

Warum sollte man also in solchen Fällen, wo die thermische Methode nicht anwendbar ist (bei Mineralien ist das auch deshalb der Fall, weil große Mengen reinen Materials sehr schwer zu beschaffen sind), nicht zu einer anderen greifen? Die optische Bestimmung der Schmelzpunkte und Umwandlungspunkte, wie sie O. LEHMANN entwickelt hat, hat zu sehr genauen Resultaten geführt, wie auch sonst diese Methode bei der Bestimmung der optischen Umwandlungen, wie sie z. B. C. KLEIN u. a. ausführten, gewiß sehr wertvoll war. Über Subjektivität läßt sich ja streiten, aber es müßte denn doch der Beweis erbracht werden, daß optische Methoden weniger genau sind als thermische. In der Mineralogie haben sich die optischen Methoden wohl genügend bewährt. Die Differenzen bei den Schmelzpunkten der Feldspäte verleiten eben Herrn DAY zu dem bequemen Mittel, die Methode des Gegners als subjektiv zu bezeichnen, wofür er den Beweis schon deshalb schuldig blieb, weil er sie ja nicht erprobt hat.

Gegen den Satz, daß einfache Silikate meist schärferen Schmelzpunkt als komplexe Silikate haben, wenden DAY und SHEPHERD ein, daß von Silikaten SiO_2 der Quarz keinen scharfen Schmelzpunkt habe. Nun hat letzterer, wie ich schon früher bemerkte¹, gewiß keinen scharfen Schmelzpunkt, aber es war mir bisher nicht bekannt, daß Quarz ein Silikat sei, ich hielt diesen bisher für ein Oxyd. Falls aber die genannten Forscher den Beweis erbringen würden, daß Quarz ein Silikat ist, bin ich bereit, meine Ansicht zu ändern.

Eine Grundfrage der chemischen Petrographie.

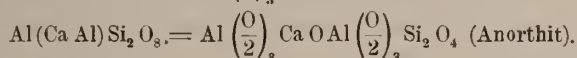
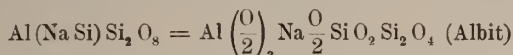
Von Ernst Sommerfeldt in Tübingen.

1. Vorbemerkung über die kleinstzahligen chemischen Formeln der Silikatmineralien.

Die Schreibweise vieler kompliziert zusammengesetzter Silikate vereinfacht sich sehr und die Analogie der chemischen Zusammensetzung tritt bisweilen viel deutlicher als sonst hervor, wenn man es für zulässig erklärt, bei mehrwertigen Elementen Bruchteile ihrer Atome in die Formeln aufzunehmen und zwar so, daß die Grenzzahligkeit der Valenzen stets gewahrt bleibt; wir werden also halbe Atome der zweiwertigen Elemente und ein Drittel der Atome dreiwertiger Elemente in die Formeln bisweilen einführen. Implizite steckt schon in der seit langem üblichen Schreibweise isomorpher Mischungen eine Verzichtleistung auf ganz-

¹ Chem.-physik. Mineralogie. 1905. p. 100.

zahlige Atomsymbole in chemischen Formeln, denn (Rb, K) Cl bedeutet doch nichts anderes als eine Abkürzung für $\left(\text{Rb}/x + \text{K}/1 - \frac{1}{x}\right)\text{Cl}$, wo x eine variabel zu denkende Zahl ist. Im Sinne dieser Schreibweise läßt sich für Anorthit die einfache Formel $\text{Al} \frac{\text{Ca}}{2} \text{SiO}_4$ aufstellen, ferner läßt sich alsdann mit besonderer Leichtigkeit von der Schreibweise Salz gleich Metall plus Säurerest übergehen zu der Schreibweise Salz gleich Metalloxyd plus Säureanhydrid, was wir an dem Beispiel der Kalk-Natronfeldspate zeigen:



Es braucht also nur den basischen Elementen der Sauerstoff in der entsprechenden Valenzzahl hinzugefügt zu werden; die bei der gewöhnlichen Schreibweise notwendige Verdoppelung der Formel, wodurch das Erkennen der Analogie zwischen Albit und Anorthit erschwert wird, vermeidet man so.

