

## 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](https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?385489110_0021) | LOG\_0168

## Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)  
SUB Göttingen  
Platz der Göttinger Sieben 1  
37073 Göttingen

✉ [info@digizeitschriften.de](mailto:info@digizeitschriften.de)

# Naturwissenschaftliche Rundschau.

Wöchentliche Berichte

über die

Fortschritte auf dem Gesamtgebiete der Naturwissenschaften.

XXI. Jahrg.

26. April 1906.

Nr. 17.

## 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.)

(Schluß.)

Die Vorstellung von der Ausdehnung des Grundwassers in die Tiefe z. B. ist unbedingt in Widerspruch mit unserer Erfahrung in jenen bisher wenigen, aber jährlich zunehmenden tiefen Bergwerken, die unter 1500 oder 2000 Fuß reichen. Wo auch immer tiefe Schächte in anderen Gegenden als in denen von aussterbender, aber noch nicht erloschener vulkanischer Tätigkeit errichtet wurden, gingen sie durch das Grundwasser hindurch, und wenn dieses sorgfältig in den oberen Niveaus der Bergwerke eingeschlossen worden, und man ihm nicht gestattete, den Arbeiten in die Tiefe zu folgen, fand man, daß nicht nur immer weniger Wasser vorhanden war, sondern daß die tiefen Niveaus oft trocken und staubig sind. In dieser Richtung ist jüngst Herr John W. Finch, der Staatsgeologe von Colorado, nach reichen Erfahrungen mit tiefen Bergwerken zu dem Schluß gekommen, daß das Grundwasser in der Regel beschränkt ist auf etwa 1000 Fuß von der Oberfläche und daß nur die obere Schicht von diesem in Bewegung und für Quellen verwertbar ist.

Artesische Brunnen erstrecken sich in manchen Fällen bis zu größeren Tiefen als diese und bringen Wasserzufuhren an die Oberfläche, aber ihre eigentliche Existenz setzt eingesperrtes und in einem Zustand von Ruhe befindliches Wasser voraus.

Auf diesen Einwand, daß das Grundwasser flach ist, hat man erwidert, daß, als die Adern gebildet wurden, die Gesteine offenes Gefüge hatten und Zirkulation zuließen, daß aber später die Höhlen und Wasserwege verstopft wurden durch die Ablagerung von Mineralien, durch einen in der Technik Zementierung genannten Prozeß, und da die Zufuhr abgeschnitten worden, erscheinen sie jetzt trocken. Es muß jedoch, damit der Überdruck wirksam sein konnte, einst eine zusammenhängende Wassersäule vorhanden gewesen sein, welche die Stoffe für die Zementierung eingeführt hat. Es ist wenigstens schwierig zu begreifen, wie ein Vorgang, der nur fortschreiten kann durch Zufuhr von Material in sehr verdünnter Lösung, durch die Wirkung der Kristallisation das einzige Mittel seiner Entstehung austreiben kann. Einiges restierendes Wasser müßte

notwendig in dem teilweise zementierten Gestein eingesperrt zurückbleiben. Diesen Rest finden wir natürlich nicht, wo die Felsen trocken und die Abfälle staubig sind. In vielen Fällen, wo tiefe Durchschnitte die frische Felswand der Bergwerke durchdrungen haben, war auch die Zementierung, wenn vorhanden, so gering, daß sie der Entdeckung entgegen.

Wenn wir einmal zugeben, daß dieser Schluß wohlbegründet ist, so entfernt er die eigentliche Grundlage der Vorstellung des meteorischen Wassers und wirft das ganze Gebäude in einen Trümmerhaufen.

