

# Über die chemische Zusammensetzung des Buntkupfererzes und dessen Beziehung zu einer neuen Klassifikation der Sulfomineralien<sup>1</sup>.

Von

E. H. Kraus und J. P. Goldsberry in Ann Arbor, Michigan.

Mit 1 Textfigur.

Inhalt.	Seite
1. Einleitung . . . . .	128
2. Kristallographische Untersuchung . . . . .	128
3. Frühere Interpretationen der chemischen Zusammensetzung des Buntkupfererzes . . . . .	130
4. Chemische Untersuchung . . . . .	131
5. Metallographische Untersuchung . . . . .	133
6. Interpretation der chemischen Resultate . . . . .	133
7. Beziehung der Mineralien der $Fe_2S_3$ — $Cu_2S$ -Reihe zu anderen Sulfomineralien . . . . .	138
8. Andere Reihen der Sulfomineralien . . . . .	141
a) Klaprothitgruppe . . . . .	141
b) Baumhaueritgruppe . . . . .	141
c) Plagionitgruppe . . . . .	141
d) Sulfostannatminerale . . . . .	141
e) Sulfomineralien mit $R^V$ . . . . .	141
f) Sechs allgemeine Formeln . . . . .	142
9. Einige morphotropisch-genetische Reihen . . . . .	142
a) $As_2S_3$ — $PbS$ . . . . .	142
b) $Sb_2S_3$ — $PbS$ . . . . .	142
c) $Sb_2S_3$ — $Ag_2S$ . . . . .	143
d) $Bi_2S_3$ — $PbS$ . . . . .	143
e) $Bi_2S_3$ — $Cu_2S$ . . . . .	143
10. Schlußfolgerungen . . . . .	144

<sup>1</sup> Zum Teil am 1. Januar 1914 bei der Princeton Versammlung der Geological Society of America vorgetragen.

## 1. Einleitung.

Im September 1912 kam das mineralogische Laboratorium der University of Michigan in Besitz von vier Exemplaren von kristallisiertem Buntkupfererz aus Bristol, Connecticut, welche WARD'S Natural Science Establishment in Rochester, N. Y., lieferte. Das Material bestand aus gut ausgebildeten, einzelnen Kristallen oder Kristallaggregaten, und war ein Teil einer alten Sammlung, welche diese Firma kurz zuvor käuflich erwarb. Da kristallisiertes Buntkupfererz nicht häufig vorkommt, wurde das vorhandene Material zuerst kristallographisch untersucht. Ein Teil desselben wurde dann später für die chemischen und metallographischen Untersuchungen gebraucht, in der Hoffnung, daß man der Lösung der Frage über die Zusammensetzung dieses Minerals vielleicht etwas näher kommen könnte.

## 2. Kristallographische Untersuchung.

Kristalle von Buntkupfererz von Bristol, Connecticut, sind schon kristallographisch untersucht worden. Nach DANA<sup>1</sup> wurden die folgenden Formen und Kombinationen beobachtet: (100), (110); (111), (110), (100); und (111), (110), (211). An unserem Material kamen alle diese Formen mit Ausnahme von (111) vor. Wir konnten auch die folgenden feststellen: (221), (322), (433), (411), (522), (533) und (833). Von diesen Formen sind (221), (433), (411), (522) und (833) von GOLDSCHMIDT<sup>2</sup> nicht angeführt, und können daher als neue Formen für Buntkupfererz betrachtet werden. Von diesen neuen Formen sind alle, mit Ausnahme von (411), als sicher festgestellt anzusehen.

Exemplar 1. Dies ist nur ein Teil eines großen und sehr gut ausgebildeten Kristalls. Nur die Flächen eines einzigen Oktanten sind vorhanden. Die größte Länge dieses Stückes war 2,5 cm. Die beobachteten Formen sind d(110), t(221) und i(211). Obgleich die Flächen nicht alle von

<sup>1</sup> System of Mineralogy. 5th Edition. 1868. 45.

<sup>2</sup> Atlas der Kristallformen. 1913. 1. (Text.) 248.

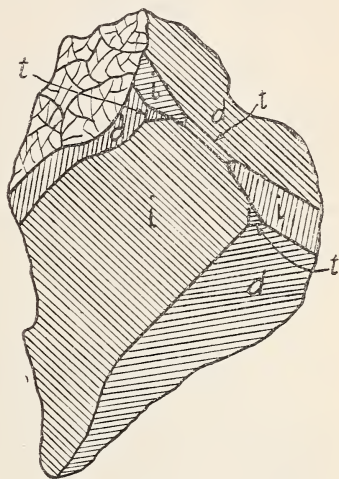
gleicher Größe sind, herrscht  $d$  (110) vor. Eine Fläche von  $i$  (211) ist die größte dieses Kristalles, während die anderen zwei vorhandenen Flächen dieser Form nur von mittlerer Größe sind. Zwei der Flächen von  $t$  (221) treten als kleine Dreiecke auf, während die dritte ganz schmal zwischen  $i$  und  $d$  entwickelt ist. Fig. 1 gibt die Größen und Verbreitung der vorhandenen Flächen, sowie auch die Orientierung der Flächenstreifung, welche die Symmetrie der hexoktaedrischen Klasse des kubischen Systems andeutet, an. Der untere Teil dieses Kristalls wurde später zur chemischen Analyse gebraucht.

Exemplar 2. Hier wurden (100), (211), (322), (433), (522) und (533) beobachtet. Die Flächen dieser Formen sind nicht so gut als auf Exemplar 1 ausgebildet. Wegen einer wechselnden Entwicklung der verschiedenen Formen treten tetragonale Pyramiden auf den Würfelflächen und trigonale Pyramiden auf dessen Ecken auf. Die Würfelflächen sind matt und gaben daher ziemlich schlechte Reflexe. Die Flächen der anderen Formen lieferten jedoch Reflexe, die zur Feststellung derselben vollständig genügend waren. Einige Flächen der verschiedenen Ikositetraeder waren, wie in Fig. 1 angegeben, gestreift.

Exemplar 3. Dies ist ein ca. 1,25 cm großes Kristallaggregat. Die einzelnen Kristalle zeigten die folgenden Formen: (100), (211), (322), (433), (522) und (533), wovon der Würfel am größten entwickelt ist.

Exemplar 4. Dies war ein Kristallaggregat, bestehend aus kleinen, aber wohl ausgebildeten Würfeln, und wurde zur chemischen Analyse gebraucht.

Im allgemeinen stimmten die beobachteten mit den berechneten Winkeln gut überein, wie aus folgender Tabelle zu ersehen ist.