2. Ein Satz Rosenbusch's über die chemische Zusammensetzung der Eruptivgesteine.

H. ROSENBUSCH hat durch Berechnung einer großen Anzahl von Gesteinsanalysen eine von ihm als Gesetz von der Konstanz der Metallatome bezeichnete Regelmäßigkeit bei den Eruptivgesteinen aufgefunden, nach welcher die Summe der „Molekularzahlen“ eines jeden Eruptivgesteines annähernd 155 beträgt, was bei Umrechnung auf die „Metallatomzahl“ zum Wert 185 führt. Die Abweichungen von diesem Mittelwert können bis $\pm 15\%$ betragen, jedoch ist trotz dieser Schwankungen die Regelmäßigkeit eine äußerst bemerkenswerte und bedingt einen prinzipiellen Unterschied der Eruptivgesteine gegenüber den allgemeinsten Gesteinen, welche man sich aus den Komponenten des Eruptivgesteins aufgebaut denken könnte. Ein genügender Grund für die geringe Veränderlichkeit der Molekularzahl ist bisher nicht angegeben¹, sondern meist nur a posteriori ist dieselbe bestätigt. In dieser Mitteilung will ich einen Erklärungsversuch für das Gesetz von ROSENBUSCH liefern, welcher auch die Art und Weise, wie ein Magma seine Zusammensetzung ändern, also z. B. in Teilmagmen sich spalten kann, vom chemischen Standpunkt der Anschauung näher führen dürfte.

¹ Abgesehen von dem im letzten Abschnitt dieser Mitteilung besprochenen Erklärungsversuch ROTN's.

Zunächst sei hervorgehoben, daß die Regel von ROSENBUSCH vollkommen unabhängig von Annahmen über die molekulare Beschaffenheit der Mineralien ist, sondern lediglich stöchiometrische Verhältnisse betrifft; aus diesem Grunde will ich die Worte Molekularzahl und Metallatomzahl vermeiden, da es genügt, statt dessen von Grammkülen der Metalloxyde zu reden und die ROSENBUSCH'sche Regelmäßigkeit auf diese oder statt der Oxyde auch auf die ihnen chemisch äquivalenten Mengen der Metalle (inkl. Silicium) selbst zu beziehen. Obgleich bekanntlich im allgemeinen die Schreibweise Metalloxyd plus Säureanhydrid für ein Salz als veraltet gelten kann, ist sie dennoch für kompliziert zusammengesetzte Silikate sehr anschaulich und auch einwandfrei, da anderseits die Iontentheorie, welche diese Schreibweise in den übrigen Teilen der Chemie endgültig beseitigt hat, innerhalb der Chemie der Silikatschmelzen bisher auch nicht annähernd die gleiche Bedeutung erlangt hat, wie innerhalb der Theorie der übrigen Lösungen. Wenn wir uns im folgenden bisweilen dieser Schreibweise sowie einiger Konstitutionsformeln der Silikate bedienen, so ist stets hinzuzufügen, daß schon die Möglichkeit der betreffenden Schreibweise für uns vollkommen genügt; sollte später bewiesen werden, daß sie vom atomistischen Standpunkt unhaltbar ist, so reicht der Umstand, daß diese fälschliche Schreibweise doch wenigstens den stöchiometrischen Verhältnissen gerecht wird, dazu hin, unsere Resultate ungeändert zu lassen.

