

Werk

Titel: Das Problem der metallführenden Adern

Autor: Kemp, James Furman

Ort: Braunschweig

Jahr: 1906

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?385489110_0021 | LOG_0159

Kontakt/Contact

Digizeitschriften e.V.
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

Naturwissenschaftliche Rundschau.

Wöchentliche Berichte

über die

Fortschritte auf dem Gesamtgebiete der Naturwissenschaften.

XXI. Jahrg.

19. April 1906.

Nr. 16.

Das Problem der metallführenden Adern.

Von James Furman Kemp.

(Rede des Präsidenten der New York Academy of Science vom 18. Dezember 1905. Science 1906, N. S., vol. XXIII, p. 14—29.)

[Das Problem der Metalladern hat der Vorsitzende der New Yorker Akademie zum Thema seiner Präsidentenrede gewählt, von der wir wegen der Beschränktheit unseres Raumes nur zwei Drittel hier wiedergeben. Die Ausführungen des ersten Drittels der Rede sind in den Übergangsbemerkungen zusammengefaßt.]

Wir haben nun einige Grundvorstellungen gewonnen, von denen wir als Ausgangspunkt zur eigentlichen Erörterung unserer Aufgabe uns wenden können. Wir kennen im groben die Zusammensetzung der äußeren Erdschicht, wir haben einige Vorstellungen von der quantitativen Verteilung der Metalle in den Gesteinen, besonders in den Fällen größeren Reichtums; endlich haben wir den Grad gesehen, zu dem sie konzentriert sein müssen, damit sie Gegenstand des Bergbaues werden können. Die nächste Stufe ist, zuerst das Agens festzustellen oder das Lösungsmittel, welches die Ansammlung der spärlich verteilten Metalle bewirken kann, und dann die Orte, an denen ihre Fällung erfolgt. Wir wollen hierauf eingehender die Quelle dieses Agens und die Methoden seiner Wirksamkeit untersuchen. Um dies in der mir zur Verfügung stehenden Zeit tun zu können, muß ich zu meinem Bedauern meine Aufmerksamkeit auf die großen und wesentlichen Erscheinungen konzentrieren und entschieden jeden Seitenblick oder unbedeutenderen Punkt, so verlockend sie auch sein mögen, vermeiden.

Das einzige Lösungsmittel, das genügend reichlich vorhanden ist, ist das Wasser, und faktisch stimmen alle Beobachter darin überein, daß es für die große Mehrzahl der Erzablagerungen das Konzentrationsmittel gewesen. Freilich braucht es nicht allein wirksam zu sein. Im Gegenteil, leicht sich lösende und stets anwesende Materialien, wie die Alkalien, können seine Wirkung steigern und tun es auch zweifellos. Es wirkt auch nicht notwendig als kaltes Wasser. Vielmehr wissen wir wohl, daß die Erde wärmer wird, wenn wir in die Tiefe dringen, so daß das absteigende Wasser nicht weit dringen kann, ohne diesem Einfluß ausgesetzt zu sein. Ferner zeigen uns die Vulkane, daß Orte existieren, wo die Wärme in ungeheurer Menge entwickelt wird, und

zwar nicht weit von der Oberfläche. Es ist somit kein Mangel an Wärme vorhanden, und wir brauchen nur mit dem Westen unseres Landes vertraut zu sein, um zu wissen, daß da kein Mangel an heißen Quellen ist, wenn wir einen umfassenden Blick dahin werfen. Als Lösungsmittel ist heißes Wasser so ungleich wirksamer als kaltes, daß es sich uns fast aufdrängt. Wir können es somit als sicher festgestellt betrachten, daß Wasser das Vehikel ist. Die chemischen Verbindungen, welche die Erze bilden, differieren natürlich bedeutend in ihrer Löslichkeit, und man kann hierüber keine allgemeinen Behauptungen aufstellen. Eisen z. B. gibt sehr lösliche Salze und ist weit, man könnte fast sagen universell, im gewöhnlichen Wasser verbreitet. Seine Erze sind Verbindungen des Metalls mit Sauerstoff, und in dieser Beziehung unterscheidet es sich von fast allen anderen, die meist mit Schwefel verbunden sind. Obwohl alle fast oxydierte Verbindungen enthalten, sind die letzteren im ganzen nur wenig bei unseren Hochöfen beteiligt.