Obschon ich nicht wünschen möchte, eine so vernichtende Behauptung wie diese über eine Frage, welche so viele Unsicherheiten einschließt, als positiv hinzustellen, existiert gleichwohl unter einer nicht unbeträchtlichen Gruppe von Geologen eine wachsende Überzeugung, daß die felsige Erdrinde viel dichter ist und weniger offen für den Durchgang von absteigendem Wasser, als allgemein geglaubt worden, und daß die Erscheinungen der Quellen, welche in der Vergangenheit so sehr die Schlüsse beeinflußt haben, nur einen verhältnismäßig flachen, hoch gelegenen Durchschnitt betreffen. Die Erscheinungen der Zementierung, wie wir sie sehen, rühren wahrscheinlich zum großen Teile her von der Wirkung des Wassers, das durch die Sedimente aufgespeichert wurde, als sie ursprünglich abgelagert und von ihm abwärts geführt wurden. Unter Druck kann eine verhältnismäßig geringe Menge Wasser ein wichtiges Vehikel für Neukristallisierung werden.

Bei der obigen Darstellung des Falles der meteorischen Wasser war angenommen worden, daß sie imstande sind, aus den tiefliegenden Felswänden die fein verteilten Partikelchen der metallischen Mineralien auszulaugen, aber die Überzeugung hat bei mir zugenommen, daß wir geneigt gewesen, die Wahrscheinlichkeit dieser Tätigkeit in unseren Diskussionen zu überschätzen. An erster Stelle stützt sich unsere Kenntnis von der Anwesenheit der Metalle in den Gesteinen auf die Analyse von Probestücken, die fast immer von frei liegenden Bergwerksdistrikten gewonnen waren. Das Gestein wurde aufgesucht in einem möglichst frischen und unveränderten Zustande, und man hat sich bemüht, es zu schützen gegen die mögliche Einführung des metallischen Bestandteiles durch dieselben Wasser, welche die be-

nachbarten Adern ausgefüllt haben. Wenn wir aber zugeben oder annehmen, daß die Analysenwerte ursprünglich im Gestein sind, und wenn, im Falle letzteres vulkanisch ist, wir glauben, daß die metallischen Mineralien mit den anderen Basen aus dem geschmolzenen Magma auskristallisiert sind, stehen wir noch vor der Tatsache, daß ihre Anwesenheit und Entdeckung im Gestein zeigen, daß sie dem Auslaugen entgangen sind, obwohl sie in einem Distrikt vorkommen, wo die unterirdische Zirkulation besonders wirksam gewesen. Aus den Resultaten, die wir in Händen haben, ist ebensowohl der Schluß zu rechtfertigen, daß die Metalle in den Gesteinen ein Beweis sind gegen die auslaugende Tätigkeit der Grundwasserzirkulation, wie daß sie ihr zum Opfer fallen. Diese Erwägungen streben, die Wirksamkeit der meteorischen Wässer auf die vadose Region, wie sie Posepny nennt, einzuschränken, das ist auf den Gesteinsgürtel, der zwischen dem beständigen Wasserniveau und der Oberfläche liegt. Innerhalb dieser gibt es eine wirksame Lösungszone, wie wir alle seit vielen Jahren wissen; aber, wie vorher festgestellt, die Erfahrung zeigt, daß die Metalle, welche in ihr in Lösung gehen, ein starkes Streben haben, sich wieder niederzuschlagen im, oder nicht weit unter dem Wasserniveau.

Es ist aber von Interesse, einen quantitativen Ausdruck des Problems aufzusuchen, und die oben gegebenen Analysen liefern die erforderlichen Daten.