	Beobachtet	Berechnet
(110) : (101) . . . . .	60° 15'	60°
(110) : (112) . . . . .	30 2	30
(110) : (221) . . . . .	19 40	19 28'
(211) : (121) . . . . .	33 43	33 34
(322) : (232) . . . . .	19 41	19 45
(411) : (141) . . . . .	60 28	60
(433) : (343) . . . . .	13 45	13 56
(522) : (252) . . . . .	43 15	43 21
(533) : (353) . . . . .	25 4	24 55

Unter den neuen Formen für Buntkupfererz, nämlich (221), (433), (411), (522) und (833), ist nur (411) als unsicher zu betrachten. Die Identifikation dieser Form wurde mittels einer einzigen Winkelmessung, welche 28 Minuten von dem berechneten Werte abweicht, gemacht. Die Werte der anderen beobachteten und in der Tabelle angegebenen Winkel sind die Mittel von zwei bis acht Beobachtungen.

### 3. Frühere Interpretationen der chemischen Zusammensetzung des Buntkupfererzes.

Seit mehr als hundert Jahren ist die chemische Zusammensetzung des Buntkupfererzes Gegenstand zahlreicher Arbeiten gewesen. HISINGER<sup>1</sup>, PHILLIPS und BERZELIUS glaubten, daß das Buntkupfererz eine Mischung von den Sulfiden von Cu und Fe, nämlich  $2\text{Cu}_2\text{S} + \text{FeS}$ , sei. PLATTNER analysierte 1839 Buntkupfererz von fünf verschiedenen Lokalitäten, und nahm an, daß die Zusammensetzung des kristallisierten Minerals durch die Formel  $3\text{Cu}_2\text{S} + \text{Fe}_2\text{S}_3$  ausgedrückt werden könnte. Er glaubte jedoch, daß das derbe Buntkupfererz eine wechselnde Zusammensetzung habe, d. h. eine Mischung von Buntkupfererz des oben angegebenen Inhalts mit Kupferkies und Kupferglanz sei. SCHAFFGOTSCH gab 1840 an, daß man die Zusammensetzung dieses Minerals am besten durch Annahme von verschiedenen Kombinationen von  $\text{Fe}_2\text{S}_3$  und  $\text{Cu}_2\text{S}$  andeuten könnte, d. h.  $\text{Fe}_2\text{S}_3$  mit entweder 3, 5 oder 9  $\text{Cu}_2\text{S}$ . Etwas später, 1841, führte RAMMELSBURG  $\text{Fe}_2\text{S}_3 \cdot 3\text{Cu}_2\text{S}$  als die richtige Formel an, aber vermutete Beimengungen von  $\text{Cu}_2\text{S}$ . FORBES, 1851, nahm drei Mischungen an:  $\text{CuS} + 2\text{Cu}_2\text{S}$ ,

<sup>1</sup> Vergl. HINTZE, Handbuch der Mineralogie, 1, 905. wo auch die Zitate der originellen Arbeiten zu finden sind.

$\text{CuS} + \text{Cu}_2\text{S}$  oder  $2\text{CuS} + \text{Cu}_2\text{S}$ , worin Eisen das Kupfer teilweise ersetzt.

Durch Erhitzung von verschiedenen Mengen von  $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{CuO}$  und  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  in einem Strom von  $\text{H}_2\text{S}$  bei einer Temperatur von ca.  $200^\circ\text{C}$  erhielt DOELTER<sup>1</sup>. 1885, kleine würfelförmige Kristalle, die er als Buntkupfererz betrachtete. Die Analysen dieses Materials lieferten jedoch keine zur Zeit als festgestellt angesehene Formeln. Daher nahm DOELTER an, daß das Buntkupfererz als eine isomorphe Mischung von  $\text{Cu}_2\text{S}$ ,  $\text{CuS}$  und  $\text{Fe}_2\text{S}_3$  in verschiedenen Verhältnissen anzusehen sei.

RAMMELSBURG revidierte, 1895, seine früheren Ansichten und führte die allgemeine Formel  $p\text{Cu}_2\text{S}$ ,  $q\text{CuS}$ ,  $r\text{FeS}$  an, worin die Beziehung der Metalle zum Schwefel eine sehr wechselnde ist. Für kristallisiertes Buntkupfererz gab er aber die einfache Formel  $\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{CuS} \cdot \text{FeS}$ , d. h.  $\text{Cu}_3\text{FeS}_3$ . Für einige Varietäten wurde auch  $\text{Cu}_{10}\text{Fe}_2\text{S}_8$  oder  $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ <sup>2</sup> angenommen.

GROTH<sup>3</sup> faßte das Buntkupfererz, 1898, als  $\text{Cu}_3\text{FeS}_3$  auf, indem er dasselbe, Kupferkies und Barnhardtite als Salze von der Säure  $\text{Fe}(\text{SH})_3$  ableitete. Später, 1903, analysierte HARRINGTON<sup>4</sup> kristallisiertes Buntkupfererz von Bristol, Connecticut, welches er von der BRUSH'schen Mineraliensammlung der Yale University erhielt, und schloß aus den Resultaten der Analysen dieses und anderen Materials, sowie auch aus einem eingehenden Studium der früheren Analysen, daß die Zusammensetzung des Buntkupfererzes am besten durch die Formel  $\text{Cu}_{10}\text{Fe}_2\text{S}_8$  oder  $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$  auszudrücken sei.

#### 4. Chemische Untersuchung.

Da das Buntkupfererz sehr selten gut kristallisiert vorkommt, so wurde es als sehr ratsam angesehen, einen Teil unseres Materials einer chemischen Analyse zu widmen. Zu diesem Zwecke wurde Exemplar No. 4 sowie auch der untere Teil des als Exemplar No. 1 beschriebenen Kristalls, Fig. 1, p. 128, gebraucht. Exemplar No. 4 war ein Aggregat von

<sup>1</sup> Zeitschr. f. Krist. 1886. 11. 36.

<sup>2</sup> Diese Formel wurde schon früher von CLEVE vorgeschlagen. (Geol. Förh. Förh. 1875. 2. 526.)

<sup>3</sup> Tabellarische Übersicht der Mineralien. 4. Aufl. 29.

<sup>4</sup> Amer. Journ. of Sc. 1903. 16. 151—154.

würfelförmigen Kristallen, welche mit einem schwärzlichen Überzug bedeckt waren. Dieser Überzug wurde aber sorgfältig entfernt, ehe das Material zur Analyse zerpulvert wurde. Das Material von Exemplar No. 1 war ohne Überzug. Das ganze für Analysenzwecke angewandte Material wurde mittels der gewöhnlichen Methoden sorgfältig untersucht und war ganz homogen. Diese Homogenität wurde auch später durch eine eingehende metallographische Untersuchung bestätigt.

Der Schwefel wurde durch Oxydation mittels Natriumperoxyds und Fällung als  $\text{BaSO}_4$  bestimmt. Das Kupfer ist elektrolytisch bestimmt worden, das Eisen volumetrisch mittels Oxydation mit Kaliumpermanganat. Das spezifische Gewicht ist 5,086 bei gewöhnlichen Temperaturen.