Eisen ist überall in den Felsen vorhanden, und den natürlichen Reagenzien gegenüber ist es ihr am leichtesten angreifbarer Bestandteil. Es bietet daher nur wenig Schwierigkeit in der Art, wie es gelöst und konzentriert wird durch Wasser, das an oder nahe der Oberfläche kreist und seine Reaktionen fast vor unseren Augen ausführt.

Die Verbindungen des Kupfers, Bleis, Zinks, Silbers, Nickels, Kobalts, Quecksilbers, Antimons und Arsens mit Schwefel bieten schwierigere Probleme und solche, in deren Chemie irgendwie vollständig einzugehen, hier ganz unmöglich ist; aber im allgemeinen kann man sagen, daß die Lösungen wahrscheinlich heiß waren, daß sie in manchen Fällen alkalisch, in anderen sauer gewesen, und daß der Druck, unter dem sie die Metalle in der Tiefe aufnahmen, ein wichtiger Faktor bei diesem Vorgang gewesen. Die Abnahme der Wärme und des Druckes, während sie zur Oberfläche aufstiegen, hat zweifellos in bedeutender Weise das Ergebnis gefördert.

Die erste Bedingung für die Bildung einer Erzablagerung ist ein Wasserlauf. Er kann ein kleiner Riß oder ein großer Bruch, oder eine poröse Schicht sein, aber in irgend einer solchen Form muß er da sein. Natürliche poröse Gesteine liefern den einfachsten Fall und geben einen leicht begreiflichen Ort des Niederschlages. So waren z. B. in dem Jahr-

zehnt der 70er Jahre die ziemlich weiten Minen zu Silver Reef im südlichen Utah gestützt auf einen zutage liegenden Sandstein, in den nach bestimmten Richtungen hin Silber führende Lösungen eingedrungen waren. Wo immer sie einem fossilen Blatt oder einem alten Holzstück begegneten, die im Gestein begraben waren, wurde das gelöste Silber als Sulfid oder Chlorid gefällt. Zuweilen imprägnierten die Lösungen ohne sichtbaren Grund das Gestein mit Erz, aber das Erz scheint bestimmten Bruchlinien zu folgen. Ferner sind in Silver Cliff bei Rosita im zentralen Colorado die Silberlösungen offenbar einmal durch ein Bett von poröser vulkanischer Asche eingedrungen und haben dieselbe mit Erz imprägniert, das, solange es vorhielt, gebrochen wurde wie ein Felsen. Im Kupferdistrikt von Keweenaw Point am Lake Superior haben die kupferführenden Lösungen an einigen Stellen ein altes Kiesbett durchdrungen und es mit Kupfer imprägniert; an anderen Orten gingen sie längs bestimmter Läufe in blasenförmigen Lavaströmen vorüber und haben die Hohlen, Schuppen und Kugeln von gediegenem Kupfer entstehen lassen.

