

Die alpine Metallogenese.

Von **W. Petrascheck**, Leoben.

Mit 1 Tafel und 4 Textabbildungen.

Lange schon kennt man das zonenweise Auftreten vieler ostalpiner Erz- und Minerallagerstätten. Viel deutlicher und bis in die Westalpen erkennbar, wird diese Zonung, wenn man jene Lagerstätten, welche die alpinen tektonischen Phasen bereits mitgemacht haben, von jüngeren unterscheidet, die jünger als der postkretazische Deckenbau der Ostalpen sind. Alpine Metallogenese will ich im Folgenden diese Erzfolge nennen. Im Ganzen sind sie eine einheitliche Bildung, deren tektonisches Erleben nicht viel größer ist, als jenes der miozänen Braunkohlen der Ostalpen, also saxonische Tektonik. Mannigfachen Beifall fand diese Unterscheidung und die daraus folgende, einheitliche Auffassung der Entstehung großer Lagerstättenkomplexe. Nach und nach kamen auch kritische und abfällige Äußerungen zum Vorschein. Mißverständnisse spielen dabei eine Rolle. Diese aufzuklären und eigene, neuere Erfahrungen anzuschließen, geeignet, manches schärfer als einst zu erfassen, ist die Aufgabe dieser Seiten.

Prae- und posttektonisch.

„Jünger als die Hauptphasen der Gebirgsbildung“ schrieb ich 1926 von den drei verbreitetsten Typen ostalpiner Lagerstätten, die „selbst nur mehr Zeichen einer germanotypen Tektonik aufweisen“. „Jünger als die kretazische Tektonik und wahrscheinlich auch jünger als die alltertiäre Faltung, da die Lagerstätten nur die Spuren germanotyper Tektonik erkennen lassen, Bruchbildung begleitet von lokaler Mylonitisierung“, also „Mineralisierung in das Oligocän oder älteren Miocän einzureihen“ war auch das Ergebnis späterer (1932) Darlegungen. Aus diesen Worten wurde posttektonisch gemacht und die Frage post-, para- und praetektonisch wurde wiederholt erörtert. Weil ich darauf hinwies, daß die metallogenetischen Zonen über die verschiedenen tektonischen Einheiten hinweggreifen, wurde darauf verwiesen, wie die Tektonik Wegsamkeit oder Unwegsamkeit (Permeabilitätsgrenzen) bedinge, als ob dies anders überhaupt denkbar wäre. Posttektonisch kommt strengst genommen überhaupt nicht in Betracht, weil im Alpenraum die tektonischen Vorgänge heute noch nicht beendet sind, wie, um nur ein Beispiel aus einem Erzbergbau zu nennen, Tschernig an den Bleivorkommen von Bleiberg zeigen konnte. Der Deckenbau war beendet, als die alpine Metallogenese

einsetzte. Es gab eine Auffassung (Granigg), die im Gegenteil wegen des Deckenbaues der Lagerstätten die Tiefe wegnehmen wollte, als ob sie durch die Decken zonenweise nebeneinander gelegt worden wären. Theoretisch sollten Lagerstätten (z. B. Gänge), die jünger als der Deckenbau sind, durch die Decken hindurchgreifen, wie es am Seekar der Fall ist. Wenn das in der Regel nicht zutrifft, so liegt das am Gesteinswechsel, den der Deckenbau zur Folge hat und an jüngeren, posthumen, aber unbedeutenden Verschiebungen, wie sie unten von der Achsel im Pinzgau geschildert werden, wo der Gang in einer jüngeren Überschiebungszone wohl zerstückelt ist, aber die Gangzone in der Nähe auch in der Tiefe vorhanden ist. Torngquist wies auf verschiedene Bewegungsspuren, die ostalpine Erze im Handstück oder Dünnschliff erkennen lassen, hin. Er war geneigt, darin Merkmale verschiedener tektonischer Phasen zu erblicken. Bedenkt man, welche Lagerungsveränderungen jede tektonische Phase bewirkt, so müßte es geradezu als verwunderlich erscheinen, wenn ein Gang derart wieder aufreißt, daß genau in der alten Spalte sich Erz und Gangart der jüngeren Phase wieder absetzen. Mindestens sollte man annehmen, daß die jüngeren Phasen wenigstens hie und da ins Nebengestein übergreifen, um weiterhin wieder in den alten Weg der ersten Gangspalte zurückzukehren, wie es nach Kettners Darstellung die Erzgänge von Przißram in den Diabasgängen tun. Ein solches Abweichen von der alten Spur ist aber bei keinem der vielphasigen Gänge unserer Alpen bekannt geworden. Wohl weist Friedrich darauf hin, daß Thermen als Nachzügler von Vulkanen früherer tektonischer Phasen heute noch zutage kommen. Das heißt aber doch nur, daß sie heute noch ihren Weg nach oben finden, nicht aber, daß sie immer den gleichen Weg nehmen. In der Tat kennt man in und abseits von Thermalgebieten Klüfte und Gangspalten, die erkennen lassen, daß sie einst Thermen als Weg gedient haben. Es wurde (Schwinnner) sehr bemängelt, daß ich die Alpenkarte von Staub als Grundlage wählte, um die zonare Anordnung der jungen Erzlagerstätten drastisch vor Augen zu führen. Ich tue das auch heute wieder, weil Staub in Bezug auf die Deckentektonik einen extremen Standpunkt einnimmt. Wenn diese tektonische Deutung die Erzzenen nicht durcheinander bringt, wieviel weniger wird es jede gemäßigte Auffassung tun. Wollte aber heute überhaupt noch jemand solchen Deckenbau leugnen, dann braucht er in der Literatur nur um zirka 100 Jahre zurückzugehen und er wird finden, daß schon Hauer und Fötterle in ihrem Buche die Lagerstätten der Zentralalpen, Grauwackenzone und Kalkalpen unterschieden, wobei sie allerdings außer der alpinen Metallogenese auch ältere Lagerstätten aus den genannten Zonen anführten, also nicht die Auswahl trafen, auf die es mir gerade ankam.

Daß der Deckenbau fertig war, als die Lagerstättenbildung eintrat, dafür geben Friedrich und Schwinnner zahlreiche Beispiele, denn beide belegen den Einfluß germanotyper Tektonik auf das Entstehen der Erze des hier besprochenen Typus der alpinen Metallogenese. In den südlichen Kalkalpen sind es die großen jungen, noch das Miozän dislozierenden Brüche, wie der Savebruch, der Dobratsch-

bruch, der Draubrunder, die Villnösline, die Judicarienlinie von Meran, welche als Erzbringer fungierend, jeder eine Gruppe junger, aber verwandter Bleizinklagerstätten geliefert haben. In Nordtirol sehen wir gleiche Wirkung an tief eingreifenden Deckengrenzen (Lechtaler Alpen) und Schuppen (Karwendel). Weiter im Osten ist das der Fall in der Schuppenzone am Südrande der Kalkalpen (z. B. Dachsteingebiet) oder an der Grenze der Ötscher- und Lunzer Decke. Es scheint, daß dort, wo solche junge Fugen einen Weg durch die skytische Stufe an der Basis der Kalkalpen bahnten, die Thermen einen Ausgang nach oben finden konnten, wobei sie sicher, ebenso wie in Oberschlesien, den Weg noch durch kaltes Grundwasser nehmen mußten. Permeabilitätsgrenzen oben, sowie breit und tief wurzelnde, reaktionsfähige Kalke begünstigen nach den Beobachtungen Kerns die Entstehung größerer Sideritlagerstätten in der Grauwackenzone. Gleiches gilt für den Magnesit, denn alle großen Vorkommen der Alpen stecken in steil stehenden Kalken, gleichgültig welchen Alters, nahe an Schuppen mit stark verschiefertem Gestein.

Ich brauche nicht zu wiederholen, was ich schon über das Gefüge gesagt habe. Örtliche Deformation desselben im kleinen, entsteht naturgemäß im Gefolge späterer schwächerer Tektonik. Aber daß immer wieder große Erzkörper, ganze Lagerstätten von oft ansehnlichem Umfang geschont geblieben sind, während das Nebengestein infolge der kimmerischen, austrischen, lamarischen, pyrenäischen Phase regionalmetamorphosiert, geschiefert oder wenigstens geklüftet und gefaltet wurde, wird niemand annehmen wollen.

Die zwei Schuppen des Erzberges waren zur Zeit der Erzbildung zusammengeschweißt, sonst würde nicht der Zwischenschiefer von beiden Seiten her Serizitisierung und andere Merkmale thermaler Metamorphose aufweisen. Die engen Synklinen von Werfener Schiefer mit dem Kalkkonglomerat an der Basis waren am Erzberg zur Zeit der Vererzung schon eingefaltet. Denn nur so erklärt es sich, daß gepreßtes und geflasertes Konglomerat (die Flaserung kann sich bis zur Ausbildung von Kalkschiefer steigern) unvererzt blieb, während das normale Konglomerat vererzt wurde. Es geht das so weit, daß ein geschonter und eckiger Kalkbrocken inmitten eines ausgewalzten Konglomerates zu Ankerit wurde, die breit gedrückten Gerölle ringsum nicht. Analoges zeigt die Lagerstätte selbst: massiger und reiner Kalkstein lieferte Erz, auch Kalkschiefer, das heißt, Kalk mit viel dünnen Schieferbestegen wurde zu Erz. Wo aber aus dem Kalkschiefer durch Verknetung ein Tonflaserkalk geworden ist, dort ragt dieser unvererzt in den Siderit hinein. Wir nennen dies selektive Metasomatose und sehen daran, daß die tektonische Verformung des Kalkes ihm reaktionsunfähig macht.

