

2. Ueber das Alter der goldführenden Gänge und der von ihnen durchsetzten Gesteine.

Von Herrn F. Baron RICHTHOFEN in San Francisco, Cal.

Das geologische Alter des Goldes ist Gegenstand vielfacher Beobachtungen und Vermuthungen gewesen. Die Zeit des Aufsteigens der goldführenden Gänge und das Alter der von diesen durchsetzten Gesteine mussten dabei getrennt in's Auge gefasst werden. Die auf die Verhältnisse im Ural gegründete und von ihnen aus verallgemeinerte Hypothese von Sir RODERICK MURCHISON, dass die ursprüngliche Lagerstätte des Goldes ausschliesslich in paläozoischen und azoischen Gesteinen sei, die das Gold führenden Gänge und Imprägnationen aber in einer sehr jugendlichen Zeit darin gebildet worden seien, stand durch lange Zeit unbestritten da, obgleich Herrn G. ROSE's Beobachtung, dass die Goldgänge des Urals fast stets von Granitgängen begleitet sind und in einem gewissen Abhängigkeitsverhältniss zu diesen zu stehen scheinen, ebenso gegen ihre jugendliche Entstehung sprach, wie die Thatsache, dass im Ural jüngere Eruptivgesteine fehlen, und dass keine Zeichen von anderweitigen Vorgängen vorhanden sind, welche in so jugendlicher Zeit ein Phänomen hervorgebracht haben könnten, das wir, nach Allem, was wir darüber wissen, mit tief im Inneren gelegenen und gegen die Oberfläche wirkenden Vorgängen in Verbindung bringen müssen. Einzelne Vorkommen in jüngeren Gesteinen aufsetzender Goldgänge, wie derjenigen von Vöröspatak, galten als örtliche Ausnahmserscheinungen und wurden nicht weiter beachtet. Der erste Theil der Hypothese von MURCHISON gewann noch festeren Boden durch die Entdeckung der beiden grössten Goldfelder der Erde. Denn in Australien wurden die Goldgänge wirklich in paläozoischen Gesteinen aufsetzend gefunden; und was Californien betrifft, so lag die Vermuthung nahe, dass die metamorphischen Schie-

fer der Sierra Nevada, in denen sie hier auftreten, ebenfalls von sehr hohem Alter seien. Dieses anscheinend übereinstimmende Vorkommen, das eine weitere Bestätigung in dem Auftreten des Goldes in South Carolina, Brasilien und den Alpen erhielt, führte jedoch allmählig zu einer Modification des zweiten Theiles der Hypothese von MURCHISON, indem man annahm, dass das Gold selbst durchaus alter Entstehung sei, das heisst, dass alle Goldgänge, höchstens mit örtlich beschränkten Ausnahmen, schon in den ältesten Zeiten selbst die Gesteine durchsetzt haben, in denen wir sie jetzt finden, und manche Autoren liessen in der von ihnen angenommenen Reihe der sogenannten Metallzeitalter nur das Zinn dem Gold vorangehen.

Die erste thatsächliche und gründliche Widerlegung dieses vermutheten Gesetzes, welche sich nicht mehr auf örtlich beschränkte Ausnahmserscheinungen bezog, sondern das gegenwärtig bedeutendste Goldgebiet betraf, geschah durch Herrn J. D. WHITNEY, welcher, zuerst in SILLIMAN's Journal für 1864 und später in seinem grösseren Werk über Californien (Geological Survey of California, Geology, Vol. I. 1865), mit zweifelloser Sicherheit nachwies, dass in der Sierra Nevada die Goldgänge wesentlich in krystallinischen Schiefen und Granit auftreten, und dass die ersteren eine wahrscheinlich continuirliche Reihe von Ablagerungen vom Alter der Kohlenformation bis zu dem des Jura darstellen, sowie dass der Granit nicht älter als jurassisch sein kann, während sich zugleich als das Zeitalter der Entstehung der Gänge weder die paläozoische, noch die tertiäre, sondern eine zwischenliegende Zeit mit grosser Wahrscheinlichkeit ergab.*)

*) Es sind bekanntlich schon vor 1864 einige Abhandlungen über die Geologie Californiens, meist von flüchtigen Besuchern dieses Landes, veröffentlicht worden. Einige der Autoren derselben haben versucht, WHITNEY das Verdienst der ersten Entdeckung der erwähnten Altersverhältnisse streitig zu machen. Eine Discussion des Gegenstandes ist hier nicht am Platz. Doch bemerke ich so viel, dass in jenen Abhandlungen die in Californien vorkommenden Formationen erwähnt werden als: krystallinische Schiefer (mit Serpentin etc.), Granit (mit Diorit etc.), tertiäre und posttertiäre Gebilde und vulcanische Gesteine, und nur von Einigen beiläufig darauf hingewiesen wird, dass am Westabhang der Sierra Nevada möglicherweise auch Gesteine vom Alter der Kohlenformation oder andere Formationen vorkommen möchten. Auf Aufstel-

Die allgemeine Anwendbarkeit der Hypothese von MURCHISON war damit sowohl in ihrer ursprünglichen, wie in ihrer später modificirten Fassung mit Bestimmtheit widerlegt. Seit der Veröffentlichung des Werkes von WHITNEY hat DAVID FORBES (l. c., s. die Anm.) auf Grund seiner interessanten Beobachtungen in Bolivia und Peru, welche er bereits früher in einer inhaltreichen Abhandlung (Quart. Journ. Geol. Soc. London. Vol. 17, 1860) mitgetheilt hatte, eine neue Hypothese aufgestellt. Er unterscheidet zwei Epochen der Gold-Imprägnation (auriferous impregnation):

- 1) Der ältere oder goldführende Granitausbruch.
- 2) Der jüngere oder goldführende Dioritausbruch.

