

Das Gutachten Ferdinand von Richthofens über den Comstockgang und seine Bedeutung für die Gegenwart.

Von Bergrat B. Knochenhauer VDI.

Mit 4 Abbildungen im Text.

1. Einleitung.

Die Entwicklung des deutschen Bergbaues zeigt, wie sich besonders im Laufe der letzten Jahrzehnte der Schwerpunkt immer mehr vom Erzbergbau zur Kohle und zum Kali verlagert hat. Einst wanderte der deutsche Erz-Bergmann in die fernsten Länder und wurde als Lehrmeister geschätzt und gesucht. Heute hat der Erzbergbau in Deutschland nur noch verhältnismäßig geringe Bedeutung. Noch zu Anfang der achtziger Jahre vorigen Jahrhunderts belief sich die ganze deutsche Bergwerksproduktion auf wenig über 70 Mill. t im Jahre, wovon etwa 1,4 Mill. t oder rund 2% auf Blei-Silber-, Zink- und Kupfererze entfielen. Kaum ein Menschenalter später hatte sich die gesamte Fördermenge vervierfacht, während die der genannten Erze stehen geblieben war, so daß ihr mengenmäßiger Anteil nur noch 0,6% betrug. Dieses Verhältnis hat sich seitdem nicht wesentlich geändert. Wohl aber hat der Verlust insbesondere von Oberschlesien mit seinen reichen Zink- und Bleierzlagern auf der ganzen Linie einen empfindlichen Produktionsrückgang gebracht, der durch die Betriebseinstellung verschiedener anderer Bergwerke infolge gesunkener Metallpreise noch verstärkt worden ist.

Angesichts dieser Schwerpunktverlagerung unserer bergbaulichen Interessen ist es begreiflich, daß sich die Neigungen, namentlich des jüngeren bergmännischen Nachwuchses mehr und mehr den auf Massenförderung eingerichteten Betrieben zuwandten. Gegenwärtig jedoch, wo uns der Vierjahresplan die Pflicht auferlegt, uns mehr denn je mit den Fragen der Erforschung unserer Erzlagerstätten zu beschäftigen, mag es sich dabei um die Aufsuchung neuer oder um die Untersuchung alter, vor Jahren verlassener Werke handeln, muß uns die Arbeit eines unserer bedeutendsten Geologen von um so größerem Werte sein, als es sich dabei um eine Lagerstätte handelt, die, wie keine andere auf der Erde, so gründlich durchforscht worden ist, wie die des einst so berühmten Comstockganges in Nevada, die Eduard Sueß seinerzeit die größte Anhäufung von Edelmetall genannt hat, auf die jemals der Mensch seine Hand gelegt hat. Und kein geringerer ist es gewesen, als Freiherr Ferdinand von Richthofen, der hierüber die ersten fachwissenschaftlichen Untersuchungen angestellt hat. Auf Richthofen bauen die späteren Forschungen der amerikanischen Geologen auf, wie George F. Becker, Clarence King, I. A. Church u. a.

Leider ist Richthofens Bericht nicht in deutscher Sprache vorhanden. Er ist überhaupt niemals im eigentlichen Sinne veröffentlicht worden. Die Sutro-Tunnel-Co. hat ihn drucken lassen und nur vereinzelte Exemplare davon befinden sich in privaten Händen.

Als später die Geological Survey in Washington unter Leitung des genannten Clarence King größere Monographien über die Entwicklung des Bergbaues in den Weststaaten herausgab, erschienen im Jahre 1882 auch die beiden Standardwerke von G. F. Becker: „Geology of the Comstockklode“, und von Eliot Lord: „Comstock Mining and Miners“. Das erstgenannte enthält einen Auszug aus Richthofens Gutachten, der in vielem eine wortgetreue Wiedergabe des Originalberichtes ist, der aber andererseits manches ganz wegläßt, was uns heute wissenswert erscheint. Man erkennt aus der Wiedergabe Beckers nicht, wer der Auftraggeber für das Gutachten gewesen ist. Es enthält weder den Anfang noch den Schluß des Berichtes. Insbesondere sind alle die Ausführungen weggelassen, mit denen Richthofen die Zweckmäßigkeit eines tiefen Stollens sehr eindringlich begründet. Die Monographie von Lord erwähnt den Namen Richthofens überhaupt nicht. Nur aus allen drei Arbeiten zusammen, dem Originalberichte und den beiden Monographien, läßt sich das Fehlende ergänzen.

Richthofen überreichte seinen Bericht dem Board of Trustees der Sutro-Tunnel-Co. mit einem vom 22. November 1865 datierten Begleitschreiben, aus dem unzweifelhaft hervorgeht, daß diese Gesellschaft der Auftraggeber war. Adolf Sutro, ein gebürtiger Deutscher, hatte schon 1860 auf die Notwendigkeit der Anlage eines Wasserlösungsstollens hingewiesen¹⁾. Aber erst im Februar 1865 war es ihm gelungen, genügend Interessenten dafür zu gewinnen, daß eine Gesellschaft gegründet werden konnte. Im April 1866 kam der erste Vertrag zustande, in dem sich fast alle größeren Bergwerksgesellschaften grundsätzlich zur Beteiligung an dem Unternehmen bereit erklärten²⁾. Da Richthofens Bericht damals schon vorgelegen hat, ist wohl der Schluß erlaubt, daß dieser den Ausschlag für das Zustandekommen des Vertrages gegeben hat. Trotzdem hat aber die Finanzierung noch sehr lange auf sich warten lassen, weil sich mächtige und einflußreiche

1) Lord op. cit., S. 216.

2) Lord op. cit., S. 233 ff.

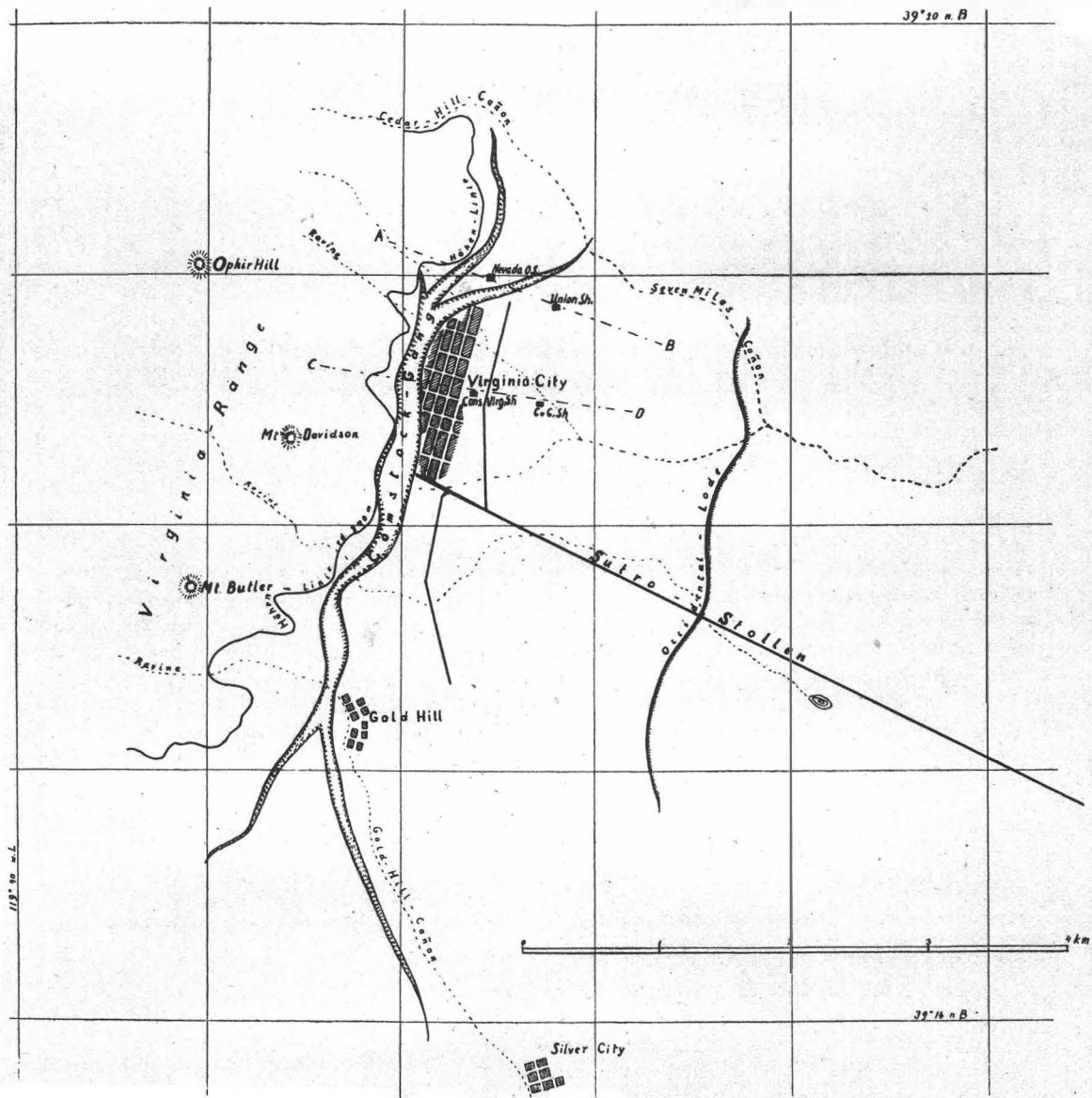


Abb. 1. Lageplan des Comstock-Ganges. Maßstab etwa 1:50000.