Das Gesetz von ROSENBUSCH drücken wir folgendermaßen aus: Innerhalb zweier beliebig verschiedenartiger Eruptivgesteine A und B addieren sich die einzelnen Oxyde so, daß die gleiche Gesamtzahl von Grammkülen derselben in der Gewichtseinheit von A und B existiert. Diese annähernd konstante Gesamtzahl soll hier kurz als „topische Zahl“ bezeichnet werden¹. Halten wir es für zulässig, von einem Urmagma und einem „Urtypus der Eruptivgesteine“ zu sprechen, indem wir alle von diesem abweichenden Gesteinstypen solchen Magmen zurechnen, welche sich hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung von dem Urmagma entfernt haben, so läßt sich unsere Gesetzmäßigkeit folgendermaßen ausdrücken: Jede Anreicherung an einem Elementoxyde wird gerade kompensiert durch eine Verminderung anderer Elementoxyde und zwar wird jede Wegnahme eines Grammküls des

¹ Das Wort „topisch“ wähle ich deshalb, weil es auch in der Kristallographie eine solche Berechnungsweise bezeichnet, durch welche die empirisch gefundenen Bestimmungsstücke mit den Grundbegriffen der Atomistik verbunden werden. ROSENBUSCH führt dreierlei Arten von charakteristischen Zahlen ein, nämlich die „Atomzahl“ (A.Z.), die „Metallatomzahl“ (M.A.Z.) und die von ihm kurzweg „Zahl“ benannte Größe, letzterer legen wir, um alle Verwechslungen zu vermeiden, die längere Bezeichnung „topische Zahl“ bei.

einen Oxyds gerade durch Zunahme anderer Oxyde im Gesamtbetrage eines Grammmoleküls ausgeglichen. Es kann von Konzentrationsverschiebungen der einzelnen Komponenten hierbei gesprochen werden.

Um ein spezielles Beispiel zur späteren Bildung des allgemeinsten Falles zu gewinnen, sei angenommen, daß die Konzentrationsverschiebung innerhalb der Feldspatreihe vor sich gehe, daß also z. B. zu dem ursprünglichen orthoklasliefernden Magma ein solches hinzugeflossen sei, welches ein im übrigen mit jenem übereinstimmendes Gestein liefern, aber einen an Kalk reichen Feldspat besitzen würde. Nun fragen wir, wie überträgt sich der Satz ROSENBUSCH's von den Gesteinen auf die einzelnen Mineralbestandteile, wir geben also die in 100 g eines Minerals enthaltenen Grammmoleküle der einzelnen Oxyde an und addieren dieselben. Bei diesem Verfahren wird sich zeigen, daß Anorthit und Orthoklas fast genau auf dieselbe Summe der Grammmoleküle, also auf die gleiche „topische Zahl“ führen.

3. Beispiele zur Bildung der topischen Zahl.

Bekanntlich gewinnt ROSENBUSCH die topische Zahl dadurch, daß er die Prozentzahlen der Analyse für Kieselsäure durch 60, für Tonerde durch 102, für Eisenoxyd durch 160, für Eisenoxydul durch 72, für Magnesia durch 40, für Kalk durch 56, für Natron durch 62 und für Kalium durch 94 dividiert, die so erhaltenen Zahlen addiert und zur Vermeidung von unbequemen Brüchen noch das Komma verschiebt (also mit einer geeigneten Zehnerpotenz multipliziert). Übertragen wir nun dieses Verfahren auf die Mineralien, so wollen wir zugleich hinschreiben, wie die Prozentzahlen durch stöchiometrische Rechnungen entstehen und gelangen so zu einem Schema, welches wir am Beispiel des Anorthit ausführen: Es enthalten

$$279 \text{ g Anorthit } \begin{cases} 56 \text{ g CaO} \\ 102 \text{ „ Al}_2\text{O}_3 \\ 121 \text{ „ SiO}_2 \end{cases} \text{ 100 g Anorthit enth. } \begin{cases} 56/2,79 = 20,1 \text{ g CaO} \\ 102/2,79 = 36,7 \text{ „ Al}_2\text{O}_3 \\ 121/2,79 = 43,1 \text{ „ SiO}_2 \end{cases}$$