Im Gegensatz dazu sind die beiden Schuppen in Veitsch nach der Mineralisierung entstanden.

Jüngere tektonische Bewegungen.

Wenn auch zur Zeit der Entstehung der Lagerstätten der Bau des Gebirges, also die alpine Deckentektonik, fertig war, so kann man

doch fast allerorts kleine Spuren und Folgen jüngerer, mitunter ausgesprochen posthumer Bewegungen wahrnehmen, die die fertige Lagerstätte in dem fertigen Faltenbau betroffen haben.

Kieslinger, der auf Grund zahlreicher guter Beobachtungen ein anschauliches Bild vom Gebiete der Golderzgänge in den östlichen Hohen Tauern entwirft, betont, daß die Mallnitzer Mulde von den Gängen durchschnitten wird, was auch die Vollendung des Imhof-Unterbau-Stollens gezeigt hat. Geradeaus setzen die Gänge oft genug bis in die Falten der Schieferhülle im Norden fort. Oft aber sehen wir längs der Gänge einen Harnisch, eine jüngere Bewegungsspur, und zwar gewöhnlich nur auf einer Seite. Nicht immer folgen diese Harnische genau der alten Gangspalte. Sie können vorübergehend von ihr abweichen, und ich glaube es könnte lohnen, die bei forciertem

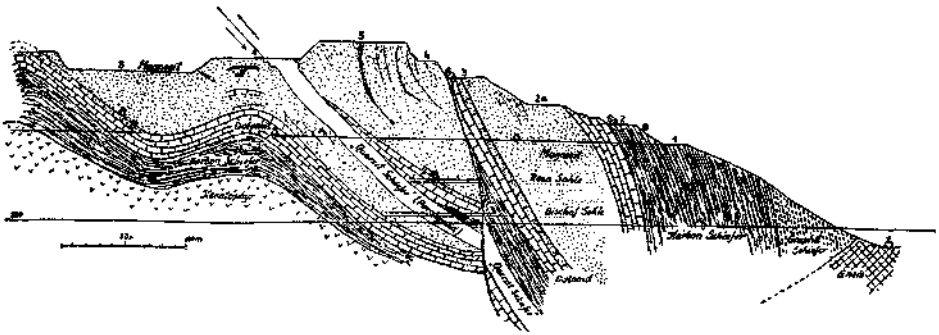


Abb. 1.

Querschnitt über den Sattlerkogel in Veitsch.

Schuppenbildung in der fertigen Lagerstätte. Durch Weglassung kleinerer Querbrüche etwas schematisiert.

Betriebe entstandenen Ausrichtungen daraufhin zu prüfen, ob sie nicht vielleicht gelegentlich an solchen Harnischen die Gänge verloren haben, wie es in einem anderen Ganggebiet der Hohen Tauern nachweislich der Fall gewesen ist. Auch der alte Bergmann kannte die Fäulen, die die Gänge z. T. abschneiden und von deren Ausstrich Kieslinger vortreffliche Bilder gab. Auch der in den letzten Jahren aufgefahrene Parzisselbau zeigt diese jungen Spalten mit junger descendenter Mineralausfüllung. Hier handelt es sich um posthume Bewegungen in der alten Richtung.

Die geologische Karte, die Cornelius für die Grauwackenzone bei Veitsch geliefert hat, zeigt, daß ein beträchtlicher Querbruch die Magnesitlagerstätte verwirft. Eine andere Darstellung ließ der Maßstab seiner Karte nicht zu. In Wirklichkeit ist eine Schar kleiner, nicht immer paralleler SO—NW-Sprünge im Tagbau z. T. leicht überblickbar vorhanden, die anfänglich treppenartig ansteigen. Sie durchschneiden auch die jüngste Mineralfüllung der Lagerstätte, die Milchquarzgänge, die meist unregelmäßig auftreten. Hier handelt es sich um jüngere Querbrüche, wie sie an vielen Orten in der Grauwackenzone wahrzunehmen sind. Oft ist erkennbar, daß sie jünger sind, als die Versenkung des Braunkohlenmiozäns. Durch das Veitsch-

tal selbst muß ein größerer derartiger Bruch gehen, denn die beiden Talseiten beim Magnesitwerk korrespondieren nicht.

Am Erzberg ist das Kalkdreieck durch jüngere Sprünge gehoben. Ich selbst verwies auf den Christof-Verwurf, als postsideritisch. Kerns neueste Darstellung zeigt, daß er nur einer von mehreren gegen Nord sich scharenden und in eine Kniefalte übergehenden Sprüngen ist. Auch Haberfelner zeichnet in seiner Karte eine ganze Schar solcher geradliniger Verwürfe ein, allerdings zum Teil auch in Abschnitten des Berges, wo man über das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein solcher Sprünge nicht diskutieren kann. Die von Hiessleitner erkannte Radmer Störung ist nach diesem Autor älter als die Trias, der Christofverwurf aber jünger als diese und jünger als das Erz.

Wohl alle alpinen Erzlagerstätten zeigen solche kleine tektonische Versetzungen, die schwache Nachzügler des heute noch nicht vollendeten, großen tektonischen Geschehens vor der Erzlagerstättenentstehung sind.

Die Erzgänge von Hollersbach, eine eingeschobene Lagerstätte im Bereich der Hohen Tauern.

In der Schieferhülle des Zentralgneises des Großvenedigers befindet sich auf der Achselalm eine Blei-Zink-Lagerstätte, über die vor einigen Jahren Leitmeier berichtet hat. Als in den Jahren 1927/28 der Bergbau untersucht wurde, hatte ich sowohl bei den, sehr gründlichen Vorbereitungen, wie bei Abschluß der Grubenarbeiten die Möglichkeit eingehender Studien, auf Grund derer der Bericht Leitmeiers, der die Grube erst nach Einstellung befahren konnte, ergänzt werden kann.

Die genannte Schieferhülle besteht zwischen dem Hollersbachtal und dem Habachtal aus Prasiniten und Phylliten, die bei Annäherung an das Venediger-Massiv an Menge sich steigernd, granitische Injektionen aufweisen und in dunkle Amphibolite übergehen. Kölbl hat diesen Eruptivkontakt aus dem Habachtal geschildert, er ist in gleicher Weise im Hollersbachtal sichtbar. In das Gebiet der Achselalm greift eine Zunge des Zentralgneises ein, die von Kölbl als Habachzunge bezeichnet wird und deren Zusammenhang mit der Venediger-Masse von Kölbl nachgewiesen wurde. Kölbl und auch Leitmeier sehen auch in dieser Zunge eine Intrusion, während Kober sie als Einfaltung der Gneisdecke auffaßte. In der Tat ist wenigstens an ihrer Südseite im Habachtal der Intrusionskontakt nicht anzuzweifeln, wenn auch die Metamorphose weniger intensiv ist als an der Gneismasse weiter im Süden. Das Nordostende der Habachzunge ist jedoch tektonisch begrenzt. In die Gabelung der Zunge greift ein Keil von körnigem Prasinit ein, der im Süden, im Reichertleitengraben, mit einer Quetschzone an den Muskowitzgneis grenzt. In einem Biotitquarzitschiefer der Quetschzone stecken Linsen der erzführenden, fluoritischen und fuchsitführenden Gangmasse, wie sie auf der Achselalm beschürft wurden. Am Südrande der Gneiszunge grenzt im Gruberbachtal Phyllit in steiler Lage an. Von der

Scharalm gesehen möchte man glauben, daß die dicken Bänke der Gneiswand flach auf dem Phyllit liegen. Am Nordrande der Prasinitzacke ist Biotitschiefer in die Gneiszungung eingefaltet. Moränen verdecken den Nordrand der Habachzunge. Jedoch kommen östlich vom