Die goldführenden Granitausbrüche sollen nach ihm im Alter zwischen silurischer und Kohlenformation stehen und in folgenden Ländern vorkommen: Australien*, Böhmen, Bolivia*, Brasilien, Buenos Ayres, Chile*, Cornwall, Ecuador, Ungarn, Mexico*, Neu-Granada, Norwegen, Peru*, Schweden, Ural*, Micklow*). Die goldführenden Dioritausbrüche

lungen dieser Art gründen sich die vermeintlichen Ansprüche einiger auf das Prioritätsrecht allzu ängstlich bedachter Autoren. Bei unbefangener Betrachtung reduciren sich alle diese Ansprüche auf weniger als eine blossе Vermuthung. Uebrigens ist die Frage nach dem Zeitalter der Imprägnation von diesen Autoren gar nicht berücksichtigt worden. — Einen ähnlichen Anspruch hat DAVID FORBES (On the geological epochs at which gold has made its appearance in the crust of the earth, Geol. Magazine, Vol. III, p. 27. Sept. 1867) nach Durchlesung von WHITNEY'S Werk erhoben. Dieser vermeintliche Anspruch der ersten Entdeckung des Vorkommens von Gold in postpaläozoischen Formationen gründet sich auf die Erwähnung des Wortes „Gold“ in einem langen Verzeichniss von Erzen, welche auf gewissen Gängen jugendlicher Entstehung in Bolivia vorkommen (im Quart. Journ. Geol. Soc. London. Vol. 17, 1860). Die Beschreibung des Auftretens der Goldgänge zu Vöröspatak von JOHN GRIMM im dritten Band des Jahrbuchs der geolog. Reichsanstalt würde jedenfalls mit weit grösserem Recht Priorität in Anspruch nehmen dürfen. FORBES ist in seiner ersterwähnten Abhandlung in den eigenthümlichen Irrthum verfallen, anzunehmen, dass WHITNEY unter dem Namen „goldführende Schiefer“ nicht von Goldgängen durchsetzte, sondern ursprünglich in ihrer ganzen Masse von Gold imprägnirte Gesteine meine, und verlegt sich auf eine emphatische Widerlegung dieser Anschauung. Der Ausdruck „auriferous slate“ ist jedoch in WHITNEY'S Werk stets für von Goldgängen durchsetzte Gesteine angewendet worden.

*) Die mit einem * versehenen Localitäten sollen Vorkommen beider Zeitalter aufzuweisen haben; „wahrscheinlich auch Californien.“

sollen im Alter postoolithisch sein, vielleicht auch der Kreideperiode angehören. Die Schichten sind im Contact mit Diorit metamorphosirt und goldführend oder werden von goldführenden Gängen durchschnitten, die von der Hauptmasse des Diorits aufsteigen. FORBES nimmt an, dass der postoolithische Diorit selbst goldführend sei. Die beiden genannten Arten des Vorkommens des Goldes sollen (wie es scheint, zum Ausschluss jeder anderen) allen Theilen der Erde gemeinsam sein.

Während WHITNEY sich mit der einfachen Darstellung von Thatsachen begnügt hatte, welche die frühere Hypothese widerlegen und das Vorkommen des Goldes in einer Reihe von Formationen beweisen, in denen es vorher nicht mit Sicherheit bekannt war, haben wir hier eine neue Hypothese, welche nur um einen Grad weniger exclusiv ist als die frühere. Ihre Haltbarkeit ist von vorn herein einer grossen Gefahr dadurch ausgesetzt, dass die Hypothese von FORBES die Entstehung aller Goldgänge der Erde mit der Eruption von Granit und Diorit von unbestimmten Altersstufen in Zusammenhang bringt, während es nahe liegt, zu vermuthen, dass, wenn wirklich diese beiden Gesteine die alleinigen Goldbringer gewesen sein sollten, das Alter der Goldgänge in verschiedenen Ländern ähnliche Unterschiede zeigen würde als das der verschiedenen Granite und Diorite. Denn es lässt sich auch nicht der entfernteste geologische Grund angeben, warum gerade die Diorite einer ganz bestimmten Periode allenthalben auf dem Erdball hätten auserlesen sein sollen, den Goldsegen aus der Tiefe gegen die Oberfläche zu befördern.

Als einer dritten Hypothese mögen wir noch der Niveauhypothese von B. v. COTTA („Erzlagerstätten“) Erwähnung thun, welche das Verdienst hat, die Altersverhältnisse aus dem Spiel zu lassen. COTTA nimmt an, dass im Allgemeinen bei der Bildung von Erzgängen Zinnerze ein tiefstes Niveau, Gold, Silber, Blei, Kupfer, Kobalt, Nickel ein höheres und Eisenerze das höchste Niveau einnehmen. Ich glaube, dass manche der im Nachfolgenden zu erwähnenden Thatsachen nicht zu Gunsten der allgemeinen Begründung dieser Anschauung sprechen, wie sich wohl auch von theoretischem Standpunkt manche gewichtige Bedenken gegen das allgemeine Walten einer [so eigenthümlichen Erzvertheilung anführen lassen, trotz dem entschied-

denen Vorhandensein gewisser Erzniveaus auf manchen Lagerstätten.

Ich wende mich nun zur Betrachtung einzelner Fälle, in denen sich das Alter goldführender Gänge und der von ihnen durchsetzten Gesteine mit annähernder Sicherheit feststellen lässt.

