

## Die Umwandelungs-Produkte alter Bronzen.

Ein Beitrag zur Genesis einiger Kupfererze, insbesondere des Kupferoxyduls

von

Herrn Dr. **F. Wibel.**

---

Die Umwandlungen, welche Bronze-Gegenstände durch ihre lange Lagerung im Erdboden oder im Wasser erlitten haben, sind schon frühe und von Seite hervorragender Forscher (SAGE, DEMESTE, DE MORVEAU, KLAPROTH, NÖGGERATH, VAUQUELIN etc.) in ihrer Bedeutung für die Mineralogie erkannt worden. Aber nicht bloss in dieser Beziehung, sondern auch in anderen haben dieselben als Beispiele für gewisse Erscheinungen gedient, wie denn z. B. J. DAVY und G. BISCHOF \* in dem Auftreten krystallisirten Rothkupfererzes eine besondere Art der Krystallisation im starren Zustande und BECQUEREL in der eigenthümlichen, von Aussen nach Innen fortschreitenden Veränderung der Gegenstände einen unterstützenden Beleg zu der von ihm allgemeiner angenommenen »Cementation« zu erkennen glaubten. Ganz besonders ist es jedoch jene erste Bedeutung, welche auch in neuerer Zeit zu einem Studium der Bronzen Veranlassung gab und beispielsweise von CHEVREUL (1856) und REUSS (1860) \*\* mit Recht vorangestellt wurde. Da ich nun Gelegenheit hatte, einige solcher alter Bronzen zu untersuchen, möge es mir gestattet seyn, die Ergebnisse

---

\* G. BISCHOF, Lehrb. d. physik. u. chem. Geologie. 1. Aufl. II, 227 und 2046.

\*\* A. REUSS in diesem Jahrbuche 1860, S. 813.

kurz mit dem, was bisher geleistet worden ist, zusammenzufassen und der Öffentlichkeit zu übergeben.

Zunächst einige Worte über die Art und chemische Constitution der an besagten Gegenständen vorkommenden Umwandlungsprodukte!

Der allbekannte grüne Überzug, den in grösserem oder geringerem Grade fast alle Bronzen aufweisen, wird in der Regel mit Recht als ein Kupferoxyd-Carbonat betrachtet werden. Von anderen Beobachtern einfach *Patina* oder *Aerugo nobilis*, von manchen (FELLENBERG, BODEMANN) als Grünspan \*, von wieder anderen als Malachit bezeichnet, ist es in der That schwer, seine eigentliche Natur festzustellen. FELLENBERG theilt einmal die Analyse eines solchen Überzuges mit:

$\text{SnO}_2$	=	13,81	
$\text{CuO}$	=	57,28	= 66,46
Verlust an $\text{HO}$ u. $\text{CO}_2$	=	28,91	= 33,54
		100,00	100,00,

woraus man, allerdings nur mit geringer Wahrscheinlichkeit, die Formel  $[\text{5}(\text{CuOCO}_2) + \text{CuOHO}]$  mit 66,67%  $\text{CuO}$  entnehmen könnte. Nicht immer nämlich ist der grüne Überzug, der meist aus einer dichten, erdigen oder krystallinisch-faserigen Masse besteht, in einer so starken, schalenartigen Umhüllung auf der Oberfläche der Gegenstände vorhanden, dass er sich frei loslösen und der Analyse unterwerfen lässt, sondern sehr häufig zeigt er sich nur an einzelnen Stellen der mehr oder minder braunen Aussenfläche und in kugeligen Aggregaten der inneren Hohlräume, in welchem beiden Fällen eine nähere, sichere Bestimmung unmöglich wird. Nur wo die gesammte Textur und Struktur desselben, oder gar die Beobachtung bestimmter Krystallformen (DE MORVEAU, BECQUEREL) eine hinreichende Vergleichung zulässt, möchte er als identisch mit dem natürlichen Malachit ( $\text{CuOCO}_2 + \text{CuOHO}$ ) betrachtet werden dürfen.

