

III. PETROGRAPHIE.

Orogenese und Vererzung im Raum der Ostalpen.

Von Hans Leitmeier, Wien.

Nach Schneiderhöhn's neuer Regenerationstheorie (39, S. 55) habe es in Eurasien seit dem Kambrium nur eine „primäre metallführende Orogenese“, die jungpaläozoische varistische (herzynische) gegeben¹⁾. Die gesamten Erzlagerstätten der Ost- und Westalpen und der Dinariden seien im Zuge der alpidischen Orogenese nur durch „Regeneration, Stoffmobilisierung, Hinaufprojizieren“ primär varistisch gebildeter Vererzungen entstanden. Alle diese als primär varistisch bezeichneten varistischen Vererzungen werden letzten Endes syn- bis postorogen magmatisch, nah- oder fernmagmatisch, also endogen im Sinne Niggli's angenommen. Diese Annahme nur primär varistischer Vererzung setzt voraus, daß auch die Bildung der varistischen granitodioritischen Gesteine in diesem Sinne magmatisch erfolgt sein müßte und dadurch im Gegensatz zur Bildung der granitodioritischen Gneisgesteine der alpidischen Orogenese stünde. Die letzteren hätten nach Schneiderhöhn nur durch mechanische Metamorphose ihr heutiges Gepräge erhalten, eine Annahme, für die erst Beweise erbracht werden müßten, da sie im Gegensatz zur Ansicht fast aller Ostalpengeologen und -petrologen steht. Schneiderhöhn erkennt somit nur eine magmatische, pneumatolythische, hydrothermale Urförderung der die Erze liefernden Metalle aus der Tiefe an, die im Falle des Alpenraumes nur varistisch gewesen sein soll, so daß alle unsere zahlreichen größeren und die zahllosen kleineren und kleinsten Vererzungen in der Zentralzone der Alpen, in der Grauwackenzone, in den Vorlagerungen südlich des Hauptkammes, weiter in den nördlichen und südlichen Kalkalpen nur varistisch aus der Tiefe gefördertes Metall enthalten sollen, das im Zuge der alpidischen Orogenese nur irgendwie umgelagert worden wäre, ohne daß nennenswerte Neuförderungen von Metallen aus der Tiefe im Gefolge der Prozesse des sialischen synorogenen Plutonismus in die neugebildeten, bzw. umgebildeten oder völlig erhalten gebliebenen Gesteine gekommen wären. Er lehnt größeren Zuzug von Erzlösungen, magmatischen Vererzungen usw. aus der Tiefe der Aufschmelzungszonen und

¹⁾ Es soll wohl richtig „primär-metallführende Orogenese“ heißen, oder noch besser „primäre Metalle führende Orogenese“.

der Verschluckungszonen völlig ab. Alles wäre nur mehr oder weniger umgebildetes varistisches Erz.

Die bei konsequenter Verfolgung der Gedankengänge S ch n e i d e r h ö h n s naheliegende Annahme, daß auch bei der varistischen Orogenese, bei der es sich schließlich doch auch wie bei der alpidischen vor allem um Aufschmelzungen vorgebildeten Sials handeln dürfte, die Vererzung gleichfalls nur durch Regenerierung noch älteren primärer Vererzungen entstanden sein könnte, wird von S ch n e i d e r h ö h n ausdrücklich ganz entschieden abgelehnt (S. 84). Als Unterschied gegenüber der varistischen Vererzung wird das gänzliche Fehlen von Zinn-Wolfram-Molybdänlagerstätten, das Zurücktreten von Ag-, Pb- und Zn-Erzen, das Überwiegen von Au-, As-, und Cu-Erzen in den alten Schilden angeführt. Das starke Überwiegen von Cu gegenüber Zn, das angegeben wird, geht allerdings aus der von S ch n e i d e r h ö h n gebrachten Darstellung nach B l o n d e l (10) keineswegs hervor. Nun sind aber gerade die angegebenen Eigenschaften der Vererzung der alten Schilde das Charakteristische der alpidischen Lagerstätten, wenn man von der Verbreitung des Pb-Zn im alpinen und varistischen Orogen absieht, wie im späteren (S. 244) noch ausführlicher gezeigt werden wird. Trotz S ch n e i d e r h ö h n s Ablehnung geht aus seiner eigenen Darstellung eine größere Ähnlichkeit im Metallinhalt der alpidischen Vererzung mit der präkambrischen, als einer solchen mit der varistischen Vererzung hervor, so daß man zumindest ebenso gut, wenn nicht sogar mit größerer Übereinstimmung an eine Regenerierung präkambrischer Vererzungen durch die alpidische Orogenese denken könnte. Es liegt mir aber v ö l l i g f e r n e, eine solche Regenerierung anzunehmen, deren Verallgemeinerung ich ebenso ablehnen würde, wie S ch n e i d e r h ö h n s Verallgemeinerung alpidischer Regenerierung varistischer primärer Vererzungen. Keinesfalls aber vermag ich nach der Darstellung S ch n e i d e r h ö h n s einen „ungeheuren Hiatus“ zwischen den Metallisationen der varistischen und der alpidischen Orogenese gegenüber denen in den prä-jungalkonkischen (präkambrischen) Schilden zu erkennen. Er bliebe für die alpidischen Vererzungen auf die gegensätzlichen Verhältnisse der Pb-Zn-Verteilung beschränkt. Schon diese Tatsachen rechtfertigen meines Erachtens die Ablehnung von S ch n e i d e r h ö h n s Verallgemeinerung seiner Regenerationstheorie.

Ebensowenig ist die andere Grundlage seiner Theorie mit unseren heutigen Ansichten von der alpidischen Orogenese im Einklang. S ch n e i d e r h ö h n geht von der Behauptung aus, daß die Großzahl der magmatischen Lagerstätten [magmatisch im Sinne Niggli im weitesten²⁾ Spielraum] an S t i l l e s s i a l i s c h e n synorogenen Magmatismus (Plutonismus) (42) gebunden sei. Nach S ch n e i d e r h ö h n sind die Alpen ein überwiegend tektonisches Orogen, in dem dieser Plutonismus „ganz zurücktritt, bzw. in den heute angeschnittenen Stockwerken noch unbekannt ist, und in dem der subsequente Magmatismus so gut wie fehlt“ (S. 57). Deshalb fehle auch jede alpidische

²⁾ Der wohl nicht nur mir allein zu weit gesteckt erscheint und Lagerstätten erfaßt, die mit Magmatismus kaum etwas zu tun haben.

primäre Vererzung. Durch diese Behauptung stellt sich S c h n e i d e r h ö h n , wie ich glaube wohl völlig bewußt, im Gegensatz zu der überwiegenden Anzahl zeitgenössischer Forscher und deren Ergebnissen im Ostalpenraum.

Es ist hier nicht der Platz, den allbekannten, nur S c h n e i d e r h ö h n anscheinend unbekanntem Anteil alpidisch synorogenen, zum Teil aus dem Schmelzfluß entstandener granitodioritischer Gesteine ausführlich unter Beweis zu stellen, denn dieser Beweis ist heute zu sehr Gemeingut aller Ostalpengeologen und -petrologen. Daß bei diesen Äußerungen des sialischen synorogenen Plutonismus im Sinne S t i l l e s anatektische Aufschmelzungen, bzw. palingene Ausbildungen, Assimilationsvorgänge, Migmatitbildungen mancherlei Art und Granitisationen ebenso wie im varistischen Zyklus ihren Anteil haben, ist aus guten Gründen anzunehmen. Die Kenntnis von der langen Reihe junger Periadriatika ist eine von Adolf Pichler (36), der als erster das junge Alter des „Brixener Granites“ erkannt hatte, und von Salomon (37) über Becke (8) bis zu mir (30, 31) und Cornelius (13) erst allmählich errungene Erkenntnis, denn manche Forscher verhielten sich gegenüber der Einreihung einiger Gesteine unter diese Periadriatika abwartend. Der letztgenannte Forscher, stets bereit, seine Ansicht zu revidieren, wenn sie mit neueren eigenen oder fremden Forschungsergebnissen nicht mehr in Einklang zu bringen war, hat in seiner letzten Veröffentlichung (1949), deren Druckvollendung er noch erleben durfte, alle Äußerungen des synorogenen und des subsequenten Plutonismus in den Alpen zusammengestellt und die Belege hiezu erbracht (Cornelius, 13). Seine Ausführungen decken sich im allgemeinen mit meiner in Wort und Schrift vertretenen Ansicht über diese Erscheinungen. In den Ostalpen gehören zum synorogenen Plutonismus: Der gesamte Adamello, Dioritgesteine des Ortler, die Tonalitgesteine der Judikarientlinie, Iffinger, Kreuzberg, der Granit und Tonalit von Franzensfeste (zumeist Brixener Granit genannt), der Tonalit der Rieserferner, tonalitische Gänge in der Deferegger- und Schobergruppe und im Pustertal, Kersantitgänge im Sockel der Lienzer Dolomiten, Porphyrite von Prävali und in den Steiner und Julischen Alpen (dies nur nach Graber und Cornelius), der Granitzug von Eisenkappel, der Tonalit dieser Aufbruchzone, den allerdings Cornelius nach Graber im Gegensatz zu mir für älter hält, die Tonalitmasse des Bachergebirges. Den Granit der Cima d'Asta könnte man vielleicht auch hierherstellen. Daß die Seckauer-Bösenstein-Granitgneise in Obersteiermark alpidisch sein könnten, hat Becke für möglich gehalten, ich seit langem angenommen, Metz (33, S. 77) bewiesen, während Weinschenk (45) schon 1900 dieses „fast richtungslose“ Gestein als „Centralgranit“, im speziellen als einen „intrusiven Granit“ bezeichnet hat, altersgleich den „Graniten“ der Hohen Tauern, und ihm Weißsteine als aplitische Randfazies zugeordnet hat. Manche Geologen werden vielleicht das eine oder das andere dieser Gesteine nicht mit gleicher Berechtigung hier eingereiht wissen wollen. Jedenfalls aber habe ich (1942) mit Angel (3) und seinen Schülern und mit Kölbl (28) immer die nun auch von Cornelius (13) geäußerte Ansicht vertreten, der

auch Sander (38) keineswegs fern steht, daß in den Zentralgranitodioritgneisen der Hohen Tauern alpidisch synorogene plutonische Anteile von größerem Ausmaß enthalten sind, wenn ich auch heute das von mir angenommene tertiäre Alter als zu allgemein gehalten betrachte. Für das Venedigermassiv hat dann auch Cornelius (1949) diese Ansicht durchaus bejaht. Sein Ausspruch: „Entweder gibt es kein Tauernfenster, oder das Venedigermassiv ist jünger als die Überschiebung der ostalpinen Decken über das Fenster“, zeugt hiefür. Daß das Tauernfenster, für das Kober (25, 26) immer und immer wieder eingetreten ist, besteht, ist heute denn doch eine Erkenntnis, an der nicht mehr gerüttelt werden kann. Übereinstimmung der Genesis, wenn auch keineswegs gleichzeitige Entstehung innerhalb der alpidischen Orogenese, von Zillertalergranitodioritgesteinen, solchen der Granatspitze und der östlicheren Gebiete wurden von Cornelius (13), wenn auch dormalen im Gegensatz zur Venedigermasse noch unbewiesen, für durchaus möglich gehalten. Für das Gebiet des Hochalmspitz-Ankogel-Sonnblick-Massivs sind in neuerer Zeit von Angel und seinen Mitarbeitern (3) und von Exner (17, 18, 19) auf Grund eingehender feldgeologischer, optischer und zum Teil auch chemischer Untersuchungen zumindest recht bedeutende Teile als alpidisch unter Mitwirkung aller synorogen-magmatischen Prozesse von Ana-, Metatexis bis zur Granitisation geformt angenommen worden. Besonders Angel hat für Hochalmspitz- und Ankogel-Massiv wohl einen sehr großen Anteil aller granitodioritischen Gesteine auf diese Weise entstanden angenommen³⁾. In einer erst 1949 nach seinem Tode erschienenen Arbeit hat auch F. E. Sueß (43) die Bildung der Zentralgranitodioritgneise der Hohen Tauern in den Zeitraum der alpidischen Orogenese verlegt und sich damit der Ansicht von Angel, Kölbl und mir angeschlossen. Schon früher, und dann erst ganz kürzlich wieder, hat Friedrich, auf dessen Ansichten sich ja Schneiderhöhn ganz besonders zu stützen versucht (1951, S. 285), von den reichlichen Lösungen im Gefolge der alpidischen, tektonischen und magmatischen Großvorgänge gesprochen.