Um zur topischen Zahl zu gelangen, hätten wir die rechtsstehenden Prozentzahlen (20,1^o/_o, 36,7^o/_o, 43,1^o/_o) durch die zugehörigen Molekulargewichte zu dividieren, statt dessen ist es aber einfacher, in der mittleren vertikalen Zahlenreihe die Division auszuführen, da dort diese Molekulargewichte unmittelbar enthalten sind und zwar nur im Fall der Kieselsäure mit einem einfachen Multiplum, nämlich 2, behaftet erscheinen. Es ergibt sich also $1/279 + 2/279 + 1/279$ als Wert für die topische Zahl, so daß wir allgemein sagen können: Man braucht nur die Koeffizienten, welche den einzelnen Oxyden in der chemischen Formel zukommen, je durch das Molekulargewicht des Minerals zu dividieren, um

zu der topischen Zahl ROSENBUSCH'S (abgesehen von Komma-verschiebungen) zu gelangen. In unserem Beispiel muß man, um die „Zahl“ ROSENBUSCH'S zu finden, das Komma um 4 Stellen nach rechts schieben, alsdann ergibt sich 143,4 als topische Zahl für den Anorthit.

Gehen wir jetzt zum Orthoklas über, so schreiben wir die Formel dieses Minerals folgendermaßen:



und erkennen sogleich, daß eine Abweichung in der topischen Zahl von derjenigen des Anorthit nur durch eine Verschiedenheit des Molekulargewichts beider Mineralien bedingt sein kann, denn die Koeffizienten, mit welchen die Oxyde in den beiderlei Formeln behaftet sind, besitzen die gleiche Summe 4 und zwar erscheint 4 in der Formel des Anorthit in die Summanden 1, 1, 2 zerlegt, in der Formel des Orthoklas sind $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{2}$, 3 die entsprechenden Summanden. Die Molekulargewichte von Orthoklas und Anorthit stimmen aber fast genau überein, und betragen 279,5 für Orthoklas, 279,0 für Anorthit. Folglich sind auch die topischen Zahlen innerhalb der gleichen Genauigkeitsgrenze identisch.

Der neueren Auffassung, nach welcher der fünfwertigen Gruppe KSi des Orthoklas die ebenfalls fünfwertige Gruppe CaAl entspricht, können wir unsere Schreibweise mit größter Leichtigkeit anpassen, indem durch Einfügung von O wir $\text{K}\left(\frac{\text{O}}{2}\right)\text{SiO}_2$ und $\text{CaOAlO}\frac{3}{2}$ als die homologen Gruppen bezeichnen und so zu den schon in Abschnitt 1 angeschriebenen Formeln für Anorthit und Orthoklas zurückkommen.

4. Simultane Schreibweise der chemischen Formeln.

Um den Übergang von dem speziellen Beispiel der Feldspate auf den allgemeinsten Fall zu vollziehen, führe ich folgende Definition ein:

Als „simultan“ will ich zwei kieselsaure Salze dann bezeichnen, wenn sich ihre chemischen Formeln so schreiben lassen, daß in dem Säureradikal des ersten die Siliciummenge ebensoviele Valenzen dem Sauerstoff darbietet, wie in dem Säureradikal des zweiten, und daß außerdem auch die basischen Bestandteile, mit denen das erste resp. zweite Säureradikal verbunden erscheint, hinsichtlich der Summe ihrer Valenzen übereinstimmen.