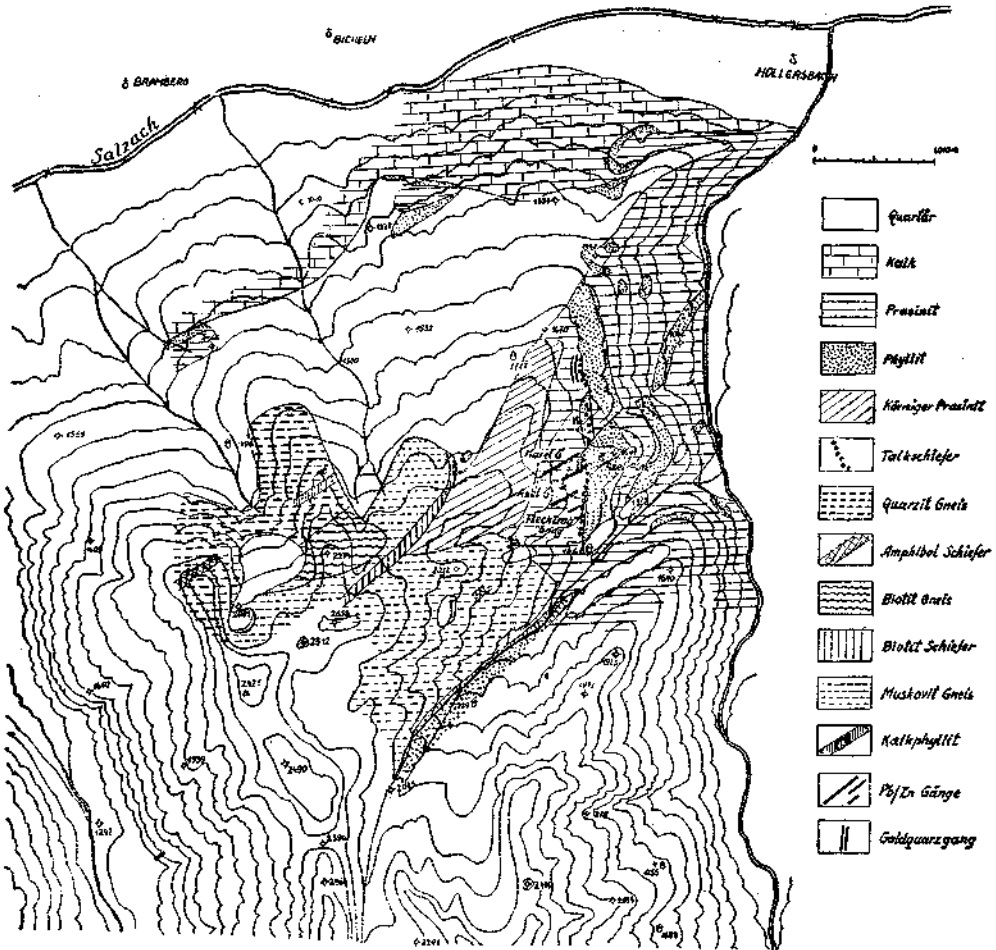


Abb. 2.
Verbreitung der Erzgänge und Gesteinsarten im Gebiet der Achselalm bei Hollersbach im Pinzgau.

Gehrkogel ebensolche Serizitschiefer zum Vorschein, wie sie unten im Habachtal bei der Brücke (P. 1096) als tektonische Nordgrenze der Habachzunge austreichen.

Wohl sieht man in den Prasiniten zwischen dem Gehrkogel und der Achselalm, nicht aber weiter abwärts, öfter Gänge von Aplit. Meist nur $\frac{1}{2}$ bis 1 m mächtig, schwellen sie mitunter auch auf 2 und auf 6 m Dicke an. Am häufigsten sieht man sie auf der Höhe 2070 und

den Abhängen des obersten Reichertleitengrabens, sowie am Gipfel des Karel. Sie liegen einigermaßen regelmäßig, so im Bereich des dioritisch körnigen Prasinitis, immer unter 40 Grad gegen West einfallend. Es ist also wohl am Ende der Zunge eine Aplit-Durchaderung vorhanden, aber von Mischgesteinen und Eruptivkontakt ist nicht die Rede und es ist auch auffallend, daß die Aplitgänge in der Tiefe des Tales fehlen.

Wie gewöhnlich sind die Prasinite überaus vielgestaltig. Man findet alle Übergänge von grobkörnigen, gabbroiden Grünschiefern (Annaberg, Hollersbachtal bei der Leitneralm), die übrigens im Hollersbach und Habachtal in der Kontaktzone des Massivs als gabbroide Amphibolite wiederkehren, und von den schon genannten, dioritisch körnigen Prasiniten zu gneisartigen, schieferigen bis flaserigen Prasiniten (Zoisit-Albit-Chlorit-Schiefern), wie sie beispielsweise gerade auf der Achsel verschiedentlich anzutreffen sind, und zu dichten, ungemein zähen Grünsteinen und endlich zu ganz dünnstieferigen, phyllitähnlichen Chloritschiefern. Querschnitt und Biotitnester sind in allen diesen Schieferen weit verbreitet. Alle die verschiedenen Struktur- und Texturformen der Prasinite sind so vielfach und innig und so regellos miteinander verschränkt, daß es ausgeschlossen ist, die Verbreitung der verschiedenen Typen kartographisch auseinander zu halten, mit der einen Ausnahme, daß die Höhen oberhalb der Achsel, der Karel usw., ganz vorwiegend aus dem körnigen Gestein bestehen, das in seinen Verwitterungsblöcken eher den Eindruck eines Massengesteines macht, wieweil die Mineralzusammensetzung jene des Prasinitis ist. Nach unten nimmt bis zu der aus Talkschiefer gebildeten Schubfläche die Flaserigkeit und Schieferigkeit der Prasinite zu. Unter dieser Schubfläche sind nur mehr Chloritschiefer und schieferige Prasinite mit Phyllit wechsellagernd anzutreffen. Solche graue und dunkelgraue Phyllite nehmen in der weiteren Umgebung einen wesentlichen Anteil an der Schieferhülle des Zentralgneises.

Erzgänge.

Es sind vier, wenn nicht gar fünf Gänge vorhanden, die überdies auf wechselnde Breite von lagergangartigen Apophysen (flats) begleitet werden. Man unterschied einen Flecktroggang und einen Achselgang. Es ließ sich zeigen, daß der erstere nicht nur ein verworfenes Trum des letzteren ist. Dahingegen ist es wahrscheinlich, daß der Gang, der vom Gipfel des Karel bis zur Achselalm durch Schürfungen verfolgt worden ist, ein durch den Achselgrabenbruch abgesenktes Stück des Achselganges ist. Wo die genannten Gänge bauwürdig entwickelt sind, haben sie je etwa einen Meter Mächtigkeit. Durch die umfangreiche Beschürfung der Steilhänge wurde eine größere Zahl von Lagergängen festgestellt. Die Scharung eines mächtigeren, derartigen Lagerganges mit dem Achselgange war im Achselstollen deutlich sichtbar. Nach den Grubenaufschlüssen kann bei diesen flats mit Breiten bis zu 40 m gerechnet werden. Im Flecktrogrevier war ein flat auf 130 m Länge durch Bloßlegung der Ausbisse verfolgt worden.

Die schon erwähnte, vertalkte Schubfläche reißt die Gänge unten ab. Im unteren Flecktrogstollen waren Schubsetzen der Gänge in

Talkschiefer eingewickelt, durchfahren worden. Hingegen waren die Gänge am Hange aufwärts bis 1880 m sichtbar (unterer Flecktrogstollen 1529 m). Mit Annäherung an die Schubfläche unten, stellten sich kleine Verwerfungen in Unzahl ein, so daß die Gänge gänzlich zerstückelt aufgefahren wurden. Überdies verlor man sie bei der Ausrichtung in zwei Fällen im Stoß, so daß die Auffahrungen noch ungünstiger aussehen, als es notwendig war.

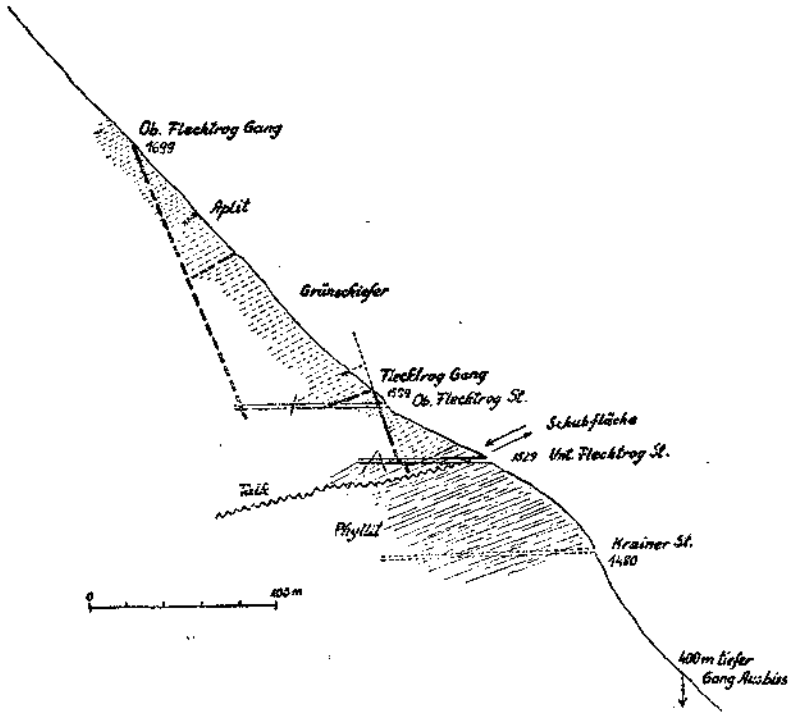


Abb. 3.

Lagerung der Gänge und Flats am Abhange bei der Achselalm.