Ich stimme Cornelius, im allgemeinen zumindest, auch darin zu, daß die vollständige Erstarrung dieser Gesteine, zum Teil aber auch das Aufdringen und Eindringen der Schmelze, der Migmatitfronten usw. nicht während der stärksten orogenetischen Bewegungen selbst erfolgt sein kann, sondern eher in einem Zeitraum geringerer Bewegung, also zwischen zwei orogenen Hauptphasen, in einer Periode etwas größerer Ruhe, wenn auch unmittelbar im Gefolge der Hauptbewegung selbst, zum Teil aber auch spätorogen. Der Zeit-

³⁾ Angel und Staber (3, S. 52) sprechen von der Magmatogenese der hellen granitischen Massen dieses Gebietes. Wenn auch aus Exners erst während der Drucklegung unter dem Titel „Zum Zentralgneisproblem der östlichen Hohen Tauern“ (Radex-Rundschau, Radenthein 1953, S. 417) erschienenem historischem Überblick und Zusammenfassung seiner eigenen Untersuchungen, einem wahren Meisterwerk geologischer und petrogenetischer Darstellung eines äußerst schwierigen Gebietes vom Standpunkt unseres heutigen Wissens aus gesehen, weniger auf reinen Magmatismus und mehr auf sehr ausgedehnte ichoretische Durchtränkung und Umbildung geschlossen werden kann, so sind doch die Unterschiede in der Auffassung beider Forscher mehr quantitativer und weniger qualitativer Art.

punkt stärkster, im wesentlichen doch mehr horizontaler Bewegungen, war wohl kaum dem Eindringen schmelzflüssiger Massen günstig, eher noch der Einwirkung nicht direkt schmelzflüssiger Tiefenlösungen. In den Hohen Tauern wird dieses Eindringen vor allem zwischen der ersten, also der vorgosauischen Hauptbewegungsphase und der gleichfalls stark in Erscheinung tretenden laramischen, also im Übergang von Kreide zum Tertiär und im frühesten Tertiär geschehen sein, wohin z. B. auch Metz (33) die Bildung der Seckauer Granitgneise verlegt, also spät- bis nachorogen in bezug auf die vorgosauische (austrische) Phase. Die so gebildeten Gesteine können dann durch die laramische und die savische Phase metamorphosiert und tektonisch mehr oder weniger verformt und durchbewegt worden sein. Genau so kann man im unmittelbarsten Gefolge als spät-laramisch und spätsavisch oder auch nach diesen Phasen synorogenen Plutonismus annehmen, wobei der spätsavische allerdings schon den Übergang in den subsequenten Magmatismus darstellen kann. Die Bildungen der ersteren Phase können nur mehr durch die in der Wirkung schwächere savische Phase metamorphosiert worden sein. Cornelius dachte für Granatspitzgneise an die erste, für die des Venedigermassivs an die zweite Zwischenperiode, also spätgosauisch für die Granatspitz und spätlaramisch für den Venediger.

Dieser Gedankengang spricht keineswegs gegen das von mir (31, S. 280 ff.) angenommene Zusammenwirken von Tektonik und Granitodioritgneisformung, das ich bis in die Zeit der Aufwölbungen für Granitisationserscheinungen im Oberbau und Aufschmelzungen im Unterbau für möglich gehalten habe. Obige Annahme der Förderung von Schmelzmassen usw. zwischen zwei orogenen Phasen oder spät-orogen in bezug auf die Hauptphasen besagt nicht, daß während der Zwischenpause jegliche Bewegung ausgesetzt habe. Ähnlich hat dann später auch Cornelius (13, S. 566) gedacht, als er annahm, daß die Bewegung einer neuen tektonischen Phase hereinbrechen konnte, bevor die Erstarrung abgeschlossen war. Auch die Granitisationserscheinungen im engeren Sinne von aplitischer Durchhäderung, Ichorese (alkalisilikathaltigen Lösungen usw.), Kalifeldspatisierungen waren nach der Erscheinungsform der Tauerngranitodioritgneise keineswegs im Zustand absoluter Ruhe vor sich gegangen. Denn alle diese Gesteine, mag man sie auch immer wieder als Tauerngranite bezeichnen, sind doch ausnahmslos mehr oder weniger durchbewegt, mag die Kinetik auch die Aufschmelzungen da und dort noch in unfertigen Kristallisationszustand betroffen haben, so daß die Erstarrung in gewissem Sinne piezokristallin (Weinschenk) erfolgte. Druck jeglicher Art, also auch Bewegungsdruck kann, solange kein zusammenhängendes festes Gerüst vorhanden war, nur als hydrostatischer, also Belastungsdruck, gewirkt haben. Erst wenn ein derartiges Gerüst der ganzen Masse eine gewisse Starrheit verliehen hat, kann der tektonische einseitige Druck (Streß) als die bekannte Resultierende (Cornelius, 13, S. 565) der drei aufeinander senkrechten Hauptdrucke wirksam sein. Als in irgendeiner Weise durchbewegt hat Becke diese Gesteine stets bezeichnet, als solche nimmt sie in gleicher Weise auch heute noch Kober an. Ich selber habe nie von

Graniten in den Tauern gesprochen und mich stets gegen diese Bezeichnung für die Tauerngranitodioritgneise, zumindest als petrographische Bezeichnung dieser Gesteine gewandt, auch dann, wenn nachweisbar die Kristallisation die wirksame Bewegung überdauert hat.

Keinesfalls ließe sich heute daran denken, auch nur einen Versuch zu machen, die Mengenverhältnisse der varistisch gebildeten Tauerngranitodioritgneise, die durch die alpidische Orogenese in ihrem Mineralbestand gar nicht oder nur wenig verändert worden sind, gegenüber den stark veränderten und den im Sinne des synorogenen Plutonismus neugebildeten abzuschätzen. Man hat heute noch keinen Anlaß dazu, wie u. a. in neuester Zeit etwa Exners und Frasels Untersuchungen gezeigt haben, Kobers Ansicht (25, 26), daß zumindest ein sehr beträchtlicher Teil dieser Gesteine varistischer oder noch älterer Entstehung sind, zu verlassen, wenn ich auch die Annahme varistischer Batholithen durchaus nicht für bewiesen halte, da ich keine Begründung dafür finden kann, daß es sich nicht bei der Bildung dieser Gesteine gleichfalls, wenigstens zum Teil um Aufschmelzungen alten Sials in der Tiefe, zum Teil um Migmatisationen, Ichoretisierungen älterer, zum Teil auch sedimentogener Gesteine gehandelt haben sollte. Daß aber durch die alpidische Orogenese, vielleicht vom Katschberg bis zur W-Abdachung des Venedigers in zunehmendem Ausmaße, Umbildungen und synorogen-magmatische Neubildung von Gesteinen, wie sie auch Cornelius angenommen hat, stattgefunden haben, erscheint mir heute als Tatsache. Ob dabei sogenannter magmatischer Schmelzfluß eine größere oder kleinere Rolle gespielt hat, ist noch nicht zu entscheiden. Differentiationen im Sinne von Niggli's gravitativer, selektiver, komplexer Kristallisationsdifferentiation haben in größerem Ausmaße wohl kaum stattgefunden. Zufuhr von unten nach oben muß aber in größerem Ausmaße angenommen werden, deren Bildung im Bereich etwa von Eskolas Porenlösung vor sich gegangen sein kann. Heute sind wir noch keineswegs so weit, zu entscheiden, wie granitnahe oder wie granitfern diese Porenlösung oder Ichor war. Nur mit granitischen Lösungen werden wir kaum auskommen, da aus solchen Lösungen nur dann ein granitisches Gestein entstehen kann, wenn es in vorhandene Gesteine von granitischer Zusammensetzung eindringt. Es besteht kein Grund, solchen Lösungen die Möglichkeit von Metallzufuhr abzusprechen. Die Ansichten über Temperaturen und Tiefen, in denen granitische Gesteine entstehen können, gehen heute so sehr auseinander, daß sie keine petrogenetischen Anhaltspunkte geben, es werden ja sogar epizonale Orthogneisbildungen angenommen. Wenn z. B. Exner und Frasel zu dem Schluß kommen, daß die P/T-Bedingungen in den von ihnen untersuchten Bereichen auf Grund der festgestellten Neumineralisationen nur denen der Epidotamphibolitfazies entsprechen, also immer noch als mesozonal gelten können, so ist damit ja nicht verneint, daß in tieferen Teilen Aufschmelzungen entsprechend dem Vorstellungsbereich der Unterströmungs- und Verschluckungshypothese Ampferers stattgefunden haben können, die auch mit Mineralisationen höher gelegener

Faziesbereiche durch aufsteigende Tiefenlösungen im Zusammenhang gestanden sind. Es ist ferner kaum anzunehmen, daß auch weiter im W, in den „Zillerthaler“ genannten Teilen der Hohen Tauern die Verhältnisse viel anders gewesen sein sollten (Christa, Lit.-Verzeichnis 11). Nimmt man völlig approximativ das Verhältnis alter, im wesentlichen nur mechanisch umgeprägter voralpidischer Gesteine zu den alpidisch synorogenen Plutoniten in den Hohen Tauern nur mit 10:1 an, ist dennoch die absolute Menge alpidischen Neosoms sehr groß. Wie zeitgemäß die neuestens von Wegmann (44) formulierte Forderung „die Darstellung des geologischen Geschehens, bei der man gleichzeitig den Ablauf der Ereignisse in den oberen, mittleren und unteren Stockwerken in Bildern sehen könnte, ist das Ziel eines wichtigsten Teiles der kinematischen Tektonik“ nicht nur für die kinematische Tektonik, sondern auch für die Petrogenese, für unsere nur zweistockwerkigen Alpen wäre, kann gar nicht genug betont werden. Leider besteht wenig Aussicht, daß wir bald soweit kommen könnten.

Ich möchte bei dieser Gelegenheit auf Gedanken hinweisen, die sich unmittelbar hier anschließen, die ich in meinen Vorlesungen für Vorgeschriftene „Mineralogisch-petrologische Probleme in den Ostalpen“ eingehend dargelegt habe. Im Wirkungsbereich der tektonischen Phasen innerhalb der alpidischen Orogenese, die von der Vorgosau-Zeit bis zum beginnenden Miozän, nach unseren sehr beiläufigen Schätzungen einem Zeitraum von ca. 40 Millionen Jahren, angenommen werden darf, können die in oder unmittelbar nach einer älteren Phase geprägten Granitodioritgesteine durch eine jüngere Metamorphose nicht nur durch die tektonische Phase selbst, sondern auch durch die zwischen ihnen liegenden Äußerungen des synorogenen Plutonismus in mancherlei Art und Stärkegraden metamorphosiert worden sein. Dabei wird es sich keineswegs immer nur um Regenerierungen gehandelt haben. Es kann ihre erste ursprüngliche früh-alpidische Ausprägung durch die spätalpidische Überarbeitung mehr oder weniger verdeckt worden sein. Eine Einordnung dieser Metamorphosen in die verschiedenen angenommenen Mineral-Fazien wird nicht immer leicht sein, da auch die faziellen Bedingungen durchaus nicht in allen Gebieten in jeder Beziehung die gleichen gewesen sein müssen. Es könnte z. B. nach der vorgosauischen Phase unter den beiläufigen Bedingungen der Hornblendeamphibolitfazies geprägte Gesteine in einer späteren synorogenen Zwischenphase unter den Bedingungen der Epidotamphibolit- oder der Prasinitfazies metamorphosiert, durch die tektonischen Phasen aber deformiert und mechanisch verändert worden sein. Aber auch die umgekehrte Reihenfolge ist möglich. Es ergibt sich dadurch, daß alle diese Prozesse in durchaus wechselnder Stärke und unter wechselnden Temperaturen vor sich gegangen sein können, eine sehr große Mannigfaltigkeit der für unsere Zeit erkennbaren Ausprägung. Es ist daher keinesfalls immer

⁴) E. Wegmann: Über gleichzeitige Bewegungsbilder verschiedener Stockwerke. Geol. Rundschau, Bd. 41, S. 21, 1953.