Gegner erhoben. Der mächtigste war die Bank von Kalifornien. Sie bot den Bergwerksgesellschaften billiges Geld zur Beschaffung von Pumpen an, worauf die meisten ihre Zusage wieder zurückzogen. Die Hoffnung und die Ungeduld, möglichst schnell zu hohen Gewinnen zu kommen, wenn man die reichen Bonanzas ungesäumt abbaute, war eine mächtigere Triebfeder für alle Entschlüsse, als weiter blickende Sorge für die Sicherung der Zukunft, wofür sich gerade Richthofen besonders nachdrücklich eingesetzt hatte. Sutro war zwar nicht der Mann, der sich durch Quertreibereien einschüchtern ließ, aber es vergingen doch viele Jahre, ehe die Finanzierung so weit gesichert war, daß man endlich mit den Arbeiten beginnen konnte. Erst im September 1871 kam ein Vertrag zustande, der beide Teile befriedigte, und das auch erst, nachdem der Bergbau die

übelsten Erfahrungen mit Wasserdurchbrüchen gemacht hatte. Das auffallendste aber dabei war, daß die Finanzierung erst mit europäischem Kapital gelungen war. Dieser Umstand kennzeichnet zur Genüge die Schwierigkeiten, mit denen Sutro zu kämpfen hatte. Vollendet ist der Stollen erst 1878, viel zu spät, um noch von allgemeinem Nutzen zu sein. Denn die meisten Gruben waren inzwischen schon unter die Stollensohle gekommen und hatten längst Einrichtungen getroffen, die bei früherer Vollendung unnötig gewesen wären. Eliot Lord schildert dieses Hin- und Herwogen des Kampfes sehr ausführlich und entrollt dabei ein recht häßliches Bild. So wenig uns diese Schilderungen an sich interessieren, so machen sie es doch erst verständlich, daß Richthofen davon nicht nur auf das bitterste enttäuscht, sondern auch in höchstem Grade angewidert

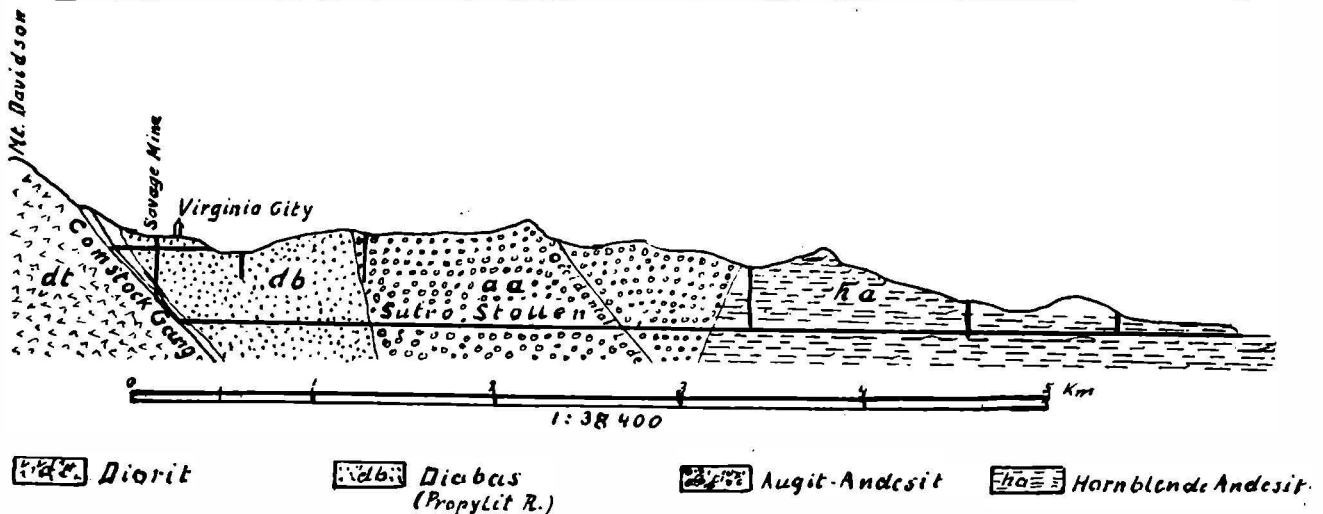


Abb. 2 Profil im Zuge des Suro-Stollens.

werden mußte. Und darin liegt wahrscheinlich auch der Grund, weshalb er sich trotz des Zuredens des ihm befreundeten Professors Whitney nicht entschließen konnte, länger in Amerika zu bleiben, und warum er auch in keiner seiner späteren Schriften jemals darauf zurückgekommen ist. Es ist das um so bedauerlicher, als das Gutachten trotz seines hohen Alters und ungeachtet der großen Fortschritte der geologischen Wissenschaften auch heute noch als eine sehr wertvolle Arbeit angesehen werden muß. Denn die darin niedergelegten Ansichten und Erklärungen über die Entstehung der Lagerstätte sind auch heute noch nicht überholt. Sie haben sich im Gegenteil sogar behauptet gegenüber den vielen andern Erklärungsversuchen, die in der Zwischenzeit über die Genesis der Erzlagerstätten aufgestellt und zu Unrecht verallgemeinert worden sind. Geändert haben sich nur die Ansichten über den petrographischen Charakter mancher Comstockgesteine. Die Übertragung des Gutachtens ins Deutsche dürfte daher um so willkommener sein, als auch sonst über Richthofens Tätigkeit in Amerika, wo er sich von 1862 bis 1868 aufgehalten hat, weder in der deutschen Literatur, noch im Nachlaß Richthofens etwas zu finden ist. Der vorliegenden Bearbeitung hat der Originalbericht zugrunde gelegen. Weggelassen sind nur manche nicht mehr interessierende Einzelheiten über die Verhältnisse auf den verschiedenen Gruben. Außerdem sind viele Stellen gekürzt. So die Schilderungen der landschaftlichen und der allgemeinen geologischen Verhältnisse und endlich die etwas breiten und sich öfter wiederholenden Begründungen für die Notwendigkeit zum Bau des Stollens, zumal diese Ausführungen nicht mehr ganz der heutigen bergmännischen Technik entsprechen. Dagegen ist die Einteilung der ganzen Abhandlung, die bei Becker mehrfach Umstellungen und Änderungen der Überschriften erfahren hat, grundsätzlich beibehalten worden. Alles, was sonst

noch zum Verständnis zweckmäßig erscheint, sei im folgenden kurz gesagt.

Der Comstockgang liegt am Ostabhange der hier bis 4000 m hohen Sierra Nevada, die das schmale und üppige pazifische Küstenland Kalifornien von dem großen abflußlosen Gebiete trennt, das sich nach Osten bis zu den Rocky Mountains ausdehnt, und zwar inmitten einer trostlosen Einöde. Der Washoe-Distrikt insbesondere, zu dem der Comstockgang gehört, ist ein Hochland von rund 2000 m Meereshöhe. In einzelnen, tief eingeschnittenen Tälern und Erosionsschluchten senkt es sich auf 1500 m, während andererseits eine parallel der Sierra verlaufende Bergkette, die Virginia- oder Mount-Davidson-Range, sich um mehrere hundert Meter darüber erhebt. Ihr höchster Berg ist der Mount Davidson mit 2400 m. Die Bergstadt Virginia-City und das Ausgehende des Ganges bleiben in der mittleren Höhe von 2000 m. Die näheren Verhältnisse mögen die beistehenden Skizzen (Abb. 1—4) erläutern, die nach dem Atlas von George F. Becker in verkleinertem Maßstab angefertigt sind.

Die Entdeckung des Comstockganges fällt in die Zeit der Blüte der reichen Goldfelder Kaliforniens. Obwohl die vielen Auswanderer dorthin alle die Einöde von Washoe durchqueren mußten, sind doch mehr als zehn Jahre vergangen, ehe man den Gang fand. Erst ein Zufallsfund, den wandernde Mormonen machten, erregte die Aufmerksamkeit weiterer Kreise. Es ist hier nicht der Ort, eine Schilderung der an Wechselfällen und wild-westlicher Romantik so reichen Entwicklungsgeschichte dieses Bergbaues zu geben³⁾. Die große Ausdehnung der Lagerstätte, die in mehreren mitunter mehr als 100 m voneinander entfernten Trümmern zu Tage ausgeht, was natürlich erst später richtig erkannt wurde, führte zu ihrer Erschließung an

3) Näheres Knochenhauer: „Die Lebensgeschichte des Silbers“. Kohle u. Erz 1937, Nr. 10.

mehreren Stellen zu gleicher Zeit, so daß viele größere und kleinere Gesellschaften entstanden, die sich keineswegs zu friedlicher Zusammenarbeit einigten, sondern jede für sich möglichst schnell zur Tiefe drangen. Zu Richthofens Zeit war die größte auf dem Comstock erreichte Tiefe wenig über 200 m, während der Sutro-Stollen mehr als 500 m einbringen sollte. Die Ansichten, ob der Gang überhaupt bis zu dieser Tiefe oder noch tiefer setzen würde, waren sehr geteilt. Richthofen hat diese Kernfrage bejaht, allerdings mit der Einschränkung, daß das Auftreten besonders reicher Bonanzas mit zunehmender Tiefe immer seltener werden würde. Als man Ende der 1880er Jahre 900 m bereits überschritten hatte, waren noch immer bauwürdige Erze in genügender Menge da. Daß man dennoch die meisten Betriebe einstellte, war die notgedrungene Folge des unerwarteten Aufsteigens heißer Quellen, die zu Richthofens Zeiten noch nicht bekannt waren. Richthofen konnte ungewöhnlich hohe Temperaturen überhaupt nicht feststellen. Erst sehr viel später brachen Thermalquellen mit so großer Heftigkeit ein, daß sich die Bergleute oft nur mit knapper Not retten konnten. Das große Zutrauen zu Richthofens Urteil ließ lange Zeit alle Schwierigkeiten überwinden, und in der Tat hat auch der Reichtum des Ganges viele Jahre hindurch die größten Anstrengungen gerechtfertigt. Erst als 1880 eine heiße Quelle von 70°C durchbrach, setzte dies jedem weiteren Vordringen in die Tiefe ein Ende, und man mußte sich nun mit der Gewinnung der bis dahin wenig beachteten ärmeren Erze begnügen.

