

Unser Erzberg.

Ein Abriss der Naturgeschichte des steirischen Erzberges.

Von Franz Angel (Graz).

Einleitung.

Unter den Köstlichkeiten, welche unsere Ostmark bei der Heimkehr ins Deutsche Reich mitbrachte, befinden sich die Rohstoffquellen des berühmten „norischen“ Stahles: Die Erzberge von Eisen- und Erz in der grünen und zugleich eisernen Mark, wie wir unsere Steiermark so gerne nennen hören, und von Hüttenberg in Kärnten. Der erstgenannte ist Gegenstand der folgenden Ausführungen, die dem Naturwissenschaftlichen Verein für Steiermark als Fei ergabe zu seinem 75jährigen Bestand z ugedacht sind.

Im Jahre 13 v. Chr. unterwarfen sich die Römer die damaligen Siedler dieser Gegenden, nämlich die Taurisk er; aber schon vorher hatten sie „norisches Eisen“ schätzen gelernt. Später erzählte Plinius († 79 n. Chr.) vom „norischen Erz“. Auf der Feisterwiese des steirischen Erzberges konnten drei römische Schmelzöfen nachgewiesen werden: Münzfunde und Tongefäße zeigten, daß in der Zeit des großen Konstantin (274—337 n. Chr.) auf unserem Erzberg Betrieb herrschte. Um 590 n. Chr. zogen die Wenden in Obersteier ein; 772 erschienen hier Baiern und deutschten die Gegenden ein. Das Mittelalter zeigt uns viel klösterlichen Besitz am Berge. Um 1200—1300 war jedenfalls die Erz entnahme schon in erster, reicher Blüte. Nie hat der Bergesege n ausgelassen und noch heute kann man am steirischen Erzberg von einem überaus reichen Erzvorrat sprechen.

Nun ist dieses Kleinod der Steiermark Reichskleinod geworden. Umsomehr rechtfertigt sich ein wieder einmal eingehenderes Interesse an der Naturgeschichte dieses Erzschatzes. Rund 2000 Jahre schon trägt er seinen ruhmvollen Ruf. Wie am Schluß dieser Studie ersichtlich, gibt es darüber seit 1750 einen reichen Lesestoff, der hier in breiter Auswahl dargeboten wird. Gerade dieser in Zeitabschnitte gegliederte Nachweis spiegelt den Ansturm wieder, der allmählich immer begehrl icher dem Erzberg die Geheimnisse seines Mineral- und Gesteinsschatzes, seines Baues und seiner Entstehung zu entreißen trachtete.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark download unter www.nvst.at/steiermark
Nehmen wir vorweg, daß wir heute über die Zeitfolge der Bauglieder und den Bau selber in jüngster Zeit dank Franz Heritsch und seinen Schülern schon recht genau unterrichtet sind, in bezug auf die Erzherzkunft aber noch offene Fragen der Lösung harren, so soll im Folgenden nie vergessen werden, daß unsere Darstellung in manchen Belangen eine kritische sein muß.

Örtliches.

Jede Reichskarte zeigt die Lage unseres Erzberges in der deutschen Südostecke des Reiches, zwischen den alten Bergorten Eisenerz im N. und Vordernberg im S., an einer Talfurche gelegen, die eine wichtige Querverbindung zweier bedeutender Alpenlängstäler darstellt, nämlich des Enns- und Murtales. Diese Querfurche enthält an ihrer nördlichen Mündung die Siedlung Hieflau, an der südlichen Leoben-Donawitz. Hier, in diesem nicht allein mit Erz, sondern auch mit Magnesit und Kohle so reich bedachten Gebirgsstück war auch der naturgegebene Platz für die Montanistische Hochschule des Landes, deren glanzvolle Geschichte um 1840 unter Peter Tunner zu Vordernberg begann, und seit 1849 mit Leobens Geschicken unlösbar verknüpft erscheint.

In der erwähnten Querfurche liegt ein Paß, der Präbichl (1236 m); aber sowohl gegen den sonnigen Süden, im Ort Vordernberg (das bedeutet: Vor dem Paß gelegen) schneidet das Tal schon auf rund 800 m ein, als auch im schattigen Norden, wo unsere Furche beim Eisenerzer Bahnhof auf etwa 700 m herabsteigt. Diese letztangedeutete Talung vom Präbichl in NW. nach Eisenerz heißt „Gerichtsgraben“. Hierdurch führte, von Leoben kommend und den Präbichl als Saumweg überwindend, eine uralte Erzstraße; sie taucht als „Römerweg“ noch stückweise auf und berührte auch die schon erwähnte Feisterwiese.

Heute leitet vom Präbichl aus ein bequemer Karrenweg ohne viel Höhenschwankung zum Erzberggipfel hinüber. Nach etwa 1 bis $\frac{5}{4}$ Stunden Marsch kann man auf der kleinen, künstlich geschaffenen Gipfelverebnung stehen, heute 1523 m hoch. Am 23. Juni 1925 wurde aus Abbaurücksichten der alte, kreuzgeschmückte Gipfel gesprengt; er war um 14 Meter höher gewesen.

Von diesem Standort aus gesehen, fesselt zweierlei den Blick: Einmal der mächtige Gebirgsrahmen, zu dem wir aufblicken müssen, und dann die Einsicht in das Menschenwerk zu unseren Füßen, den gewaltigsten, größten, von Menschenhänden geschaffenen Aufschluß des Landes Österreich.

Ringsum stürmt versteinertes Jauchzen edler Gipfel und Kanten

in den Himmel, die bis spät in den Sommer noch schneeverzirt sind, im übrigen aber blank und leuchtend. Unsern von allen Seiten durch Erosion herausgeschnittenen Erzberg überragen diese Berge um 400 bis 600 m. Im Süden z. B. schließt die Kalkmauer vom Rössel über den Reichenstein (2166 m) zum Linseck das Blickfeld. Im W. springen die formschönen Pfeiler des Stadelstein (2072 m) und Schwarzenstein (1958 m) nach Norden vor. Im N. steht der Kaiserschild (2083 m); jenseits der Eisenerzer Talfurche, gegen NO. zu schwingt sich die Firstlinie des Pfaffenstein (1871 m) auf, und weiter nach W. folgt die Frauenmauer (1828 m), dann die Griesmauer (2034 m), lauter hell leuchtende Trias-Kalk (bzw. Dolomit-)berge. Dann schweift der Blick nach S. weiter zum hochbegrüntem Polster (1911 m), um wieder in die Präbichl-Furche abzugleiten. Sonach gewinnt man den Eindruck, daß die Erzbergmasse ein ungeheures, kesselartiges Loch des Hochgebirges unvollkommen ausfülle und man vermag E. Spenglers Frage nachzufühlen: Weshalb liegt unsere größte Eisenerz-Lagerstätte gerade hier?

Lenken wir nunmehr den Blick auf den Erzbergkörper selbst. Es ist für die Ortseinführung gut, sich zu merken, daß es der breite Osthang ist, der den weltberühmten, einer Pflanzendecke baren, einer riesigen Stufenpyramide gleichenden Tagbau trägt, welcher schon so große Mengen Eisenerz geliefert hat. Dazu einige Zahlen. Um 1897—1899 wurden dem Berg jährlich rund 1 Million Tonnen Erz entnommen; 1900 wars schon bedeutend mehr, im Weltkrieg (um 1916) lieferte der Berg 2.3 Millionen Tonnen! Hernach ging der Abbau stark zurück, um jetzt wieder aufzublühen.

Im Nordteil des Berges liegen aber „unter Tag“, d. h. bedeckt von anderen Gesteinsmassen, noch ungeheure Schätze. Dieser Bergteil ist wie auch der O. und S. waldbedeckt.

Im Blickfeld liegen die rund 60 Abbaustufen des Berges. Die Stufen haben 11, 12 oder 13 m Höhe. Das ergab sich schließlich geschichtlich so aus der Entwicklung des Abbaues heraus.

Im Zeitraum 1250—1300 kam es ordnungshalber zu einer Teilung des Bergbau-Gebietes in einen nach Vordernberg gehörigen und danach benannten Anteil, der nach N. und W. zu seine Grenze ab 1666 längs der Stufe Ebenhöh (1186.4 m) fand, und einen unterhalb befindlichen, nach Eisenerz gehörigen Anteil, Innerberg genannt. Der Übersicht halber verwenden wir die darauf beruhenden Ausdrücke „Vordernberger“ und „Innerberger“ Erzberg auch weiterhin.

Um 1500 (unter Maximilian v. Habsburg) bauten die Vordernberger schon mit Tiefstollen ab, wogegen die Innerberger ihr Erz

Auf einem Erzberg-Bild von 1649 erscheint die Gegend des heutigen Tagbaues noch gut bewaldet, die Abbaustufen der Nachzeit sind kaum angedeutet, denn es gibt bloß wenige, unzusammenhängende und ungleich hohe Stufen, wogegen man, unregelmäßig über den Hang verteilt, 28 Stollen-Mundlöcher zählen kann. Das aus den Stollen geholte Erz der Alten war aber nicht jenes, welches heute abgebaut wird, also nicht der Eisenpat, sondern sein vielbegehrtes Umwandlungsergebnis, das reichere, leichter abzubauenende „Braun- und Blau-Erz“. Das macht folgenden Unterschied aus:

Spateisenstein	„Braunerz“ (Brauneisenstein)
Fe C O_3	$\text{Fe}_2 \text{ O}_3 \cdot \text{H}_2 \text{ O}$ (ev. mehr $\text{H}_2 \text{ O}$)
Fe theor. 48.3 %	60—63 %
Fe prakt. 35—40 %	um 55 %

Die Alten sind da nicht allein einem leichter zu gewinnenden, sondern auch einem höherwertigen Erz nachgegangen. Die Menge stand aber hinter dem Spateisen sehr weit zurück und außerdem war es an bestimmte Adern, allenfalls auch Nester gebunden, welchen man mittels sauberer „Schrämmstollen“ folgte. Das waren enge, mit Schlögel und Eisen in mühsamer Handarbeit gewonnene Stollen. Die Sprengtechnik setzte am Berge erst nach 1720 ein, und damit löste sich das Problem des Berges: Die Nutzung des Eisenspates. Sein etwa 2 % betragender Mangangehalt wurde gern mitgenommen. Ansonst lockte die überlegene Reinheit unserer Erze z. B. von Schwefel usw. Bald war die Eisenspatnutzung hochwirtschaftlich gemacht worden und ist es auch heute, obgleich ferne Länder mit viel besseren Erzen gesegnet sind, wie z. B. dem Magneteisenerz (72% Eisen) oder dem Roteisenerz (70 % Eisen) der skandinavischen, russischen, elbaner Lagerstätten. Da aber bei uns sowohl die nötige Erzmengung, als auch Energiemenge verfügbar ist, können wir uns für den Bedarfsfall auch hohen Ansprüchen gegenüber sicher fühlen.

Lenken wir den Blick zurück auf die Stufen des Tagbaues: Jede Abbaustufe ist von den Bergleuten getauft und dabei irgendwie mit der Geschichte des Bergbaues verknüpft worden. Da stößt man am Vordernberger Erzberg z. B. auf Bezeichnungen wie Sabina, Sybille, Johann, Emil, Christof, und wird damit an Taufnahmen der Familien von Gewerken erinnert. Elias, Schutzengel, Dreikönig beziehen sich auf Feste des christlichen Kalenders. Zauchen (wendischen Ursprungs), Altenberg, Wegstollen sind Ortsbezeichnungen. Liedemann, Kerpely, Frey (am Innerberger Erzberg) erinnern an verdiente Persönlichkeiten. Nach diesen Bezeichnungen finden sich unsere

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
Bergleute und Ingenieure rasch zurecht, und gleichzeitig lebt in ihnen die Berggeschichte.

Der Tagbau, wie wir ihn jetzt sehen, besteht seit 1870; wenigstens in seinen Grundlagen. 1885 zählte der Innerberger Tagbau schon 28 Stufen mit je 11—17 m Höhe; 1898 wurden am Vordernberger Bergteil 22 Stufen abgebaut. Eine überwältigende Sicht auf den ganzen Aufschluß hat man, wenn man sich auf der Straße vom Leopoldsteinersee (also vom NW. her) dem Erzberg nähert.

Von verschiedenen Stellen am Berge aus sieht man auch den *Zirkus*, einen gewaltigen, durch den Abbau geschaffenen Kessel. Er liegt südl. der Barbara-Siedlung am Bergfuß. Der „Stritzlgraben“ führt aus ihm heraus zur Siedlung Krumpental. Endlich seien noch erwähnt die gewaltigen Haldenstürze am Berg-Südfuß, und die Stollen, manchmal von ganz bedeutender Länge (z. B. Maximilianstollen), die vom Westfuß in den Berg führen. Aber in verschiedenen Höhen führen Stollen auch vom Tagbau aus in den Bergleib hinein.

Dank dieser ausgedehnten und tiefen Aufschließung sind wir — zuletzt durch die hervorragende Leistung des Ingenieurs A. Kern — über mannigfache Baueinzelheiten, Erzverteilung, Störungen recht genau unterrichtet.

Die Bahn Leoben-Hieflau tritt nördlich der Station Präbichl an den Erzbergkörper heran, untertunnelt den Verbindungsrücken Erzberg-Reichenstein, ohne das Erz anzuschneiden, und verläßt den Tunnel und Berg bei der Station Erzberg, ungefähr auf Ebenhöh. Auch von hier aus kann man eine Erzbergbesichtigung recht günstig angehen.

I.

Untersuchung der Eisenspat-Paragenese.

Aufgabe.

Sieht man ab von jenen Mineralien, die sich klar als Gemengteile der Erzberg-Gesteine erkennen ließen, so erübrigt noch eine Mineralgruppe, in deren Mittelpunkt unser Erz, der Eisenspat steht. Es muß aber erst untersucht werden, in welcher Beziehung sie Abhängigkeit vom Eisenspat zeigt. Jene Mineralien, welche nicht da wären, wenn auch der Eisenspat fehlte, seien als Eisenspat-Paragenese zusammengeschlossen. Da es möglich erscheint, daß eine und dieselbe Mineralart selbst am Berge sich in verschiedenartigen Paragenesen vertreten läßt, so muß dies für jede Art analysiert werden. Dies ist die Aufgabe der nachfolgenden Untersuchung.

Dabei ist es von unschätzbarem Wert, daß der Berg so lange beobachtet wurde, und darüber gewissenhafte Aufzeichnungen vorliegen. Wir vermögen die Naturgeschichte der Erzbergminerale mit geschichtlichen Angaben zu schreiben. Meines Wissens ist Ähnliches bewußt und geschlossen noch kaum an großen Lagerstätten durchgeführt worden, und dennoch hängt gerade daran recht Wesentliches für die Beurteilung und Erkenntnis ihrer Schöpfungsgeschichte.

Eine ganz allgemeine Vorbemerkung ist hier noch am Platze. Für die Beurteilung der paragenetischen Zusammenhänge genügt es durchaus nicht, die hier eingeteilten Minerale als Arten, eventuell noch mit ihrer chemischen Zusammensetzung aneinanderzureihen. Das sagt zu wenig aus. Es ist vielmehr paragenetisch kennzeichnend, in welcher Kristallentwicklung sie sich zeigen, und welche sonstigen äußeren Eigentümlichkeiten sie besitzen. Von dem so gesammelten Tatsachenmaterial mag ein Teil an sich uninteressant sein; allein es bringt doch lauter unentbehrliche Wesenszüge, sobald man es zu jenem Mosaikbild vereint, welches die ganze Paragenese darbietet. Damit erst gewinnt man die Möglichkeit des Vergleiches mit weitab liegenden Eisenspat-Lagerstätten; damit gewinnt man auch den nötigen regionalen Ausblick zur wissenschaftlichen und bergmännisch-praktischen Beurteilung des Lagerstätten-Charakters.

Seit der geologischen Fertigstellung der Lagerstätte hat an ihren Mineralien die Natur weiter gewirkt, umgemodelt, Altes angegriffen, Neues erzeugt. Es kommt sehr darauf an, auch dieser jüngsten Entwicklungsgeschichte nachzugehen, denn über die Eisenspat-Paragenese legt sie sich wie ein Schleier; dieser muß gehoben werden, um deutlicher zu sehen, was darunter ist.

Damit kann nun an die Einzelheiten gegangen werden.

Eisenkies (FeS_2).

Beobachter: Schouppe 1854: Zepharovich 1865. Rose 1871, Hatle 1884. Zwischen 1900 und 1930 u. A. von Redlich wiederum zusammengefaßt. Neue, bestimmte Erwähnungen von Angel 1927.

Die schönsten am Berge gefundenen Kristalle wurden 4 bis 5 mm im Durchmesser. Häufig treten sie als Einlinge auf, aber schon von den genannten älteren Forschern wurden die Zwillinge erwähnt, die nach dem Gesetz des „eisernen Kreuzes“ gewachsen und vergleichsweise stets etwas größer als Einlinge sind. Ebenso ist diesen Forschern auch bereits aufgefallen, daß sich die Erzberg-Pyrite dadurch auszeichnen, daß sie gegensätzlich zum sonst so häufigen Verhalten glatte oder doch nur unauffällig gestreifte Flächen besitzen. Die Kristalle sind hell speisgelb, blank, modellscharf ausgebildet.

Kristalltracht. Alle Beobachter erkannten den Fünfeckszweiflächner (210) als den hervorragendsten, stetigen Kombinationsträger, meist sogar als einzige Form. Doch treten ein paar andere Formen hinzu. Z. B. als kleine Eckenstutzer das Oktaeder (111), beobachtet von Zepharovich und Hatle, der Würfel (100) als Kantenstutzer (Zepharovich), einmal wird von Zepharovich auch das Didodekaeder (321) angegeben, und endlich führen er und Rose jenen flacheren Fünfeckszweifler (430) an, von welchem letzterer aussagt, er sei kennzeichnend für solche Eisenkiese, die schöpferisch mit Eisenspat verknüpft sind! Bedenkt man, daß während einer nun 73jährigen Beobachtung bloß zwei Forscher an den immerhin einigen hundert durchgesehenen Eisenkieskristallen diese Beobachtung, die geradezu eine Schlüsselstellung bedeutet, machen konnten, so erhellt schlaglichtartig die Bedeutung der genauen, gewissenhaften Überlieferung.

Die Heimat dieser genannten Kristalle sind z. T. die „Zwischenschiefer“ und andere, in unzusammenhängenden Lagen und Fetzen im Erz schwimmenden, gelben oder gelbbraunen Tonschiefer, in welche stets auch Erzadern eindringen. Da aber Tonschiefer eigenen Eisenkies enthalten können, so ist zur Ergänzung die Beobachtung Roses wichtig, daß ein Teil der Kriställchen aus körnigen Eisenspatmassen stammen müsse, sowie jene Angels (1927), daß diese Eisenkiese in den „Knotenschiefern“ tatsächlich Eisenspatgefährten sind, daß sie in gleicher Ausbildung in Ankeritgängen, von Ankerit eingeschlossen vorkommen, daß sie auch bei Vererzung von Dolomitmassen neben Ankerit und Eisenspat, bzw. neben einer mit der Vererzung gehenden Gangdolomit-Kristallisation einhergehen: Eisenkies I.

Endlich haben auch schon die älteren Beobachter hervorgehoben, daß die betreffenden Tonschiefer „gebleicht“ erscheinen. Diese Bleichung ist — wie betont werden muß — keine Zersetzungerscheinung, sondern bloß durch Abwanderung eines ehemaligen, sonst in unseren Tonschiefern häufigen Graphit-Pigmentes bedingt. Der Zusammenhang des Bleichens mit der Vererzung ist indes ganz augenfällig. Und gerade in solchen Tonschiefern liegen oft die beschriebenen Eisenkiese.

Somit sind sie sichere Angehörige der Eisenspat-Paragenese.

Ferner kenne ich Handstücke aus dem Pflinz, in welchem Nester von Eisenkies, verbunden mit Kupferkies auftreten. Die Altersfolge ist klar ablesbar: Eisenspat — Eisenkies — Kupferkies! Diese Mineralgesellschaft gehört somit ebenfalls unzweifelhaft zur Eisenspat-

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
Paragenese: Eisenkies II., vertritt wahrscheinlich einen Magnetkies.

Man findet Eisenkiesnester auch in Liegendenschiefern der Lagerstätte, z. B. in den Kieselschiefern am Reichenstein-Nordfuß, im Erzbachgrabenhintergrund, auch in Tonschiefern der Donnersalpe. Hier ist ein Zusammenhang mit der Vererzung nicht erkennbar. Diese Kiese teile ich demnach lieber einer ganz gewöhnlichen Sediment-Paragenese zu.

Eisenkies-Nachfahren: Limonit, Alaun (?), Bittersalz, Schwefel.

An zahlreichen Stellen des Berges und seiner Umgebung ist der Eisenkies der Verwitterung, bzw. dem Angriff von Grubenwässern ausgesetzt. Wo er ihnen erliegt, kommt es zur Umbildung und Neubildung auf seine Kosten.

Brauneisen (Limonit). Pseudomorphosen dieses Minerals nach Eisenkies sind seit langem immer wieder angegeben worden. Wie versuchsmäßig nachgeprüft werden konnte (Benes 1927, zit. bei Leitmeier 1937) vollzieht sich folgender Wandel: Der Eisenkies oxydiert zu Ferrosulfat, weiterhin zu Ferrisulfat, dieses spaltet Ferrihydroxyd ab und liefert andererseits ein basisches Ferrisulfat, welches schließlich ebenfalls Ferrihydroxyd abscheidet und freie Schwefelsäure abspaltet.

Das so erzeugte Ferrihydroxyd wird Brauneisen (mineralisiertes Eisenhydroxyd-Hydrogel) und kann weiterhin kristallin werden. Die freie, freilich sehr verdünnte Schwefelsäure aber vermag weiter zu wirken.

Aus der ganzen Erzbergumgebung, wo Kiesgehalt auftauchte, und auch am Berge, z. B. an der Zirkus-Westseite, auf der Wand zwischen den Stufen 3 und 4, von den Leitern aus erreichbar, gibt es weiße Ausblühungen. H. Meixner hat sich 1931 die Mühe genommen, sie näher zu prüfen: Es handelt sich um reine Bittersalzmassen ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$), die sich bei Zwischenwirkung schwefelsaurer Wasser mit z. B. Dolomit, allgemein mit magnesiumkarbonatreichen Lösungen oder diesem Salz selber ergeben.

Ältere Autoren bis zu Redlich vermuteten in solchen Ausblühungen Alaun. Der Beweis ist aber dafür nie erbracht worden, und es erscheint den Beschreibungen nach wahrscheinlich, daß es sich dabei ebenfalls um Bittersalz handle.

Die Natur leitet den Zersetzungs Vorgang am Eisenkies aber auch in einer anderen Richtung, wenn man Zepharovich (1861) und Hatle (1885) glauben darf. Sie beobachteten in einem Hohlraum einer Limonit-Bresche etwas Staub und Körnchen von Schwefel.

Die Bresche bestand aus Quarz- und Tonschieferbrocken, ferner etwas Kalk- und Eisenspatbrocken, alles verkittet durch Limonit. Sie leiten den Schwefel her aus dem Zerfall von Eisenkies, der anderseits wieder Limonit geliefert haben müßte. Derartige Schwefelentstehung wird auch von anderen Lagerstätten angegeben, allerdings auch von anderen sulfidischen Erzmineraleien, nicht allein von Eisenkies. Bei dem spärlichen Beobachtungsmaterial liegt diesbezüglich die Frage doch noch offen.

Abschließend kann als gesichert gelten, daß Alaun bis auf weiters auszuschließen ist, und Limonit, Bittersalz und Schwefel als eine Nachfahren-Mineralbildung aus Gliedern der Eisenspat-Paragenese und auch des Tonschiefer-Eisenkieses, der da nicht hineingehört, anzusehen sind.

Arsenkies (Fe As S).

Beobachter: Zepharovich 1865; Hatle 1870.

Dieses Mineral ist am Erzberg selten. Ganz charakteristisch erscheinen jene Kristalle, von welchen Zepharovich berichtet, und die aus dem Maximilian-Stollen stammen.

Wählt man die Kristallaufstellung nach Gampfer (ebenso Tschermak), so stellt sich Wuchs und Tracht folgendermaßen dar: Wuchs nach [001] gedrungen prismatisch. Trachtbeherrschend M (110), bezeichnenderweise leicht gekrümmt (Hatle), den Kopf abschließend r (014), nach [100] kräftig gerieft, und als örtliche Kennform gelegentlich in Kombination l (011). Das ist ein Typus zwischen den Typen Munzig (II a) und Freiberg (II b) (Maucher, Bildungsreihe d. Mineralien 1914. Freiberg i. Sa.).

Die Kristalle erreichen 7 mm Querdurchmesser und sind häufig gelb angelauten. Sie treten einzeln oder in Gruppen auf, eingewachsen in gebleichte Tonschiefer, wo sich ihnen grauer Gangquarz, dem Tonschieferfetzen eingeschlossen sind, und späterer Eisenspat zugesellt. Auch körnige Aggregate treten daneben auf. Diese leiten über zum zweiten Vorkommen des Erzberg-Bereiches.

Das ist die Hirschegg-Alpe am Polster (Hatle 1870). Hier fand man Kornansammlungen ohne deutliche Kristallflächen, in Begleitung von Kalkspat.

Interessant ist nun ein Vergleich dieser Arsenkiese mit jenen der ganz verwandten Lagerstätten Mitterberg (Salzburg) oder auch Neuberg (Obersteier). Darüber teilte mir Heinz Meixner ganz entsprechende Einzelheiten mit. In Neuberg ist das Muttergestein vielleicht ein Porphyroid. Jedenfalls aber ist es in allen erwähnten Fundorten der Beachtung wert, daß der Arsenkies bestrebt erscheint, aus

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
gangartigen Bildungen abzuwandern in die Nebengesteine, besonders wenn diese tonschiefrig oder porphyroidisch sind. Das Verhalten ist also ähnlich dem Eisenkies!

Diese Arsenkiese sind trotz ihrer Seltenheit wichtige, typische Glieder der Eisenspat-Paragenese!

Fahlerze (Tetraedrit, Spaniolit).

Beobachter: Zepharovich 1873, Hatle 1883, Redlich 1916, 1923.

Beide in Betracht kommenden Fahlerze sind Antimonfahlerze, also ungefähr (Cu_3SbS_3), wobei für Cu im gemeinen Fahlerz oder Tetraedrit auch etwas Silber gefunden wurde, und wohl auch Eisen und Zink, wie so häufig in Fahlerzen; im Spaniolit (Quecksilberfahlerz) tritt für Kupfer in beträchtlichen Beträgen Quecksilber ein.

Für den Erzberg sind die Nachrichten über diese Erze sehr spärlich. Zepharovich nennt „Spuren“ von gemeinem Fahlerz (aus dem Maximilian-Stollen); es steckt dort zusammen mit derbem Quarz (als Gangartvertreter) im Eisenspat. 1884 berichtete Hatle von „kleinen Partien“ dieses Erzes, eingesprengt in Quarz, ohne nähere Ortsangabe. Wahrscheinlich stammen diese auch aus dem Maximilian-Stollen. 1916 erwähnte Redlich, leider auch ohne nähere Ortsangabe vom Erzberg „Schnüre“ und Einsprenglinge.

Vom Polster beschrieb Tschermak 1866 Spaniolit (auch als Schwazit bezeichnet) mit 13.2 % Hg. Es handelt sich wieder um ein Vorkommen mit Spateisen (Zepharovich). Das Erz steckt in einer Gangquarzmasse, als Putzen („Partie“). Auffällig ist seine Umwandlung an der Oberfläche. Es kann da direkt zu einer Pseudomorphose von Zinnober nach Fahlerz kommen, und es wird dieser Zinnober auch vom Fahlerz hergeleitet (sekundäre Zinnober). Außerdem treten als Umbauprodukte des Polster-Fahlerzes noch „Antimonoxydhydrat“ und Malachit auf. Bedeutsamerweise berichtet Zepharovich, daß der Spaniolit am Polster auch von Eisenkies begleitet sei und im Spateisen stecke.

Zusammenfassend: Das Fahlerz sowohl vom Berg selber, als auch vom Polster gehört sicher zur Eisenspat-Paragenese. Es wäre zu wünschen, daß wieder einmal am Berge selber ein Fahlerz gefunden und geprüft wird, um zu entscheiden, ob es sich dort vielleicht um zwei Dinge handeln kann? Um silberhaltiges Fahlerz und um Spaniolit, oder nur um eines davon. Ein so geringer Ag-Gehalt, wie er vom Erzberger „Tetraedrit“ angegeben wurde (die Bezeichnung Silberfahlerz wäre für dieses Mineral ungerechtfertigt), verträgt sich nämlich ganz gut auch mit wechselnden Hg-Gehältern, so daß eventuell nicht zwei gut geschiedene Fahlerzarten, sondern bloß eine mit ge-

ringen Abänderungen in Hg vorliegen könnte. — Die übrigen mineralischen Begleiter außer Eisenkies und Eisenspat gehören nicht mehr zur Eisenspatparagenese, sondern sind deren durch Umbildung entstandene Nachfahren.

Angebracht erscheint hier ein Hinweis auf die Fahlerzkonzentration in der Radmer. Die Eisenspatlagerstätten von der Radmer und vom Johnsbachtal sind ja grundsätzlich ganz verwandt mit jener des Erzberges und ihr auch räumlich benachbart. In der Radmer gibt es nun Erzteile, in welchen Fahlerz und der später noch zu erörternde Kupferkies sich anreichern, wogegen Eisenspat zurücktritt. Es ist hier dasselbe, etwas silberhältige Fahlerz (Tetraedrit) seit langer Zeit (Z e p h a r o v i c h 1859 z. B.) bekannt, wie es am Erzberg vorkommt. Es ist für die Beurteilung der Lagerstätte wichtig zu wissen, daß es örtlich bei diesem Lagerstättentypus zur Umkehrung des Mengenverhältnisses Kupfererze : Eisenerze kommen kann, die so weit reicht, daß — wie in der Radmer oder wie in Mitterberg im Salzburgerischen — sich auf diese Weise aus der Eisenspatlagerstätte eine sulfidische Kupfererzlagerstätte entwickelt.

Dort ist dann der Eisenspat gewissermaßen Gangart, Fahlerz und Kupferkies dagegen sind „das Erz“.

Kupferkies (Cu Fe S_2).

Beobachter: Schoupe 1854, v. Cotta 1859, Hatle 1884, Redlich 1916.

Auf Grund der Quellenangabe glaube ich auch hier zwei Paragenesen trennen zu sollen. Derben, bzw. verstreut eingesprengten Kupferkies beobachtete man nämlich einerseits zusammen mit Eisenkies im hinteren Sauerbrunngraben am Fuß des Reichensteins nesterbildend im Tonschiefer, allein sehr selten. Kristalle davon sind nicht gefunden worden. Diesen Kupferkies möchte ich nicht zur Eisenspatparagenese rechnen, sondern eher in eine den Tonschiefern eigene, sedimentär begründete Mineralgesellschaft.

Außerdem aber berichtet H a t l e von derbem Kupferkies „am Erzberg“, R e d l i c h nennt ihn als „verstreut in der Erzmasse“, also jedenfalls ebensowenig häufig, wie etwa das Fahlerz am Berge.

Es hat den Anschein, als ob dieser Kupferkies Genosse von Quarz und Ankerit auf kleinen Gangtrümmern im Erz wäre. Damit hätte er seine Heimat in den tausenden von kleinen Kanälen, welche die Erz-Hauptmasse durchschwärmen und — wenn auch spärlich — allershand Erzminerale mit sich führen. Denkt man noch an das gemeinsame Auftreten von reichlicherem Kupferkies neben dem Kupferfahlerz in der Radmer, so kann man nicht mehr im Zweifel sein, daß dieser Kupferkies der Eisenspatparagenese angehört.

a) Kupferminerale. Allenthalben, wo Fahlerz und Kupferkies auftauchen, ergibt sich auch die Gelegenheit zur Bildung von Malachit ($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$) und Kupferlasur ($2 \text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$), welche die genannten Erze als Rinden überziehen oder in ihrer Gesellschaft Krusten bilden. Der Angriff der Tagwässer in der Lagerstätte führt zu dieser Rindenbildung.

Besonders schöne oder auffallende Vorkommen dieser am Berge zweitgeborenen Mineralien gibt es ja nicht, es sei aber immerhin der Fahlerzort am Polster als Beispiel angeführt.

b) Antimonminerale. (Tschermak 1866). Wie schon erwähnt, entwickeln sich aus dem Spaniolit des Polster Sb_2O_3 -Oxydhydratkrusten, deren Natur aber des näheren bis heute nicht voll geklärt worden ist. In Betracht kämen Antimonocker wie

Stibiconit ($\text{H}_2\text{Sb}_2\text{O}_5$) oder Stibianit ($\text{H}_2\text{Sb}_2\text{O}_6$). (Stiblich, an den man ehemals denken konnte, ist wahrscheinlich ein Gemenge).

Wichtig ist, daß auch diese Sb_2 -Mineralien zweitgeboren sind, im gleichen Sinn, wie dies oben für Malachit und Kupferglasur geltend gemacht wurde. Sie gehören nicht schon ursprünglich zur Eisenspatz-Paragenese.

Antimonglanz? (Sb_2S_3).

Hier möge noch ein anderes Sb_2 -Mineral genannt werden, der Antimon- oder Grauspießglanz. Cotta erwähnte 1859 sein Vorkommen am Erzberg, ohne näher darauf einzugehen. Seither wird er als Erzbergmineral nicht mehr erwähnt, auch nicht von benachbarten, verwandten Lagerstätten.

Die Art, wie Cotta ihn anführt, ist sehr interessant: er zählt ihn auf unter den „Einmengungen sehr untergeordneter Natur“, neben Eisenglimmer, Eisenkies, Kupferkies, Zinnober!

Es ist möglich, daß bezüglich des Antimonglanzes ein Irrtum oder eine Verwechslung vorliegt, aber der Natur nach ist eine Bestätigung nicht ausgeschlossen.

Bleiglanz (PbS).

Beobachter: Hatle 1884, Redlich 1916.

Nach Hatle sind (sicherlich nur ganz selten) körnig-blättrige Partien von Bleiglanz verwachsen mit Quarz und Brauneisen gefunden worden (Belegstücke im Joanneum). Wenn Redlich sich äußert, daß Bleiglanz verstreut in den Erzmassen und im Zusammen-

hänge mit den oben schon einmal erwähnten kleinen Gangtrümmern vorkäme, so stimmt dies zur Hatle'schen Aussage.

Von der Radmer und vom Johnsbachtal wird über Bleiglanz nichts berichtet.

Zinnober (Hg S).

Beobachter: Atzl und Pantz 1814, Anker 1955, Zepharovich 1859, Tschermak 1866, Hatle 1884, Redlich 1916, 1923, und mehrfach Funde bis in die heutige Zeit.

Schon aus der Beobachter-Aufzählung geht hervor, daß Zinnober am Berge nicht sehr selten ist, erstrecken sich doch die Nachrichten über ihn von 1814 bis auf heute, also über einen Zeitraum von 125 Jahren, und es ist nicht etwa der Fall, daß die verschiedenen Nachrichten stets nur dieselben Stufen in Händen hatten.