die Annahme notwendig, daß alle Gesteine der Tauerngranitodioritserie, die deutlich zwei verschiedene Ausprägungen erkennen lassen, ihre erste Ausprägung, die keineswegs immer eine Bildung aus dem Schmelzfluß gewesen sein muß, aber gewesen sein kann, durch die varistische Orogenese erhalten haben müssen. Nur alpidisch geformte polymetamorphe Gesteine sind durchaus möglich. Es kann ein penninischer Granitodioritgneis auch nur durch die alpidische Orogenese zweierlei Ausprägungen erhalten haben, Paläosom und Neosom (nach der Nomenklatur Niggli) können alpidisch sein. Keineswegs soll hier eine ausschließlich alpidische Ausprägung und Entstehung der Zentralgranitodioritgneise der gesamten Hohen Tauern behauptet werden, für eine Syngenese aller dieser Gesteine fehlen gültige Beweise. Jedenfalls aber hat sich auch Cornelius (13, S. 563) meiner Meinung (31, S. 279, und 32, S. 42 und 209) angeschlossen, daß die synorogenen Plutone der alpidischen Orogenese (ebenso wohl auch die der varistischen) zum größten Teil keine sauren Differentiate des Sima (Salsima) sein können, hiezu ist ihre Menge viel zu groß, sondern palingene Bildungen von Auf- und Ausschmelzungen und Assimilationen usw., von Gesteinen des Untergrundes. Nach Cornelius war darunter weniger an granitisierten Sedimentgesteinen, während ich diesen einen größeren Anteil zubilligen möchte. Selbstverständlich kann eine sialische anatektische Aufschmelzung auch differenzieren und basischere Differentiationsprodukte als granitische Gesteine liefern, wenn basische Anteile des Sials mit aufgeschmolzen wurden, was besonders bei der varistischen Orogenese häufiger der Fall gewesen zu sein scheint. Gegenüber den saureren Granitodioritgesteinen können die Mengen dieser basischen Differentiationsprodukte aber nicht allzu groß gewesen sein, wie uns die Kenntnisse tieferer Teile der Kruste lehren, die der Tiefe zu immer saurer wird.

Wie dem auch sein mag, zwei Annahmen stehen im schroffsten Gegensatz zueinander. Nach Schneiderhöhn ist im alpinen Orogen synorogener Plutonismus so gut wie überhaupt nicht vorhanden, nach mir und Cornelius (13, S. 563) handelt es sich um große Massen allein in den Hohen Tauern, wozu noch die großen Mengen der spätorogenen Periadriatika kommen. Auch Bearth, der zwar für den Mte. Rosa alpidische Aufschmelzungen im Gegensatz zu seinen früheren Veröffentlichungen nicht mehr annimmt (5), hat in seiner letzten Veröffentlichung (6) über das Verhältnis von Metamorphose und Tektonik in der penninischen Zone der gesamten Alpen den Schluß gezogen (6, S. 346): „Die Einfaltung, welche unter der zentralen Zone der Alpen ihren größten Tiefgang erreichte, war von einem Aufstieg von Lösungen und Schmelzen begleitet, die entlang der Wurzel der Einfaltung sich entwickelten und längs Bewegungsbahnen bis weit in den Oberbau vordrangen“. Ich glaube aber doch, daß neben meinen Ausführungen die Darlegungen des Alpengeologen Cornelius, der sein ganzes Leben der Erforschung der W- und O-Alpen im Gelände und mit dem Mikroskop gewidmet hat, so maßgeblich sind, daß jedermann, der von anderen Annahmen ausgeht, sich mit ihm auseinandersetzen muß, seine Er-

gebnisse nicht einfach als nicht vorhanden betrachten darf. Auch seine Ansicht (13, S. 565), daß die magmatischen Erscheinungen nicht mit der auslösenden tektonischen Phase immer vollkommen interferieren, sondern, wenn auch sehr rasch, ihr folgen, sind so überzeugend dargelegt, daß sie stets bei Theorien über alpidische Minerogenese und Petrogenese berücksichtigt werden müssen.

Würde jemand Schneiderhöhns Ausführungen folgen, so müßte er dazu kommen, Stilles Zyklen für die Alpen abzulehnen, denn wenn auch der subsequente Magmatismus den Alpen nicht völlig fehlt, wie Schneiderhöhn behauptet, so tritt er doch sehr zurück. Der Liparit-Bimsstein von Köfels, Andesite, Trachyte, Liparit von Gleichenberg, Dazit des Bachergebirges, Andesite und Tuffe in den Steiner Alpen, Reste von sauren Tuffen und Tuffiten im Miozän des östlichen Alpengebietes, das ist so ziemlich alles. Dazu kommt noch, daß einige dieser Gesteine wegen ihres Alters als Übergänge von synorogen zu subsequent gedeutet werden können. Trotzdem kann man nicht von fehlendem subsequentem Magmatismus sprechen. Bei dieser Gelegenheit sei darauf hingewiesen, daß die tertiären Tiefengesteine von Predazzo-Monzoni dem subsequenten Magmatismus zugerechnet werden könnten, wenn sie in ihrer Gesamtheit auch etwas basischer sind, als dies sonst der Fall ist. An ihrem tertiären Alter (Penck, Vardabasso, Klebelsberg, Leitmeier, Cornelius u. a.) kann nicht gezweifelt werden, auch wenn sie Kraus (29) ohne jede Begründung für mesozoisch hält. Ich nehme die Schmelze, aus denen diese Gesteine vom Pyroxenit bis zum Granit durch Differentiation entstanden sind, wie ich dies 1940 (30) dargelegt habe, nicht mehr als neuerlichen Aufstieg von simatischem Magma nach einer Ruhepause vom Ladin bis zum Tertiär an (32, S. 30), sondern als Wiederaufschmelzung von triadischen Labradorporphyriten durch Versenkung im Gefolge der alpidischen Orogenese, die sich in den Südalpen zum Teil als Bruchtektonik geäußert hat. Ein nochmaliges Tiefersinken nimmt ja auch Stille als mögliche Ursache für seinen subsequenten Vulkanismus an, der wohl auch einmal ein Plutonismus (Subvulkane) gewesen sein kann, wie ja auch der initiale Vulkanismus besonders in den Ostalpen, ein Plutonismus gewesen sein kann. Die Möglichkeit enger Verknüpfung von synorogenem Magmatismus mit subsequentem, ist ja allgemein bekannt. Daß dieser subsequente Magmatismus von Predazzo-Monzoni nicht sialisch gewesen ist, kann kaum als Hindernis dieser Zuordnung angesehen werden, denn hier lag zur Aufschmelzung nur Porphyrit und Quarzporphyr vor, welcher letzterer zum Predazzo-Granit geworden sein kann, obwohl das Fehlen des Granites im heutigen Tagesschnitt des Monzongebietes mit seinem Reichtum an Quarzporphyr nicht dafür spricht. Wie dem auch sein mag, jedenfalls ist der subsequente Magmatismus in den Alpen von geringem Ausmaß und zum größten Teil auf die Südalpen und den Alpenostrand beschränkt. Das gilt in fast noch höherem Ausmaß für den finalen Vulkanismus, zu dem alle oder nur ein Teil der burgenländisch-oststeirischen Basalte vom Pauliberg bis Weitendorf in Untersteiermark und Kolbnitz im Lavanttal gehören, der als ein-

ziger noch im eigentlichen Gebiet des südlichen Teiles der Zentralalpen liegt. Daß zumindest der größere Teil der zersetzten basischen Gesteine des Lainzer Tiergartens und seiner Umgebung bei Wien (größtenteils Pikrite) nicht, wie man bisher annahm, zum finalen Vulkanismus gehören, ist nach neuesten Untersuchungen von Janoschek, Küpper und Zirkl (24), die oberkretazische Altersstellung zulassen, durchaus wahrscheinlich geworden. Von irgendwelchen Anzeichen einer Kratogenisierung der Ostalpen kann trotz junger oder doch von manchen als jung angenommener Brüche nicht die Rede sein.

Negiert man mit Schneiderhöhn auch den synorogenen Plutonismus in den Alpen, dann bliebe von Stilles vier Phasen der alpidischen Orogenese nur die erste (in keineswegs überreichem Ausmaß) übrig, zwei, drei oder vier wären zumindest im zentralen Teil der Alpen so gut wie nicht vorhanden, das heißt doch wohl, Stilles Theorie wäre auf das alpidische Orogen kaum anwendbar, es wäre anders geartet, als wie das varistische. Das sind wohl Annahmen, die wenig Anhänger finden würden.

Der synorogene Plutonismus, dessen Hauptbereich also in die spät-orogenen Phasen, zum Teil auch zwischen zwei Phasen fallen dürfte, mußte wohl, wie wir annehmen können, ähnlich geformte Gesteine während der varistischen und der alpidischen Orogenese geschaffen haben, wenn auch im Varistikum die Gesteinsbildung aus dem Schmelzfluß und der gesamte synorogene Plutonismus im Umfang weit größer gewesen sein muß, da er ja auch in viel größeren Gebieten wirksam war. Unterschiede in dieser Beziehung sind nur quantitativ, keinesfalls qualitativ. Diese Gesteine werden sich auch nach Mineralinhalt kaum stark voneinander unterscheiden. Auch wenn jemand annehmen sollte, wozu allerdings keinerlei Belege zu erbringen sind, daß die granitodioritischen Gesteine beider oder nur die einer von beiden Orogenesen echte Differentiate aus dem Sima (Salsima) seien, könnte der Unterschied im Mineralgehalt nicht groß sein, denn was ein Differentiat enthält, wird auch die Aufschmelzung eines solchen enthalten, wenn auch vielleicht ein gewisser Anteil weggeführt und nicht mehr zu Gesteins- oder Mineralbildung, auch nicht in den Räumen der äußersten Reichweite solcher Bildungen, Verwendung gefunden haben sollte. Ebenso können gewisse Stoffe, die nicht zur Gesteinsbildung Verwendung fanden, oder in spätere Mineralbildung eintraten, in verschiedenem Ausmaß aus größerer Tiefe zugebracht worden sein. Keinesfalls aber besteht ein Grund, dies nur für eines der beiden großen Orogene anzunehmen. Aufgeschmolzenes Sial muß doch irgendeinmal im Verlauf der Bildung der festen Kruste erstmalig entstanden sein, wie wir uns auch die Bildung des Ursials vorstellen mögen. Auch die Bildungen aus fluiden Phasen, auch die Erzführung jeglicher Entstehung muß bei einer Aufschmelzung ebenso wieder in die Schmelzlösung kommen, wenn sie einmal schon in ihr vorhanden war, und wenn das entsprechende Faziesbereich zureicht. Veränderung eines in einer bestimmten Fazies, angenommen in einer tieferen Fazies, geprägten Gesteines in einer später wirksamen höheren Fazies werden naturgemäß im Bereiche beider

Orogenesen vorgekommen sein. Daß hydrothermale, pneumatolytische, aber auch fernstmagmatische Bildungen verschiedener Art auch metasomatische Umbildungen in den Ruhepausen oder im spätesten Bereich einer hochorogenen Phase bewirken konnten, ist klar. Daß es bei diesen späten Bildungen auch zu solchen von besonderem Charakter kommen konnte, beweisen die alpinen Kluftmineralparagenesen. Aber die primären Metallführungen können kaum sehr verschieden gewesen sein, stammen sie doch für die varistische und für die alpidische Orogenese zum großen Teil aus dem gleichen Sial. Warum sollten da die varistischen Erze in ihrer Hauptmenge primär, die alpidischen nur aus ihnen entstanden sein?

Nach den obigen Darlegungen kann man in den Ostalpen mehrere durch längere Zwischenzeiten getrennte alpidische Plutonismen annehmen. Was unmittelbar oder im Gefolge der einzelnen Phasen, entstanden ist, kann durch die folgende Phase sowohl durch den tektonischen Wirkungsbereich aber auch durch den zwar damit zusammenhängenden, aber doch nicht völlig zeitgleichen, nur zum Teil mit ihm interferierenden Plutonismus verändert worden sein. Nach unseren bisherigen Vorstellungen von den verschiedenen Arten endogener Vererzung konnte sogar jede dieser plutonischen Phasen einer Orogenperiode auch ihre eigene Vererzung gehabt haben, eine Vorstellung, an der meines Erachtens auch weiterhin festgehalten werden sollte. Warum soll daher die Annahme mehrerer zeitlich verschiedener Magmenaufbrüche im alpidischen Orogen (Magmen im Sinne von Stilles Orogentheorie) eine abzulehnende Hilfs-hypothese W. Petrascheks sein? (Schneiderhöhn, S. 73.)