Bisweilen ist die grüne Hülle nicht einmal ein Carbonat, sondern wie CHEVREUL beobachtete, ein Oxychlorkupfer, dem Atakamit entsprechend; nicht selten aber fehlt eine solche über-

---

\* Es wird hierunter allerdings immer ein Carbonat, nicht wie in der Chemie ein essigsäures Salz des Kupferoxyds verstanden.

haupt ganz. Mehrfach ist auch ein blaues Carbonat als Beimengung des grünen wahrgenommen und kurzweg für Kupferlasur [ $2(\text{CuOCO}_2) + \text{CuOH}$ ] gehalten worden (DEMESTE, BEQUEREL, CHEVREUL, REUSS). Es erscheint bisweilen in ordentlicher Wechsellagerung oder knollenartiger Verwachsung mit dem grünen Carbonat, bisweilen sogar krystallisirt (BEQUEREL); aber nur im letzteren Falle kann seine Identität mit Lasur als völlig erwiesen gelten. An den von mir untersuchten Bronzen fand ich daselbe nicht.

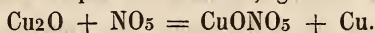
Noch weniger sicher, weil noch schwerer bestimmbar, ist das Vorkommen von freiem Kupferoxyd, welches VAUQUELIN, J. DAVY und REUSS beobachtet haben wollen. Es liegt indess die Wahrscheinlichkeit desselben so nahe, und scheint in der so häufig wahrzunehmenden schwärzlichbraunen Farbe des Überzugs so sehr angedeutet, dass man wohl weniger scrupulös hinsichtlich der Beweise seyn darf.

Zinnoxid, Silber (REUSS), Eisenoxyd, Chlorblei und Chlorkupfer (CHEVREUL), welche mit Ausnahme der ersten, häufiger beobachteten Substanz, an einigen Bronzen aufgefunden wurden, sind ihrem Ursprunge nach sofort aus dem Gehalte der Bronzen an Zinn, Blei, Silber etc. oder dem der umwandelnden Agentien an Chlor, Eisen etc. zu erklären. Sie finden sich sämmtlich in der aus den Carbonaten oder dem Oxyd resp. dem Oxydul gebildeten, äusseren Umhüllung, theils nur chemisch nachweisbar, theils aber auch ohne Weiteres mikroskopisch erkennbar. Dass das Zinnoxid nicht häufiger unter den Umwandlungs-Produkten aufgeführt wird, obschon ja das Zinn ein nie fehlender Bestandtheil der Bronzen ist, möchte in zwei Ursachen begründet seyn; erstens nämlich wird das Zinn weit schwieriger oxydirt als Kupfer und zweitens ist es in verhältnissmässig doch so geringer Menge in der Bronze vertheilt, dass nur bei der oft nicht möglichen chemischen Analyse des Überzugs seine Erkennung erreichbar wird. Übrigens kann auch hier auf seine Gegenwart überall da geschlossen werden, wo die Beobachter von einem »grauen, graubraunen oder gräugrünen« Rostüberzuge sprechen.

Wenden wir uns von der Aussenfläche zu dem Inneren der Bronzen, so finden wir, dass in sehr zahlreichen Fällen unter der



Decke der Carbonate etc. sey es eine deutlich ausgeprägte Schicht, sey es eine in den Poren der noch unveränderten Bronze-Masse zerstreute Menge von Kupferoxydul erscheint, welche schon deshalb von hervorragender Bedeutung für die Untersuchung seyn wird, weil die chemische Constitution und somit die völlige Identität dieses Körpers mit dem natürlichen Rothkupfererz ausser allem Zweifel steht. Wo das Oxydul einen wirklichen Überzug bildet, zeigt es meist einen krystallinischen oder ziegelrotherdigen Zustand; wenn es, wie sehr allgemein, die Hohlräume der Bronzemasse bis tief in deren Inneres hinein erfüllt, so erkennt man theils unbewaffnet, theils mit dem Mikroskop die prächtigsten, rubinrothen, oktaedrischen Krystallisationen. Als Gegenprobe behandelte ich ein mit solchen Krystallen durchzogenes Bruchstück mit verdünnter Salpetersäure und fand auch nach einiger Zeit die Krystalle mit Beibehaltung ihrer Form oberflächlich in metallisches Kupfer verwandelt, gemäss der Gleichung:



Da im Allgemeinen mit dem Auftreten des Kupferoxyduls an Bronzen eine tiefgehende Corrosion derselben verbunden ist, so hat man schon sehr früh dessen Gegenwart erkannt; soweit ich aus der Litteratur ersehen, hat SAGE dieselbe zuerst beschrieben (1779).

Obwohl bisher nur in zwei Fällen wahrgenommen, und auf den ersten Blick hin widersinnig erscheinend, ist eine Beimengung von Krystallen neugebildeten metallischen Kupfers unter denen des Kupferoxyduls besonders hervorzuheben. Die Beobachtungen J. DAVY's an einem alten Helme \* und diejenigen von HÜNEFELD und PICTH \*\*, welche »kubische, bisweilen oktaedrische, theils an der Legirung fest sitzende, theils in dem Oxydul frei umherliegende Krystalle« wahrnahmen, treten mit solcher Bestimmtheit auf, dass ich kein Recht finde, an ihrer Richtigkeit zu zweifeln, trotzdem weder spätere Forscher noch ich selbst dergleichen gesehen habe. Dieses Vorkommen wird, wie ich zu zeigen hoffe, von beträchtlichem Einflusse auf die Vorstellung werden, welche

\* J. DAVY, FRORIEP's Notizen XIII, S. 184.

\*\* HÜNEFELD und PICTH, RÜGEN's metallische Denkmäler. Leipzig, 1827. S. 41.

wir uns von dem Umwandelungs-Processse der Bronzen im Allgemeinen und *in specie* von der Bildung des Oxyduls zu machen im Stande sind.

Zu dieser unserer wichtigsten Aufgabe will ich mich daher sofort wenden, nachdem im Vorigen die Reihe der beobachteten Umwandlungs-Produkte kurz dargelegt und aus dem Vorkommen das allgemeine Bild erlangt worden ist, dass die umgewandelten Bronzen wesentlich zwei verschiedene Veränderungen erleiden, eine zu Kupferoxydul und eine zu Carbonaten, welche an einem und demselben Gegenstande in der Weise vereinigt seyn können, aber nicht müssen, dass die erstere Substanz die unmittelbare Berührung mit dem Metalle, die letzteren die äussere Umhüllung bilden.

Da die auf die Bronzen einwirkenden umwandelnden Agentien, bei deren bekannter Lagerung in den oberen Erdschichten, in den Pfahlbauten oder im Meere gewiss vorwiegend der Sauerstoff und die Kohlensäure der Gewässer sind, so hat man den Umbildungs-Process jener als einen langsamen Oxydations-Process aufgefasst, dergestalt, dass das Kupferoxydul die erste unvollständige Stufe, die Carbonate dagegen die vollendete Phase desselben anzeigen. Die Überlagerung des ersteren durch die letzteren schien diese Annahme nicht allein zu bestätigen, sondern liess zugleich die überraschendste Ähnlichkeit mit der im Mineralreich so häufig beobachteten Superposition von Kupfer, Rothkupfererz und Malachit erkennen. Rückschliessend betrachtete man das eine Vorkommen als Beleg für die gleiche Entstehung des anderen, und die wässerige Bildung der beiden Substanzen auf dem Wege der Oxydation galt dort (an den Bronzen), wie hier (im Mineralreich) für endgiltig erwiesen.

