the Helvetic thrust-mass. With one exception, where a superposition of the copper mineralisation on that of uranium took place and consequently the age of the deposition could be determined, the two mineralisations are strictly separated in the field. The older uranium-lead-zinc-cobalt-nickel occurrences are controlled by N-S running fractures and faults with some lenslike lateral ore diffusion. The paragenesis consists of anatase, rutile, pitchblende, parpitchblende, brannerite, arsenopyrite, melnikovite, bravoite, pyrite, sphalerite, millerite, linneite, galena, an unknown lead sulfosalt, chalcopyrite and tetrahedrite\* with very little quartz as gangue. The copper-silver mineralisations are younger and cross the uranium mineralisations in a SW-NE running system of fractures, fissures and breccia zones, which are more or less parallel to the fold axes. The cavities were filled with one or a combination of any of the following minerals in varying quantities: quartz, titanite, chlorite, siderite, ankerite, dolomite, baryte, albite und calcite\*. The carbonates may be of descendent origin from the overlying Triassic dolomites. This period was followed by a metasomatic deposition of hematite, native silver, pyrite, molybdenite, galena, betekhtinite, tetrahedrite, chalcopyrite, bismuthinite, tenorite (?), wittichenite, bornite, white lamellar and blue coarse-grained chalcocite, stromeyerite and covellite\*. A detailed description with plans and photographs of some occurrences completes the picture. For clarifying the genesis of the mineralisations the criteria of a sedimentary genesis are compared with those of a hydrothermal one; similar deposits in Europe and overseas are briefly mentioned. Three arguments speak for an ascendent, meso-till epithermal origin with rejuvenation and probable sedimentary influence of the mineral deposits at the end of Trias. First, no cobalt or nickel occurrences can be found in the old massifs, from where the components of the red-bed rocks are derived. Secondly, we can find a certain telescoping in some copper mineralisations, that indicates a subvolcanic origin. Thirdly, we can find in a distance of 10 km a similar copper paragenesis in spilites and keratophyres of permian age, for which magmatic origin is proven.

\* Listed according to their succession.

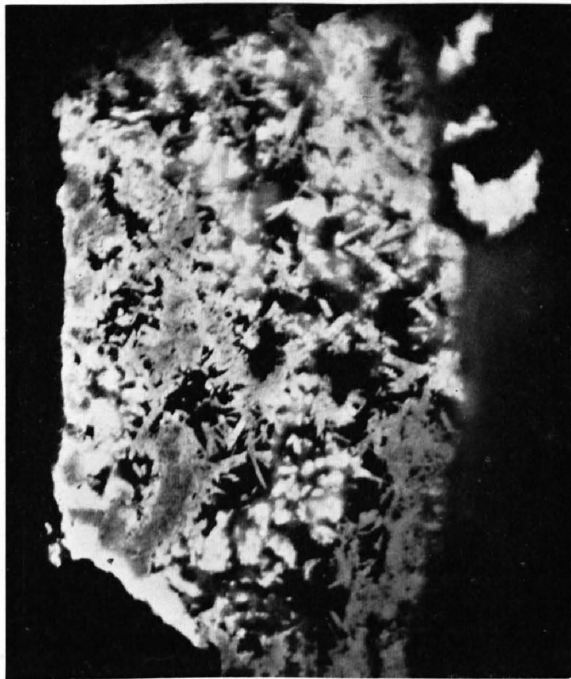




Figur 1. Im Zentrum nierig-kugelige Pechblendegirlanden mit Gelstrukturen und Schrumpfungsrissen (hellgrau); randlich (etwas unregelmäßig dunkler) Parapechblende und Brannerit; unten Honigblende (weiß).  
1 Nicol. Vergrößerung ca. 280×  
Silberplange-Ost, Erzkörper I