Bezüglich dieses Minerals weiß man Folgendes: Man trifft es sowohl in Nestern mit spätig entwickelten, zinnoberroten Körnern, als auch in winzigen, kleinen Kriställchen, deren Formen ich jüngst nachgemessen habe. Darnach sind die stets kleinen, vollendeten Kriställchen umkleidet vom Standflächenpaar $c = (0001)$ und vom Sechsrautner $h = (20\bar{2}3)$, Der Winkel $h/c = 41^{\circ}10'$ (gemessen) gegen $41^{\circ}24'$ (berechnet). h ist der unbedingt herrschende Trachtträger.

Über besonders bemerkenswerte Funde wäre mitzuteilen: Atzl und Pantz berichteten 1814, daß im Appoloniastollen ein ganzer Zinnober-Stock gefunden worden sei, der aber bald verstürzte. Hier handelt es sich jedenfalls um grobspätige Massen, eingebettet in den Spateisenstein selber. — Eine der interessantesten Stufen von Zinnober ist die „Sulzbacher-Stufe“ von der Abbaustufe Schiller, also ebenfalls auf dem Erzlager selber. Von ihr berichtete Sigmund 1911, Sulzbacher hatte sie 8 Jahre zuvor gefunden. Sie zeigt körnigen Eisenspat mit etwas Zinnober an verschiedenen Stellen und besitzt kapillare Klüfte, an deren Wänden stecknadelkopfgroße Tröpfchen von gediegen Quecksilber (Hg) haften. Was an der Stufe besonders bemerkenswert ist, das ist die relative Menge von gediegen Hg. Die Stufe ist heute im Joanneumsbesitz. Interessant sind ferner die kleinen Zinnober-Lagerstätten in naher Erzberg-Umgebung, aber außerhalb des Erzberg-Erzkörpers, wie in den Kalcken der Zölz und beim Krumpensee, also an der Reichenstein-Südseite. Aus dem Lager über dem Krumpensee konnten 1855/56 etwa 100 bis 150 kg Hg gewonnen werden!

Auf Stufen aus dem Joanneum, die aus den Jahren 1912/15 stammen, konnte ich folgendes beobachten: Im Pflinz treten unregelmäßige Klüfte auf, deren Wand zunächst von Eisenspatköpfen gebildet wird. Darüber wächst lückenhaft gelber Ankerit, auf diesen

© folgt milchigweißer Quarz, und etwas Pyrit II (nach Kupferkies) wurde hier vergeblich gesucht). Hernach wird Zinnober spätig abgesetzt und heilt auch junge Risse in Quarz und Ankerit aus, er hält sich überhaupt gern auch an die Grenze Quarz=Ankerit. Ferner sah ich im feinen Pflinz Hohlräume, die mit Eisenspat bekrustet waren, im übrigen aber ausgefüllt durch den oben beschriebenen Quarz und mit Zinnober. Hier fällt demnach der Ankeritabsatz und der Kies aus!

Paragenetisch verschieden erscheinen folgende Fälle:

a) Zinnober in Begleitung von Spaniolit (Polster, nach T s c h e r m a k). Diesen Zinnober sah schon T s c h e r m a k als „sekundär“ an, er ist ein Nachfahr des Spaniolites unter dem Einfluß der Hutzone.

b) Zinnober als spätige Masse, in geschlossenen, vollständig erfüllten Klufträumen, in der Paragenese Eisenspat=Ankerit=Quarz=Zinnober, wie oben im Einzelnen dargelegt, mit Einschaltung von Eisenkies vor Zinnober. Diesen Zinnober spreche ich als „primär“ an, als Glied der Eisenspatparagenese. Gleichzuhalten sind die Paragenesen mit jüngerem Kalkspat.

c) Zinnoberkriställchen auf Spateisenkristallen, die in Limonit übergehen. Auch diese sehe ich im Sinne von b) als primär an. Die Ursache des verschiedenen Auftretens b) und c) könnte man sich etwa so zusammenreimen:

Eine Zeitlang war der Stoffverkehr auf den Klüften so stark, daß sie schon durch Ankerit und Quarz nahezu ausgefüllt werden konnten und der sich anschließende Zinnober nur mehr die letzten Lücken in solchen Hohlräumen schließen konnte. Es blieb dabei kein Raum zur Entwicklung von Kristallen. Aber nicht für alle Klufträume reichte der Ankerit=Quarzvorrat, und überdies mochten sich auch neue Klüfte im bewegten Erzkomplex auftun, als der Absatz Ankerit=Quarz schon am Ende war. Da gab es dann Klüfte mit Eisenspatauskleidung allein. Der Zinnoberabsatz ging aber weiter und so konnten sich nun Zinnoberkriställchen in noch offenen Hohlräumen direkt auf den Spateisen=Kristallflächen absetzen. Die Umwandlung in Brauneisen setze ich hier später an als den Zinnoberabsatz.

Gediegen Hg als Nachfahr zum Zinnober.

Beobachter: Redlich=Cornu 1908, Sigmund 1911.

Redlich=Cornu beobachteten Tröpfchenquecksilber auf Spateisen=Stufen des Erzberges ohne Zinnober als Begleiter, und schlossen daraus, dieses gediegen Hg gehöre zu primären Hg=Mine-ralien am Erzberg.

Sigmund beobachtete aber den Zinnober daneben, von dem er angibt, das sei Restzinnober, d. h. er setzt voraus, daß z. B. auf

der Sulzbacher Stufe einst viel mehr Zinnober gewesen sei, aber sich zersetzt habe unter Hg₂-Erzeugung.

Bringt man die feststehenden Tatsachen in einen Zusammenhang, so ergibt sich daraus, daß wohl das gediegen Hg aus der Umsetzung von sulfidischen Hg₂-Erzen (Zinnober, Spaniolit) gebildet worden ist, daß es sich aber gelegentlich vom Ort der Umsetzung entfernt und anderwo abgesetzt habe. Das wäre nicht verwunderlich.

Sigmund meint, daß z. B. bei der Zinnober-Zerfällung einerseits dieses Hg erübrige, der andererseits frei gewordene Schwefel aber oxydiert und in Oxydform abgezogen sei.

An der Nachfahr-Natur des Hg am Erzberg und etwa der Umgebung hege ich keine Zweifel. Prozesse, welche aus dem Zinnober Hg frei machen, kennen wir in ziemlicher Zahl, darunter sind ja auch jene, welche bei der Gewinnung von Hg aus Zinnober Anwendung finden. Ich weiß aber gegenwärtig keinen Prozeß anzuführen, welcher unter so niederen Temperaturen diese Abscheidung bewirkt, als sie — den natürlichen Umständen nach zu schließen — hier vorausgesetzt werden müssen. Somit ist die Klärung dieser Hg₂-Produktion noch eine offene Frage.

Die Tröpfchenfunde am Berg sind, wie die Beobachterliste zeigt, geringen Alters. Daher kommt für die Hg₂-Genesis am Berge sogar schon in Betracht eine Reaktion mit metallischen Werkzeugen oder eine Reaktion mit Kalk bei lokal erhöhter Temperatur (Feuersetzen, Sprengen u. dgl.).

Damit wäre der Reigen der sulfidischen Paragenesenteilhaber und ihrer Nachfahren geschlossen, und wir lassen oxydische Erze folgen.

Eisenglimmer (Fe₂ O₃).

Beobachter: Anker 1835, Hatle 1885, Redlich 1916.

Diese blättrige Abart von Eisenglanz (Hämatit) begleitet nach Anker fast alle Spateisen-Anbrüche Obersteiers. Dies bestätigt auch Hatle. Aber schon er erwähnt, daß auch „dichter Roteisenstein“ am Erzberg vorkomme, und Redlich berichtet, daß „Eisenglanz sich findet als Mineral des eisernen Hutes oft gemischt mit Limonit, seltener Plättchen oder als Verdrängungs-pseudomorphose nach Siderit und Ankerit“.

Diese Angaben lassen deutlich zwei Paragenesen ersehen, die nicht ebenbürtig sind. Es wären auch noch neue Funde erwünscht, welche die Angabe „pseudomorph nach Siderit oder Ankerit“ neuerdings stützen können. Was ich diesbezüglich dem Augenschein nach

kenne, sind entweder Pseudomorphosen von Limonit nach Eisenspat (aber noch nicht Roteisen darnach) oder Verwachsungen von Eisenglimmer mit Ankerit, bzw. Nester von Eisenglimmer im Pflinz.

Die zwei verschiedenwertigen Paragenesen wären demnach

a) Eisenglanz als Teilhaber an der Eisenspatparagenese; da bildet er blättrig aufgebaute Nester oder verwächst auch mit graugelbem Ankerit in gangartigen Hohlräumen des Pflinzes. Diesem Auftreten würde ich allenfalls Turmalin zuordnen, von dem noch später die Rede sein wird.

Um einwandfrei nachzuweisen, daß dieser Eisenglimmer einer Zwischenphase sein Dasein verdanke, in welcher er unter Zerstörung von Eisenspat (oder Ankerit) aufgebaut wurde, fehlt mir für den Erzberg die Unterlage.

Nun läßt sich aber nach der Arbeit F r i e d r i c h s über Waldenstein (1929/30, Berg- u. Hüttenmännisches Jahrbuch, B. 77, S. 141 ff.) ein Vergleich anbahnen. F r i e d r i c h hat sich ja sehr genau mit der dortigen Paragenese auseinandergesetzt, und seine Darlegungen darüber sind so durchsichtig, daß man sich auch selber davon ein überprüfbares Bild machen kann. Auch dort tritt der grobblättrige Eisenglimmer zusammen auf mit Ankerit und Eisenspat. Auf eine Eisenspatphase, die wiederum einer Ankeritphase gefolgt war, wird Eisenglimmer auskristallisiert, und hernach folgt neuerdings eine „klare“ Eisenspatphase, die sich mit sulfidischen Erzen verbindet. F r i e d r i c h bringt gute Gründe dafür vor, daß der blättrige Eisenglimmer die Späte verdränge, und daß eine Bewegungsphase („Orogenese“) diesen Prozeß wesentlich bedinge. Die Fortsetzung des Erz- und Spatabsatzes spielt sich in Waldenstein dann wieder posttektonisch ab.

Ich möchte grundsätzlich diesen Gedankengang auch auf den Erzberg ausdehnen. Aber ich möchte jene verstärkte Bewegung im Berg, die den Eisenglimmer auf Kosten von Eisenspat erzeugte, nicht in den Rang einer eigenen Orogenese erheben. Dazu erscheint sie mir doch zu geringfügig und von zu örtlichem Wirkungskreis. Nicht einmal am Erzberg selber greift sie auch nur einigermaßen sichtbar durch oder drückt seiner Tektonik entscheidende Züge auf. Es handelt sich also hier wohl nur um eine stärker bewegte Zwischenphase im Gesamtgeschehen. Und — das habe ich oben mit der Heranziehung von Turmalin angedeutet — ich möchte in diese Phase auch pneumatolytische Reaktionen hereinziehen und sie, ebenso wie die Bewegung, rasch wieder abklingen lassen.

In dem hier vorgetragenen Sinn gehört dann der Eisenglimmer als Episode ebenfalls in die Eisenspatparagenese.

b) Eisenglanz als dichter Roteisenstein, „im Hut“. Wie sehr der Eisenspat am Berge eine Umwandlung in Brauneisen erleidet, darauf wird noch zurückzukommen sein. Es ist aber verständlich, daß sowohl in den Brauneisen-Pseudomorphosen nach großen Eisenspaten, als auch in den Brauneisenmassen nach körnigem Pflinz die Entwicklung vom Brauneisen zum dichten oder feinstkörnigen Roteisen weiterschreiten kann und nach den Berichten auch weitergeschritten ist. Das ist aber eine Entwicklung von Nachfahren des Eisenspates, welche mit der Eisenspat-Paragenese ursprünglich nichts zu tun hat. Es ist eine Angelegenheit der Naturgeschichte des sekundär erzeugten, eisernen Hutes.

Über die Entstehung von Eisenglimmer und Magnetit in Eisenspatlager gibt es überhaupt geteilte Ansichten.

1. Jene von Friedrich, welche die Reaktion Eisenspat — Eisenglimmer, in eine orogenetisch bedeutsame Phase der gesamten Erzschöpfung, die dann noch weiter dauert, einordnet.
2. Die Ansicht von Kuhara (Japan, 1925), welche vermeint, durch Versuche genügend gestützt zu sein: Die Eisenglimmerbildung könne erfolgen dadurch, daß eine Eisenchloridlösung z. B. auf Eisenspat einwirkt; analog soll Magnetit entstehen bei Einwirkung einer Eisenchlorürlösung auf Eisenspat. Die Versuche spielten bei 100° und wurden demnach als hydrothermale Zeugungsprozesse beurteilt.
3. Die darauf beruhende Ansicht von Petraschek, welcher grundsätzlich denselben Erfolg zu erreichen vermeint, wenn er Ferrisulfat, bzw. Ferrosulfat auf Eisenspat einwirken läßt. Doch spielt sein ganzer Prozeß im Hut unter Huteinflüssen. Das begründet Petraschek damit, daß er Eisenglimmer bloß in Sohlen unter dem Hut findet (Mitterberg), nicht in größerer Teufe.
- 1a. Magnetit in Eisenspat (Pitten) gilt bei Petraschek aber nach Muster 1 als dislokationsmetamorpher Abkömmling von Eisenspat.

Dazu: Die Gültigkeit der Ergebnisse Kuharas und ihr Wert wurde von Schneiderhöhn angezweifelt. Eine Überprüfung mittels Wiederholung ist mir aber noch nicht bekannt geworden. — Ich glaube nicht, daß angesichts dieser Sachlage (Bedenken Schneiderhöhns gegen die Methodik Kuharas und seine Diagnosen) der Kuharasche Gedankengang ausgedehnt werden darf, indem man den Prozeß gedanklich nun auch mit Sulfat durchführt und auf den Lagerstättenprozeß überträgt. — Genese im Hut geht auch deswegen schwierig, weil ja dem Eisenglimmer abermals eine Spatphase folgt (Waldenstein!).

Ich habe daher das Schwergewicht lieber auf eine etwas stärker pneumatolytisch betonte Zwischenphase gelegt, die örtlich und zeitlich, episodenhaft, aus Eisenspat den Eisenglimmer und mit noch mehr Beschränkung auch Magnetit am Erzberg erzeugt.

Magnetit. (Fe_3O_4).

Beobachter: Hofmann 1884.

Es liegt ein einziger Fund vor, der in einem Eisenglanzvorkommen am „Rössel“, Reichensteinbereich, gemacht worden ist. Der Magnetit konnte daselbst in Form kleiner Oktaeder beobachtet werden. Seine paragenetische Bedeutung ist aus diesen wenigen Daten nicht ersichtlich. Wenn man ihn der Eisenglimmer-Zwischenphase beiorndnet, so kann dagegen vorläufig nichts entgegnet werden.

Eisenspat (Fe CO_3).

Beobachtung laufend seit der Erschließung des Berges.

Reiner Eisenspat sollte 48.3 % Fe enthalten. Auch dann wären ihm von Natur aus einige andere Eisenerze überlegen: Magnetit 72.4 %, Eisenglanz 70.0 %, Brauneisenabarten 63—58.9 % Fe in der theoretisch reinen Zusammensetzung!

Nun enthält aber der Erzberg-Eisenspat noch natürliche Beimengungen, die seinen Fe-Gehalt herabsetzen. Für den Mineralogen sind Analysen von Eisenspat-Kristallen besonders von Interesse, für den Bergmann aber Analysen jener Kornmassen, die für ihn als Erz in Frage kommen. Die Folge dieser verschiedenen Bedürfnisse ist es, daß wir bis heute von Erzberger Eisenspatkristallen nur ganz spärlich in chemischer Hinsicht unterrichtet sind, ein Mangel, der in nächster Zeit beseitigt werden muß. Es ist an dieser Stelle notwendig, die wenigen Quellen des Wissens um solche Eisenspate in ihrer heutigen Unzulänglichkeit vorzuweisen.

a) Analyse „von Karsten“ veröff. 1837!! (CO_2 von mir ergänzt. Angel.)

Fe O	55.64	entspr. 43.1 % Fe.
Mn O	2.80	
Mg O	1.77	
Ca O	0.92	
C O ₂	38.87	

Summe 100.00.

Diese noch heute wichtige Analyse wurde in dem von Karsten und v. Dechen geleiteten Archiv f. Min., Geognosie, Bergbau

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
und Hüttenkunde, Berlin, ab 1829 veröffentlicht (Band 9, S. 220, Jahr 1837).

Sie benutzte R a m m e l s b e r g 1875 (Mineralchemie, II. Aufl., Teil II, S. 235), und von ihm ausgehend wurde sie dann immer wieder zitiert (D o e l t e r, Handbuch 1912, R e d l i c h 1916, H i n t z e 1930). Es wuchs weder eine Vervollständigung, noch eine Neuanalyse zu!

Dabei hat die Analyse alle Mängel einer Teilanalyse. Man hatte davon weder eine Rückstands-, noch eine Kohlensäurebestimmung.

b) Im Verfolg seiner genetischen Arbeiten über Spatmagnetit und Eisenspat hat auch R e d l i c h (1913) mit G r o ß p i e t s c h Analysen veröffentlicht, welche über Eisenspatkristalle vom Erzberg einiges Licht verbreiten. Daß es sich nicht um Erzanalysen, sondern um jene von Eisenspatkörnern handelt, wenn auch um solche, die nicht frei entwickelt, sondern eingewachsen sind, geht aus R e d l i c h s Hinweisen mit Abbildungen hervor.

Er berichtet von einem Eisenspat mit 94.63 % FeCO_3 , der Rest auf 100 bleibt unerörtert, ferner führen wir folgende seiner Analysennummern hier an:

	Nr. 29: (Fe)	Nr. 35: (Fe)
FeCO_3	96.16 (46.1 %)	95.88 (46.1 %)
MgCO_3	2.46	1.37
CaCO_3	1.14	2.45
Unlös.	0.24	0.30
	<hr/> 100.00	<hr/> 100.00

Auch dieser Einblick ist sehr unbefriedigend, denn MgO wurde aus der Differenz bestimmt (R e d l i c h), und wie die Summe 100 zeigt, hat die Rechnung hier eine Rolle gespielt, hingegen liegen keine Angaben über Mn -Beteiligung vor, die doch schon nach der Karsten-Analyse gar nicht unwesentlich ist.

Zusammenfassend darf man auf Grund dieser wenigen Ermittlungen über die Chemie von Erzberg-Eisenspatkristallen nur sagen, daß sich ihr Fe -Gehalt zwischen 40 und 43 % bewegt, daß Mangan bis 2.80 % MnO beobachtet wurde, MgO und noch mehr aber CaO , nur in geringen Mengen in solchen Spaten zu finden waren. Auch das Unlösliche (SiO_2) spielt keine Rolle.

Kristallkundlich ist von den Erzberg-Eisenspaten ebenfalls noch wenig bekannt. Meist handelt es sich übrigens nur um einfache Grund-Sechsrautner ($10\bar{1}1$), H a t l e verzeichnet auch, daß eine Standardfläche (0001) manchmal gesehen worden sei, die den Sechsrautner abstutzt. Beobachtungen über Zwillingbildungen sind noch nicht veröffentlicht worden. Bemerkenswert ist der besonders bei größeren

Kristalldrüsen beobachtete facettierte Wuchs der Sechsrautnerflächen. Es gibt ja zahlreiche Eisenspat mit ganz ebenen Kristallflächen, aber auch solche, die Krümmung aufweisen, und bei Kristallen mit einigen cm Durchmesser zeigen sich die Flächenkrümmungen vergrößert zu einer Facettierung, deren Elemente einfach große, gegeneinander etwas fehlausgerichtete Gitterblöcke darstellen, mit Seitenlängen von wenigen mm. — Flußspat zeigen eine ganz entsprechende Erscheinung auf den Würfelflächen.

Die Farben der Kristalle wechseln sehr. Es gibt solche, die ganz hell gelbgrau auftreten (aus der großen Rohwandmasse beim Johannrücken und einigen anderen Stellen), häufiger sind gelbe, perlmutterig glänzende und braune Kristalle, bzw. auch Körner, und schließlich trifft man auch tiefbraune bis blauschwarz schimmernde Eisenspatformen, allein diese sind nicht mehr Eisenspat, sondern umgewandelt in Brauneisen mit mehr oder weniger Mn -Hydroxyd-Anteilen. Selbst ein so gewiegter Kenner wie A. Kern bemerkt, daß man sich bei der Bestimmung eines Fundes als Eisenspat oder als Ankerit nicht von der Farbe leiten lassen dürfe. Diese trägt.

Eisenspat-Nachfahren.

Unter dem Einfluß der Hutzone, bzw. deren Reagentien, nämlich der kreisenden Wässer, mit Kohlensäure beladen, unterstützt von Temperaturschwankungen, von sommerlicher Wärme und sprengender Winterkälte, unter dem Zutritt von Luftsauerstoff, und mit Nachhilfe des Menschen, der den Berg entblößt, angeschnitten und mit Stollen und Schächten durchzogen hat, setzt sich der Eisenspat mit großer Oberfläche um. Er verliert Kohlensäure, sein FeO oxydiert und bleibt als Brauneisen, die Eisenspatkristalle nachformend, liegen. Der Inhalt solcher Pseudomorphosen ist oft mulmig. Da auch der kristallinische Spateisenstein diesen Angriffen verfällt und lockeren Brauneisenmulm liefert, ist die Möglichkeit gegeben, den Mulm zu verschwemmen und ihn auf Spalten und anderen Hohlräumen anzureichern.

Atzl und Pantz berichteten schon 1814, daß bereits 8 Jahre genügen, um selbst größere Spateisenstücke auf der Halde gänzlich in „Braunerz“ oder „Blauerz“ umzuwandeln. Unter Braunerz hat man die manganarmen bis freien Brauneisenmassen nach Eisenspat zu verstehen, unter Blauerz diejenigen, in welchen Manganhydroxyde in größeren Mengen enthalten sind. — Eisenspatstücke, welche mit einer Brauneisenrinde von wechselnder Dicke versehen sind (1 bis mehrere cm!), kann man auch heute bei jeder Erzbergbegehung auf Halden und Stürzen sammeln. Diese Rinde erscheint braun, der Kern gelbgrau oder hellbraungrau.

Ein derartiges Stück, an dem die Brauneisenrinde um den Kern Konturen zeichnet, die vom Volk als Umrise einer Muttergottes mit dem Christuskind gedeutet wurden, fanden Bergleue 1669. Seit 1703 wurde dieses Stück im alten Knappenheiligtum der Barbarakapelle am Erzberg ausgestellt. Da die Barbarasiedlung aber mit dem fortschreitenden Abbau verschwinden muß, wird das mit der Erzberggeschichte so merkwürdig verknüpfte Stück, die „Wunderstufe“, wohl in eine Sammlung wandern.

Es liegen nun wiederum keine Brauneisenanalysen vom Erzberg selber vor. Wohl aber gibt es aus dem Jahre 1861/62 Analysen solcher Erze aus dem an den Erzberg im Westen anschließenden Gebiet des Tulleck und der Donnersalpe, es handelt sich im naturgeschichtlichen Sinn um dasselbe Mineral wie am Erzberg, und daraus erhält man ein vorläufiges Bild davon. Die Analysenurheber waren K. v. Hauer und A. Patera.

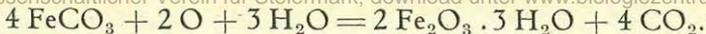
Beispiel: Brauneisensein vom Grubenfeld S a g a, Tulleckgebiet.

Gangart meist (SiO_2)	17.04 %
Fe_2O_3	66.10
MnO_2	0.40
MgCO_3	0.42
H_2O	14.90
<hr/>	
Summe	98.86 %
Darin Fe	45.83 %.

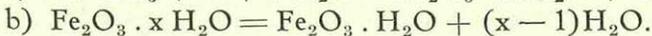
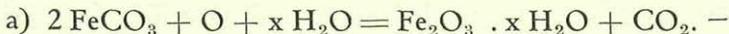
Eine Durchrechnung führt hier auf die Formel $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$. Es handelt sich dabei um eine überaus feinkristalline, im ganzen erdige Masse von lockerem Bau. Durch den bedeutenden Wassergehalt rückt dieses Erz noch von der Formel $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ab, welche dem Goethit (Nadeleisenerz) und Lepidokrokit (Rubinglimmer) zukommt. Aber es werden zwei Analysen von der Donnersalpe (Vingolf) und vom Tulleck angegeben, die der eben angeschriebenen Formel schon sehr genau entsprechen.

Für die Herkunft zeugend sind die kleinen Karbonatmengen dieser Brauneisenerze, und für die Bedeutung des Stoffverkehrs zeugend ist der schwankende, aber nie zu vernachlässigende Gehalt an SiO_2 . Bemerkenswert und praktisch wichtig ist ferner der Anstieg des Eisengehaltes bis zu 55.3 % (Grube Gefion, Tulleckgebiet). Mit der Brauneisenumwandlung veredelt die Natur den Eisenspat, wie oben gezeigt wurde, sogar in Zeiträumen die mit menschlichem Maß zu messen sind! So wie hier muß es sich auch am Erzberg verhalten.

Man hat den Prozeß Eisenspat \rightleftharpoons Brauneisenbildung in Formeln gegossen. So z. B. R e i b e n s c h u h (1903):



So erscheint der Vorgang auch im Lehrbuch der Mineralogie von Tschermak und Becke (1923) formelmäßig skizziert. — Ramdohr gibt denselben Vorgang formelmäßig etwas anders wieder:



In Worten: Der Spat wird bei Gegenwart von Wasser durch atmosph. Sauerstoff oxydiert, es bildet sich ein wasserreicher Hydroxydniederschlag, der schon von Anfang an nicht die Zusammensetzung des im Labor gefällten Eisenhydroxydes ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$) hat, sondern mit veränderlichen $x \text{H}_2\text{O}$ etwas wechselt, und dieser Niederschlag altert, schließlich wird daraus — $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, d. i. Nadeleisenerz.

Redlich berichtet 1923, er habe auf einer Spalte einen Stalaktiten von „Limonit“ gesehen. Das ist ja wohl dieses Nadeleisenerz gewesen.

Ein anderer Eisenspatnachfahr ist der Manganschaum (Wad), der Zusammensetzung nach wesentlich ein Manganhydroxyd bis Oxyd, das jetzt der Pyrolusitgruppe zugezählt wird (Ramdohr-Schneiderröhren, Erzmikroskopie 1931, S. 516). Seine Quelle ist der Mangangehalt der Eisenspaté, der bei der Umbildung in Brauneisen frei wird und sich — eigene Wege gehend — vom Brauneisen zu trennen sucht. Gelingt örtlich die Anreicherung des Manganminerals, so schlägt in den Pseudomorphosen nach Eisenspat eine tief blau-schwarze Farbe vor, und gelegentlich kommt es direkt zur Mn-Krustenbildung mit nieriger Oberfläche auf dem Brauneisen: Hartmanganerz oder Psilomelan auf einer Brauneisenstufe von Vorderberg. (Mohs-Heidinger 1825.)

So trennen sich bei der Nachfahren-Entwicklung Fe und Mn, die innerhalb der Eisenspatgaragenese im Eisenspat (und auch im Ankerit) vereint auftreten.

Im Nachhange zu diesen Mineralien sei kurz noch auf drei andere hingewiesen, die in irgend einer Weise hier anzuschließen sind.

Bohnerz vom Reichenstein-Gipfelflach. In Taschen des Reichenstein-Kalkes fand man Brauneisenbohnen. Ihr Gefüge wurde noch nicht weiter untersucht. Das müßte aber noch geschehen, wenn eine Zuordnung dieser Brauneisenkörperchen möglich sein sollte. Zum Bohnerz zählt man ja u. a. geröllige, bohnenförmige Brauneisenkörper mit schaligem Aufbau. Wenn dieser Aufbau beim Reichensteinbohnerz gefunden wird, dann kann man ihn nicht direkt mit dem Brauneisen des Erzberges in Verbindung bringen. Es ist aber mög-

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
lich, daß es sich einfach um Brauneisenbohnen handelt, die nicht diesen schaligen Aufbau haben, sondern den des festeren Erzberg-Brauneisens, oder jenen von Nadeleisenerz in den festen Stalaktiten. Das würde zu weitgehenden Folgerungen führen, denn die Reichensteinoberfläche liegt ja hoch über den Erzlagern, und man müßte sich überlegen, wie dorthin auf die alte Landoberfläche Erzberg-Brauneisen gekommen sein mochte. Jedenfalls steht das Bohnerz von der Eisenspatparagenese schon weit weg und könnte höchstens noch mit der Nachfahren-Paragenese zu tun haben.

Tschermak meldete ferner (1864), er habe auf Eisenerz Stufen Vivianitformreste beobachtet (Vivianit oder Blauisenerz = $\text{Fe}_3\text{P}_2\text{O}_8 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$), die von Beraunit, (Eleoronit, $\text{Fe}_6\text{P}_4\text{O}_{19} \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) und Stilpnosiderit ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) begleitet waren, unter Umständen, die erkennen lassen, daß beide letztgenannten Mineralien aus dem Blauisenerz durch Zersetzung entstanden waren. Vom Erzberg wurde ansonst ein solcher Fund nie gemeldet. Dennoch ist diese Paragenese nichts Ungewöhnliches. Man kennt sie (siehe Hatle) von Trofaiach und Donawitz, sowie z. B. auch von Neuberg und Frohnleiten, immer über verwitterten „Eisensteinen“ entstanden. Es handelt sich hier möglicherweise um eine recht junge Bildung, entstanden zunächst unter Einwirkung von aus fossilisierten Knochen gelieferter Phosphorsäure auf die Erzrückstände (Vivianit-Genesis) und Weiterbildung am Tage zu Beraunit und Eisenhydroxyden.

Das gehört wieder nicht in die Eisenspatparagenese, wohl aber in eine örtlich begünstigte Nachfahrenparagenese.

Ankerit.

Was wir heute zu Ehren des um Steiermark hochverdienten Arztes und Mineralogen Math. Jos. Anker als Ankerit bezeichnen, ist jenes Mineral, das Anker selbst als „Paratomes Kalkhaloid“ anführte (1835). Er setzte in Klammer darunter Rohwand und führt dazu eine sehr wichtige Analyse Schrötters an, die seither auch in allen größeren Handbüchern, welche Ankeritanalysen ausweisen, wieder auftaucht, allerdings mit der Ortsbezeichnung „Hohe Wand“, Steiermark!

Nun hat Anker vom paratomen Kalkhaloid (Rohwand) das makrotype Kalkhaloid (Braunspat, Dolomit) unterschieden, wie auch sein Meister F. Mohs es getan hatte. (Mohs kannte auch schon die Bezeichnung „Rozahn“ für den eingewachsenen Ankerit.)

Will man heute eine Abgrenzung der Glieder Dolomit-Braun-

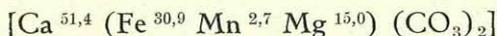
spat-Ankerit vornehmen, ohne den Schöpfern dieser Begriffe Gewalt anzutun, so muß man auf die Erläuterungen der obigen Autoren zurückgehen. Dann gewinnt die Schrötter'sche Analyse erhöhte Bedeutung, und überdies wird nun der Fundpunkt von Schrötters Material wesentlich.

Mohs legt als Kennzeichen für paratomes Kalkhaloid (Ankerit) fest: Hohen Eisen + Mangansatz (auf Grund einer Haidinger'schen Analyse), Nachdunkeln der Kristalle an der Luft, „wird vor dem Lötrohr schwarz und dem Magnete folgsam“.

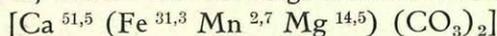
Den Braunspat dagegen vereinigt er mit dem Dolomit im makrotypen Kalkhaloid, und von diesem Braunspat schreibt er, daß er von den Dolomiten durch braune Färbung infolge eines größeren oder geringeren Eisen-Mangangehaltes unterschieden sei, daß die Löslichkeit in Säuren sich damit erschwere, daß vor dem Lötrohr Dunkelfärbung eintrete, aber von einem magnetischen Verhalten verlaute nichts.

Wir entwickeln daher folgerichtig, wenn wir die Braunspäte als in geringerem Ausmaß Fe (+ Mn) für Mg führende Glieder zwischen die davon reinen oder daran sehr armen Dolomite einerseits, die Ankerite andererseits einschieben, und an letztere die Anforderung eines bedeutenden Fe (+ Mn)-Gehaltes stellen. Im übrigen herrscht Freiheit für die Festsetzung einer genaueren Grenze, wie dies z. B. versuchsweise von K. Schoklitsch (Beitrag zur Physiographie steirischer Karbonspäte, Zt. f. Krist. A. 90, 1935, S. 433 ff.) unternommen worden ist.

Die Schrötter'sche Analyse führt auf folgenden Fall einer Ankeritformel:



Nun tauchte 1903 bei K. A. Redlich eine Ankeritanalyse (Niederalpel) auf, welche ich wie folgt berechnet habe:



Das ist offensichtlich dasselbe Material, wie jenes von Schrötter „Hohe Wand, Steiermark“. Irgendwo muß sich nun ein Irrtum bezüglich „Hohe Wand“ eingeschlichen haben, denn ein solcher Ankeritfundpunkt kommt für Steiermark nicht in Betracht, und an der Hohen Wand bei Wienerneustadt (Niederdonau) tritt wiederum kein Ankerit auf (siehe A. Sigmund, Minerale Niederösterreichs, Wien-Leipzig 1937). Hingegen ist eine Verballhornung von Rohwand durch einen Faktor, der dieses Bergmannswort nicht kennt, in Hohwand oder Hohe Wand möglich. Ich glaube also, daß bei Schrötters Analyse „Rohwand“ zu stehen hat, wie bei Anker (1935, S. 53), und da Anker dort auch das Niederalpel als Fundort

anführt einen Sattel N. der Hohen Veitsch, Steiermark, und Schrötters Analyse so vollendet zur Redlich'schen paßt, erscheint mir nun diese Angelegenheit klargestellt. „H o h e W a n d“ ist für die Schrötter'sche Analyse überall in der Literatur zu ersetzen durch R o h w a n d v o m N i e d e r a l p e l.

Nun aber noch etwas zum Ausdruck Rohwand: Damit bezeichnen die Eisenerzer Bergleute nicht das Mineral Ankerit, sondern ein gemengtes Gestein aus Kalkspat, Ankerit, Dolomit, Eisenpat, wobei die Mengenverhältnisse dieses Gebilde nicht als Erz verwenden lassen. Wir verwenden daher den Ausdruck Rohwand nicht mehr für Ankerit. — Der Ankerit ist nur einer von den möglichen Gemengteilen der Rohwand.