Die Resultate der Analysen sind die folgenden:

	I.	II.	Mittel	Verhältnisse	
Kupfer . . . . .	65,42	65,91	65,665	1,03296	12,000
Eisen . . . . .	9,74	9,67	9,705	0,17377	2,019
Schwefel . . . . .	24,79	24,51	24,650	0,76863	8,927
			100,020		

Diese Analysen führen direkt zu der Formel  $\text{Cu}_{12}\text{Fe}_2\text{S}_9$ , die wesentlich von der von HARRINGTON, 1903, auch für das Buntkupfererz von Bristol, Connecticut, angegebenen, nämlich  $\text{Cu}_{10}\text{Fe}_2\text{S}_8$ , abweicht. Da unser Material gut kristallisiert und homogen und die Analysenmethoden zuverlässig waren, haben wir es als zweckmäßig angesehen, womöglich auch das von HARRINGTON benutzte Material zu prüfen. Durch die Liebenswürdigkeit des Herrn Professor W. E. FORD in New Haven wurde uns eine genügende Menge von Exemplar No. 805 der BRUSH'schen Mineraliensammlung der Yale University zur Verfügung gestellt. Dies ist dasselbe Material, welches HARRINGTON analysierte und stammte von einem großen Handstück, das teilweise gut kristallisiert ist. Unsere Analyse stimmt fast genau mit der, welche HARRINGTON ausführte, überein, wie die folgende Vergleichung zeigt:

	HARRINGTON			KRAUS und GOLDSBERRY		
		Verhältnisse			Verhältnisse	
Kupfer . . . . .	63,24	0,9948	10,000	63,18	0,9939	10,000
Eisen . . . . .	11,20	0,2005	2,016	11,38	0,2038	2,051
Schwefel . . . . .	25,54	0,7964	8,005	25,43	0,7929	7,978
	99,98			99,99		

Diese zwei Analysen führen direkt zu der Formel  $\text{Cu}_{10}\text{Fe}_2\text{S}_8$ . Das Buntkupfererz von Bristol, Connecticut, hat daher eine wechselnde Zusammensetzung, die man durch die Formeln  $\text{Cu}_{10}\text{Fe}_2\text{S}_8$  und  $\text{Cu}_{12}\text{Fe}_2\text{S}_9$  ausdrücken kann. Das spezifische Gewicht ist auch nicht konstant, indem HARRINGTON dasselbe zu 5,072 bestimmte, während wir 5,0861 bekamen. Diese Variation ist in Einklang mit dem Unterschied in der Zusammensetzung.

### 5. Metallographische Untersuchung.

Um sicher festzustellen, ob das für die zwei oben angegebenen Analysen angewandte Material homogen war, wurden Flächen in beliebigen Richtungen an Exemplar No. 1 und an einem der größten Fragmente des HARRINGTON'schen Materials geschliffen. Diese Flächen wurden dann in üblicher Weise poliert und unter einem metallographischen Mikroskop bei Vergrößerungen von 85, 135, 200 und ca. 400 Durchmessern beobachtet, wobei das Material sich als durchaus homogen erwies, was auch durch Ätzung mit Salpetersalzsäure bestätigt wurde.

### 6. Interpretation der chemischen Resultate.

Es ist jetzt einzusehen, daß das untersuchte Material gut kristallisiert und homogen war, und verschiedene spezifische Gewichte und eine wechselnde chemische Zusammensetzung besitzt. Es soll auch hier erwähnt werden, daß man aus den Analysen des kristallisierten Buntkupfererzes, welche die älteren Mineralogen ausführten, auch die Formel  $\text{Cu}_6\text{Fe}_2\text{S}_6$  ableiten kann. Man hat daher anzunehmen, daß die chemische Zusammensetzung des Minerals, welches gewöhnlich Buntkupfererz genannt wird, durch mindestens drei Formeln  $\text{Cu}_6\text{Fe}_2\text{S}_6$ ,  $\text{Cu}_{10}\text{Fe}_2\text{S}_8$  und  $\text{Cu}_{12}\text{Fe}_2\text{S}_9$  angedeutet werden kann. Die Frage liegt nun vor, wie diese großen Abweichungen der Zusammensetzung zu erklären sind.

Um eine womögliche Lösung dieser Frage über die chemische Zusammensetzung des Buntkupfererzes zu ermitteln, wurden die verschiedenen von HINTZE angegebenen<sup>1</sup> Analysen

<sup>1</sup> l. c. 914—916 u. 537—538.

dieses Minerals und des Kupferglanzes auf die abzuleitenden Formeln berechnet. Die Analysen des Kupferglanzes wurden in diese Berechnung eingeschlossen, da erstens eine dieser Analysen direkt auf die gewöhnliche für Buntkupfererz angenommene Formel  $\text{Cu}_6\text{Fe}_2\text{S}_6$  führte, und zweitens, da dieses Mineral immer verschiedene Mengen von Eisen enthält und öfters dem Buntkupfererz ähnelt. Von diesen Analysen führten achtunddreißig zu definitiven Formeln. Die folgende Tabelle zeigt diese Formeln, nach steigendem Kupferinhalt arrangiert, an. Die Zahl der Analysen, welche die respektiven Formeln lieferten, und womöglich das spezifische Gewicht sind auch angeführt. Durch Hinzufügen zu dieser Liste von der in der Natur noch nicht aufgefundenen Verbindung  $\text{Fe}_2\text{S}_3$  und von Kupferkies, Barnhardtit und Kupferglanz kann man eine sehr interessante Reihe von  $\text{Fe}_2\text{S}_3$  bis zu  $\text{Cu}_2\text{S}$  anordnen.

Name des Minerals	Spezifisches Gewicht	Formel	Zahl der Analysen
—	—	$\text{Fe}_2\text{S}_3$	—
Kupferkies . . . . .	4,2	$\text{Cu}_2\text{Fe}_2\text{S}_4$	—
Barnhardtit . . . . .	4,521	$\text{Cu}_4\text{Fe}_2\text{S}_5$	—
Buntkupfererz . . . . .	4,9	$\text{Cu}_6\text{Fe}_2\text{S}_6$	4
" . . . . .	—	$\text{Cu}_8\text{Fe}_2\text{S}_7$ <sup>1</sup>	3
" . . . . .	5,072	$\text{Cu}_{10}\text{Fe}_2\text{S}_8$	17
" . . . . .	5,086	$\text{Cu}_{12}\text{Fe}_2\text{S}_9$	4
" . . . . .	5,248	$\text{Cu}_{14}\text{Fe}_2\text{S}_{10}$	5
" . . . . .	—	$\text{Cu}_{16}\text{Fe}_2\text{S}_{11}$	2
" . . . . .	—	$\text{Cu}_{18}\text{Fe}_2\text{S}_{12}$	1
:	:	:	
" . . . . .	—	$\text{Cu}_{34}\text{Fe}_2\text{S}_{20}$	1
:	:	:	
" . . . . .	—	$\text{Cu}_{40}\text{Fe}_2\text{S}_{23}$	1
:	:	:	
" . . . . .	—	$\text{Cu}_{76}\text{Fe}_2\text{S}_{41}$	1
Kupferglanz . . . . .	5,51	$\text{Cu}_2\text{S}$	—

Es ist jetzt zu ersehen, daß man es hier durch die Addition von  $\text{Cu}_2\text{S}$  mit einer regelmäßigen Progression der chemischen

<sup>1</sup> Diese Formel stimmt der Form nach mit der gewöhnlich für Fahlerz angenommenen überein, siehe p. 139. Das spezifische Gewicht einiger kupferhaltigen Fahlerze ist etwas mehr als 5 (DANA, System of Mineralogy. 6. Aufl. 1892. 139—140).