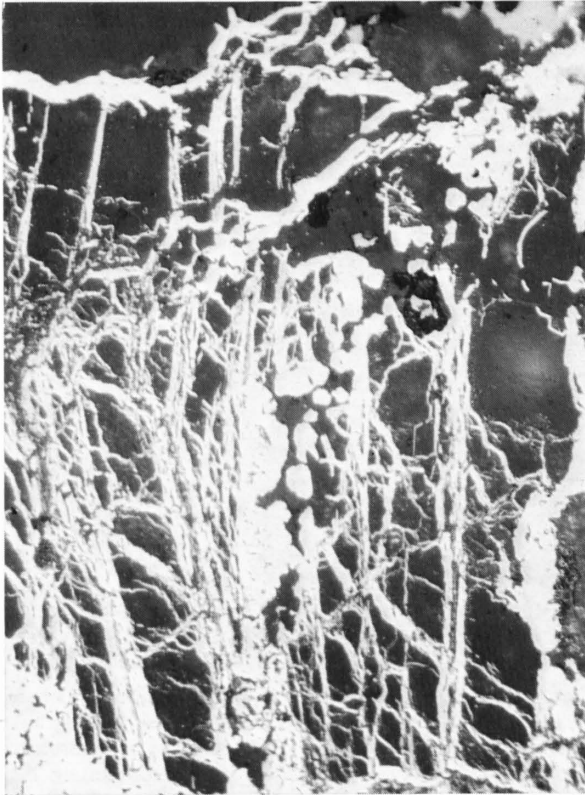
Figur 2. Im Zentrum Honigblende (hellgrau), randlich ältere Pechblende mit nierig-kugeligen Gelstrukturen (mittelgrau), teils mit Melnikovit-Pyritkernen und teils von idiomorphem Pyrit umwachsen (weiß), der bei der Isotropisierung der Pechblende gesprengt worden ist.  
1 Nicol. Vergrößerung ca. 280×  
Silberplange-Ost, Erzkörper I



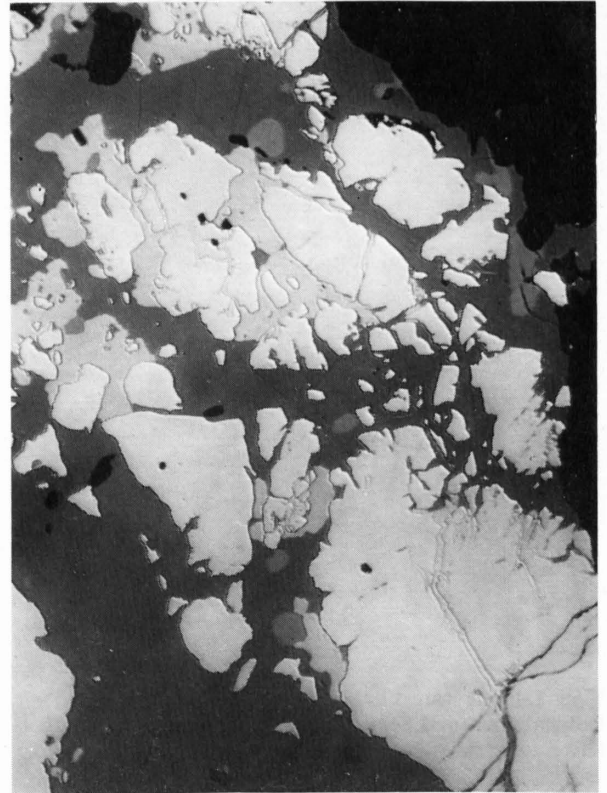
Figur 3. Rutil und Anatas (weiß) sind umkrustet von Brannerit, zum Teil sehr schön nadelig (hell- bis dunkelgrau).  
1 Nicol, Ölimmersion, Vergrößerung ca. 500×  
Großes Chalttal, Halde  
Handanschliff des Verfassers



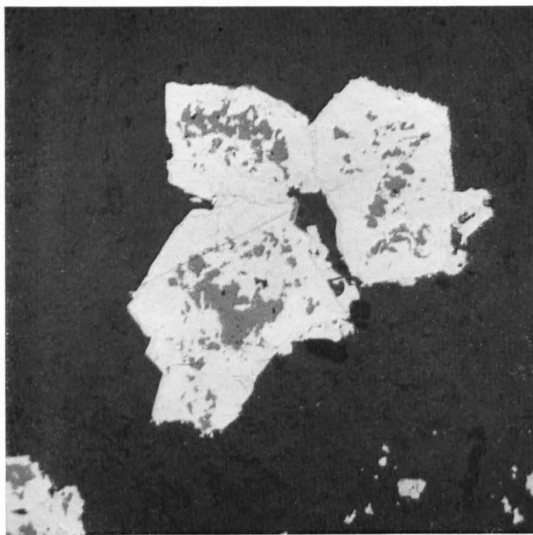
Figur 4. Prachtvolle Gelpyrite aus Melnikovit-Pyrit mit mehreren Schalen, die zum Teil stark porös sind (hellgrau bis weiß). Die Kerne bestehen oft auch aus Pyrithexaedern (weiß). Am linken Rand einige Anataskörner (mittelgrau).  
1 Nicol. Vergrößerung ca. 280×  
Dreitürme, Erzkörper II