Anmerkung zur Einteilung von K. S c h o k l i t s c h. — Die von diesem Autor vorgeschlagene Einteilung bedarf nur einer kleinen Grenzverschiebung beim Ankerit nach aufwärts. S c h o k l i t s c h vermeinte, daß die Grenze mit rund 66.7 Mol. % des extrapolierten Endgliedes $[\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2]$ den bisherigen Kenntnissen nach praktisch gegeben sei. Das war ein Irrtum. Bei folgenden, schon damals bekannten Ankeriten lag die Grenze noch höher:

Moosberg (Werfen) mit 69 %, Erzberg mit 69.6 %, Niederalpel mit 70 % und 71 %. — Erst dann, von 71 % aufwärts, erscheint eine Lücke. Darin liegen unter der ganzen stattlichen Reihe von 252 Fällen, wie sie im H i n t z e s Handbuch, Bd., I, 3. Abt., 1. Hälfte, durch Analysen belegt sind, bloß zwei.

Der eine davon, Kuttensberg, kommt auf einen Eisenmanganendglied=Anteil von 74.2 Mol. %; wobei das Fe zugunsten von Mn ganz zurücktritt, und der andere ist der Fall W ö l c h, der ganz einzig dasteht; hier gäbe es 92 Mol. % des Eisenendgliedes, und man könnte daraus die Wahrscheinlichkeit ableiten, daß sich die Reihe vom Dolomit über den Ankerit bis zu 100 % Eisenendglied völlig schließe.

Die Z i u r i c h's c h e Analyse, dieses einzige Belegmaterial dafür, kann aber nicht richtig sein (man findet sie bei B r u n n l e c h n e r: Minerale des Herzogtums Kärnten, 1884). Erstens weist sie ganz erheblich zu wenig CO_2 aus, und zweitens hat sie CaCO_3 in einem Massenüberschuß, der hier höchstens ein Gemenge verstehen ließe.

Wenn man also den Strich unter die Summe der heutigen Kenntnisse zieht, so muß man sagen:

Wir kennen eine Mischreihe Dolomit-Braunspat=Ankerit und grenzen sie mit Hilfe eines bisher bloß extrapolierten Endgliedes $[\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2]$ in folgender Weise ab: Bis zu 10 Mol % lassen wir die Bezeichnung Dolomit, darin eventuell enthalten ein Einschubglied

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark download unter www.biologiezentrum.at
 „Eisendolomit“ mit 5—10 % FeCO_3 , gelten, von 10 bis 33 Mol. % sprechen wir die Mischungen als Braunspäte an, von 33—71 Mol. % reichen die uns bekannten Ankerite. Die Mischung mit 50 Mol. % hat F. Becke schon einmal als Normal-Ankerit bezeichnet. Wir lassen die Bořický-Bezeichnung Parankerit als überflüssig wegfallen. Ankerite von mehr als 71 Mol. % des Eisenendgliedes sind derzeit noch unbekannt und müßten einen neuen Namen erhalten. Der Fall Wölch ist dubios. Der Fall Kuttenberg ist einem Manganmineral zugehörig. Unsere Reihenglieder bleiben alle bei relativ niederen MnO-Gehalten!

An Stelle von weiteren Analysen bringen wir nun gleich deren formelmäßige Auswertung in modernem Gewande, und zwar von Erzbergvorkommen:

	Idealformel:	[Ca ⁵⁰ (Fe, Mn ^{33 bis 71} Mg ⁶⁷⁻²⁹) (CO ₃) ₂]
	Sonderfälle:	Ca (Fe Mn Mg) (CO ₃) ₂
1. Reibenschuh, Mittel, 1867	45.1	(36.7 2.5 15.7) (CO ₃) ₂
2. Gang-Ankerit, Alpine Mont. Labor. 1929	51.27	(17.75 30.98) (CO ₃) ₂
3. Ds., 1929	51.4	(29.9 18.7) (CO ₃) ₂
4. Kluft-Ankerit, Alp. Mont. Labor. 1929	49.69	(30.29 20.02) (CO ₃) ₂
5. Ankeritkristall, Anal. Schoklitsch, 1935	50.0	(22.8 1.0 26.2) (CO ₃) ₂
6. „Weißer Ankerit“, Anal. Koritnig, 1938	50.0	(32.5 17.5) (CO ₃) ₂

Diese Analysen sind so zu lesen, daß man die Ziffern der Sonderfälle einfach als Exponenten in die Idealformel einsetzt. Man sieht, daß die Bedingung $\text{Ca} : (\text{Mg} + \text{Mn} + \text{Fe}) = 1 : 1$ in den Sonderfällen sehr nahe erfüllt erscheint. Abweichungen davon sind nicht Analysenfehler oder Verunreinigungen, sondern entsprechen der natürlich gegebenen Möglichkeit. — Man sieht ferner, daß Mn am Erzberg in ganz niederen Grenzen bleibt, und endlich, daß sich hoher Eisengehalt nicht notwendig in der Farbe verraten muß. Der „weiße Ankerit“ von der großen Rohwandmasse beim Johann-Rücken ist ein ganz wundervolles Beispiel dafür, man könnte ihn für Dolomit halten.

Mancher wird das Bild der Zusammensetzung dieser Spate und ihres Wechsels eindrucksvoller empfinden, wenn die Darstellung in Mol. % der Reihenendglieder gegeben wird. Dies folgt nun mit gleicher Bezifferung der Sonderfälle 1—6.

[Ca(Fe + Mn) (CO₃)₂] 68.6 36.0 61.5 60.0 47.6 65.0

Gleich im ersten Paar sehen wir nahezu die Bereichsgrenzen für Ankerit ((33 — 71 Mol. %) ausgespannt. Ansonst scheinen die hochhaltigen Ankerite häufiger zu sein, wie jene an den unteren Grenzen. Es ist noch nachzuprüfen, ob eine gewisse landläufige Vorstellung, es seien alle Mischungsverhältnisse ohne wesentliche Lücken am Erzberg verwirklicht, zu Recht besteht.

Nach dieser chemischen Erörterung seien auch die physikalischen Eigenschaften verzeichnet. Die Erzbergankerite besitzen weiße (eisartige), hellgelbe, blaßockerige, erbsengelbe oder auch braune Farbe, häufig milden Perlmutterglanz, und sind höchstens durchscheinend, nicht durchsichtig. Die Dichte liegt um 3.01. Recht häufig tritt bei kleineren Kristallen wieder eine Flächenkrümmung auf, die bis zur Sattelform gedeihen kann, größere Kristalle erscheinen auch wieder facettiert. Außer (10 $\bar{1}$ 1) wird keine Form angegeben. Zwillinge nach (10 $\bar{1}$ 0) werden erwähnt. Die Kristalle werden 3—4 cm groß (Kantenlänge!).

In Sammlungen stößt man mitunter auf weiße, facettierte Spaltstücke unter der Bezeichnung *Ankerit*, die jedoch Kalkspate sind. Sie stammen von der Abbaustufe Emil.

Paragenetisch wichtig sind die von 1866 stammenden Ankeritdrusen aus Rohwandmassen von Zauchen (Weingartenrevier). $D = 2.97$, $H = 3.5$ bis $4.$, Polkantenwinkel auf $10\bar{1}1 = \text{nahe } 102^{\circ}31'$, bei *Hatle* 1885 irrtümlich $106^{\circ}2'$. Dieser Winkel ist nämlich der Sechsrutnerwinkel $10\bar{1}1 / 1\bar{1}01 = 73^{\circ}48'$ (als Supplement angeschrieben) und von *Schoklitsch* gemessen mit $73^{\circ}56'!$

Die Drusenankerite waren begleitet von Bergkristall, Kalkspat und Aragonit.

Braunspat. Theor.

[Ca⁵⁰ (Fe + Mn)^{5 bis 16.5} Mg^{45 bis 33.5} (CO₃)₂]

Beobachter: Anker 1835 (wahrscheinlich auch schon *Mohs*), *Rosza* 1928.

Aus dem Labor der Alpenen Montan in Eisenerz erhielt *Rosza* u. a. auch folgende Analyse (hier gleich wieder als Formel angeschrieben: [Ca^{50.94} (Fe + Mn)^{12.73} Mg^{36.33} (CO₃)₂]

bezw. also mit nur 26 Mol. % CaFe (CO₃)₂.

Das hellgelbliche Material stammt aus einer Rohwand vom Erzberg und ist im Sinne unserer Einteilung schon zum Braunspat zu zählen.

Seine Paragenesis unterscheidet sich nicht von jener des Ankerits.

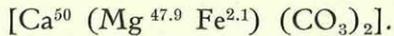
Dolomit $[\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2]$

Beobachter: Redlich 1903, 1923.

Angesichts der Schwierigkeiten der äußerlichen Unterscheidung darf es nicht verwundern, daß wir über Erzberg-Dolomite nicht allzuviel wissen.

Redlich führt die Roßzähne als Dolomitmörner an. Gewiß sind die Roßzähne z. T. dorthin gehörig, allein schon Mohs kannte nur ankeritische Roßzähne. — Es gibt sicher auch braunspätige.

Gegenwärtig kann ich vom Dolomit der Eisenspatparagenese bloß eine Analyse anführen (Redlich 1903), von mir als Formel angeschrieben:



Da auch in bezug auf Dolomit die Vorstellung besteht, man könne am Erzberg alle Übergänge vom reinen Dolomit in Kristallen bis zum Braunspat finden, wäre auch diesbezüglich eine Untersuchung angezeigt. Erfahrungen sprechen vorderhand nicht dafür.

Es ist auch erst zu bestätigen, ob Dolomitmörner neben Ankerit in Drusen vorkommen. Das halte ich für möglich, und zwar im Wege der Aufeinanderfolge Dolomit jünger als Ankerit.

Nun kann man von diesen Späten ein allgemeines paragenetisches Bild entwerfen. Es gibt Kluft-Ankerite, und diese sind zweifellos jünger als die Spateisenkristalle. Aber es gibt auch Ankerite, welche beim Vererzungsprozeß dem Spateisen vorseilen und dessen Unterlagen bilden (Angel 1929). Das sieht man sowohl im vererzten Porphyroid-Material, als auch in vererzten Kalken und Dolomiten. Somit hat man folgendes Bild der Aufeinanderfolge: Erst Ankerit, dann Eisenspat, dann abschließend wieder Ankerit und örtlich auch Dolomit.

Die sogenannten Roßzähne, nach dem vorgesagten Ankerite (man denke auch an den weißen Ankerit), Dolomite und Braunspate, nach Redlich auch Kalkspate, treten in Form von Porphyrosteren und zwar, sowohl als Porphyroblasten, als auch als Belteroblasten (Sander-Bezeichnung) auf. Die Einsprenglinge sind oft völlig genau vom Grundsechsrutner begrenzt und werden von körniger Eisenspatmasse umschlossen. Die Belteroblasten haben lappige Gestalt, sind ebenso häufig Einlinge, wie Sammelkörner aus wenigen, großen Einlingen, und ihre Wuchsform kommt daher, daß sie auf Kornfugen in das Eisenspatgewebe vordringen. Daß da wirklich Gewebe von ihnen aufgezehrt und verdrängt wird, das zeigen gar nicht selten die eingeschlossenen Reste von Eisenspatkörnern mit korrodierten Rändern.

In welchen Fällen der Porphyroster hier als Porphyroblast wächst, und in welchen als Belteroblast, ist noch ungeklärt. Jedenfalls besteht eine Parallele dazu, daß z. B. auch Albite unter bestimmten Bedingungen blastisch als Einsprenglinge wachsen, und andererseits ebenfalls blastisch als Rundlinge und als Belteroblasten.

Die Belteroblasten-Roßzähne sind zweifellos, wie gezeigt wurde, jünger als der Eisenspat. Die einsprenglingsartigen Roßzähne sind schwieriger zu beurteilen. Man muß auch hier noch Material sammeln, um einen Überblick zu erlangen, ob sie Eisenspatgewebereste enthalten (also korrodierte Restkörper einer Verdrängung).

Brunnerit? [Mg, Fe (CO₃)].

Ich kenne bloß zwei Erwähnungen, daß Brunnerit am Berge vorkomme. Redlich streift ihn 1931 (S. 107). Und Ing. A. Kern machte mir vor einigen Jahren einmal die Mitteilung, er glaube, daß Brunnerit am Berge vorkomme, und er würde ihn als Reaktionsprodukt zwischen Eisenspat und Dolomit verstehen können.

Von einem richtigen Nachweis des Brunnerites ist aber nichts bekannt.

Und so halte ich daran fest, daß der Brunnerit auf unseren Spateisenlagern ebensowenig eine Rolle spielt, wie der Eisenspat in Spatmagnetitlagern, eine Erfahrung, welche bezüglich der Schöpfungsgeschichte dieser beiden Lagerstättenarten von größter Bedeutung ist.

Die Bedeutung von Mesitin [Mg² Fe¹ (CO₃)] und Pistomesit [(Mg¹ Fe¹) (CO₃)] von Flachau und Wagrein ist erst noch zu klären! (Petraschek 1932).

Kalkspat (CaCO₃).

Beobachter: v. Vrba 1872, Zepharovich 1872, Hatle 1887, Sigmund 1910.

Als Drusenmineral wurde schon einmal Kalkspat erwähnt: Gesosse von Ankerit und Bergkristall. In dieser Gesellschaft sind die Kriställchen klar, und von einfachen Sechsrautnern wie (02 $\bar{2}$ 1) begrenzt.

Sehr interessant aber sind Drusenbildungen, an welchen der Kalkspat in einer Ausbildung teil hat, die jener von der Eisenerz-lagerstätte Elba entspricht und von Zepharovich schon genau beschrieben wurde. Die Kalkspate sind dann halbdurchscheinend, weiß, stehend aufgewachsen. Ihre Formen: f(02 $\bar{2}$ 1), in den Unterteil der Kristalle übergehend in (04 $\bar{4}$ 1), dieses nicht selten federbartähnlich zart gerieft, was durch rasches Wechseln von Flächenstreifen des Sechsrautners mit jenen eines Skalenoeders hervorgebracht wird.

© Naturhistorisches Museum Wien
Die so ausgebildeten Kristalle bilden Vierlinge, die nach $e(01\bar{1}2)$ seitlich verwachsen sind.

Ferner wurden säulige Kristalle gefunden, welche folgende Formen in Kombination aufweisen: $m(10\bar{1}0)$, $e(01\bar{1}2)$, und Sigmund verzeichnet auch das Skalenoeder $v(21\bar{3}1)$, eine sehr bedeutende Kalkspatform, als Kombinationsteilnehmer.

Diese Kristalle sind meist klein. Man bedenke aber, wie sehr gerade ein so ausdrucksfähiges Material wie Kalkspat geeignet ist, durch seine Tracht einen Fundort, eine Paragenese, zu kennzeichnen. Sammler vermögen darnach ja die Herkunft von Stücken zu erkennen, deren Beschriftung verloren gegangen ist! Die beschriebenen Kalkspatkristalle haben also eine ganz bestimmte, in die Eisenspatparagenese hineinspielende Ausbildung.

Sie gehören zu Bildungen, die sich z. T. recht spät an die Erzschöpfung anschließen, oder schon in die Oxydationszone des Hutes.

Dasselbe gilt vom schon erwähnten Kalkspatgang auf Emil. Dort wird der Gangraum ausgefüllt von einem geradezu pegmatitisch groben Gemenge faustgroßer und noch viel größerer Kalkspate, die einander begrenzen, wie die Körner eines Marmors, also sozusagen xenomorph, mit unregelmäßigen Umrissen. Aus dem Gang kann man aber große, schöne Spaltstücke ausschlagen, und diese sieht man in vielen Sammlungen. Sie sind eisartig trüb, weiß, grau, oder auch gelb bis rotbraunfleckig. Ihr Auftreten zeigt, daß sie jünger sind als die Gangankerite, mit welchen sie sich berühren.

Aus den bis jetzt noch wenigen Beschreibungen geht hervor, daß sich eine Zuteilung zu zweien der „minerogenetischen Kalkspat-typen“ **Kalb**s (Zentralbl. f. Min., 1929, A. Nr. 4. S. 137/138) bereits vornehmen läßt. Es bleibt bloß noch der Wunsch offen, daß sich das Erfahrungsmaterial etwas verbreitern lasse.

a) **Kalb** schreibt: „Am Ende dieser reichen hydrothermalen Entwicklung (gemeint ist: mit vielen Skalenodern und überhaupt großer Formenmannigfaltigkeit. Angel.) hebt sich Typ IV, Freiberg, deutlich heraus durch seine Kombination $(01\bar{1}2) + (10\bar{1}0)$.“

Und eben dies berichtet u. a. auch **Sigmund** vom Erzberg—übrigens auch **Vivenot** von der verwandten Lagerstätte Bohnkogel (bei Neuberg a. Mürz) — Daß **Sigmund** auch noch $v(21\bar{3}1)$ gelegentlich beobachten konnte, darf als Zeichen des Anschlusses dieser Kristallisationsphase an die nächst höher temperierte hydrothermale Phase III, Typ Wülfrath, **Kalb**, hingenommen werden, wo v eine große Rolle spielt. Die hydrothermale Zeugenschaft des Kalkspates ist ebenso wichtig für die Anerkennung der Spatparagenese als juvenile Erzmasse und Abkehr von der Auffassung

des Erzberges als sedimentäre Lagerstätte, wie der nun folgende K a l b s c h e Typ V, Rudersdorf, für die Abgrenzung der Hutbildungen.

b) Dieser Typ V ist ein Leittypus für Oxydationslagerstätten (K a l b führt an Schmiedeberg, wo Typ V von Kalkspat auf Limonit wächst). Bei diesem Typ ist überaus häufig und herrschend $f(02\bar{2}1)$, dazu können in Kombination oder auch allein steile Sechsrautner kommen, nach K a l b z. B. $M(40\bar{4}1)$, und oft ist auch zarte Farbtonung für diese Kalkspate bezeichnend (gelblich, rötlich, bläulich, viol usw.). Es sind das die „hydrisch“, das will sagen, bei Tagesbedingungen auf der Lagerstätte wachsenden Kalkspate.

Solche Kennzeichen-Forderungen treffen zu auf die schon von Z e p h a r o v i c h beschriebenen Kalkspate, die sich zu Vierlingsgruppen und auch ästig zusammenfinden. $f(02\bar{2}1)$ beherrscht auch am Erzberg den Kopf, wogegen am Kristallunterbau nach V r b a ($04\bar{4}1$) auftritt, und oft fiederartig verziert wird, indem es mit einem Skalenoecker oszilliert. Es ist das eine Spezialnote der Erzberg-Kalkspate dieses Typus, aber immerhin nicht seine alleinige Besonderheit. Auch von Elba wurde Ähnliches berichtet (Z e p h a r o v i c h, G. v. R a t h.).

Am Erzberg ist die Unterlage solcher Kalkspate entweder eine Kruste von faserigem Aragonit, und unter letzterem dann Brauneisen (nach Eisenspat), oder es wachsen diese Kalkspate direkt auf dem Brauneisen auf. Damit bekennt natürlich auch der Aragonit seine paragenetische Stellung ein.

Aber noch in einer besonderen Form finden wir Kalkspat am Berge: Als Kalksinter, sowohl auf Klüften, als auch als Verkittungsmittel gewisser Breschen z. T. in Verbindung mit Aragonit.

Da sei auch noch jener „bis kopfgroßen“ Kalkspatkörner gedacht, die als roßzahnartige Einsprengungen im Erz von R e d l i c h angegeben wurden. Davon besitzen wir auch Analysen, wonach sie 91 bis 96 Gew. % CaCO_3 enthalten, 2.24 bis 3.67 % FeCO_3 und dazu im ersten Fall auch noch 6.76 % MgCO_3 .

Das zeigt noch deutlich den Zusammenhang mit der Erzschröpfung. R e d l i c h meint, sie sind die während der Umwandlung des Kalkes aus der überschüssigen Lösung gebildeten sekundären Kristalle.

D. h., während der Vererzung wird Kalkstein aufgelöst und durch Eisenspat u. dgl. ersetzt, daher bleiben schließlich eisenarme, dafür aber kalkreiche Lösungen überständig, die am Ende der Erzschröpfung durch Verlust des Lösungsmittels sich wieder so eindicken, daß Kalkspat ausfallen muß.

Sonach sind hier Teilgesellschaften mit Kalkspat zu unterscheiden

den, die noch in die Erzschopfung, wenn auch an deren Schluß gehören, wie jene nach Typ Freiberg. Andere Teilgesellschaften, die roßzahnartig im Erz sitzen, ordnen wir als nicht frei entwickelte, porphyrosterische Bildungen der erstgenannten zu. — Daran schließen sich dann die hydrischen Paragenesen aus dem Hut mit oder ohne Aragonit, und schließlich die Kalksinterkrusten.

Aragonit (CaCO_3).

Dieses Brudermineral zum Kalkspat findet man am Erzberg in dreierlei Formung: als Eisenblüte, als Teil des „Erzbergites“ und als Kristall-Aragonit.

1. Eisenblüte.

Beobachter: (Gronovius 1750, Henkel 1756), Guettard 1771, Anker 1835, Mohs (1832, 1836, 1839), Peters 1861, Zepharovich 1865, Hatle 1885, Cornu 1907, Mügge 1928.

Das blühweiße, korallenstockförmige Gebilde der Eisenblüte hat, wie aus obiger Liste ersichtlich, schon bald 200 Jahre die Aufmerksamkeit der Menschen auf sich gezogen. Da sie auf dem Brauneisenuntergrund von Spatlagerstätten gedeiht, ist auch der Farbengegensatz zur Unterlage recht augenfällig. Gerade vom Erzberg sind die Eisenblüten weltbekannt, oft wird als Fundort einfach Eisenerz hingeschrieben. Die schönsten Funde machte man vor Anwendung der Sprengtechnik im Abbau; jetzt werden kaum noch große und schöne Stufen gefunden.

Nach Guettard wurde die Eisenblüte des Erzberges etwa um 1570 entdeckt. Man führte einen Stollen bis mitten in den Berg hinein und stieß dabei auf eine der „Schatzkammern“. So wurden auch später noch jene geräumigen Spalten genannt, die mit herrlichen, ausgebreiteten Eisenblüten wie mit großen Korallenstöcken bewachsen waren. Atzl und Pantz berichteten 1814 von einer solchen Schatzkammer, die 2 m weit geöffnet war. Zepharovich erzählte, daß man 1862 im Schillerstollen auf eine Schatzkammer stieß, welche besonders bemerkenswerte Eisenblüten lieferte. Während nämlich gewöhnlich der kristalline Aufbau der Eisenblüten-Äste kaum freizügig erkannt werden kann, weil die radial um die Astachse gewachsenen Kristallfasern viel zu zart sind, konnte man an jener vom Schillerstollen die klaren Köpfe der Kristallnadeln dicht nebeneinander von der Astachse wegragen sehen, so grob war das Gefüge. Altbekannt waren auch die Schatzkammer vom Severstollen im Stritzelgraben, d. i. am Erzbergfuß gegen Krumpental, und jene von Carolus. Naturgefärbte Eisenblüten sind am Erzberg seit je selten gewesen,

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark: download unter www.biologiezentrum.at

fast immer sind sie ja schneeweiß oder blühweiß (H a t t l e erwähnt himmelblaue Stücke; die sind durch geringe Menge von Kupfersulfat, welches beim Wachsen aufgenommen wurde, gefärbt. Das Kupfersulfat aber stammt ebenfalls aus der Hutzzone des Bergs. Dort wo z. B. kleine Nester von Kupferkies und Eisenkies vorkommen, wird mittels Oxydation Schwefelsäure frei, und diese wieder kann mit dem Cu des Kieses Sulfat bilden).

H a t t l e (1885) will den Stoff zum Aufbau der Eisenblüte herleiten von den geringen Kalkmengen, die derjenige Eisenspat enthält, der der Brauneisenbildung anheim fällt, offenbar deshalb, weil die Eisenblüte stets auf Brauneisen nach Eisenspat aufsitzt, ebenso wie der weiter unten erörterte Kristall-Aragonit. Das ist aber nicht zwingend. Die Hutzzone des Berges, d. h. die ganze Oberflächenzone, die noch unter Tageseinfluß steht, ist wie ein Mosaik aus Erzmassen, Spatmassen rohväндiger Natur (Dolomit, Ankerit, Kalkspat), alten Kalksteinen und Dolomitbänken gefügt, und da steht dann Kalk zur Lösung und zum Wiederabsatz in großen Mengen aus ergiebigeren Quellen zur Verfügung, als es der sich umsetzende Eisenspat ist.

C o r n u (1907) beschritt folgenden Weg, um die Kristallisationsverhältnisse des Aragonites aufzuklären: Er sammelte zunächst minerochemisches Beobachtungsmaterial aus verschiedenen Eisenblüten und Kristallaragonitvorkommen auf Lagerstätten. Dabei fand er, daß — aus den Paragenesen, Anfärbungen und Begleitmaterialien zu schließen — in der CaCO_3 als Aragonit absetzenden Lösung folgende Salze als Lösungsgenossen enthalten sein mußten: MgCO_3 , MgSO_4 , CuSO_4 , FeCO_3 und ev. auch basisches Kupferkarbonat. Welcher von diesen Lösungsgenossen sich in der Aragonitbildung (an Stelle von Kalkspatbildung) auswirkte, wurde nun ausprobiert. C o r n u ließ reine CaCO_3 -Lösungen bei kleiner Oberfläche langsam (monatelang!) eindunsten und versetzte sie mit Einzelzusätzen der oben genannten Salze. Nur wenn MgSO_4 Lösungsgenosse war, erhielt er Aragonit, ansonst stets Kalkspat. Damit war die erste Frage versuchsmäßig beantwortet. Nun war die Herkunft des Lösungsgenossen zu klären: Wie schon oben angedeutet, liefern im Hut der Lagerstätte Nester sulfidischer Erze Schwefelsäure einerseits, Metallsalze und Metallhydroxyde andererseits. Dabei vermag diese Schwefelsäure auch den Dolomit der Lagerstätte anzugreifen und so entsteht MgSO_4 , der gesuchte Lösungsgenosse in den Wässern des Hutes, die sich in diesen Gesteinsmassen so leicht an CaCO_3 zu sättigen vermögen.

Da alle anderen Späte der Lagerstätte schwerer löslich sind als Kalkspat, so ist die Quelle der Kalkanlieferung an die Hutwässer wohl der Kalkstein, und höchstens in erheblich geringerem Maße ein

© Naturwissenschaften | Ullrich Verlag für Steiermark | durch d unter www.biologiezentrum.at
anderer Spät (etwa Dolomit und Ankerit), der Eisenspat fällt praktisch bei seinem von Natur aus so ganz geringen Ca-Gehalt gar nicht ins Gewicht.

Der Ablauf dieses Geschehens steht unter Regelung durch Temperatur und Schwefelsäure-Konzentration, wenn man vom Lösungswasser selber als mitgegeben absieht. Damit ist die minerochemische Bedingtheit der Eisenblütenbildung voll geklärt. — Diese Klärung gilt aber auch für den Kristallaragonit. Daher bleibt noch die Frage offen, wodurch denn die besondere Gestalt der Eisenblüte bedingt sei. Damit hat sich 1928 O. M ü g g e befaßt (N. Jb. Beil. B. 58. A. S. 324 ff.).

M ü g g e steht auf dem Standpunkt, daß eine solche ästige Wachstumsform wie die der Eisenblüten zunächst bekunde, es liege Abscheidung und Wachstum aus einem Gel vor, und dann erst folge Kristallisation, die zum heute beobachteten feinkristallinen Zustand führt.

Die Ästchen der Eisenerzer Eisenblüte, die M ü g g e studierte, sind von einem Mittelkanal der Länge nach durchzogen, in welchem die Nährlösung aufsteigt. Sie kommt, sobald der Aufbauprozess einmal im Gange ist, in der Röhrchenspitze immer wieder zum Durchbruch und Ausfluß, gerinnt, setzt CaCO_3 zunächst gelartig als weiche Schicht ab, die in der Mitte neuerdings durchbrochen wird, an den Seiten, am Umfang des Röhrchens aber erhärtet und kristallin wird. Ein Ast-Durchschnitt zeigt, daß die Faserchen der kristallinen Substanz, je kanalnäher, desto mehr mit der Kanalachse gleichzulaufen bestrebt sind. Erst gegen die Außenwände des Ästchens zu biegen sich die Fasern immer steiler nach außen, um schließlich in der Rinde wirklich senkrecht zur Faserachse zu stehen. Das ist, wie M ü g g e zeigte, die natürliche, unausbleibliche Folge dieses Wachstumsprozesses. Damit ist auch Form und Bau der Eisenblüten geklärt worden.

Die Eisenblüten wachsen von der durchfeuchteten, oft tropfnassen Spaltwand, die ihnen als Unter- oder als Auflage dient, in den mit Luft erfüllten Spaltenraum hinein. Die Berührung mit der Luft bringt das Lösungswasser zum Verdunsten und den zuerst kolloidalen Niederschlag zum Gerinnen, bzw. kristallinen Umstehen. Die Aragonit-Feinkriställchen der Äste haben beobachtete Längen von häufig 0.1 mm und Dicken von 1—10 Mikron! Trotz dieser Feinheit ließ sich ihre Tracht erkennen: bei nach [001] gestrecktem Wuchs ist (010) tafelig entwickelt, und am Kopf herrschen steile (0kl), d. h. Längsprismen. Letztere beherrschen auch die Köpfe der Kristallaragonite, aber bei ihnen spielt (010) keine besondere Rolle, sondern (110). Die M ü g g e s c h e Feststellung sollte daher an günstigem

Material noch einmal nachgeprüft werden, und wenn sie sich bestätigt, auch die Ursache der Abweichung von den Kristallaragoniten.

Die Haidingersche Erwähnung von 1841, daß man am Erzberg — und in Hüttenberg — Eisenblüten gefunden hat, die als Aragonite entstanden, aber später in Kalkspat umgewandelt worden waren, ist ebenfalls wieder einmal nachzuprüfen. Diese Umwandlung scheint selten vor sich zu gehen. Haidinger knüpft daran folgende Vorstellung vom Eisenblütenwerden: „Die Periode der Verwitterung der Spateisenlagerstätten begann also bereits bei jenen höheren Temperaturgraden unter der Siedehitze, welche zur Bildung des Aragonits gefordert wird, obwohl sie auch jetzt noch fort dauert, wie die vielen daselbst gefundenen Kalkspate beweisen, und die Veränderung des schon kristallisierten Aragonites zu Kalkspat fällt in diesen späteren Zeitabschnitt“. Damals kannte man eben noch nicht den Einfluß der Lösungsgenossen, welchen den Aragonit auch bei Tagestemperaturen entstehen läßt. Das, „obwohl sie auch jetzt noch fort dauert“, bezieht sich auf „die Periode der Verwitterung“! Wohl erwärmt sich im Sommer die Erzbergoberfläche infolge der starken Absorption durch die dunklen Aufschlüsse erheblich stärker, als etwa wiesenbedeckter Boden oder heller Kalkstein im Aufschluß. Aber nahe an die Siedehitze geht die Lösungstemperatur doch nicht heran. (W. Haidinger: Über einige neue Pseudomorphosen. Prag 1841, k. böhm. Gesellschaft der Wissenschaften. S. 5.)

Außer in den schönen Eisenblütenformen findet man den faserigen Aragonit auch noch in Form von Krusten mit nieriger Oberfläche, ferner als bohnen- bis nußgroße lose Körner mit radialfaserigem Gefüge und ferner oft mit einem Einschluß von Brauneisen nach Eisenspat als Kern.

Sonach sind diese Bildungen jünger als das Brauneisen, was ja nach all dem oben Vorgebrachten nicht anders zu erwarten ist.

Erzbergit.

Hatle 1892.

So wurden dicke sinterige Krusten auf Klüften benannt, deren Basisschicht aus faserigem Aragonit besteht, welches durch Brauneisen „und Waldkastanienbraun“ angefärbt ist, worüber sich abwechselnd und rhythmisch Schichten von Kalkspat und wieder Aragonit angesetzt haben, in welchem Wechseln nun der Aragonit weiß erscheint, wogegen die Kalkspatschichten sich meist deutlich braun angefärbt haben. Die letzte dicke Oberschicht ist mehrere Finger dick braun durchgefärbt und fast reiner Kalkspat, aber ebenfalls faserig, die Gesamtoberfläche zum engen, noch offenen Kluftraum hat höcker-

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
rige und steinfaltige Erhebungen, auch von mehreren em Höhe. Die Gesamtdicke der in den Museen verbreiteten Erzbergitplatten beträgt bis 20 cm. Unterlage ist wieder Eisenspat in Übergang zu Brauneisen.

Nach H. M o s e r fand sich dieser Erzbergit nur auf einer einzigen, bis 30 cm weiten Kluft der Abbaustufe Leitner. Schöne Stücke des historischen Fundes haben in Graz: Das Joanneum, die ehemalige Landesoberrealschule, die Universitätssammlung. Wie weit man auch sonst echten Erzbergit gefunden hat, und ob man auch derzeit immer wieder solchen finden kann, ist nicht recht zu überblicken und muß von Fall zu Fall untersucht werden. Erzbergitähnliche Krusten treten aber immer wieder zutage. Schon H a t l e brachte den eigenartigen Wechsel von Aragonit und Kalkspat-Faserschichten mit rhythmisch wechselnder Konzentration in Zusammenhang und schaltete Möglichkeiten der Temperaturunterschiede bei der Bildung ein.

C o r n u hat auch hier die vollständige Lösung gefunden (1907). Durch jahreszeitliche Wechsel ändert sich e n t s c h e i d e n d die Konzentration des Lösungsgenossen $MgSO_4$, denn im Winter geht die Schwefelsäureerzeugung aus den Kiesen langsamer, daher auch die $MgSO_4$ -Bildung mit erheblich geringeren Mengen zu veranschlagen ist. Damit sinkt aber der Einfluß des Lösungsgenossen so weit, daß an Stelle des Aragonites eben der Kalkspat ausfällt. Im Sommer dagegen ist es umgekehrt, und da entsteht Aragonit, wobei die Erwärmung direkt zunächst an der Kiesersetzung und $MgSO_4$ -Erzeugung sich auswirkt, und indirekt damit den Aragonitabsatz kontrolliert. Die Schichtung ist also im Erzbergit Jahresschichtung.

Kristall-Aragonit.

Beobachter: von Mohs und Anker, Zepharovich und Vrba, bis Hatle, Sigmund.

So möchte ich die meßbaren Aragonite des Erzbergs in der Bezeichnung von dem in der Eisenblüte und im Erzbergit gebundenen Aragonit unterscheiden.

Schon P e t e r s (1861) machte auf den Flächenreichtum der Erzberg-Aragonite aufmerksam (Sammlung in Pest, Kristalle 5—7 mm lang, spießig). Viel Beachtung schenkte Z e p h a r o v i c h schönen Aragonitkristallen, die er zu Drusen vereint und in Gruppen in kleineren, unregelmäßigen Hohlräumen des zu Brauneisen umgewandelten Spateisensteins von der Halde über dem Maximilianstollen erhielt.

Mit Bergkristall und Kalkspat kam solcher Aragonit auch von der Stufe Zauchen. — Die Aufmerksamkeit der Kristallkundler wandte sich ihm in reichem Maße zu, und so findet man die Abbildungen der teils lanzettförmigen, teils meißelförmigen Kristalle, die

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
klar durchsichtig sind und häufig die sogenannten einfachen Zwillinge nach dem Prisma bilden, in unseren bedeutendsten Fachwerken.