Zusammensetzung von einem Endglied,  $\text{Fe}_2\text{S}_3$ , bis zu dem anderen,  $\text{Cu}_2\text{S}$ , zu tun hat. Die spezifischen Gewichte, soweit diese festgestellt worden sind, scheinen auch sehr regelmäßig von dem kleinsten bis zum größten Wert, nämlich bis zu dem des Kupferglanzes, zu steigen. Weiter ist es auch möglich, die Zusammensetzung irgend eines Gliedes dieser Reihe durch die folgende allgemeine Formel anzugeben:

$$\text{Cu}_x\text{Fe}_2\text{S}_y, \text{ wo } y = \frac{x}{2} + 3.$$

Der Einwand kann erhoben werden, daß die Daten für die Existenz einiger der Verbindungen, welche in der oben gegebenen Liste angeführt wurden, besonders derjenigen mit großen Molekülen, nicht genügend sind. Weiter, daß man nicht sicher sagen kann, ob das bei den früheren Analysen angewandte Material immer homogen war, da dasselbe nicht metallographisch untersucht wurde. Als Antwort auf diese Einwände ist hervorzuheben, daß die chemische Zusammensetzung mancher der Sulfomineralien als festgestellt angesehen wird, obgleich dieselben noch nicht metallographisch untersucht worden sind. In der Tat gibt es sehr wenige Mineralien, die man bis jetzt so untersucht hat. Es ist auch anzunehmen, daß die älteren Analytiker immer strebten, nur homogenes Material zu untersuchen. Daher ist z. B. die Verbindung  $\text{Cu}_{18}\text{Fe}_2\text{S}_{12}$ , obgleich man zurzeit nur eine Analyse dieser Verbindung anführen kann, unserer Meinung nach dennoch als sicher festgestellt anzusehen, indem dieselbe ja den wohl-bekannteren Mineralien Polybasit  $\text{Ag}_{18}\text{Sb}_2\text{S}_{12}$  und Pearceit  $\text{Ag}_{18}\text{As}_2\text{S}_{12}$  ganz analog ist. Die Zusammensetzung vieler Mineralien wird als festgestellt angesehen, obzwar dieselbe öfters auf sehr unvollständigen Daten ruht. Man braucht hier nur die Zusammensetzung des Prolektits anzuführen. Obgleich dieses Mineral noch nicht analysiert worden ist, wird demselben die Formel  $\text{Mg}[\text{Mg}(\text{F}, \text{OH})_2\text{SiO}_4]$  zugeschrieben. Diese Zusammensetzung wird in diesem Falle angenommen, da das Mineral kristallographisch in die Humitgruppe<sup>1</sup> zu stellen ist. Diese Frage der chemischen Natur der ver-

<sup>1</sup> GROTH, I. c. 119—120. — SJÖGREN, Bull. G. Inst. Upsala. 1892. 1. 40; auch 1894, 2. 99. — DANA, I. c. 1<sup>st</sup> Appendix. 1899. 55. — DOELTER, Handbuch der Mineralchemie. 1913. II. 313—324.

schiedenen Glieder der  $\text{Fe}_2\text{S}_3$ — $\text{Cu}_2\text{S}$ -Serie wird später weiter besprochen.

Obwohl die kristallographischen Daten der Glieder der oben angeführten Reihe gegenwärtig sehr unvollständig sind, kann man doch die Kristallisation dieser Glieder als kubisch oder pseudokubisch betrachten. Die Glieder,  $\text{Cu}_6\text{Fe}_2\text{S}_6$  bis zu  $\text{Cu}_{12}\text{Fe}_2\text{S}_9$ , sind sicher kubisch. Kupferkies,  $\text{Cu}_2\text{Fe}_2\text{S}_4$ , obgleich tetragonal, ist bekanntlich pseudokubisch, da  $a : c = 1 : 0,9856$ . Kupferglanz,  $\text{Cu}_2\text{S}$ , wird als rhombisch,  $a : b : c = 0,5822 : 1 : 0,9702$ , angesehen. Wird jedoch die  $a$ -Achse verdoppelt, was leicht geschehen kann, ohne die Indizes bedeutend zu komplizieren, so erhält man:  $a : b : c = 1,1644 : 1 : 0,9702$  als das Achsenverhältnis. Dieses neue Achsenverhältnis deutet einen pseudokubischen Charakter an. GROTH<sup>1</sup> gibt an, daß  $\text{Cu}_2\text{S}$  auch wahrscheinlich kubisch auftreten kann, indem er annimmt, daß die kubische Modifikation sich bei höheren Temperaturen bildet und beim Abkühlen in die rhombische übergeht.

Vom kristallographischen Standpunkte scheint es demgemäß, daß die Beziehungen zwischen den verschiedenen Gliedern dieser Serie im Einklang mit der Annahme einer regelmäßigen Progression der chemischen Zusammensetzung stehen. Um dieses näher zu prüfen, wurden die vorhandenen Daten über spezifisches Gewicht und Kristallisation benützt, um die topischen Achsen der Glieder dieser Reihe soweit wie möglich zu berechnen. In dieser Berechnung wurde Barnhardtite als kubisch betrachtet. Das spezifische Gewicht des Kupferglanzes, nämlich 5,51, ist das des kristallisierten Minerals von Cornwall, England, im Besitz dieses Laboratoriums. Die Kristallisationselemente des Kupferkieses und des Kupferglanzes sind die oben angeführten.

Um die Werte  $M$  (Molekulargewicht) und  $V$  (Äquivalentvolumen) zu bestimmen, wurden  $\text{Fe}_2\text{S}_3$  und  $\text{Cu}_2\text{S}$  als Endglieder angesehen und die anderen Verbindungen als Übergangsglieder betrachtet. Werden daher die gewöhnlichen Molekulargewichte  $\text{Fe}_2\text{S}_3$  und  $\text{Cu}_2\text{S}$  zugeschrieben, so können diejenigen des Kupferkieses, des Barnhardtites usw. in folgender Weise be-

<sup>1</sup> Chemische Kristallographie. 1906. 1. 135.

rechnet werden, indem für Kupferkies z. B. die Zusammensetzung  $\text{Cu}_2\text{Fe}_2\text{S}_4$  als  $\text{Cu}_2\text{S} + \text{Fe}_2\text{S}_3$  angenommen wird und man das Molekulargewicht dieser Substanz als gleich der Hälfte der Molekulargewichte von  $\text{Cu}_2\text{S}$  und  $\text{Fe}_2\text{S}_3$  ansieht. In gleicher Weise wurden die Molekulargewichte der übrigen Glieder berechnet.

