

XXV. Zur Krystallisation des Goldes.

Von

Edward S. Dana in New Haven*).

(Mit 8 Holzschnitten.)

Einige interessante Goldvorkommen, an denen ich einige neue Erscheinungen zu beobachten Gelegenheit hatte, lenkten meine Aufmerksamkeit auf diesen Gegenstand.

Bekanntlich ist die Deutung der Krystallformen der gediegenen Metalle Gold, Silber und Kupfer mit ungewöhnlichen Schwierigkeiten verknüpft, ihre Erkenntniss ist wesentlich gefördert worden durch die Beobachtungen von Rose**). Später hat vom Rath***) wichtige Beiträge geliefert durch die Entzifferung der complicirt krystallisirten platten- und astförmigen Goldgebilde; während Helmhacker†) die interessanten Goldkrystalle von Sysertsk beschrieb.

Die Zahl der beobachteten Krystallformen ist wesentlich vermehrt worden durch die Beobachtungen von v. Jeremejew††), Lewis†††), Fletcher§) und Werner§§).

1. Gold von Oregon.

Die zarten Krystallästchen und baumartigen Gebilde des Goldes von der White Bull mine in Oregon bilden schon seit geraumer Zeit eine hervorragende Zierde der Sammlungen, besonders der amerikanischen. Es ist

*) Aus dem Augustheft des Amer. Journ. of. Sc. vom Verf. mitgetheilt.

) Pogg. Ann. 1834, **23, 496; Reise nach dem Ural 1837, **1**, 498 et al.

***) Diese Zeitschr. **1**, 4.

†) Diese Zeitschr. **1**, 544.

††) Verhandl. d. k. min. Ges. St. Petersburg 1870, **2**, 402.

†††) Diese Zeitschr. **1**, 67.

§) Diese Zeitschr. **5**, 414.

§§) Diese Zeitschr. **7**, 604.

Neigung, die Symmetrie eines Systemes in Krystallen eines anderen nachzuahmen, findet vielleicht theilweise ihre Erklärung in der Thatsache, dass die Flächen eines Krystalls, ob sie nun auf das eine oder andere System bezogen werden, immer rationale Symbole erhalten. Stellen wir das Hexaëder mit seinen trigonalen Axen vertical und betrachten es als Grundrhomboëder mit 90° Kantenwinkel, so gruppiren sich die Flächen der Ikosite-träeders wie es die Figg. 1, 2 und 3 zeigen. Die Flächen (113), (311), (134) mit ihren drei entgegengesetzten bilden ein flaches Rhomboëder mit dem Zeichen $(20\bar{2}5)\frac{2}{3}R$ und einem Polkantenwinkel von $50^\circ 29'$. Die sechs angrenzenden Flächen (113), (311), (311), (134), (134), (113) mit ihren parallelen bilden eine hexagonale Pyramide zweiter Ordnung mit dem Zeichen $\frac{4}{3}P2(22\bar{4}3)$ und dem Pol- resp. Randkantenwinkel von $50^\circ 29'$ resp. $62^\circ 58'$. Die sechs übrigen Flächen, nämlich (113), (311), (134) und deren parallele bilden ein spitzes Rhomboëder vom Zeichen $4R(40\bar{4}1)$ und dem Kantenwinkel $117^\circ 2'$.

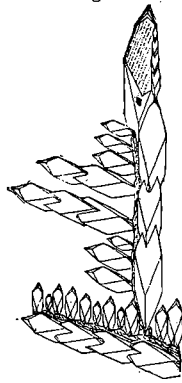
Die vorherrschende Form ist überall das letzterwähnte spitze Rhomboëder, gewöhnlich mit Spuren der Pyramide. Die einfachen Krystallästchen nun sind aufgebaut aus einer dichtgedrängten Reihe solcher Rhomboëder in paralleler Stellung, wie dies Fig. 4 veranschaulicht. Das Endkryställchen ist meistens grösser als die anderen, häufig skelettartig mit vorspringenden Kanten, den grössten Theil der Fläche eingedrückt und wie es scheint aufgebaut aus einer Reihe zierlicher, paralleler Drähtchen aus mattem Gold, welche die zartesten von einem geschickten Goldarbeiter gemachten Ornamente nachahmen.