Zuweilen kam es vor, daß die erzführenden Lösungen, durch einige Spalten aufsteigend, eine Schicht getroffen haben, die mit Kalk beladen war, und nachdem sie seitwärts sich verbreitert, wurden sie offenbar ihrer Metalle beraubt, weil der Kalk die wertvollen Mineralien fällte. In den Black Hills von Süd-Dakota gibt es Sandsteine mit Betten von kalkigen Schlammgesteinen im Innern. Lösungen, die Gold enthielten, kamen durch unbedeutend aussehende Spalten heraus, welche „Verticals“ genannt werden, und haben diese Schlammgesteine mit langen Lagern wertvoller Golderze imprägniert. Beim Aufsuchen lohnender Lokalitäten treibt der Bergmann, der die systematische Anordnung der Verticals kennt, wenn er die Kalkschiefer gefunden, in dieselben hinein und folgt einem Spalte, in der Hoffnung, in das Erz einzubrechen. Die sehr ausgedehnten und produktiven Lager von Blei-Silber-Erzen zu Leadville Colo., welche seit 1877 stark und andauernd abgebaut wurden, finden sich im Kalkstein, und gewöhnlich gerade unterhalb der Schichten eines relativ undurchlässigen vulkanischen Gesteins. Sie laufen lange Strecken hin und lassen aufsteigende Lösungen vermuten, welche unter dem vulkanischen diesem folgten, vielleicht von ihm gehemmt, so daß sie den Kalkstein durch Erz ersetzen. Der Kalkstein muß ein mächtiger Faller der metallischen Mineralien gewesen sein.

Der Bruch, durch den die Wässer aufsteigen, kann von beträchtlicher Größe sein und so eine Ruhestätte für das Erz oder Ganggestein bilden, wie das umgebende taube Mineral genannt wird. Eine Ablagerung ergibt sich sodann, welche eine typische Spaltader liefert. Die gewöhnlichste Füllmasse ist Quarz, aber zuweilen können sehr mannigfache Mineralien anwesend sein und manchmal in schöner symmetrischer Anordnung. Im letzteren Falle haben die aufsteigenden Wässer zuerst jede Wand mit einer

Schicht überzogen. Dann änderten sie ihre Zusammensetzung und setzten eine spätere und andersartige ab und so weiter, bis der Spalt ausgefüllt war. Oft blieben in der Mitte oder an den Seiten Höhlungen zurück und wurden besetzt mit schönen und glänzenden Kristallen, welche in den Strahlen einer Lampe blitzen und funkeln wie so viele Edelsteine. Es gibt Quarzadern in Kalifornien, welche auf Gold abgebaut werden, und welche glatt geschnittene Spalten von Wand zu Wand durch mehrere Fuß hindurch ausgefüllt haben. Öfters findet man Beweise für eine entschiedene chemische Wirkung auf die Wände, welche mit dem Erz und Ganggestein imprägniert sein können bis auf einige Entfernung vom Spalt hin. So wie jedoch die Quelle der Zufuhr verlassen wird, wird die Imprägnierung immer weniger reich und erlischt schließlich in dem tauben Wandgestein. Die Anreicherung der Wände ändert sich auch von Stelle zu Stelle, weil da, wo das Gestein dicht ist, die Lösungen sich nicht seitlich ausbreiten können, hingegen, wo es offen ist, die Imprägnierung ausgedehnt sein kann. Der Bergmann muß Anschwellungen und Verarmungen in seinem Erz in Anrechnung bringen.

Von selbst noch größerer Bedeutung als die seitliche Anreicherung ist die eigentümliche Anordnung des kostbaren Erzes in eine Ader, die an sich für weite Strecken ununterbrochen, aber an den meisten Stellen zu arm für den Abbau ist. In der Tat sind Fälle bekannt, in denen einträgliche Adersubstanz kontinuierlich eine Meile längs des Striches herausgeholt werden kann, aber sie sind verhältnismäßig selten. Die gewöhnliche Erfahrung zeigt das Erz diagonal abwärts laufend in die ausfüllende Ader, und öfter als nicht die polierten Furchen in den Wänden verfolgend, welche die Richtung anzeigen, die eine Wand genommen, als sie sich über der anderen bei der Bildung des Bruches fortbewegte. Die reichen Örter können in der Tiefe ebensogut enden und können sich wiederholen, aber sie müssen vorausgesehen und ihnen bei jeder Bergbauarbeit Rechnung getragen werden.