Name des Minerals	Chemische Zusammensetzung	Mol.-Gew. M	Spez. Gew.	Äquiv. Vol. V	$\chi$	$\psi$	$\omega$
—	$\text{Fe}_2\text{S}_3$	207,91	—	—	—	—	—
Kupferkies . . .	$\text{Cu}_2\text{Fe}_2\text{S}_4$	183,56	4,2	43,705	3,5407	3,5407	3,4897
Barnhardtit . .	$\text{Cu}_4\text{Fe}_2\text{S}_5$	175,44	4,521	38,806	3,3856	3,3856	3,3856
Buntkupfererz .	$\text{Cu}_6\text{Fe}_2\text{S}_6$	171,39	4,9	34,977	3,2704	3,2704	3,2704
„ .	$\text{Cu}_8\text{Fe}_2\text{S}_7$	168,95	—	—	—	—	—
„ .	$\text{Cu}_{10}\text{Fe}_2\text{S}_8$	167,33	5,072	32,989	3,2072	3,2072	3,2072
„ .	$\text{Cu}_{12}\text{Fe}_2\text{S}_9$	166,17	5,086	32,672	3,1950	3,1950	3,1950
„ .	$\text{Cu}_{14}\text{Fe}_2\text{S}_{10}$	165,40	5,248	31,516	3,1587	3,1587	3,1587
„ .	$\text{Cu}_6\text{Fe}_2\text{S}_{11}$	164,62	—	—	—	—	—
„ .	$\text{Cu}_{18}\text{Fe}_2\text{S}_{12}$	164,08	—	—	—	—	—
:	:	:					
Kupferglanz . .	$\text{Cu}_2\text{S}$	159,21	5,51	28,895	3,4302	2,9466	2,8586

Diese Tabelle zeigt, daß die topischen Achsen, welche nicht nur die Kristallisationselemente sondern auch die chemische Zusammensetzung und das spezifische Gewicht berücksichtigen, sehr interessante Beziehungen zeigen. Von diesen Achsen ändern sich  $\psi$  und  $\omega$  sehr regelmäßig von ihren Maximalwerten für  $\text{Cu}_2\text{Fe}_2\text{S}_4$  bis zu den Minimalen für  $\text{Cu}_2\text{S}$ . Beim  $\chi$  sieht man eine beständige Verkleinerung bis zu  $\text{Cu}_{14}\text{Fe}_2\text{S}_{10}$ , dem letzten Glied der Reihe, dessen spezifisches Gewicht bestimmt worden ist. Dann zeigt diese Achse eine Vergrößerung bis zu dem anderen Endglied  $\text{Cu}_2\text{S}$ . Diese Änderung wird vielleicht durch den Übergang vom kubischen zum rhombischen System verursacht.

Diese Beziehungen zwischen den verschiedenen Gliedern dieser Reihe werden etwas deutlicher in der folgenden Zusammenstellung, wo die Länge von  $\psi$  für Kupferglanz als die Einheit der Reihe angenommen worden ist.

Name des Minerals	Chemische Zusammensetzung	$\chi'$	$\psi'$	$\omega'$
—	$\text{Fe}_2\text{S}_3$	—	—	—
Kupferkies . . . . .	$\text{Cu}_2\text{Fe}_2\text{S}_4$	1,2016	1,2016	1,1843
Barnhardtit . . . . .	$\text{Cu}_4\text{Fe}_2\text{S}_5$	1,1490	1,1490	1,1490
Buntkupfererz . . . . .	$\text{Cu}_6\text{Fe}_2\text{S}_6$	1,1099	1,1099	1,1099
" . . . . .	$\text{Cu}_8\text{Fe}_2\text{S}_7$	—	—	—
" . . . . .	$\text{Cu}_{10}\text{Fe}_2\text{S}_8$	1,0884	1,0884	1,0884
" . . . . .	$\text{Cu}_{12}\text{Fe}_2\text{S}_9$	1,0843	1,0843	1,0843
" . . . . .	$\text{Cu}_{14}\text{Fe}_2\text{S}_{10}$	1,0720	1,0720	1,0720
" . . . . .	$\text{Cu}_{16}\text{Fe}_2\text{S}_{11}$	—	—	—
" . . . . .	$\text{Cu}_{18}\text{Fe}_2\text{S}_{12}$	—	—	—
⋮	⋮			
Kupferglanz . . . . .	$\text{Cu}_2\text{S}$	1,1644	1,0000	0,9702

Die topischen Achsen zeigen daher regelmäßige Änderungen, welche, soweit dieselben aus den vorhandenen, sehr unvollkommenen Daten bestimmbar sind, mit der angenommenen progressiven, chemischen Zusammensetzung der verschiedenen Glieder dieser Reihe im Einklang stehen.

### 7. Beziehung der Mineralien der $\text{Fe}_2\text{S}_3$ — $\text{Cu}_2\text{S}$ -Reihe zu anderen Sulfomineralien.

Die für die  $\text{Fe}_2\text{S}_3$ — $\text{Cu}_2\text{S}$ -Reihe oben angegebene, allgemeine Formel,  $\text{Cu}_x\text{Fe}_2\text{S}_y$ , wo  $y = \frac{x}{2} + 3$  (p. 135), kann leicht in folgender Weise weiter verallgemeinert werden:  $\text{M}'_x\text{R}''_2\text{S}_y$ , wo wieder  $y = \frac{x}{2} + 3$ . Hier soll  $\text{M}'$  hauptsächlich Kupfer, Silber oder Blei, seltener aber auch Zink, Zinn, Quecksilber, Thallium oder auch zweiwertiges Eisen, Kupfer, Kobalt oder Nickel bedeuten. Antimon, Wismut, Arsen und dreiwertiges Eisen, Chrom, Kobalt oder Nickel werden durch  $\text{R}''$  angegeben. Der Schwefel kann öfters teilweise durch Selen ersetzt sein. Wenn man die verschiedenen Sulfomineralien, welche sich auf diese Formel,  $\text{M}'_x\text{R}''_2\text{S}_y$ , wo  $y = \frac{x}{2} + 3$ , basieren, in einer Liste anordnet, ist leicht zu ersehen, daß die verschiedenen Glieder der  $\text{Fe}_2\text{S}_3$ — $\text{Cu}_2\text{S}$ -Reihe der Zusammensetzung nach vielen wohlbekanntem und als festgestellt angesehenen Mineralien ganz analog sind. Die

Formeln der in dieser Liste angeführten Mineralien sind größtenteils die von GROTH<sup>1</sup> angegebenen.