Manchmal sind diese Kristalle von Wad begleitet, der ja, wie früher beschrieben, zum Brauneisen nach Eisenspat gehört. Manchmal findet man die Aragonitdrusen auch in Hohlräumen, deren Unterlage in Zersetzung begriffener Ankerit ist. Selbst in jüngerer Zeit kamen noch Stufen zum Vorschein mit freilich nicht allseitig freigewachsenen, aber doch Wuchs und Tracht deutlich zeigenden Kristallen von stark über 1 cm Länge und mehreren mm Breite.

Die beobachteten Formen sind nun in einer folgenden Tafel zusammengestellt. Das erweist sich aus mehreren Gründen als notwendig. H a t l e hat diese Formen nämlich 1885 noch in Naumannscher Kennzeichnung angeführt. Diese ist aber heute vollständig außer Übung, und nur ein ausgelernter Kristallkundler vermag sie noch flüssig zu lesen. Ferner empfahl es sich, diese Formen einmal nach Zonen zu ordnen, und sie nach jener Aufstellung darzubieten, die heute die beste Geltung hat. Diese Aufstellung ist um 90 Grad gegenüber jener gewendet, welche Z e p h a r o v i c h benutzte und die dann auch in R e d l i c h 1916, 1923 erscheint. Ferner sind die G o l d s c h m i d t-Kennziffern aufgenommen, aus welchen man, im Verein mit p_0q_0 , ein gnomonisches Zonenbild überaus rasch und bequem aufstellen kann. Die Tafel folgt S. 264.

Zu der Formenübersicht gibt es manche wichtige Bemerkung. Es fällt z. B. auf, daß die Zone [010] ganz leer ist. (Der Aragonit hat an sich schon in dieser Zone wenig Formen liegen, am Erzberg spannt er aber völlig aus.) Zone [001], die Haupt- oder Prismenzone: hat, wie schon die Zahlenreihen zeigen, starke Besonderheiten: z. B., daß (010) so schwach auftritt, dagegen m (110) geradezu Träger wird. Auffallend ist es nun, daß dieses einfache Grundprisma durch Flächen ersetzt werden kann, die Z e p h a r o v i c h als hohe Vizinalen ansah. Das hat schon V. G o l d s c h m i d t s Aufmerksamkeit erregt. Er fand, daß sich an Stelle dieser Vizinalen viel einfacher zu indizierende Flächen angeben lassen, die ihm wahrscheinlicher erscheinen, und sich links und rechts von (110) nahezu symmetrisch anordnen lassen. Vgl. Tafel. Im Sinne der G o l d s c h m i d t s c h e n Lehre von den harmonischen Formenreihen scheint diese, seine Formendeutung, annehmbarer. Die Winkelunterschiede zu den Z e p h a r o v i c h-Vizinalen sind so gering, daß sie in die Beobachtungs-Fehlergrenzen fallen. Zwischen (110) und (010) erscheint die Häufung solcher Flächen übrigens etwas dichter, als auf der anderen Seite von (110), gegen (100) zu. —

Sehr interessant ist auch die Zone [100] gebaut und an der Kopf-

Zone	I	II	III	IV
[001]	m	(21, 25, 0)	(25, 21, 0)~(650)	$\frac{25}{21} \infty \sim \frac{6}{5} \infty$
	n	(24, 25, 0)	(25, 24, 0)~(20, 19, 0)	$\frac{25}{24} \infty \sim \frac{20}{19} \infty$
	m	(1 10)	(110)	∞
	o	(57, 50, 0)	(50, 57, 0)~(780)	$\frac{57}{50} \infty \sim \frac{8}{7} \infty$
	p	(59, 50, 0)	(50, 59, 0)~(11, 13, 0) ~(5, 6, 0)	$\frac{59}{50} \infty \sim \frac{13}{11} \infty$ $\frac{6}{5} \infty$
	q	(32, 25, 0)	(25, 32, 0)~(790)	$\frac{32}{25} \infty \sim \frac{9}{7} \infty$
	r	(34, 25, 0)	(25, 34, 0)~(340)	$\frac{34}{25} \infty \sim \frac{4}{3} \infty$
[100]	a (b)	(100)	(010)	0 ∞
	h	(401)	(041)	04
	v	(301)	(031)	03
	i	(201)	(021)	02
	l	(302)	(032)	0 $\frac{3}{2}$
	k	(403)	(043)	0 $\frac{4}{3}$
	k	(101)	(011)	01
	x	(102)	(012)	0 $\frac{1}{2}$
[010]	—	—	—	—
[1 $\bar{1}$ 0]	o	(112)	(112)	$\frac{1}{2}$
	p	(111)	(111)	1
	z	(441)	(441)	4
	i	(661)	(661)	6
[2 $\bar{1}$ 0]	H	(215)	(125)	$\frac{1}{5} \frac{2}{5}$
	n	(212)	(122)	$\frac{1}{2} 1$
	s	(211)	(121)	1 2
[$\bar{2}$ 01]	o	(112)	(112)	$\frac{1}{2}$
	n	(212)	(122)	$\frac{1}{2} 1$
	\bar{E}	(312)	(132)	$\frac{1}{2} \frac{1}{3}$
[1 $\bar{2}$ 3]	i	(201)	(021)	02
	\bar{g}	(17, 12, 5)	(12, 17, 5)~(12, 18, 5)	$\frac{12}{5}, \frac{17}{5} \sim \frac{12}{5}, \frac{18}{5}$
	z	(441)	(441)	4
[1 $\bar{2}$ 1]	p	(111)	(111)	1
	\bar{G}	(518)	(158)	$\frac{1}{8} \frac{5}{8}$
	x	(102)	(012)	0 $\frac{1}{2}$

- I. Gebräuchliche Kennbuchstaben. — Folgende gotischen ersetzen die sonst verwendeten griechischen Buchstaben entsprechend: $\xi, \zeta, i, \varrho, \mathcal{G}$.
 II. Miller-Kennziffern (hkl), Aufstellung wie Zepharovich.
 III. Miller-Kennziffern (hkl), Aufstellung wie Goldschmidt 1913.
 IV. Dementsprechende Goldschmidt-Kennziffern (p q).
 Alles bezogen auf a : b : c = 0,6224 : 1 : 0,7206, und $p_0 q_0 = 1,1578 : 0,7206$.

gestaltung beteiligt. Hier gibt es keine Indizesummen über 7, die meisten bleiben unter 5! Die Formenreihe ist überaus einfach geordnet, wie man aus den Goldschmidt-Kennziffern ersieht. Charakteristisch sind die steilen und flachen Längsprismen, welche das dortige Grundprisma $k(011)$ ersetzen können. Bei Zwillingen vertritt $k(043)$ das Grundprisma.

Wie sich die zahlreichen Pyramiden in Zonen ordnen und auf diesen wieder Reihen bilden, zeigt die Tafel. Im Sinne dieser Entwicklung sollte meiner Meinung nach die Form (12, 17,5) eher (12, 18,5) sein (2). Das fügt sich zwanglos in das Zonenbild ein, wogegen die Kennziffern-Gruppe mit 17 Schwierigkeiten macht. Hervorgehoben soll aber werden, daß auch hier wieder höher indizierte Formen (Indizesumme von 6 bis 25) in der Trachtgestaltung eine Rolle spielen.

Damit sind diese Kristall-Aragonite trachtmäßig vorzüglich gekennzeichnet. Es ist jene Tracht, die den im Hut von Erzlagerstätten (insbesondere Spatlagerstätten) vorkommenden Aragoniten zusteht. Die Bildung ist zweifellos hydrisch, aber doch anders als jene der Eisenblüten als Ganzes. Es gibt keinen Anhaltspunkt, daß diese Kristall-Aragonite ein Gel-Vorstadium gehabt haben. Sie sind wahrscheinlich direkt aus wässrigen Lösungen ausgefallen und sehr langsam gewachsen, sicher natürlich auch nach der Brauneisenbildung, aber nicht in tropfnassen Spalten, sondern in Hohlräumen mit dauernd erneuter Lösungsfülle.

Zur Eisenspatparagenese im engeren Sinn gehört somit das Mineral Aragonit am Erzberg nicht. Es ist einer der Nachzügler im Hut, der sich offenbar heute noch weiter bildet.

Quarz (Bergkristall) SiO_2 .

Beobachter: Anker, Zepharovich, Hatle, Sigmund, Meixner etc.

Quarz wurde als Bergkristall bis in die neueste Zeit gefunden. Z. B. noch 1936 und 1938. Altbekannte Fundstellen: 1866, Zauchen-Abbau, Weingartenrevier, auf einer Ankeritdruse, beiderseits ausgebildete Kristalle. — Ferner vom Rannachgraben mit Aragonitdrusen auf Eisenspat (bzw. Brauneisen aufsitzend). Hier wohl voraragonitisch! 2 cm Länge. — Auf einer Dolomitdruse vom Erzberg, doppelendige Bergkristalle, worauf kleine Eisenkiese aufgewachsen sind. — Aus dem Maximilianstollen Bergkristalle mit Eisenkiesaufwachsungen. — Aus der großen Rohwand beim Johann-Rücken 1936 (Hödl), in einem Kluftraum des weißen Ankerites, älter als Aragonit!

Von diesen Quarzen ist bekannt, daß sie ziemlich gedrungen

säulig heranwachsen, von Ankerit, aber auch von Eisenspatkristallen begleitet werden und folgende Trachten aufweisen:

1. Träger $m(10\bar{1}0) + r(10\bar{1}1)$, $-r(01\bar{1}1)$, $s(11\bar{2}1)$, das rechte Trapezoeder $x(15\bar{6}1)$.

s und x sind meist klein, s im besonderen oft recht schmal, aber lang erstreckt, anscheinend kommt — wie Z e p h a r o v i c h erläutert, beim Wachstum in abfallender Temperatur erst das s zum verschwinden, indem sich über ihm eine Kante ausbildet, und dann auch das x .

2. Will man diese Kristalle minerogenetisch einreihen, so kann man sich beschäftigen mit der Gesamttracht, mit den Vizinalpyramiden und mit den paragenetischen Genossen. Nach K a l b fällt die Bergkristallgeneration am Erzberg großenteils unter den Vizinaltyp I b (häufig mit s -Flächen) und wird daher als mesohydrothermal gebildet angesehen. D. h. er paßte ganz gut auf Erzgänge. Zu Ende kann wohl auch noch der Vizinaltyp II kristallisieren, dem s - und x -Flächen mangeln. (K a l b: Beiträge zur Kristallmorphologie des Quarzes, IV u. V, 1935.) Da Kalb von M e i x n e r eine Sammlung von etwa 30 Erzberger Bergkristallen zur Beobachtung ihrer Vizinalen erhalten hat, soll hier nichts schon von früher her Bekanntes verschwiegen, aber auch nicht vorgegriffen werden. Nach M e i x n e r läßt sich zumindest an einigen Stücken der Vizinaltyp I b an den Vizinalen erkennen. Damit fällt der Bergkristall noch in die Eisenspat-Paragenese. Nach M a u c h e r s Schema (Bildungsreihe der Mineralien, Freiberg i. S., 1914) handelt es sich um Quarz III c, der in der Reihe Eisenspat-Zinnober einfügbar ist, also wieder in relativ noch höher temperierter Stellung.

Turmalin. Beobachter Redlich (Altenberg, 1916 und 1923), Angel (Erzberg 1928).

R e d l i c h s Schörl von Altenberg bei Neuberg gehört zweifellos in den Fahlerz-Quarzgang der dortigen Lagerstätte, die auch eine Eisenspatlagerstätte ist. Daher suchten wir auch am Erzberg nach Turmalin in der Lagerstätte. Ich beobachtete ihn in vererzten Chloritoidphylliten. Dort aber kann er schon vor der Vererzung seine Heimat gehabt haben, ebenso wie der Chloritoid. Einen unbestreitbaren Lagerstätten-Turmalin kenne ich vom Erzberg noch nicht.

Fuchsit. Beobachter: Canaval 1908.

Dieser wichtige Fund ist anscheinend bisher der einzige geblieben. C a n a v a l gibt ihn selber als „sporadisch“ an. Näheres fehlt. Bemerkenswerter Weise nennt dieses Mineral v. F o u l l o n aus einem Spateisengang von Dobschau. Das ist eine wichtige Bestätigung für den Erzberg.

Die Bedeutung des Fuchsites, dieses grünen Chrommuskowites, liegt in seiner regionalen Verbreitung im Kristallisationshof der Hohen Tauern. Davon noch später.

Schwerspat (BaSO_4). Beobachter: Anker 1835.

Vom Erzberg wurde Schwerspat noch nicht gemeldet. Er ist aber da zu erwarten, denn die ganz verwandten Lagerstätten Johnsbach, Niederalpel und bei Neuberg führen ihn auch.

Gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Beobachter: Schouppe 1854, Kern 1927 (Renatagraben).

Das Vorkommen „Lehmgrube“ ist im Werfener Schiefer, hangend von den Erzmassen, gelegen. Es handelt sich um Putzen, Nester, bzw. einen kleinen Stock, bis 2 m mächtig, weißlich, auch rötlich und gelb angefärbt. Mit dem Erz hat dieser Gips nichts zu tun.

Redlich nennt ihn 1923 als Zersetzungsprodukt „am Erzberg selbst“. Es liegt aber darüber keine Bestätigung vor, und in Anbetracht der genügend reichlichen Bittersalzbildung möchte ich das Vorkommen von Gips als Zwischenprodukt in der Lagerstätte selber als unwahrscheinlich bezeichnen.

Epidot (?). Beobachter: Petraschek 1932.

Damit ist die lange Liste jener Mineralien geschlossen, die in Hinsicht auf die Eisenspatparagenese zu durchmustern war. Wir ordnen:

Schlußübersicht.

Eisenspatparagenese:	Nachfahren im Hut.	Fremde.
Eisenkies I	Brauneisen, (Alaun?),	Turmalin d.
Ankerit u. Dolomit I.	Bittersalz, Roteisen,	Schiefer (?)
Arsenkies (+ Quarz I)		Chloritoid.
Eisenspat	Brauneisen, Wad	Gips.
Ankerit, Dolomit II,		
Kalkspat I ^a + Quarz II,		
Turmalin (?), Eisenglanz-		
umbildung u. Magnetit		
Quarz II, Eisenkies II,		
Kupferkies, Sb ₂ Fahlerz,		
Hg ₂ Sb ₂ Fahlerz, (Anti-		
monglanz?), Zinnober,	Hg gediegen	
	Antimonocher, Malachit	
Bleiglanz: Kalkspat I b,		
(Schwerspat)	Hut-Kalkspate, Aragonit,	
(Begleiter: Fuchsit).	Eisenblüte, Erzbergit,	
(Epidot?)	gew. Sinter	

Die Ordnung innerhalb der Eisenspatparagenese ist z. T. aus den beobachteten Trachten und Wuchs der Mineralien, z. T. aus ihrem räumlichen Verhältnis in zeitliche Ordnung gebracht worden. Es bedarf vieler Beobachtungen im Aufschluß, am Stück, im Schliff, um diese Reihe aufzustellen, und sie ist auch jetzt noch erst in den allgemeinen Zügen sicher.

Aber es sind wenigstens die später erst erworbenen Charakterzüge der Mineralgesellschaft abgetrennt (Nachfahren), und die Lagerstätten-Fremdlinge sind beiseite gestellt. Nun kann man das allgemeine Bild entwickeln:

Erstlinge: Arsenkies mit jenem fettigen Quarz, der die den Kies enthaltenden Schiefer „verquarzt“.

Hierauf die Entwicklung der Spatmassen, beginnend mit Dolomit-Ankerit, gefolgt von der Eisenspat-Hauptmasse, dann wieder Dolomit-Ankerit, dann die pneumatolytisch beeinflusste Zwischenphase mit Quarz, Turmalin und Eisenglanz-Magnetitbildung.

Dann die Haupt-Sulfidphase, beginnend mit Eisenkies II, Kupfererzen, Hg-Fahlerz und Zinnober. Als begleitende Gangarten hochtemperierte Quarze (z. T. als Bergkristalle).

Zum Ende: Kalkspat mit Bleiglanz, ev. Schwerspat.

Nun steht man vor der Frage: Was bedeutet diese Folge? Und was bedeuten die Mengenverhältnisse?

Der Erzberg gehört als Erzmasse der „metallo-genetischen Zone der Ostalpen“ an, wie Petraschek (1927) sie zusammengefaßt hat.

Rings um die Zentralzone, die von den Tauerngranitfladen und ihrem Gefolge beherrscht wird, schlingt sich ein gewaltiger Hof von Lagerstätten, die von innen nach außen eine ganz bestimmte Ordnung einhalten:

Innen: Goldhaltige Arsenkieslagerstätten (wie Rotgülden) und Goldquarzgänge mit Eisenkies (wie Schellgaden, Siglitz usf.)

Weiter nach außen (in der Grauwackenzone): Eisenspat-Kupfererz-lagerstätten mit wechselndem Verhältnis Fe : Cu, wie Mitterberg in Salzburg, Radmer und der Erzberg in Steiermark.

Noch weiter draußen im alpinen Mesozoikum: Zink-Blei-Lagerstätten.

Friedrich (zuletzt 1937) führt diese Gliederung enger aus: Sein Schema ist nicht allein ein räumliches, sondern auch ein zeitliches. Die innersten Ausscheidungen sind zugleich die bei höchster Temperatur abgesetzten und ältesten Lager:

1. Zu innerst und ältest: Eisenkies mit Fettquarz, Turmalin, Au, Ag.

1a. Cu, Ni, Arsenide, Bi, As, Fahlerz, Ankerit.
2. Eisen sp at, Kupferkies, Sb, Fahlerze (auch m. Hg), Magnetkies (Bi), Zinnober (Angel).

2a. Außen späte Absätze, Zinkblende, ev. Bleisulfosalze.

3. Bleiglanz (Wulfenit, Vanadinit usf.), mit Kalkspat, Bergkristall.

Wieder zeigt sich eine ganz große Erzabfolge von innen (Tauern), nach außen (Kalkalpen). Dabei ist festzuhalten, daß diese Folge nicht auf jedem Radius aus den Tauern heraus vollständig ist, und man daher sich die Gesamterscheinung vor Augen halten muß, nicht einen bestimmten Radius oder gar nur eine bestimmte Lagerstätte.

Aber in einem andern Sinn wird wieder die einzelne Lagerstätte höchst bedeutsam für den Nachweis der Beziehungen zueinander. Die einzelne Lagerstätte enthält nämlich niemals nur ein für die betreffende Zone um die Tauern charakteristisches Erz, an dem man das Stockwerk erkennt, und etwa eine daneben charakteristische Gangart, sondern sie enthält große und wesentliche Teile der gesamten Abfolge sowohl von den Erzen, als auch von den Gangarten.

Nur die Mengenverhältnisse sind stark verschoben.

So erscheinen in der einzelnen Lagerstätte die gesamten Abfolgezonen mehr oder minder deutlich wiederholt, gescha ch t e l t, will sagen räumlich ineinander gedrängt, oder „telescoped“ (wie ein zusammengescho benes Fernrohr), nach Ausdrucksweise amerikanischer und englischer Forscher.

Dafür sollen einige Beispiele gebracht werden:

a) Rotgülden (nach O. Friedrich).

In gleicher Ordnung angeführt, wie die Liste vom Erzberg, haben wir hier zu Beginn Arsenkies (in schönen Kristallen, mit dem ältesten Eisenkies und mit Quarz), dann anhaltend Derbarsenkies.

Es folgen Eisenkies—Magnetkies, begleitet von Kupferkies und Quarz, sowie Ankerit und Kalkspat, oft auch etwas Fahlerz (As!!). Dann kommen ganz spärlich zum Vorschein Zinkblende und Bleiglanz.

In den jüngsten Drusen auch Dolomit neben Bergkristall als Gangart.

Die örtliche besondere Note: Au im Arsenkies, Wismutglanz im Magnetkies. Quantitativ: Es herrscht der Arsenkies, mengenmäßig

©Naturwissenschaften Verlag für Steiermark, downloaded unter www.biolibri.at
folgen ihm die sulfidischen Erze, unter diesen sind unbedeutend Fahlerz, Wismutglanz, Zinkblende, Bleiglanz, auch Eisenglimmer ragt nicht besonders hervor. Eine genaue Altersfolge aufzustellen, ist noch nicht in Einzelheiten möglich.

b) Tauerngänge, z. B. Siglitz-Pochhart-Erzwies (nach Michel und Tornquist).

Am Beginn Eisenkies, Arsenkies, Quarz (hierin das Au). — Co-Ni-Erze. Es folgen Magnetkies, Kupferkies und ein Arsenfahlerz, dieses ziemlich früh. Unter den begleitenden Carbonspäten ist Eisenspat hervorgehoben.

Es folgt in Kupferkiesbegleitung Zinkblende mit Quarz und dann Bleiglanz mit Kalkspat.

c) Schellgaden (nach O. Friedrich).

Eisenkies mit „Lagerquarz“ hierin Au.

Kupferkies und Magnetkies, begleitet von Dolomit und Ankerit, es folgen weiter unter Kupferkiesbegleitung Zinkblende und Bleiglanz, mit Eisenkies und Bergkristall, sowie Kalkspat.

Man sieht hier, daß sich die Grundzüge der zeitlich-räumlichen Abfolge ganz wesentlich wiederholen, daß aber ganze Glieder aus dem Allgemeinschema Friedrichs entfallen können, wie z. B. in den drei angegebenen Lagerstätten zumindest nach jetziger Einsicht die Co-Ni-Erze, oder wie in Schellgaden heute Arsenkies (der früher einmal gelegentlich gefunden worden war) usw. So wechseln in der Liste auch die in unseren Beispielen angeführten Carbonspäte: Dolomit, Ankerit, Eisenspat, Kalkspat, welche hier Gangarten darstellen.

Dieser hier in Grundzügen dargebotene Bau ist im Einzelnen dadurch reicher gegliedert, daß gewisse Erzabscheidungen sich wiederholen, wie auch die Gangarten.

Vergleicht man damit aber andere Lagerstättengebiete, z. B. jenes von Freiberg i. S. (vgl. Maucher, 1914), so stößt man auf bemerkenswerte Unterschiede und gelangt schließlich zum Schluß, daß eben die Eisenspatparagenese des Erzberges wohl dem Tauern-Erzhof eingeordnet werden könne, nicht aber einem anderen.

Wohl gibt es im Aufbau von Erzhöfen Allgemeingesetzlichkeiten, aber die örtlich-zeitlichen Besonderheiten gestatten doch, wie dargelegt wurde, eine engere Einteilung.

Besonderheiten der Spatparagenese im Tauernhof.

Kurz zusammengefaßt sind jene besonderen Wesenszüge, welche für die Spatparagenese die örtliche Stellung bezeichnen, folgende:

1. Ausfall der Co-Ni-Erze, kein frühes As-Fahlerz, dafür ein spätes Sb-Fahlerz und daher wäre auch Grauspießglanz verständlich, falls eine Bestätigung der alten Angaben erfolgt.

2. Einschachtelung von Hg-Erzen gegen Ende der Sb-Zufuhr (als Spaniolit) und darüber hinaus (als Zinnober).

3. Ein so mächtiger Masseneinsatz von Eisenspat, daß alles andere davon übertäubt wird, so daß an Stelle der normalerweise sulfidischen Lagerstätten des Tauernhofes mit Eisenspat (und Ankerit) als Gangart hier eine Eisenspatlagerstätte mit solcher Verdünnung der Sulfide wird, daß letztere praktisch völlig bedeutungslos sind.

Bindeglieder.

1. Die Co-Ni-Erze fallen auch sonst im Tauernhof gelegentlich aus!

2. Die Zinnoberlagerstätte Liechtensteinklamm liegt im Klammkalk (Paläozoisch? Mesozoisch?) in einer Stellung, die man als im mittleren Erzhof befindlich auffassen kann, nämlich zwischen den Kupferkies-Eisenspatlagerstätten der Umgebung von St. Johann im Pongau und den „magmaferneren“ Zinkblende-Bleiglanzlagerstätten des Roßfeldegg und Distelbüchel. Das wäre dieselbe räumliche Lage, wie die zeitliche Lage der Hg-Erze am Erzberg zwischen Eisenspat-Kupferkies einerseits und der Kalkspat-Bleiglanz-Schlußphase andererseits.

So abgesprengt von den Hauptlagerstätten liegt z. B. auch die Zinnoberlagerstätte Krumpensee im paläozoischen Kalk südlich vom Erzberg, bzw. Reichenstein.

Ferner berichtet F u g g e r (Mineralien Salzburgs, 1878) über Zinnober mit Schwefelkies und Bergkristall, welche Paragenese am Radhausberg bei Gastein, also auf einer Gold-Kieslagerstätte des innersten Hofes gefunden worden ist. Hier ist er also bis zu den ältesten Erzgenerationen zurückgeschachtelt.

3. Schon am Silberpfennig bei Gastein, wieder im innersten Erzhof, beginnt der Eisenspat nicht allein als Gangart, sondern auch schon als Verdränger von Kalkspat im Marmor aufzutreten (P e t r a s c h e k 1932).

Auf Mitterberger Lagerstätten (Pongau) zeigt sich in den höheren Teufen soviel Kupferkies, daß die Lagerstätte praktisch als Cu-Lagerstätte anzusehen ist; in großen Teufen dagegen herrscht absolut der Eisenspat, der oben bloß kräftig vertretene Gangart war, und die Lagerstätte wird zur Spateisenlagerstätte. Überdies wird nach unten zu auch der (ältere) Ankerit reicher.

Ähnliche Wechsel im Mengenverhältnis finden sich auf dem Lager der Radmer, westlich vom Erzberg, besonders um Schloß Greifenberg. Hier wird der Kupfererzgehalt in der Spateisen- und Ankeritmasse so beträchtlich, daß sich die Kupfergewinnung lohnte.

Durch solche Bindeglieder fügt sich der Erzberg in die Verhältnisse des Tauern-Erzhofes doch zwanglos ein.

Metasomatose.

Die merkwürdige und der Masse nach mit keinem anderen Mengenwechsel im Tauernerzhoft vergleichbare, einzigartige Mengen-umkehr erheischt eine besondere Aufklärung. Welche Schwierigkeiten ihr entgegenstanden, das bezeugt die Geschichte der Auffassungen von der Erzschoöpfung am Erzberg.

Eine Reihe von Beobachtern sahen den Erzberg als sedimentäre Eisenerzlagerstätte an: Schouppé 1854, Vacek 1900, Stelzner-Bergeat 1904, Rosza 1925, Schwinner 1925.

Andere setzen sich für metasomatische Entstehung ein: Taffanel 1903, H. v. Höfer (1903) und dadurch angeregt Redlich ab 1905, Heritsch 1908, Beyschlag-Krusch-Vogt 1913.

Eine dritte Gruppe versucht es mit Annahme einer sedimentären Uranlage, die durch spätere, metasomatische Vorgänge verwischt wurde. Beck, Erzlagerstätten (1902), Kern 1927.

Wir gehen nun auf die Frage der Metasomatose mit besonderer Rücksichtnahme auf die Erzberg-Verhältnisse näher ein. Vorausgeschickt sei: Es gibt eine große Zahl metasomatischer Vorgänge; immer sind sie dadurch gekennzeichnet, daß ein schon toter Mineralkörper vorausgegeben ist, welcher durch ihn bearbeitende, frisch zugeführte Lösungen oder Aufschwemmungen angegriffen und schließlich überwältigt wird. Dabei geht der alte Mineralkörper in Lösung weg, und die zugetretene Lösung oder Aufschwemmung setzt ihre Produkte an seiner Stelle und an seinem alten Ort kristallin ab.

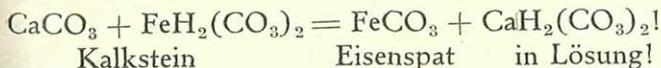
So ist es auch am Erzberg: Zwar zeigen sich im Berge eine große Zahl von Gängen, Adernetzwerken, Klüften, die von Eisenspat (oder auch von Ankerit usw.) erfüllt sind. Die weitaus größere Eisenspatmenge aber hat vorgegebenen Kalk und Dolomit verdrängt und sich an seine Stelle gesetzt. Daß dies so ist, kann man aus verschiedenen Beobachtungen erschließen. Vor allem sieht man an vielen Stellen des Berges, z. B. an der Hangend-Rohwand (vgl. die Abbildungen), deren Anbrüchen und Blöcken, auf Zauchen, be-

sonders gegen Süd, auf Emil usw., wie sich das Erz und auch der Ankerit in Wolken über die Schichtgrenzen der alten Sedimentstöße hinweg verbreitet. Eine solche Grenze sieht man auch quer durch die Werfener Grundbresche als wolkiger Rand hindurchgehen. Die ganze Verteilung der Erzlager selber erscheint wolkig (Profile!). Zudem verteilt sich die Erzwolke auch in anderen Gesteinen in ähnlicher Weise, z. B. in den Porphyroiddetritus der Erzbergunterlage und in Teilen der sogenannten Zwischenschiefer. Die schönste und augenfällig beweisende Stelle an der Werfener Grundbresche war 1938 auf Pauli aufgeschlossen. Da setzte die Grenze der metasomatischen Vererzung mitten durch eckige Kalkbrocken der Bresche, führte über das stets dünne Zement in den nächsten Kalkbrocken, von ihm eine Ecke erfassend, den Hauptkörper aber unverändernd lassend, weiter durch Zement, den nächsten Brocken ganz vererzend, dann wieder einen ganz auslassend usf.

Einen schlüssigeren geologischen Beweis für Metasomatose gibt es nicht.

Den versuchsmäßigen Nachweis eben dieser Art von Metasomatose erbrachte G. T. Moody 1905 (Zit. bei Osann-Rosenbusch, Elemente der Gesteinslehre 1923, S. 561). Wenn eine wässrige Lösung von Eisenbikarbonat unter CO_2 -Druck durch ein Gemenge von Kreidepulver und Sand gepreßt wird, schlägt sich alles Eisenkarbonat als Eisenspat nieder, und CaCO_3 (Kreide) geht dafür in Lösung. Analog vollzieht sich die Einwirkung derartiger Lösungen auf grüne Mergel, die dann durch Brauneisenbildung umgefärbt werden. — Die Moody-Versuche sind praktisch der Spatiseisen-Metasomatose gleichzuhalten. — Genau so, wie das Versuchsgut im Pulver- oder Sandzustand die Reaktion wegen der großen inneren Oberfläche vollständig auslaufen läßt, gibt ein gleich guter natürlicher Aufbereitungszustand, etwa Mylonitisierung, eine solche Vorbedingung dafür. Weniger gute und ungleichmäßige Aufbereitung muß dann die Gewähr übernehmen, daß Relikte übrig bleiben. Das sieht man auch am Erzberg im Großen, nämlich eine sehr verschiedene reiche Durchaderung und verschiedendichte Durchnetzung der Gesteinsmassen durch Klüfte, Rißsysteme usf.

Der Modysche Prozeß könnte in gleicher Weise formuliert werden, wie Redlich 1913 diese Metasomatose formulierte:



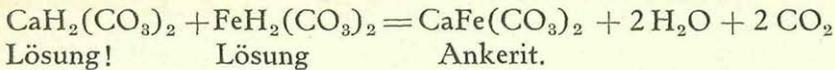
Kalkstein

Eisenspat

in Lösung!

analog auch Dolomit

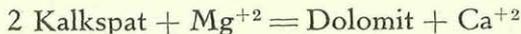
Um auch den Ankerit zu erklären, setzte Redlich an:



Das wäre dann nicht mehr Metasomatose, denn es wirkt in dieser Formulierung nicht mehr Lösung auf Gestein, sondern Lösung auf Lösung.

Ich gebe hingegen zu bedenken, daß dies nur eine von mehreren Möglichkeiten ist. Nach Untersuchungen von Klähn 1928 und Halla 1936 usf. zeigt Dolomit kongruente Löslichkeit. Dies darf daher auch für Ankerit innerhalb gewisser, für uns ausreichende Grenzen angenommen werden. Es könnte daher nach dem obigen Redlich'schen Rezept zunächst Ankerit-Lösung entstehen, und diese könnte Kalkstein ebenso metasomatisch verdrängen, wie Eisenspat es tut. Nun böte es auch keine Schwierigkeit, daß der Eisenspatbildung Ankerit sowohl vorausgeht, als auch folgt. Das läge in den jeweiligen Konzentrationen begründet, und in deren Einwirkung auf die feste, zu ersetzende Phase.

Anders steht es, wenn wir die Halla'sche „Dolomitierungsreaktion“



auf Ankerit übertragen. Oben steht ein zweiwertiges positives Mg-Ion für das anzuwendende Salz. Bei Ankerit wäre es das entsprechende Fe-Ion. Da müßte noch herausgefunden werden, weshalb sich zuerst das Doppelsalz Ankerit, dann Eisenspat und dann wieder Ankerit bildet, und diesmal ginge es auf stufig gegliedertem Weg vom Kalk (Dolomit) über Ankerit als erste Stufe und durch metasomatische Verdrängung von Ankerit durch Eisenspat unter Kalkfreimachung als zweite Stufe. — So hatte Redlich schon einmal den Prozeß formuliert (1907) und ist davon wieder abgegangen.

Eisenspatpseudomorphosen nach Kalkspat (z. B. Bodenmais) und nach Dolomit (z. B. Rheinbreitbach) sind von vielen Fundorten bekannt und bezeugen, daß der Ersatz nach dem Moody-Modell vor sich gehen kann. Aber auch Ankerit nach Kalkspat ist belegt (Wolfach!), so daß man eine direkte Metasomatose von Ankerit ohne Zwischenstufen oder Umwege anzunehmen berechtigt ist, wie oben bei Diskussion des Redlich'schen Rezeptes ausgeführt wurde.

Fragestellung am Erzberg.

Die Eisenspatparagenese ist — wie hier ja nicht zum erstenmal gezeigt worden ist — als eine Erzmasse anzusehen, die sich qualitativ mit dem Tauernerzhof in Deckung bringen läßt, aber in der

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter: www.biologiezentrum.at

Form (nicht Gänge sind die Hauptsache, sondern die metasomatisch ersetzten, ungeheuren Gesteinsmassen mit Eisenspat und Ankerit) und im Mengenverhältnis so starke Besonderheiten zeigt, daß man sich die Frage stellen muß: Wieso kommt es zu diesen Abnormitäten? In welcher Beziehung stehen die gehäuften Eisenspat-Ankeritmassen zum Inhalt der sulfidischen Tauergänge? Woher kommen auf einmal diese Spatmassen? E. Spengler hat dazu auch die Frage gestellt, warum unsere größte Eisenspatlagerstätte grade bei Eisenerz liege?

Diese Fragen zu beantworten wird später versucht, wenn nach Darlegung der Gesteinskunde, der Altersschichtung und des heutigen Baues das Bild sich mehr gerundet hat.

Damit sei der erste Abschnitt, die Herausarbeitung der Eisenspat-Paragenese am Erzberg, geschlossen.