Erze sammeln sich daher längs unterirdischer Wasserläufe an. Sie können scharf geschnittene Spalten von Wand zu Wand ausfüllen; sie können poröse Felswände zu beiden Seiten imprägnieren, sie können selbst lösliche Gesteine, wie die Kalksteine, ganz ersetzen.

Wir wollen nun die Frage nach der Quelle des Wassers aufwerfen, welches diese Ergebnisse herbeiführt, und die weitere Frage nach der Ursache seiner Zirkulation.

Die Natur der unterirdischen Wässer, welche die Mittel zur Anfüllung der Adern sind, ist eine der interessantesten, wenn nicht überhaupt die interessanteste Phase des Problems und diejenige, auf welche sich in den letzten Jahren die Aufmerksamkeit besonders konzentriert hat. Der Hauptpunkt der Diskussion bezieht sich auf die relative Bedeutung der beiden Arten von Grundwasser, des dem Magma oder den geschmolzenen vulkanischen Gesteinen entstammenden und des meteorischen, das von den Regen abgeleitet ist. Die magmatischen

Wässer sind nicht Erscheinungen des täglichen Lebens und der Beobachtung der großen Mehrzahl der Gebildeten, und aus diesem Grunde haben sie nicht die Beachtung gefunden, welche ihnen sonst zuteil geworden wäre. Verhältnismäßig wenig Geologen haben Gelegenheit, Vulkane in der Eruptionstätigkeit zu sehen, und haben nur unverhältnismäßige Vorstellungen von den Wolken und Wasserdampfmassen, die sie aussenden. Das ungeheure Volumen ist uns jedoch in den letzten Jahren mit großer Gewalt beigebracht worden durch den Ausbruch des Mont Pelée, und wir von dieser Akademie haben dank den Bemühungen unseres Mitgliedes Dr. E. O. Hovey vom amerikanischen Museum für Naturgeschichte sie sehr lebendig vorgeführt erhalten. Im ganzen ist es nicht überraschend, daß die meisten Beobachter in der Vergangenheit sich den meteorischen Wässern zugewendet haben als dem hauptsächlichsten, wenn nicht einzigen Agens. Ich will daher zuerst so vollständig, als die Zeit gestattet und so gut ich es vermag, diese ältere Anschauung auseinandersetzen, welche vielleicht noch die größte Zahl der Anhänger hat.

Außer in den Wüstengebieten fällt Regen mehr oder weniger reichlich auf die Oberfläche der Erde. Die größte Menge desselben läuft in den Flüssen ab, der kleinste Teil verdunstet, während er an der Oberfläche sich befindet, und ein mittlerer Teil sinkt in den Boden, von der Schwere getrieben, und erreicht das Grundwasser. Wo Spalten von beträchtlichem Querschnitt vorhanden sind, führen sie das Wasser in verhältnismäßig großer Menge in die Tiefe. Zertrümmertes oder poröses Gestein wird dasselbe tun, und wir wissen, daß offenliegende Sandsteine, die von ihren Ausläufern in die Tiefe tauchen und sich unten abflachen, Wasser den artesischen Behältern in großer Menge zuführen. Wenn die Durchgänge und Spalten kleiner werden, nimmt die Reibung an den Wänden zu, und das Wasser bewegt sich mit immer größerer Schwierigkeit. Wenn der Durchgang sehr klein wird, hört die Bewegung faktisch auf. Das Fließen des Wassers durch Röhren ist ein altes Untersuchungsobjekt, und alle Techniker, die sich mit den Problemen der Wasserversorgung für Städte oder mit der Zirkulation des Wassers für irgend eine ihrer zahllosen Anwendungen im täglichen Leben beschäftigen, müssen mit diesen Gesetzen vertraut sein. Die Reibung ist ein so wichtiger Faktor, daß nur in den größeren natürlichen Spalten die meteorischen Wässer sich abwärts in irgend bedeutender Menge und mit wirklicher Geschwindigkeit bewegen können. Sie sinken natürlich in die Tiefe und kommen zu verhältnismäßiger Ruhe in größerem oder geringerem Abstände von der Oberfläche und liefern die Zufuhren von Untergrundwasser, auf die es uns ankommt.