Die Gangausfüllung besteht zur Hauptsache aus Quarz und Flußspat, daneben aus körnigem, weißem Kalkspat, untergeordnet auch Dolomit. In allen diesen Gangarten tritt Bleiglanz und Zinkblende in unregelmäßigen, meist kleinen Einsprengungen auf. Ich sah Blendenerster bis 10 cm breit und Blendestreifen bis zu 3 cm breit. Mit Annäherung an die Schubfläche wird die Primärstruktur der Gänge immer mehr verwischt und ihr Gefüge kataklastisch bis schieferig. Alle Grubenaufschlüsse befinden sich bereits in dieser tektonischen Zermalmungszone, in der eine Mineralsukzession nicht mehr erwartet werden darf. Ein einziges Ortsbild zeigte Lagenbau der Gangarten und ließ Fluorit als älteres und den bröseligen Calcit als jüngeres erkennen. Letztgenannter Calcit, der marmorartiges Aussehen hat, ist auch ein wesentlicher Bestandteil der flats, wie jetzt noch gut am

Flecktrogstollen sichtbar ist. Nie sah ich im Bereich der Prasinite auf der Achsel Marmor im Schiefer abseits von den Erzgängen eingeschaltet.

Bemerkenswert ist, daß in der Nachbarschaft der Achselgänge auch in den Aplitgängen öfters Erzspreuen anzutreffen sind.

Ganz vorwiegend ist die Zinkblende eine gelbe, klare Honigblende. Wenig derselben ist dunkelbraungrau. Eigentlich schwarze Blende kommt nicht vor. Wegen des Fluorits und wegen der Nachbarschaft zur Smaragdlagerstätte des Habachtals denkt Leitmeier (p. 364) an pneumatolytische Einflüsse und Kontaktmetamorphose im Gefolge der Habachzunge. Auch Kölbls (p. 44) Erklärung geht in dieser Richtung. Was beide Autoren als perimagmatische Vorkommen im Sinne haben, sind hochtemperierte, heißthermale Lagerstätten, bei denen die Zinkblende Entmischungserscheinungen aufweisen müßte. Auf der Achsel liegt jedoch eine apomagmatische Lagerstätte vor, mit Blende und Flußspat, der epithermalen Zone.

Posttektonische Gänge mit jüngeren Bewegungen.

Es wurde oben schon erwähnt, daß die Erzgänge der Achselalm an einer von Talkschiefer gebildeten Schubbahn abreißen. Dieser Talkschiefer ist ziemlich mächtig, stark durchbewegt und mutmaßlich aus dem Prasinit entstanden. Pyritreicher Chloritschiefer und etwas Phyllit lagern ihm flach auf. Die Schubbahn war auf beträchtliche Ausdehnung in flacher Lage durch den Bergbau aufgeschlossen, während der Phyllit darunter steil aufgerichtet ist. Im ganzen Achselgebiet ist die Lagerung der Schichten unter und über dem Talkschiefer verschieden. Schürfungen haben diese Schubbahn noch weiter verfolgt. Konstruiert man sich ihren Verlauf, so ist es sehr gut möglich, daß sie in der Gegend des Jagdhauses in das Tal des Gruberbaches zieht und den Tauerngneis über den Phyllit und Prasinit zu liegen bringt. Ob ein Zusammenhang mit dem Talk der Smaragdlagerstätte, die auf derselben Grenzlinie auftritt, besteht, habe ich nicht untersucht. Ich will nur darauf aufmerksam machen, daß das Nordende der Habachzunge nördlicher liegt, als ihrem Nordrande (P. 1096) unten im Habachtale und dem Streichen des Gneises und seiner Schieferneinfaltungen entspricht.

Wenn nun auch die Erzgänge am Talkschiefer unter Schleppeerscheinungen abreißen, so geht doch der Erzzug als solcher über alle tektonischen Grenzen innerhalb der Habachzunge und der Schieferhülle hinweg. Bei der Mündung des Achselgrabens wurde im Phyllit ein aus Quarz und körnigem Dolomit bestehendes Lager erschürft, das so wie die Gänge der Achsel reichlich Fuchsit enthielt. Erz konnte ich hier nicht bemerken, aber die Mineralfüllung erinnert auffallend an jene der Achselgänge.

Im Habachtal befindet sich über der Brosigalm (Gasthof Enzian) ein alter Stollen, der im verquarzten Biotitgneis einen N 60° O streichenden Gang auffährt. Er ist im Ausgehenden mehrere Meter mächtig und besteht aus Quarz und aus körnigem Kalzit. Bleiglanz ist hier wie auf der Achsel in kleinen Einsprengungen, jedoch sparsam, sichtbar. Die Verbindung dieser Fundpunkte entspricht dem Streichen der Erzgänge der Achsel.

Altersbeziehungen.

Es können folgende Feststellungen herangezogen werden. Die Aplite zeigen auch hier, wie an anderen Orten der Tauern, zum Teil in feinsten Biotitstrichen die direkte Fortsetzung der Schieferung des Zentralgneises an, wodurch erkennbar ist, daß sie dessen Schieferung noch mitgemacht haben. Zum Teil aber auch sind sie körnig und unbeeinflusst. Die Aplitinjektion erfolgte also während und nach der Schieferung des Gneises. Wenn im Erzgebiet der Achsel leptitartig geschieferte Aplite auftreten, so ist das örtlich auf die dortige Talküberschiebung zurückzuführen. Nie sah ich im Aplit Querbiotit, nie auch in den Erzgängen, auch nicht in den älteren Quarzgängen der Hohen Tauern. Dieser Querbiotit wird auf die Tauernkristallisation als eine gelegentlich der Granitintrusion erfolgte Stoffzufuhr zurückgeführt.

Im Gebiet der Achsel ist ein Süd—Nord streichender, 1 km langer, starker Quarzgang bekannt, der nördlich des Blei-Zinkbergbaues im sogenannten Bärenbad einst beschürft wurde. Pyrit und Cu-Kies sind darin sichtbar. Nach Leitmeier soll der Gang im Bärenbad 18 g Au und 360 g Ag in der Tonne gezeigt haben. Der Quarzgang wird auf der Achsel von dem Blei-Zinkgang geschnitten, ist also älter.

Reihung der Ereignisse:

1. Intrusion des Zentralgranits.
2. Schieferung desselben. Bildung von Querbiotit in der Schieferhülle, Aplitgänge.
3. Heißthermaler Quarzgang mit goldhaltigem Pyrit.
4. Achselüberschiebung und tektonische Umgrenzung der Habachzunge.
5. Mesothermale Blei-Zinkerzgänge.
6. Jüngere Bewegung auf der Überschiebung, Bruchbildung.

Es liegt also in den Achselerzgängen eine Lagerstätte vor, die, als der Intrusions- und Faltenbau der Hohen Tauern und die Tauernmetamorphose schon vorhanden waren, als auch die hochthermalen Gold-erzgänge schon vorhanden waren, von dem bereits erkaltenden Herde, als jüngere, magmafernere Lagerstätte eingeschoben (telescoped) wurde und die nunmehr als fertiger Erzgang noch von kleinen und gleichsinnig verlaufenden Nachzählern älterer, größerer, tektonischer Verschiebungen ein wenig zerissen und deformiert wurde.

Die Zugehörigkeit der Spatmagnesite.

Immer wieder wird versucht, die Magnesite aus der Metallzonung herauszunehmen und sie auf andere, basischere Magmen zurückzuführen. Auf die stratigraphische Niveauunbeständigkeit wurde schon hingewiesen. Im Westen Österreichs ist die Zahl der im Altpaläozoikum liegenden Magnesite größer. Außer Dienten stecken auch die Magnesite der weiteren Umgebung von Saalfelden in altpaläozoischen Schichten. Jener von Hintertal, östlich Saalfelden, bildet eine Art Graben, in dem

schichtweise verschiedene, zu Magnesit umgewandelte Kalke übereinander liegen, durch unveränderte Schiefer und Lydite getrennt. Manganreiche Kalke, die zu einem roten Magnesit wurden, der im Ausgehenden schwarz oxydiert ist, sind dabei. Größere Pyriteinsprenglinge als sie an anderen Orten die Regel sind, treten daselbst auf. Beachtenswert ist, daß unweit des Magnesites von Leogang das Basiskonglomerat des Werfener Schiefers völlig dolomitisiert ist und daß in diesem Dolomit die Verdrängung örtlich bis zur Entstehung von Magnesit geführt hat, wie Blöcke nächst Hütten zeigen, auf die mich Herr Dr. Siegl aufmerksam gemacht hat. Dies, wie der von Hammer aus dem Ortlergebiet vom Zunpanell beschriebene Magnesit beweisen das posttriasische Alter des Magnesites. Immerhin sind auch ganz im Westen im Karbon Magnesite bekannt geworden. Das anthrazitführende Karbon des Nöblacher Jochs am Brenner enthält Magnesitblöcke und auch der von Unterladstätter anstehend aufgefundene Magnesit bei der Amberger Hütte im Gebiete von Sulden ist zusammen mit Granitschiefer im Gneis eingeklemmt. Sollte da immer wieder örtlich auftretendes, basisches Tiefengestein die Magnesiazufuhr bedingt haben?