Er hat uns gezeigt, daß die in der genannten Paragenese vereinten Mineralien sich durch ihre, sozusagen auf einander abgestimmten Formeigenschaften auszeichnen. Sie erscheinen in bestimmter Ordnung, in bestimmtem Formenkleid (Tracht) und in bestimmter Wuchsform (Habitus), und da dies auch auf anderen Eisenspatlagerstätten unserer Ostalpen in gleicher Weise wiederkehrt, muß man darin einen Lagerstättentypus von geradezu regionaler Bedeutung achten.

II.

Die Gesteine des Erzbergbereiches.

Der Paragenese des Eisenspates als einer nicht gesteinsmäßig auftretenden Gesellschaft von Mineralien stellen wir die Gesteine gegenüber. Hier liegen zum Großteil Mineralgesellschaften vor, die nicht im Zusammenhang mit der Eisenspatschöpfung stehen, sondern vorher und unabhängig von ihr gebildet worden sind. — Auszunehmen von dieser Abgrenzung sind indes jene Mineralmassen, die wir als Spateisenstein und Rohwand den Gesteinen zugliedern müssen. In ihnen überkreuzt sich eine Gesteinsschöpfung mit der Eisenspatparagenese ursächlich. — Im Übrigen ist zu vermerken, daß die gesteinskundliche Seite des Erzberges noch viel Arbeit erheischt, deren Gelingen z. T. davon abhängt, wie weit die Bearbeitung entsprechender Ablagerungen und teilweise auch umgewandelter Gesteine in Vergleichsgebieten vorschreitet, die nicht unter dem Schleier der Spateisenerzschöpfung liegen. — So zeigt dieser Abschnitt deutlich, wie ungleichmäßig gerade auf diesem Gebiet unsere Kenntnisse noch sind. Das Ziel des Abschnittes ist u. a., dem Leser die gesteins-

a) Absatzgesteine (Sedimente) und deren umgewandelte Abkömmlinge.

1. Grauwacken.

Darunter versteht man feinklastische Absätze aus Bruchstücken verschiedenartiger Gesteine (Karbonatgesteine, Sandsteine, Schiefer usf.), also noch ganz ohne Auslese bestimmter Kornsorten. Ihre Tracht kann grobsandig bis schiefbrig sein. Die „feinschichtigen Grauwacken und Grauwackenschiefer“ benachbarter Gebiete sind dasselbe. So gebraucht bei Stiny, Hammer, Schwinner, Haberfelner u. a. —

Solche Grauwacken sind im Erzberggebiet nicht häufig, Beispiel Kohlberg bei Vordernberg. — Haberfelner erwägt dafür Carbon. Schwinner dagegen Vertretung des Ordovic (Silur also) der carnischen Plenge-Serie.

Davon zu unterscheiden ist die „körnige Grauwacke“ von Eisenerz. Damit war immer nur der Porphyroid gemeint.

2. Arkosen.

Auch Arkosen sind unausgelesenes Material, aber bloß granitischer oder gneisiger Herstammung, kieselig gebunden, kaum oder nicht weit von seiner Bildungsstätte weggeschafft. — Im Eisenerzgebiet wird auch unausgelesener Porphyroidzerfallsgrus gelegentlich als Arkose angesprochen (Redlich 1930). Das könnte man gerade noch mit einigem Recht beibehalten, weil die Porphyroid-Gemengteile verwandt mit denen der Granite sind und die Bezeichnung „Blaseneckgneis“ für Porphyroide deren Zerfallsgrus als Gneisdetritus aufzufassen zuläßt. — Solche porphyroidische Arkosen sind aber nicht häufig. Beispiel: Erzberggipfel gegen O.

3. Sandsteine (und Quarzite).

Weißer Quarzsandstein (Kohlberg, Polster bei 1900 m, Leobner Hüttenweg kurz vor der Hütte. Beobachter Haberfelner, Hauser, Hießleitner, Schwinner, Angel). — Dieser Sandstein zeigt bereits hohe Auslese von runden Quarz-Großkörnern mit Durchmessern von 0.05 bis 1.0 mm. Sie haben nur gelegentlich noch den Umriß von Porphyroidquarzen, sehr häufig haben sie gar keine besonderen Kennzeichen. Die Großkörner stecken in einem sehr feinkörnigem Zement, manchmal aus feinstem Quarzzerreibsel mit viel Serizit, manchmal mit wenig. Das Zement ist überhaupt spärlich. Da

durch kommt es z. B. auf der Röttschütt zu rogensteinähnlichem Aussehen. Manchmal sind gröbere Muskowitblättchen eingestreut. Am Zement beteiligen sich Rutilnadelchen, Zirkon, winzige Turmaline (Schörl), manchmal wandert auch Eisenspat in kleinen Sechseckrautern ein und verursacht so wie Eisenkies bei Verwitterung Rostflecken im Gestein. Ferner kommt es gelegentlich zur Einlagerung von Brauneisenkörnern.

Es gibt feinkörnige bis dichte Lagen solcher Sandsteine, die oft schwach grünlich erscheinen, sehr hart sind und splitterig brechen. Solche Sandsteine sind wegen ihrer äußeren Ähnlichkeit als „quarzitische Sandsteine“ bezeichnet worden (Hießleitner, Heritsch). Der innere Aufbau erweist sie als Sandsteine, denn sie besitzen kein granoblastisches Gewebe, sondern eine klastische Grobkörnergeneration, die in kieseliges Zement eingeschlossen ist. Bezeichnend ist grobe Durchaderung mit Milchquarz.

Nach Haberfelner wäre ein Teil davon Carbon oder Perm. Nach Schwinner dagegen Caradoc; mögliches ehemaliges Pigment wäre durch Bleichung an einer tertiären Altfläche verloren gegangen.

Es erscheint nicht mehr zu bezweifeln, daß es sich bei diesen Sandsteinen um aufgearbeiteten Porphyroidabfall handelt.

Die Kressenberg-Sandsteine sind gelblich oder graubraun und enthalten reichliche Glimmerspreu (besonders auf den Schichtflächen sichtbar) sowie Pflanzenhäcksel. Ähnliche sandig-schiefrige Lagen findet man am Weg Station Erzberg—Erzgraben und ob der Feistawiese; das sind die bestbelegten carbonischen Ablagerungen am Berge (Heritsch, Haberfelner). Sie treten auch mit graphitisch grauer Farbe auf. — Am Kressenberg gibt es ferner einen Sandstein mit großen glasigen Quarzkörnern und massigem Aussehen. Reiche Glimmereinstreu macht die Unterscheidung von der Porphyroidgruppe leicht.

Vielfach werden Glieder dieser Gruppe auch als Schiefersandsteine angesprochen (Platte, Kressenberg). Sie sind im allgemeinen weich und schwach durch Zement gebunden.

Zum größeren Teil sind diese Ablagerungen wohl silurisch; stets aber handelt es sich um Ablagerungen im seichten Meer.

Echte Quarzite kommen darunter nicht vor.

4. Kieselschiefer und Lydite.

Beide Abarten sind graphitisch schwarz. Die Kieselschiefer sind hart, dünnplattig—schiefrig. Die Lydite sind ebenfalls hart, brechen muschelrig und treten plattig oder dickbankig auf.

Sie sind die „Graptolithenschiefer“ des Berges und der Umgebung. Eisenkies ist in ihnen mehrfach verzeichnet worden, darunter auch als Versteinerungsmittel von *Orthoceras* (1863). Manchmal (Feistawiese) sind sie kieselig netzgeädert, wie gewisse paläozoische Kalke weiß kalkgeädert werden. Ihr Gefüge ist feinstkörnig bis dicht, ihr einziger Hauptgemengteil Quarz.

Der Tullgrabeneingang zeigt auch weiß-rotbänderige, gefältelte Kieselschiefer, deren Bänderung Quarzknuern umfließt: „gebänderte Jaspisschiefer“ (Hießleitner 1929). Alle diese Gesteine sind Tiefseeablagerungen. Aus ihrer Verteilung und der der Kalke einerseits, der Sandsteine andererseits wird geschlossen, daß unser Ablagerungsraum im O und NO seicht war, nach W und SW aber immer tiefer wurde.

Lyditbreschen, Gesteine, welche Lydit- und Kieselschieferbröckel durch feinquarziges Zement verkittet haben, wurden als Einlagerungen in Tonschiefern und im Erzberg-Zwischenschiefer (Redlich) gefunden.

Die Breschen sind natürlich jünger als jene gewachsenen Lydite, von denen sie durch Aufbereitung geliefert wurden. Haberkeller versucht zu beweisen, sie seien jünger als Devon und wären ins Carbon zu stellen, wie er ja auch die Tonschiefer, die sie enthalten, dorthin stellt. Es ist aber dieser Schluß nicht sicher genug. Die Breschen können von Lyditen herkommen, die ältestes Silur in Graptolithenfazies sind und brauchen nur wenig jünger sein, so daß sie immer noch im Silur in Tonschiefer eingebettet worden sein können.

5. Tonschiefer (und phyllitische Tonschiefer).

So wie es bei den Sandsteinen des Erzbergbereiches keine Quarzite gibt, so fehlen den Tonschiefern dieses Bereiches auch richtige Phyllite. Diese müßten zum Unterschied von den Tonschiefern ebenfalls wiederum durch die hervorstechende Entwicklung blastischer Strukturen zu unterscheiden sein, und bei günstigem Gemengteilverhältnis die entsprechende, aus der Durchbewegung entspringende Sonderung der körnigen und blättrigen Gemengteile aufweisen, die man bei den Tonschiefern entweder vermißt oder durch Korngrößensrhythmik ersetzt sieht. — Am Erzberg gibt es allenfalls Übergänge zwischen beiden Gesteinsarten, genannt: phyllitische Tonschiefer (halb auf dem Wege zur Umprägung in der obersten Streßzone).

Vollständig unentmischte Tonschiefer sind sehr gut zu studieren in Präparaten von „Renata“ und „Johann“. Sie zeigen ein recht gleichmäßiges Gemenge von feinen Quarzsplittern mit Serizit, dessen Schüppchen um eine ganze Größenordnung kleiner sind. Die Korn-

durchmesser liegen bei 0.1 mm, dann abwärts bis auf wenige Hundertstel und Tausendstel mm! Mit freiem Auge hat man den Eindruck: dicht. Die genannten Schiefer sind gebleicht (pigmentfrei), und nur deshalb ist ihr Gewebe so gut erkennbar. Sehr häufig sind die Gewebe reichlich graphitdurchstäubt, und wo sich dies häuft, spricht man (Hießeitner) von graphitischen Tonschiefern. Das Gewebe ist dasselbe, wie bei den pigmentfreien Schiefen. Besonders vom Tullgraben werden graphitreiche Lagen beschrieben. Von der Station Erzberg kennt man Übergänge in feinschichtige Grauwackenschiefer! Viele normale Typen kann man im Gerichtsgraben sammeln.

Hingegen sieht man auf der Plattenalm z. B. graphitreiche und dabei mild seidig schimmernde Schiefer, die mit Glanzschiefer verglichen werden oder als „phyllitische Tonschiefer“ Erwähnung finden. Redlich spricht diesbezüglich von „leicht metamorph“. Hierin gibt es oft auch anrostende Quarzlagen, wie so häufig in Tonschiefer-Schichtstößen und Phylliten. Soweit ich bisher aus Dünnschliffen erkennen kann, wird die phyllitische Tracht durch einige Sonderumstände hervorgerufen. Namentlich durch fühlbare mechanische Kornsortierung in glimmerige und quarzige Lagen bzw. Kornfasern, durch Konzentration des organischen Pigmentes (Graphit!) auf den Bewegungsflächen, namentlich zwischen den Glimmer- und Quarzkornfasern, sowie durch eine besonders beim Quarz schon merkbare Blastese unter Korngleichmachung (Egalisierung) und Ausstoßen des Graphites aus den kristallisierenden Gesteinsteilen. Sehr hübsche Bilder davon sieht man in den Schieferfetzen der Schiefererze u. dgl.

Graphitische Tonschiefer dieser Art sind in den Zwischenschiefern recht häufig. Gerade hier (z. B. auf „Liedemann“, „Kerpely“, „Christof“) sieht man sie auch im „gebleichten“, d. h. entpigmentierten Zustand. Wenn da ganze Bänke matt lehmgelb erscheinen, sind dafür benachbarte Schichten um so reicher an Graphit, und dahin ist wohl das Pigment aus der ehemals durchschnittlichen Verteilung verschoben worden. Diese lichten, weichen Schiefer hat man früher einmal z. T. als Talkschiefer vom Erzberg angegeben (es gibt aber hier keine Talkschiefer!). Da gerade die gebleichten Tonschiefer oft zu Knoten- und Schiefererzen werden, besteht zwischen Bleichung und Erzanlieferung bzw. Vererzung ein Zusammenhang, nämlich der starker innerer Beweglichkeit: Erz kann einwandern, Graphit wandert in Konzentrate. — Auf der Plattenalm und am Plattensattel gibt es auch durch Eisenglimmerschüppchen rot gefärbte, graphitische Tonschiefer. Haberfelner sieht die Tonschiefermassen ziemlich total als Carbon an. Heritsch (1932) sieht nur teilweise darinnen

Carbon (auch nach mündlicher Äußerung 1958). Schowginner sieht nur an einzelnen Punkten darin Carbon, und stellt die Hauptmasse ins tiefere Ordovic (und Cambrium) in Analogie mit der Plengserie der Carnia.

Jedenfalls aber gibt es in diesen Tonschiefern auch sandigglimmerige Schieferlagen, in Gesellschaft von schieferigen Sandsteinen, die reichlich das erwähnte Pflanzenhäcksel führen, daneben Brachiopodenreste wie in der Veitsch, und dazu kommen Lyditbreschen. Diese Tonschieferkomplexe mit der Beimischung der erwähnten Glieder mögen tatsächlich Carbon sein.

Vererzte Tonschiefer sind die nicht entmischten, gebleichten Tonschiefer auf Johann, gelbgrau, mit hirsekorngroßen Ankeritporphyroblasten von gelber oder rötlichgelber Farbe. Hier sieht es gelegentlich so aus, als ob solche Schiefer z. T. ursprünglich schon pigmentfrei gewesen wären (Abbaustufe der Station Erzberg). Das können Lagen von umgeschwemmtem Porphyroid-Zerfallsgrus sein. Die Ankeritknoten sind häufig durch innere Gleitungen in Sektoren gegliedert. Hieher gehören auch die „Forellenschiefer“ der Johann-Abbaustufe. — Im Eisenspat-Pinolit von Stufe Schutzengel sind graugelbe, pignoli-ähnliche Eisenspatkörner in graphitreicher, tonschieferiger Basis so gewachsen, wie dies im Pinolit magnesit von Trieben der Fall ist. Der Graphit und die Serizit-Quarz-Gewebmasse umdrängt die flachen, rundlichen Eisenspatkörner als spärliches Grundgewebe.

6. Karbonatgesteine.

a) Kalksteine.

Riffkalk (Devon), Haberkeller 1937. Tritt hell, sehr feinkörnig, ungeschichtet, grobbankig auf und zeigt nicht selten Korallenstöcke. Beispiel: Lins. — (Auch die Trias entwickelt ähnliche Korallenkalke, so auf der Griesmauer und am Hochturm.) Der Riffkalk ist nicht metamorph. Er enthält besonders am Polster bemerkenswerte Einstreu von kleinen, rundlichen Quarzkörnchen.

Flaserkalk (= Tonflaserkalk, Hiebleitner) und Netzkalk. Das sind sogenannte bunte, devonische Kalksteine mit Cephalopodenresten, Ablagerungen in tieferer See, mit rötlichen, grünen, violetten, grauen Färbungen. In den Netzkalken herrscht netzartige Durchhäderung durch angereicherte Tonschiefersubstanz. — In den Flaserkalken zieht sich die Tonsubstanz zur Häuten zusammen, welche die s-Flächen vorzüglich auszeichnen und parallele Lagigkeit zum Ausdruck bringen. Die Tonhäute dieser Kalke sind oft fältelig und Farbträger (grünlich, violett usw.). Ihre Substanz macht

nachgewiesenermaßen in Eisenerzer Flaserkalken bis zu 5 Gew.-% aus. — Sie bestehen größtenteils aus Serizit bis Muskowit und etwas feinem Quarz.

Kern und Hiebleitner möchten darin Zeugen rhythmischer Sedimentation sehen. Heritsch erklärt sie als Entmischungs-Ergebnis. Nach Erfahrungen an Grazer Flaserkalken wird die Flaserigkeit schon durch geringfügige Kornentmischung und Rekristallisation erreicht. Manchmal setzen sich dann in den Flaserflächen Zeilen winziger Dolomitkristallkörner an. Beispiel: Buchleiten.

Die Flaserkalke bilden natürlich Schichtstöße mit sehr bedeutender Bewegungsfähigkeit.

Schwarzer Knollenkalk (Oberdevon) zeigt bei dunkler Gesamtfarbe knollige Oberflächen. Er zerschlägt sich zäh und splitterig. Beispiel: Kressenberg, Donnersbachalpe, Linsalpe.

Plattenkalke sind den karnischen Kalken vergleichbare, schwarze, plattige Kalke des Gotlandiums. Sie bilden meist dünne Lagen in Kalkschichtstößen des Reichensteins, am Krumpensee usw. Auf der Rotschütt und am Tulleck sind sie teilweise spärlicher vererzt.

Saubergerkalk gehören ins höhere Unterdevon. Sie treten massig, schiefrig oder auch bankig auf, sind hellfärbig oder rötlich, auch bunt geflammt (rot, gelb, grau) und ziehen eine Gesellschaft roter Krinoidenkalke mit sich, die körniges Gewebe zeigen. Die Rotfärbung des Sauberger Kalkes rührt her von Einlagerungen von Schwärmen feiner Eisenglimmerschüppchen; wo dies der Fall ist, entwickelt sich im Kalkgewebe gröberes Korn (Marmorisierung).

Die Kalkschiefer Redlichs (1930) sind z. T. verschieferte Sauberger Kalke und verschieferte rote Crinoidenkalke, z. T. Flaserkalke mit den erwähnten Kornentmischungen.

Graue, rauhe und sandig anwitternde Unterdevonkalke stehen am Polster an.

Einige Bemerkungen zu den Trias-Kalksteinen: An der Frauenmauer tritt der Reiflingerkalk zutage: Dunkelgrau, hart und dicht, enthält er auch schwarze Hornsteine. — Die Gutensteinerkalke (z. B. am Lammingecksattel) sind braungrau, plattig, stark tonig-mergelig und bituminös.

b) Dolomite.

Die Trias (Trenchtling) liefert helle, hackig brechende Dolomite. Die paläozoischen Dolomite des Erzberges, die mit den paläozoischen Kalken verbunden vorkommen, sind z. T. recht grobkörnig, dann sichtlich umkristallisiert unter Aufnahme von etwas Eisenkarbonat

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
(Eisendolomit). Solche Arten haben auch wieder die „miarolithischen“ Drusen Hohlräume.

Es gibt auch feinkörnige Dolomite, genau wie im Grazer Paläozoikum, mit dem ganz normalen Pflastergewebe, wie es Dolomit zukommt. Merkwürdig sind hier auch Klüfte, deren Wände von den vergrößerten Kristallköpfen der kluftrandigen Dolomitkörner gebildet werden. Über diesen Köpfen siedelt dann noch klufffüllender Dolomit, der gegenüber der gleichmäßigen Pigmentierung der Gesteinskörner deutlich rein und aufgehellert ist.

Vererzter Dolomit: Der graue Dolomit erscheint in Schollen zerlegt, an den Schollen setzt sich Ankerit an, dann verstopft Eisenspat grobkörnig die Resträume. Örtlich fehlt der Ankeritbewuchs und es folgt auf die nackte Dolomitwand gleich der Eisenspat.

Interessant ist auch ein dolomitischer Kalkstein vom Erzberg, in dessen Kalkgewebe zahlreiche Dolomit-Sechsrautner verstreut oder in Zeilen eingewachsen sind. Mit freiem Auge ist dies nicht sichtbar.

c) Rohwand.

Die Rohwände sind gesteinsmäßig auftretende metasomatische Massen, zusammengesetzt aus Restbeständen (Kalkstein, Dolomit) und eingewanderten Karbonaten wie Ankerit, Dolomit, Eisenspat. Schöne Beispiele sieht man in der großen „Hangend-Rohwand“. Recht gleichmäßig erscheint mit besonderem bankweisen Ankeritreichtum die Josefi-Rohwand. Die chemische Zusammensetzung wechselt daher natürlich sehr stark.

Als Besonderheit sei ein Pinolit-Ankerit aus der Radmer (Redlich) genannt, der gerade so gut am Erzberg vorkommen könnte und das Seitenstück zum Eisenspat-Pinolite vorstellt:

SiO_2 4.05, FeCO_3 16.74, MgCO_3 28.22, CaCO_3 51.16, C unbestimmt.
Summe 100.17.

Hier handelt es sich um ein reines Ankeritgestein, nicht um eine Rohwand.

d) Spateisenstein.

Die gesteinsmäßig auftretende metasomatische Masse aus Eisenspatkörnern heißt Spateisenstein. Die reinsten, feinkristallinen Abarten (graugelb, weißlich, braun) nennt der Bergmann Pflinz oder Flinz.

Das chemische Bild soll folgende Analyse, ein Durchschnitt nach Redlich, deutlich machen:

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

FeO	32.3%	Hieraus Fe =	38.7%	(heute am Tagbau Durchschnitt niedriger!)
Fe ₂ O ₃	19.5			
Mn ₃ O ₄	3.5	Mn	2.45%	
SiO ₂	4.1	P	0.02	
Al ₂ O ₃	1.3	S	0.08.	
CaO	5.9			
MgO	4.1			
CO ₂	27.6			
P ₂ O ₅	0.03			
H ₂ O	0.8			
SO ₃	0.20			

Summe 99,33%.

Die Erze sind also durchschnittlich sehr rein.

Die Bändersiderite Petrascheks sind z. T. metasomatisch von Eisenspatzschüden durchwobene Dolomite.

Die Sideritschiefer, auch Schiefererz mit Jahresschnüden genannt, sind aus einem Wechsel von Schieferblättern (Zwischenschiefer z. B.) und EisenspatzKornlagen aufgebaut. Kern deutete sie als rhythmische Sedimentation, Rosz verglich sie mit der bekannten Erscheinung aus Salzlagerstätten. Indes handelt es sich um aufgeblätterte Schiefer, in welche die Eisenspatzmassen sich als Lösung oder als Salse eindrängten. Redlich und Clar haben hier gegebenenfalls von kleinen Lagergängen gesprochen. Es erscheint mir besser, zum Vergleich die Bänder- und Streifenmigmatite heranzuziehen, d. h. weniger an Injektion einzelner Lagen zu denken, als vielmehr an die gegenseitige Durchdringung von aufgelockerten, zerspaltenen Schiefer mit den mobilisierten Karbonatmassen.

Tonflasersiderite sind metasomatisch vererzte Tonflaserkalke.

Schiefererze ist ein allgemeiner Ausdruck. Wenn es sich um solche auf Grundlage eines Tonflaserkalkes handelt, ist die Angelegenheit ja klar. Es kommt aber vor, daß man Eisenspatzmassen sieht, in welchen in sehr großer Verdünnung Schieferhäutchen schwimmen, und wo man den Nachweis, daß hier Kalke etc. verdrängt worden seien, nicht führen kann. Für solche Fälle habe ich die Möglichkeit erörtert, daß eine Bildung wie das Erz mit Jahresschnüden vorliegen könne, wobei die Erzmassen die Schieferetzchen als Verunreinigung örtlich mit sich geführt hätten.

e) Steirisches Kletzenbrot.

Als Anhang erwähnen wir diese in allen Schulsammlungen verbreitete Bresche aus Brauneisenbrocken, die durch feinfaserigen Ara-

gonit verkittet werden. Ihre Bildung vollzieht sich in der Hutregion und kann noch heute statthaben.

7. Die Gruppe der Werfener Schiefer.

a) Werfener Schiefer.

Plattig brechende, oft deutlich schiefrige Gesteine vom Korn 0.1—0.03 mm, meist weinrot, rotviolett, düsterrot, im Weinkellergraben (nach Hießleitner) grünfleckig auf rotem Grund; hangende Lagen überhaupt grün, graugrün und toniger werdend; Liegendlagen vielfach so sandig, daß man von Werfener Sandstein spricht. Auf den Schichtflächen lückenhafte Beläge von Muskowitschüppchen. Der Dünnschliff enthüllt: Feinmuskowit und Quarz als Hauptgemengteile (z. B. Bergstraße, Verhältnis etwa 1:1), dazu etwas Albitoligoklas, alle klastisch in der Form. Feinsortierung undeutlich, ebenso die Feinschichtung. Bei durchbewegten Stücken aus den Falten ist kleinlinsige Zerlegung und mechanische Kornsortierung zu beobachten. — Im ganz feinen Gewebsgrund ist Graphit und Eisenglimmer feinst verteilt, ferner spießen scharfe Eisenspatzsechsrautner (Korn 0.06—0.15 mm) durch das Gewebe, die mechanisch unverseht, aber bis zu hohen Graden in Brauneisen umgewandelt sind. Die düstere Rotfärbung wird hauptsächlich durch das Paar Graphit und Eisenglimmer verursacht. Die Färbungsursache der grünen Schichten ist noch unbekannt (glaukonitisch?) .

So wie die Zwischenschiefer, bleichen auch die Werfener Schiefer im Erzbereich, z. B. am Werfener Keil. Es entstehen weißliche, hellgelbe oder grünliche Schichten und Streifen. Wieder handelt es sich um Pigmentenzug durch Wanderung, z. B. des Graphites, wahrscheinlich aber auch des Eisenglimmers.

Dieser Eisenglimmer hat im Werfener Schiefer dieselbe Bedeutung wie das entsprechende Pigment im Buntsandstein. Er leitet sich her von den im Sediment schon gebildeten Brauneisenhüllen der Sandkörnchen und der Brauneisendurchfärbung des tonigen Basalzementes. Zu Eisenglimmer wird dieses Brauneisen vielleicht erst nach längerem Altern des Sedimentes. Im Zusammenhang mit der Vererzung scheint Sammelkristallisation das Korn zu vergrößern, und schichtweise besonders in Bewegungsbereichen Wanderung und örtliche Anreicherung nach Art des graphitischen Pigmentes möglich zu sein.

Gesteinskundlich kann man unterteilen:

Werfener Sandsteine (Quarz herrschend) — Werfener Schiefer (Quarz und Feinmuskowit herrschend) — Werfener

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
Tonschiefer (Feinmuskowit herrschend). Angabe der Farbe vervollständigt die Namensgebung. Beispiele: Bewaldeter Erzbergteil bei Berghaus, Barbara usf. Werfener Keil auf Kogel; Rand des Zirkus gegen N.

b) Werfener Grundbresche.

Dieses Gebilde geht auch unter den Bezeichnungen Basiskonglomerat, Präbichlkonglomerat (Schwinn er), Basisbresche (Kern). Man trifft es am Erzberg in zwei Zuständen, von der Vererzung zunächst noch abgesehen.

b 1) Ungeschieferte Werfener Grundbresche.

In einem roten, sandigen Bindemittel (Zement, Basiszement), welches wesentlich die Zusammensetzung der gewöhnlichen Werfener Schiefer hat, gelegentlich wohl auch aufgearbeitete und geschlammte Porphyroidmasse enthalten mag (Kern), liegen örtlich in wechselndem Verhältnis folgende Brocken von Gesteinsarten, in eckiger oder daneben auch gerundeter Form, d. h. also in wenig bearbeiteten Bruchstücken oder als Gerölle, von Nußgröße und kleiner, bis zu Faustgröße, seltener und rein örtlich auch viel größer:

Feinkristalline, hellgraue Kalksteine (Mitteldevon), rote sowie gelb und rotfleckige, feinkörnige Kalke (Sauburger K.), graue, sandige Kalksteine (Unterdevon), Lydite und Kieselschiefer, schwarz, z. T. auch rot (Silur), helle, porphyroidähnliche Sandsteine (Hießleitner), sehr selten auch Porphyroidstückchen (Haberfelner), örtlich dazu Quarzgerölle. Der Gesamteindruck ist lebhaft bunt. Am Polster, Ratzenstadel, und im Tullgraben ist das Bindemittel örtlich grau-grün und tonig.

Gelegentlich ruht auf solchen Breschen noch ein „quarziges Basalkonglomerat“ (Hießleitner) mit überwiegenden weißlichen Quarzgeröllen in rotem Zement.

b 2) Geschieferte Werfener Grundbresche.

Am Werfener Keil des Erzberges, Sabina und Pauli, Augustinstollen usf. sieht man alle Übergänge von der Bresche bis in einen streifigen Kalkschiefer. Die Bruchstücke werden dabei gleichgerichtet und gestreckt, schließlich zu langen Streifen ausgezogen, die durch dünnes, buntes Zement abgegrenzt erscheinen.

Es ist genau so, wie wenn die Bresche durch eine Walzenstraße gezogen worden wäre (Kern sagt deshalb direkt „ausgewalzt“). Der Lage nach handelt es sich um Faltenschenkel.

Solche Breschen sieht man auch im teilweise und durchgreifend vererzten Zustand, ebenso die verschieferten Breschen. Die Vererzungsgrenze kann quer zur Streckung oder durch das unverletzte Gewebe mitten durch Gesteinsbrocken hindurchgehen, so daß diese zur Hälfte vererzt, zur anderen Hälfte unvererzt sind. Vermittels des Zements springt die Vererzungsgrenze dann auch auf andere Brocken über. Nirgends aber hat man ausgewalzte Erzbrocken gefunden. Beispiele am Werfener Keil, Pauli; auf der Handlalm bei der Leobener Hütte. — Diese vererzten Breschen sind ganz wichtige Beweismittel für das nachtriadische Alter der Vererzung.

Moränen und Blockströme.

Die jungen, aus der Eiszeit stammenden Moränen und Blockströme bilden mächtige Ablagerungen; an der Deckentektonik und am Faltenbau des Gebietes nehmen sie aber nirgends mehr teil.

Der Galleiten-Schuttstrom besteht aus Riesenblöcken paläozoischer Kalke, die z. T. zu einer Riesenbresche verkittet sind. Am Hoheneck bei Krumpental tritt eine solche Bresche wandbildend auf.

Aus dem Grübl, von der Handlalm und der Leobner Mauer laufen gewaltige Grobschutt- bzw. Blockströme in das Moränengelände des Präbichlpasses.

Ein mächtiger Triasblockstrom ergießt sich vom Kaiserschild ausgehend in die große Fözl.

Auch einige mächtige Bergstürze sind zu erwähnen: Im Gerichtsgraben und in der Gsoll liegen Porphyroid-Bergstürze. — Aus dem Himmelkogelgewände brach ein Porphyroidbergsturz gegen das Vordernbergertal herunter. — Der Kressenberg nordfuß ist durch einen Kalkstein-Bergsturz verhüllt.

B. Massengesteine und Abkömmlinge.

Die Porphyroid-Gruppe.

Gesteine dieser Gruppe sind in der Eisenerzer Umgebung sehr verbreitet, auch in der weiteren Umgebung. Es dauerte einige Zeit, bis daß man sie klar erkannte, weil sie beträchtliche Verschiedenheiten zeigten, die man sich zunächst nicht erklären konnte. Der Eisenerzer Schichtmeister Szlawik nannte Erzbergvorkommen schon 1828 „Porphyr“. Doch ging diese Erkenntnis wieder verloren. V. Foulon nannte einen Teil der Porphyroide, so wie er sie am Blasseneck beobachtete, „Blasseneckgneis“ und sah darin einen „archaischen Gneis“ (1886). Dies wurde sofort von F. Becke berichtigt. Dessen ungeachtet sprach Vacek (1900) wieder vom Blasseneckgneis.

Ohnesorge bearbeitete ganz entsprechende Gesteine bei Kitzbüchel und stellte fest, daß es schwach umgewandelte Quarzporphyre = Porphyroide seien. Dies konnte nun leicht auch auf die Erzbergvorkommen übertragen werden. Redlich erkannte entsprechende Niederdonauer Gesteine als dasselbe (1907, 1908). — Ansonst findet man dafür auch die Bezeichnung körnige Grauwacke (v. Ferro, 1847, Schoupe, 1854). Eine breitere physiographische und chemische Bearbeitung wurde diesen Gesteinen durch Angel (1919) zuteil.

Gemengteile: a) Einsprenglinge.

Quarz, oft der alleinige Einsprengling, ist häufig in scharfer Kristallform (Hochquarzform mit kurzem Prisma) zu beobachten, häufiger noch mit den bekannten Grundmasseeinbuchtungen, Schläuchen und deren runden Querschnitten. Große Quarzkörner sind gelegentlich in Splitter zerlegt, deren Abstammung von einem Korn noch unverkennbar ist, so nahe liegen sie beisammen. Das ist nicht mechanische Deformation, sondern Zerspringen der Körner in der Lava. — An mechanischen Elementen bemerkt man bei den Quarzen neben auffallender Böhmischer Streifung ein Abbröseln von Körnchen am Rand und in verschiedenen Vorkommen eine feinkörnig-stengelige Rekrystallisation dieser Bröselkränze unter Einsprossen von Chlorit.

Feldspäte. Der Kalifeldspat, der übrigens nur noch in wenigen Fällen optisch genau bestimmt werden kann (Füllerkreuz!) ist gemeiner Orthoklas mit schwacher Trübung, oder Mikrolin-Mikroperthit, dies aber wohl erst sekundär unter dem Einfluß der Umwandlung. — Ganz besonders auffallend ist die häufige Ersetzung des Kalifeldspates durch Schachbrettalbit (schönstes Beispiel Füllerkreuz). — Die Plagioklasse sind vertreten durch Albit bis Oligoklas, durchaus noch meßbar, obgleich sie eine meist sehr kräftige Serizitfüllung besitzen, der nur in wenigen Fällen etwas Klinoisit (krümelig, farblos) beigemischt ist. Wo mechanische Kornverunstaltungen auftreten, sind sie in der Wirkung ganz jenen bei Porphyrquarzen zu vergleichen. — In der Grundmasse waren dieselben Feldspäte zu finden.

Glimmer. Biotitreste sind selten (Johnsbach, Sulzbachgraben, Polster). Farbe rötlichbraun, die spärlichen Beobachtungen zeigten nie einen Opazitrand. (Opazit vgl. noch unten.)

Chlorit. Soviel bisher untersucht werden konnte, findet man als nachweisliche Pseudomorphose nach Biotit Pennin, Klinochlor und vielleicht Prochlorit. Die Biotitspaltung erhält sich, es wird überall reichlich Titanit abgeschieden, der von den vielen kleinen Chlorit-

knäueln, welche die Pseudomorphose des Biotitkorns aufbauen, umschlossen wird. Es gibt Beispiele, wo Chlorit auch in der Grundmasse vorkommt und diese feinschuppig durchwirkt. Dort ist ein Bezug auf Biotit nicht möglich. Seltener tritt auch Epidot dazu.