Der Querschnitt der Felsen, der zwischen der Oberfläche und dem Grundwasser sich erstreckt, ist der Schauplatz lebhafter Änderung und ist der Teil der Erdrinde, in dem die meteorischen Wässer

den größten Teil ihrer Wirkung ausüben. Die Gesteine innerhalb dieser Zone sind in beständigem Schwinden und Zerfallen begriffen. Die Oxydation mit Einschluß der Bildung von Schwefelsäure aus den natürlichen Metallsulfiden schreitet lebhaft vor. Kohlensäure dringt gleichfalls mit den Meteorwässern ein. Die Felsen sind offen in ihrem Gefüge und für die stärkste Veränderung günstig gelegen. Wir können uns wohl vorstellen, daß aus dieser Zone alle fein verteilten Metallteilchen, welche im Gestein weit und spärlich verteilt sind, nach abwärts zu wandern streben in das ruhige und relativ bewegungslose Grundwasser. Wenn die sauren Lösungen der fallenden Wirkung einiger alkalischer Reagenzien, wie des Kalksteins, entschlüpfen, können sie selbst das Grundwasser erreichen, und ihre aufgelösten Ladungen können zu diesem Reservoir beitragen, aber der größere Teil scheint abgelagert zu werden im Niveau des Grundwassers selbst oder in mäßigen Abständen unter diesem. Unter dem Eindruck dieser Erscheinungen, welche eine wahre Ursache der Lösung darbieten, und unter dem Einflusse ihres vertrauten alltäglichen Charakters können wir auf Grund derselben eine allgemeine Vorstellung von der Quelle der metallischen Mineralien, die in diesen wässerigen Lösungen gelöst sind, aufbauen, die von allen als die Agenzien des Ausfüllens der Adern anerkannt werden.

Wenden wir nun unsere Aufmerksamkeit dem Grundwasser zu. Dieses sättigt die Felsen, füllt die Spalten und zwingt den Bergmann, der seinen Schacht niedersenkt, die Pumpe anzuwenden, sehr gegen seine natürliche Neigung. Die große Mehrzahl der Bergwerke sind von nicht großer Tiefe, und der natürliche Schluß unserer älteren Beobachter, der sich auf diese Erfahrung stützte, war, daß das Grundwasser sich nach unten erstreckt und die Erdschichten sättigt bis zur Grenze der möglichen Höhlungen, auf Abstände, welche zwischen 1000 und mehr als 3000 Fuß schwanken. Dem muß noch eine andere allgemein bekannte Erscheinung hinzugefügt werden. Die innere Temperatur der Erde nimmt in einem ziemlich bestimmten Verhältnis zu, um etwa 1 Grad Fahrenheit für je 60 bis 100 Fuß Tiefe. Wenn wir von einem Orte ausgehen mit den klimatischen Verhältnissen von New York, das ist mit einer mittleren Jahrestemperatur von etwa 51° F, würden wir rund in 10000 Fuß unter der Oberfläche eine Temperatur von etwa 212° finden, und wenn wir noch tiefer gehen, wird sie noch größer sein. Freilich unter der Last der überliegenden Wassersäule würde der wirkliche Siedepunkt für die verschiedenen Tiefen höher sein, und es ist eine Frage, ob die Zunahme der Temperatur die Drucksteigerung übertrifft und ob die sich ergebende Erhöhung des Siedepunktes, welcher dieses Wasser in Dampf verwandeln würde, eine große Zunahme seiner Elastizität, Abnahme seines spezifischen Gewichtes veranlaßt und dadurch die Zirkulation befördert. Auf alle Fälle würde die Temperatursteigerung Ausdehnung der