Man hat später die Natur dieser Quellen eingehend untersucht. Besonders ist es wieder Becker gewesen, der durch zahlreiche Vergleichsmessungen in verschiedenen Tiefen und seitlichen Entfernungen vom Gange festgestellt hat, daß ihre Wärme im Gange selbst am größten ist und stets abnimmt, je mehr man sich von ihm entfernt. Damit ist er also, wie Pošepný⁴⁾ besonders hervorhebt, zu demselben Ergebnis gekommen, das Richthofen mit dem einen Worte „Solfataren-Wirkung“ bezeichnet hatte. Andererseits darf in diesem Zusammenhange nicht verschwiegen werden, daß gerade Becker, wie die meisten seiner zeitgenössischen Geologen, unverkennbare Neigungen zu der von F. Sandberger aufgestellten Lateral-Sekretionstheorie hatte. Hier am Comstock war noch besonders auffallend der Umstand, daß das Nebengestein des Ganges im Hangenden mit fein verteilten Schwefelkiesen durchsetzt war, die stellenweise hohen Gehalt an Gold und Silber hatten. Vergleichende Untersuchungen sollen sogar ergeben haben, daß zersetzter Diabas nur ungefähr halb so viel Silber enthalten habe, als frisches unzersetzes Gestein. Das ist seinerzeit sehr zu-

gunsten der Lateralsekretion verwertet worden, indem man annahm, daß aus dem zersetzten Gestein schon die Hälfte des Metallgehaltes an die Gangfüllung abgegeben sei. Demgegenüber hat aber schon Pošepný darauf hingewiesen, daß einmal die Sandbergersche Theorie damals gewissermaßen Modesache gewesen sei, und daß die erwähnten Beobachtungen nur dann zugunsten dieser Theorie sprechen könnten, wenn nachgewiesen werden würde, daß der Metallgehalt des Nebengesteines primär sei. Da dies nicht zuträfe, könne auch der Comstockgang keine Stütze für die Lateralsekretion abgeben. Im übrigen sprechen alle Umstände so deutlich für den Ursprung der Erze aus der Tiefe, daß, wenn überhaupt eine seitliche Infiltration stattgefunden haben sollte, dieser nur eine sekundäre Bedeutung zukommen kann. Nach dem heutigen Stande der Wissenschaft kann überhaupt kein Zweifel mehr darüber bestehen, daß die Urheimat aller Erze in den tiefen Teilen des Erdinneren zu suchen ist. Eine Erkenntnis, der Ferdinand von Richthofen seinerzeit schon um mehr als 50 Jahre vorausgeeilt ist.

2. Der Comstockgang und die Frage seines Aushaltens in der Tiefe.

Allgemeine Geologie des Landes. Das Washoe-Gebirge, in dem der Comstockgang liegt, bildet den Übergang von der Sierra Nevada zu den Gebirgszügen der großen Senke. Mit beiden hat es die vielen tertiären und posttertiären Eruptivgesteine gemein, die an seinem Aufbau teilnehmen. Der Mount Davidson, das Wahrzeichen der Gegend, besteht aus Diorit⁵⁾. Im N und S stoßen daran metamorphische Gesteine, deren jüngstes triassisch ist. Teilweise die metamorphischen Schichten überlagernd, tritt Quarzporphyr auf. Diese beiden bilden die ältere Reihe. Von den tertiären Gesteinen haben nur zwei nahe Beziehungen zum Comstockgang. Sie sind eruptiv und gehören der letzten der tertiären und posttertiären Ausbruchperioden an. Der ältere von ihnen ist der Propylit. Er herrscht unter den Nebengesteinen des Ganges vor und schließt überhaupt mehrere, vielleicht die meisten der mächtigsten und ergiebigsten Silbergänge der Welt ein, wie in den Karpathen, in Mexiko und wahrscheinlich auch in Bolivien. Der Boden von Virginia-City, von Gold-Hill- und von American-City ist Propylit.

Von den anderen Eruptivgesteinen, die dem Ausbrüche des Propylites gefolgt sind, hat nur der Trachyt Beziehungen zum Gange, insofern, als er wahrscheinlich seine Entstehung verursacht hat und außerdem großen Anteil am Aufbau des Landes nimmt. Die Art seines Vorkommens zeigt, daß er durch lange Spalten

5) Richthofen hielt das Gestein für Syenit. Erst Zirkel hat später durch mikroskopische Untersuchungen festgestellt, daß der Feldspat darin ausschließlich Plagioklas und das Gestein daher Diorit ist.

4) Pošepný, Genesis der Erzlagerstätten, Wien 1895.

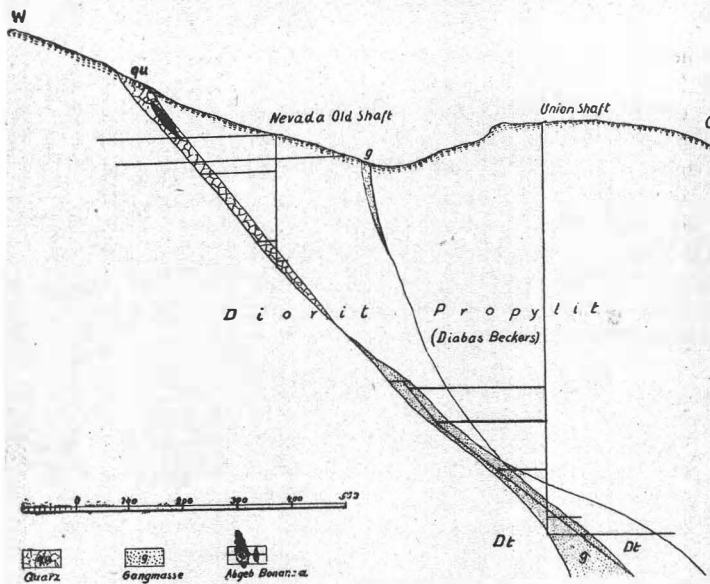


Abb. 3. Profil nach C-D des Lageplanes.

in zähem oder flüssigem Zustande aufgestiegen ist, und zwar bei hoher Temperatur. Stellenweise sind seine Eruptionen unter Wasser erfolgt, wie bei Dayton, wo das ganze Tafelland rund herum aus geschichtetem Trachyttuff besteht. Der feste Trachyt hebt sich daraus in schroffen Horsten hervor, die sich als eine in die Augen fallende Bergkette im Halbkreis um den Washoe-See ziehen. Niemals findet man im Trachyt selbst silberführende Gänge.

Nach dieser Ausbruchzeit treten im benachbarten Teile der Großen Senke noch umfangreiche Basaltdurchbrüche auf, haben aber für Washoe nur geringe Bedeutung. Vulkanische und eruptive Tätigkeit stirbt allmählich aus. Ihre letzten Stadien sehen wir jetzt nur noch in Thermalquellen. Langsam und allmählich wurde die Oberfläche abgetragen und die Erscheinungen der vulkanischen Periode sind so

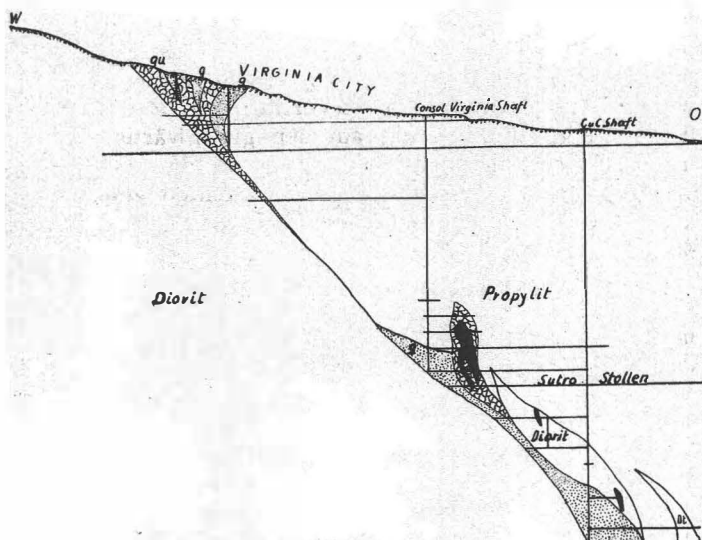


Abb. 4. Profil nach A-B des Lageplanes.

deutlich erkennbar mit der Natur der Gesteine verknüpft, daß sie uns bei der Erforschung des Comstockganges unterstützen.