Das grosse Goldgebiet Californiens begreift wesentlich den breiten Westabfall der Sierra Nevada. Er besteht 1) aus steil aufgerichteten, der Axe des Gebirges parallel von Nordnordwest nach Südsüdost streichenden, meist nach dem Gebirge zu fallenden, stark metamorphosirten Schichtgesteinen vom verschiedensten petrographischen Charakter, unter denen die Altersstufen der Kohlenformation, der Trias und des Jura durch WHITNEY und seine Mitarbeiter nachgewiesen worden sind, während Schichten der oberen Kreide unverändert und beinahe ungestört den unteren Theilen der Gehänge aufgelagert sind; 2) aus Granit, welcher langgestreckte, der Axe des Gebirges parallele, sich verzweigende Züge und einzelne Ellipsen bildet, deren Längsaxe ebenfalls dem Streichen der Sierra parallel ist. Ausserdem treten 3) Diorite und Porphyre auf, unter Verhältnissen, welche das gleichzeitige Empordringen dieser einzelnen Gesteine mit der Ablagerung gewisser älterer Formationen wahrscheinlich machen, und 4) vulkanische Gesteine, welche in einzelnen Durchbrüchen entlang der Gipfelreihe erscheinen und zu der Bedeckung weiter Strecken durch mächtige Ströme vulkanischen Schlammes Veranlassung gaben. Die goldführenden Quarzgänge haben zum grössten Theil ein der Axe des Gebirges nahezu paralleles Streichen. Sie sind in ihrer Verbreitung von den vulkanischen Gesteinen unabhängig; ihre Hauptverbreitungsbezirke sind weit von den Durchbrüchen der letzteren entfernt. Ebenso stehen sie offenbar in keiner Beziehung zu den Eruptionen von Diorit oder Porphyr. Dagegen haben sie in ihrer Anordnung einen unverkennbaren Zusammenhang mit der Verbreitung des Granits. Sie drängen sich am dichtesten an dessen Grenzen mit den metamorphischen Gesteinen, und treten hier zum Theil in jenem, zum Theil in diesen auf. Je weiter vom Granit entfernt, desto sparsamer werden sie in den metamorphischen Gesteinen, und nur als Ausnahmserscheinung treten sie dort auf, wo man

den Einfluss zu Tage anstehenden Granits wegen seiner Entfernung nicht mehr vermuthen würde. Ebenso nehmen sie in den Granitgebieten mit der Entfernung von der Grenze gegen die metamorphischen Schiefer an Häufigkeit ab und fehlen in der Regel den inneren Theilen der ausgedehnten Züge jenes Gesteins. Es würde mich zu weit führen, hier die verschiedenen Gründe anzugeben, welche es fast zur Gewissheit machen, dass die Entstehung der goldführenden Quarzgänge der Sierra Nevada eine Folge des ausserordentlich intensiven und weitgreifenden Metamorphismus war, welcher die Ausbrüche des Granits begleitet hat und nach der Erstarrung der Oberfläche zunächst gelegenen Massen desselben noch durch lange Perioden in der Tiefe fort dauerte. Die Zeit, in welcher diese Ereignisse ihren Anfang nahmen, war mit grosser Wahrscheinlichkeit die Juraperiode. Denn die mächtigen Umwälzungen, welche die granitischen Ausbrüche begleiteten und mit der Zusammenfaltung, steilen Aufrichtung und durchgreifenden Metamorphose eines ausserordentlich mächtigen Schichtencomplexes endeten, müssen natürlich lange Perioden in Anspruch genommen haben und waren doch wahrscheinlich zur Zeit der Ablagerung der oberen Kreideschichten schon beendet, da diese weder an der Schichtenstörung, noch an der Metamorphose theilnahmen, noch von Granit oder von Quarzgängen durchsetzt wurden. Die Gründe, welche es wahrscheinlich machen, dass die goldführenden Quarzgänge der Sierra Nevada jurassischen Granit ausbrüchen ihre Entstehung verdanken, ihre Bildungsperiode aber bis spät in die Kreidezeit hinein dauerte, sind überwältigend, und es lässt sich kaum ein einziger Grund dagegen anführen. Alle diese Gänge, ohne Ausnahme, sind wahre Goldgänge, insofern das Gold das einzige auf ihnen vorkommende abbauwürdige Metall ist.

Wenden wir uns nun nach dem Ostabhang der Sierra Nevada, so tritt uns zunächst der Comstock-Gang entgegen. Er ist zwar technisch als ein Silbererzgang zu bezeichnen, insofern das Silber dem Werthe nach unter den nutzbaren Metallen desselben obenan steht. Doch kann man ihn mit vollem Recht unter den Goldgängen betrachten, da der durchschnittliche Goldgehalt der geförderten Erze so bedeutend ist, wie bei den hervorragendsten Gängen von grösserer Mächtigkeit.

keit in Californien. Ich habe an einer anderen Stelle*) zu zeigen gesucht, dass dieser Gang jüngerer Entstehung ist als der eocäne oder miocäne Propylit, in dem er aufsetzt, und dass er der miocänen oder pliocänen Eruption des Sanidintrachyts seine Entstehung verdankt. Für die goldführenden Gänge von Esmeralda (12 Meilen südlich vom Comstock-Gang, am Ost-Abhang der Sierra) gilt gleichfalls das Erstere mit Gewissheit, da sie in Propylit aufsetzen, das zweite mit Wahrscheinlichkeit; während in Bodie, in der Nähe von Esmeralda, ein System goldführender Gänge in einem noch jugendlicheren, rhyolithartigen Gesteine aufsetzt.

Andere Gänge von tertiärem Alter, welche Gold führen, aber zu arm sind, um den Abbau zu lohnen, finden sich in den metamorphischen Kreide- und Tertiär-Ablagerungen der californischen Küstengebirge und sind zum Theil von WHITNEY in dem genannten Werke erwähnt worden. Hier mögen auch die goldführenden Quarzgänge im Staat Nicaragua genannt werden, welche von englischen Gesellschaften auf Gold allein abgebaut werden und nach einer freundlichen Mittheilung von Herrn EDMUND WERTHEMANN, welcher sie kürzlich besuchte, in den dort verbreiteten trachytischen Gesteinen auftreten. Handstücke des Nebengesteins, welche derselbe mitgebracht hat, sind unzweifelhafter Trachyt.