Dass allerdings die Carbonate der Bronzen Oxydations-Produkte sind, wird niemals bezweifelt werden, da gar kein anderer Weg denkbar ist. Nehmen wir an, dass sie wirklich in den meisten Fällen mit dem Malachit und dem Azurit gleiche Constitution besitzen, so wird die Annahme einer gleichen Entstehung der letzteren wohl unterstützt, wenn sie dessen überhaupt noch bedürfte. Mineralogisch von Interesse ist jedoch diese Frage nur hinsichtlich der Kupferlasur, da wir über deren

mögliche Bildung noch sehr im Unklaren sind. Es genüge hier darauf hinzuweisen, dass das Vorkommen der Lasur an Bronzen die Beobachtung des Dr. SENFT, es werde bei der Oxydation von Kupfer in ammoniakalischen Flüssigkeiten und bei gleichzeitiger Gegenwart von Kohlensäure Kupferlasur gebildet, zu bestätigen scheint. Denn dass in den auf die Bronzen einwirkenden Gewässern Ammoniaksalze enthalten sind, ist, wie später besonders betont werden wird, kaum zu bezweifeln, ob aber für die Bildung der natürlichen Kupferlasur gleiche Verhältnisse angenommen werden dürfen, möchte sehr fraglich seyn, zumal über die hier herrschenden Wechselbeziehungen zum Malachit an den Bronzen Nichts zu beobachten ist.

Das wirkliche Auftreten von Kupferoxyd vorausgesetzt, versteht sich dessen Bildung durch einfache Oxydation ebenso von selbst, wie bei den Carbonaten. Die in diesen wie in jenem sonst aufgefundenen Beimengungen entspringen theils demselben einfachen Prozesse, z. B. das Zinnoxid, theils der gleichzeitigen Einwirkung besonderer Salze, z. B. ein Überzug von Oxychlorkupfer, ein Vorkommen von Chlorkupfer und Chlorblei der Gegenwart von Chlornatrium haltenden Wassern.

Auch das Entstehen des Kupferoxyduls an Bronzen wird, wie erwähnt, einfach einer unvollständigen Oxydation des Kupfers zugeschrieben, trotzdem ja auch ein umgekehrter Weg, nämlich der der Reduktion aus anfänglich gebildetem Oxyd-Salz, möglich wäre. Und indem ich in der That der Überzeugung geworden bin, dass nur der letztgenannte Process die Erscheinungen an den Bronzen zu erklären vermag, sey es mir gestattet, etwas ausführlicher auf diesen Punkt einzugehen.

Von allem Anderen abgesehen\* würde die Ansicht, dass das Oxydul die erste Stufe der beginnenden Oxydation sey, wesentlich an Halt gewinnen, wenn sich zwischen seinem Auftreten und dem der Carbonate ein inniger Zusammenhang erkennen liesse. Wäre in der That stets unter der Hülle der letzteren eine Bildung von Oxydul wahrzunehmen, so hätte man ein Recht, bei der Gleichheit der einwirkenden Agentien auf die Gleichheit

---

\* Die bisher nicht genug beachtete Möglichkeit, dass das ganz im Inneren der Bronzen auftretende Oxydul von dem Gusse der Gegenstände herühren kann, lasse ich auch vorläufig unberücksichtigt.



der Bildungs-Processe für beide Substanzen zu schliessen. Statt dessen haben wir gesehen, dass nicht selten eine völlige Abwesenheit des Oxyduls trotz beträchtlicher Anhäufung von Carbonat beobachtet worden ist, wie diess auch REUSS besonders hervorhebt. Noch entscheidender wird die Unabhängigkeit der Oxydul-Bildung von der der Carbonate aber in den Fällen nachgewiesen, wo wir von der Gleichheit der wirkenden Agentien noch fester überzeugt seyn können, z. B. dann, wenn wir an Bronzen aus einem und demselben Fundorte (Grab, Urne etc.) einen ganz verschiedenen Grad der Umwandlung erkennen. So führt FELLEBERG zwei aus einem und demselben Grabe zu Sitten im Wallis stammende Bronzen an, deren eine ganz in Oxydul verwandelt, die andere ganz frei von demselben ist, während sie beide eine nahezu gleiche Menge an Carbonat aufweisen. Zwei von mir untersuchte Bronzen von Bordesholm in Holstein zeigten die gleiche Erscheinung, und um einen annähernden Begriff von dem quantitativen Unterschied der Umwandlung zu erhalten, habe ich denselben mittelst eines besonderen Verfahrens zu bestimmen gesucht. Darnach enthielten die beiden Stücke:

	A.	B.
Unveränderte Bronzemasse . . . . .	77,35	87,25
Kupferoxydul . . . . .	20,38	10,70
Malachit . . . . .	2,27	2,05
	<hr/> 100,00	<hr/> 100,00.

Wie kann nun wohl solch eine beträchtliche Differenz in dem Oxydul-Gehalt zweier Bronzen aus demselben Grabe anders erklärt werden, als dadurch, dass zu seiner Bildung ganz andere Bedingungen erfordert werden als zu derjenigen der Carbonate? Und wie lässt sich diess unter bewandten Umständen anders verstehen, als dass ein ganz anderer Process seine Entstehung veranlasst hat?!

Treten zu diesen Erwägungen nun noch die anderen, dass mit der Annahme der Oxydationstheorie das Vorkommen des krystallisirten Kupferoxyduls eine Krystallisation im starren Zustande unter gleichzeitiger chemischer Umwandlung voraussetzt, für welche wir sonst kein einziges Beispiel kennen, und dass alle Thatsachen der Chemie eine Bildung des Oxyduls auf dem allei-

nigen Wege der Reduktion (für gewöhnliche Temperatur- und Druck-Verhältnisse) feststellen, so wird die eben ausgesprochene Vermuthung noch viel gerechtfertigter.

Und in der That, wenn wir berücksichtigen, dass die auf die Bronzen wirkenden Gewässer nicht bloss Sauerstoff und Kohlensäure, sondern zumal bei den in Gräbern, Torfmooren etc. gefundenen Gegenständen auch mannigfache Salze, z. B. des Ammoniaks, enthalten, und dass das Kupfer eine besonders starke Neigung zur Bildung von Oxyd-Doppelsalzen besitzt, so werden wir mit Recht behaupten dürfen, dass bei der zunächst erfolgenden Wechselwirkung zwischen Bronzen und Gewässern Salze des Oxyds oder jedenfalls Lösungen des etwa gebildeten Oxyduls entstehen. Die Bildung löslicher Salze des Kupfers ist schon desshalb geradezu nothwendig, weil bei der ausserordentlichen Volumzunahme, welche mit der Umwandlung zu Carbonat verknüpft ist, eine Erhaltung der Form der Gegenstände undenkbar wäre, wenn nicht ein aliquoter Theil der Umwandlungsprodukte zugleich fortgeführt würde: eine Folgerung, welche durch die direkten Beobachtungen von REUSS über einen Blattabdruck auf einem Paalstabe und von FELLEBERG über die völlig grüne Färbung der Fingerknöchel eines Gerippes, an deren Finger sich Bronzeringe befanden, bestätigt wird.

Steht es demnach als das Wahrscheinlichste fest, dass bei unmittelbarer Berührung der wirkenden Agentien mit den Bronzen Lösungen der Oxydsalze des Kupfers entstehen, so kann das Kupferoxydul nur durch Reduktion gebildet seyn. Damit ist dann die Übereinstimmung mit den Thatsachen der Chemie erzielt, damit auch die Schwierigkeit in der Erklärung seines krystallisirten Vorkommens sofort gehoben. Durch welchen Reduktionsprocess aber ist jene Ausscheidung erfolgt? Wohl darf man hier an die Thätigkeit der entschieden gegenwärtigen organischen Substanzen, ebenso aber auch an die Beobachtung ERDMANN's denken, dass aus ammoniakalischen Kupferoxyd-Lösungen sich allmählig Oxydul ausscheidet, welche beiden Prozesse möglicherweise grade bei der Bildung des erdigen Oxyduls an den Bronzen thätig gewesen sind. Ganz besonders geeignet für eine völlig befriedigende Erklärung erscheint mir jedoch der im Fol-



genden kurz zu beschreibende Bucholz'sche Versuch \*, den ich in mannigfacher, für unsern Zweck nothwendiger Variation wiederholte.