Ganz bezeichnenderweise aber erleidet der Biotit noch andere Umwandlungen. Von der Berghausstraße kenne ich einen Fall, da sind die Biotite etwas aufgeblättert worden, und dann völlig umgewandelt in Muskowit, der durch Einlagerung feiner Magnetit-Körnchenschleier z. T. undurchsichtig erscheint. Letztere Erscheinung ist eine Opazitisierung. Es ist ganz im Einklang mit den übrigen Erscheinungen, daß die Opazit-Muskowit-Pseudomorphosen mechanisch unzerstört sind. — Von Abbaustufe V (Zirkus) habe ich einen grauen Porphyroid studiert, der fast reine Muskowit-Pseudomorphosen nach Biotit besitzt, in welchen Einschlüsse von Titanit und wenig Magnetit enthalten sind, 4 bis 6 Muskowitblätter, häufiger aber viel mehr, setzen eine solche Pseudomorphose zusammen. Hier handelt es sich auch um ursprünglich magmatisch resorbierte Biotite, deren Opazit aber in die Grundmasse vertragen wurde, und im Restgerüst des Glimmers sproß bei der Umwandlung Muskowit.

Nebengemengteile: Apatit, Zirkon, Magnetit. — Roteisenschüppchen. Grün- und braunviolette Turmalinsäulchen. Einsproßte Karbonat-Porphyrosteren, namentlich Eisenspat und Ankerit, aber beide bloß örtlich.

Grundmasse: Mikrogranitisch (Füllerkreuz), meist jedoch felsitisch, in einem Fall (Silbersberg) schlierig und perlitisch. — Meist ist alte Fließstruktur mit Fadenziehen zwischen Einsprenglingstrümmern noch sehr deutlich, aber außerdem ist die Grundmasse sehr weitgehend umgewandelt in ein Gemenge feinsten Quarzkörnchen und feinsten Serizites, sowie feiner Albitkörnchen, deren Anteil quantitativ nicht erfaßt werden konnte.

Somit kann man die Porphyroid-Gemengteile in zwei Klassen teilen: 1. **Altgemengteile** aus dem Schmelzfluß-Stadium: Quarz, saure Plagioklase, Kalifeldspäte (als Orthoklase), Biotit, Grundmasse aus Quarz und sauren Feldspaten. — 2. **Umwandlungserzeugnisse:** Chlorite und Serizit, Schachbrettalbit, Mikroklino-perthit. Zugewandert Turmalin, örtlich wahrscheinlich auch Chlorit, Epidot-Klinozoisit.

Durch den Schleier der Umwandlung hindurch sieht man auch noch die alten Strukturen: Es gab da Formen, die einsprenglingsreichen Quarzporphyren überaus ähnlich sind, und bei ihrer mikrogranitischen Grundmasse darauf hindeuten, daß sie nicht als Laven ergossen, sondern als seicht liegende Lagermassen intrudiert worden

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
waren. Andere Formen wiederum sind einsprenglingsarm bis einsprenglingsfrei (aphanitische Formen). Gewiß kann man ohne ausgedehntes Vergleichsmaterial im Zweifel sein, ob die genannten Gesteine im umgewandelten Zustand noch erkannt werden können. Übergangsreihen von den einsprenglingsarmen Formen hierher machen dies aber möglich. Sehr schön ist der fast weiße, nur wenig umgewandelte perlitische Porphyroid vom Silbersberg

Das Gestein enthält weiße, flach gepreßte, ehemals glasige Perlen (1–3 mm Korn) in einer grauen, entglasten Grundmasse, die heute ein feinstes Serizit-Quarzgewebe, etwas limonitisch durchtränkt und erzbestäubt, darstellt. In diesem Gestein fand sich auch ein kleiner Biotit. Somit sind strukturell auch Übergänge zu vulkanischen Gläsern da, normale Laven mit felsitischer Grundmasse sind aber in der Überzahl.

Die Auffindung unzweifelhaft einsprenglingsarmer bis freier Formen und Beobachtung ihrer Umwandlungszustände war für die Beurteilung der ähnlichen Formen in den Zwischenschiefen wichtig. — Überdies treten auch Tuffe der Porphyroide im Verband mit denselben auf.

Massenverhältnisse der Einsprenglinge. Glimmer tritt sehr zurück, oft fehlt er überhaupt. — Quarz macht $\frac{1}{3}$ bis $\frac{2}{3}$ der Einsprenglinge sehr häufig aus, seltener ist er überhaupt allein Einsprengling. Der Plagioklas wiegt in der Regel sehr stark vor gegen den Kalifeldspat. Das ist schon primär so, von Ausnahmen (Füllerkreuz) abgesehen. — Das Zurücktreten wird normativ verstärkt durch die Natronkomponente im Kalifeldspat und durch die Schachbrett-Albitisierung.

F a r b e n. Zahlreiche Porphyroide sind lebhaft grün wegen der Chloritdurchwirkung. Graue Formen kommen z. B. bei Wismath vor. Wachsglänzende bis fettige mit graugelber bis ölgrüner Farbe in den Zwischenschiefen, und zwar sowohl Formen mit Einsprenglingen als solche ohne. Selten sind hellgraue oder fast weiße Abarten (Füllerkreuz), oder rotgraue (unter Werfener Schiefen).

Übergangsporphyroide sind wiederverfestigter Porphyrgus (Erzbergunterlage).

Chemische Verhältnisse: Ursprünglich durfte der Gesamtchemismus wohl normal-quarzporphyrisch gewesen sein, wenn auch mit starkem Natron-Anteil. — Die keratophyrische Note, die heute die Analysen ausdrücken, ist aber mit einem ganz sicheren Teil auf die Umprägung zurückzuführen. Die Kalifeldspate werden schachbrettalbitisiert, in der Grundmasse bilden sich serizitische Glimmer und auch in den Plagioklasen findet man diese heute. Nun ist der Serizit in doppelter Hinsicht kaliärmer gegenüber den Kalifeldspaten:

1) Durch sein K:Al-Verhältnis, 2) dadurch, daß er überdies noch Na enthält neben K. — Das wirkt sich im Gesamtchemismus mit einer Massenverschiebung zugunsten Na aus, und die Analysenberechnung führt zusammen mit den physiographischen Beobachtungen in das Feld der Quarzkeratophyre, unter welchem Namen ich sie auch eingereiht habe. Die Gesteine haben bei der Umprägung K ausgeführt!

Umprägung: Es gibt hier zweierlei Umprägungen: die eine unter Erhaltung der alten Struktur und mit wenig mechanischer Wirkung. Ihr Ergebnis sind die Metaquarzkeratophyre und Keratofelsitfelse. Hier hat bloß molekulare Beweglichmachung ihr Werk getan. In die porös zu denkenden Grundmassen konnte noch Chlorit aus dem allgemeinen Stoffverkehr eingesiedelt werden (Vergrünung). Da über seine Natur bisher wenig bekannt geworden ist, ein größerer Eisenreichtum aber bloß in wenigen Fällen vermutet werden kann, ist vorderhand unsicher, ob man die Vergrünung mit der Eisenspatz-Vererzung in Zusammenhang bringen darf. Ich habe einmal dazu geneigt, auch bei Redlich und Habersfelner finden sich Andeutungen davon. Ich möchte aber angesichts des Alters dieser Gesteine erwägen, daß ein solcher Zusammenhang unwahrscheinlich ist, daß die Vergrünung vielmehr bereits in einer älteren Umprägung spielt.

Zonencharakter: Dem Mineralbestand nach handelt es sich um eine Umprägung erster „Tiefenzone“ (Streßzone), und zwar oft in deren oberer Abteilung, etwa Chloritschieferfazies. Kritisch ist dafür die Kombination Seritz-Chlorit-Karbonspäte. Die sauren Feldspäte sind ja schon mitgegeben, die Perthisierung ist bloß ein Vorgang nach der Stufenregel, und einzig die Schachbrettalbitisierung kann noch in unsere fazielle Umgestaltung einbezogen werden. Diese Umprägung ist faziesmäßig noch über jener der Diabase gelegen, die doch bis in die Prasinitfazies hineinsteigen, aber sie schließt daran an. Die entsprechende mechanische Umformung gibt es schon auch. Ihr Ergebnis sind Ortho-Seritzschiefer + Chloritzgehalt. Aber das findet man bloß zonenweise, und in durchgreifender Weise eher bei den aphanitischen und tuffigen Formen. Am Erzberg selber nur in den Zwischenschiefern und an wenigen günstigen Stellen der Unterlage, in der Umgebung aber gar nicht selten.

Auch die Diabase zeigen die Doppelfazies der Umprägung: Formen mit vollkommener Strukturerhaltung und solche mit durchgreifender, auch mechanischer Umprägung, mit Chloritbildung usf., und bei ihnen bezieht man den Chlorit gewiß nicht auf eine begleitende Spateisen-Vererzung. So könnte die Umprägung der Diabase des Paläozoikums und der Porphyroide zur varistischen Gebirgsbildung gehören, und nicht zu einer jüngeren.

III.

Die Altersfolge der Erzberg-Schichtstöße.

Die Versuche, am Erzberg eine Altersfolge der Gesteine auszuarbeiten, begannen mit ganz groben Gliederungen bereits um 1814. 1854 vollzog sich ein Vorstoß (Schouppé), der eine langsame Entwicklung einleitete, die mit Hießleitner (1929) einen gewissen Abschluß zeigte. — Dann begann ein neuer Vorstoß, vorgetragen von F. Heritsch und seinen Schülern, und dieser führte um 1935 bis 1937 zu jenem verfeinerten und sicherer stehenden Bild, welches in diesem Abschnitt an Hand der Abb. 1 vorgeführt wird.

Wir lassen die Entwicklung skizzenhaft vorüberziehen:
1814 (Pantz u. Aatzl). Liegend: Grauwacke (darin Übergangs-

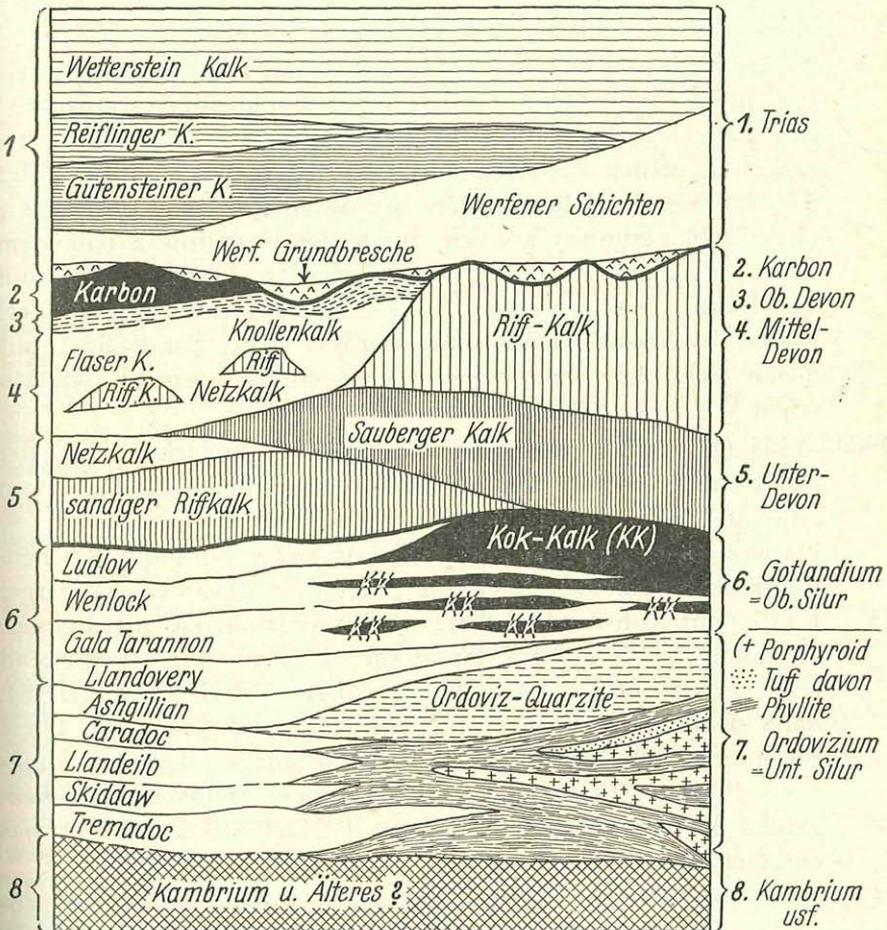


Abb. 1.

- ionschiefer und Übergangsporphyrt). — Hangend: Kalk (mit „Wetz- und Talkschiefer“).
- 1847 (F. v. F e r r o). Liegend: Ältere Grauwackenschiefer mit körniger Grauwacke (dabei der obige Übergangsporphyrt). — Spät-eisensteinführender Kalk. — Jüngerer Grauwackenschiefer (d. i. unser Werfener Sandstein).
- 1854 (S c h o u p p é). Liegend: Dunkle Tonschiefer und Kieselschiefer. — Körnige Grauwacke. — Grauwackenkalkstein (mit Krioidenstielteilen) und Erzlagen. — Hangend Bresche aus Kalken, Kieselschiefern, Tonschiefer und Quarzgeröllen (d. i. unsere Werfener Bresche). Bis hierher ist dies die „Grauwackenformation“. Darüber die Triasformation, beginnend mit buntem Sandstein (heute Werfener), darüber Triaskalk. — Nun beginnt die Zeit der Fossilfunde, welche einen näheren Ausbau des obigen stratigraphischen Entwurfes ermöglichen.
- 1865 (S t u r). Liegend: Dunkle Tonschiefer mit Eisen- und Kupferkies, sowie Orthoceren. Darüber die „obere körnige Grauwacke“ (die Erkenntnis, daß dies der Porphyroid sei, ist verloren gegangen!), örtlich vertreten durch Kieselschiefer. Darüber folgt der erzführende Kalk, mit dem Erz durch Rohwand verbunden. Diese Ablagerungen können durch die Fossilfunde teils dem Silur, teils dem Devon zugewiesen werden. Darüber wird nun die Bank „breccienartiger Kalkkonglomerates“ eingegliedert (heute Werfener-Basis), und darüber rote Sandsteine, aus denen sich ohne eine bisher festgestellte Grenze die triassischen Werfener Schiefer entwickeln.
- 1900—1903 (V a c e k). Aus der körnigen Grauwacke wird der „Blasseneck-Gneis“, der mit drüber geschalteten Kalkschiefern „die alte Basis“ am Erzberg ausmachen soll. — Diskordanz. — Darüber Graphitschiefer und Kieselschiefer, und die Reichensteinkalke (beides als Obersilur, Etage E. — Darüber „Sauberge Kalke“ mit Rohwand und Erz, als Unterdevon (Konjepus vergleichbar). — Nun liegt darauf die „Erzformation“, beginnend mit serizitischen Grenzschiefern (heute Zwischenschiefern), dann dem Haupterzlager und einer Hangend-Rohwand. Diese Formation sollte Perm sein. — Diskordanz. — Darüber Brekzienkalke mit „Erzbrekzien“, dunkelgrüner Sandstein und hangendst der Werfener Schiefer (von der Diskordanz an als Trias eingeschätzt).
- 1916—1923 (R e d l i c h). In Redlichs Kartenaufnahmen werden, abgestimmt auf die Bedürfnisse des Bergmannes unterschieden: Die Porphyroide, eine Tonschiefer-Quarzitgruppe, darüber die

1926 (Spengler). An der Basis sollen untersilurische, „feinschichtige Grauwackenschiefer“ liegen, darüber Obersilur mit „Blaseneck-Porphyr“, Tonschiefern und Quarziten, sowie gewissen Kalken. — Dann folgt die Kalk-Hauptmasse mit dem Erz als Unter- und Mitteldevon, und darüber die Trias, wie oben.

1929 (Hießleitner): Das Paläozoikum wird als „Silur-Devon“ zusammengezogen, und darin petrographisch unterschieden: Graue Tonschiefer, sandige Tonschiefer bis Sandsteine, graphitische Tonschiefer, Kieselschiefer, Porphyroid, Kalk und Dolomit, z. T. wenig geschichtet und massig. Ferner wird ausgeschieden Werfener Bresche und Werfener Grundkonglomerat, Werfener Schiefer, Triaskalke. Endlich wird den Moränen und jungen Schuttbildungen ein Augenmerk geschenkt.

Der Schichtstoß beginnt liegend mit a) Schichten unter dem Porphyroid (Tonschiefer, Sandsteine etc., Kalkschiefer und Kalkmassen). — b) Porphyroid. — c) Tonschiefer, Sandstein, Quarzit zwischen Porphyroid und erzführendem Kalk. — d) Erzführender Kalk mit Rohwand und Spatmassen, sowie eingelagerten tonigen und kieseligen Schiefern. — e) Kalkbresche und quarziges Grundkonglomerat der Werfener Schiefer. — f) Werfener Schiefer. — g) Eiszeitliche und jugendliche Schuttbildungen.

Dabei habe ich die A. Kern'sche Arbeit nicht eingeordnet. Sie hat die Arbeiten von 1926 nach älteren Zeiten hin einerseits kritisch als Unterlage benutzt, wurde andererseits wieder von den folgenden Arbeiten mitbenutzt, hat durch ihre der Ablagerungsgeschichte gewidmeten kritischen Ausführungen sehr genützt, aber ihr ganz großer Wert liegt ja auf ganz anderem Gebiete als auf dem der stratigraphischen Erneuerung.

Dies muß vorausgeschickt werden, damit man einschätzen kann, was dann später noch von der Schule Heritsch geleistet worden ist, und wieweit speziell Haberfelner die Stratigraphie zum Abschluß bringen konnte.

Die wichtigsten Ergebnisse dieser Arbeit lassen sich von unserem

© Schema ja ablesen. Was darin um der Deutlichkeit und einfacheren Darstellung nicht zum Ausdruck kommen konnte, ist die wahre Schichtmächtigkeit. Und dieser seien nun ein paar aufklärende Zeilen gewidmet, damit der Leser die schematische Bildverzerrung selber zurechtrücken könne:

Mächtigkeiten nach Angaben und Profilen von Haberfelner (1935) und Hiebleitner (1929), Kern (1926).

Die Porphyry-Platten (Porphyroide) haben schon ursprünglich wechselnde Mächtigkeiten. Beispiele:

Tullgraben 80—100 m; Erzberg-Unterlage 200—400 m; Zerbenkogel 300—600 m; SW vom Polster 600—800 m! Örtlich auch bloß wenige m.

Erzführender Kalk, heute. Beispiele:

Erzberg 20—250 m (Kern); Polster 400 m; Reichenstein 600 bis 700 m; Tullgraben 10—20 m.

Gotlandium 15—25 m. — Ordovizium in Graptolithenentwicklung (Lydite, Kieselschiefer) 25 bis 150 m, örtlich auch noch mehr.

Werfener Grundbresche: Am Polster, Zerbenkogel, Gsollalpe 20—30 m, geht gelegentlich bis auf $\frac{1}{2}$ m herunter!

Werfener Schichten 500—600 m.

Die Trias darüber bis zum Jura: Um 1000 m!

Die Stellung der Porphyroide.

Wie schwierig einzelne Einstellungen werden konnten, zeigt die Geschichte der Zuteilung des Porphyroides. Man mußte Analogien und Erfahrungen, die weitab vom Erzberg gemacht worden waren, für seine Einreihung heranziehen, wartete lange auf Fossilfunde in seinen Hangend und Liegensedimenten, und mußte dann wieder mit tektonischen Schwierigkeiten rechnen, so daß sich folgendes Bild ergibt:

Ohnesorge sprach analoge Kitzbühler Porphyroide als Devon an (1905). — Redlich rückte den Erzberg-Porphyroid ins Perm. — Für Carbon entschieden sich zeitweilig Mohr (1910), Heritsch (1910/11), Redlich (1914), Haberfelner (1935). — Bei Dobschau entschieden sich für dasselbe Alter analog auftretender Porphyroide Schaffarzik und Boek (1905).

Dann rückte ihn Spengler 1926 ins Obersilur. — V. Gärtner drückte ihn 1934 ins Untersilur herab, was Heritsch 1927 als nicht auszuschließen ansah. — Eine absolute Sicherheit hat man auch heute noch nicht, so hat z. B. Haberfelner (1937) seine u. a. von

Zum Ablagerungsschema selbst.

Der ganze Erzbergschichtstoß muß wohl auf einer Unterlage auf-
ruhen, in der wir u. a. Kambrium — vielleicht teilweise im altkristal-
linen Gewand — vermuten dürfen. Da unsere Geologen bereits in
das unterste Silur durch Fossilfunde vorgestoßen sind, liegt Hoffnung
vor, auch in absehbarer Zeit Kambrium fossilmäßig bei uns belegen
zu können. —

Die darauf ruhenden Unter- und Obersilurschichten sind ver-
treten durch eine volle Folge von Graptolithenschiefern (gesteins-
kundlich als Kieselschiefer und Lydite geprägt) und andererseits
durch eine andere fazielle Entwicklung der gleichen Zeit, räumlich
neben den Graptolithenschiefern. Von dieser anderen Entwicklung
stehen sich die „Quarzite“ des Ordoviciums. Sie überdecken noch
tieferes, aus Sandsteinen und graphitischen Tonschiefern gebautes
Silur, in welchem auch die Porphyroide liegen. Hierin weicht unsere
Auffassung von der H a b e r f e l n e r s ab. Das schematische Profil
zeigt einen Schnitt, in welchem die Porphyryplatte zerlegt und nicht
sehr mächtig ist. Die petrographischen Einzelbefunde geben ein Recht
auf die Aussage, daß die Porphyryplatte sich zusammensetzt aus seicht
liegenden, ausgebreiteten Intrusionen, darüber Lavadecken, örtlich
begleitet von Tuffen. H i e ß l e i t n e r meint, es könne sich um unter-
meerische Ergüsse handeln.

Im Obersilur verzahnt sich mit der entsprechenden Graptolithen-
fazies die Nebenentwicklung der „Kok-Kalke“.

Darüber schichtet sich das Devon. Wiederum entstehen im glei-
chen geologischen Raum zur gleichen Zeit nebeneinander verschiedene
Sorten von Ablagerungen: Riffkalke einerseits, Netz-, Flaser- und
Knollenkalke andererseits. In diesen Schichtstoß gehört auch der
„Sauburger Kalk“, benannt nach der Örtlichkeit Sauberg bei Wismath
am Erzberg (Unterdevon).

Nun wird — nach unserer Auffassung in nicht allzugroßer Ver-
breitung — auch noch Karbon abgelagert, und dann bricht eine Ge-
birgsbildung über den Stoß herein, nach welcher vielleicht auch noch
jüngeres Permokarbon eine dünne Absatz-Decke ausbreitet. Dies-
bezüglich herrscht noch eine gewisse Unsicherheit.

Sicher ist aber, daß nun in erstaunlicher Ausbreitung die Ein-
deckung des Reliefs mit der Werfener Grundbresche erfolgt, die
mächtigen roten Sandsteine und Schiefer der Werfener Serie wachsen
darüber, und nach dieser Einleitung der Trias kommt es wieder zum

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
 Absatz mächtiger Kalk- und Dolomitstockwerke. (Gutensteiner-, Reiflinger-, Wettersteinkalk).

Die nächsten Ablagerungen, mit welchen wir es im Erzberggebiet zu tun haben, sind aber dann schon Diluvium: Moränen, ungeheure Schuttmassen und schließlich die Schuttbildungen der Jetztzeit.

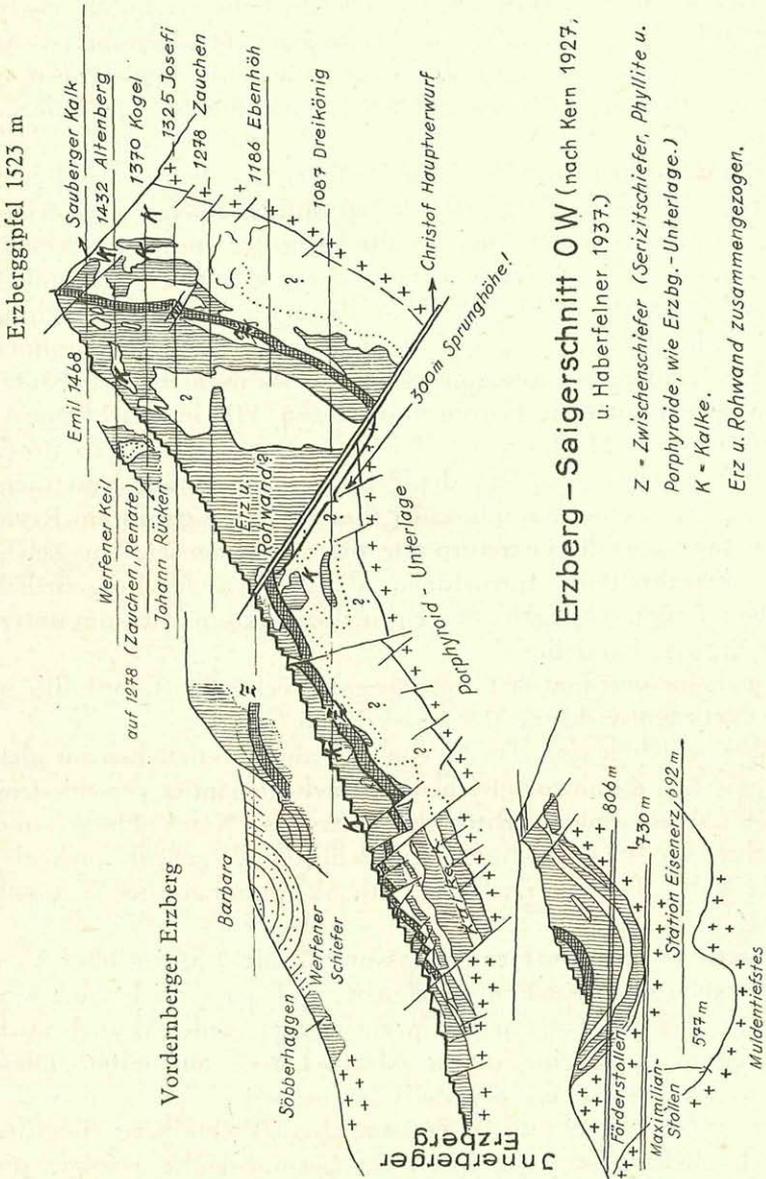


Abb. 2. 1 cm = ca 120 cm.

Der heutige Aufbau.

Die in III erörterte Schichtfolge ist seit ihrer Ablagerung bis in junge geologische Zeit hinein umgestaltet worden. Um das Ausmaß der baulichen Veränderungen und die Bedeutung des geologischen Geschehens zu erkennen, darf man nicht am Erzbergkörper allein beobachten, sondern muß die hier gewonnene Einsicht in die Umgebung, ja in weite Ferne auszudehnen bestrebt sein, man muß so weit ausholen, als die am Berg wirksamen Kräfte und Gestaltungen überhaupt zu spüren sind.

Den Auseinandersetzungen über diesen Gegenstand sollen vier Bildskizzen (Saigerschnitt OW, Erzlagerausbisse, Leitenrückenprofil, Aufbaumodell) vom Erzberg selber dienen, ferner eine Kartenskizze nach Hiebleitner und Haberfelner, mit geringer Überarbeitung, und ansonst muß man eben Kartenmaterial zu Rate ziehen.

1. Die junge Bruchtektonik.

Drei Bruchsysteme bestimmen ganz wesentlich die heutige Landschaftsgestaltung. Sie stammen aus dem Tertiär und sind nach Petraschek (1932) jünger als die oligocäne oder frühmiocäne Vererzung.

Die Bruchflächen verlaufen in sehr vielen Profilen steil, z. T. mit steiler Ostneigung. Es kommt aber gerade an dem für den Erzberg wichtigsten Bruch, dem Christof-Hauptverwurf, vor, daß er sich weitgehend verbiegt. Er steht im Reichensteinkamm steil ostgeneigt, tiefer im Reichensteinkörper Saiger, am Erzberg aber fällt er mit bloß 30—40° nach Osten ein!

NW-Brüche. Vom Erzberg-Gipfel ausschauend, steht man unter dem starken Eindruck, daß der Bergkörper eine nach NW vorspringende Bastion des Reichensteines sei, begrenzt von den tiefen Tälern des Erzgrabens (W), Gerichtsgrabens (O) und äußeren Gsollgrabens (N). Diese Talungen liegen auf Brüchen. Der Gerichtsgrabenbruch verläuft in NW aus dem Vordernbergtal über den Präbichl nach Trofeng und ist am harten Abschneiden von Kalken und Porphyroiden an der Störungslinie erkenntlich. Die Störung verläuft, wie so oft, nicht gerade in der Talsohle, sondern im Gehäng SW von ihr. Zwei kurze Parallelrisse begleiten diesen Bruch, nach SW abgerückt; am NO-Hang des Rößl und am Erzberg selber (Linie P. 1392 nach P. 1040, Vordernberger Saigerverwurf). — Der Erzgrabenbruch verläuft abermals in dieser Richtung aus dem Erzgrabentalschluß nach dem unteren Tullgraben und zur äußeren Großen Fözl. Abgesehen davon, daß hier linke und rechte Talseite nicht zusam-

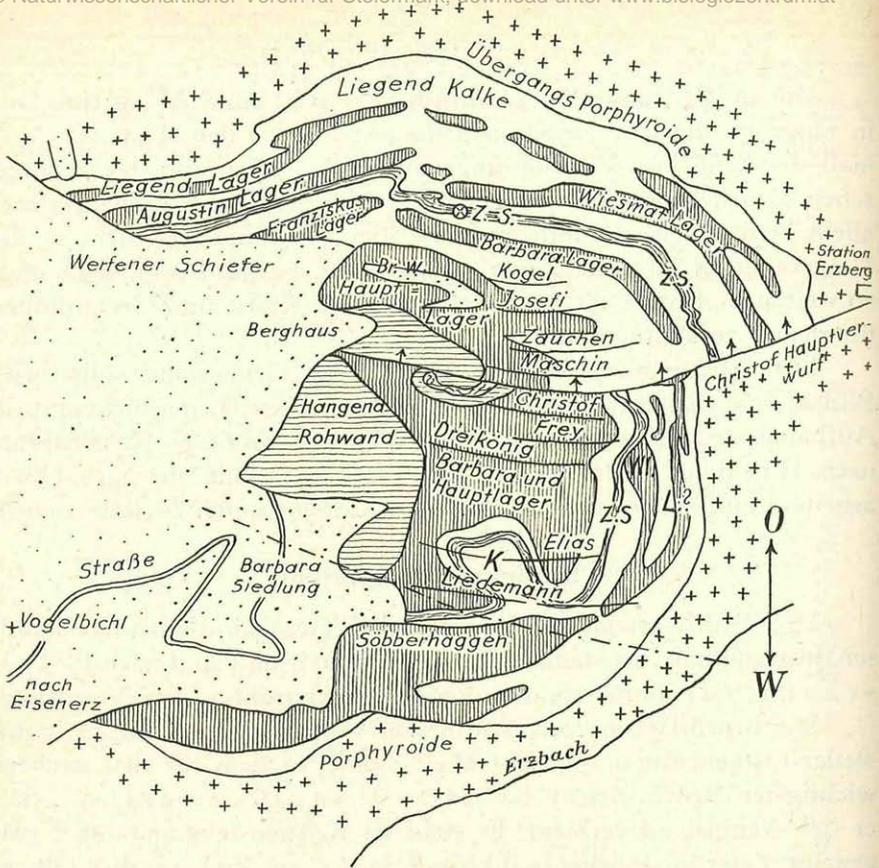


Abb. 3. Erzlagerausbisse am Erzberg (nach Kern 1927). 1 cm = ca. 120 cm.

menpassen, verrät sich dieser Bruch direkt im Tullgraben. Auch er hat einen kurzen SW-Begleiter zwischen Tulleck und Tullriegel. Schon an diesen Beispielen erkennt man, daß unsere Bruchlinien bezeichnenderweise gebündelt auftreten.

N S-B r ü c h e. Vom Erzberggipfel nach S blickend, nimmt man im zerhackten Reichensteinkamm noch ein anderes Störungsbündel wahr. Seine steil stehenden Flächen ziehen, den Bergkörper in Pfeiler zerlegend und schartend, aus dem Bereich der sogenannten Großscharte in NS zum Erzbergkörper. Sie sind die Ursache, daß der Verbindungsrücken über die Plattenalm zum Reichenstein eine Geländesenke ist, und sie zerschneiden den Erzberg selber. Der Christof Hauptverwurf z. B. kommt von den Wänden des Pfeilers 2092 (Reichensteinklamm) knapp östlich der Großscharte herab, legt sich, wie oben schon angedeutet, aus der Steilstellung nach Ostfallen um,

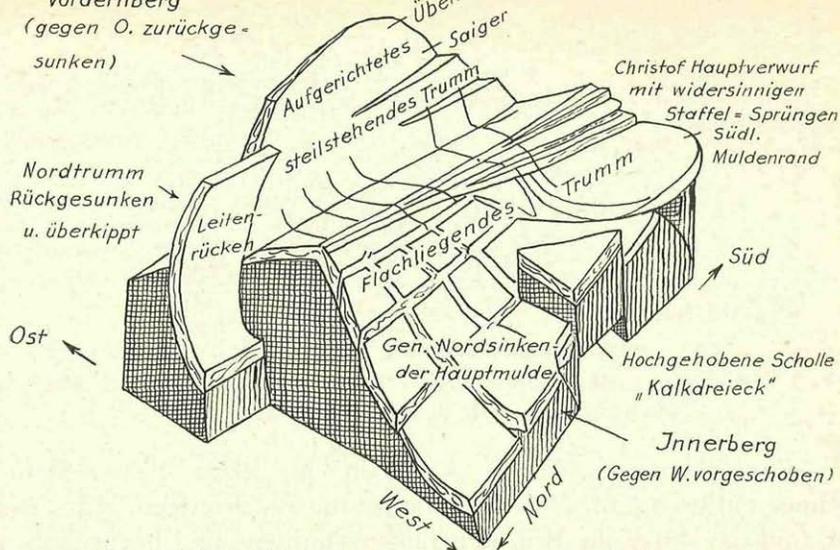


Abb. 4. OW-Profil durch den Leitenrücken (nach Kern, 1927).

und ist am Erzberg selber von der Station Erzberg bis unterhalb Berghaus aufgeschlossen. Man spürt ihn unverkennbar auch noch in den Werfener Schiefen, er erreicht, immer nördlich weiterziehend, das OW-Tal bei Eisenerz, und setzt sich, meiner Meinung nach allerdings nicht unverlegt, nordwärts weiter fort zur steilen Ostschulter des Pfaffensteins.

Weiter westlich zieht ein paralleles Bruchebündel durch die Galzeiten und das Schwarzenstein-Stadelsteingebiet.

Verfolgen wir diese beiden Störungsbündel nach S, so sehen wir sie das Göbeck (Reiting) aus der Landschaft schneiden und seinen Felskörper in W und O begrenzen. Damit haben wir demnach schon tektonische Elemente von räumlich sehr großer Bedeutung vor uns.

Zu solchen NS-Störungen kann auch die Linie Bergermauer-Glaslbremse-Griesmauer gerechnet werden, welcher von der Glaslbremse nach N wieder ein Graben folgt. Im Ostflügel davon sind die Polster-Unterlagsporphyroide nach N verworfen.