Allgemeine Struktur des Ganges. Der Comstockgang streicht von N nach S mit 15° östlicher Abweichung, und zwar längs des Abhanges des Mount Davidson. Dabei zeigt sein Verlauf eine gewisse Abhängigkeit vom Verlaufe des Gehanges, indem es an allen seinen Unregelmäßigkeiten teilnimmt, seine Schluchten in konkaven Ausbuchtungen überschreitet und den Fuß der einzelnen Hügel in konvexen Kurven umgeht. Die größte konvexe Ausbuchtung ist die um den breiten ununterbrochenen Fuß des Mount Davidson selbst. Diese Unregelmäßigkeiten sind von Bedeutung, da sie die Erzführung des Ganges beeinflussen. Der Gang ist auf eine Länge von 5800 m erschlossen, dehnt sich aber wahrscheinlich auf mehr als 7000 m aus.

Einige Gruben bauen in mehr als 150 m Tiefe, während einzelne Schächte über 200 m tief sind. Insgesamt geben die bisher ausgeführten Arbeiten ein hinreichend klares Bild über das Wesen des Ganges in seinen oberen Zonen und erlauben wohlbegründete Schlüsse auf sein Verhalten in größerer Tiefe.

In 150 bis 180 m Tiefe füllt der Gang eine Spalte von 30 bis 40 m aus, verdrückt sich aber stellenweise so, daß beide Salbänder sich fast berühren. Sein Einfallen bewegt sich zwischen 40° und 60° nach O. Oberhalb der ungefähren Tiefe von 150 m behält das liegende Salband dieses Einfallen. Das Hangende richtet sich bald steil auf, überkippt sich sogar bis zu einem westlichen Einfallen von 45° (Abb. 3 u. 4). Der Gang erweitert sich also zur Oberfläche in Form eines Trichters. Seine Inhaltszunahme beruht aber wesentlich darauf, daß von beiden Salbändern her große Mengen Nebengesteins hereingebrochen sind, die über ihre ursprüngliche Lage hinaus nur wenig tiefer gerutscht sind. Größe und Zahl dieser Bruchstücke, hier „horses“ genannt, nehmen nach oben hin zu, wo einige von ihnen fast 300 m Länge erreichen bei einer Mächtigkeit von 15 bis 30 m.

Die Räume zwischen diesen einzelnen „horses“ sind von Gangmasse ausgefüllt, deren Menge im Verhältnis zu der Masse der „horses“ nach oben zu abnimmt. Die ganze Breite der Zone, in der die einzelnen Gangtrümmer zu Tage treten, beträgt im allgemeinen mehr als 150 m.

Die Nebengesteine, die den Comstockgang begleiten, ändern sich in ihrem Verlaufe. Im östlichen Teile bestehen sie durchweg aus Propylit, der in verschiedenen Varietäten auftritt, teils sehr feinkörnig, fast homogen, teils breccienartig mit scharfkantigen Bruchstücken. Im westlichen Teile tritt längs des Abhanges des Mount Davidson und des Mount Butler Diorit auf. Im Norden des Mount Davidson besteht sowohl das Hangende, als auch das Liegende aus Propylit.

Das Ausgehende des Comstockganges zeigt sich in zerstreuten Reihen von Quarzblöcken, die aus der Umgebung hervorragen und insgesamt einen stellenweise 180 m breiten, oft unterbrochenen Zug bilden. Die westlichen Teile enthalten hauptsächlich kristallisierten Quarz von glasigem Aussehen und meist weißer oder heller Farbe. Eingebettet in ihm sind oft kantige Bruchstücke des Nebengesteins, die dann oft Kristallisationszentren bilden. In den östlichen Ausbissen kommen oft Teile des Nebengesteins zusammen mit tonigen und erzhaltigen Massen vor, die fein im Quarz verteilt sind und sich deutlich von denen der westlichen Ausbisse unterscheiden. Poröse Beschaffenheit des Quarzes, herrührend von der Auswitterung feiner Erzpartikelchen und dann durch Metalloxyde braun oder rot gefärbt, deutet auf Erzführung in größerer Tiefe. Das Auftreten von gediegenem Gold und Silber in kleinen Poren und größeren Höhlungen läßt auf das Vorkommen von Erzen dieser Metalle schließen. Auch die Chloride und die einfachen Sulfide von Silber kommen in den östlichen Ausbissen vor. Alle diese Erscheinungen halten bis zu verschiedenen Tiefen an.

Die Gangmasse besteht, abgesehen von den vielen Bruchstücken des Nebengesteins, die nahe der Oberfläche etwa fünf Sechstel der ganzen Masse ausmachen, hauptsächlich aus Ton, tonigen Massen, Quarz und Erzen. Diese Bruchstücke oder „horses“ erreichen in ihrer streichenden Länge oft mehr als 300 m. Wo sie ganz oder vorwiegend aus Propylit bestehen, keilen sie sich seitlich und nach unten aus. Die aus Diorit ändern sich jäher und ihre Maße sind unter sich gleichmäßiger, wenn auch in der Streichrichtung des Ganges am größten. Der Quarz ist oft dicht von solchen scharfkantigen Stücken erfüllt. Wo der Propylit auf beiden Seiten des Ganges auftritt und die Bruchstücke mithin auch aus Propylit bestehen, hat der Quarz ein breccienartiges Aussehen.

Ton und tonige Massen. Wenig große Gänge sind so reich an solchen Massen wie der Comstockgang. In ununterbrochenen Bänken von 3 bis 6 m Dicke ziehen sich Tonbänke längs der östlichen und der westlichen Säume hin und erreichen sogar 15 bis 20 m Dicke, wo die beiden Salbänder sich nähern. Andere Tonbänke trennen die „horses“ vom Quarz oder durchsetzen sie. Außerdem treten Tonmassen in großer Ausdehnung im Gangkörper selber auf und nehmen stellenweise erheblichen Anteil an der Ausfüllung der Spalte. Die meisten „horses“ gehen an ihren unteren Teilen in tonige Massen über und setzen sich sowohl nach der Tiefe als auch streichend als Tonschichten fort. Außerhalb des Ganges finden sich Tonmassen in großer Ausdehnung im östlichen Gelände, aber selten, wenn überhaupt, im Westen.

Quarz. Die oben erwähnten Verschiedenheiten des Quarzes in den Ausbissen halten mit der Tiefe an, nur sind sie dort wegen ihrer allgemein weißen Färbung nicht so deutlich ausgeprägt. Aber auch dort sind die fein verteilten Partikel des Nebengesteins häufiger im östlichen als im westlichen Gangteile und immer da am häufigsten, wo der Quarz erzführend ist. Selten ist der Quarz fest, so daß Sprengarbeit zur Hereingewinnung nur selten erforderlich ist. Im allgemeinen ist er zermürbt und sieht wie gestoßener Zucker aus.

Erze. Die hauptsächlichsten Erze sind Stephanit, Sprödglasserz, gediegenes Silber und sehr silberreicher Bleiglanz. In kleineren Mengen kommen vor: Rotgiltig, Hornsilber und Polybasit. Außerdem werden gediegenes Gold, Schwefelkies, Kupferkies, Zinkblende, Weißblei und Buntbleierz gefunden. Die beiden letzteren sehr selten.

An anderen Mineralien ist der Comstockgang auffallend arm. Die Erze sind selten kristallisiert und Schaustücke, die in andern Bergwerken als gemein gelten, werden in Virginia als Seltenheiten bewundert. Auch von den begleitenden Mineralien gilt dasselbe. Quarz ist die einzige Gangart. Kalkspat und andere Karbonate sind selten. Von den Sulfaten kommt nur Gips als Teilnehmer an der Gangmasse in Frage. Schwerspat ist nicht beobachtet worden.

Die Verteilung der Erze ist in den nördlichen Gangteilen anders als in den südlichen. Im nördlichen sind sie in langgestreckten linsenförmigen Massen von 5 bis 16 m Mächtigkeit angereichert, deren größte Achsen nahezu senkrecht stehen. Sie werden örtlich „chimneys“ — Kamine — genannt. In den südlichen bilden sie plattenförmige Schichten von großer Längsausdehnung, aber geringerer Mächtigkeit. Beide Arten von Erzkörpern finden sich nur im östlichen und zuweilen auch im mittleren Gangteile, niemals aber im westlichen. Die reichsten und größten Erzkörper sind da gefunden worden, wo das Ausgehende stark hervortrat. Im nördlichen Teile ist der Gang auf den gegenwärtig im Betriebe stehenden Sohlen überall da unvergleichlich arm, wo er von Talschluchten gekreuzt wird. In den südlichen Teilen aber hält das Erz an diesen Kreuzungsstellen aus. Die reichsten Stellen sind südlich jeder Kreuzungsstelle. Alle Kamine des nördlichen Teiles befinden sich da, wo die Salbänder sich nach ihrer größten Annäherung schnell wieder voneinander entfernen und der Gang sich wieder auftut. Alle hauptsächlichsten Erzanhäufungen sind da, wo die Gangspalte der Ablagerung von Quarz den größten Raum gegeben hat, und sie sind andererseits mit wenigen Ausnahmen da selten, wo ungewöhnliche Mengen von „horses“ den Gang beeinträchtigen.