Ich habe die Werte der verschiedenen Metalle genommen, welche in den Analysen der in den meisten Fällen für normal gehaltenen Wandgesteine gefunden wurden, wobei ich diejenigen vulkanischer Natur ausgesucht habe, weil die Erfahrung zeigt, daß sie am reichsten sind. Die Prozente sind in Pfunden der Metalle per Tonne Gestein umgewandelt; dieser letztere Wert ist dann wieder in Pfunde der wahrscheinlichsten der natürlichen Verbindung oder Minerals in jedem Falle umgewandelt worden. Ich habe weiter berechnet das Volumen eines Würfels, der dem letzteren Gewicht entspricht, und indem ich daraus die Kubikwurzel zog, fand ich die Länge der Kante eines solchen Würfels. Wenn wir nun ein Gestein annehmen vom spezifischen Gewicht 2,70, das ziemlich der Mittelwert ist, und ihm 11 bis 12 Kubikfuß auf die Tonne einräumen oder etwa 20000 Kubikzoll, dann wird die Kante der Kubiktonne 27,14 Zoll sein. Das Verhältnis der Würfelmkante des metallischen Minerals zu der Kante der Kubiktonne des einschließenden Gesteins wird uns eine Vorstellung geben von der Aussicht, die ein genügend weiter Spalt, um einen Weg für Lösungswasser zu bilden, haben wird, diese Größe des enthaltenen metallischen Minerals zu treffen. Natürlich vergegenwärtige ich mir, indem ich versuche, diese quantitative Vorstellung einzusetzen, daß das metallische Mineral nicht in einem Würfel vorkommt, und daß durch eine Kubiktonne Gestein mehr als ein Spalt durchgeht; aber ich nehme an, daß die feine Verteilung des metallischen Minerals faktisch Schritt

hält mit der geringeren Weite und dem nahen Zusammenstehen der Spalten. Es ist auch beachtet, daß die Gestalt der Mineralien keine kubische ist. Ich habe mich durch mikroskopische Untersuchung der Gesteine und durch die geringe Größe der Metallteilchen überzeugt, daß ihre Zerteilung sicherlich Schritt hält mit jeder zulässigen Lösungsspalte, und daß in der ersten Annahme kein großer Fehler enthalten ist. Die Seiten eines Würfels stellen drei Ebenen dar, die sich unter rechten Winkeln schneiden und welche mathematisch äquivalent sind jeder Reihe von Ebenen, die unter schiefen Winkeln sich schneiden. Wenn wir daher als Würfel die Unterabteilungen auffassen, die sich in unserer Gesteinsmasse durch irgend eine Reihe von durchsetzenden Spalten gebildet haben, so gibt es drei Reihen von Ebenen, von denen jede einzelne den Erzwürfel schneiden kann. Wir müssen daher das Verhältnis der Wahrscheinlichkeit, daß irgend eine einzelne Reihe ihn schneiden wird, mit drei multiplizieren, um den korrekten Ausdruck zu haben. Die Aussicht, daß ein Spalt von der Weite der Würfelmkante des eingeschlossenen Minerals den Würfel treffen wird, ist gegeben durch die Verhältnisse in der letzten Kolumne (der hier gekürzt wiedergegebenen Tabelle), von denen ich annehme, daß sie Geltung haben mit zunehmender Feinheit der Zerteilung sowohl der metallischen Mineralien als der Spalten.

	Prozent	Pfund in Tonne	Volum	Würfelmkante	Wahrscheinlichkeitsverhältnis
Kupfer . .	0,009	0,18	3,42	1,5	1/6
		Bleiglanz			
Blei . . .	0,0011	0,22	0,92	0,45	1/20
		Zinkblende			
Zink . . .	0,0048	0,96	0,90	0,97	1/12
		Argentit			
Silber . .	0,00007	0,0014	0,006	0,18	1/49
		Gold			
Gold . . .	0,00002	0,0004	0,00065	0,086	1/104