Je älter das Gestein ist, in welchem Goldgänge aufsetzen, desto schwieriger ist es natürlich, die Epoche ihrer Entstehung festzusetzen, wenn nicht, wie im Fall der Sierra Nevada, die Epoche einer späten Schichtenstörung und die zeitliche Folge der Gangbildung auf dieselbe mit Bestimmtheit erwiesen werden können. Ein nicht ganz sicherer Fall einer älteren Emanationsepoche liegt im Humboldtgebirge im Staat Nevada vor. Es werden dort eine Anzahl Erzgänge auf Silber und Gold abgebaut, während andere Gold allein als abbauwürdiges Metall führen. Die Gänge setzen in petrographisch innerhalb weiter Grenzen schwankenden Sedimenten der Triasformation auf, welche sich durch einen grossen Reichthum der für den alpinen Keuper charakteristischen Versteinerungen auszeichnen. Quarzporphyr, Porphyrit und Malaphyr sind die einzigen dort vorkommenden Eruptivgesteine. Ihre Ausbrüche fanden, we-

*) RICHTHOFEN, The Comstock-lode, San Francisco, 1866.

nigstens zum Theil, gleichzeitig mit der Ablagerung der Sedimente statt. Man kann diesen Porphyren, deren Ausbrüchen grossartige Störungen folgten, natürlich nicht mit Sicherheit die Entstehung der Erzgänge zuschreiben; aber in Abwesenheit anderer Eruptivgesteine und der Anzeichen nachfolgender bedeutender örtlicher Störungen dürfte der Einfluss der Porphyre auf die Gangbildungen wenigstens eine grosse Wahrscheinlichkeit haben. Im Great Basin, dem grossen Plateau zwischen Sierra Nevada und Felsengebirge, sind ausser den genannten noch zahlreiche andere Gebiete von goldführenden Gängen bekannt. In mehreren von ihnen setzen die Gänge in sehr alten, zum Theil selbst in silurischen Gesteinen auf, und noch weiter östlich, im Staat Colorado, scheinen sie ausschliesslich in Gesteinen von hohem Alter vorzukommen. Allein über die Bildungsepochen lässt sich noch wenig festsetzen. Was die Goldgänge von British Columbia und Mexico betrifft, so liegen über das Alter der durchsetzten Gesteine sowohl, wie der Imprägnationsepochen nur wenige Beobachtungen vor.

Fasst man Alles zusammen, was über die Goldgänge der Anden von Nord-Amerika bekannt ist, so darf man mit Sicherheit behaupten, dass sie in allen Formationen, von der silurischen bis zur jüngsten tertiären, in Sedimenten und in Eruptivgesteinen, auftreten. An dem zwischen Californien und dem Felsengebirge begriffenen Theil des grossen Gebirges lassen sich als Bildungsepochen der Goldgänge die Juraperiode und verschiedene Abschnitte der Tertiärperiode mit Sicherheit nachweisen, und als sehr wahrscheinlich darf es angesehen werden, dass noch ältere Gangbildungsepochen mit den Eruptionen der triassischen Porphyre und der paläozoischen Granite im Zusammenhang standen. Doch reichen die positiven That-sachen allein schon hin, um zu zeigen, auf wie unsicherem Boden die verschiedenen, über das Alter der Goldgänge herrschenden Ansichten stehen.

Fügen wir hierzu die zwei Bildungsepochen, welche DAV. FORBES für die Goldgänge von Peru und Bolivia annimmt (ohne seinen Verallgemeinerungen zu folgen), deren eine paläozoisch ist und mit dem Ausbruch von Graniten zusammenhängt, während die andere in die postoolithische oder Kreideperiode verlegt und dem Ausbruch von Dioriten zugeschrieben wird; fer-

ner das Auftreten des Goldes in veränderten paläozoischen und azoischen, von alten Graniten durchsetzten Schichten in Nord-Carolina, am Ural und in Australien; sowie in metamorphischen Gesteinen von unbestimmtem Alter in Brasilien, in den Alpen und in anderen Gegenden; das Vorkommen von Goldgängen in tertiärem Propylit und eocänen Sandsteinen durch das gesammte Gebiet der edlen Erzlagerstätten der Karpathen, und wahrscheinlich auch in demjenigen Armeniens, so gelangen wir zu den folgenden Schlüssen:

- 1) Goldführende Gänge setzen in fast allen Gebirgs-
gesteinen auf, sowie in allen Formationen, von
azoischen bis hinauf zu jungtertiären Gebilden.

Goldgänge sind bekannt in folgenden Eruptivgesteinen: Granit, Syenit, Diorit, Quarzporphyr, Melaphyr, Propylit, Trachyt und Rhyolith; dagegen sind sie meines Wissens noch nicht gefunden in Diabas, Augitporphyr und Basalt, und wohl auch noch nicht im Andesit. Am häufigsten sind sie in metamorphischen Gesteinen aller Art; sie finden sich selbst im krystallinischen Kalkstein (Sonora in Californien). Von unveränderten Sedimenten sind besonders die eocänen Sandsteine Siebenbürgens als von Goldgängen durchsetzt zu erwähnen.

- 2) Die Epochen der Bildung der goldführenden Gänge sind nicht nur in verschiedenen Gegenden, sondern auch bei einzelnen in einer und derselben Gegend aufsetzenden Gangsystemen verschieden gewesen. Diese Epochen weichen von einander in ähnlicher Weise ab wie die Zeitalter, in denen die Eruptivgesteine in verschiedenen Gegenden oder in einer und derselben Gegend aufgestiegen sind, und sie stehen mit den Ausbrüchen derselben in genetischer Beziehung.
- 3) Die Goldgänge durchsetzen zum Theil die Eruptivgesteine selbst, mit deren Ausbrüchen ihre Bildung verbunden war (besonders, wie es scheint, wenn dieselben ein bedeutendes Volumen haben), zum Theil deren Nebengestein. Der Grund des ersten Auftretens ist wahrscheinlich darin zu suchen, dass die oberen Theile der Eruptivmassen erstarrt und zur Aufnahme von Gängen geeignet waren, während

in der Tiefe die hydropyrischen Vorgänge noch fort dauerten.