Es fragt sich nun auch dann, wenn die Grundlagen nicht zu Recht bestehen, welche Vorteile Schneiderhöhn seiner neun Regenerationstheorie von der unitären varistischen Vererzung gegenüber der am besten von Niggli formulierten alten Theorie nachweisen kann, warum der Satz, daß jedes Orogen sein eigenes Chalkogen haben könne (Helke²⁾), für den Bereich der Ostalpen nicht gelten könne, welche, wie immer gearteten Erscheinungen an diesen Erzlagerstätten für die neue Theorie herangezogen werden können, welche Erscheinungen und Beobachtungen durch die neue verständlicher würden, als nach der alten. Diese Erwartung wird keineswegs befriedigt, da auf keine einzige Lagerstätte der Ostalpen näher eingegangen wird, an keiner gezeigt wird, warum sie als regenerierte varistische Vererzung betrachtet werden muß. Im wesentlichen werden Gedanken von Angel, Clar und Friedrich zusammengestellt und versucht, sie auf eine gemeinsame Basis zu bringen, was aber schon bei Angel und Clar mißlingt, da Angels (1) Diaphthoresis und Clars (12) basische Lösungsströme zwei verschiedene Erscheinungen sind, die nur gemeinsam haben, daß es sich bei beiden um Metamorphosen im Gefolge der Bildung kristalliner Schiefer handelt. Weder Angel noch Clar haben an eine Verallgemeinerung für den ganzen Raum der Ost- und Westalpen gedacht, der erste nur für die Fe-Beschaffung bei der Bildung der Siderite des steirischen Erz-

⁵⁾ Zitiert nach Schneiderhöhn.

berges. Nach Clar (12) sind beides, Granitbildung und die von Erzen, sekundäre Äußerungen sich in der Tiefe abspielender Hauptvorgänge. Dadurch wird ein großer Teil, wohl der für die Vererzungen wichtigste Teil des alpidischen Orogens, in die Stille-sche synorogene Magmatik einbezogen, deren Auftreten in den Ostalpen Schneiderhöhn in Abrede stellt. In Clars neuester, 1953 erschienenen Arbeit (12a), in der Modellvorstellungen über den Einbau der Hohen Tauern in den Bau der Ostalpen entwickelt werden, die im wesentlichen auf Ampferers Unterströmungs- bzw. Einströmungstheorie beruhen, heißt es wörtlich: „... für das Abwandern pneumatolythischer bis hydrothormaler Erzlösungen, die gleichzeitig und ohne eine systematische Trennbarkeit als Differentiate aus der Kristallisation aufsteigender Magmen und aus den Lösungsbewegungen der ‚regionalen‘ Metamorphose aufgefaßt werden müssen.“ Damit kennt Clar den Zusammenhang größerer alpidisch synorogener magmatischer Schmelzen mit der Vererzung völlig eindeutig an und steht damit im Gegensatz zu Schneiderhöhn.

Schwer zu verstehen ist, was Schneiderhöhn unter Deformationen innerkristalliner und innermineralischer Umsetzungen innerhalb der Lagerstätte meint (S. 72). Sollte es heißen Deformation eines Umsetzungsproduktes, also rein mechanische Veränderungen innerkristalliner und innermineralischer (wo ist da der Unterschied?) Umsetzungsprodukte? Oder soll die Deformation der einfachste Fall der Regenerierung, bzw. Stoffmobilisation sein? Durch diese Deformation und durch die mehr oder weniger mobilisierten Massen des Nebengesteines entstanden Lösungsströme gemischt mit mehr oder weniger der Lagerstättenkomponenten, die nach Schneiderhöhn bald mehr lösend, bald mehr ausfällend (also auch das Gegenteil) wirken; davon wurden große Teile des Nebengesteines betroffen, z. B. bei der Serpentinisierung von Ultrabasiten, wobei sich die alten Lagerstätten (also die varistischen) tektonisch verschieden verhielten. Das ist wohl eine Fülle recht verschiedener Möglichkeiten. Jedenfalls aber wird damit eine neue Unbekannte den anderen Unbekannten zugesellt, die Serpentinisierung. Diese Hydrierung, die Angel (2) folgend zumeist als tiefenhydrothermal, wenig befriedigend, aber leider keinesfalls besser möglich, angenommen, aber nicht erklärt wird, kann man aber doch kaum der Diaphthorese zurechnen, wie es von Schneiderhöhn geschehen ist. Ich glaube auch nicht, daß die eifrigsten Anhänger basischer Fronten aller möglicher Arten, die Serpentinisierung für sich in Anspruch nehmen können, obwohl bei dieser Hydrierung, dann, wenn kein Raum vorhanden war, wegen der Volumzunahme Mg, SiO₂ und geringere Mengen von Fe frei geworden sein müssen. Haben wir übrigens irgend einen gültigen Beweis dafür, daß jede Serpentinisierung in den Alpen zu den Gefolgschaftsreaktionen der alpidischen Orogenese gehört? Ich glaube kaum⁶⁾.

⁶⁾ Während der Drucklegung dieser Abhandlung ist von F. Angel und F. Trojer in ihrer aufschlußreichen Veröffentlichung „Der Ablauf der Spatmagnetitmetasomatose“ (Radex-Rundschau, Radenthain 1953, S. 315) die gesamte Mg-Menge der Magnesite aus der Serpentinisierung (Antigoritisierung) der Ultrabasite der Ostalpen,

Schneiderhöhns Annahme, daß bei den meisten ostalpinen Erzlagerstätten alte tektonische Elemente vorliegen, müßte auch erst bewiesen werden, das zu Beweisende wird aber einfach als Tatsache betrachtet. Eine ebenso erst an verschiedenen Lagerstätten zu beweisende Erscheinung ist das Hinaufprojizieren der alten Lagerstätte auf der gleichen Spalte mit mehr oder weniger Selektion in den Oberbau. Da aber mit dieser Annahme die fragliche zonale Verteilung der alpidischen Lagerstätten der Ostalpen im Zusammenhang stehen soll, wird damit wohl gemeint sein, daß die verschieden, aber gesetzmäßig verteilten regenerierten Erze aus einer gemeinsamen varistischen Lagerstätte auf der gleichen Spalte nach oben gebracht worden seien und nicht, wie man den Satz auch deuten könnte, auf der gleichen Spalte weiterbefördert worden seien, auf der sie varistisch heraufgebracht worden sind. Muß man also deshalb, weil die Lagerstätten zonar angeordnet angenommen werden, auch gemeinsame Anstiegsbahnen annehmen, oder kann man die gemeinsamen Spalten feststellen und schließt deshalb auf zonare Verteilung? Ist die Annahme berechtigt, daß es sich bei einer zonaren Verteilung verschiedener Erze aus einer gemeinsamen varistischen Lagerstätte in unseren Ostalpen immer um einen Transport nach oben und nicht auch lateral gehandelt hat? Damit soll nicht gesagt sein, daß ich ein unbedingter Anhänger zonaler Erzverteilung in den Ostalpen sei. Vergebens sucht man in Schneiderhöhns Ausführungen auch nur

die zum großen Teil Ophiolithe des initialen simatischen Magmatismus der alpidischen Orogenese sind, hergeleitet und dabei schätzungsweise noch ein Überschuß an Mg errechnet worden. Nach meiner Meinung ist die geschätzte Menge an Magnesit der Ostalpen zu niedrig angenommen, da in der schlecht aufgeschlossenen Grauwackenzone weit mehr Magnesit vorhanden sein dürfte, als heute sichtbar ist, wie auch Neuaufschlüsse der letzten Zeit vermuten lassen. Dann mußte doch auch ein großer Teil des Mg, ein Vielfaches dessen, was der Magnesit beanspruchen würde, für die wohl beiläufig gleichzeitige Metasomatose der begleitenden, aber auch vieler ferner gelegenen Kalksteine zu Dolomit verbraucht werden, da die Anhänger der metasomatischen Entstehung des Magnesites jetzt allgemein nur Kalkstein als Ausgangsgestein für die Magnesitbildung annehmen. Außerdem ist mit aller Bestimmtheit doch damit zu rechnen, daß nur ein Teil, vielleicht sogar ein sehr kleiner Teil des durch Serpentinisierung frei gewordenen Mg zur Reaktion kam, ein weit größerer aber fortgeführt worden sein muß. Die Länge des Weges der Lösungen vom Serpentin zum umgewandelten Kalkstein kennen wir ja nicht. Ich kann mich dieser Verrechnung daher nicht anschließen, davon abgesehen, daß ich überhaupt die Serpentinisierung nicht mit der Magnesitbildung in Zusammenhang bringe und ich eine metasomatische Bildung der meisten Spatmagnesite ablehne, wie ich zu wiederholtenmalen dargetan habe und an der Hand von Naturbeobachtungen im Verein mit W. Siegl noch darlegen werde. In einer bereits gedruckten, aber noch nicht erschienenen Arbeit (Min. petr. graph. Mitt., III. Folge, Bd. 3, Heft 4) über die Magnesitbildung habe ich mich auch deshalb gegen die Herleitung des Mg von der Serpentinisierung ausgesprochen, weil gerade im Balkan, einem an Serpentin so reichen Gebiete, diese Magnesite fehlen. Keinesfalls aber kämen alpidisch serpentinisierte Ultrabasite als Mg-Lieferanten für die Magnesitbildung in Frage, da während der Drucklegung dieser Arbeit das vortriadische Alter der meisten Spatmagnesite mit Ausnahme der salinären von Hall und Kaaswassergraben dadurch bewiesen ist, daß in der Basis der kalkalpinen Trias Magnesitgerölle im Werfener Sandstein gefunden und beschrieben wurden (W. Siegl, Anzeiger d. österr. Ak. d. Wiss. 1953 und meine soeben erwähnte Arbeit über die Magnesitbildung). Meines Wissens hat auch Angel im Gegensatz zum Siderit paläozoische Magnesitbildung angenommen.

den Versuch eines Beweises für diese „gleichen Spalten“ und für dieses „Durchpausen“ und „Projizieren“.

Dann wird von der eigenartigen Unschärfe und Verschwommenheit der Erztypen, merkwürdigen, immer wiederkehrenden Anomalien und Unstimmigkeiten in Einzelheiten der Mineralführung, von den vielen Ausnahmen anderen Provinzen gegenüber, von merkwürdigen Überlagerungen gesprochen, ohne aber Beispiele anzuführen. All das erschwert ganz bedeutend die Möglichkeit der Annahme einer gemeinsamen Metallquelle, also der varistischen Vererzung, da doch etwas gar zu viele Unstimmigkeiten und Abweichungen für eine genetische Unitarität vorhanden sind. Es schwanken die Erzmengen, die Verhältnisse der Erze zu einander, die Selektionen, Abfuhr oder Zufuhr, Weglänge, Transportmittel usw. Auf diese Weise und unter Beachtung der vielen Unstimmigkeiten kann man naturgemäß alle möglichen Erzparagenesen darstellen. Aber ist damit etwas gewonnen, ist dadurch die Begründung der Theorie von der Regenerierung gegeben, wenn die vielen Unstimmigkeiten und Möglichkeiten jedes Arrangement gestatten? Hat es einen Wert, die Zahl der Unbekannten zu erhöhen, um auf diesen Unbekannten dann eine Theorie zu bauen? Dazu kommt noch, daß wir noch wenig von den Temperaturen und Bildungstiefen bei der alpidischen Gesteinsbildung und der Vererzung wissen, alle sogenannten geologischen Thermometer haben sich als recht unzuverlässlich erwiesen. Wegen dieser großen Unsicherheit ist auch bei der Einreihung solcher Vorgänge in die Bereiche der Mineralfazien die allergrößte Vorsicht geboten. Die erzwungene Annahme von sogenannten tiefenhydrothermalen Umbildungen ist nur ein bescheidener Beleg für diese Unsicherheit. Ich halte es da doch für naheliegender, die abweichenden und verschiedenartigen Paragenesen, die ja beobachtbare Tatsachen sind, durch von Grund auf — soweit es in der Geologie überhaupt einen solchen „Grund“ gibt und geben kann — verschiedene Bildungsweisen zu erklären. In genetischer Hinsicht hat diese neue Theorie nicht den mindesten Vorteil gegenüber den früheren Ansichten von der Bildung der alpidischen Erzlagerstätten gebracht, wie etwa Friedrich (12) für eine Anzahl von Vererzungen in den Schladminger Tauern und in den Grenzgebieten gegen die Hohen Tauern angenommen hat, daß sie durch Restlösungen magmatischer Äußerungen entstanden seien, im wesentlichen nachtektonische, zum Teil die Haupttektonik überdauernde Erscheinungsformen der Tauernkristallisation seien.