Allgemeine Formel,  $M'_x R''_y S_y$ , wo  $y = \frac{x}{2} + 3$ .

<b>Kupferkies</b> . . . . .	<b>Cu<sub>2</sub> Fe<sub>3</sub> S<sub>4</sub></b>
Cubanit . . . . .	Cu <sup>II</sup> Fe <sub>2</sub> S <sub>4</sub>
Lorandit . . . . .	Tl <sub>2</sub> As <sub>2</sub> S <sub>4</sub>
Miargyrit . . . . .	Ag <sub>2</sub> Sb <sub>2</sub> S <sub>4</sub>
Wolfsbergit . . . . .	Cu <sub>2</sub> Sb <sub>2</sub> S <sub>4</sub>
Emplektit . . . . .	Cu <sub>2</sub> Bi <sub>2</sub> S <sub>4</sub>
Skleroklas . . . . .	Pb As <sub>2</sub> S <sub>4</sub>
Zinckenit . . . . .	Pb Sb <sub>2</sub> S <sub>4</sub>
Andorit . . . . .	(Pb, Ag <sub>2</sub> ) Sb <sub>2</sub> S <sub>4</sub>
Galenobismutit . . . . .	Pb Bi <sub>2</sub> S <sub>4</sub>
Alaskait . . . . .	(Pb, Ag <sub>2</sub> , Cu <sub>2</sub> ) Bi <sub>2</sub> S <sub>4</sub>
Daubreelit . . . . .	Fe <sup>II</sup> Cr <sup>III</sup> $\frac{1}{2}$ S <sub>4</sub>
Linneit . . . . .	(Ni, Co) <sup>II</sup> (Ni, Co) <sup>III</sup> $\frac{1}{2}$ S <sub>4</sub>
Barracanit . . . . .	Cu <sup>II</sup> Fe <sub>2</sub> S <sub>4</sub>
Carollit . . . . .	Cu <sup>II</sup> Co <sub>2</sub> S <sub>4</sub>
<b>Barnhardtit</b> . . . . .	<b>Cu<sub>4</sub> Fe<sub>2</sub> S<sub>5</sub></b>
Dufrenoyzit . . . . .	Pb <sub>2</sub> As <sub>2</sub> S <sub>5</sub>
Jamesonit . . . . .	Pb <sub>2</sub> Sb <sub>2</sub> S <sub>5</sub>
Kobellit . . . . .	Pb <sub>2</sub> (Bi, Sb) <sub>2</sub> S <sub>5</sub>
Cosalit . . . . .	Pb <sub>2</sub> Bi <sub>2</sub> S <sub>5</sub>
Schaphachit . . . . .	(Pb, Ag <sub>2</sub> ) Bi <sub>2</sub> S <sub>5</sub>
Synchodymit . . . . .	(Cu, Co, Ni) <sub>2</sub> Co <sub>2</sub> S <sub>5</sub>
Polydymit . . . . .	Ni <sub>2</sub> Ni <sub>2</sub> S <sub>5</sub>
<b>Buntkupfererz</b> . . . . .	<b>Cu<sub>6</sub> Fe<sub>2</sub> S<sub>6</sub></b>
Proustit . . . . .	Ag <sub>6</sub> As <sub>2</sub> S <sub>6</sub>
Pyrargyrit . . . . .	Ag <sub>6</sub> Sb <sub>2</sub> S <sub>6</sub>
Xanthokon . . . . .	Ag <sub>6</sub> As <sub>2</sub> S <sub>6</sub>
Pyrostilpnit . . . . .	Ag <sub>6</sub> Sb <sub>2</sub> S <sub>6</sub>
Stylotyp . . . . .	Cu <sub>6</sub> Sb <sub>2</sub> S <sub>6</sub>
Seligmannit . . . . .	Pb <sub>2</sub> Cu <sub>2</sub> As <sub>2</sub> S <sub>6</sub>
Bournonit . . . . .	Pb <sub>2</sub> Cu <sub>2</sub> Sb <sub>2</sub> S <sub>6</sub>
Aikinit . . . . .	Pb <sub>2</sub> Cu <sub>2</sub> Bi <sub>2</sub> S <sub>6</sub>
Boulangierit . . . . .	Pb <sub>3</sub> Sb <sub>2</sub> S <sub>6</sub>
<b>Buntkupfererz</b> . . . . .	<b>Cu<sub>8</sub> Fe<sub>2</sub> S<sub>7</sub></b>
Fahlerz <sup>2</sup> . . . . .	M' <sub>8</sub> R'' <sup>II</sup> S <sub>7</sub>
M' = Cu, Ag, Hg	
M'' = Fe, Zn	
R''' = As, Sb	

<sup>1</sup> Tabellarische Übersicht der Mineralien. 4. Aufl. 1898; auch die französische Übersetzung von JOUKOWSKY und PEARCE. 1904.

<sup>2</sup> Die ältere, einfachere und gewöhnlich angenommene Formel ist in dieser Klassifikation beibehalten, obgleich KRETSCHMER vor kurzem

Jordanit . . . . .	$Pb_4 As_2 S_7$
Meneghinit . . . . .	$Pb_4 Sb_2 S_7$
<b>Buntkupfererz</b> . . . . .	<b><math>Cu_{10} Fe_2 S_8</math></b>
Stephanit . . . . .	$Ag_{10} Sb_2 S_8$
Geocronit . . . . .	$Pb_5 Sb_2 S_8$
<b>Buntkupfererz</b> . . . . .	<b><math>Cu_{12} Fe_2 S_9</math></b>
Kilbrickenit . . . . .	$Pb_6 Sb_2 S_9$
Beegerit . . . . .	$Pb_6 Bi_2 S_9$
<b>Buntkupfererz</b> . . . . .	<b><math>Cu_{14} Fe_2 S_{10}</math></b>
<b>Buntkupfererz</b> . . . . .	<b><math>Cu_{16} Fe_2 S_{11}</math></b>
Pearceit <sup>1</sup> . . . . .	$(Ag, Cu)_{16} As_2 S_{11}$
Polybasit <sup>1</sup> . . . . .	$(Ag, Cu)_{16} Sb_2 S_{11}$
Plumbostannit <sup>2</sup> . . . . .	$Pb_2 (Fe, Zn)_2 Sn_2 Sb_2 S_{11}$
<b>Buntkupfererz</b> . . . . .	<b><math>Cu_{18} Fe_2 S_{12}</math></b>
Pearceit <sup>1</sup> . . . . .	$(Ag, Cu)_{18} As_2 S_{12}$
Polybasit <sup>1</sup> . . . . .	$(Ag, Cu)_{18} Sb_2 S_{12}$
Franckeit <sup>2</sup> . . . . .	$Pb_5 Sn_2 Sb_2 S_{12}$
Polyargyrit . . . . .	$Ag_{24} Sb_2 S_{15}$
<b>Buntkupfererz</b> . . . . .	<b><math>Cu_{34} Fe_2 S_{20}</math></b>
Kylindrit <sup>2</sup> . . . . .	$Pb_6 Sn_6 Sb_2 S_{21}$
<b>Buntkupfererz</b> . . . . .	<b><math>Cu_{46} Fe_2 S_{23}</math></b>