SW-NO bis WO-Brüche. Ihr bedeutendster Vertreter ist der Gsollgrabenbruch, von Trofeng über den Neuwaldeggsattel deutlich, und in der W-Fortsetzung nach Eisenerz wahrscheinlich. Am Neuwaldeggsattel liegen im N die Gutensteinerkalke der Frauenmauer, im S die Werfener Schiefer. Der Nordflügel ist gegen den Südflügel um 150 bis 200 m abgesunken!

Am Kern'schen Erzbergmodell sind die Einzelzüge dieser Bruchtektonik ersichtlich. Der Christof-Hauptverwurf erscheint wie

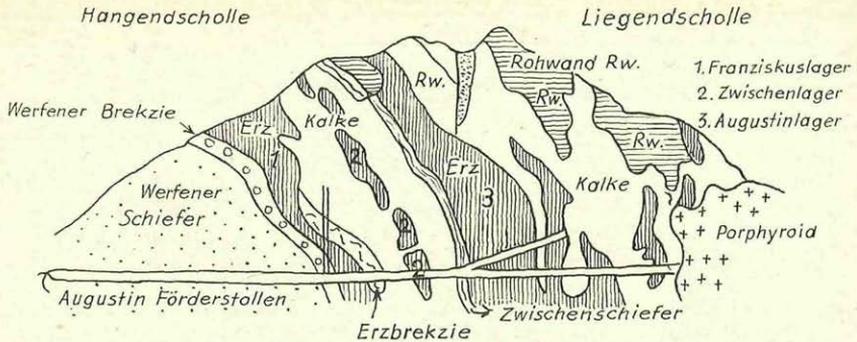


Abb. 5. Modell des Erzbergaufbaues (nach Kern, 1927). Gezeigt am Verlauf der Zwischenschiefer, d. h. deren Hangend abgetragen.

ein halbgeöffneter Fächer, da er sich in eine Reihe kleiner Staffelsprünge auflösen läßt. Man sieht ferner die Blockzerlegung des Berges, und das durch die Brüche herausgeschnittene und hochgehobene „Kalkdreieck“, einen ganz auffallenden Gesteinspfeiler. Die Rolle der zahlreichen kleineren Brüche kann auch aus dem Saigerschnitt entnommen werden.

Für den Gerichtsgrabenbruch macht Haberfelner die Annahme einer bereits älteren Anlage (vortriadisch?). — A. Kern untersuchte auch, ob nicht der Christofverwurf ein alter Sprung sei; dies muß aber heute angesichts der Erkenntnis, daß er sich in die Werfener Schiefer fortsetzt, als erledigt gelten.

Denken wir uns nun diese junge Bruchtektonik rückgängig gemacht, was besonders an Hand des Kern'schen Modells recht gut vorstellbar ist. Der Christof-Fächer klappt wieder zusammen, das Kalkdreieck taucht zum gleichen Niveau herunter, das von den Nachbarblöcken eingehalten wird, der Leitenrücken weicht zurück nach O. Im Saigerschnitt lassen wir den Vordernberger Erzberg um 300 m, d. i. die Sprungweite des Christof-Hauptverwurfes, sich nach W bewegen, bis dieser Bergteil an den Innerberger Erzberg paßt, d. h. die Porphyroide und Zwischenschiefer sich in einander fortsetzen. Dann stehen wir einer älteren Tektonik gegenüber.

2. Die nachtriassische (alpidische) Aufrichtung.

Das Kern'sche Modell zeigt uns hiefür vermittels der Zwischenschiefer einen Teil einer sehr großen Falte. Davon sehen wir (vgl. auch den Saigerschnitt) eine Mulde und ihr Tiefstes etwa um 500 m Seehöhe bei Krumpental; daran schließt sich ein flachliegendes

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
„Trumm“ bis etwa nach Ebenhöf hinauf, und darüber baut sich das steilstehende Trumm wie die Lehne eines gewaltigen Sessels auf, mit der Erzbergspitze am oberen Ende.

Das Modell ist so gewonnen, daß alle Schichten über den sogenannten Zwischenschiefern, welche die Erzmasse in zwei übereinanderliegende Stockwerke scheidet (Saigerschnitt: Z), abgetragen erscheinen. Nun fragen wir uns aber, was denn dieser Teil der Bergmasse für sich zeigt? Das ist im Saigerschnitt sichtbar: An zwei Stellen, nämlich über dem Zirkus nah am Fuß des Berges und andererseits über dem Berghaus, auf den Stufen Pauli, Elisabeth usw., ist die tiefe und steile Einfaltung von Werfener Schiefern und Grundbreschen offen zu sehen. Das Vorkommen um Pauli heißt Werfener Keil; es war früher allseits erzsgeschlossen; heute liegt seine Verbindung mit den Werfener Schiefern oberhalb vom Berghaus bloß. Über die Auswalgung dieser Schichten, namentlich der Breschen, wurde schon berichtet. — Dieselben Gesteine in der Zirkusnähe bilden im W auch eine steile, keilartige Mulde, die aber nach O (gegen Barbara zu) sich rasch verbreitert und geräumig wird.

Vermittels dieser Werfener Einfaltungen vermögen wir eine nachtriadische Gebirgsaufrichtung zu erkennen! Wir fragen uns, wohin sich ihr Faltenwurf weiter verfolgen läßt? Aus den Aufnahmen Hießleitners und Haberfelners geht hervor, daß wir die Fortsetzung der Faltenwellen vom Erzberg direkt über den Präbichl und Polster in den Zerbenkogel und noch weiter nach O verfolgen können, während sie nach W. unter die Trias tauchen (soweit es sich um Erzberggesteine handelt; die Trias selbst wird nicht erörtert). Diese Faltenwellen werden wesentlich als Verbiegungen des noch älteren Deckenbaues klassifiziert, von dem nachfolgend berichtet wird.

3. Der alte Deckenbau.

Sehen wir von den eben geschilderten Verbiegungen und Falten ab, so erscheint uns der Erzberg als eine Gesteinsmasse mit zwei großen Stockwerken, wie der Saigerschnitt zeigt.

Unten: Die Erzbergunterlage aus Gesteinen der Porphyroidgruppe und damit verknüpften Schiefern (Phylliten, Tonschiefern, Sandsteinen, Kieselschiefern), worauf der erzführende Kalk lagert (paläozoische Kalke und Dolomite), Liegendspateisensteinlager und Rohwände, siehe Bild Leitenrücken. Damit ist dieses Stockwerk abgeschlossen.

Oben: Das obere Stockwerk eröffnet sich mit den dünnen, aber nie abreißenen „Zwischenschiefern“, die stellenweise etwa 20 m Mächtigkeit erreichen, auf „Frey“ auch einmal 30 m, sonst aber häufig

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
nur wenige m stark sind. Darüber folgen wieder die erzführenden paläozoischen Kalke und Dolomite, mit Rohwänden und Erzlagern. Den oberen Abschluß bilden die Werfener Grundbreschen und Werfener Schiefer.

Um diesen Bau richtig zu deuten, muß man wissen, was die Zwischenschiefer sind. Sie entpuppten sich allmählich als ein vielfältig zusammengesetztes Schuppenpaket, in welchem man fast alle Gesteine der Erzbergunterlage nachweisen konnte, insbesondere auch unbestreitbare, körnig-schiefrige Porphyroide (Kern, mündl. Mitteil. an mich 1933, im Zwischenschiefer am Augustinlager). Abgesehen davon sehe ich auch gewisse dichte, hellgelbgrüne Serizitschiefer aus verschiedenen Stellen im Zwischenschiefer als umgewandelte Porphyr-Tuffe oder einsprenglingsfreie Felsitabkömmlinge an, womit wahrscheinlich noch nicht jeder Beobachter einverstanden sein wird. — Werfener Schiefer wurden im Zwischenschiefer noch nie nachgewiesen. Wenn ich sie ganz allgemein aus ihm ausschließe, so stütze ich mich dabei auf die klare Aussage des besten Erzbergkenners unserer Zeit, des Ing. A. Kern. Folglich sind die Zwischenschiefer nicht — wie es verschiedentlich versucht wurde zu begründen — eine sedimentäre Unterbrechung in der Ablagerung der Kalke, sondern eine tektonische Wiederholung der Erzbergunterlage, und sie befinden sich auch im entsprechenden tektonischen Zustand! (Vgl. Redlich, Heritsch usw.) Der Zwischenschiefer hat an manchen Stellen Schollenabtrennungen und Zerreißen erfahren, von welchen z. B. auf „Frey“ sehr eindrucksvolle Beispiele zu beobachten sind.

Der alte Erzbergbau besteht somit aus zwei tektonischen Hauptgliedern, welche einst nebeneinander lagen, und von denen heute das obere Glied als Hangendscholle das tiefere Glied (Liegendscholle) überdeckt. Es handelt sich um einen richtigen Deckenbau.

Dabei wünscht man Einsicht, weshalb die in der Unterlage so mächtigen Porphyroide in den Zwischenschiefern so wenig aufscheinen, und weshalb überhaupt die Zwischenschiefer gegenüber der Unterlage so gering mächtig sind. Für die Porphyroide erscheint zunächst die Einsicht nicht schwierig; wir haben die beobachteten Mächtigkeitsschwankungen ja bereits einmal angegeben, und können damit rechnen, daß im Bereich der heutigen Zwischenschiefer schon ursprünglich die Porphyroide gering mächtig und weniger verbreitet auftraten. — Bei Annahme stärkerer tuffiger Massen versteht man auch eine größere Ausdünnung auf tektonischem Weg, sowie dies auch für die Tonschiefer und Phyllite der Zwischenschiefer verständlich wäre. Aber auch bei ihnen kommen ursprüngliche Mäch-

tigkeitsschwankungen und Ausfall bestimmter Glieder der Unterlage schon in Betracht.

Denn die Erzbergunterlage ist ja selbst wieder ein uneinheitlicher Deckenstoß, wie H a b e r f e l n e r s Analyse (1935, 1937) erkennen läßt. Dieser führt als Einzeldecken an: Unten: Graptolithenschieferdecke, darüber Flaserkalkdecke, oben Riffkalkdecke. — Im Erzbergkörper ist die Riffkalkdecke durch die Zwischenschiefer zweigeteilt. Diese Zwischenschiefer sind nach H e r i t s c h (1932) Silur, woran ich festhalten möchte. Nach H a b e r f e l n e r (Erzbergprofil, Fig. 4, 1935) sollten sie Karbon sein.

Über das Alter der Überschiebungen aber kann man sich schon weitgehend im Klaren sein: Die erörterte Deckentektonik — der alte Deckenbau — ist varistische (d. h. karbonen Alters). Es sind auch deutlich zwei Phasen unterscheidbar, wovon die ältere wahrscheinlich sudetisch, sicher aber präwestphälisch ist, d. h. Oberkarbon steckt nicht in diesen Decken. Dann folgt aber eine zweite Überschiebung, welche dieses miteinschließt, und das ist abermals eine noch varistische Phase, vielleicht die salische. Die Überschiebungsfläche dieser Phase schneidet als „norische Linie“ durch das Gelände parallel zum Palten-Liesingtal in dessen NO-Gehängen.

Gegenüber diesem Deckenbau erscheint die früher berührte, nachtriadische Verbiegung geringfügig, aber gleichwohl nicht zu vernachlässigen. Mit R e d l i c h - P r e c l i k (1930), weise ich sie einer alpidischen Aufrichtungsphase zu.

Ferner möchte ich erwähnen, daß nach Aussagen mehrerer Beobachter (H e r i t s c h, R e d l i c h - P r e c l i k, A n g e l) der Verband Porphyroidniveau → Unterlage, als auch Porphyroidniveau — Erzführender Kalk als tektonisch, mindestens tektonisch überarbeitet, erkannt wurde. Also auch hier gibt es einen Schichtstoß mit lebhaften und ausholenden Bewegungen, nicht allein in den Zwischenschiefern.

4. Vererzung und Bau.

Fassen wir zusammen, was im ganzen Vorstehenden bereits an Mosaik zur Beurteilung der Altersfrage der Vererzung vorgebracht worden ist, so ergibt sich:

a) Die metasomatische Vererzung erfaßt noch die eingefalteten Werfener Breschen, ohne selbst von entsprechenden Bewegungen erfaßt zu werden. (Etag e P a u l i.) Selbstverständlich kann sie daher alle älteren Bauglieder erfassen und tut es auch.

b) Bei neuen Bohrungen (1933) fand man auch im Werfener Schiefer am Erzberg wieder unverletzte Erzgänge.

c) Bei Aufschlüssen in Stollen ließ sich feststellen, daß der

d) Cornelius beobachtete in Groß-Weitsch das Aufsteigen von Erzen bis in den Gutensteiner Kalk. Man kann noch weiter aus- holen und bringt (vgl. Petraschek 1932) eine ganze Reihe von Einzelbeweisen, welche zeigen, daß die Vererzung über dem voll- endeten, jungen alpinen Deckenbau sich ausgebreitet hat, und daß sie nicht jünger sein kann, als unmittelbares Vormiocän. (Beweis: Toneisenstein von Diernsdorf, eine miocäne Verwitterungslagerstätte über verrohwandeten Kalk, Petraschek 1932.)

e) Die jüngsten, kleinen Brüche verharnischen gelegentlich wie- der das Erz.

Daher läßt sich sagen: Die Eisenspat-Vererzung, bzw. die Erz- anlieferung erfolgte erst mit Abschluß der alpidischen Haupt- bewegungen und war bis zum Miocän erledigt. Etwa in gleicher Zeit muß aber in den zentralen Alpen die Tauernkristallisation ab- geschlossen worden sein, an welche man, wie Abschnitt I zeigt, den Aufbau des großen Tauern-Erzhofes anhängen muß.

V. Der Erzschatz.

Vererzungsform und Erzverteilung. — Regionale Stellung.

1. Am Erzberg.

Gänge, Kleingänge, Lagergänge bilden am Erzberg zwar ein weit- verbreitetes Netzwerk, welches die Erzmasse, die Reste der unver- erzten Kalk- und Dolomitbestände, die Zwischenschiefer, den Por- phyroid und die Werfener Schiefer durchörtern können, selbst in der mittleren Trias der Leobner Mauer findet man Erzgänge. In der Ge- samtheit kann man sie als ein Netz von Stoffverkehrswegen und -straßen einschätzen, auf welchen recht beachtliche Mengen von Kar- bonaten molekular oder aber gröber dispers bewegt wurden.

Aber ungleich bedeutender sind die erzerfüllten Räume, in wel- chen sich die Metasomatose abgespielt hat. Haberfelner zeigte für einige Stellen, daß dabei Schichtfugen, bzw. deutlich aufgelockerte Fugenschwärme dem Vorschreiten der Metasomatose Dienste leisten (Bilder vom Kressenberg-Flaserkalk und vom Polster).

Ansonst aber betonte A. Kern, daß bezüglich der Erzverteilung im Bergkörper, also bezüglich des Auftretens der Erz- oder auch Roh- wandwolken eine merkwürdige Feststellung zu machen sei: „Die Erzführung ist im Kleinverlauf unregelmäßig ... gerade die Gesetz- losigkeit in der Aufeinanderfolge oder genauen Reihenfolge in der

Lage der verschiedenen Karbonatmassen zueinander hat sich als die einzig sichere Regel herausgestellt!“

Dies war das bedeutungsvolle Ergebnis der Kernschen Neuaufnahme des Erzberges (1926), welche uns heute einen so schönen Einblick in die Erzbestände usf. ermöglicht. Vgl. Abbildungen Erz ausbisse, Saigerschnitt, Leitenrücken nach Kern.

Das Verhältnis Erz : Nichterz ist im aufgeschlossenen Erzbergkörper ungefähr 1 : 2. Das bedeutet eine kaum vorstellbar große Menge von Erz, von dem übrigens erhebliche und zusätzliche Mengen von bester Beschaffenheit unter den Werfenerschiefern des Erzbergs Nordhanges erbohrt worden sind. Die Hangendscholle über den Zwischenschiefern ist erzreicher als die Liegendscholle unter denselben. Werfener Schiefer, aber auch andere Schiefer (schwarze Tonschiefer, Zwischenschiefer) dichten die erzführenden Kalke gelegentlich ab! Sie sind für den Erztransport wenig durchlässig oder ernste Hindernisse, aber sie sind von der Vererzung nicht ausgeschlossen.

Verzeichnen wir nun die größeren, zusammenhängenden Erzmassen, die hier Lager genannt werden (vgl. Abbildung Erzlagerausbisse):

Im Liegendteil sind dünne, aber ausgedehnte wolkenbankähnliche Lager, das Augustins-, Wismaths- und Liegendlager. Sie setzen sich über den Hauptverwurf nach W fort, Liegend- und Wismatlager scheinen sich zu vereinen und fortzuziehen in das ausgedehnte, wertvolle Söbberhaggen-Lager.

Im Hangenteil trifft man im O des Hauptverwurfes das Franziskus-, Barbara- und Hauptlager. Die beiden letztgenannten vereinigen sich W vom Hauptverwurf zu einer einzigen, mächtigen Masse.

In den Räumen zwischen den Lagern liegen regellos Rohwände und Kalkstein-Dolomitmassen, darunter der Saubergerkalk usf. — Einige besichtigungswerte Rohwände sind: Die große Hangend-Rohwand beim Johann-Rücken, von Berghaus und Barbara leicht erreichbar, die Josefs-Rohwand O vom Hauptverwurf zwischen Haupt- und Barbaralager, die Liegendrohwand am Erzberggipfel, über den Unterglagsporphyroiden, und die mehrfachen Rohwand-Zwischenschaltungen, die man auf „Wegstollen“ bei einer Begehung schneiden kann.

Insgesamt bietet diese gewaltige Metasomatose ein Bild, wie z. B. die Migmatisierung im Hochalm-Ankogel-Gebiet: Hier wie dort wird ein tektonisches Gebäude aus Deckenstapeln und Falten von einer Stoffmasse wolkenförmig und örtlich bis zur völligen Aufzehrung des Altbestandes durchdrungen, nur ist das in den Tauern der granitische „Migma-Pluton“ (Rittmann-Cloß 1939: Zur Einteilung

und Benennung der Plutone, Geolog. Rundschau, 30/5. S. 600—608), und hier ist es das mobilisierte Eisenkarbonat; in den Tauern ist das der Migmatisierung anheimgegebene Gebilde ein Schichtstoß, in dem Karbonatgesteine zu Gunsten von Silikatgesteinen zurücktreten, und am Erzberg ist es umgekehrt: Hier verfallen Karbonatgesteinsmassen der Metasomatose, und den Silikatgesteinen fällt dabei eine geringe Rolle zu. Hier wie dort gibt es im Stoffersatzgebiet aber beträchtliche Massen von Relikten, welche die Ereignisse abzulesen gestatten. Maßstäblich werden die beiden Gebilde aber erst vergleichbar, wenn man dem ganzen Reaktionsgebiet der Tauernkristallisation das ganze Gebiet der metasomatischen und damit zusammenhängenden Spateisen-Lagerstätten gegenübergestellt.

Zu diesem Beginnen sind noch ein paar Ziffern zu erwägen.

a) Die Raumwirkung der Metasomatose:

Wir stellen die nach dem Formelraum-Anspruch geordneten Späte, soweit sie für uns in Betracht zu ziehen sind, in eine Reihe. Darin errechnen wir den Formelraum in cm^3 aus Formelgewicht / spezif. Gewicht.

Spät	Formelraum in cm^3
Magnesit	28.1
Eisenspat	30.0
Ankerit	31.1
Dolomit	32.0
Kalkspat	37.0.

Es tritt eindringlich zutage, daß beim Ersatz von Kalkspat durch Ankerit oder Eisenspat ganz bedeutende Raumersparnis erzielt wird. Darauf haben Mohr 1925 und Petraschek 1932 aufmerksam gemacht. Bei Dolomitverdrängung ist die Wirkung klein (am größten ist sie, wenn Magnesit den Kalkspat verdrängt, doch spielt dies hier jetzt keine Rolle).

Die Folge dieser Raumverhältnisse ist aber unausbleiblich die, daß der metasomatische Spateisenstein und auch die Rohwände grobporig oder zellig, kavernös sein müssen, vorausgesetzt, daß die Metasomatose an einem festen Gebirgsstück ansetzt, welches baulich in hohem Maße bereits ausgeglichen ist (sonst würden die Poren zusammengedrückt). Eine tektonische Auflockerung würde weiter kaum etwas verderben. Kurzum, die Metasomatose muß sich über ein mechanisch fertiggestelltes Gebilde verbreiten, damit Hohlräume in ihr bestehen bleiben können. Die Hohlräume gibt es nun in großer Menge. Sie können direkt mit miarolithischen Hohlräumen verglichen werden, da ja die Kristallköpfe der Körner des abgrenzenden Ge-

steinsgewebes in die Hohlräume ragen, wie a. a. O. beschrieben worden ist. (Beispiel: Maschin=Abbaustufe.)

Da wir nicht lauter Ankerit, sondern mehr noch Eisenspat haben, muß eine große Menge des metasomatisch angegriffenen Kalkes überhaupt aus dem Gebiet weggeführt worden sein. Es ist zu vermuten, daß dies mittels Thermen und Sauerlingen geschehen konnte.

b) Erzgewinnung am Erzberg.

Über die Größe des Erzschatzes kann man sich für den Erzberg eine Vorstellung machen, wenn man die Zahlen überblickt, welche uns die Erzberg=Geschichte überliefert hat (eine schöne Zusammenstellung darüber bei R e d l i c h 1923, hier mitbenutzt):

Erzgewinnung	In t geschätzt oder erhoben:	t/Jahr
Bis 1600	1,000.000	—
1600—1700	900.000	9.000
1700—1800	3,682.427	36.000
1800—1849	3,728.904	74.600
1850—1900	18,460.397	369.208
1901—1914	22,746.193	1,624.584
1916	—	2,300.000
1919	—	230.000 (!!!)
1924		vorübergehend eingestellt!

Schon bis 1914 entsprach die Gesamtmenge des abgebauten Erzes 5,000.000 Waggonladungen zu je 10 t! 1914—1918 brachte der Krieg eine ungeheure Steigerung, dann folgte der Niedergang, und heute ist wieder Großbetrieb in kaum geahnten Ausmaßen. Es ist trotzdem vor auszusehen, daß der Berg noch Generationen dienen wird. Freilich wird der Tagbau sich einschränken müssen, denn unter den Zwischenschiefern ist ja das Erz ärmer, und wir wissen am Berge noch reiche Stellen in mächtiger Ausdehnung, die in Angriff genommen werden können, wenn man eine Zeitlang rasch und viel Eisen benötigt.

c) Erzlager in der unmittelbaren Umgebung.

So großartig, wie am Erzberg, tritt uns das Erz in der Umgebung nirgends mehr gegenüber. Aber eine große Anzahl kleiner Eisenssteinvorkommen umsäumen ihn in der gleichen geologischen Lage, d. h. gebunden an die paläozoischen Kalke. Z. B. im Glanzberg=Kalk des Gsollgrabens; ein ganzer Schwarm kleiner, metasomatischer Massen findet sich zwischen Polster=Handlalm=Zerbenkogel=Rotschütt (auf der Handlalm wieder mit der halbvererzten Werfener Grund=

©Naturwissenschaften - Öffentlicher Verein für Steiermark - download unter www.biologie.uni-wien.ac.at
bresche). Ähnlich liegt es im Reichensteinkörper, auf der Kotalm und im Galleiten-Gebiet. Namhaft sind die Schwärme kleiner Lager am Kressenberg, Tulleck, Gr. Fölz und Donnersalpe.

2. Regionalität der Spateisensteinlager.

Die genannten Lagerstätten verknüpfen den Erzberg mit ähnlichen und der Schöpfung nach gleichartigen Lagern in O und W, und zeigen ihn auf als ein Glied jenes Gürtels von Eisenspat-Lagerstätten, welche die Hohen Tauern umziehen.

Bleiben wir nördlich vom Hauptkamm und beginnen am Silberpfennig, der den Tauernerzhof mit seiner äußeren Spatlagerstätte Mitterberg, verknüpft, so sind wir dort in einem Lagerstättenbezirk, der sich nun nach O weiterverfolgen läßt (Flachau usf., Radstadt, Filzmoos, Klaus bei Schladming), einmal auf die Trias überspringt (Rötelstein bei Aussee), in dieser Zone dann Unterbrechungen zeigt und erst wieder bei Liezen und Admont sich fortsetzt, nun aber in großer Dichte. Die Lagerstätten von Johnsbach und die Radmer führen uns schon an die Vorkommnisse der näheren Erzbergumgebung heran. Vom Erzberg nach O knüpfen wir am Hieseleck nahe dem Zerbenkogel und der Rotschütt wieder an, und finden an Hand mehrerer dünner, schnurartig laufender Lagerstätten ins Tragöbthal. — Dann gibts wieder eine Unterbechung, und die nächsten Lagerstätten, die erwähnenswert sind, kommen bei Gollrad N. v. Seeberg im Werfener Schiefer zutage. Immer wieder kommen wir zu kleinen Lagerstätten, wenn wir der Sohlenalpe auf der Veitsch zustreben, weiterhin der Umgebung von Neuberg (Debrin, Redtenbach, Steinbauer im Neudörfel, Ankerite am Rabenstein), nach Altenberg (Bohnkogel), in das Gebiet am Südfuß der Rax (Hirschwang), schließlich bis Ternitz und Pitten, was uns allerdings aus der Grauwackenzone heraus ins Hochkristallin bringt. Aber der Lagerstättencharakter behält seine Wesenszüge. Zurück über Frörschnitz bei Steinhaus wird nun die Verbindung schütter, in weiten Abständen lassen sich schließlich damit südlich vom Hauptkamm bleibend, die Lagerstätten von Salla, Hirschegg, Petererriegel, Waldenstein verbinden, und dann wird der Kranz der Lagerstätten solcher Zusammengehörigkeit doch wieder dichter, nach Hüttenberg und Friesach, zum Kreischberg in den Mettnitzer Alpen und ins Turrachergebiet ziehend. Nun kommen wir um die Reißbeckgruppe herum in die Kreuzeckgruppe, wo wir im Raggatal noch Lagerstätten finden, die sich anreihen lassen, dann aber nach W vorschreitend, etwa im Drautal und südlicher davon, läßt unser Kranz aus. (Im Norden ist es günstiger, da kommt man nach Petraschek [1932 und früher] bis nach Lech mit diesem Typus.)

Nur ein Teil dieser Lagerstätten ist stark in der Metasomatose, viele davon sind gangartig, lagergangartig u. dgl. Aber auch dies ist eine wichtige Verknüpfung. Zeitlich gehören sie alle zusammen (Petraschek 1932, Haberfelner 1937).

Damit ist nun die Regionalität, die sich schon aus der Untersuchung der Eisenspat-Paragenese hervorhob, auch geologisch und geographisch dargetan.

Abschließend kann man also sagen: Die metasomatische Spateisenlagerstätte des Erzberges ist ein Glied jener Spateisenlagerstätte, welche, teils metasomatisch, teils gangförmig aufgebaut, die Tauern besonders vom Brenner an östlich umsäumen und in ihren Erzhof hineingehören. Diese Lagerstätten sind alle Tertiär gezeugt worden, in der gleichen Zeit ungefähr, in der die Tauernkristallisation ihr Ende fand. -

Es muß vermerkt werden, daß sich eine auffallende Dichte dieser Lagerstätten in der Zone zwischen Tauern—Ostende und Semmering zeigt.

Nun ist auch die Tatsache zu verstehen, daß die Spateisensteine nicht „niveaubeständig“ sind; sie erreichen an verschiedenen Lagerstätten des Erzhofes der Tauern verschiedene stratigraphische Niveaus, von sehr alten (auch voraläozoischen) Schichten angefangen bis in die Trias, aber nirgends sind sie jünger als ein von uns bereits umrissenes Tertiär.

VI.

Über die Herkunft der Eisenspatmassen und die Beziehungen zu den Spatmagnesiten.

1. Das Stoffproblem.

Schon einmal wurde angedeutet, daß gerade der Erzberg ein besonderes stoffliches Problem bietet: Die metasomatische Eisenspat- und Ankeritmasse herrscht so unbedingt vor, daß die Massenverhältnisse aller Erzgänge, in welchen die Späte Gangarten sind und das Erz in den Sulfiden liegt, hier geradezu auf den Kopf gestellt erscheinen.

Haben wir uns klar gemacht, daß der Erzberg qualitativ den Erzgängen des Tauernhofes verglichen werden kann, so müssen wir nun die Frage stellen, weswegen und woher auf einmal die Gangart alles andere erschlägt; da liegt somit eine wichtige, quantitative Frage offen: Welche Prozesse im Zentrum des Erzhofes vermögen solche Eisenmengen frei zu machen und in Umlauf zu setzen, und weswegen wandern diese Massen so weit aus?

Wir kennen bisher keinen magmatisch bedingten Prozeß, der uns derartige Spatmassen als Zugabe zum Inhalt der Erzgänge liefern könnte. Die Stoffverhältnisse, die sich in Erzgängen um Vulkane finden, sind ja ausnahmslos anders quantitativ geordnet. Ebenso steht es um Diapire. Daher suchen wir noch nach einer anderen Quelle.

Die Tauerngranite (im Sinne von Cloß u. Rittmann 1939: Migmatit-Plutone) haben keine derartigen Eisenvorräte zu ver- geben. Der Grund, weshalb ihr Erzhof sie dennoch enthält, ruht also nicht in den Graniten. — Dann gibt es aber bloß eine einzige andere Quelle dafür, das ist das gesamte Tauern-Kristallisationsgebiet. Der- jenige Prozeß, bei welchem als Absud solche Restlösungen entstehen könnten, ist die Diaphthorese in die erste Streßzone.

Sie zerstört Eisensilikat-Mineralien und macht aus ihnen oder an ihrer Stelle relativ magnesiumbeherrschte silikatische Gemengteile. Das Gebiet, in dem dies geschieht, erstreckt sich über den ganzen Tauernbereich und zudem über Teile des Altkristallins, welche — oft weit ab liegend — noch auf Kluffnetzen von größerer oder gerin- gerer Dichte von der Diaphthorese erfaßt werden. Insbesondere sind es Granatglimmerschiefer und Verwandte, welche aus den eisenvor- mächtigen Granaten magnesium-vormächtigere Chlorite liefern und dabei in die Lage kommen, Eisen auszuführen. Das Transportmittel dazu ist Wasser und Kohlensäure, welche bei den Stoffwechselprozes- sen in großer Menge verfügbar werden. Wie weit auch der Prozeß Biotit → Chlorit u. a. m. mitspielt, ist noch näher zu untersuchen.

Es ist ganz auffallend, daß die Tauernkristallisation so häufig hellfarbigere, d. h. eisenärmere und dafür magnesiumreichere Biotite erzeugt (Woiskenschiefer-Porphyroblasten) und daß sie so oft über- haupt an ihrer Stelle Chlorite hervorbringt. Es ist ferner unverkenn- bar, daß die Prasinitisierung von Amphiboliten Chlorite in großer Menge liefert, wodurch anscheinend (das muß noch genau untersucht werden) eisenreichere Hornblenden in vergleichsweise magnesium- reichere Chlorite umgewandelt werden.

Für die Verknüpfung mit der Tauernkristallisation spricht als Indikator auf den Spatlagerstätten der Fuchsit, dieses in Karbonat- Gesteinszonen der Tauern so charakteristische Glimmermineral. Für die Freimachung von Eisenkarbonat sprechen auch die „Ankerit- quarzite“ im Tauernhof, bzw. in der Tauernhülle, welche hier einen Teil des Eisenkarbonates genau so zurückhalten, wie ein Teil der Magnesia als Breunnerit in Antigoritserpentinen der Gleinalm zurück- behalten wird, während der Hauptteil als Karbonat auswandert und in den Spatmagnesitlagern wiederzufinden ist.

Ich möchte nochmals betonen: Der zur Verfügung stehende

Bereich ist nicht nur etwa die Zone der Tauern-Granitkerne und ihrer Schieferhüllen, sondern er greift weit darüber hinaus, namentlich an der Süd- und NO-Seite. Prächtige Diaphthoresozonen gibt es außerhalb der Tauern in den ganzen südlichen Vorlagen (von Defereggeng angefangen über die Schobergruppe zum Kreuzeck und Goldeck) in den Radstätter und Niedern Tauern, im Stub- und Gleinalmgebiet, und in seinen Fortsetzungen nach NO. — Dieser ungeheuren Erstreckung steht als weitaus größte metasomatische Masse allein nur der Erzberg gegenüber, die übrigen Spaltlagerstätten tragen zwar wesentlich zur Vergrößerung der Gesamtmenge bei, erreichen aber nirgends mehr lokal ein solches Volumen. Daher wäre bloß eine Teilmobilisierung und Ausfuhr aus dem skizzierten Diaphthoresbereich vonnöten, um die erforderlichen Eisenkarbonatmengen zu beschaffen.

2. Die Trennung von den Spatmagnesiten.

Mohr (1925) und Haberfelner 1935, 1937, haben aus geologischen Gründen die Spatmagnesite nicht in die Eisenspat-Schöpfung einbezogen. Diese Meinung habe auch ich, aber sie ist nicht unbestritten. Petraschek z. B. versucht beide zusammenzuhängen, und auch O. Friedrich erwägt einen näheren Zusammenhang.

Die Haberfelner'schen geologischen Gründe halte ich für stichhältig: Die Spateisenschöpfungen steigen weit in die Trias auf, die Spatmagnesite bleiben im Karbon hängen, und man kann sich keinen Reim darauf machen, weshalb sie sich dergestalt von den Eisenspaten trennen.

Ein starker geochemischer Grund gegen die Koppelung ist folgender: Mg^{+2} und Fe^{+2} sind zwei so verwandte Bausteine, daß ihre Verbindungen die bekanntesten und vollendetsten Mischreihen des Mineralreiches zu bilden vermögen (Olivinreihe, Pyroxene und Amphibole, Eisen-Magnesiaglimmer unter den Silikaten, Eisenspat-Magnesitreihe unter den Karbonaten, Dolomit-Ankeritreihe unter den Doppelsalz-Karbonaten usw.). Wenn also gleichzeitig ein und derselbe geologische Prozeß Mg - und Fe -Ionen mobilisiert, dann ist es unvermeidlich, daß sich Mischkristalle bilden; sie können schichtig gebaut sein, etwa Mg -reicher innen, Fe -reicher außen, wenn sie schon nicht homogene Mischkristalle bilden; aber welcher Prozeß sollte sie denn veranlassen, sich beim gleichen und einheitlichen geologischen Akt so sauber zu trennen, wie dies tatsächlich bei den Magnesit- und Spatlagerstätten der Fall ist, obgleich sie einander in so vielen Fällen sehr nahe rücken. Dies müßte erst dargetan werden, und dann erst könnte der geochemische Einwand fallen.