Bei Beurteilung der Magnesiazufuhr für die Magnesitlagerstätten blieb anscheinend unbeachtet, daß auch für die Eisenerze und die Blei-Zinkerze beträchtliche Magnesiazufuhr zustande kam. Man kann am Erzberg pro Tonne gewinnbaren Spats nahezu eine Tonne ankeritischer Zwischenprodukte rechnen. Nimmt man den Erzberg, wie er vor Einleitung des Großbetriebes war und rechnet dazu noch die zum Teil ansehnlichen Ankeritmengen kleinerer anderer Lagerstätten, so ist die Ankeritmenge mit mutmaßlich 500 Millionen Tonnen nicht zu groß angenommen. Bei 30% Magnesiumkarbonatgehalt gäbe dies 150 Millionen Tonnen Magnesit, das ist mehr als alle bekannten Magnesitlagerstätten der Alpen zusammen. Die Menge der Magnesia, die gelegentlich der mit der Bleizinkvererzung verbundenen Dolomitierung zugeführt wurde, ist viel schwerer zu erfassen, ist aber sicher ganz bedeutend. Unter diesen Umständen, ist es wohl nicht erforderlich für die Magnesite andere, und zwar basische Magmen vorzusetzen.

Es lohnt in diesem Zusammenhang die Spatmagnesite anderer Länder zum Vergleich heranzuziehen. Der Magnesit des Anglo-Ägyptischen Sudans liegt allerdings in einem weit ausgedehnten Massiv ultrabasischer Gesteine. Mir vorliegende Proben, wie auch die Schilderungen von Wilcockson und Tyler zeigen wesentliche Unterschiede von den alpidischen Spatmagnesiten (Ähnlich ist es in Südrhodesien). Hier wie im kanadischen Grenville-Magnesit entstanden zusammen mit dem Magnesiumkarbonat viel mehr Silikate. Aber gerade beim Grenville-Magnesit hält E. L. Bruce granitisches Gestein als Verursacher der Metasomatose nicht für ausgeschlossen.

Auch den im Kontakthofe von Gabbro auftretenden schwedischen Magnesiten ist neben hochthermalen Mineralen ein höherer Gehalt an Silikaten eigentümlich. In der Fruska Gora ist ein Dolomit vorhanden, der, wie A. Koch gezeigt hat, im Kontaktbereich eines Serpentin entstanden ist. Nach eigener Wahrnehmung geht hier die

Dolomitisierung bis zur Bildung von sehr feinkörnigem Magnesit. Auch hier ist starke Verkieselung in unregelmäßigen Massen verbreitet. Es ist somit kennzeichnend, daß die Magnesiazufuhr aus basischem Magma immer von viel stärkerer SiO_2 Zufuhr begleitet ist, als es beim Magnesit des Typus Veitsch, wie ihn Redlich nannte, der Fall ist.

Wohl taucht auch bei anderen Spatmagnesiten die Mutmaßung über Zusammenhänge mit basischen Intrusivgesteinen auf. Ich möchte dagegen feststellen, daß ähnliche Zonung wie in den Alpen wiederholt zu erkennen ist und daß Beziehungen zu mehr oder weniger sauren Tiefengesteinen nicht von der Hand zu weisen sind, wenngleich ich mir bewußt bin, daß mein Urteil nur auf Grund von Literatur und Probestücken viel gewagter ist. Der Magnesit von Satka im Ural wird von Diabasgängen durchsetzt, die zweifellos jünger sind. Immerhin bringt Zavaritzky die Verdrängung des Kalkes durch Magnesit mit basischen Intrusionen in Zusammenhang. Es sei aber darauf verwiesen, daß die großen Magnesitlagerstätten des Satkabezirkes zwischen den nicht weniger großen metasomatischen Sideritlagerstätten von Bakal und den Golderzgängen im Granit von Mias liegen. Ähnlich ist es im Staate Washington, von wo Jenkins ein schönes Bild der Verdrängung weißen Dolomites durch rötlichen Magnesit gibt. Auch hier sind femische Ganggesteine vorhanden, die nach Bain im Dolomit und nahe dem Magnesit zu Pseudoserpentin umgewandelt wurden, und wahrscheinlich älter sind. Aber aus den Schilderungen, die Weaver vom Stevens County und G. E. Whitwell und E. N. Patty von seinen Magnesitlagerstätten bei Chewelah geben, ist ersichtlich, daß auch hier ein stark und vielfach mineralisiertes Gebiet vorliegt, dessen paläozoische Sedimente von dem jungjurassischen Loan Lake Granit diskordant durchbrochen und wahrscheinlich auch unterlagert werden. Im Granit und an seinem Rande treten Molybdän und Wolfram Erze auf, dazu noch Pyrit- und Arsenkiesgänge. Dann kommen hochthermale (Haematit!) Quarz-Kupfererzgänge, die mitunter goldhaltig sind. Benachbart dem Magnesit von Chewelah sind karbonspätige Kupfererzgänge. Der Siderit derselben wird bis 40 Fuß mächtig. Der Loan Lake Granit gehört zum Nelson Pluton, das sich gegen Nord nach British Columbia erstreckt. Dort liegt zirka 200 km nördlich Chewelah das Magnesitgebiet der Cranbrook Area, von dem ich Proben durch die Gefälligkeit der Sullivan Mine erhielt. Schofield gibt eine Schilderung der Cranbrook Area, dessen Magnesit C. E. Cairnes näher beschreibt. Der hie und da das Praekambrium durchbrechende Granit nähert sich einem Monzonit. In einer zentralen Zone mit kleinen Granitdurchbrüchen treten Goldquarzgänge auf. An ihrem Nordrande liegt der Marysville Magnesit und an ihrem Südrande ein zweites großes Vorkommen. Sonst wird die zentrale Goldquarzzone beiderseits von goldhaltigen Kupfererzgängen eingesäumt. Das weiter nördlich anschließende Pb/Zn Gebiet der Sullivan Mine ist eine hochthermale Verdrängungslagerstätte.

Über die gewaltigen mandschurischen Magnesite liegen Veröffentlichungen von K. Niinomy und von H. Nishova vor. Gänge von

Diabas, die serpentinitartig zersetzt sind, treten im Gebiet auf. Neben ihnen ist der Magnesit grobkörniger als sonst. Aber auch Gänge von Quarzporphyr sind vorhanden. Das Nebengestein ist präkambrischen Alters und führt etwa 70 km weiter nördlich Quarz-Hämatiterze, die aber für älter als die Magnesite gehalten werden. Herr Niinomy erteilte mir im Juli 1939 auf Befragen entgegenkommendst Auskünfte. Demnach sind weder Cu- noch Pb/Zn Erz und nur Spuren von Gold-quarzgängen vorhanden. Blöcke von limonitisiertem Siderit wurden in Entfernungen von 10 und 25 km gefunden, aber kein größeres Eisenerzvorkommen wird durch diese Blöcke angezeigt. Im Gegensatz zu den alpinen und slowakischen, wie den übrigen, bisher behandelten Vorkommen liegt also der mandschurische Magnesit nicht in einem stark und vielfach mineralisiertem Gebiete. Dies ist aber wieder der Fall im Staates Minas Geraes, von wo in den letzten Jahren Nachrichten über Magnesitfunde kamen. Näheres steht noch aus. Auch die spanischen Spatmagnesite von Reinosa liegen in einer mineralisierten Zone unweit vom karbonspätigen Kupfererzgerange von Iturrigori und von Sideritlagerstätten, die zu dem 80 km entfernten Gebiet von Bilbao hinüberleiten. Ältere Ophiolithe, aber auch Trachyte sind vorhanden. Etwa 30 km nördlich liegen die telemagmatischen Pb/Zn Erze von Santander und in Galizien kennt Cyszkowski auch Spuren von Gold- und Zinnerzen.

Das Ergebnis ist: Auch Spatmagnesite liegen in Metallzonen, ähnlicher Art, wie es die alpine Metallogenese ist und auch anderwärts sind Anhalte für Zusammenhänge mit mehr sauren Plutonen vorhanden. Ultrabasische Gesteine liefern gelegentlich ebenfalls kristalline Magnesite, immer aber zugleich mit viel mehr Kieselsäure, und ohne Verknüpfung mit jenen Erzzonen, die auch in den Alpen bezeichnend ist.

Zweierlei Zonung in der alpinen Metallogenese.

Die am Beispiel der Achselgänge auch aus den Alpen aufgezeigte Erscheinung des Teleskopings ist weit verbreitet, aber doch nicht allgemein verbreitet. Es gibt Gebiete, in denen die Zonen nebeneinander liegen und Plutone, deren Zone durch die Altersfolge der Gänge ersetzt wird. Noch fehlt es an Untersuchungen über die Ursache der, wie man sieht, nicht ganz scharfen Unterscheidung. Ich habe die Frage Orogen und Kratogen als Ursache schon einmal angeschnitten und begnüge mich hier auf diesen Hinweis, für den sich etliche Beispiele anführen ließen.

Die Beziehungen zur Großtektonik und in ihrem Gefolge das Gefüge der Lagerstätten, sind maßgeblich für das Alter und für die Gruppierung der alpinen Lagerstätten. Am Beispiele der Achselgänge wurde gezeigt, daß kleine tektonische Nachwirkungen sich sowohl an der Lagerstätte selbst, wie an ihrem Gefüge, und zwar in geringerem Maße auswirken können, was entschieden die Anwendbarkeit des Prinzips erschwert. Alter des Nebengesteins und die Einstreuung von Mineralgeröllen in Sedimenten geben nur eine untere, bez. obere

Grenze für das Alter. Da aber sowohl die Tektonik wie die Exhalation der magmatischen Abfolgen nicht nur einmalige Vorgänge sind, so wiederholen sich auf diesem Gebiete die Schwierigkeiten der Einordnung.