Die Erträge haben im allgemeinen mit dem Fortschreiten zur Tiefe abgenommen. In den ersten Betriebsjahren waren Erze mit 600 \$ je Tonne keine Seltenheit. Heute (d. h. 1865) dürfte der mittlere Gehalt 32 \$ nicht übersteigen. Aber die Gewinnungsmethoden haben sich vervollkommen, so daß auch geringwertigere Erze noch mit Vorteil gewonnen werden können. Der Anteil an Gold sank in den ersten Jahren dauernd, hat jedoch mit fortschreitender Tiefe wieder zugenommen.

Der Comstockgang ist ein echter Spaltengang.

Das Wesentliche der Natur echter Spaltengänge läßt sich im folgenden zusammenfassen: 1. Sie durchsetzen die verschiedenen Gesteine ohne Unterschied. 2. Sie setzen bis zu unbegrenzter Tiefe nieder. 3. Sie zeigen deutliche Merkmale dynamischer Tätigkeit. 4. Sie treten gewöhnlich im Zusammenhang mit dem Ausbruch von Eruptivgesteinen auf, und wo dies nicht an der Oberfläche erkennbar ist, machen Störungen des Schichtenverbandes und metamorphische Erscheinungen ihre unterirdische Anwesenheit wahrscheinlich. 5. Sie sind hauptsächlich von unten aus gefüllt, und zwar im wesentlichen durch chemische Vorgänge.

Alle diese vorstehend aufgeführten Merkmale treten beim Comstockgange ganz besonders deutlich hervor.

Auch durch negative Beweisführung ergibt sich die Richtigkeit dieser Ansicht, und zwar durch Vergleich mit dem Wesen anderer bekannter Arten von Gängen. Als solche kommen in Frage: 1. *Gash veins*, das sind Einschrumpfungsspalten, die durch Feuchtigkeitsverlust oder Temperaturrückgang entstanden sind. Sie bleiben auf ein und dieselbe Formation beschränkt und sind von oben oder von den Seiten her gefüllt. 2. *Segregated veins* — *Absonderungsgänge* —. Sie füllen keine vorher bestehenden Spalten aus. Ihr Metallgehalt ist entstanden durch allmähliche Verdrängung von Bestandteilen aus ihren umgebenden Formationen. Sie enthalten niemals Tonbesteuge und auch keine „horses“ und lassen auch keinerlei dynamische Tätigkeit erkennen. 3. *Kontaktgänge*. Man hat früher den Comstockgang für einen Kontaktgang gehalten. Nachdem aber nachgewiesen ist, daß sein nördlicher Teil ein zusammenhängendes Propylitmassiv durchsetzt, ist diese Annahme hinfällig geworden. Die Bildung der Spalte ist nur insoweit vom Kontakte von Propylit und Diorit abhängig, als der Widerstand dort geringer war, als der, den die festen Gesteinsmassen zu beiden Seiten boten. 4. *Intrusive Gänge* sind durchweg homogen und entstanden durch kräftiges Eindringen aufsteigender Flüssigkeiten in eine früher gebildete Spalte. Sie haben niemals Tonbesteuge.

Keine dieser Arten von Gängen können für den Comstockgang in Frage kommen, vielmehr spricht jedes positive und negative Beweismaterial dafür, daß der Comstockgang alle Eigentümlichkeiten eines echten Spaltenganges in erhöhterem Maße hat, als die meisten andern Mineralgänge. Es ist nicht immer leicht, den wirklichen Charakter eines Ganges zu bestimmen. Für den Comstockgang trifft dies aber nicht zu.

Die Entstehung des Comstockganges. Jeder Mineralgang ist ein Individuum für sich, eigenartig in seiner Natur und anders, als alle andern. Ein Vergleich aller größeren Silbergänge würde große Verschiedenheiten zeigen in bezug auf Nebengestein, Länge und Mächtigkeit, Gangart und Erzführung, Verteilung des Mengenverhältnisses der Metalle, Struktur der Gangmasse und ihre Beziehungen zum Nebengestein. Es kann füglich auch angenommen werden, daß auch Unterschiede in der Entstehungsart bestehen. Infiltration von oben, von den Seiten her, Thermaltätigkeit und andere Vorgänge sind, jede für sich, als alleinige Entstehungsursache aller erzführenden Gänge angeführt worden. Aber die gesamten Erfahrungen aus den verschiedenen Ländern zeigen, daß alle diese Vorgänge mehr oder minder gleichzeitig gewirkt haben und daß die Unterschiede durch das Vorherrschen des einen oder des andern veranlaßt worden sind und durch den Einfluß des Nebengesteins.

Der Comstockgang ist weder von oben noch von den Seiten ausgefüllt, da keines der umgebenden Gesteine solche ungeheuren Mengen Gangmasse und Erz hergeben konnte. Hätte dies dennoch geschehen können, so würde die Gangmasse eine gebänderte Struktur erhalten haben, was aber keineswegs der Fall ist. Der östliche Teil mag wegen seiner ausgedehnten Zersetzung die Annahme einer Lateral-Infiltration gerechtfertigt erscheinen lassen. Aber die Zersetzung ist durch aufsteigende Ströme bewirkt worden, die bestimmte Spuren hinterlassen haben und die kein Material im seitlichen Wege entfernt haben konnten.

Thermalquellen, die von vielen Autoritäten als das wirksamste Agens bei der Entstehung jedes echten Ganges angesehen werden, würden nicht die Entstehung des Comstockganges erklären. In solchen Fällen pflegt sich rings um die Spaltenöffnung Kieselsäure abzusetzen. Und wenn diese auch meist durch Denudation wieder entfernt ist, kann dies doch nicht beim Comstockgang angenommen werden, da seit seiner Bildung die Oberfläche nur geringfügige Änderungen erfahren hat. Außerdem kann die Umgestaltung der Gegend im Osten im Umkreise von mehr als 6 km nicht durch Thermaltätigkeit erklärt werden.

Um die wirklich treibende Kraft zu entdecken, die so ungeheure Mengen aus einer tief liegenden Quelle in die Comstockspalte geführt haben,

müssen wir dem Ursprunge der Spalte nachspüren und dann beobachten, welche Vorgänge gegenwärtig der Bildung von Spalten ähnlichen Umfanges folgen.

Ursprung der Spalte. Die Comstockspalte muß notwendigerweise jünger sein als der Propylit. Der einzige Vorgang, der eine so gewaltige Wirkung erzeugen konnte, war die Eruption des Trachytes, der den Gang in 3 km Entfernung im Osten begleitet. Beständig zunehmende Spannung unter der festen Kruste der Oberflächengesteine mußte schließlich deren Zerreißen veranlassen und damit den Kräften Luft machen, die die Spannung erzeugen haben.

Ausfüllung der Spalte. Dem Aufreißen einer Spalte folgt bei tätigen Vulkanen ein heftiger Ausbruch von Dämpfen, die Solfatartätigkeit. Diese durchläuft mit der Zeit mehrere Stadien. Im ersten ist der Dampf von gasförmigen Fluor- und Chlorverbindungen begleitet, im zweiten von Schwefelgasen, während eine dritte gewöhnlich durch Ausströmen von Kohlensäure und Kohlenwasserstoffen folgt, wofür aber die Bezeichnung Solfatare nicht mehr paßt.

In den Elementen, die den Solfataren in den beiden ersten Perioden entströmen, namenlich in Fluor, Chlor und Schwefel, sehen wir alle die Bedingungen erfüllt, die bei der Ausfüllung der Comstockspalte in Betracht kommen. Wasserdampf, der mit den Dämpfen von Fluorsilizium aufstieg, bildete in den oberen Regionen durch Druck- und Temperaturabnahme gemäß bekannten chemischen Vorgängen, Kieselsäure und Kieselfluorwasserstoffsäure, erstere in fester Form, letztere als flüchtiges Gas, das mächtig zersetzend auf die ihm begegnenden Gesteine gewirkt hat. Das Chlorid des Siliziums bildete mit Wasserstoff Kieselsäure und Chlorwasserstoff. Fluor und Chlor sind die mächtigsten bekannten Verflüchtiger und gehen mit fast allen Substanzen Verbindungen ein. Außer Kieselsäure haben die Metalle eine große Verwandtschaft zu ihnen. Alle die, die im Comstockgang vorkommen, können in gasförmigem Zustande in Verbindung mit dem einen oder dem anderen davon aufgestiegen sein. Sie müssen dann in den oberen Teilen als Metalloxyde oder Chloride oder als freie Metalle niedergeschlagen sein. So ist die Spalte allmählich von oben nach unten mit all den Elementen ausgefüllt, die wir in chemischen Verbindungen darin abgesetzt finden.

Eine Spalte ist gewöhnlich nicht unveränderlich nach ihrem ersten Aufreißen, sondern spätere Vorgänge erweitern sie oder ziehen sie wieder zusammen. Neue Kanäle werden geöffnet, wenn die alten sich verstopft haben. Wenn solch einem Erweitern eines Hohlraumes innerhalb der Masse, die die alte Spalte ausfüllte, Ausströmungen reicher Metaldämpfe folgten, dann waren die Bedingungen zur Bildung größerer Erzkörper gegeben. Gleichzeitig mit der Spalten-

ausfüllung wirkten die aufsteigenden Dämpfe auf das Nebengestein, dessen Natur gänzlich geändert wurde. Risse wurden gebildet und mit ähnlichen Substanzen ausgefüllt, wie der des Ganges. Da der Gang nach Osten einfällt und die Wirkung der Kräfte sich gegen die Oberfläche richtete, wurde nur das Hangende auf diese Weise beeinflusst. Nebenspalten, die sich vom Hauptgange abzweigen, werden wahrscheinlich das Hangende durchdringen, und es ist vernünftigerweise zu erwarten, daß man mit fortschreitender Tiefe solche mit Gangmasse angefüllten Nebenspalten entdecken wird und wahrscheinlich erzführend.