Während die genannten Schlussfolgerungen kaum noch Zweifeln unterliegen dürften, lassen sich noch einige auf die Erzgänge im Allgemeinen anwendbare Wahrscheinlichkeits-schlüsse anführen:

- 4) Wie die eruptive Thätigkeit in gewissen Perioden der Geschichte der Erde eine gleichzeitige Verbreitung über grosse Theile der letzteren gehabt hat, und andere, zwischenliegende Perioden sich durch eine nicht minder verbreitete verhältnissmässige Ruhe ausgezeichnet haben, so ist es wahrscheinlich auch hinsichtlich der Bildungsepochen der goldführenden Gänge, wie der Erzgänge überhaupt, der Fall gewesen.

So scheint zum Beispiel die zweite Hälfte der Tertiärperiode, in welcher gleichzeitige eruptive Thätigkeit am allgemeynsten auf der Erdoberfläche verbreitet war und allenthalben einer Periode verhältnissmässiger Ruhe folgte, auch im Allgemeinen ein der Entstehung von Erzgängen, vorzüglich der edlen, besonders günstiges Zeitalter gewesen zu sein. Ich wies an einem anderen Ort*) darauf hin, dass der tertiäre Propylit unter allen Gesteinen die grösste Silberausbeute liefert. Die Juraperiode scheint sich durch die Emanation edler Metalle vorwaltend in den Anden, und zwar durch deren ganze Länge, ausgezeichnet zu haben. Die Porphyre der Dyas und Trias Europas sind längst als Erzbringer angenommen worden, und die meisten Gänge des Erzgebirges zum Beispiel werden bekanntlich auf ihre Ausbrüche zurückgeführt, sowie zahlreiche andere durch das ganze mittlere Europa. In die Periode der porphyrischen Ausbrüche fällt auch die Bildung stark kupferhaltiger Sedimente in grossem Maassstabe, und es kann kaum ein genetischer Zusammenhang zwischen beiden Vorgängen bezweifelt werden. Auch in Amerika scheinen die mit einem Theil der europäischen gleichzeitigen Porphyrausbrüche erzbringend gewesen zu sein. Was endlich die so verbreiteten Granite, Syenite und Diorite aus der ersten Hälfte

*) RICHTHOFEN, Principles of the Natural System of Volcanic Rocks. — Mem. of the Cal. Academy of Sciences. Vol. I. 1868.

der paläozoischen Zeit betrifft, so deutet eine einfache Zusammenstellung derjenigen Fälle, in welchen ein so hohes Alter von Erzgängen mit Sicherheit erwiesen werden konnte, darauf hin, dass schon jene frühe Eruptionsperiode mit einer ausgedehnten Bildung von Erzgängen verbunden gewesen ist.

Bei der Betrachtung des Zusammenhanges zwischen goldführenden Gängen und Eruptivgesteinen drängt sich noch die nicht nur auf das Gold, sondern auch auf andere Metalle bezügliche Beobachtung auf, dass in gewissen Gegenden, wo eruptive Thätigkeit zu verschiedenen Zeiten und in bedeutendem Maassstabe stattgefunden hat, die Erzgänge, insbesondere die der edlen Metalle, sehr untergeordnet vorkommen, während sie in anderen, wo das Gesamtmaass der eruptiven Thätigkeit nicht bedeutender gewesen ist, gleichsam zusammengedrängt sind. Bringen wir damit die Thatsache in Verbindung, auf welche ich in dem vorerwähnten Aufsatz hingewiesen habe, dass jede jüngere Reihe von Eruptivgesteinen innerhalb ihrer grossen Verbreitungsbezirke fast, wenn nicht ganz, ausschliesslich an solchen Stellen an der Oberfläche erschienen ist, wo die Gesteine der älteren Reihen den Weg vorher gebahnt hatten, dass also Porphyre dort ausbrachen, wo ihnen Granite vorhergegangen waren, und vulkanische Gesteine dort, wo entweder Granit allein, oder Granite und Porphyre vorher durchgebrochen waren, und vergleichen wir damit die Verbreitung der Erzgänge in verschiedenen Gegenden, mit gleichzeitiger Berücksichtigung der Zeit ihrer Bildung, so scheint der Schluss gerechtfertigt:

- 5) In solchen Gegenden, wo schon die ältesten Eruptivgesteine Erzbringer gewesen waren, gab auch jede Erneuerung der eruptiven Thätigkeit in späteren Perioden zur Entstehung von Erzgängen Veranlassung. Wo aber in früheren Zeiten keine oder nur geringe Bildung von Erzgängen stattgefunden hatte, brachten auch spätere Eruptionen dieselben nicht oder in geringem Maassstabe hervor.