Diese Zusammenstellung zeigt, daß viele der selteneren Mineralien, besonders diejenigen mit großen Molekülen, sich der allgemeinen Formel nach leicht in diese Liste einreihen lassen. Bekanntlich hat man die Zusammensetzung einiger dieser Mineralien bisher gewöhnlich als mehr oder minder zweifelhaft betrachtet, so z. B., um nur ein einziges zu erwähnen, Polyargyrit,  $Ag_{24} Sb_2 S_{15}$ . Dieses Mineral ist immer

(Zeitschr. f. Krist. 1910. 48. 484—513) eine mehr komplizierte, nämlich  $x M_9^I R_{15}^{III} S_9 + M_6^{II} R_{12}^{II} S_9$ , vorgeschlagen hat. Wird  $M_9^I R_{15}^{III} S_9$  in der einfacheren Form  $M_6^I R_{12}^{III} S_6$  geschrieben, so ist zu ersehen, daß die zwei Komponenten dieser KRETSCHMER'schen Formel wohlbekannten Mineralien dieser Liste entsprechen.

<sup>1</sup> PENFIELD führte  $Ag_{18} R_{12}^{II} S_{12}$  als die allgemeine Formel dieser Mineralien an (Amer. Journ. of Sc. 1892. 44. 17). VAN HORN und COOK haben jedoch vor kurzem gezeigt, daß diese Mineralien auch die allgemeine Zusammensetzung  $Ag_{16} R_{12}^{II} S_{11}$  haben können (Amer. Journ. of Sc. 1911. 31. 518 und 32. 40). Es erscheint daher, daß Pearceit und Polybasit ganz analog den Gliedern der  $Fe_2 S_3$ — $Cu_2 S$ -Reihe eine wechselnde Zusammensetzung besitzen. Diese Mineralien sind demgemäß als Glieder zwei analoger Reihen  $As_2 S_3$ — $Ag_2 S$  und  $Sb_2 S_3$ — $Ag_2 S$  anzusehen.

<sup>2</sup> Hier wird Zinn als basisch betrachtet.

in eine besondere Klasse gestellt worden, aber jetzt ist dessen Zusammensetzung ganz leicht auf die oben angeführte allgemeine Formel zu bringen.

### 8. Andere Reihen der Sulfomineralien.

a) Die Klaprothitgruppe besitzt die allgemeine Formel  $M'_x R''_4 S_y$ , wo  $y = \frac{x}{2} + 6$ . Diese Gruppe besteht zurzeit aus den folgenden Mineralien:

Klaprothit . . . . .	$Cu_6 Bi_4 S_9$
Rathit . . . . .	$Pb_3 As_4 S_9$
Warrenit . . . . .	$Pb_3 Sb_4 S_9$
Schirmerit . . . . .	$(Ag_2, Pb)_3 Bi_4 S_9$

b) Baumhauerit,  $Pb_4 As_6 S_{13}$ , hat eine Zusammensetzung, welche durch die allgemeine Formel  $M'_x R''_6 S_y$ , wo  $y = \frac{x}{2} + 9$ , ausgedrückt wird. Nur ein Mineral von dieser Zusammensetzung ist bis jetzt bekannt.

c) Die Zusammensetzung von Plagionit,  $Pb_5 Sb_8 S_{17}$ , kann durch die Formel  $M'_x R''_8 S_y$ , wo  $y = \frac{x}{2} + 12$ , verallgemeinert werden. Der Plagionit ist das einzige, zurzeit bekannte Glied dieser Reihe.

d) Die Sulfostannatminerale besitzen die allgemeine Formel  $M'_x R''_2 S_y$ , wo  $y = \frac{x}{2} + 4$ . Hier kann  $M'$  Silber, einwertiges Kupfer oder zweiwertiges Eisen sein und  $R''$  entweder Zinn oder Germanium. Diese Mineralien sind:

Stannit . . . . .	$Cu_4 Fe_2 Sn_2 S_8$
Canfieldit . . . . .	$Ag_{16} (Sn, Ge)_2 S_{12}$
Argyrodit . . . . .	$Ag_{16} Ge_2 S_{12}$

e) Die Sulfomineralien mit fünfwertigem Arsen, Antimon und Vanadin gehören der allgemeinen Formel  $M'_x R''_2 S_y$ , wo  $y = \frac{x}{2} + 5$ , an. Diese Serie ist:

Enargit . . . . .	$Cu_6 As_2 S_8$
Luzonit . . . . .	$Cu_6 As_2 S_8$
Famatinit . . . . .	$Cu_6 Sb_2 S_8$
Sulvanit . . . . .	$Cu_6 V_2 S_8$

Die verschiedenen Sulfomineralien mit Ausnahme derjenigen der Sternbergitgruppe gehören daher Reihen mit den oben angeführten einfachen, allgemeinen Formeln an. Es ist sehr zweifelhaft, ob die Glieder der Sternbergitgruppe als

selbständige Mineralien zu betrachten sind. GROTH ist der Meinung, daß diese sogenannten Mineralien — Sternbergit, Argyropyrit, Frieseit und Argentopyrit — wahrscheinlich nur silberhaltige Pyrite sind, was mit den oben angegebenen Daten übereinstimmt.

f) Die Zusammensetzung der verschiedenen Sulfomineralien ist daher auf die folgenden sechs allgemeinen Formeln zurückzuführen:

1.  $M_x^I R_{\frac{x}{2}}^{III} S_y$ , wo  $y = \frac{x}{2} + 3$ .
2.  $M_x^I R_{\frac{x}{4}}^{III} S_y$ , wo  $y = \frac{x}{2} + 6$ .
3.  $M_x^I R_{\frac{x}{6}}^{III} S_y$ , wo  $y = \frac{x}{2} + 9$ .
4.  $M_x^I R_{\frac{x}{8}}^{III} S_y$ , wo  $y = \frac{x}{2} + 12$ .
5.  $M_x^I R_{\frac{x}{2}}^{IV} S_y$ , wo  $y = \frac{x}{2} + 4$ .
6.  $M_x^I R_{\frac{x}{2}}^{V} S_y$ , wo  $y = \frac{x}{2} + 5$ .