Veränderung der Gangmasse. Umformende Tätigkeit hat schon sehr früh begonnen. Schweflige Säure und Schwefelwasserstoff erlangten bald das Übergewicht und leiteten die zweite Solfatarenperiode ein. Dabei wurde der Hauptvorgang bloße chemische Umformung. Die Kieselsäure scheidet sich aus ihren Fluor- und Chlorverbindungen aus als gallertartige Masse von einem ganz anderen Aussehen als der kristallinische Quarz des Ganges. Metalloxyde und Chloride wurden in die entsprechenden Sulfide umgewandelt und die Abwesenheit von Antimon gab zur Bildung von Schwefelantimonverbindungen Anlaß, deren wichtigste der Stephanit ist. Durch solche Vorgänge wurde die ganze Gangmasse allmählich in ihren heutigen Zustand umgewandelt.

Es ist bemerkenswert, daß es kaum ein einziges chemisches Agens gibt, ausgenommen Fluor und Chlor, das nichtmetallische Substanzen in genau odernahezu genau umgekehrtem Mengenverhältnis zu dem abgelagert, indem sie in Silbergängen vorkommen. Eisen und Mangan sind nicht nur reichlicher in Gesteinen, sondern werden auch leichter angegriffen und von Säuren weggeführt, als Silber und Gold. Das Verhältnis jener zu diesen müßte daher in Erzgängen kleiner sein, wenn ihre Entfernung aus ihrer ursprünglichen Ablagerung durch andere Agentien als durch Fluor und Chlor bewirkt worden wäre. Nur diese zwei werden sich zuerst mit den Metallen verbinden, die am seltensten in Gesteinen und am häufigsten in Silbergängen vorkommen. Und sie sind wahrscheinlich die einzigen Elemente, die sich ursprünglich in größeren Mengen abgelagert haben, trotz ihrer späteren starken Veränderung, wobei Wasser eine sehr wichtige Rolle gespielt hat.

Dynamische Tätigkeit im Gange. Der wiederholten Erweiterung und teilweisen Verengung, die die Spalte nach ihrem ersten Aufreißen erfahren hat, folgte die Lostrennung von Stücken des Hangenden. Kleine Stücke, die schon während der Bildung der Gangmasse in sie hineinfielen, verursachten ihre breccienartige Struktur, während größere niederglitten, bis sie Widerstand fanden. Andere dynamische Vorgänge, die noch anhalten, offenbaren sich in

der Bildung von Tonschichten an den Salbändern und im Gangkörper. Sie verraten eine gleitende Bewegung der Gangmasse auf den Salbändern und verschiedener Teile der Gangmasse gegeneinander. Wenige Gänge zeigen eine so ausgesprochene Plastizität der Gangmasse wie der Comstockgang.

Weitere Beweise früherer solfatarischer Tätigkeit findet man in der ganzen Umgegend. Der Hügelgürtel, der sich am Fuße des mehrfach erwähnten Trachytzuges ausdehnt, zeigt sie besonders deutlich. Er besteht aus Propylit, der jedoch kaum als solcher zu erkennen ist, weil er vollständig zersetzt und in ein toniges Gestein von roter und gelber Farbe verwandelt ist, worin noch deutlich die eingeschlossenen Kristalle von Feldspat und Hornblende zu erkennen sind. Zahlreiche Risse, von denen die Zersetzung ausgegangen ist, legen überall Zeugnis ab von dem senkrechten Aufsteigen der Ströme, die sie verursacht haben. Wer jemals Solfataren gesehen hat, wird überrascht sein von der Ähnlichkeit der chemischen Reaktionen auf das Nebengestein mit der, die sich hier östlich vom Comstockgange entfaltet hat.

Die Beständigkeit des Ganges in der Tiefe hat von je die Gemüter in Washoe beschäftigt und sie ist auch für die Zukunft von höchster Wichtigkeit, denn von ihr hängt es ab, ob und welche Mittel zur Sicherung der Zukunft ergriffen werden sollen.

Es war oben gezeigt, daß der Comstockgang ein echter Spaltengang ist, der durch solfatarische Tätigkeit als Folge des Trachyttausbruches entstanden ist. Da die wirkenden Kräfte von unten kamen, mußten sie freien Weg gefunden haben, um eine Verbindung der Vorgänge in der Tiefe mit den Ablagerungsstellen oben herzustellen. An der Fortsetzung des Ganges zur Tiefe ist somit nicht zu zweifeln.

Über die Art dieser Fortsetzung können unsere Schlußfolgerungen nur hypothetisch sein, so zahlreich und wohlbegründet auch die Tatsachen sein mögen, auf die sie sich stützen. Das Einfallen wird sich wahrscheinlich nicht viel ändern, denn nicht nur ist das Liegende bemerkenswert regelmäßig und deutet auf Beständigkeit hin, sondern auch die solfatarische Tätigkeit im Osten ist ein Zeugnis dafür, daß der Gang das Hangende in dieser Richtung auf weite Entfernung unterteuft. Über die mittlere Mächtigkeit kann keine bestimmte Mutmaßung ausgesprochen werden. Die Salbänder eines jeden echten Ganges sind unebene Flächen. Bei der niedergehenden Bewegung der einen gegen die andere begegnen hervorragende Stellen des einen Salbandes denen des andern, und ebenso können Ausbuchtungen gegenüber zu liegen kommen. Das ist der Grund, warum jede große Spalte wiederholte Ausdehnungen und Zusammenziehungen hat. Es ist zu er-

warten, daß der Comstockgang auch weiter bis zur ewigen Teufe dasselbe Bild zeigen wird wie bisher, wobei seine mittlere Mächtigkeit wahrscheinlich dieselbe bleiben wird, wie sie jetzt an den tiefsten Arbeitspunkten ist. Die Bildung großer „horses“ ist der Natur ihres Ursprunges gemäß mehr den oberen als den unteren Sohlen eigen, da das Niederbrechen des Hangenden da zu geschehen pflegt, wo der Gang am schwächsten ist. Da unter den Agentien Fluor und Chlor am stärksten auf das Nebengestein eingewirkt haben, wird die Menge der kleineren Bruchstücke höchstwahrscheinlich mit der Tiefe zunehmen und eine Vermehrung der Breccienbildung und der tauben Partien verursachen, die dann hauptsächlich über den Stellen liegen werden, wo der Gang sich verdrückt, wie das gegenwärtig beobachtet werden kann.

Das Nebengestein wird sich nicht wesentlich verändern. Der Aufbau des Landes zeigt, daß der südliche Teil der Mount-Davidson-Kette schon war, als der Ausbruch des Propylites das Bergmassiv im Osten bildete, und daß sein steiles Gehänge sich unter der Kette der runden Hügel fortsetzt. Wahrscheinlich folgt die Spalte der Grenzfläche der älteren Mount-Davidson-Gesteine und des jüngeren Propylitmassivs, denn diese bot ihr weniger Widerstand, als die zusammenhängenden festen Gesteinsmassen. Nur da, wo der alte Abhang von seiner direkten Linie abweicht und wo tertiäre Gesteine die Einsenkungen ausgefüllt haben, mag die Spalte sie durchsetzt haben. Aber die Schluchten im alten Gebirge, die schon früher ebenso waren wie jetzt und die unter den Propylit hinabtauchen, werden etwas Einfluß haben, da der Gang sie bekanntlich in konkaven Kurven umgeht. Vermutlich wird sich das sogar bis zu größerer Tiefe bemerkbar machen, wenn auch nicht immer ungünstig für die Erzführung. Wenn irgendein Wechsel im Nebengestein in der Tiefe eintreten sollte, wird wahrscheinlich der Propylit im Westen verschwinden und Diorit mehr und mehr vorherrschen.

Die Erzführung und Erzverteilung ist in keinem Zweige des Bergbaues so reich an Wechselfällen wie beim Silberbergbau. Die Geschichte der mexikanischen Gruben, wie sie Humboldt und Ward schildern, liefert lehrreiche Beispiele. Bergwerke, die verlassen waren, weil sie keinen Gewinn mehr abwarfen, nachdem sie früher ungeheure Erträge geliefert hatten, sind nach langem Stillstande neu eröffnet worden und brachten wieder Schätze zu Tage aus Tiefen, die man wohl schon früher erreichte, dann aber wieder verlassen hatte, und die nun zum dritten Male erfolgreich betrieben wurden. Die Gründe der Einstellung waren entweder Verarmung oder wachsende Kosten der Wasserhaltung oder Rechtsprozesse oder politischer Art. Der Erfolg der Wiederaufnahme des Betriebes lag in den beiden ersten Fällen

entweder in einer Besserung der Erze oder in einer Vervollkommung der Technik.