Mir erscheint folgender Weg, die tatsächlichen Verbreitungsverhältnisse zu erklären, als der wahrscheinlichere: Die alte (varistische?) Umprägung in den zentralen Alpen (Gleinalpenkristallisation z. B.) führt dadurch, daß sie beträchtliche Massen von Peridotitlinsen in Antigorit-Serpentine umwandelt, den Rohstoff, $MgCO_3$, für die Metasomatose aus, welche aus Karbonatgesteinen die Spatmagnesite liefert. Eisen wird dabei nur in geringem Maß beweglich. Die veranlassende Metamorphose ist zweitstufig. Die bezügliche Stoffbilanz habe ich schon 1923 veröffentlicht. — Eine gleiche Stoffbilanz für die tertiäre erststufige Umprägung (Tauernkristallisation), die eben Fe in erster Linie mobilisiert, und Mg nur als Begleiter mitnehmen kann, weil die vorhandenen Mg-Mineralien im Tauernhof ohnedies stabil sind, steht in den Einzelheiten noch aus.

3. Zur Frage des „zugehörigen Vulkanismus“.

Petraschek hat die Frage des magmatischen Veranlassers der großen Stoffverschiebung, die den Tauernerzhof schuf, durch die Annahme eines andesitischen Erzbringers zu lösen versucht. Die sichtbaren Vertreter davon liegen aber ganz exzentrisch. Andesitisches Magma unter den Kuchen der Zentralgranite anzunehmen, liegt kein Grund vor; es gibt keine Anzeichen dafür, und die Beziehungen zwischen Gebirgsbau und Magmaverhalten, wie sie jüngst wieder von Clöß und Rittmann dargetan worden sind (zur Einteilung und Benennung der Plutone; Geologische Rundschau, B. 30, H. 5. 1939. S. 600—608), stehen der Vorstellung Petrascheks entgegen.

Ich suche nicht nach einem zugehörigen Vulkanismus, sondern ich suche nach jener Orogenese, als deren Teilerscheinungen einerseits die Schöpfung eines „Migma-Plutons“ (Clöß-Rittmann), andererseits die Schaffung und Bewegung von großen Massen anderweitiger Abfallstoffe (Eisenkarbonatmassen und Erze der Spatparagenese) verursacht sein kann: Da die Erz-Schöpfung zugegebenermaßen jung ist, so kann sie nur auf die nächstältere Orogenese bezogen werden, und das ist der letzte Aufbau des Tauern-Gebirges, an welche sie sich unmittelbar anschließen lassen. Das Magma spielt darin heute eine mehr oder minder bedingte Rolle, eigentliche Vulkanite ja überhaupt keine. Die begleitenden Migma-Plutone aber sind unsere Zentralgranite. Vgl. dazu Mohr 1929.

Damit steht in Übereinstimmung, daß die Versuche, andere Quellen für die metasomatische Eisenanlieferung nachzuweisen, wieder aufgegeben werden mußten. Z. B. die Anlieferung aus dem Porphyroid, aus Diabasen, aus dem Werfener Schiefer.

Wenn man den ungeheuren Umfang des Tauern-Kristallisations-

bereiches bedenkt, so ist die Entfernung der Spatlager davon nicht mehr erstaunlich. — Weshalb sich grade bei Eisenerz der Spat so ansammelte, hat Spengler zu begründen versucht (1926). Es treffen um Eisenerz folgende günstige Umstände zusammen:

1. Hier haben die paläozoischen Kalke (also die wichtigsten Erzträger) ihre größte Breite und stellen mit ihren Kluftsystemen einen Sammelraum für Flüssigkeiten von riesigem Ausmaß dar, eben weil ihre Masse so groß ist.

2. Gerade im Eisenerzer Gebiet hat dieses Behältnis seinen Boden (den wenig durchlässigen Porphyroid) tektonisch am tiefsten in der ganzen Kalkplatte. Spengler hat gezeigt, daß zur Zeit der Erzanlieferung schon dieses Verhältnis bestand, es ist heute im Reitinggebiet bei Kammern durch jüngere Bewegungen konkurrenziert, da war aber die Vererzung bereits fertig. Die erzbringenden Lösungen mußten also, allein schon dem Gefälle folgend, im Erzgebiet sich stauen und „stagnieren“. Aus Spenglers Ausführungen geht auch hervor, daß er NS-streichenden und nach N fallenden Faltenmulden die Rolle von Rinnen zuweist, die bei der Anlieferung beteiligt sind. Damit wird die Schwierigkeit lokal behoben, welche die ergebnislose Suche nach ausreichenden Zufuhrkanälen aus der Tiefe bereitete. Gleichzeitig wird damit aber die Quelle der Anlieferung aus dem Eisenerzer Raum nach S hinausgeschoben.

Ich glaube nun das Bild weiter vervollständigen zu können. So wie die Erzlösungen des Tauernhofes aus den Hochregionen nach außen und unten drängen, was ebenfalls mit dem tektonischen Gefälle zusammenhängt und somit die Schwere mitwirken läßt, so mußten Teile der von den Tauern in Kanalnetzen, ähnlich jenen der heute vererzten Kalkplatte abfließenden Stoffmassen auch im Loch von Eisenerz wegen der Tieflage gesammelt werden. Wir brauchen nicht Zufuhrwege von unten, sondern solche von der Seite. Jüngere Bewegungen konnten sie nachher wieder verrammeln. — So ergibt sich auch von dieser Seite gesehen die Verknüpfung mit den Tauern.

Graz, Juli 1939.

Lesestoff und Quellen:

Von 1754 bis 1800.

1. Guettard, N., a) Über Eisenblüte. Memoiren der Akademie der Wissenschaften in Paris. 1745
b) Mineralogische Belustigungen, 6., S. 403. Leipzig. 1771
2. Arduino, Johann, Mineralogische und metallurgische Beobachtungen in dem berühmten Eisensteinbergbau von Eisenerz. Journal von Italien 1775. 1775
3. Ferber, J. J., Physikalisch-metallurgische Abhandlung über die Gebirge und Bergwerke in Ungarn nebst einer Beschreibung des steirischen Eisenschmelzens und Stahlmachens von einem Ungenannten (!). Berlin, Nicolai 1780. S. 273—328. 1780
4. Arduino, Johann, Beschreibung der Eisenwerke und Hüttenwerke zu Eisenerz in Steiermark nebst mineralogischen Versuchen von all dortigen Eisensteinen und Beschreibung von Eisenstufen des gräzischen Naturalienkabinettes. Wien und Leipzig 1788. 1788
5. Poda, Nikolaus, Tentamen mineralogicum. Deutsche Übersetzung bei C. F. Wappler, Wien, als „Beschreibung der Eisenberg- und Hüttenwerke zu Eisenerz in Steiermark.“ 1788

Von 1800 bis 1850.

6. Anker, Mathias Josef, Kurze Darstellung einer Mineralogie von Steiermark. 2 Bändchen. 1809—1810
7. Pantz, Josef R. v. und Aetzl A. J., Versuch einer Beschreibung der vorzüglichen Berg- und Hüttenwerke des Herzogtums Steiermark. Wien 1814. 1814
8. Szlawik, Johann (Schichtmeister), Geologische Karte vom Tullgraben. Zitiert bei Kern 1927. 1828/29
9. Anker, M. J., Kurze Darstellung der mineralogisch-geognostischen Gebirgsverhältnisse der Steiermark. Graz 1835. S. 1—88. 1835
10. Tunner, Peter, a) Der Eisensteinbergbau der Radmer (Exkursionsbericht). Tunnners berg- und hüttenmännisches Jahrbuch 1843.
b) Der nördliche Spateisensteinhauptzug in den Alpen von Innerösterreich. Tunnners berg- und hüttenmännisches Jahrbuch 1843. S. 389 ff. 1843
11. Anker, M. J., Kurze Darstellung der mineralogisch-geognostischen Verhältnisse der Steiermark. Graz, 1845, S. 1 ff. 1845
12. Ferro, F. (R. v.), Die Innerberger Hauptgewerkschaft. Tunnners montanistisches Jahrbuch, Bd. III, 1845, S. 197 ff. 1845

Von 1850 bis 1870.

13. Schouppé, Alexander v., Geognostische Bemerkungen über den Erzberg bei Eisenerz. Jahrbuch d. Geologischen Reichsanstalt, Bd. 5, Wien 1854, S. 396 bis 405. (Die erste vollständige geologische Beschreibung des Erzberges und Umgebung. Anm. Angel.) 1854

14. K ö p e r z k y, Benedikt, Übersicht der Mineralwässer und einfachen Mineralien Steiermarks. 4. Jahresbericht über die steiermärkisch-ständische Ober-Real-
schule in Gratz, 1855, S. 23—46. 1855
15. H a u e r Franz (R. v.) und F ö t t e r l e, F., Geologische Übersicht der Berg-
baue der österr. Monarchie. Im Auftrag der k. k. geologischen Reichsanstalt.
Wien 1855. S. 1 ff.
16. Z e p h a r o v i c h, Viktor (R. v.), Mineralogisches Lexikon für das Kaisertum
Österreich. Bd. I, 1859. Wien. S. 1—627. 1859
17. C o t t a, Bernhard v., Die Lehre von den Erzlagerstätten. I. 2. Aufl. Frei-
berg 1859. S. 39. 1859
18. M i l l e r, A., R. v. H a u e n f e l s, Der Bergbau des Landes. Aus Hlubek
F.: Ein treues Bild des Herzogtums Steiermark. Graz 1860. 1860
19. A n d r i a n, F. v., Eisensteinvorkommen am Kohlberg und Kogelanger süd-
östlich von Eisenerz. Verhandlungen d. k. k. Geologischen Reichsanstalt Wien
1861/2. Bd. XII. S. 300 und S. 536 ff. (Hier Analyse dazu von H a u e r K. v.)
1861/62
20. H a u e r, F. (R. v.), Die wichtigeren Eisenerzvorkommen in der österreich-
ungar. Monarchie und ihr Metallgehalt. Wien 1863. 1863
21. M i l l e r-H a u e n f e l s, A., Die nutzbaren Mineralien von Obersteiermark
nach geognostischen Zonen geordnet. Berg- und hüttenmännisches Jahrbuch.
Bd. XIII. Wien 1864. S. 213—234. 1864
22. Z e p h a r o v i c h, Viktor (R. v.), Mitteilungen über neue Vorkommen österr.
Minerale (Schwefel, Pyrit und Bergkristall von Eisenerz). Sitzungsbericht d.
k. böhmischen Akad. d. Wissenschaften. Prag 1865. S. 63—76. 1865
23. S t u r, Dionys, a) Petrefakten aus den Silurkalken von Eisenerz, eingesendet
von Herrn J. Haberfelner. Verhandl. d. Geolog. Reichsanstalt Wien, Bd. XV
(1865). S. 260.
b) Weitere Petrefakten, gesammelt von Herrn J. Haberfelner, ebenda, S. 261.
c) Vorkommen obersilurischer Petrefakten am Erzberg und in dessen Um-
gebung bei Eisenerz in Steiermark. Jahrbuch d. Geolog. Reichsanstalt Wien.
Bd. XV. S. 267—277. 1865
24. S t u r, D., Petrefakte von Lipsche, Bregenz und Eisenerz. Verhandl. d. Geolog.
Reichsanstalt Wien. 1866. S. 137. 1866
25. T s c h e r m a k, Gustav, Einige Pseudomorphosen (Zinnober nach Fahlerz)
vom Polster bei Eisenerz. Sitzber. d. k. Akademie d. Wissenschaften in
Wien 1866. Bd. LIII. I. Abt. S. 520 ff. 1866
26. Z e p h a r o v i c h, V. (R. v.), Ankeritkristalle vom Erzberg in Steiermark.
Verhandl. d. k. k. Geolog. Reichsanstalt, Wien 1867. S. 330 ff. 1867
27. Z e p h a r o v i c h, V. (R. v.), Mineralogische Mitteilungen II. (Mispickel
von Eisenerz). Sitzber. d. k. Akademie d. Wiss. Bd. LVI/1. 1867. S. 19 u. 43.
1867
28. N i e m t s c h i c k, Rudolf, Mineralien vom Erzberg in Steiermark. Mitteilun-
gen d. Naturwissenschaftlichen Vereins f. Steiermark 1867. IV. H., S. 34 ff.
(Graz). 1867
29. R e i b e n s c h u h, Anton Franz, Über kristallisierte Ankerite vom Erzberg
in Obersteiermark. Sitzber. d. k. Akademie d. Wissenschaften in Wien. 1867.
Bd. LV. 2. Abt. S. 648 ff. 1867

Von 1870 bis 1900

30. Stur, D., Geologie der Steiermark. Graz 1871. S. 1—654. 1871
31. Zepharovich, V. (R. v.), — Becke Friedrich, Mineralogisches Lexikon für das Kaiserthum Österreich. Bd. II. 1868—1872. S. 1—436. 1872
32. Hauer, F. (R. v.), Die Eisensteinlagerstätten der steirischen Eisenindustrie-Gesellschaft bei Eisenerz. Jahrbuch der k. k. Geolog. Reichsanstalt, Wien 1872. S. 27 ff. 1872
33. Vrba, K. v., Mitteilungen aus dem Mineralog. Museum der Universität Prag (Kalzit vom Erzberg in Steiermark). Lotos, Zeitschrift f. Naturwissenschaft, Jahrg. XXII. 1872. S. 238 ff. 1872
34. Zepharovich, V. (R. v.), Aragonitkristalle von Eisenerz und Hüttenberg. Sitzber. d. k. Akademie d. Wissenschaften, Wien 1875. Bd. LXXI/1. S. 253—272. 1875
35. Hauer, F. (R. v.), Geologie d. österreichischen Monarchie. Wien 1878. S. 249—252. 1878
36. Janisch, J., Topographisch-statistisches Lexikon der Steiermark I. Graz. 1878
37. Stache, G., Über die Silurbildungen der Ostalpen mit Bemerkungen über die Devon-, Karbon- und Permschichten dieses Gebietes. Zeitschr. d. Deutschen geologischen Gesellschaft. 1884. S. 277 ff. 1884
38. Hatle, Eduard, Die Minerale des Herzogtums Steiermark. Graz 1885. S. 1—212. 1885
39. Hatle, E., Mineralogische Miszellen aus dem Naturhistor. Museum am Joanneum. Mitteilungen des Naturwissenschaftl. Vereins in Steiermark. 1886. S. 126 ff. 1886
40. Foulton, H., a) Über die Grauwacke von Eisenerz. Der Blasseneckgneis. Verhandl. d. k. k. Geolog. Reichsanstalt, Wien 1886. S. 83—88.
b) Über die Verbreitung und die Varietäten des „Blasseneckgneises“ und zugehörigen Schiefers. Ds. S. 111—117.
41. Vacek, M., Über den geologischen Bau der Zentralalpen zwischen Enns und Mur. Verhandl. d. k. k. Geolog. Reichsanstalt, Wien 1886. S. 79 ff. 1886
42. Becke, Friedrich, Referate über Foulton, 40a, b. Neues Jahrb. f. Mineralogie, Geologie u. Paläontologie, 1887. Bd. II. S. 86 ff. 1887
43. Hatle, E., 5. Beitrag zur mineralogischen Topographie der Steiermark. Der Erzbergit. Mitteilungen des Naturwissensch. Vereins f. Steiermark 1891. H. 28. S. 275 ff. 1891
44. Zepharovich, V. (R. v.), — Becke F., Mineralogisches Lexikon für das Kaiserthum Österreich. Bd. III. Wien 1893. S. 1—478.
45. Pfaff, F. W., Beiträge zur Entstehung des Magnesits und Dolomits. Neues Jahrb. f. Min. usf. 1894. Beil. B. 9. 1894. S. 485 ff. 1894
46. Jugovicz, A., Illustrierter Führer auf der Bahnlinie Eisenerz-Vordernberg, den steirischen Erzberg und Umgebung. Wien 1894, 3. Aufl. 1894
47. Helmhacker, R., Der Erzberg. Montanzzeitung, Graz 1898. 1898
48. Brezina, A., das Eisen. Wien 1898. 1898

Von 1900 bis 1920.

49. Vacek, M., Skizze eines geologischen Profiles durch den steirischen Erzberg. Jahrb. d. k. k. Geolog. Reichsanstalt, Wien 1900. Bd. 50, H. 1. 1900
50. Reisner, A., Eisenerz in Wort und Bild. Wien 1902 1902

51. W a n e k, M. und S e d l a c z é k, E., Der steirische Erzberg. Exkursionsbericht V. S. 1—27. Internationaler Geologen-Kongreß, Wien 1903. 1903
52. R e d l i c h, Karl A., Alter und Entstehung einiger Erz- und Magnesit-Lagerstätten der steirischen Alpen. Jahrb. d. k. k. Geolog. Reichsanstalt, Wien 1905. S. 285—294. 1905
53. T a f f a n e l, M. J., Le gisement de fer spatique de l'Erzberg. Annales de mines IV. 1903 (Paris). S. 24 ff. (Hier jene wichtige Zuschrift H ö f e r s, die Fe-Metasomatose begründend. Anm. Angel.) 1903
54. R e i b e n s c h u h, F. A., Der steirische Erzberg. Mitteil. d. Naturw. Vereins f. Steiermark. 1903. H. 40 (Graz). S. 286—322. 1903
55. R e d l i c h, K. A., Der Kupferbergbau Radmer a. Hasel. Die Fortsetzung des steirischen Erzberges. Berg- und hüttenmännisches Jahrb. d. k. k. Montan-lehranstalten Leoben und Pöbbram. 1905. S. 1—38. 1905
56. A p f e l b e c k, L., Der obersteirische Erzberg. Montanzeitung 1905. S. 137 ff. 1905
57. B a u e r m a n n, H., The Erzberg of Eisenerz. Journal of the Iron and Steel Institute. Vol LXXV. 1906
58. A i g n e r, A., Die Mineralschätze der Steiermark. Hand- und Nachschlagebuch für Schürfer, Bergbaubetriebe und Industrielle. Wien—Leipzig 1907. 1907
59. R e d l i c h, K. A., Die Genesis der Pinolitmagnesite, Siderite etc. Tschermarks Mineralog.-Petrographische Mitteil. Wien 1907. S. 499—505. 1907
60. C o r n u, Felix, Über die Bildungsbedingungen von Aragonit und Kalksinter in den alten Grubenbauen der obersteirischen Erzbergwerke. Österreich. Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen. Bd. 55. 1907. S. 596 ff. 1907
61. A h l b u r g, F., Der Erzbergbau in Steiermark, Kärnten und Krain. Zeitschrift für Berg- und Hüttenkunde. Bd. LV. 1907. 1907
62. R e d l i c h, K. A., Über die wahre Natur des Blasseneck-Gneises. Verhandl. d. k. k. Geolog. Reichsanstalt 1908. S. 340 ff. 1908
63. C o r n u, F. und R e d l i c h, K. A., Notizen über einige Mineralvorkommen der Ostalpen. Zentralbl. f. Mineralogie, Geologie u. Paläontologie 1908. S. 277 ff. 1908
64. H e r i t s c h, Franz, Zur Genesis des Spateisensteinlagers des Erzberges bei Eisenerz in Obersteier. Mitteil. d. Wiener Geolog. Gesellschaft. Wien 1908. S. 396—401. 1908
65. H e r i t s c h, Franz, Geologische Studien in der Grauwackenzone der nordöstlichen Alpen. II. Sitzber. d. Akademie d. Wissenschaften in Wien. I. Bd. 118. 1909. S. 11—135. 1909
66. H e r i t s c h, F., Zur Kenntnis der obersteirischen Grauwackenzone. Zentralblatt f. Min. usf. 1910. S. 692—699. 1910
67. H e r i t s c h, F., Geologisches aus der Gegend des Eisenerzer Reichensteins. Mitteil. d. Naturw. Vereins f. Steiermark. Bd. 47. Graz 1910. S. 102—107. 1910
68. L e i t m e i e r, Hans, a) Zur Kenntnis der Karbonate. Die Dimorphie des kohlen-sauren Kalkes. Neus Jahrb. für Min. usf. 1910. S. 49 ff.
b) In Doelters Handbuch d. Mineralchemie, Bd. I. Wien—Leipzig 1910. S. 348 ff. 1910
69. S i g m u n d, Alois, Neue Mineralfunde in Steiermark und in Niederösterreich. (Mitteil. aus der Mineralog. Abteilung des steir. Landesmuseums Joanneum in Graz.) Mitteil. d. Naturw. Vereins f. Steiermark. Bd. 47. 1910. S. 138—144. 1910

- © Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
70. Heritsch, Franz, Beiträge zur Geologie der Grauwackenzone des Palten-
tales (Obersteier). Mitteil. d. Naturw. Vereins f. Steiermark. Bd. 48. Graz
1911. S. 3—238. 1911
72. Hörhager, J., Über die Bildung alpiner Magnesitlagerstätten und deren
Zusammenhang mit Eisenlagerstätten. Österreich. Zeitschr. f. Berg- und Hütten-
wesen. Wien 1911 1911
72. Leitmeier, Hans, Vorkommen und Genesis des Siderites. Doelters Hand-
buch der Mineralchemie, Bd. I. 1912. (Wien—Leipzig) S. 433 ff. 1912
73. Granigg, Bartel, Bilder über metasomatische Prozesse auf alpinen Erz-
lagerstätten. Österreich. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen. 60. Wien 1912.
S. 675—676. 1912
74. Linck, G., Über die Bildung der Carbonate des Ca, Mg und Fe in Doelters
Handbuch der Mineralchemie, Bd. I. 1912. S. 113 ff. 1912
75. Granigg, Bartel, Über die Erzführung der Ostalpen. Bericht am allgem.
Bergmannstag in Wien, 16. bis 19. Sept. 1912. Mitteil. d. Wiener Geologischen
Gesellschaft. Wien 1913. 1913
76. Redlich, K. A. und Großpietsch, O., Die Genesis der kristallinen
Magnesite und Siderite mit besonderen Berücksichtigung der Veitsch und des
steir. Erzberges. Zeitschr. f. praktische Geologie 1913. 21. S. 90—103. 1913
77. Leitmeier, Hans, Zur Kenntnis der Karbonate II. Neues Jahrb. f. Min. usf.
Beil. Bd. XL. 1916. S. 655—700. 1916
78. Redlich, K. A., Der steirische Erzberg. Eine montanistische Studie. Mitteil.
d. Wiener Geolog. Gesellschaft Wien, Bd. 9. 1916. S. 1—62. 1916
79. Angel, Franz, Die Quarzkeratophyre der Blassenecksrie. Jahrb. d. Geolog.
Reichsanstalt. Wien 1919. Bd. 68. S. 29—62. 1919

Von 1920 bis 1930.

80. Spengler, Erich, Beiträge zur Geologie der Hochschwabgruppe usf. Jahrb.
d. Geolog. Bundesanstalt, Wien 1922. S. 155—181. 1922
81. Heritsch, F., Geologie der Steiermark. Naturw. Verein f. Steiermark.
Bd. 57. 2. Aufl. Graz 1922. S. 1—222. 1922
82. Angel, F., Das Gleinalpengebiet als metamorphe Einheit. Neues Jahrb.
f. Min. usf. Beil. Bd. LL. 1923. S. 213—239. 1923
83. Redlich, K. A., Der Erzzug Vordernberg—Johnsbachtal I. Eisenerz.
II. Radmer. III. Johnsbachtal. Mitteil. d. Wiener Geolog. Gesellschaft. Bd. 15.
S. 207—314. Wien. 1923 1923
84. Angel, F., Gesteine der Steiermark. Mitteil. d. Naturw. Vereins f. Steiermark.
Bd. 60. Graz 1924. S. 1—302. 1924
85. Angel, F. — Martiny, Grete, Die Serpentine der Gleinalpe. Tscherma-
k Mineralog. u. Petrograph. Mitteil. B. 38. S. 353—375. 1925
86. Spengler, E., Über die Tektonik der Grauwackenzone südlich der Hoch-
schwabgruppe. (Mit einem petrographischen Beitrag von H. P. Cornelius.)
Verhandl. der Geolog. Bundesanstalt. Wien 1926. S. 127—143. 1926
87. Spengler, E., Warum liegt die weitaus größte Sideritlagerstätte der steir-
schen Grauwackenzone gerade am Erzberg bei Eisenerz? Zeitschr. f. praktische
Geologie. 34. 1926. H. 6. S. 86—92. 1926
88. Spengler, E., u. Stiný, Josef, Blatt Eisenerz, Wildalpen und Aflenz, mit
Erläuterungen. Geolog. Spezialkarte von Österreich. Wien, Geolog. Bundes-
anstalt. 1926 1926

- © Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
89. Rosza, Michael, a) Erzgang im Eisenerzer Porphyroid. Zentralbl. f. Min. usf. 1926. S. 275—278. 1926
 b) Die Entstehung des Dolomits usf. Ds. S. 217—232. 1926
90. Heritsch, F., Bemerkung zu M. Rosza, Erzgang im Eisenerzer Porphyroid. Zentralbl. f. Min. usf. Jg. 1927. A. S. 255. 1927
91. Stiny, Josef, Aufnahmebericht über Blatt Bruck—Leoben (5054). Verhandl. d. Geolog. Bundesanstalt, Wien 1927. S. 36—39. 1927
92. Heritsch, Franz, a) Caradoc im Gebiet von Eisenerz in Obersteiermark. b) Eine Koralle aus der Vordernberger Mauer. Verhandl. d. Geolog. Bundesanstalt, Wien 1927. S. 66—68 und 68. 1927
93. Kern, Anton, Zur geologischen Neuaufnahme des steirischen Erzberges 1925—1926. Berg- und hüttenmännisches Jahrbuch. Bd. 75. Leoben 1927. S. 23—29, 49—55. 1927
94. Petraschek, Wilhelm, Metallogenic Zones in the eastern Alps. Pan-american geologist. Vol XLVII. March 1927. S. 109—120. 1927
95. Mügge, Otto, Über die Entstehung faseriger Minerale etc. Neues Jahrb. f. Min. usf. Beil. Bd. LVIII. A. S. 303—348. 1928
96. Angel, F., Über Gesteine vom steirischen Erzberg. Mitteil. d. Naturw. Vereins f. Steiermark. Bd. 64/65. Graz 1929. S. 79—110. 1929
97. Hiebleitner, Gustav, Zur Geologie der Umgebung des steirischen Erzberges. Jahrb. d. Geolog. Bundesanstalt, Wien 1929. Bd. 79. S. 203—240. 1929
98. Redlich, K. A. u. Preclik, Karl, Zur Tektonik und Lagerstättengenesis des steirischen Erzberges. Jahrb. d. Geolog. Bundesanstalt, Wien 1930. Bd. 80. S. 231—260. 1929
99. Duftschmid-Wilser, B., Probleme der nördlichen Grauwackenzone der Ostalpen. Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft 1930. 82. S. 65—78. 1930

Von 1930 bis 1938.

100. Heritsch, F., Graptolithen aus dem Sauerbrunngraben bei Eisenerz. Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, Wien 1931. S. 230—235. 1931
101. Heritsch, F., Versteinerungen vom Erzberg bei Eisenerz. Jahrb. d. Geolog. Bundesanstalt, Wien 1931. Bd. 81. S. 111—142. 1931
102. Hiebleitner, G., Zur Geologie der erzführenden Grauwackenzone von Radmer bei Hieflau. Jahrb. der Geolog. Bundesanstalt. 1931. Bd. 81. S. 49—80. 1931
103. Redlich, K. A., Die Geologie der innerösterreichischen Eisenerzlagerstätten. Beiträge zur Geschichte des österr. Eisenwesens. Abt. I, H. 1. Im Auftrag der Alpenen Montangesellschaft. Wien-Berlin-Düsseldorf. 1931. S. 1—165. 1931
104. Czermak, Fritz, Zur Kenntnis der ersten Fossilfunde vom steirischen Erzberg nebst einigen Neubeobachtungen über die petrographischen Verhältnisse und Fossilführung des Sauberger Kalkes. Jahrb. d. Geolog. Bundesanstalt. 1931. Bd. 81. S. 97—109. 1931
105. Meixner, Heinz, Neue Mineralfunde in den österreich. Ostalpen III. Naturw. Verein f. Steiermark. Graz 1931. Bd. 68. S. 146—156. 1931
106. Angel, Harald, Der steirische Erzberg. Reifeprüfungs-Hausarbeit der LOR Graz, 1931. S. 1—30. 1931
107. Heritsch, F., Zur Tektonik des Gebietes um Eisenerz. Verhandl. d. Geolog. Bundesanstalt, Wien 1932. S. 103—108. 1932

- © Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
108. P e r r a s c h e k, Wilhelm, Die Magnesite und Siderite der Alpen. Vergleichende Lagerstättenstudien. Sitzber. d. Akademie d. Wissenschaften. Wien I. Bd. 141. S. 195—242. 1932
 109. H a b e r f e l n e r, Erich u. H e r i t s c h, F., Graptolithen aus dem Weyritzgraben bei Eisenerz. Verhandl. d. Geolog. Bundesanstalt. Wien 1932. S. 81—89. 1932
 110. A m p f e r e r, Otto, Blatt Admont—Hieflau. Geologische Spezialkarte Österreichs, Wien. Geologische Bundesanstalt. 1933. 1933
 111. H a b e r f e l n e r, E., Geologische Aufnahmen in der Umgebung des Eisenerz Erzberges. Anzeiger d. Wiener Akademie d. Wissenschaften. Bd. 70. S. 63—64. 1933
 112. S c h w i n n e r, Robert, Variszisches und alpines Gebirgssystem. Geologische Rundschau. Bd. 24. 1933. S. 144—159. 1933
 113. S t i n ý, Josef, Blatt Bruck—Leoben. Österreichische Spezialkarte, Wien. 1933
 114. G a e r t n e r, Hans Rudolf (v.), Die Eingliederung des ostalpinen Paläozoikums. Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft. Bd. 86. S. 241—265. Berlin 1934. 1934
 115. H a b e r f e l n e r, E., Die Geologie des Eisenerz Reichensteins und des Polsters. Mitteil. d. Abteilung f. Bergbau, Geol. u. Paläont. des Landesmuseums Joanneum. Graz 1935. S. 1—32. 1935
 116. S t e i r i s c h e s E i s e n I. Das steirische Eisenbuch von H. K l o e p f e r und H. R e i c h l. Graz, Leykam 1937. II. Das steirische Eisenwesen bis 1564. Von Hans P i r c h e g g e r. Graz, Leykam 1937. S. 1—163. 1937
 117. H a b e r f e l n e r, E., Die Geologie der österr. Eisenlagerstätten. Zeitschr. f. das Berg-, Hütten- und Salinenwesen im Deutschen Reich. Bd. 85. H. 6. S. 225—240. 1937
 118. S c h w i n n e r, R., Eine neue Stratigraphie für Eisenerz? Verhandl. d. Geolog. Bundesanstalt. Wien 1937. Nr. 11. S. 235—241. 1937
 119. F r i e d r i c h, O., Die Siderit-Eisenglimmerlagerstätte von Waldenstein in Kärnten. Berg- u. hüttenmännisches Jahrb. 77./4. S. 132—145. 1929
 120. F r i e d r i c h, O., Zur Geologie der Goldlagerstätte Schellgaden. Wie oben. Bd. 83./1—2. S. 1—19. 1935
 121. F r i e d r i c h, O., Zur Geologie der Kieslager des Großarltales. Sitzber. d. Wiener Akademie. Math. Natw. Kl. I. Bd. 145. H. 5/6. 1936
 122. F r i e d r i c h, O., Über den Vererzungstypus Rotgülden. Wie bei 122. Bd. 143. H. 3/4. 1934
 122. F r i e d r i c h, O., Wismutglanz und Freigold von Rotgülden. Eine Nachlese. Wie bei 123. Bd. 144. H. 1/2. 1935
 124. F r i e d r i c h, O., Überblick über die ostalpine Metallprovinz. Zeitschrift f. das Berg-, Hütten- u. Salinenwesen im Deutschen Reich. S. 241—253. 1937
 125. H a l l a, F., Eine Methode zur Bestimmung der Änderung der freien Energie und ihre Anwendung auf das Dolomitproblem. Zeitschr. f. Physikal. Chemie. A. 175. 63—82. 1935
 126. H a l l a, F., Bemerkungen zur kongruenten Löslichkeit des Dolomits. Wie 127. A. 175. 396—399. 1936
 127. H a l l a, F., Über einige Versuche zur Dolomitsynthese durch doppelte Umlagerung. Zentralbl. f. Min. usf. Jahrg. 1937. A. Nr. 1. S. 9—12. 1937
 128. S c h w i n n e r, R., Das Paläozoikum am Brenner. Vergleiche und Wertungen. Zentralbl. f. Min. usf. B. S. 241—273. 1925

- © Naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark download unter www.biologie-schule.at
129. Maueher, W., Die Bildungsreihe der Mineralien. S. 1—56. Freiberg i. S. (Stettner). 1914
130. Michel, H., Die goldführenden Erze des Siglitz-Pochart-Erzwieser Gangzuges. Tschermaks Min. Petr. Mitteil. 38. 1925
131. Tornquist, A., Vererzung und Wanderung des Goldes in den Erzen der Hohen Tauern-Gänge. Sitzber. d. Wiener Akad. Math. Natw. Kl. Abt. I. Bd. 142. H. 1/2. S. 41—77. 1935
132. Kalb, G., Beiträge zur Kristallmorphologie des Quarzes. IV. Zeitschr. f. Krist. A. 90. 163—185. 1935
133. Kalb, G., Bemerkungen zu den minerogenetischen Kristalltrachttypen des Kalkspates. Zentralbl. f. Min. usf. A. Nr. 4. S. 137/138. 1929
134. Angel, F. u. Heritsch, F., Das Alter der Zentralgneise der Hohen Tauern. Zentralbl. f. Min. usf. B. S. 516—527. 1931
135. Kölbl, L., Das Nordostende des Großvenedigermassivs. Sitzber. d. Wiener Akademie, Math. Natw. Kl. I. B. 141. S. 39—66. 1932
136. Kölbl, L., Geologische Skizze des Habchtales. Festschrift zum 50jährigen Bestand der Sektion Jena des D. u. Ö. A.V. S. 20—25. 1932
137. Angel, F., Lehrfahrt auf den steirischen Erzberg, 28. August 1938. Fortschr. d. Min. Krist. u. Petr., B. 23. S. LIV—LXXVI. 1939
138. Hintze, C., Handbuch der Mineralogie. B. I, II, u. Ergänzungen. 1904—1938
139. Beck, H., Lehre von den Erzlagerstätten. Berlin 1901. S. 1—724. 1901
140. Beyschlag, F., Krusch, P., Vogt, J. H. L., Die Lagerstätten der nutzbaren Mineralien und Gesteine. Stuttgart 1913. 1913

Zum Vergleich und zur Magnesitfrage:

141. Mohr, H., Über einige Beziehungen zwischen Bau und Metamorphose in den Ostalpen. Zt. d. Deutschen Geolog. Ges. B. 75. Nr. 5—10. S. 114—133. 1923
142. Mohr, H., Zur Entstehungsfrage der alpinen Spatmagnesite vom Typus Veitsch. Tscherm. Min. Petr. Mitteil. B. 38. S. 138—158. 1925
143. Mohr, H., Die Schwerspatlagerstätten der Tschechoslov. Republik. Montanistische Rundschau. Nr. 17, Jg. 1929. S. 1—8. 1929