Wenn aber aus dem großen inneren Zusammenhang mit den völlig anders verlaufenden rein tektonischen Leitlinien der alpinen Orogenese unter Zugrundelegung der Regenerationstheorie sich nach Schneiderhöhn (S. 73) vielfach ein völlig fremder Zug (also wohl der varistischen Vererzung fremd?) in der Verteilung der Erze ergibt, sobald man von einheitlichen Batholithen und der zonalen Erzabfolge ausgeht, so fragt sich, wer zwingt dazu, von einheitlichen Batholithen auszugehen, wer zwingt zu solcher Fremdheit? Doch letzten Endes eben nur die Regenerationstheorie. Nimmt man die Vererzung und deren primären Metallgehalt wenig-

stens zum großen Teil an die alpidische Orogenese gebunden an, als eine seiner Begleit- und Folgeerscheinungen, dann fehlt eben auch der fremde Zug, weil man von vornherein gar keine Übereinstimmung erwarten kann. Auch die heute in den Vordergrund gerückte zonare Verteilung der Erze kann völlig im Sinne von W. Petraschek (1928, 34) rein alpidisch, posthochorogen, angenommen werden.

Ob man in den Ostalpen von varistischen Batholithen sprechen kann, erscheint mir fraglich. Wenn man auch größere oder kleinere Teile varistischer Gesteine, die alpidisch mehr oder weniger umgeformt wurden, zum Teil autochthon oder parautochthon annehmen will, ihre Batholith-Natur müßte wohl erst bewiesen werden. Soviel ich weiß, hat auch Kober (25, 26) niemals den Ausdruck Batholith für solche Massive gebraucht, die man, wie bisher, besser als Kerne, noch besser einfach als Massive bezeichnen sollte.

Was ist (S. 74) mit der genetisch völligen Belanglosigkeit der gegenwärtigen Altersstellung gemeint? Soll damit Belanglosigkeit der verschiedenen Alterszuteilungen oder die Zureihung zu verschieden alt angenommenen Gesteinen gemeint sein? Wenn die Lagerstätte völlig verfrachtet ist, wird allerdings wenig über ihr ursprüngliches Alter festzustellen sein. Daß bei der Metamorphose, also letzten Endes Schiefermetamorphose im vollen Umfang (mechanisch-isochemisch, unter Stoffänderung nach beiden Richtungen, metasomatischen Prozessen, zu denen auch die Granitisation etwa im Sinne von E. Wegmann gehört, Migmatisierung, Ichorese, Reaktionen im festen Zustand, soweit man sie annehmen will) auch Stoffe frei werden, ist allgemein bekannt. Darauf beruhen u. a. auch die Gedanken von Angel (Diaphthorese) und Clar (basische Abwanderung, Lösungsströme) über die Lieferung des Fe für die Siderite, des Mg für die Spatmagnesite in der Grauwackenzone. Das sind alles Gedanken, die mehr auf Unbekanntes als auf Bekanntes aufbauen. Es fehlen uns heute begründbare Vorstellungen über die Art der Lösungsmittel, der Transportwege und der Transportmittel, der Ausfällungen, Temperaturgefälle, Konzentrationen, also über so ziemlich alle physikalisch-chemischen Bedingungen dieser Prozesse. Warum aber anscheinend solche theoretische Mobilisationen nur für die alpidische Orogenese, das heißt für die Phasen der alpidischen Orogenese angenommen werden und nicht auch für die varistische, wo sie ohne Zweifel ebenso, unbekanntes Ausmaßes, vorhanden gewesen sein müssen, ist nicht recht verständlich. Daß der Erreichung im Gefolge der varistischen Orogenese der Menge nach größer gewesen sein muß, wird niemand in Abrede stellen, es waren ja auch die dabei entstandenen Gesteinsmassen bedeutend größere und fast über ganz Mitteleuropa verteilt. Aber das sind nur quantitative Unterschiede. Auch sind für uns heute von den Erzeugnissen dieser Orogenese im Gegensatz zur alpidischen, nur tiefer gelegene Stockwerke durch den Tagesschnitt, der bei vielen geologisch-petrologischen Studien zuwenig beachtet wird, ausgeschlossen.

Wenn bei der varistischen Orogenese die synorogenen Plutonite ebenso wie die der alpidischen Orogenese aus den gleichen Gründen keine simatischen Differentiationen gewesen sein können (vgl. S. 237).

wie unterscheidet man dann die Mineralisationen, darunter auch die Erzbildungen beider Zyklen? Wohl vor allem durch den Mineralinhalt, durch das Alter des Nebengesteins, soweit dies festzustellen ist, wie uns dies eben die Lehre von den Lagerstätten und die von den Mineral- und Gesteinsparagenesen zeigen.

Es war daher wohl zu erwarten, daß bei der Annahme mehr oder weniger starker Regenerierung varistisch gebildeter Vererzungen als einzigen Vorgang bei den alpidischen Vererzungen, von S c h n e i d e r h ö h n eine Anzahl solcher ostalpiner Lagerstätten mit verschiedenen starker Regenerierung von gänzlich oder fast unveränderter varistischer Erzfolge bis zu den am stärksten regenerierten Vorkommen vorgeführt werden würden, die seine Annahme bestätigen sollten. Gerade in den nicht oder kaum regenerierten Vererzungen müßte das Charakteristische der varistischen Vererzung gegenüber der der alten Schilde am besten nachweisbar sein. Es ist aber in dieser Beziehung nichts geschehen, dem Gedankenbild fehlen die Belege für die Anwendbarkeit. Nur rein gedankliche Vorstellungen mit kleineren und größeren Unbekannten treten an Stelle von Anwendungsbelegen.

Bevor nun an der Hand einiger Beispiele von Vererzungen versucht werden soll, aus diesen Vererzungen nach Gründen für und wider die Regenerationstheorie zu suchen, muß daran erinnert werden, daß wir letzten Endes über den Gesamtkomplex der Genesis unserer Erzlagerstätten in den Ostalpen nur recht unklare Kenntnisse haben, wenn wir auch über den Erzinhalt, über Erzfolge und verschiedene Vererzungsperioden dank der modernen Erzmikroskopie, deren Entwicklung S c h n e i d e r h ö h n sehr viel zu danken hat, heute besser unterrichtet sind als früher. Es fehlen die geologischen, zum großen Teil auch die petrologischen Grundlagen der Lagerstättenforschung, und mit ihnen die Vorstellungen über das Alter der Vererzungen. Damit ist nichts getan, die zentralen Granitodioritgneise der Hohen Tauern als penninisch veränderte varistische Batholithen zu erklären, denn dies ist nur eine von mehreren Möglichkeiten, für die erst Belege erbracht werden müßten, also Verhältnisse, über die unsere Ostalpengeologen recht verschiedener Meinung sind. Bevor wir nicht diese Gesteine so mannigfacher Art in ihrer Gesamtheit petrographisch kennen, wovon nur bescheidene Anfänge existieren, ist an eine Lösung damit engst verbundener Fragen gar nicht zu denken. Außer den Bearbeitungen von Bianchi (9) und Dal Piaz (16) im W und SW des Venedigergebietes, kleinster Teile der Zillertaler (C h r i s t a, 11), Hochalmspitze-Ankogel (B e c k e, 7; A n g e l, 3 und Karte), des Sonnblicks (E x n e r, 18, 19, 20), des Habachtales (K ö l b l, 28, und ich), des Untersulzbachtales (F r a s l, 21) und des Tauernwestendes (S a n d e r, 38) fehlen neuere zusammenfassende und eingehendere Untersuchungen. Die Kenntnis der Erze der Goldlagerstätten in den Hohen Tauern und die Feststellung mehrerer, erzmikroskopisch unterscheidbarer Vererzungen (T o r n q u i s t, 44) ist sehr wertvoll, aber um die Bildung dieser in ihrer Gesamtheit wohl jungen Vererzungen völlig klarzustellen, fehlt die Kenntnis der Genesis der Gesteine, in denen sie liegen. Die Lagerstätten der sulfidischen Erze im

näheren und weiteren Bereich der Hohen Tauern und der dem Tauernkristallin heute von manchen gleichgestellten granitodioritischen Gesteinen, wie das Ameringkristallin, die Mürztaler Grobgnese (Birkfelder „Granit“ usw.), die des Wechsels und anderer Gebiete, eine Gleichstellung, die aus einleuchtenden Gründen außer von mir auch von manchen anderen (z. B. Kober, 27 und Cornelius, 14) abgelehnt wird, sind nur ein Teil der gesamten Lagerstätten der Ostalpen. Die Regenerationstheorie könnte also nur diese Teile der Lagerstätten in den Ostalpen für sich in Anspruch nehmen. Von Schneiderhöhn wird zwar immer vom ganzen Orogen der Ostalpen gesprochen, aber es fehlt jeder Hinweis auf andere, nicht im Bereich der Hohen Tauern liegende Lagerstätten. Sind die Lagerstätten weiter im O und W der Hohen Tauern auch regenerierte varistische Lagerstätten? Im O fehlt in den Zentralalpen jede zusammenhängende tektonisch-geologische (feldgeologische) Unterlage, je weiter man nach O kommt, so etwa in den von Cornelius kartierten Gebieten des Mürztales usw., der Rax und des Schneeberges, fehlen auch neuere Bearbeitungen sulfidischer Lagerstätten, wie wir sie vereinzelt noch in den Radstädter Tauern und im Schladminger Kristallin ebenso haben, wie im W der Hohen Tauern. Andererseits wird von mancher Seite ganz einfach der Bereich der von den Hohen Tauern und ihnen angeblich gleichzustellender Massive ausgehenden Vererzungen sehr weit ausgedehnt, ohne daß für dieses angebliche „Tauernkristallin“ irgend ein stichhaltiger Beleg erbracht worden wäre, so daß wiederum das zu Beweisende einfach so angenommen wird, wie es gerade gebraucht wird. Die tauernfern abnehmenden Ag-Gehalte der Bleierze werden angeführt, ohne für den Zusammenhang mit den Tauern etwas anderes auszusagen, als eben diesen abnehmenden Silbergehalt, den man dann ganz einfach als Beweis des Zusammenhanges der Bleierze mit den Hohen Tauern hinstellt. Auch die Mn-Armut der Siderite der Ostalpen gilt nur für den steirischen Erzberg, da die Siderite des Hüttenberger Erzberges eben durch ihren Mn-Gehalt den Abbau und den weiten Transport zur Verhüttung nach Vordernberg lohnen.