So sind die Sudeten, obgleich der ehemalige Sitz granitischer, porphyrischer und vulkanischer Gesteinsausbrüche, zu allen Zeiten nur in der ärmlichsten Weise mit Erzgängen versehen worden. So waren im Erzgebirge die Eruptionen des granitischen sowohl wie des porphyrischen Zeitalters erzbrin-

gend. Von den Gesteinen der vulkanischen Aera sind dort die, wie es scheint, stets nur wenig erzbringenden Basalte vertreten, und es werden bekanntlich mit ihren Ausbrüchen einige späte Gangbildungen in Verbindung gebracht. Aehnlich scheint es sich mit dem Harz und den Vogesen zu verhalten, wo wohl die jugendlichen Gangbildungen ganz fehlen. Cornwall giebt ein Beispiel paläozoischer, von bedeutenden Gangbildungen gefolgt Ausbrüche von Granit, während es an jüngeren Eruptivgesteinen und ebenso an jüngeren Gangbildungen fehlt. In dem nordwestlichen Ungarn dagegen, wo die ältesten Erzgänge weit hinter denen von Cornwall an Bedeutung zurückbleiben, wird dieser Unterschied durch die jüngeren Gangbildungen aufgewogen, welche die Eruptionen der porphyrischen und hauptsächlich diejenigen der vulkanischen Gesteine begleitet haben. In den östlichen Karpathen Ungarns sind die älteren Formationen meist verdeckt, und nur die ausgebreiteten jugendlichen Eruptivgesteine und bedeutenden jugendlichen Erzlagerstätten der Beobachtung zugänglich. In Siebenbürgen fand eine beschränkte Bildung von Erzgängen in früheren Zeiten statt; in der vulkanischen Aera war sie, ebenso wie die eruptiven Erscheinungen, bedeutender, aber hat doch nur vermocht, ein Erzgebiet von untergeordnetem Werth zu schaffen. Betrachten wir endlich, im Vergleich zu den genannten Beispielen, die Anden, so haben wir in ihnen ein Erzgebiet, das in seiner ganzen Erstreckung von den ältesten bis in die neuesten Zeiten periodisch ein Schauplatz sehr intensiver eruptiver Thätigkeit gewesen ist. Wie in ihm die vulkanischen Gesteine in hohem Maasse erzbringend gewesen sind, so waren es vorher die jurassischen Granite und wahrscheinlich die triassischen Porphyre und die paläozoischen Granite. Die Kenntniss des Umfanges, in welchem schon die Ausbrüche von diesen und den alten Dioriten von Gangbildungen begleitet oder gefolgt worden sind, erweitert sich stetig mit dem Maass der fortschreitenden Beobachtungen.

Betrachten wir endlich in jeder einzelnen Gegend die Reihenfolge des Aufsteigens der Gänge je nach der Art der darin hauptsächlich vertretenen Metalle, so kommen wir mit Sicherheit zu dem negativen Schluss:

6) Wie es ein bestimmtes Zeitalter des Goldes nicht giebt, so haben überhaupt „Metallzeitalter“ in einem

anderen Sinne, als unter 4) angegeben, in der Geschichte der Erde nicht stattgefunden. Wiewohl in jedem einzelnen Erzdistrict jedem erzbringenden Eruptivgestein die Emanationen bestimmter Metalle vorwaltend verbunden zu sein pflegen, ist die dadurch hervorgebrachte Altersfolge der vorwaltenden Metalle in jedem Erzgebiet verschieden.

So haben in den Anden Silber sowohl wie Gold ihre Erscheinung in den verschiedensten Perioden gemacht. Zugleich aber ist Silber (wenigstens in Nord-Amerika, wahrscheinlich auch in Peru und Bolivia) der grössten Masse nach den tertiären Eruptivgesteinen verbunden, während goldführende Gänge wahrscheinlich in den Cordilleren beider Continente mit den paläozoischen Graniten, ausserdem in Süd-Amerika, nach FORBES, mit jurassischen Dioriten, in Nord-Amerika mit jurassischen Graniten und tertiären Eruptivgesteinen gebildet wurden. Die reichen Kupfererzlagerstätten am westlichen Fuss der Sierra Nevada scheinen ihre Entstehung Dioritausbrüchen zu verdanken, deren Alter noch nicht sicher bestimmbar ist, aber in eine der Altersstufen der metamorphischen Schiefer fällt; während andere Gänge mit reichen Kupfererzen, die allerdings ihrer Unregelmässigkeit wegen nicht abbauwürdig sind, in den metamorphischen Kreide- und Tertiärschichten der californischen Küstenketten, noch andere am Contact des Granits der Sierra Nevada mit Triasschichten auftreten. Ergeben sich schon daraus drei Bildungsepochen von Kupfererzlagerstätten, so wird sich wahrscheinlich ihre Anzahl noch vermehren, wenn es möglich sein wird, den Vorgängen in früheren Perioden Rechnung zu tragen. Uebrigens ist es in Beziehung auf die Anden eine sehr bemerkenswerthe Thatsache, dass in ihnen Silber und Gold durch alle Zeitalter, in denen Erzgänge gebildet wurden, unter allen Metallen verhältnissmässig bedeutend vorwalten, wenn man die letzteren nach ihrem Handelswerth ordnet. Kupfer steht zunächst. Blei, Zink und Zinn aber kommen fast gar nicht in hinreichender Menge concentrirt vor, um für sich allein abbauwürdige Lagerstätten zu bilden. Es würde zu weit führen, eine Anzahl Beispiele aus anderen Gegenden den hinsichtlich der Anden erwähnten Altersverhältnissen einzelner Metalle zur Seite zu stellen, um das Abweichende derselben hervortreten zu lassen.

Es würde dies nur eine Erweiterung und Bestätigung des schon von Herrn B. v. COTTA geführten Beweises sein, dass die Annahme allgemeiner Metallzeitalter unstatthaft ist.