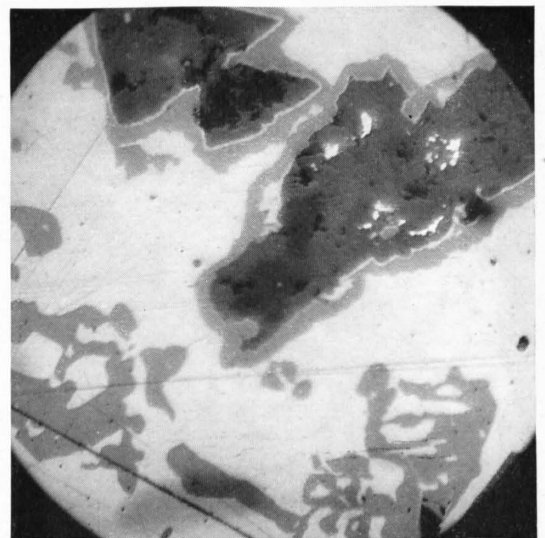
Figur 5. Filigranartige Netzstruktur von Melnikovit-Pyrit und Pyrit (beide weiß) in einer Ruschelzone.  
1 Nicol. Vergrößerung ca. 280×  
Chline Walenchengel, Erzkörper II



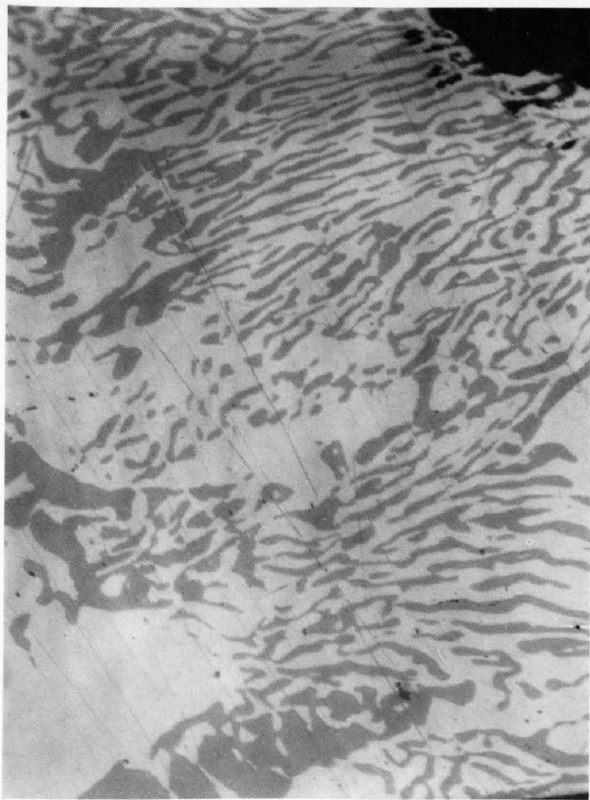
Figur 7. Ältester Pyrit (weiß), resorbiert von Kupferkies (hellgrau), wird ein zweites Mal resorbiert von Bornit (dunkelgrau) mit Fahlerzeinschlüssen (mittelgrau).  
1 Nicol, Ölimmersion, Vergrößerung ca. 150×  
Hauptgrube, Halde



Figur 6. Xenoblasten von Zinkblende (mittelgrau) wirkten als Kristallisationskeime von idiomorphem und verzwilligtem Linneit (weiß). Kupferkies (hellgrau) bildet dünne Überzüge auf Linneit.  
1 Nicol. Vergrößerung ca. 150×  
Chlis Chalttal, Teilkörper V