Schichtet man vorsichtig über eine Lösung von salpetersaurem Kupferoxyd ein etwa gleiches Volum Wasser, so dass keine Vermischung eintritt und stellt alsdann einen durch beide Schichten hindurchgehenden Kupferblechstreifen in das Gefäss, so gewahrt man alsbald die Ausscheidung von Kupfer in undeutlichen Krystallen oder warzenförmigen Aggregaten und von Kupferoxydul in schönen Krystallen an dem Bleche. Bringt man nur in die untere Schicht des Kupfernitrats ein Kupferblech, so erfolgt dennoch die Abscheidung nach etwas längerer Zeit, zum Belege, dass die durch die Diffusion bedingte, ungleiche Concentration der Nitrat-Lösung schon hinreicht, den Process einzuleiten. In diesem wie im ersteren Falle erscheint bei Anwendung stark verdünnter Kupfer-Lösung nur Kupferoxydul. Das salpetersaure Salz konnte durch ein essigsaures Salz ersetzt werden, wobei die Wirkung ganz ebenso, nur etwas schwächer, eintrat. Indem diese Thatsachen eine mit der unserigen überraschend ähnliche Reduktion der Oxydsalz-Lösungen durch Kupfer aufweisen, bleibt es für uns ganz gleichgiltig, worauf dieselbe schliesslich beruhen mag, ob auf einer galvanischen Erregung und deren electrolytischer Wirkung oder ob auf einer verwickelten chemischen Zersetzung. Unleugbar ist, dass sie nicht allein die Abscheidung krystallisirten Kupferoxyduls, sondern auch, was von hervorragender Bedeutung ist, das Auftreten der neugebildeten Kupfer-Krystalle an den Bronzen auf das Bündigste zu erklären vermag. Auf welche andere Weise könnte man sich gerade über diese nicht zu bestreitende Beobachtung Rechenschaft geben? Gewiss auf keine andere in so klarer und einfacher Form! Die Kupfer-Krystalle sind, wie mir scheinen will, ein Kriterium für die absolute Richtigkeit der Erklärung.

Um indess auch sonstige Bedenken gegen diese Ansicht zu zerstreuen, möge nun zum Schluss eine übersichtliche Darstellung des ganzen Umwandlungs-Processes folgen.

---

\* GEHLEN'S Journ. d. Chem. u. Phys. 1808, V, S. 127 ff. Annalen d. Chem. u. Pharm. 1853, Bd. 85, S. 253.