Die Valenciana-Mine auf der Veta Madre de Guanajuato kam im Jahre 1760 auf einem Gangteile in Betrieb, der schon im 16. Jahrhundert gearbeitet wurde, dann aber fast 200 Jahre lang als unbauwürdig wieder aufgegeben war. Im Jahre 1768 schlug man in etwa 80 m Tiefe eine Bonanza an, die jährlich 1,5 Mill. \$ lieferte. Noch von 1788 bis 1810 überstieg die jährliche Ausbeute 1380000 \$. Ein großer Schacht von mehr als 600 m Tiefe wurde niedergebracht, von dem aus die tiefen Sohlen erschlossen werden sollten. Aber die Erze hielten nur bis zu 400 m an und verarmten dann. 1810 versoff die Grube. 15 Jahre später hat die Anglo-Mexican-Co. unter Aufwendung erheblicher Mittel die Wasser gehoben, aber die Erze brachten keinen Gewinn. Die Grube gehört jetzt der United-Mexican-Co. und hat seit einer Reihe von Jahren recht gute Ausbeute geliefert durch Förderung großer Mengen minderwertiger Erze.

Die Veta Grande zu Zacatecas, die von 1548 bis 1832 etwa 666 Mill. \$ ergeben hatte, setzt wie der Comstockgang im Propylit auf und hat eine ähnliche Struktur, indem der mit etwa 45° einfallende Gang sich nach der Oberfläche zu zertrümmert. Seine Mächtigkeit ist etwas geringer als die des Comstockganges, im allgemeinen nicht über 12 m. Nur an einer Stelle erreicht sie mehr als 25 m. Er hat Tonbesteige und schließt große Brocken Nebengesteins ein. In den oberen Sohlen war das Erz in vertikalen Säulen (chimneys) angereichert und sehr hochhaltig, wurde aber in der Tiefe, wo es auf einen größeren Raum verteilt war, ärmer. Zeitweise lohnte es den Abbau nicht, aber gegenwärtig, d. h. 1865, hat die Ausbeute von Zacatecas eine stattliche Höhe erreicht.

In beiden Fällen sind die Erze mit der Tiefe wohl ärmer geworden, aber gleichmäßiger verteilt, und ihre ungeheure Menge hat doch gute Erträge ergeben. Dabei konnte eine Änderung ihrer Natur nicht festgestellt werden. Sie blieben reine Silbererze durch alle Sohlen.

Viele andere Gruben zeigen dieselben Verhältnisse, besonders in Zentral-Mexico. In den nördlichen Provinzen ist es anders. Die dortigen Silbergruben sind berühmt wegen ihrer Menge gediegenen Silbers und reicher Erze. Die Verarmung war die Folge eines allmählichen Vorherrschens von Blei gegen Silber.

Dasselbe trifft zu bei den Silbergruben der Karpathen, die alle im Propylit aufsetzen und dem Comstock in mancher Hinsicht ähneln. Der Gang der Großgrube in Felsöbanya ist nahezu ihr Gegenstück. Diese Grube soll, ebenso wie die von Schemnitz, früher ungeheure Erträge geliefert haben, obgleich der Betrieb höchst unvollkommen war. Ausgedehnte Erzsäulen haben bereits die Römer abgebaut. In

der Tiefe aber wurden die Erze viel zu arm, so daß sie selbst unter den wirtschaftlichsten Arbeitsmethoden, wie sie in europäischen Ländern üblich sind, nur kärglichen Gewinn liefern. Aber die Verschlechterung ist hauptsächlich die Folge des Vorherrschens von Blei und Kupfer in den tieferen Sohlen, während echte Silbererze seltener auftreten. Gleichzeitig ist ihre Verteilung auf die ganze Gangmasse gleichmäßiger geworden, obwohl sie darin stets schmale Adern und Nester bilden.

Andere Gruben behalten gleichen Silbergehalt in jeder Tiefe. Die bei Freiberg, wo in verschiedenen Sohlen auch Bonanzas vorkommen, haben mit der Tiefe eher zu- als abgenommen. Die bei Kongsberg in Norwegen hatten zeitweise Bonanzas bis zur tiefsten erreichten 600-m-Sohle und haben in letzter Zeit mehr Erträge geliefert denn je. Die von Catorce und einiger anderer Gruben in Mexiko zeigen ebenfalls keine Abnahme der Erträge und haben ausgezeichnete Erze in 600 und 700 m Tiefe.

Vergleicht man nun den Comstockgang mit den best erschlossenen andern Lagerstätten, so zeigt sich, daß er sich von einer gewissen Klasse schmaler Gänge unterscheidet, die, wie die von Freiberg, Kongsberg, Chanarcillo in Chile, Pasco in Peru, Catorce in Mexico und Austria in Nevada eine Menge kleiner Spalten füllen, die entweder parallel zueinander laufen oder sich kreuzen, und die in der Tiefe nahezu denselben Charakter und Reichtum behalten, wie nahe der Oberfläche. Er zeigt im Gegenteil alle die Eigenschaften einer andern Klasse von Silbergängen, die sich durch ihre Größe und Einheitlichkeit auszeichnen und überall, wo sie auftreten, sich als große Muttergänge darstellen, meistens umgeben von kleineren Gängen geringerer Bedeutung. Zu dieser Klasse gehören die Gänge von Schemnitz und Felsöbanya in Ungarn, die Veta Madre de Guanajuato, die Veta Grande von Zacatecas, während die Gänge von Potosi in Bolivien und von Real del Monte in Mexiko mehr denen der ersteren zuzuteilen sind. Diese großen Muttergänge ähneln einander in vielen Punkten: Alle füllen Spalten von außerordentlicher Länge und Breite aus, scheinen sehr jungen Ursprunges zu sein und auch in engen Beziehungen zu vulkanischen Gesteinen zu stehen, die sie begleiten. Obgleich die Gesetze, die die Erzverteilung bestimmen, mehr oder weniger in jedem Gange anders sind, haben sich doch alle sehr metallreich erwiesen, bis zu welcher Tiefe auch immer sie erforscht sein mögen, und es scheint, daß in jeder Sohle nahezu die gleiche Menge Silber vorhanden ist. (Der Gang von Guanajuato ist eine Ausnahme von der Regel.) Man könnte vielleicht daraus schließen, daß das so bleiben wird bis zur ewigen Teufe. Aber es besteht doch ein deutlicher Unterschied in der Anreicherung des Silbers, indem außerordentlich reiche Erze gewöhnlich in begrenzten

Körpern in den oberen Sohlen auftreten, während in der Tiefe wohl ähnliche Erzkörper zu finden sind, die sogar viel größer sind, aber doch minderwertigere Erze führen. Das sind die Hauptgründe, warum auf allen genannten Gruben der Bergbau in den oberen Sohlen so sehr viel ertragreicher gewesen ist als in den tieferen Bauen.

Kehren wir zum Comstockgange zurück, der Veta Madre von Washoe, und prüfen wir, welche Schlüsse wir für die Zukunft aus dem gegenwärtigen Stande seiner Erforschung ziehen können.

Zunächst muß festgestellt werden, daß die auf allen Sohlen gewonnenen Erze den Charakter reiner Silbererze behalten, den sie nahe der Oberfläche gehabt haben. Blei-, Kupfer-, Eisen- und Zinkerze haben auf dem Comstockgange niemals Bedeutung gehabt, und diese Metalle bewahren auf den tieferen Sohlen nahezu das nämliche Verhältnis zu einander wie früher. Eine Zunahme von Blei würde das ungünstigste Anzeichen für die Zukunft sein, da dann der Schluß berechtigt sein würde, daß die Bleierze mehr und mehr an die Stelle des Silbers treten und die Grenzen nutzbringender Ausbeute bald erreicht sein würden. Aber wie die Verhältnisse jetzt liegen, ist keine Verschlechterung zu erwarten, selbst wenn eine Verarmung eintritt.

Schlußfolgerungen. In Anbetracht dieser vom Comstockgange selbst gebotenen Tatsachen und verglichen mit dem, was uns über andere ähnliche Silbergänge bekannt ist, sind die folgenden Schlußfolgerungen berechtigt:

1. Die Beständigkeit der Erzführung des Comstockganges in der Tiefe muß, ungeachtet örtlicher Unterbrechungen als ebenso gewiß angesehen werden, wie die Beständigkeit des Ganges selbst.

2. Es ist bestimmt anzunehmen, daß die Erze ihren Charakter als wahre Silbererze bis zu unbegrenzter Tiefe bewahren werden.

3. Ausgedehnte Erzkörper gleichen Reichtums, wie die Oberflächen-Bonanzas werden wahrscheinlich in der Tiefe nicht wieder angetroffen werden.

4. Zunahme der Größe der Erzkörper mit der Tiefe ist wahrscheinlicher, als eine Abnahme und auch wahrscheinlicher, als daß sie in der bisherigen Ausdehnung verharren.

5. Ein beträchtlicher Teil des Erzes wird sich in seinem Ertrag materiell in der Tiefe nicht von dem der jetzigen tiefen Sohlen unterscheiden, während außerdem eine zunehmende Menge geringerer Erze auftreten wird. Das muß geschlossen werden aus der Ähnlichkeit des Charakters aller Ablagerungen außerhalb der reichen Oberflächen-Bonanzas und aus der Homogenität, die fast jede von ihnen in ihrer ganzen Ausdehnung zeigt.