Der Aufbau dieser Aestchen aus parallel gestellten Kryställchen ist aber nicht auf eine einzige Richtung beschränkt, meistens sind es zwei dicht aneinander liegende Reihen mit einer schwachen Rinne dazwischen und einer dritten, in welcher die Krystalle sich ebenfalls in paralleler Stellung befinden, aber nach einer anderen oktaëdrischen Axe verlängert sind. In diesem Fall ist jede Fläche eines Krystalls in einer Reihe parallel einer solchen in einer anderen, aber diese Flächen haben in der rhomboëdrischen Entwicklung verschiedenen Werth. Fig. 5 zeigt eine Reihe solcher Krystalle von einer unten befindlichen abzweigend. Die zweite Reihe der Krystalle parallel der ersten ist nicht sichtbar, dagegen ist es die dritte, in welcher die Krystalle in der Richtung der anderen Axe verlängert sind. Diese letzteren sind so gezeichnet, als ob sie dieselbe rhomboëdrische Entwicklung wie die anderen hätten, was zwar öfters auch der Fall ist; aber ebenso oft kommt es vor, dass diese Verlängerung

Fig. 4.



Fig. 5.



minder hervortretend ist, so dass die Krystalle viel weniger von der gewöhnlichen ikositetraëdrischen Form abweichen. Die Aestchen sind dann in der einen Richtung aufgebaut aus einer Reihe oder Reihen von spitz-rhombödrischen Formen, in der anderen aus winzigen rundlichen Kryställchen. Diese mehrfach verzweigten Aestchen laufen dann öfters in ein spitzes Drähtchen aus mit Andeutung von Krystallflächen, aber ohne scharf unterschiedene Formen zu zeigen.

Auch die ausführlichste Beschreibung vermag nicht die Mannigfaltigkeit dieser Formen zu erschöpfen, ebensowenig wie keine Zeichnung im Stande ist, die Zierlichkeit und Feinheit dieser Gebilde wiederzugeben, von denen die baumartig verzweigten die schönsten sind. Manchmal gehen von einem einzelnen Stengel eine Reihe feiner Fädchen aus, bei andern ist diese Verzweigung wiederholt, aber mit solcher Vollkommenheit, dass jedes einzelne Kryställchen deutlich unterschieden werden kann.

Andere Gebilde haben die Form einer Feder mit einem stärkeren Schaft, zu dessen beiden Seiten die feinsten Fäserchen ausweichen, welche einen Winkel von $70^{\circ} 32'$ mit einander bilden. Der mittlere, stärkere Schaft ist dabei senkrecht zu einer Fläche (111), während die Verzweigungen in einer Richtung senkrecht zu ($\bar{1}\bar{1}\bar{1}$) resp. ($\bar{1}\bar{1}\bar{1}$) davon ausgehen. Unter allen Umständen aber haben wir es hier mit einfacher Parallelverwachsung zu thun, und es ist nicht nöthig, eine Zwillingsbildung zur Erklärung der beobachteten Formen zu Hilfe zu ziehen. Das einzige ähnlich schöne Vorkommen solcher Goldwachstumsformen, welches ich zu sehen Gelegenheit hatte, stammt von der Oregon Mine. Auch in der Sammlung des Herrn Clarence S. Bement in Philadelphia befindet sich ein ähnlich ausgebildetes ungarisches Stück.

2. Gold von Californien.

Die Goldminen Californiens haben sehr viel und ausgezeichnet krystallisiertes Gold geliefert, von dem aber leider nur wenig erhalten wurde. Ueber das Vorkommen ist bis jetzt, ausser einer etwas populär gehaltenen Arbeit von W. P. Blake*) in New Haven nichts Nennenswerthes erschienen. Die Stücke, welche meine Aufmerksamkeit zuerst erregten, gehören der Yale Collection an und stammen nach den beigegebenen Etiquetten von Tuolumne County. Sie bestehen aus einer Reihe von parallel gestellten Oktaëdern von ganz kleinen, vollkommenen Krystallen bis zu grösseren mit hohlen Flächen und erhöhten Ecken, während andere ein Aussehen haben, als wenn sie aus gebogenen Drähtchen aufgebaut wären. Neben den Oktaëderflächen sind gewöhnlich die Flächen des Ikositetraëders 303 gross ausgebildet und dabei stark gestreift.

*) The various forms in which gold occurs in nature, 25 pp.; from the Report of the Director of the U. S. Mint for 1884. Referat auf Seite 319.

Ferner findet sich ein Hexakisoktaëder, dessen eine Art von Kanten anscheinend abgestumpft sind durch ein Ikositetraëder, sowie Andeutungen eines zweiten Achtundvierzigflächners. Die Bestimmung des ersten Hexakisoktaëders erfordert genaue Messungen, was jedoch bei allen grösseren Krystallen, deren Flächen nicht spiegelnd genug sind, nicht zu bewerkstelligen war.