Aus der Tabelle ergibt sich klar, daß die Aussichten von einem Maximum beim Kupfer von 1:6 durch verschiedene Zwischenwerte bis zum Minimum beim Gold 1:über 100 variieren. Dies ist gleich der Behauptung, daß bei Spalten, deren Breite dasselbe Verhältnis zur Breite der Gesteinsmasse besitzt wie die Durchmesser der Erzteilchen, die Aussicht, ein Teilchen zu kreuzen, von 1:6 bis 1:100 variiert. Oder wir können sagen, daß bei Spalten von diesem Abstände 1/6 bis 1/100 des enthaltenen metallischen Minerals ausgelaugt werden können. Wenn daher, wie dies oft in Monographien über die Geologie eines Bergdistrikts geschieht, Schlüsse gezogen werden auf die Möglichkeit der Herleitung einer Erzader aus dem Auslaugen der Wandgesteine, deren Metallgehalt durch Analyse festgestellt worden ist, dann muß der gesamte verfügbare Gehalt durch eine Zahl zwischen 6 und 100 geteilt werden, wenn die obige Betrachtung richtig ist. Diese Verringerung wird in beträchtlichem Grade unseren Glauben an die Wahrscheinlichkeit solcher Vorgänge zu modifizieren streben, wie sie bisher verteidigt wurden. Wir dürfen mit Recht folgende Fragen

stellen. Wie nahe bei einander sind in Wirklichkeit die Spalten, die weit genug sind, um den Lösungen Wasserwege in den obigen Gesteinen zu bieten, und können wir irgend eine bestimmte Vorstellung bezüglich ihrer Verteilung gewinnen? Einige quantitative Ideen von den Verhältnissen können erhalten werden aus der Prüfung der verzeichneten Absorptionsfähigkeiten der vulkanischen Gesteine, welche als Bausteine Verwendung finden. G. P. Merrill hat in seinem wertvollen Werke: „Stones for Building and Decoration“, p. 459 diese Werte für 33 Granite und vier Diabase und Gabbros gegeben. Sie schwanken bei den Graniten von einem Maximum von  $1/20$  bis zu einem Minimum von  $1/704$ . Ich habe das Mittel von ihnen allen genommen und erhielt  $1/237$ . Das heißt, wenn wir einen Kubikzoll Granit nehmen und trocknen ihn vollständig, dann wird er das 237 fache seines Gewichtes an Wasser absorbieren. Das Volumen dieses Wassers gibt die offenen Räume oder Leeren im Gestein an. Das durchschnittliche spezifische Gewicht dieser 33 Granite ist 2,647. Wenn wir mittels dieses Wertes unser Wassergewicht in Volumen umwandeln, finden wir, daß sein Volumen  $1/90$  von dem des Gesteins ist. Für die vier Diabasen und Gabbros ergibt sich in ähnlicher Weise das Absorptionsverhältnis  $1/310$ ; das spezifische Gewicht ist 2,776 und das Verhältnis der Volume  $1/110$ . Wir können all dies deutlicher ausdrücken, indem wir sagen, daß, wenn wir einen Granitwürfel annehmen und wenn wir alle seine Höhlungen in einen Spalt vereinen, der durch ihn hindurchgeht, parallel einer seiner Seiten, dann wird die Weite des Spaltes zu der Würfelkante sich verhalten wie 1:90. Bei den Diabasen und Gabbros wird bei ähnlicher Behandlung das Verhältnis 1:110 sein. Diese Werte sind sehr nahe dieselben wie der Durchschnitt der Verhältnisse der Würfelkanten von Gesteinen und Erzen, welche oben in der Tafel gegeben sind, nämlich 1:104. Wir können somit schließen, daß, soweit wir den früheren Schluß durch experimentelle Daten kontrollieren können, er nicht weit von der Wahrheit entfernt ist.

Es kann erwähnt werden, daß die porphyrtartigen vulkanischen Gesteine, welche nahezu alle Proben für die obigen Analysen geliefert haben, in der Regel äußerst dicht sind und daß ihr Absorptionsvermögen mehr dem der kompakten Granite nahe kommt als dem der offen texturierten. Es ist höchst unwahrscheinlich, daß Grundwasser durch diese Gesteine in irgend merklichem Grade zirkuliert, außer längs der Spalten, welche auf mechanischem Wege erzeugt worden sind, entweder durch Zusammenziehung beim Abkühlen und Kristallisieren, oder durch Faltung und Erdbewegungen. Die Spalten durch Faltung sind in ihrer Ausdehnung sehr beschränkt, und in der größeren Zahl unserer Bergdistrikte beeinflussen sie nur schmale Gürtel, kleine Bruchstücke des Ganzen. Von den Spalten infolge des Abkühlens und Kristallisierens können diejenigen unter uns, welche Gesteinsflächen in Durchschnitten und Driften unter der Erde gesehen haben, wo Durchstiche von den eigentlichen