Trotzdem kann man eine Gruppe von Erzlagerstätten in den Alpen erkennen, die der bisher besprochenen alpinen Metallogenese sehr nahe steht, die insbesondere ebenfalls gebildet wurden, als dort der Großbau der Ostalpen in wesentlichen Teilen schon fertig war, die aber trotzdem in Stoff und Struktur Eigenheiten zeigen.

Die Siderite von Hüttenberg in Kärnten wurden wegen einiger abweichender Merkmale von mir 1931 nicht in die metallogenetischen Zonen der Alpen einbezogen. E. Haberfelner hat gezeigt, daß diese Verdrängungslagerstätte unter einer Überschiebungsdecke entstanden ist, und daß Gerölle zugehöriger Siderite im benachbarten Miozän zu finden sind. Ihr postkretazeisches Alter ist anzunehmen. Nach H. Haberfelner sind im Gebiete von Hüttenberg folgende Ereignisse feststellbar:

1. Pegmatitintrusionen.
2. Durchbewegung, hierauf erste Sideritvererzung.
3. Diaphthorese, anschließend zweite Sideritvererzung mit Zufuhr von Baryt und Sulfiden.

Es fehlen dem Hüttenberger Siderit die jüngere Dolomitzufuhr der Roßzähne und die Rejuvenation mit jüngeren Quarzgängen und Sulfiden, bez. Sulfantimoniaten.

Ebenfalls wie Hüttenberg an den Rand einer Überschiebungsdecke gebunden, ist das Eisenerzgebiet von Turrach und Innerkrams. Die Überschiebung ist jünger als die Trias. Es gelang nicht, sie ins Klagenfurter Becken hinein zu verfolgen. Gleiche Phyllonite, wie auf der Görlitzen am Rande des Klagenfurter Beckens über der Überschiebung liegen, sind im Klagenfurter Becken mit Paragneisen verschuppt und tauchen unter das miozäne Sattnitzkonglomerat. Das Alter beider Schubdecken ist sonach bis jetzt nicht eng definiert. Auch der Turracher Siderit ist verschieden von jenem der Grauwackenzone. Seinen Magnetitgehalt glaubte ich durch stärkere tektonische Beeinflussung erklären zu können. Aber Friedrich weist mit Recht auch noch auf die Turmalinführung des Erzes hin. Heute halte ich die Turracher Spateisensteine und jene von Hüttenberg, St. Leonhard, Zirbitzkogel und Stnbalpe für eine ältere Vererzungsphase. Zu ihr gehört auch Waldenstein, dessen weitgehende tektonische Beeinflussung von Friedrich dargetan wurde.

In langer Ost—Westreihe liegen die Eisenerze zwischen Turrach und Innerkrams am Nordrande der Stangalpendecke nebeneinander. Erzleer ist der Westrand der Decke, ohne daß die Beschaffenheit der Deckenunterlage eine Erklärung liefert. Es ist als ob der Aufstieg an eine West—Ost-Linie gebunden sei, einer Linie, die sich über sporadische Vorkommen bei Metnitz und Friesach ins Hüttenberger Gebiet und weiter gegen Ost verfolgen läßt. Verfolgt man diese Zone weiter gegen West, so trifft man am Rande der Ankogelgruppe auf Goldlagerstätten von gleichfalls etwas aberranten Typus. Nur Schellgaden hatte ich zum Typ der Tauerngolderze gerechnet, in der



Abb. 4.
Die Verbreitung der alpinen Metallogenese.

irrigen Annahme, daß seine Erze lediglich Spuren einer nur örtlichen Durchbewegung zeigen. Nach Friedrichs Untersuchungen ist das ein Merkmal einer ganzen Gruppe von Goldlagerstätten, deren südlichster Repräsentant Radlgraben bei Gmünd ist. Wolfram, Fluor, Bor, unterscheiden diese Erze von den anderen Golderzen der Hohen Tauern. Sie haben nach Friedrich und Metz das Ende der Tauernkristallisation gerade noch mitgemacht. Es liegt in der hier bezeichneten Ost—Westzone eine etwas ältere Metallogenese vor, als jene, die ich als alpine Metallogenese bezeichne. Als **altalpin** soll sie im folgenden unterschieden werden (vgl. Tafelbeilage).

Die in gelegentlicher Albitisierung erkennbare Natronzufuhr ist der Grund, daß manchen dieser altalpinen Erze das Miterleben des Endes der Tauernkristallisation zuerkannt wird. Nach dieser Tauernkristallisation könnten die Erze im Sinne Angels mit der Intrusion des Tauerngneises in Verbindung gebracht werden. Es sei aber darauf verwiesen, daß F. E. Suess sowohl, wie Cornelius diese Notwendigkeit ablehnen. Die gefüllten Feldspate sind nach Suess nicht periplutonisch, sondern enorogen. Analog sind die Querbiotite auf Kali-Zufuhr durch Diffusion erklärbar. Cornelius betont, daß die Na-, K- und CO₂-Zufuhr der räumlichen Verteilung wegen die Möglichkeit ausschließt, sie vom sichtbaren Zentralgneis abzuleiten. Cornelius denkt an einen Stoffaustausch und bezeichnet diese Umwandlungserscheinungen als Orometamorphose. In der Tat können wir in den Zentralalpen diese Erscheinungen in verschiedensten Räumen, auch weit abseits vom Zentralgneis bemerken. Beides, K- und Na-Zufuhr tritt auch in anderen Gebirgen (Sudeten, Erzgebirge) derart diffus auf, daß Beziehungen zu sichtbaren Plutonen auscheiden. Das ist auch das Ergebnis, zu dem Bederke im Altvatergebirge gelangte.

Die Feststellung sei wiederholt, daß auch die unter dem Namen Tauernkristallisation bekannte Stoffzufuhr nicht auf sichtbare Plutone zurückgeführt werden muß.

Blutsverwandtschaft.

Die Frage der Blutsverwandtschaft der alpinen Metallogenese wurde von mir schon seinerzeit erörtert. Es wurde darauf verwiesen, daß Gold sporadisch noch bis in die Kupfererze hinauf verfolgbar ist, daß umgekehrt Zink und Blei von außen noch bis in die Eisenzone und auch Goldzone heruntergehen kann. Arsen ist ein Durchläufer, allerdings ungleich verteilt. Im Typ Schellgaden tritt As weit spärlicher auf, als im Typ der eigentlichen Tauerngänge. Umgekehrt haben die Siderite von Hüttenberg mehr As als jene der Grauwackenzone. Molybdän tritt bereits in den Apliten des Tauerngneises auf. Es fehlt nicht in beiden Typen der Goldlagerstätten und erscheint wieder in den nord- und südalpinen Blei-Zinkerzen. Allerdings ist heute die Ansicht verbreitet, daß es in letztere aus dem bituminösen Raibler Schiefer eingewandert sei. Ich sehe keine zwingende Notwendigkeit zu dieser Annahme, denn es gibt genug gangförmige und Verdrän-

gungslagerstätten hochthermaler und niederthermaler Blei-Zinkerze in der Welt, die Molybdän aufweisen, ohne daß immer die Nachbarschaft bituminöser Gesteine dafür verantwortlich gemacht werden kann. Es wird ins Treffen geführt, daß in einzelnen Stücken des Bleiglanzes, die aus Wulfenit-führenden Erzkörpern von Mies und von Bleiberg entnommen wurden, Molybdän nicht nachweisbar war. Es ist aber ein Kennzeichen seltener Elemente, daß sie oft nur sporadisch auftreten. In Abständen von einigen Jahrzehnten einmal fand man beispielsweise im Freiberg und in Przibram etliche Kilogramm Uranerz. Nur sichtbar wird das Molybdän, wenn es vom Sickerwasser oxydiert und nach unten verschleppt am Bleiglanz auskristallisiert oder Spalten im Kalk erfüllt. Warum ist es gerade das Bleimolybdat, das ohne anderes Erz die Spalten des Kalkes ausfüllt? Blei ist im bituminösen Schiefer nicht vorhanden und so zeigt es an, daß das Molybdän jener Spalten mit Blei in Berührung war, ehe es oxydiert wurde.

So wie Molybdän scheint auch Wismut und Nickel sporadisch in der alpinen und der altalpinen Metallogene aufzutreten.

Zugehöriger Magmaherd.

Immer wieder werden sichtbare Plutone gesucht, um auf sie die Erzführung zurückzuführen. Starkes Abklingen der Mineralisierung gegen West und ihr gänzlichliches Ausklingen dort, obwohl gleichartige Plutone noch weiter reichen, spricht allein schon für eine tiefer liegende Ursache. Abschnitte der Häufung und Verarmung können auch auf tektonische Ursachen zurückgeführt werden. Die Breite der Grauwackenzone bei Kitzbühel hängt mit der Zerknitterung ihrer Schichten zusammen, die gewundenes Streichen entstehen läßt. Aufblätterungshohlräume führen dann zur Entstehung von Lagergängen. Häufigere Mylonitisierung der Gänge und Absätzlichkeit der Erze sind ein Beweis für die Fortdauer der Beweglichkeit gerade dieser Zone. Umgekehrt ist straffe, blattparallele Faltung weniger günstig und schafft schmale Erzzone (Mürztal).