Nur ein einzelnes, äusserst kleines (ca. $\frac{1}{3}$ mm) Kryställchen wurde gefunden, dessen Flächen, wenngleich äusserst winzig, so doch glänzend waren. An diesem wurden nun die drei Winkel des Hexakisoktaëders (mit der gewöhnlichen Goniometereinrichtung) gemessen, sowie auch dessen Neigung zu einer angrenzenden Oktaëder- und Ikositetraëderfläche. Für jeden Fall konnten zwei unabhängige Messungen gewonnen werden, welche in Folge der ungenügenden Schärfe der Reflexbilder mit einem Fehler von 5—40' behaftet sind. Nichtsdestoweniger sind diese Werthe hinlänglich genau, um zu beweisen, dass das Symbol des in Rede stehenden Hexakisoktaëders (18.40.4) ist. Die nachstehend angeführten gemessenen und berechneten Werthe lassen dies ersehen.

	Gemessen:	Berechnet:
$\angle A = (18.40.4):(18.4.10) = 35^{\circ} 50' - 36^{\circ} 9'$		$35^{\circ} 58'$
$\angle B = (18.4.10):(18.4.10)$	5 43 — 5 44	5 34
$\angle C = (18.40.4):(10.48.4)$	34 53 — 32 4	34 54
$(18.40.4):(111)$	35 44 — 35 45	35 44
$(18.40.4):(311)$	48 2 — 48 40	48 $4\frac{1}{2}$

Die Uebereinstimmung zwischen gemessenen und berechneten Winkeln ist, im Verhältniss zur Beschaffenheit dieser Flächen, eine auffallend gute. Am Goniometer ergibt sich ferner, unabhängig von der Rechnung, dass die Ikositetraëderflächen die Kanten des Hexakisoktaëders in Wirklichkeit nicht abstumpfen, obgleich die Flächen (18.40.4), (311), (10.48.4) nahezu in eine Zone fallen.

Die Bestimmung dieser Fläche beansprucht einiges Interesse, da sie, wie weiterhin gezeigt wird, ziemlich gewöhnlich an den californischen Goldkrystallen ist, und weil sie ausserdem schon von Rose vor vielen Jahren an uralischen Krystallen beobachtet wurde. In seinem bereits angeführten Werke erwähnt er das Vorkommen der Combination eines Hexakisoktaëders mit ∞O , O , 303 und 402 , und giebt von derselben mehrere Figuren, von denen eine in Dana's »Mineralogy« (Fig. 53, p. 3) wiedergegeben ist. Die von Rose untersuchten Krystalle erlaubten nur rohe Messungen und dem hieraus berechneten Zeichen (19.44.4) legte er selbst in Folge dessen keinen grossen Werth bei. Naumann*) schlug als ein wahrscheinlicheres Symbol das Zeichen (15.9.4) vor, weil es den gemessenen Winkeln ungefähr ebenso

*) Pogg. Ann. 24, 385.

gut genügt und weil es gleichzeitig eine Form ist, deren Kanten (*A*) durch das gewöhnliche Ikositetraëder 303 abgestumpft werden. Rose war geneigt, diesen Vorschlag anzunehmen, und spätere Autoren*) haben dies auch gethan.

Ein Vergleich aber zwischen Rose's Winkeln und denjenigen, welche ich an den californischen Krystallen gemessen habe und welche dem Symbol (18.10.1) entsprechen, zeigt, dass ohne Zweifel dieses Symbol auch der Rose'schen Form gegeben werden muss, weil die gemessenen Winkel damit viel besser als mit jedem andern vorgeschlagenen Zeichen übereinstimmen.

Winkel <i>B</i> , berechnet:			Rose, gemessen:	
Für $190\frac{1}{2}$	$150\frac{5}{8}$	$180\frac{3}{8}$		
$50^{\circ}13'$	$60^{\circ}33'$	$50^{\circ}34'$	$50^{\circ}10' - 50^{\circ}41'$	
Neigung zu $O(111)$				
35 28	34 32	35 $44\frac{1}{2}$	36 50 — 37 10	
Neigung zu $\infty O(110)$				
15 9	14 24	16 11	15 30 — 15 50	

Es ist dies wieder ein schlagendes Beispiel dafür, dass das sog. Zonengesetz, welches so oft zur Bestimmung zweifelhafter Symbole angewendet wird, nicht immer Stich hält.