Adern weggenommen worden sind, sich eine Vorstellung bilden, wenn wir das vom Sprengen erzeugte Zertrümmern ausscheiden. Mein persönlicher Eindruck ist, daß sie in den Gesteinen in etwa 1000 Fuß unter der Oberfläche weit von einander getrennt sind, und daß, wenn sie durch die eben angegebenen Verhältnisse kontrolliert werden, sie entschieden ungünstige Materialien sind, aus denen das langsam sich bewegende meteorische Grundwasser (wenn ein solches existiert) so beschränkte und fein verteilte Bestandteile der Metalle extrahieren kann.

Ich habe ferner versucht, die Schlüsse zu kontrollieren durch die verbürgte Erfahrung beim Cyanisieren der Golderze, bei dem das feine Zerreiben so wichtig ist, und ich kann der Überzeugung nicht widerstehen, daß wir geneigt waren zu glauben, das Auslaugen kompakter unterirdischer Gesteinsmassen sei ein viel leichter und wahrscheinlicher Vorgang, als die erreichbaren Daten verbürgen.

Sobald wir jedoch es mit den offen texturierten Sedimentbruchstücken und vulkanischen Tuffen und Breccien zu tun haben, ist die Durchgängigkeit so erhöht, daß sie ihr Auslaugen zu einer relativ einfachen Sache macht. Doch soweit die zur Verfügung stehenden Daten reichen, sind sie arm an Metallen, oder außerdem dem Verdacht sekundärer Imprägnierung offen. Sicherlich sind sie selten, wenn überhaupt, von den Erforschern der Bergwerksgebiete als die wahrscheinliche Quelle der Metalle in den Adern erwählt worden.

Sollten die obigen Einwände gegen die Wirksamkeit der meteorischen Wässer gut begründet erscheinen oder wenigstens Bedeutung haben, so folgt, daß die Arena, wo sie meist, wenn nicht hauptsächlich wirksam sind, die vadose Region ist, zwischen der Oberfläche und dem Niveau des Grundwassers. Zweifellos nehmen sie aus diesem Abschnitt die Metalle in Lösung und führen sie in die Tiefe. Aber es ist gleichfalls wahr, daß sie einen großen Teil ihrer Ladung verlieren, besonders in den Fällen des Kupfers, Bleis und Zinks an oder nahe dem Niveau des Grundwassers und daß sie besonders wirksam sind bei der sekundären Anreicherung bereits gebildeter, aber verhältnismäßig armer Erzkörper.

Lassen Sie uns nun zurückkehren zu den magmatischen Wässern. Daß die Lavaströme, welche die Oberfläche erreichen, mit ihnen schwer beladen sind, ist nicht zweifelhaft. So schwer beladen sind sie, daß Prof. Ed. Suess in Wien und unser Mitglied Prof. Robert T. Hill in New York Gründe hatten für den Schluß, daß selbst die Wasser der Ozeane in früheren Stadien der Erdgeschichte eher aus Vulkanen abstammen, als, nach dem alten Glauben, die Vulkane ihren Dampf von nach unten durchsickerndem Seewasser ableiten. Aus Essen wie dem Mont Pelée, der in Perioden außerordentlicher Ausbrüche keine geschmolzene Lava gibt, erheben sich die Dämpfe in solchem Volumen, daß Kubikmeilen unsere Maßstäbe werden.

Es liegt kein Grund vor zu glauben, daß viele von den vulkanischen Gesteinen, welche die Ober-