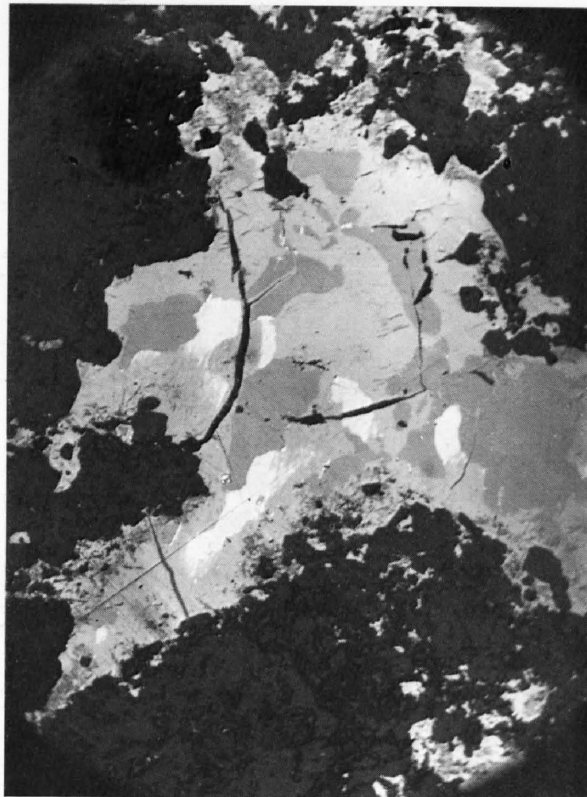


Figur 8. Graphisches Implikationsgefüge zwischen Bornit (mittelgrau) und blauem, anisotropem Kupferglanz (hellgrau, Grundmasse). Zonartextur von Bornit (mittelgrau, randliche Säume um Gangartinseln) und Fahlerz (mattweiß, innerer randlicher Saum). In dolomitischer Gangmasse (dunkelgrau) Einschlüsse von Gediiegen Silber (hellweiß).  
1 Nicol, Vergrößerung ca. 500×  
Hauptgrube, östliche Tagesstrecke



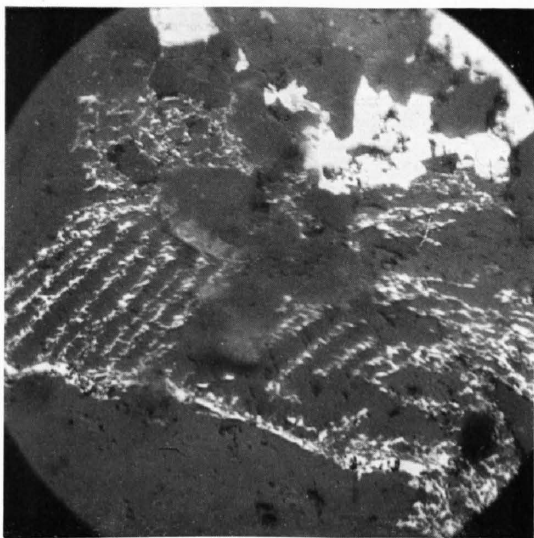
Figur 9. Graphisches Implikationsgefüge von Bornit (dunkelgrau) und weißem, anisotropem, lamellarem Kupferglanz (hellgrau).

1 Nicol, Vergrößerung ca. 150×  
Erzbett, Halde



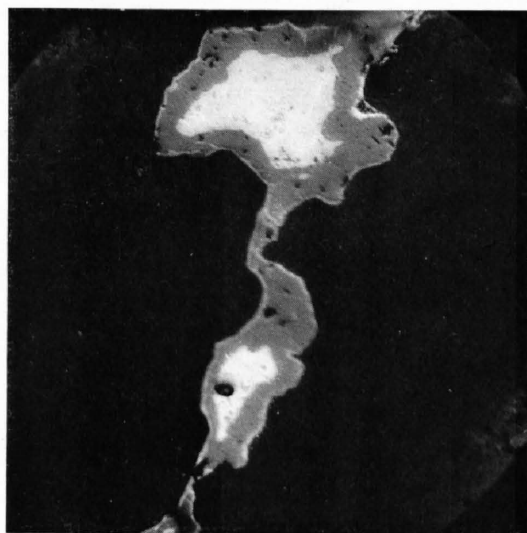
Figur 10. Ausgefranzte Körner von Wittichenit (?) (hellgrau) in einem Gemenge von blauem, anisotropem, körnigem Kupferglanz (mittelgrau) und Bornit (dunkelgrau). An Korngrenzen oft feine lamellare Einschlüsse eines weiteren unbekannten Mineralen (weiß).

1 Nicol, Vergrößerung ca. 130×  
Großes Chalttal, Halde



Figur 11. Netze von «gestricktem Hämatit» (hellgrau) in dolomitischer Gangmasse (dunkelgrau). Im oberen Teil des Bildes Aggregate von Fahlerz (weiß).

1 Nicol, Vergrößerung ca. 250×  
Hauptgrube
















Figur 12. Zonartextur von Kupferkies (hellgrau, dünner randlicher Saum mit Spindeln) und Bornit (mittelgrau). Zentrale Füllung von blauem, anisotropem Kupferglanz (mattweiß). Sukzessive Hohlraumfüllung (?) in dolomitischer Gangmasse (dunkelgrau).

1 Nicol, Vergrößerung ca. 250×  
Hauptgrube



aufgenommen von K. Bächtiger 1956-1958

- |  |                    |   |                   |
|--|--------------------|---|-------------------|
|  | Alluvion           |  | Quartenschiefer   |
|  | Torf               |  | Röti - Serie      |
|  | Gehängeschutt      |  | Melser Sandstein  |
|  | Nasser Schuttkegel |  | Schönbühlschiefer |
|  | Blockschutt        |  | Sernifit          |
|  | Bergsturz          |   |                   |
|  | Sackung            |   |                   |
|  | Moräne             |   |                   |