Fig. 6 giebt eine Abbildung dieser noch nicht beschriebenen Krystalle, ebenso Fig. 7.

Fig. 6.

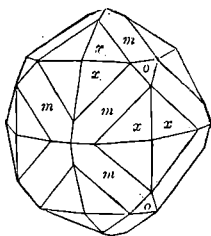


Fig. 7.

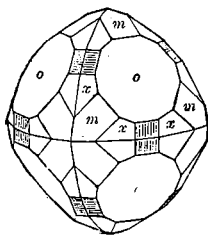
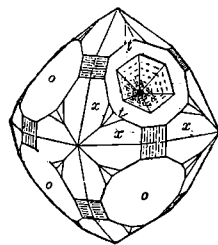


Fig. 8.



In der letzteren Combination erscheint die oktaëdrische Kante manchmal abgestumpft durch eine Fläche, scheinbar das Dodekaëder; in andern Fällen scheint diese Abstumpfung aus zwei Flächen zu bestehen; eingehendere Untersuchung zeigt indess, dass diese Scheinfläche gebildet wird durch abwechselnde Combination der benachbarten Hexakisoktaëderflächen.

Bei anderen Krystallen, von mehr oktaëdrischem Habitus, sind dieselben Kanten sehr fein gestreift. Die Flächen des Ikositetraëders sind meistens, obgleich nicht immer, in derselben Weise gestreift, und zuweilen

*) Klein, Jahrb. f. Min. 1872, 129.

scheinen sie durch die oscillatorische Combination zweier Hexakisoktaëderflächen ersetzt zu sein.

Der Achtundvierzigflächner $\alpha = 180\frac{2}{3}$ scheint für das californische Goldvorkommen eine gewöhnliche Form zu sein. Ein prachtvolles Stück der Sammlung des Herrn Prof. Brush, von den Spanish Dry Diggings in El Dorado County, zeigt denselben in ausgezeichnete Weise. Dieses Stück besteht aus grossen, krystallinischen Goldplatten, welche durch ein wenig Quarz mit einander verbunden sind. Die Platten sind theilweise einheitliche, mit dreiseitiger Streifung oder mit hexagonalen Eindrücken, hervorgerufen durch die Flächen des Hexakisoktaëders; theilweise bestehen dieselben aus einem durchsichtigen Gewebe zierlicher Krystallrippchen, welche sich unter Winkeln von 60° und 120° durchschneiden. Die Platten setzen sich wesentlich zusammen aus ganz flachen Oktaëdern, deren Kanten durchwegs gebildet werden von einer abwechselnden Combination der Flächen des Hexakisoktaëders, wodurch eine feine, der vorher beschriebenen ähnliche Streifung hervorgerufen wird.

Zuweilen sind die Kanten, sowie auch die Hohlräume mit Kryställchen besetzt, deren kleinste meist ganz oder theilweise mit hexagonalen Vertiefungen versehen (s. Fig. 8), die grössern dagegen Gerippe-artig aus Golddrähtchen aufgebaut sind. Vorgenommene Messungen beweisen, dass das Hexakisoktaëder dasselbe ist wie das eben bestimmte, während ein zweites $t = 402(421)$ manchmal hinlänglich entwickelt ist, um eine Bestimmung zu gestatten.

Ich hatte kürzlich Gelegenheit, die schöne Serie krystallisirten Goldes im Besitze des Herrn C. S. Bement in Philadelphia zu untersuchen, und habe dabei eine Anzahl Stücke gefunden, welche das soeben beschriebene Hexakisoktaëder $180\frac{2}{3}$ zeigten und in der Ausbildung den obigen sehr ähnlich waren. Zwei dieser Stücke sind von El Dorado County; ein anderes von oktaëdrischem Habitus, dessen Kanten in der oben beschriebenen Weise durch oscillatorische Combination von α gebildet sind, hatte Tuolumne County zum Fundort. Ein Stück von Yreka County zeigte dünne dreiseitige Platten mit Kantenstreifung und hexagonalen Vertiefungen, hervorgerufen durch dasselbe Hexakisoktaëder. In der bereits angeführten Arbeit des Herrn Prof. Blake ist eine Beschreibung nebst einigen Abbildungen von oktaëdrischen Goldkrystallen gegeben, ähnlich den hier erwähnten. Diese Krystalle sind von Princeton Mine, Mariposa County, und dieselben stimmen so sehr in Form und Habitus mit den hier abgebildeten überein, dass es zweifellos erscheint, dass durch Messungen an denselben die gleichen Flächen wie oben gefunden werden würden.