Allein manches liesse sich wohl auch, wie bereits erwähnt, gegen die Verallgemeinerung der von B. v. COTTA an die Stelle der Theorie der Metallzeitalter gesetzten Niveauhypothese anführen. Es ist zweifellos, dass ein grosser Theil der Erzgänge ihre Erzniveaus haben, die zwar meist von der Art des Nebengesteins abhängig zu sein scheinen, oft aber in keinem ersichtlichen Zusammenhang damit stehen. Häufig unterscheiden sich verschiedene Niveaus nur durch den absoluten Metallgehalt der Erze, zuweilen aber auch durch das Vorherrschen verschiedener Metalle in verschiedenen Tiefen. Allein die Annahme einer auch nur annähernden Gleichartigkeit der Gänge verschiedener Gegenden in Beziehung auf diesen Wechsel stösst auf bedeutende Schwierigkeiten. Was zum Beispiel die Goldgänge betrifft, bei denen sich am längsten eine Hypothese hinsichtlich der Verschiedenheit der Erzführung nach dem Verhältniss der Tiefe allgemein erhalten hat, insofern man für sie eine Concentrirung des Adels auf die höchsten Niveaus annahm, so ist in Californien eine Zunahme des Adels nach der Teufe ebenso häufig als eine Abnahme oder ein Gleichbleiben. Bei den meisten Silbergängen im Propylit, insbesondere bei dem Comstockgang, hat keine bedeutende Zerstörung an der Oberfläche stattgefunden, und doch walteten Eisenerze am Ausbeissen um nichts mehr vor als in der Tiefe, wenn auch eine leichte rostbraune Färbung den eisernen Hut anzeigt; es brachen vielmehr dort die reichsten Silbererze. Im Gebiet von Reese River (Staat Nevada) dagegen hat jedenfalls seit der Bildung der Gänge eine ungeheuere Denudation stattgefunden, und doch haben dieselben einen sehr deutlich ausgesprochenen eisernen Hut, der allerdings auch ungemain reich an Silber ist, und führen in der grössten erreichten Tiefe noch immer sehr reiche Silbererze. Ohne die grosse Anzahl zu Gebote stehender Beispiele zu vermehren, will ich nur noch Einer wichtigen Thatsache erwähnen, dass nämlich die vor Kurzem ausgeführte Untersuchung der Zinnerzlagerstätten von Durango (Mexico) durch Herrn W. ASHBURRER erweisen, dass das dortige Waschzinnerz aus Zinnerzgängen stammt, welche in den jugendlichsten Trachyten, anscheinend als ein

Product von Solfatarenthätigkeit, aufsetzen. *) Damit fällt die letzte und hauptsächlichste der Schranken, die theils von theoretischem Gesichtspunkt, theils wegen lückenhafter Erfahrung den Metallen in Beziehung auf das relative Zeitalter ihrer Emanation oder in Hinsicht auf die Art ihrer Vertheilung auf Gängen gesetzt worden sind. Denn das hohe Alter des Zinns oder seine tiefe Lage waren in der That schliesslich noch die einzigen Stützpunkte beider Hypothesen.

Es dürfte nun in der That keinem Zweifel mehr unterliegen, dass alle in Beziehung auf das relative Alter der Me-

*) Das Vorkommen von Zinnerz im Staate Durango ist seit langer Zeit bekannt. Die Indianer pflegen es zu sammeln und verwenden das ausgeschmolzene Zinn zum Tauschhandel an der Stelle der Münze. Herr ASHBURRER führte eine genaue Untersuchung der weitläufigen Lagerstätten aus, die er aus verschiedenen Ursachen für nicht abbauwürdig erklärt. Das Zinnerz findet sich in einem baum- und wasserarmen, hügeligen Theil des Hochlandes, welcher ganz aus Trachyt besteht. Das meiste kommt von secundärer Lagerstätte, aus den Anschwemmungen in Schluchten und Einsenkungen. Es bildet kleine Körner und Knollen und gleicht dem böhmischen Holzzinn. Ausserdem aber findet es sich auf ursprünglicher Lagerstätte, und zwar ausschliesslich in Spalten des Trachyts, theils als Incrustation der Wände derselben, theils in abgerundeten Stücken von verschiedener Grösse, welche nebst kleinen, sehr vollkommenen Topaskrystallen und Trachytfragmenten in einer thonigen Masse eingebettet sind und mit dieser die Spalten erfüllen. Der Trachyt ist in der Nähe der Lagerstätten stark zersetzt. Nach Handstücken, welche Herr ASHBURRER mitgebracht hat, ist er von aschgrauer Farbe, porös und voll von kleinen Sphäroliten; er enthält schwarzen Glimmer und sehr sparsame kleine Feldspathkrystalle, welche sich wegen der vorgeschrittenen Zersetzung nicht näher bestimmen lassen. Eine andere Varietät hat lithoidisches Gefüge und enthält in unregelmässig gestalteten Höhlungen eine weisse, schwammige Substanz, wie man dies sehr häufig bei Trachyten und Rhyolithen findet, wenn sie von Solfatarenthätigkeit zersetzt sind. Ich sah mehrere Stücke des ersteren Gesteins, welche noch die ansitzende Zinnsteinrinde zeigen. Herr ASHBURRER hatte sie von den Wänden der Spalten abgebrochen. Diese Rinde hat die eigenthümlich nierförmige glatte Oberfläche der Glaskopfschalen. Sie besteht aus concentrischen, radial-faserigen Lagen. Hat man sie gesehen, so erkennt man in ihr den unzweifelhaften Ursprung des Waschzinns. Da nicht eine, sondern viele in der beschriebenen Art ausgekleidete und erfüllte Spalten beobachtet wurden und der Trachyt in der Nachbarschaft derselben stets besonders stark zersetzt ist, so ist die recente Entstehung dieses Zinnerzes als eine feststehende Thatsache anzunehmen, und es dürfte kaum zu gewagt sein, seinen Ursprung in Solfatarenthätigkeit zu suchen.