Es wird sonach wohl der Erzinhalt, als das allein genügend Bekannte in den Vordergrund aller derartigen Überlegungen zu stellen sein. Vergleicht man in dieser Beziehung die von Schneiderhöhn (S. 84—85) angegebenen besonderen Merkmale der präkambrischen Vererzung der alten Schilde und die der varistischen Orogenese ausführlicher, als dies in meiner Einleitung geschehen ist, mit denen der alpidischen, so findet man, daß der Metallinhalt der alten Schilde ziemlich gut mit dem der alpidischen Vererzungen übereinstimmt, wie etwa das ziemlich reichliche Auftreten von Au, As, Ni und Cu im Gegensatz zur varistischen Vererzung zeigt. Die große Verbreitung des As z. B. im ostalpinen Orogen haben C z e r m a k und S c h a d l e r (15) durch Aufzählung von 120 Vorkommen dargetan. Nur das Zurücktreten der Pb-Zn-Erze in den alten Schilden bildet einen Gegensatz zu den Ostalpen, während der geringere Ag-Gehalt wiederum keineswegs für eine Parallele der ostalpinen mit der varistischen Vererzung spricht. Eines der wichtigsten Kriterien der varistischen Vererzungen,

die Zinn-Paragenesen mit den Sn-W-Mo-Erzen und ihren Begleitmineralien, z. B. Topas, Zinnwaldit und den im Gefolge dieser Vererzung entstandenen Nebengesteinen, vor allem die Vergreisung, ist den alpidischen Erzlagern völlig fremd. Sn und U fehlen gänzlich, wenn man vom Sn-Gehalt einiger Kupferkiese von Valcava bei Palù im Fersinatal (Valsugana) absieht. Wolframit ist nur als besondere Seltenheit in der Zinkblende-Lagerstätte von Cinque Valli im Valsugana bekannt, die beiden letzteren liegen schon im Gebiet der entferntesten Auswirkung der alpidischen Orogenese. Scheelit kommt in etwas größeren Mengen in Begleitung von Erzen nur an der Bedovina am Mte. Mulatto bei Predazzo, in ganz geringen Mengen als Seltenheit in pegmatitischen Gängen des roten Granites von Predazzo vor. Die Lagerstätte der Bedovina, die ihre Entstehung diesem Granit verdankt, kann aber in keiner Weise als regeneriert varistisch gedacht werden. Der Erzbringer Granit ist entweder Differentiat der tertiären predazzischen Schmelze, die wahrscheinlich eine Aufschmelzung der triadischen Labradorporphyrite ist, oder möglicherweise aufgeschmolzener Quarzporphyr (32, S. 30). Es fehlt jedwede mögliche Beziehung zu einer varistischen Vererzung. Die anderen Scheelitvorkommen, zumeist nur vereinzelt, wenn auch manchmal größere Kristalle, in den Kluftmineralisationen der nach N verlaufenden Täler des Großvenedigers, u. a. z. B. im Krimmler Achenal, an der Knappenwand im Untersulzbachtal, im Habachtal (bisher vier Einzelkristalle im Bereich der Habachzunge in Grüngesteinen der Legbachrinne) sind mineralische Seltenheiten. Etwas mehr Scheelit kommt im Serpentinbereich der Totenköpfe im hintersten Stubachtal und in Quarzgängen am Ankogel vor. Sie alle haben nichts mit Vererzungen zu tun. Geringe Mengen sind im Gangtal bei Schellgaden im Lungau zusammen mit Kupfererzen gefunden worden, als große Seltenheit kommt er in den Cinque Valli (Valsugana) in der Zinkblende vor. Molybdän tritt in den Ostalpen in größeren Mengen nur in der Wulfenitform, vor allem in den Südalpen im Gefolge der metasomatischen Bleierzé auf, seltener in den nordtiroler Bleilagerstätten (Nassereith). Der Mo-Gehalt entstammt nach Siegl (40) dem Wettersteinkalk, in dem die Bleierzé liegen, eine Ansicht, die heute wohl allgemein angenommen worden ist. Das Mo befindet sich hier somit in ganz anderer Bindung und Vergesellschaftung, als in den varistischen Zinnlagerstätten. Vereinzelt und in kleinsten Mengen kommt Molybdänglanz in den nach N gerichteten Tälern der Hohen Tauern vor, z. B. in der Weissee-Nordspeere des Stubachtales (Horniger, 23). So wie hier wurde Molybdänit auch bei anderen Einbauen durch die Aufschließung des Berges, auch durch Stollen bei Bergbauen, aber meist nur im tauben Teil und nicht in einer Lagerstätte gefunden (z. B. im alten tauben Kniebeistollen ober Bockstein im Radhausberg). Nur auf der Alpeinerscharte gab es kurzen Abbau während des Krieges. In der SW-Runse am Mte. Mulatto ober Predazzo tritt an einer Stelle am Kontakt des Granites mit dem Labradorporphyr in ersteren Gestein, in einiger Entfernung von einer ganz anderen Paragenese von derbem Bleiglanz mit grauem Fluorit in Quarzgängen, Molybdänglanz in größeren

tafeligen Aggregaten auf (30, S. 252), das schönste Vorkommen in den Ostalpen, das nicht das mindeste mit Regeneration varistischer Erze zu tun hat. Flußspat tritt nirgends in den Ostalpen in ähnlichen Vererzungen, wie in den Zinnsteinlagerstätten auf. In den Kluftparagenesen der Hohen Tauern ist er ein verhältnismäßig recht seltenes Mineral (wie im Pennin der W-Alpen). In etwas größeren Mengen kommt er in unseren Zentralalpen nur auf der Achselalpe im Hollerbachstal mit Blende und Bleiglanz, in weit geringerer Menge in der Pb-Zn-Lagerstätte bei Obernberg am Tribulaun (Brennergegend) vor, in den Südalpen an mehreren Stellen, darunter das bekannte Vorkommen von Rabenstein im Sarn-Pensertale im Gebiete von Meran, in der SW-Runse am Mte. Mulatto bei Predazzo. In den nördlichen Kalkalpen tritt er in größeren Mengen nur in Laussa an der Enns an der niederösterreichisch-steirischen Grenze auf. Daß die ostalpinen Flußspatparagenesen nichts mit der varistischen zu tun haben, das hat soeben Matz (Karinthin Folge 21, 1953) in einer Zusammenstellung⁷⁾ und Gliederung aller österreichischen Flußspatvorkommen hervorgehoben. Die verhältnismäßige Seltenheit, das Fehlen jedweden Anklanges an die Zinnerzparagenese wird damit begründet, daß es im Zuge der der ostalpinen Minerallagerstättenbildung zuzuordnenden magmatischen Prozesse nur selten in größerem Ausmaße zur Abspaltung fluorhaltiger Differentiate kam. Jedenfalls spricht auch Matz eindeutig von magmatischen Prozessen als Ursache ostalpiner Vererzung. Topas fehlt gleich dem Zinnstein und dem Uran und den Lithiummineralien (z. B. Zinnwaldit) vollständig. Es handelt sich hier also um eine ganz andere Verteilung, als im Varistikum. Zu ihrer Erklärung im Sinn der Regenerationstheorie müßte man annehmen, daß die ursprüngliche Vererzung durch die Regeneration vollständig in ihre Bestandteile aufgelöst, einige von ihnen, wie das Sn, Li und U, entfernt, andere in ganz andere Bindungen gebracht worden seien. Überdies müßten reichlich andere Stoffe hinzugekommen sein, daß also gerade die varistischen Zinnerz-lagerstätten durch die alpidische Orogenese im denkbarsten Höchstm Maße regeneriert worden seien, und daß der Fall stärkerer und geringerer Regenerierung niemals verwirklicht worden wäre. Auf diese Weise kann aber jede beliebige Vererzung aus jeglicher anderen erklärt werden. Die Verteilung von W und Mo, das Fehlen von Sn sprechen ganz entschieden gegen die Regenerationstheorie. Da, wie schon bemerkt, Au, As, Ni, neben reichlich Cu für die Ostalpen charakteristisch sind, stehen die Vererzungen der Ostalpen den präkambrischen im Metallinhalt und in der Verteilung der Metalle näher als den varistischen, ein Umstand, aus dem kein anderer Schluß gezogen werden kann, als daß dies gegen die Ableitung der Vererzungen in den Ostalpen von denen der Varistiden spricht.

Zweifellos kann man das varistische Orogen in seiner Gesamtheit als erzeich bezeichnen, denn es enthält eine stattliche Anzahl großer und ausgedehnter Lagerstätten, der Name Erzgebirge ist Teilen von ihm eigen. Aber es gibt auch Erzarmut, beinahe Erzleerheit auf recht

⁷⁾ Diese schöne Arbeit ist mir erst nach Abschluß des Manuskriptes zugekommen, so daß ich sie nicht mehr in das Literaturverzeichnis aufnehmen konnte.

bedeutende Erstreckungen. Ein solches Gebiet liegt in unmittelbarster Nähe der Ostalpen, das gesamte österreichische Waldviertel. Über die möglichen Beziehungen der Varistiden zu tieferen Teilen unserer Ostalpen ist mit Recht nur mit allergrößter Zurückhaltung gesprochen worden, keinesfalls aber ist es ausgeschlossen, daß solche Beziehungen bestehen. Ist das der Fall, dann bestünde eine große Diskrepanz in Bezug auf Erzmenigen und Erzverteilung. Man müßte dann annehmen, daß gerade die Grenzlinie der alpidischen Aufstauhungen⁸⁾ im heutigen Raum der Ostalpen eine Trennungslinie zwischen Erzarmut und zumindest nicht unbedeutendem Erzreichtum gewesen wäre. Es ist allerdings fraglich, ob sich die Stockwerke der Varistiden des Waldviertels, die unserer Beobachtung zugänglich sind, irgendwie geologisch denen zuordnen lassen, aus denen die heute erhaltenen und sichtbaren „Projektionen“ ehemaliger varistischer Vererzung in den Ostalpen stammen könnten. Soviel ist aber sicher, daß diese Verhältnisse keineswegs für die Ableitung des Erzinhaltcs der Ostalpen von varistischen Vererzungen sprechen, wenn man auch keinen vollgültigen Beweis für das Gegenteil darin zu sehen braucht.

In den weitausgedehnten Pb-Zn-Lagerstätten der südalpinen Trias wird die Ag-Armut der Bleiglanze und die große Fe-Armut der Zinkblenden der fast monomineralischen Lagerstätten von Raibl und Auronzo als Endpunkte einer Transformationsreihe von Schneiderrhöhn ebenfalls mit der Regeneration in Zusammenhang gebracht. Daß diese Lagerstätten, ebenso wie die der nördlichen Kalkalpen als hydrothermal-metasomatisch, also epigenetisch angesehen werden können, dafür sind bekanntlich mehr Forscher als für eine andere Annahme. In neuester Zeit hat Schroll (40) die Gründe dafür aus der Literatur und eigenen Beobachtungen zusammengestellt. Ich kann in keiner mir bisher bekannten Untersuchung dieser Lagerstätten, einen vollgültigen Beweis ihrer metasomatischen Entstehung finden. Auch Schroll (40) hat in seiner neuesten, erst während der Drucklegung dieser Arbeit erschienenen Veröffentlichung, in der für Bleiberg—Kreuth 6 Vererzungsphasen (Törnquist nahm 5 an) nachgewiesen werden, zumindest einen Großteil der Bleiglanzbildung als Ausfüllung, hauptsächlich durch starke Dislokationen geschaffener Hohlräume angenommen. Diese Art der Entstehung kann aber nicht als Metasomatose aufgefaßt werden, bei der von der gleichen Lösung schon vorhandene Mineralien aufgelöst und weggeführt, dafür andere aus ihr gebildet werden, wobei die neugebildeten Mineralien den früher vorhandenen in ihrer Zusammensetzung näher oder ferner gestanden haben können. Aber auch die Feststellung, daß im näheren oder ferneren Bereich der Vererzungen die Metalle dieser Vererzungen in gleicher oder andersartiger Bindung in kleinsten Mengen bis zur Spurengröße (Spurenelementen) enthalten sind, kann nicht als Beweis einer Bildung durch Auslaugung irgendwelcher Art angesehen werden, wenn der Zeitpunkt ihrer Entstehung nicht feststellbar ist. Diese Mengen können, besonders im Nahbereich der Vererzungen,

⁸⁾ Beziehungsweise Unterströmungen.

auch im Zuge dieser Erzbildungen in den Hohlräumen in Spuren-mengen auch in das Nebengestein gedrungen sein⁹⁾.