### 9. Einige morphotropisch-genetische Reihen.

Es scheint jetzt als sehr zweckmäßig, die verschiedenen Sulfomineralien, besonders diejenigen mit der Formel  $M_x^I R_{\frac{x}{2}}^{III} S_y$ , wo  $y = \frac{x}{2} + 3$ , in den möglichen progressiven chemischen Reihen anzuordnen und weiter zu studieren. Einige solcher Reihen sind die folgenden:

		Spez. Gew.
a) $As_2 S_3$ —PbS-Reihe		
Auripigment . . . . .	$As_2 S_3$	3,5
Skleroklas . . . . .	$Pb As_2 S_4$	5,39
Dufrenoyzit . . . . .	$Pb_2 As_2 S_5$	5,56
Gütermannit . . . . .	$Pb_3 As_2 S_6$	5,94
Jordanit . . . . .	$Pb_4 As_2 S_7$	6,393
:	:	:
Bleiglanz . . . . .	$Pb S$	7,45
b) $Sb_2 S_3$ —PbS-Reihe		
Antimonglanz . . . . .	$Sb_2 S_3$	5,32
Zinckenit . . . . .	$Pb Sb_2 S_4$	5,4
Jamesonit . . . . .	$Pb_2 Sb_2 S_5$	5,57
Boulangerit . . . . .	$Pb_3 Sb_2 S_6$	5,75—6
Meneghinit . . . . .	$Pb_4 Sb_2 S_7$	6,399
Geokronit . . . . .	$Pb_5 Sb_2 S_8$	6,3—6,45
Kilbrickenit . . . . .	$Pb_6 Sb_2 S_9$	6,4
:	:	:
Bleiglanz . . . . .	$Pb S$	7,45



c) $Sb_2S_3$ — $Ag_2S$ -Reihe		Spez. Gew.
Antimonglanz . . . . .	$Sb_2S_3$	5,32
Miargyrit . . . . .	$Ag_2Sb_2S_4$	5,18—5,3
⋮	⋮	⋮
Pyrrargyrit . . . . .	$Ag_6Sb_2S_6$	5,85
⋮	⋮	⋮
Stephanit . . . . .	$Ag_{10}Sb_2S_8$	6,25
⋮	⋮	⋮
Polybasit . . . . .	$Ag_{16}Sb_2S_{11}$	6,037
⋮	$Ag_{18}Sb_2S_{12}$	6,33
⋮	⋮	⋮
Polyargyrit . . . . .	$Ag_{24}Sb_2S_{15}$	6,974
⋮	⋮	⋮
Silberglanz . . . . .	$Ag_2S$	7,3

d) $Bi_2S_3$ — $PbS$ -Reihe		
Bismutit . . . . .	$Bi_2S_3$	6,5
Galenobismutit . . . . .	$PbBi_2S_4$	6,88—7,14
Cosalit . . . . .	$Pb_2Bi_2S_5$	6,39—6,75
Lillianit . . . . .	$Pb_3Bi_2S_6$	6,7
⋮	⋮	⋮
Beegerit . . . . .	$Pb_6Bi_2S_9$	7,273
⋮	⋮	⋮
Bleiglanz . . . . .	$PbS$	7,45

e) $Bi_2S_3$ — $Cu_2S$ -Reihe		
Bismutit . . . . .	$Bi_2S_3$	6,5
⋮	⋮	⋮
Emplektit . . . . .	$Cu_2Bi_2S_4$	6,3—6,5
⋮	⋮	⋮
Kupferglanz . . . . .	$Cu_2S$	5,51

Eine vorläufige Untersuchung einiger dieser Reihen zeigt, daß sich sehr interessante Beziehungen ableiten lassen, denn mit nur einigen Ausnahmen ist die Kristallisation der verschiedenen Glieder dieser Reihen als kubisch oder pseudokubisch anzusehen. Diese Sulfomineralien sind bis jetzt immer von dem Standpunkt von der Isomorphie arrangiert und studiert worden, aber zweifelsohne wird eine neue Untersuchung, welche die oben angegebenen Daten berücksichtigt, zeigen, daß die Ansicht, daß dieselben auch morphotropische Reihen bilden, wie schon in Detail bei der  $Fe_2S_3$ — $Cu_2S$ -Reihe angegeben, völlig gerechtfertigt ist. Hierüber wird später weiter benachrichtigt.

Diese Klassifikation der Mineralien in den oben angeführten Reihen glauben wir nicht nur durch die Beobachtungen an der  $Fe_2S_3$ — $Cu_2S$ -Reihe, sondern auch von seiten

der charakteristischen Weise des Vorkommens der Glieder derselben als völlig gerechtfertigt. Ökonomische Geologen werden diese Klassifikation bei Untersuchungen über die Herkunft und Formation der betreffenden Erzlagerstätten ohne Zweifel von Nutzen finden, denn man muß annehmen, daß die Glieder dieser Reihen wahrscheinlich durch Interaktion von Lösungen der verschiedenen Glieder, hauptsächlich jedoch der Endglieder, oder durch Einwirkung von Lösungen auf die festen Phasen derselben gebildet wurden<sup>1</sup>.

### 10. Schlussfolgerungen.

1. Durch die kristallographischen Beobachtungen wurden fünf Formen (211), (433), (522), (833) und (411), welche neu für das Buntkupfererz sind, aufgefunden. Von diesen Formen ist nur (411) als zweifelhaft zu betrachten.

2. Die chemische Untersuchung von kristallisiertem Buntkupfererz von Bristol, Connecticut, ergab die Formel  $\text{Cu}_{12}\text{Fe}_2\text{S}_9$ . Die Prüfung des 1903 von HARRINGTON analysierten Materials von derselben Lokalität lieferte auch die von ihm gegebene Formel  $\text{Cu}_{10}\text{Fe}_2\text{S}_8$ .

3. Das untersuchte Material wurde durch metallographische Beobachtungen als ganz homogen erwiesen.

4. Aus unseren Resultaten und denen der früheren Analytiker muß man daher annehmen, daß die Zusammensetzung des Buntkupfererzes nicht konstant, sondern sehr variabel ist. Diese verschiedenen Zusammensetzungen zeigen jedoch regelmäßige Progressionen der Eigenschaften, welche die Anordnung der Reihe  $\text{Fe}_2\text{S}_3$ — $\text{Cu}_2\text{S}$  ermöglichen. Die verschiedenen Glieder dieser Reihe besitzen eine einfache, allgemeine Formel.

5. Die bis jetzt bekannten Sulfomineralien können auf sechs allgemeine Formeln zurückgeführt werden.

6. Einige ähnliche Reihen werden auch vorgeschlagen.

Mineralogical Laboratory, University of Michigan, März 18., 1914.

<sup>1</sup> In einigen Hinsichten ähnliche Klassifikationen sind auch zu finden bei TSCHERMAK, Mineralogie. 6. Aufl. 1905. 416—422; SPENCER, Economic Geology. 1913. 8. 638; CLARKE, Data of Geochemistry. Bulletin 491 of the U. S. G. S. 2. Aufl. 1911. 623, 628, 630 und 652.

# 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: 1914

Band/Volume: [1914\\_2](#)

Autor(en)/Author(s): Kraus E. H., Goldsberry J. P.

Artikel/Article: [Über die chemische Zusammensetzung des Buntkupfererzes und dessen Beziehung zu einer neuen Klassifikation der Sulfomineralien. 127-144](#)