talle, wie in Beziehung auf die Tiefe, in der ihre Erze gebildet wurden, aufgestellten Theorien in ihrer Verallgemeinerung unhaltbar sind. Wie jeder Erzgang ein Individuum ist, verschieden von jedem anderen in seiner Structur, und wie das Maass der verschiedenen Vorgänge, welche bei der Gangbildung thätig waren, wohl kaum bei der Bildung von zwei Gängen vollständig gleich gewesen ist, sondern bei einem dieser, bei dem anderen jener Vorgang etwas mehr oder weniger vorgeherrscht hat, so ist auch jedes Erzgebiet durch seine Besonderheiten betreffs der Reihenfolge der die Gangbildung bedingenden Gesteinsausbrüche und metamorphischen Vorgänge, sowie betreffs der Reihenfolge, in der die verschiedenen Metalle in den zu verschiedenen Zeiten gebildeten Erzen vorwalteten, und durch andere Eigenthümlichkeiten ausgezeichnet. Denn wenn auch die Ausbrüche der Eruptivgesteine selbst die Folge von grossen planetarischen Vorgängen sind und eine eigenthümliche Gesetzmässigkeit in Beziehung auf zeitliche und räumliche Vertheilung in allen Theilen der Erde bieten, so treten doch bei der Bildung der Erzgänge so zahlreiche, uns fast ganz unbekannte Bedingungen hinzu, dass bei ihnen jene in grossen Zügen waltende Gesetzmässigkeit sich nur noch in schwacher Andeutung, wenn überhaupt, zu erkennen geben dürfte.

Schliesslich noch einige Worte über die Goldimprägnationen, in Betreff deren dieselben Theorien gegolten haben, wie hinsichtlich der Goldgänge. Insofern Imprägnationen in Begleitung der meisten Goldgänge auftreten, wobei das Gestein zu den Seiten der letzteren auf grössere oder geringere Entfernung goldhaltig ist, widerlegen sich die Theorien selbstverständlich zugleich mit den auf das Alter der Gänge selbst bezüglichen. Doch giebt es noch andere Formen der Goldimprägnation, die von Gängen unabhängig sind. Ich erwähne hier einige in Californien beobachtete.

In der Nähe der Eisenbahnstation Cisco auf der Sierra Nevada ist der Granit von kleinen parallelen Klüften durchsetzt. Er hat an deren Wänden ein deutlich schieferiges Gefüge, das mit der Entfernung von den Klüften schnell, aber stetig abnimmt und in das granitische Gefüge übergeht. Diese

schiefrigen Theile sind von nickel-, arsenik- und goldhaltigen Kiesen imprägnirt, die sich ebenso allmählig in der granitischen Textur verlieren. Gangbildung findet hier nicht statt. Eine andere Form der Goldimprägnation findet sich an den westlichen Fusshügeln der Sierra Nevada, wo steil aufgerichtete Schiefer entlang gewisser Linien stellenweise, dann aber gewöhnlich in grösserer Mächtigkeit, die zuweilen mehrere hundert Fuss erreicht, von Kupferkies, Eisenkies und Gold durchdrungen sind. Einige dieser Lagerstätten werden auf Gold abgebaut. Diese Imprägnationen erwecken den Gedanken an eine der Periode des Metamorphismus und daher der Bildung der Goldgänge ungefähr gleichzeitig gewesene Solfatarenthätigkeit.

Als eine dritte Art von Imprägnationen sind schliesslich diejenigen Fälle zu betrachten, wo mächtige, in beliebiger Lagerung befindliche Schichtensysteme von feinem oder grobem Gold durchdrungen sind. Dahin gehören in Californien vielleicht einzelne Schichtencomplexe metamorphischer Schiefer. Doch ist bei ihnen die Verbreitung der immer nur geringen Goldführung in keinem Fall für eine grössere Erstreckung oder einen grösseren Schichtencomplex sicher nachgewiesen. Ein Beispiel einer bedeutenden allgemeinen Goldvertheilung bieten in Californien die Sedimente der alten Flussläufe, welche in einer Mächtigkeit bis 200 Fuss, einer Breite von 2- bis 3000 Fuss und einer Längenerstreckung von Hunderten von (englischen) Meilen Gold in grösserer oder geringerer Menge und von feinerem oder gröberem Korn eingesprengt enthalten. Es ist ein nothwendiger Schluss, dass auch die Sedimente des breiten Sacramento-Thals, in welchem die Flüsse der Sierra Nevada ihre feinen Sedimente seit Urzeiten abgesetzt haben, goldhaltig sind. Ein anderes interessantes Beispiel ähnlicher Art, das zugleich den grossen Maassstab lehrt, in welchem goldhaltige Ablagerungen gebildet werden können, ist an der californischen Küste gegeben, wo in den Grafschaften Humboldt und Klamath, zwischen dem 40ten und 42ten Grad nördl. Br., der Küstensand stellenweise, und dann meist auf grosse Erstreckung, gold- und platinhaltig ist, hinreichend, um zu einer Ausbeutung der Lagerstätten unter sehr schwierigen Verhältnissen Veranlassung zu geben. Hier werden also ausgedehnte marine Ablagerungen gegenwärtig gebildet, die einst durchaus

eine wahrscheinlich ziemlich gleichmässige Vertheilung von feinem Gold zeigen werden. Wenn sie später einmal in grössere Tiefe gelangen und metamorphosirt werden sollten, so werden sie den zuweilen beschriebenen goldhaltigen Schichtencöplexen der krystallinischen Schiefer gleichen. Man muss wohl annehmen, dass Ablagerungen ähnlicher Art in verschiedenen Perioden dort gebildet worden sind, wo goldhaltige Gangmittel einen Antheil an dem Material bildeten, das die Denudation den Gewässern zur Fortführung und zum Wiederabsatz lieferte. Haben wir aber den Beweis, dass die Bildung der Goldgänge in verschiedenen Zeiten und in verschiedenen Gesteinen stattgefunden hat, so ist es beinahe eine nothwendige Folgerung, dass in den Gegenden, welche durch Goldgänge verschiedenen Alters ausgezeichnet sind, auch die Sedimente verschiedener Altersstufen streckenweise einen Goldgehalt oder eine sogenannte Goldimprägation zeigen werden.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1868-1869

Band/Volume: [21](#)

Autor(en)/Author(s): Richthofen Ferdinand Freiherr von

Artikel/Article: [Ueber das Alter der goldführenden Gänge und der von ihnen durchsetzten Gesteine. 723-740](#)