Große, jüngere germanotype Bruchtektonik führt zur Wiederholung ganzer Zonen (Trofaiach-Linie) oder zum Ausfall solcher (Drau- und Gegendtalbruch, Magnesit am Fuß des Grimming, hier zugleich ein breites Eingreifen der Sideritzone in die Kalkalpen). Es ist mithin durchaus nicht nötig, nur in sichtbaren Plutonen die Ursache von Häufung der Erzlagerstätten oder dem Gegenteil zu suchen.

Die Brennerfurche ist eine Zone starker Senkung. Ihre Auswirkung auf die Erzzone haben Brinkmann und Klebelsberg betont.

In den Sekkauer Tauern gibt es einen Granit, der jenem von Bergell nichts an Unberührtheit des Gefüges nachgibt. Nichts von zugehörigen heißthermalen Lagerstätten ist bekannt. Um den Amering-Gneis werden Erzhöfe gelegt, um den gleichartigen und benachbarten der Gleinalm nicht.

Zweck meiner früheren Mitteilungen war, zu zeigen, daß ein profundes und ausgebreitetes Pluton die Mineralisierung der Alpen erklärt. Eine weitere Aufgabe war es, herauszufinden, welche Mineralagerstätten dazu gehören und welche nicht. Weit aus die Mehrzahl

der Erze der Alpen gehört dazu. Nunmehr aber zeigt es sich unter anderem auch aus Forschungen von Tornquist, Friedrich, Clar, daß einer verbreiteteren, jüngeren, eine kleinere, ältere, aber ganz analoge Epoche der Erzzufuhr voranging, also eine altalpine und eine intensivere jungalpine Metallogenese zu unterscheiden sind.

Ein Merkmal dieser letzteren, die ich allein als alpine bezeichne, ist die große Bauhöhe der Erze. Ich brauche die von mir früher schon ermittelten Zahlen im einzelnen nicht zu wiederholen. Um 1000 m sind es für die Blei-Zinkerze der Nord- und Südalpen, was viel für solche Erze ist. Gleiche Höhen zeigt der Siderit, wenn es die Schichtenlagerung wie am Erzberg zuläßt. Nicht viel weniger wurde wiederholt (Mitterberger Alpe, Kitzbühel) an Cu-Erzgängen bemerkt, während sonst die Kupferführung solcher Gänge nach unten rasch verarmt. Wenn man beim Magnesit über 300 m noch nicht hinausgekommen ist, so liegt das an der Tektonik der maßgeblichen Kalkschichten. Mehr als 1000 m Bauhöhe bei perimagmatischen Golderzgängen ist dagegen auch anderswo nichts ungewöhnliches.

Nicht die Plutone soll man suchen, sondern die Kuppelungen, die als Erzfallen fungierten, sowie die günstigen Aufstiegbahnen, wie große Bruchlinien, steile Deckengrenzen, durchlässiges Gestein in Schieferpaketen usw. Ich verweise diesbezüglich auf die Feststellungen von E. L. Bruce, der da sagt, wenn man davon absieht, Erze mit benachbarten Eruptivgesteinskörpern in Beziehung zu bringen, so versteht man die großen Bauhöhen, in denen uns Erze unverändert entgegneten. Man kommt zu der Auffassung, daß die Erze die einzigen Manifestationen (Sendboten) tiefliegender und ausgebreiteter Magmakörper sind. Bruce weist auf Porcupine und Kirkland hin, sowie auf Erzvorkommen in Gegenden ohne sichtbare Eruptiva. Auch A. Loke verweist auf die Wichtigkeit, Erzfallen zu suchen, wie die Cupolas solche sind.

Das Problem des zugehörigen Magmaherdes ist ein viel größeres wegen der Größe der Erzprovinz. Diese reicht vom Simplon bis an die Balkanhalbinsel heran, wie Abb. 4 veranschaulichen soll.

In den Dinariden sind die gleichen Gold-Eisen- und Cu-Erzzonen mit gleichen Eigenschaften vorhanden. Nur die Magnesite sind derzeit noch unbekannt. Das intakte Erzgefüge besteht im bosnischen Karbon ebenso wie in der alpinen Grauwackenzone und steht im Gegensatz zum umgebenden Gestein. In Ljubia und auf manchen Kupfererzergängen zeigt sich nach oben schon ein Übergang zu den Blei-Zinklagerstätten.

Mit den Blei-Zinklagerstätten wird die alpin-dinarische Grenze überschritten, ein Beweis, daß auch diese Grenze älter ist als die Mineralisierung. Jünger als der Jura ist der Siderit von Vares und jungtertiäre Brüche sind als Erzbringer bekannt.

Daß die Erzführung der nordalpinen Grauwackenzone im slowakischen Erzgebirge wieder zutage tritt, ist schon lange bekannt und namentlich auch von Redlich betont worden. Wie in Bosnien, so zeigt auch hier das Gefüge die relative Jugend der Mineralisierung an. Ortsbilder im Magnesit von Jolsva beweisen die Unberührtheit langer

Verdrängungsklüfte. Die Rejuvenation ist zum Teil intensiver als in den Alpen. Haematit und Turmalin werden (Zoubek) in Kotterbach auf sie zurückgeführt. Auch in Sirk ist das Hangendgestein des Magnesits Turmalin-führend. Neben den kupferhaltigen Quarzgängen von Lovinobanya ist nach Ulrich der Magnesit rekristallisiert. Die Verbindung von Kupfer mit Nickel, Kobalt, auch Wismut tritt (Ulrich 1936) wie in den Alpen auf. H. von Böckh (1906) hebt den Einfluß von Brüchen, welche nur die Trias verqueren, auf die Erzführung hervor, und Zoubek (1937) betont die Analogie der Zonung mit der alpinen Metallogenese, während Korduk (1941) Beziehungen zu den jungen Graniten des slowakischen Erzgebirges vermutet.

Vermutlich gehört auch ein großer Teil der Erze in der Pojana Ruska zur alpinen Metallogenese. Weithin verfolgbare Siderite mit nur wenig beeinflusstem Gefüge. Wenn Pyrit auftritt, ist er wie in den Alpen jünger als das Eisenkarbonat. W. E. Petrascheck weist darauf hin, daß die Erze über die Grenze der getischen Decke hinweggreifen. Banatit kontaktmetamorphosiert nach eigenen Wahrnehmungen bei Loszna den Siderit. Da nach Cordca (1940) Banatit die getische Decke durchbricht, ist damit eine Altersbegrenzung gegeben. Im nördlich anschließenden Gebiet von Zlatna ist die Eruption von Quarzsandesit, Dazit und Rhyolith nach Mirea D. Ilie (1940) postortonisch, südlich der Sideritzone treten im Kristallin bei Karansebes Golderzgänge mit alten Bergbauspuren auf, über welche mir Veröffentlichungen nicht bekannt sind. Nördlich der Sideritzone dagegen liegen wieder Blei-Zinkerze wie in den Alpen.

Alter der Vererzung.

Für das Alter der alpinen Metallogenese sind neue Tatsachen nicht bekannt geworden. In der Phasengliederung ausgedrückt, ist savisch das wahrscheinlichere Alter. Steirisch wäre wohl noch möglich, da aber die Siderite nicht an der Oberfläche entstanden sind, sie jedoch im Helvet als Geröll auftreten, beziehungsweise an seiner Basis eine Verwitterungsoberfläche zeigen, ist gewisse Zeit für den Abtrag von wenigen hundert Metern bis zur Erzzone erforderlich, was ein Zurückdatieren der Mineralisierung in vorhelvetische Zeit erfordert.

Für die altalpine Metallogenese käme, vorausgesetzt daß E. Habersfeldners Altersbestimmung des Miozän von Wiesenau als Aquitan richtig ist, pyrenaeisch in Betracht.

Diese Alterseinstufung kommt jener nahe, die Cornelius für die der alpinen Vererzung, wie oben dargelegt, vorangegangene Tauernmetamorphose annimmt, nämlich savisch oder vorsavisch.

Tornquist, dem die Wissenschaft viele grundlegende Untersuchungen über die ostalpinen Erze verdankt, neigt dazu, die alpine Phase ins Pliozän zu stellen, was bei unitarischer Auffassung der Eisenerze wegen nicht haltbar ist.

Raum, Alter und Stoffzufuhr (Eisen, Magnesia und Kieselsäure) veranlaßten mich, jenen Magmaherd als Erzlieferanten in Betracht zu ziehen, der die Andesite gebracht hat. Daß dies zum Teil falsch verstanden und dahin ausgelegt wurde, die Andesite seien die Erz-

bringer gewesen, erfordert keine weitere Auseinandersetzung. Denn darüber besteht kein Zweifel, daß die hier behandelten Erze nicht der subvulkanischen Erzfolge angehören. Aber ich kann die Argumentation mit der Stoffzufuhr überhaupt nicht aufrecht erhalten, denn sobald man auf dem sicher zutreffenden Standpunkt steht, daß die Erze ein Produkt retrograder Dampfdruckdestillation des Magmaherdes sind, ist die Vormacht der Stoffe in den Lagerstätten kein gültiger Hinweis auf die chemische Zusammensetzung des Magmas.