6. Das Erz wird auf verschiedenen Sohlen von bestimmten Gangteilen nach andern übersetzen, wie es das bisher getan hat. Größere Gleichmäßigkeit in der Verteilung kann jedoch unterhalb der Scharung der Trümmer erwartet werden, wo der Gang wahrscheinlich eine gleichmäßigere und regelmäßigere Gestalt annehmen wird. Einige Gruben, die bisher unproduktiv gewesen sind, haben daher gute Aussichten für die Tiefe. Aber im allgemeinen ist es wahrscheinlicher, daß der liegende Teil unproduktiv bleiben wird, wie bisher, während der ganze Raum zwischen diesem und dem Hangenden als die mut-

maßliche Erzquelle der Zukunft anzusehen ist. Wie oben bemerkt, ist es wahrscheinlich, daß wiederholtlich mit der Tiefe Klufftrümmer gefunden werden, die aus Ton und Quarz bestehen und die von ihrem Hauptkörper senkrecht ins Hangende setzen. Viele von ihnen werden erzführend sein. Nach solchen Erzkörpern sollte in allen östlichen Minen gesucht werden. Die Erfahrungen in den oberen Sohlen würden dann zeigen, daß diese Trümmer reichere Erze führen, als dies im Hauptgange durchschnittlich der Fall war.

7. Das Antreffen einer plötzlich tauben Gangzone, wie dies glaubwürdige Autoritäten von der Veta Madre de Guanajuato in einer Tiefe von 400 m berichten, wird beim Comstockgang ganz und gar unwahrscheinlich sein. Der Beweis für diese Behauptung ist geologisch zu begründen. Es ist eine wohlbekannt Tatsache, daß das Nebengestein großen Einfluß auf Menge und Beschaffenheit gewisser Erze in Gängen hat, und daß ein echter Gang, der in eine andere Formation übersetzt, häufig arm oder taub wird. In der Veta Madre tritt die plötzliche Abnahme des Goldtrages in 400 m Tiefe beim Übersetzen des Ganges in eine andere Formation ein, die von da an abwärts anhält. Ein solcher Wechsel ist beim Comstockgange nicht anzunehmen, da der Aufbau des Landes die Beständigkeit des Nebengesteins bis zur ewigen Tiefe anzudeuten scheint.

Mittel zur Sicherung der künftigen Produktivität.

Die größten Schwierigkeiten, mit denen der Bergbau im Comstockgange zu kämpfen hat und die sich mit zunehmender Tiefe ständig vermehren werden, ist die Wältigung der Wasser. Schon heute haben die Wasserhaltungskosten eine außerordentliche Höhe erreicht. Die einzige Möglichkeit, diesen wachsenden Schwierigkeiten zu begegnen, würde der Bau eines tiefen Stollens sein. Es gibt vielleicht keine Silbergrube in der ganzen Welt, wo die Aussichten für ein solches Werk so günstig sind wie hier. Es ist festgestellt, daß ein Stollen von nicht über 6000 bis 7000 m Länge den Gang etwa 600 m unter seinem Ausgehenden treffen würde. Die Ausführung des Stollens würde verhältnismäßig leicht sein, da das Gestein, in dem er aufzufahren ist, weit gutartiger zu sein verspricht, als das im allgemeinen bei Stollen in andern Ländern der Fall war.

Die Vorteile, die die baldige Ausführung eines solchen Werkes mit sich bringen wird, seien im folgenden aufgeführt:

1. Der größte Vorteil würde in der Entwässerung der Gruben liegen. Auch die zwischen zwei Schluchten oder Tonklüften liegenden Gangteile könnten durch besondere Abzweigungsstrecken vom Stollen gelöst werden.

2. Der Stollen würde den Abbau bis zu der bisher ungewöhnlichen Tiefe von wenigstens 800 m gestatten. Die Erschließung und der Abbau würde durch die Beseitigung der Hauptschwierigkeiten für den Tiefbau leichter und billiger werden.

3. Die Erzförderung könnte durch den Stollen erfolgen und brauchte nicht mehr durch die Schächte unter Anwendung von Dampfmaschinen zu geschehen.

4. Der Stollen würde eine gründliche Wetterführung ermöglichen, wodurch die Grubenarbeiten erleichtert und beschleunigt werden und der Holzverbrauch vermindert.

5. Ein sehr wichtiges Ergebnis würde dadurch erzielt werden, daß die Erforschung des Comstockganges auch in den Teilen ermöglicht werden würde, die bis jetzt unproduktiv gewesen sind.

6. Endlich ermöglicht der Stollen die Erforschung des ganzen Gebirges vom Mundloch bis zum Gange.

7. Die gegenwärtigen unvoreilhaftigen Arbeitsmethoden, verglichen mit den großen Vorzügen, die sich aus der Anlage eines tiefen Stollens ergeben, sind so überzeugend, daß sie in der Tat seine Ausführung zu einer wichtigen Lebensfrage machen.

Der künftige Ertrag der Gruben ist nicht von andern reichen Erzkörpern zu erwarten, sondern von großen Anhäufungen mittlerer und ärmerer Erze, die mit Gewinn nur noch nach Vollendung eines tiefen Stollens verarbeitet werden können. Wir halten seine Ausführung für den einzig möglichen Weg, die Zukunft des Comstockganges zu sichern.

Das Magneteisensteinlager „El Teuler“ bei Cala (Provinz Huelva).

Von Prof. Dr. phil. Dr.-Ing. H. Quiring, Berlin.

Mit 5 Abbildungen im Text.

(Schluß.)

D) Inhalt der Lagerstätte.

I. Trinchera de los Pinos (Abb. 1).

In der Trinchera de los Pinos ist das Muldentiefste des Eisensteinlagers aufgeschlossen. Die Muldenachse streicht in der Längsrichtung der Trinchera und ist 10° geneigt. Der O-Flügel des Lagers fällt $30-40^{\circ}$ W, der W-Flügel $50-60^{\circ}$ O ein. Infolgedessen geht das Lager nur etwa 10 m unter die Trinchera-Sohle nieder, so daß nur noch geringe Eisensteinmengen (ich schätze sie auf 20000 t pyrithaltigen Magneteisensteins) unabgebaut sind. Dieser noch anstehende, unter dem Grundwasserspiegel liegende

nach W um 260 m verschoben und gleichzeitig um 70—80 m abgesenkt. Der $30-50^{\circ}$ W fallende Ostflügel des Lagers ist in dem 180 m langen Tagebau in der 638-m- und 652-m-Sohle abgebaut worden. Das Lager ist 5 bis 10 m mächtig. In der Ostwand der Corta tritt der mit $30-50^{\circ}$ W einfallende Untere Diabasporphyrit und Keratophyrtuff zutage, in der Westwand der Obere Diabasporphyrit und Keratophyrtuff. An der Nordseite der 652-m-Sohle steht nördlich der Falla Meco Norte der Massenkalk, die sterile Unterlage der magneteisensteinführenden Gesteine, an.

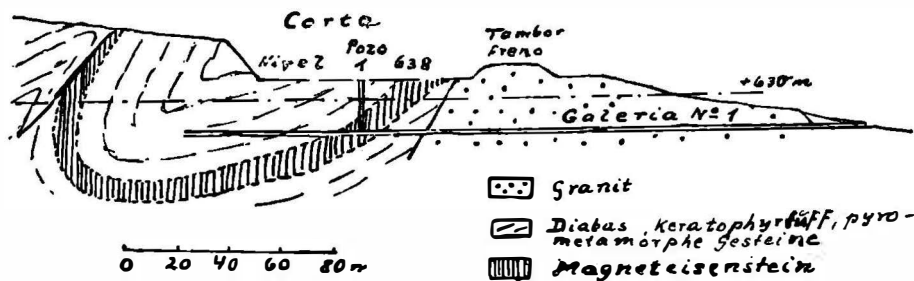


Abb. 3. Querschnitt durch die Corta grande.

Eisenstein ist pyrithaltig ($2-3\%$ S-Gehalt). In den Cortawänden steht der Untere Diabasporphyrit und Keratophyrtuff an.

Am Nordende wird die Lagermulde spießwinklig von einer NW—SO streichenden und 60° NO fallenden Kluft (Falla de los Pinos) abgeschnitten. Schleppung des Lagers und des Nebengesteins (Diabasporphyrit und kristalliner Kalkstein) erweisen, daß auf der Kluft eine Überschiebung (flache Schubweite 60 m) des kristallinen Kalksteins von NO her auf das Lager erfolgt ist. Die Überschiebungsbewegung hat vor der Granitintrusion stattgefunden. Mit einer Fortsetzung des Lagers nach N über die Falla de los Pinos hinaus ist nicht zu rechnen.

II. Corta grande (638-m- und 652-m-Sohle) (Abb. 1 u. 3).

Im S ist die Lagermulde der Trinchera de los Pinos durch die Falla Meco Norte seitlich

Während das in der Corta gewonnene Eisenerz vorwiegend arm an Pyrit- und Kupferkies war, haben die in der 616-m-Sohle getriebenen Galerien 1 und 2 bereits Lagerteile durchörtert, deren Schwefelgehalt mehr als 2% betrug. Ferner ist nur in den unteren 3—4 m der Lagermasse der Eisengehalt so hoch (vgl. die Analysen S. 37), daß ein Abbau in Frage kommt. Man wird daher nur damit rechnen können, daß etwa die Hälfte der noch unter den Corta-Sohlen und über der Galeria 1 vorhandenen Lagermasse aus einem ohne Entschwefelung abbauwürdigen Magneteisenstein besteht. Ich schätze diesen Vorrat auf

40000 t (S-Gehalt unter 1%).

Dazu wären noch 10000 t pyrithaltigen Magneteisensteins mit etwa 2% S-Gehalt gewinnbar.