Auf die Bronze-Gegenstände wirken die mit Sauerstoff, Kohlensäure und einem grösseren oder geringeren Gehalt an Salzen beladenen Gewässer ein. Unter Fortführung gebildeter löslicher Salze überziehen sie sich je nach den Verhältnissen mit einer Schicht unlöslicher Carbonate oder von Kupferoxyd, wodurch die Form der Gegenstände erhalten bleibt. Vermöge der Capillaritätswirkung\* dringen alsdann durch den porösen Überzug obige Wasser in's Innere, greifen das Metall fortschreitend an, bilden eine Schicht löslichen Kupferoxyd-Salzes und lassen einen Theil derselben vermöge der Diffusion nach Aussen treten. Aus gleichem Grunde wird sich in der einerseits von dem Metalle, andererseits von der äusseren schwerlöslichen Hülle begrenzten Flüssigkeit allmählig ein verschiedener Concentrationsgrad herstellen: und nun sind alle Bedingungen für die Wirksamkeit des BUCHOLZ'schen Processes erfüllt. Waren die Gewässer stark beladen, so bildete sich eine concentrirtere Kupferlösung, so dass selbst metallisches Kupfer aus derselben gefällt werden konnte (Kupfer-Krystalle der Bronzen); waren sie, wie voraussichtlich in den weitaus meisten Fällen nur schwach beladen, so resultirten nur Kupferoxydul-Krystalle. Dass aber überhaupt der Process vorwiegend in den durch den Angriff der Gewässer selbst geschaffenen Poren von Statten geht, begreift sich leicht aus der grösseren Ruhe, welche die Flüssigkeit daselbst findet; und dass er eine wirklich fortschreitende Umwandlung der Gegenstände bewirkt, erhellt aus dem fortgesetzten Austausch eines Theiles der gebildeten Kupfer-Lösung gegen neues Lösungsmittel von Aussen. Wo die Abwesenheit von Kohlensäure oder andere Umstände die Bildung einer schwerlöslichen Hülle verhindern, wird bei geeigneten Verhältnissen jener Vorgang direkt an der Oberfläche der Bronze statthaben; und wenn umgekehrt ein zu schneller Wechsel der Flüssigkeiten erfolgt (wie z. B. an den sehr wasserreichen Fundorten), so wird derselbe ganz ausbleiben, weil die nöthigen Bedingungen der Ruhe

---

\* Capillarität und Diffusion scheinen mir an Bronzen ebensogut wie an sämtlichen Umwandlungs-Pseudomorphosen des Mineralreichs zur Erklärung der von Aussen nach Innen fortschreitenden Zersetzung völlig zu genügen und eine Annahme einer besonderen Wanderung starrer Körperteilchen (BECQUEREL's „Cementation“) wenigstens für diese Fälle überflüssig.

u. s. w. fehlen. Da nun dieser Mangel zugleich aus mancherlei anderen rein zufälligen Ursachen der Lagerung entspringen kann, wird es leicht begreiflich, dass Bronzen eines und desselben Grabes neben einem gleichen Gehalt an Carbonaten einen sehr ungleichen Gehalt an Kupferoxydul aufzeigen. Kurz, alle wirklich beobachteten Verhältnisse an den Bronzen gehen, wie ich glaube, klar und einfach aus vorerwähnter Erklärungsweise hervor.

---

Das Hauptresultat vorstehender Untersuchungen an alten Bronzen besteht demnach darin, dass das Kupferoxydul an ihnen nicht durch Oxydation des Metalles, sondern durch Reduktion zuvor gebildeter Oxyd-Salze entstanden ist. Indem dadurch einerseits der bisherigen allgemein giltigen Ansicht entgegengetreten wird, sieht sich andererseits auch die Anschauung über die Bildung des natürlichen Rothkupfererzes einer ihrer wesentlichsten Stützen beraubt. Es gilt daher eine neue für dessen Entstehung im Mineralreiche giltige Anschauung zu gewinnen. Bei den nahen Beziehungen desselben zu dem gediegenen Metalle wird sich die Untersuchung auch auf letztern hochwichtigen Körper erstrecken. Auf diesem Wege bin ich denn selbst, angeregt durch die Erscheinungen an alten Bronzen, dahin gelangt, eingehendere Untersuchungen über beide Mineralsubstanzen vorzunehmen, und habe dabei die Erkenntniss gewonnen, dass auch im Mineralreich das Kupferoxydul durch Reduktion von Oxyd-Lösungen (mittelst Eisenoxydul) gebildet worden ist. Hinsichtlich der übrigen Ergebnisse derselben darf ich wohl auf das vor Kurzem von mir erschienene Schriftchen »das Gediegen-Kupfer und das Rothkupfererz« verweisen, in welchem eine möglichst allseitige Beleuchtung der hier einschlagenden Fragen versucht wurde.\*

---

\* Vergl. Jahrb. 1864, 855.



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie](#)

Jahr/Year: 1865

Band/Volume: [1865](#)

Autor(en)/Author(s): Wibel Ferdinand

Artikel/Article: [Die Umwandelungs-Produkte alter Bronzen 400-410](#)