Es fehlen somit sichere Anhaltspunkte für die Herkunft der Metalle. Alle nur möglichen Tiefen-Erguß- und Ganggesteine der näheren, weiteren und schon sehr fernen Umgebung, die man aus allen möglichen schwachen und etwas stärkeren Gründen als posttriadisch annehmen zu können glaubte (sogar den Basalt von Weitendorf südlich Graz und mit ihm die pontischen oststeirischen und burgenländischen Basalte), hat man als Erzbringer erwogen, darunter natürlich auch die synorogenen Granitodioritgesteine der alpidischen Orogenese, mithin auch die Migmatitfronten der Hohen Tauern. Auch Schroll hat einige Gründe für den Zusammenhang mit dieser Orogenese gebracht (Auftreten von Fluorit, Arsenführung), daraus aber nur geschlossen, daß die von ihm studierte Bleiberger Lagerstätte zur jungtertiären ostalpinen Metallogenese — also im Sinne von W. Petraschek (34) — gehöre, ohne daß er selbst von dieser Aussage befriedigt wäre, weil allzu viele Fragen offen bleiben. Es müßte meines Erachtens zur Erklärung die Annahme besonderer, aber unbekannter Transportverhältnisse (Temperaturgefälle, Konzentrationen usw.) gemacht werden, besondere Konzentrationsmöglichkeiten der Lösungen in weiter Entfernung annehmbar sein, deren Ursachen wir nicht kennen, während zahlreiche weitem verstreute, kleinere und kleinste Pb-Zn-Vererzungen ganz anderer Art im nächsten, näheren, etwas weiteren Bereich der Hohen Tauern liegen. Die Achselalm im Hollersbachtal (viel Zn, weniger Pb), mehrere kleine Bleiglanzvorkommen, am Leiterkogel im Habachtal, Vorkommen an der Stanziwurten bei Döllach im Mölltal, die größeren von Obernberg im Brennergebiet und vom Schneeberg bei Ridnaun (fast nur Zn), weiter im Osten viele kleine Bleiglanzvorkommen im Bereich des Murtales in Steiermark, die Vorkommen von Oberzeiring, weiter südlich die im Raume von Übelbach an der Gleinalm, über Deutsch-Feistritz, Peggau, Rabenstein, Arzbach, Frohnleiten, dann auf der linken Seite des mittleren Murtales die Vorkommen im Stübinggraben, Semriach und Tasche, beide im Gebiete des Schöckels im Norden von Graz, bis gegen Vorau (Kaltenegg) und weitere im Osten sind mir aus eigener Ansicht bekannt. Alle diese und manche andere kleine Vorkommen liegen nicht wie die großen und seit langem produktiven Pb-Zn-Lagerstätten der Südalpen in Karbonatgesteinen der geschlossenen Züge des ostalpinen Mesozoikums. Auch andere Vorkommen wie die von Rabenstein im Sarn-Pensertal und von Cinque Valli gehören nicht zum Typus Bleiberger-Raibl. Warum in größerer Nähe des angenommenen Metallbringers zahlreiche kleinere Pb-Zn-Vererzungen ganz verstreut liegen, eine reiche Konzentration dieser Vererzung aber weit davon entfernt sulfidische Mineralgestaltung annahm, ist bis heute nicht erklärt. Soll man diese nähere Diaspora, diese entferntere Konzentration noch als zonar auffassen? Ich kann diese Frage nicht bejahen. Die Regenerationstheorie vermindert in diesem Fragenkomplex in keiner Weise die große Unsicherheit. Ich möchte mich hier ausdrück-

⁹⁾ Neuestens hat auch H. Holler (Carinthia II., Bd. 63 [143], S. 42—43, 1953) Metasomatose nur als Begleiterscheinung angenommen.

lich gegen jeden Zusammenhang der Hohen Tauern und ihren polymetamorphen Granitodioritgesteinen mit der nur an ganz bestimmte Horizonte der alpinen Trias gebundenen Pb-Zn-Vererzung der Südalpen aussprechen.

Ich habe mich hier ausschließlich auf die Ostalpen beschränkt, da ich nur diese so zu kennen glaube, um meine Ansicht zur Geltung bringen zu können. Ich will daher hier nicht die Meinung vertreten, daß auch in den Westalpen wohl kaum eine Verallgemeinerung von Schneiderhöhns Regenerationstheorie Geltung haben könnte. Das zu entscheiden überlasse ich Berufeneren. Schneiderhöhns Darstellung bezieht sich für dieses Gebiet ausschließlich auf die von ihm herangezogenen Ausführungen Huttenlochers, aber ich muß gestehen, daß mir in diesem Teil der Arbeit die Abgrenzung der Ansichten von Huttenlocher und Schneiderhöhn keinesfalls ganz klar geworden ist, sowie mir auch nicht klar geworden ist, was am Beginn von Punkt 5 (S. 76) mit dem Satz gemeint ist: „Was das heutige Alter¹⁰⁾ der Lagerstätten in den Westalpen anlangt, so ist es meist sehr gering.“ Heißt das, daß diese Lagerstätten ebenso wie die ostalpinen im Bausch und Bogen alpidisch sind? Man müßte den Satz aber so verstehen, daß das Alter der Vererzung in den Westalpen zu verschiedenen Zeiten verschieden ist und daß es heute aber nicht morgen sehr jung ist. Oder soll das heißen, daß die heutigen Forscher junges Alter annehmen? Sehr gerne bekäme ich aber auch Aufklärung darüber, was Schneiderhöhn (S. 77) unter einem „granitisierten Magma“ versteht. Mir ist nicht bekannt, daß eine hybride Schmelze, die reichlich sialisches Sedimentmaterial aufgenommen hat, dadurch granitisiert wird, auch wenn aus dieser Schmelze in irgend einer Weise ein granitisches Gestein durch Auskristallisierung, Differentiation oder durch Einwirkung auf ein anderes festes Gestein zustande kommt.

Nach Abschluß des Manuskriptes erschien ein Aufsatz von W. E. Petraschek (35), der sich vor allem mit den Dinariden beschäftigt, in dem er sich gegen die genetische Trennung der Vererzung der Dinariden von der der Alpen wendet. Er nimmt im Sinne von Stille echtmagmatischen sialischen Magmatismus für das alpidische Orogen ebenso an, wie für das varistische. Er ist der Ansicht, daß durch das „Durchpausen“ nach oben das großzügige einheitliche Zonenbild der ostalpinen Vererzung im Sinne von W. Petraschek (34) nicht erklärt werden könne, dessen Einteilung in jungalpine und altalpine Lagerstätten zu Recht besteht.

In seinen erst nach Drucklegung dieser Arbeit erschienenen geologischen Begleitbemerkungen zu O. M. Friederichs neuer Lagerstättenkarte der Ostalpen hat E. Clar (Radex-Rundschau, Radenthein 1953, S. 415) in der Anordnung der Erzlagerstätten der Ostalpen die Abbildungen auch alpidischer Baulinien erkannt und sich demgemäß gegen die Verallgemeinerung einer Annahme einer Großanordnung dieser Lagerstätten durch eine Art von „Durchpausen“ varistischer Anordnungen ausgesprochen. Da diese Anordnung ge-

¹⁰⁾ Von Schneiderhöhn gesperrt.

wissermaßen einem „Diktat des alpidischen Gebirgsgefüges“ gehorcht, schließt Clar, daß dabei auch neugebildete alpidische Stoffkonzentrationen angenommen werden müßten. Clar kommt somit aus geotektonischen Überlegungen zum gleichen Ergebnis, wie die vorliegende Arbeit und wie W. E. Petrascheck.

Aus allen diesen Ausführungen geht meines Erachtens hervor: Die Annahme, daß Tiefenlösungen jeder Art, von Silikatschmelzen bis zu Hydrothermen (darunter wohl auch Granitisationslösungen), so wie dies Schneiderhöhn im Sinne von Niggli's Formulierung nur für das varistische Orogen annimmt, auch in der weiten Zeitspanne der alpidischen Orogenese Metallbringer aus der Tiefe waren, liegt näher als die verallgemeinerte Regenerationstheorie, die der alpidischen Orogenese die varistische Fähigkeit, Metalle aus der Tiefe zu fördern, abspricht. Daß in den Hohen Tauern durch die tektonischen Phasen der alpidischen Orogenese auch varistisch gebildete Vererzungen regeneriert worden sein können, ist wohl anzunehmen, aber bisher kaum zu beweisen. Wie, wann und wo sich die Metalle als Sulfide von den Silikatschmelzen der Natur getrennt haben mögen, wissen wir ebensowenig, wie über die Ursachen der Ausscheidung größerer Mengen oxydischer Erze aus Silikatschmelzen an bestimmten Punkten. Wenn wir auch auf Grund unserer Laboratoriumserfahrungen an Silikatschmelzen von der Abtrennung, also der nicht mehr möglichen Mischbarkeit der Silikatschmelze mit den Sulfiden, annehmen können, daß diese Trennung schon tief und frühzeitig vor sich gegangen war, so fehlt uns doch die Sicherheit, daß die Natur in ihren Riesenräumen an dieselben Gesetzmäßigkeiten gebunden ist, wie unsere Beobachtungen an den geringen Mengen unserer Schmelzliegel. Eine solche primär magmatische Abtrennung, pneumatolytische und kontaktmetamorphe Einwirkung von Schmelzlösungen reich an fluiden Bestandteilen, hydrothermal-wäßrige Umsetzung und Erzbildung unter Mitwirkung von erst durch die Orogenese aus den tiefsten Zonen des synorogenen Plutonismus mit ihren Verlagerungen, Verschluckungen und Unterströmungen mitgebrachten, also diesen Tiefen entstammendem Metall, nur der varistischen und nicht auch der alpidischen Orogenese zuzubilligen, dafür fehlt es an stichhaltigen Gründen. Lassen wir daher doch lieber jedem der beiden großen Zyklen ihre Erzaureolen, sie werden auch innerhalb ein und desselben Zyklus durchaus nicht einheitlich gewesen sein. Man braucht deshalb auch nicht den Leitsatz „Jedem Orogen sein Chalkogen“ bedingungslos zu verallgemeinern, sondern man kann für beide Orogene primäre und regenerierte Vererzungen annehmen. Ob und wie man diese Bildungsarten unterscheiden kann, ist eine Frage, an die man wohl erst dann wird herantreten können, wenn wir die silikatischen Bildungen dieser Orogene, in denen die meisten Erzlagerstätten liegen, in genetischer Beziehung besser kennen werden. Vielleicht wird sich dann auch zeigen, daß gar manche Vererzung der Ostalpen gar nicht in den Bereich der magmatischen Lagerstätten, wie er hier zur Voraussetzung gemacht worden ist, hineingehört. Ich möchte hier ausdrücklich betonen, daß ich mich selbst mit keinem Wort mit dem

Umfang der magmatischen Lagerstätten, wie er von Schneiderhöhn hier für die Ostalpen angenommen worden ist, einverstanden erklärt habe. Ich bin nur hier für die vorliegende Untersuchung von diesen Voraussetzungen ausgegangen, die in diesem Umfang nicht die meinen sind. Ich habe hier die Möglichkeit, daß einmal der eben erst begonnene Anlauf der Forschung einen größeren Teil der Granitodioritgneise der Tauern alpidisch durch Granitisationen (etwa im Sinne von Wegmann), also ohne Mitwirkung echter Silikatschmelzen geformt, nachweisen könnte, als dies bisher der Fall ist, nur gestreift. Es ist heute noch vollkommen ausgeschlossen, daß auch der beste Kenner der Hohen Tauern das Ausmaß dieser Möglichkeiten abschätzen könnte. Aber auch dann, wenn die Zukunft dieser Bildungsweise größeren Umfang zuweisen sollte, besteht kein Grund anzunehmen, daß bei der Granitisation nur in den umgebildeten Gesteinen bereits als Erze vorhandene Metalle regeneriert worden wären, aus der Tiefe aber kein Metall zugebracht worden wäre, wenn wir auch von der Zusammensetzung der granitisierenden Lösungen ebensowenig wissen, wie von den Erzlösungen, die heute in der gesamten Lehre von den sulfidischen Lagerstätten angenommen werden. Ich kann Backlund (4) nicht vorbehaltlos zustimmen, der schon lange vor Schneiderhöhn an eine Art von Erzregenerierungen dachte, wobei allerdings der gesamte Metallgehalt in die Sialbildung selbst, den ältesten Orogenperioden am nächsten stehend, verlegt wird, der später aber nur sedimentär durch mechanische Aufarbeitung, die Backlund mit unseren mechanischen Methoden zur Erzanreicherung vergleicht, verbunden mit sedimentärem Wiederabsatz, oder durch eine Art von pseudomagmatischen Vorgängen in Verbindung mit metasomatischen umgelagert worden wäre. Obwohl, wie gesagt worden ist, Metallgehalt und Metallverteilung innerhalb der alpidischen Orogenese der alten präkambrischen Vererzung näher steht als der varistischen, kann ich mich in keiner Weise der Verallgemeinerung im Sinne der früheren Regenerationstheorie von Backlund, wie der neueren von Schneiderhöhn anschließen.