Das Alter der Andesite rings um das ungarische Zwischengebirge reicht vom Aquitan bis ins Pannon. Immer aber folgen ihnen saure Eruptiva, nur ihre Dokumente gehen in Gestalt von Rhyolit- oder Dazituffen weit in die Ostalpen hinein (Lavanttal, Judenburg). Ihr Biotit wird bis 1 mm groß. Schwerlich sind alle diese Tuffe nur aus außeralpinen Gebieten eingeweht. Ein Zusammenhang der jungtertiären Eruptiva mit dem angenommenen und ausgebreiteten Herd in der Tiefe ist demnach durchaus möglich.

W. E. Petrascheck (1943) verwies auf Wechselbeziehungen zwischen den Lagerstätten großer Aufwölbungsräume und dem gleichweise sterilen altersgleichen Plutonismus benachbarter Gebirgsstreifen. Ich stimme seinen Schlußworten zu: Lagerstätten müssen im Rahmen des gesamten geologischen Baues und der gesamten geologischen Geschichte eines Gebietes betrachtet werden.

Nachtrag.

Obige Niederschrift war beendet, als eine einschlägige Veröffentlichung von Clar erschien (Verhandlungen Geolog. Bundesanstalt Wien 1947), die in mancher Hinsicht ähnliche Gedankengänge einschlägt, indem auch sie der unitarischen Entstehung zuneigt. In weiterer Verfolgung von Gedanken, die schon Angel vorbrachte, versucht Clar die Erzzufuhr nicht auf magmatische Vorgänge, sondern auf Lösungen zurückzuführen, die bei der Regionalmetamorphose entstanden. Man braucht nur noch einen Schritt weiter zu gehen, um auch den supponierten Magmaherd auf dieselben Kräfte zurückzuführen, was ich auch vom Standpunkte der Erzlagerstätten gar nicht für ganz ausgeschlossen halte.

Wieder wird auch von Clar für die Magnesite eine Sonderstellung gesucht und in Magnesiagesteinen, die von der Metamorphose erfaßt wurden, die Quelle der Magnesia vermutet. Dies müßte nun auch für alle die oben besprochenen mineralisierten Gebiete anderer Länder und Kontinente gelten, soweit sie Magnesite führen. Ich glaube, daß die oben herangezogenen Vergleiche anderer Magnesitareale es weniger notwendig machen, die Magnesite aus der magmatischen Abfolge herauszunehmen.

Wieder wird auch darauf verwiesen, daß die säuberliche Trennung von Eisen und Magnesia aus Lösungen chemische Schwierigkeiten mache. Hierzu verweise ich auf die unter dem Namen Roßzähne bekannten, eisenfreien, dolomitischen Drusenausfüllungen im Siderit und Breunerit. Warum soll das, was in der Natur im kleinen möglich ist, nicht auch im großen möglich sein, zumal die zonare Trennung

von eisenarmem und eisenhaltigem Magnesit und von Siderit sichtbar ist. Die Zonung, wie auch jene Drusenausfüllungen lassen die Annahme zu, daß Temperaturunterschiede für ihre Entstehung von Einfluß sind.

Alpine Metallogenese:

- Petraschek W., Metallogenetische Zonen in den Ostalpen. Compt.-Rendus, XIV. Congr. Geol. International 1926.
- Petraschek W., Die Magnesite und Siderite der Alpen. Sitzber. Ak. Wiss. Wien, 141 (1932), p. 195.
- Schwinner R., Tektonik und Erzlagerstätten in den Ostalpen. Z. d. Geol. Ges. 94 (1942).
- Tornquist A., Vererzung des Goldes der Hohen Tauern. Sitzber. Ak. Wiss. Wien 142 (1933), p. 41.
- Tornquist A., Vererzungsphasen der jungen ostalpinen Erzlagerstätten. Sitzber. Akad. Wiss. Wien 140 (1931), p. 219.
- Kieslinger A., Das Tauerngold (Die geologischen Grundlagen). Z. D. Alpenverein 1940.
- Kieslinger A., Aufnahmebericht über Aufnahmen im Golderzgebiet der Hohen Tauern. Verh. Geol. B.-A. 1936, Nr. 1—2.
- Friedrich O. M., Tektonik und Erzlagerstätten in den Ostalpen. B. u. H. Monatshefte 90 (1942), p. 131.
- Friedrich O. M., Überblick über die ostalpine Metallprovinz. Zeitschr. f. B.-, H.- u. Sal.-Wesen 1937, p. 241, Bd. 85, H. 6.
- Angel F., Unser Erzberg. Mitt. Nat. Wiss. Ver. Steierm., Bd. 75.
- Haberfelner E., D. Geologie der österreichischen Eisenlagerstätten (Bergbau in Österreich). Zeitschr. f. B.-, H.- u. Sal.-Wesen 1937, Bd. 85, H. 6.
- Haberfelner H., Die Eisenerzlagerstätten im Zuge Lölling—Hüttenberg—Friesach in Kärnten. B. u. H. Jb., Bd. 76, H. 3.
- Clar E. und Friedrich O. M., Zusammenhänge zwischen Vererzung und Metamorphose in den Ostalpen. Zeitschr. pr. Geol. 41 (1933), p. 73.
- Cornelius P., Neuere Erfahrungen über Gesteinsmetamorphose in den Hohen Tauern. Min. u. petrogr. Mitt. 54 (1942), p. 178.
- Cornelius P., Habachzunge. Mitt. d. Ra. f. Bodenforsch. Wien 1942.
- Leitmeier H., Blei-Zinkvorkommen der Achselalpe im Hollersbachtal. Min. u. petrogr. Mitt. 47 (1936), p. 376.
- Pferschy A., Karte der Minerallagerstätten der Provinz Bozen und Trento. B. u. H. Jb. 77 (1929), p. 97.
- Canaval R., Das Vorkommen silberhaltiger Bleierze am Calesberg (Monte Calisio) bei Trient. Zeitschr. pr. Geol., H. 1, 2, 4, 1916.
- Goll J., Etude métallographique des minéraux de nickel provenant des environs de Dobsiná (Slovaquie). Bull. internat. d. Acad. d. Sciences de Bohême 1937.
- Ulrich Fr., Gisement de rutile dans les filons de sidérite près de Roznava en Slovaquie et sa signification dans la paragenèse des filons. Bull. internat. d. Acad. d. Sciences de Bohême 1928.
- Ulrich Fr., Vzácná nerostná paragenese Koterbachu na Slovensku. Bratislava 1936.
- Petraschek W. E., Gebirgsbildung, Vulkanismus und Metallogenese in den Südkarpathen und Balkaniden. Fortschr. d. Geol. 14, H. 47. (1942).
- Petraschek W. E., Beziehungen zwischen Intrusionstektonik und Lagerstättenverteilung. Geol. Rundschau 34 (1943), p. 38.

Magnesite:

- Hammer W., Nachtrag zur Geologie der Ortler Alpen. Verh. Geol. R.-A. 1909, p. 199.
- Unterladstätter A., Das Magnesitvorkommen bei der Ambergerhütte. B. u. H. Jb. 1936, Bd. 84, H. 4, p. 143.
- Koch A., Frusca Gora. Jb. k. k. geol. R.-A. Wien 1876.
- Bruce E. L., Mineral Deposits of the Canadian shield. Toronto 1933.

- Wilcocks W. H., On an Area of Ultrabasic Rocks in the Kassala Province of the Anglo-Egyptian Sudan. *Geol. Magazine*, Vol. LXX, July 1933.
- Garan M., Zavarifzky A. und Koptev-Dvornikov V., in *Livret Guide. Internat. Geol. Congr. UdSSR. 1937, Uralian Excursion.*
- Jenkins, Origin of Magnesite in Washington. *Econ. Geol.* XIII (1918), p. 384.
- Bain G. W., Magnesite deposits. *Econ. Geol.* XIX (1924), p. 419.
- Weaver C. E., The Mineral resources of Stevens County. *Washingt. Geol. survey, No. 20* (1920).
- Whitwell G. E. and Patty E. N., The Magnesite deposits of Washington. *Washingt. Geol. survey, No. 25* (1921).
- Schofield S. I., *Geology of Cranbrook map area. B. C. Memoire 76. Canada Geol. Surv. 1915.*
- Cairnes C. E., Some Mineral Occurrences in the Vicinity of Cranbrook. — *Summary Report 1932. Part A II, Canada Geol. Surv. 1933, p. 100.*
- Niinomy K., The Magnesite deposits of Manchuria. *Econ. Geol.* XX (1925).
- Nishihara H., Magnesite deposits of Manchuria. *Econ. Geol.* XXI (1926).
- Redlich K. A., Die Typen der Magnesitlagerstätten, ihre Bildung, geologische Stellung und Untersuchung. *Zeitschr. f. prakt. Geol.* 42 (1934), H. 10/11.
- Redlich K. A., Die Magnesitvorkommen Rußlands, Mandchurei, Japans, Schwedens und Norwegens. *Zeitschr. f. prakt. Geol.* 43 (1935), H. 1.
-