Wenn aber ein größerer oder kleinerer Anteil der Vererzungen im alpidischen Orogen durch Aufschmelzungen usw., der durch synorogenen Magmatismus (Plutonismus) im Sinne Stilles gebildeten Plutonite eines früheren, also zunächst des varistischen Zyklus entstanden angenommen wird, dann gilt wohl ganz dasselbe Verhältnis für die Erzführung dieses varistischen Zyklus zu den Gesteinsbildungen und Umbildungen im Zyklus der ältesten Orogenesen im Präkambrium, also im Sinne Backlunds irgendwie der Sialbildung nahestehenden Gesteinsformungen. Daß aber nur bei der Gesteinsbildung der varistischen Orogenese in der sialischen synorogenen magmatischen Periode, Schmelzen und Tiefenlösungen der verschiedensten Art und Entstehung Metalle zugeführt haben, nicht aber bei der alpidischen Orogenese, dafür fehlt jeder Anhaltspunkt. Man muß vielmehr dieses Vermögen beiden Zyklen zubilligen, oder man kann es im Sinne Backlunds beiden absprechen, wofür allerdings

Belege zu erbringen schwer gelingen dürfte. Denn es wird sich kaum annehmen lassen, daß bei synorogener sialischer magmatischer Entstehung granitodioritischer Gesteine, ob man sie nun für simatische Differentiate, oder migmatisch-paligen-ichoretisch gebildet hält, wobei man ja auch ohne Stoffzufuhr aus der Tiefe nicht auskommt, Metallzufuhr unmöglich sei.

Ich habe mich in diesen Darlegungen aber auch mit keinem Wort der Annahme angeschlossen, daß die sulfidischen Vererzungen im engeren und weiteren Umkreis des Penninikums der Ostalpen sowie die Spatmagnetitbildungen und die von Siderit ausschließlich alpidischen oder posthochorogenen Alters seien. Ich bin hier grundsätzlich ganz anderer Anschauung und nehme auch die Möglichkeit präalpidischer, in keiner Weise zwangsläufig an die varistische Orogenese gebundener Bildungen an und weiß mich da, wie ich glaube, auch einer Meinung mit Kober.

Literatur.

1. Angel, F., Unser Erzberg, Mitt. naturw. Ver. f. Steiermark, Bd. 75, S. 227, und Lehrfahrt auf den Steirischen Erzberg, Fortschr. Min. Krist. usw., Bd. 23, 1939, S. 54.
2. — Stubachit und Stubachitserpentin vom Ganoz. Z. Kristall. usw. Bd. 72, S. 1, 1929.
3. Angel, F. und Heritsch, F., Das Alter des Zentralgneises der Hohen Tauern. Zbl. f. Min. usw. 1941, Abt. B., S. 516. Angel, F. und Staber, R., Migmatite der Hochalm—Ankogel-Gruppe. Min. Petrgr. Mitt. Bd. 49, S. 117, 1937, und Angel, F., und Staber, R., Gesteinswelt und Bau der Hochalm—Ankogel-Gruppe. Wissenschaftl. Alpenvereinshefte, H. 13, Innsbruck 1952. (Mit geol. Karte 1 : 50.000.)
4. Backlund, H., Zum Werdegang der Erze. Geol. Rundschau, Bd. 32, S. 60, 1941.
5. Bearth, P., Geologie und Petrographie des Mte. Rosa. Beitr. z. geol. Karte der Schweiz. Bern 1952.
6. — Über das Verhältnis von Metamorphose und Tektonik in der penninischen Zone der Alpen. Schweiz. Min.-Petrgr. Mitt., Bd. 32, S. 338, 1952.
7. Becke, F. u. a., Bericht über die Aufnahmen am N- und O-Rande des Hochalmmassivs. Sitzber. Ak. d. Wiss. Wien, math.-naturw. Kl., Bd. 117, 1908. Bericht über geol. und petrgr. Untersuchungen am O-Rande des Hochalukerns. Ebenda, 118, 1909. Differentiationserscheinungen im Zentralgneis der Hohen Tauern. Z. Krist. usw., Bd. 62, 1922.
8. — Die Intrusivgesteine der Ostalpen. Min.-petrgr. Mitt., Bd. 31, S. 545, 1912.
9. Bianchi, A., siehe Dal Piaz, G.
10. Blondel, F., La geologie et les mines de vieilles plateformes. Paris 1936.
11. Christa, F., Das Gebiet des oberen Zemmgrundes in den Zillertaler Alpen. Jb. Geol. B.-A. Wien, Bd. 81, 533, 1931.
12. Clar, E., Ostalpine Vererzungen und Metamorphose. Verh. Geol. B.-A. Wien, 1945, S. 29.
- 12a. — Zur Einfügung der Hohen Tauern in den Ostalpenbau. Verh. Geol. B.-A. Wien, 1953, S. 93.
13. Cornelius, H. P., Die Herkunft der Magmen nach Stille vom Standpunkt der Alpengologie. Sitzber. Ak. d. Wiss. Wien, math.-naturw. Kl., Bd. 158, S. 543, 1949.
14. — Die Geologie des Mürztalgebietes. Jb. Geol. B.-A. Wien, Sonderbd. 4, S. 1, 1952.
15. Czermak, F. und Schädler, J., Vorkommen des Elementes Arsen in den Ostalpen. Min.-Petrgr. Mitt., Bd. 44, S. 1, 1933.

16. Dal Piaz, G. und Bianchi, A., *Monografia geologico-petrographica sull' Alto Adige orientale e regioni limitrofi*. Mem. istit. geol. d. Università di Padova, 1934.
17. Exner, Ch., *Tektonik, Feldspatbildungen und deren gegenseitige Beziehungen in den östlichen Hohen Tauern*. Min.-Petrgr. Mitt., III. F., Bd. I, S. 197, 1949.
18. — *Das geologische Profil des Radhausberg-Unterbaustollens in den östlichen Hohen Tauern*. Sitzber. Ak. d. Wiss. Wien, math.-naturw. Kl., Bd. 158, 375, 1949.
19. — *Das Gneisproblem in den östlichen Hohen Tauern*. Min.-petrgr. Mitt., III. F., Bd. 1, 1948.
20. — *Das Ostende der Hohen Tauern zwischen Mur- und Maltattal I. und III*. Jb. Geol. B.-A., Bd. 89, 1939, 1940, und Mitt. Geol. Ges. Wien, Bd. 35, 1942.
21. Frasl, G., *Dissertation: Der Nordrand des Tauernfensters zwischen Gerlospaß und Habachtal*. Im Druck erschienen: Die beiden Sulzbachungen. In: Jb. d. Geol. B.-A., Bd. 96, S. 143, 1953.
22. Friedrich, O., *Co-Ni, Bleiglanz-Fahlerzlagerstätten in den Schladminger Tauern*. Berg.-Hüttenm. Jb., Bd. 81, H. 1, 2, 3, 1933. *Über den Vererzungstypus Rotgülden*. Sitzber. Ak. d. Wiss. Wien, math.-naturw. Kl. 143, 3. und 4. Heft, 1934. *Zur Genese ostalpiner Spatmagnetit- und Talklagerstätten*. Radex Rundschau, Radenthein 1951, S. 281.
23. Horninger, G., *Mitteilung an den Verfasser und Widmung einer Probe*.
24. Janoschek, R., Küpper, H. und Zirkl, E., *Nach einem im Druck befindlichen Aufsatz in Mitt. Wiener Geol. Ges.*
25. Kober, L.: *Über Bau und Entwicklung der Ostalpen*. Mitt. Geol. Ges. Wien, Bd. 5, S. 368, 1912, und: *Das östliche Tauernfenster*. Denkschr. Ak. d. Wiss. Wien, math.-naturw. Kl., Bd. 98, S. 201, 1922, und: *Die erdgeschichtliche Bedeutung der Metamorphiden und das Tauernfenster*. Zentbl. f. Min. Geol. usw., Abt. B, 1933, S. 305.
26. — *Der geologische Aufbau Österreichs*. Wien 1938.
27. — *Die tektonische Stellung des Semmering- und Wechselgebietes*. Min.-petrgr. Mitt., Bd. 38, S. 268, 1925.
28. Kölbl, L., *Das Nordende des Großvenedigermassivs*. Sitzber. d. Ak. d. Wiss. Wien, math.-naturw. Kl., Bd. 141, S. 36, 1932.
29. Kraus, E., *Die Baugeschichte der Alpen I*. Berlin 1951, S. 148. Auch in: *Der Abbau der Gebirge Bd. I. Der alpine Bauplan*. Berlin 1936.
- Küpper, H., siehe Janoschek.
30. Leitmeier, H., *Aus Predazzo*. Min.-petrgr. Mitt., Bd. 52, S. 155 und 283, 1940.
31. — *Einige neuere Mineralvorkommen im Gebiete des Habachtals, ein Beitrag zur Kenntnis der Entstehung der Zentralgranitgneise der Hohen Tauern*. Ebenda, Bd. 53, 271, 1942.
32. — *Einführung in die Gesteinskunde*. Wien 1950.
33. Metz, K., *Die stratigraphische und tektonische Baugeschichte der steirischen Grauwackenzone*. Mitt. Wiener Geol. Ges., Bd. 44, 51, 1953.
34. Petraschek, W., *Die Magnesite und Siderite der Alpen*. Sitzber. Ak. d. Wiss. Wien, math.-naturw. Kl., 141, S. 159, 1932. *Metallogenetische Zonen in den Ostalpen*. Comptes Rendus XIV. Geol. Congr. 1926, erschienen 1928. *Die alpine Metallogenese*. Jb. Geol. R.-A., 90, S. 129, 1945 (erschienen 1947).
35. Petraschek, W. E., *Zu H. Schneiderhöhns neuer Auffassung der alpinen Metallogenese*. Berg- und Hüttenm. Monatshefte 1953, S. 108.
36. Pichler, Ad., *Beiträge zur Geologie von Tirol I. Die Granitmasse von Brixen*. Neues Jb. f. Min. usw. 1871.
37. Salomon, W., *Über Alter, Lagerungsform und Entstehungszeit der periadriatischen granitisch-körnigen Massen*. Min.-petrgr. Mitt., 17. Bd., S. 109, 1898.
38. Sander, B., *Geologische Studien am Westende der Hohen Tauern*. Denkschr. Ak. d. Wiss., Wien, math.-naturw. Kl., Bd. 82, 1911. *Über einige Gesteinsgruppen des Tauernwestendes*. Jb. Geol. B.-A., Wien, Bd. 70, 1920. *Neuere Arbeiten am Tauernwestende*. Mitt. Geol. B.-A. Wien, 1940. *Über Flächen- und Achsengefüge (Westende der Hohen Tauern)*. Ebenda 1942. Vergl. auch: *Zur Geologie der Zentralalpen*. Jb. Geol. B.-A. Wien, Bd. 71, S. 173, 1921.
39. Schneiderhöhn, H., *Genetische Lagerstättengliederung auf geotektonischer Grundlage*. Neues Jb. f. Min., Monatshefte, 1952, S. 47 und 65.

40. Schroll, E., Beiträge zur Geochemie und Genesis der Blei- und Zinklagerstätte Bleiberg—Kreuth in Kärnten. Dissertation, Wien, 1950. Nach der Drucklegung meiner Arbeit veröffentlicht: Über Minerale und Spurenelemente, Vererzung und Entstehung der Blei-Zinklagerstätte Bleiberg—Kreuth, Kärnten, in Österreich. Mitt. d. österr. Min. Ges., Sonderheft 2, Wien 1953.
41. Siegl, W., Zur Wulfenitbildung in manchen Blei-Zink-Lagerstätten. Berg- u. Hüttenm. Monatshefte, 92. Bd., H. 1/3, 1947.
42. Stille, H., Zur Frage der Herkunft der Magmen. Abhandl. preuß. Ak. d. Wiss. Nr. 19, 1940. Einführung in den Bau Amerikas. Berlin 1941, S. 10 u. 658. Das Leitmotiv der geotektonischen Entwicklung. Vortr. d. Ak. d. Wiss., H. 32, Berlin 1949.
43. Sueß, F. E., Bausteine zu einem System der Tektogenese. Mitt. Geol. Ges. Wien, Bd. 36/38, S. 114, 1949.
44. Tornquist, A., u. a., Vererzung und Wanderung des Goldes in den Erzen der Hohen-Tauern-Gänge. Sitzber. Ak. d. Wiss. Wien, math.-naturw. Kl., Bd. 142, S. 41, 1933.
45. Weinschenk, E., Über einige Graphitlagerstätten. 3. Die Graphitlagerstätten der Steiermark. Zeitschr. f. prakt. Geologie. Bd. 8, S. 40, 1900.
46. Zirkl, E., Siehe Janoschek.