Zwei Salze, welche sich von der gleichen Kieselsäure ableiten, sind stets simultan, denn man braucht nur solche Polymere ihrer kleinstzahligen Formeln hinzuschreiben, welche hinsichtlich der Valenz der basischen Bestandteile übereinstimmen, um das simultane Verhalten zu erkennen; umgekehrt aber brauchen nicht zwei

simultane kieselsaure Salze sich von der gleichen Kieselsäure abzuleiten; als Beispiel hierfür vergleichen wir wiederum den Orthoklas mit Anorthit. Ersteres Mineral leiten wir (wie CLARKE, GROTH u. a.) von der Trikieselsäure $H_4Si_3O_8$ ab, letzteres von der Orthokieselsäure $H_8Si_2O_8$. Die Salze der Trikieselsäure können aber als diejenigen speziellen Fälle der Orthokieselsäuren angesehen werden, in welchen vier der acht Wasserstoffvalenzen stets durch Silicium ersetzt sind, was die Schreibweise $(H_4Si)Si_2O_8$ dieser Säure besonders deutlich erkennen läßt. Während bei den allgemeinsten orthokieselsauren Salzen beliebige basisch wirkende Elemente den Wasserstoff vertreten können, hat man die Einführung der Trikieselsäure nur dem Umstand zuzuschreiben, daß hierbei häufig vier Wasserstoffvalenzen durch das säurebildende Element selbst vertreten werden, so daß das Siliciumatom einen amphoteren Charakter scheit zu besitzen. Durch diese Betrachtung wird, nebenbei bemerkt, der Isomorphismus zwischen Albit und Anorthit besonders leicht verständlich und es ist ferner klar, daß sämtliche trikieselsauren Salze simultan sind mit den orthokieselsauren.

Das Gesetz von ROSENBUSCH erkläre ich nun dadurch, daß bei den magmatischen Konzentrationsverschiebungen der Eruptivgesteine die einander vertretenden Mineralien simultane Zusammensetzung und annähernd gleiches Molekulargewicht besitzen, was jetzt im einzelnen gezeigt werden soll.

5. Die topische Zahl der in Eruptivgesteinen wesentlichsten Mineralgruppen.

a) Die Feldspatgruppe.

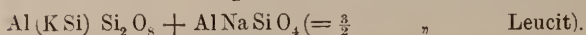
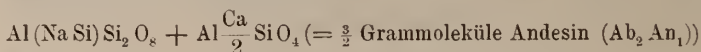
Während zwischen Orthoklas und Anorthit eine fast völlige Gleichheit der Molekulargewichte besteht, ist zwischen Albit und Anorthit die Abweichung größer, bleibt aber innerhalb der Genauigkeitsgrenze, welche dem Gesetze ROSENBUSCH's zukommt, denn es beträgt das Molekulargewicht des Anorthit 279,4 und dasjenige des Albit 263,4. Hingegen sind bekanntlich die Molekularvolumina beider Mineralien sehr annähernd übereinstimmend, denn da das spezifische Gewicht des Anorthits 2,75, dasjenige des Albits 2,62 beträgt, ergeben sich die Werte 101,5 und 100,5 für diese Zahlen. Man wird hierdurch auf die Vermutung geführt, daß überhaupt die von ROSENBUSCH bemerkte Konstanz vielleicht eine noch vollkommener wäre, wenn man statt der Gewichtseinheiten Volumeinheiten den Berechnungen zugrunde legt. Da es indessen nur Zweck dieser Mitteilung ist, die Resultate ROSENBUSCH's zu erklären, nicht aber sie durch andere zu ersetzen zu wollen, so soll an der ursprünglichen Berechnungsweise festgehalten werden.

b) Die Feldspatvertreter.

1. Nephelin: Für dieses Mineral nehmen wir die einfache Auffassung DOELTER's an, nach welcher es die Zusammensetzung AlNaSiO_4 besitzt und demnach als Natronanorthit bezeichnet werden kann. Der prozentischen Menge nach entfernt sich das Mineral in der Tat höchstens um einen im Vergleich zur Genauigkeitsgrenze des ROSENBUSCH's kleinen Betrag von der Zusammensetzung eines Orthosilikats und kann daher als simultan mit Anorthit betrachtet werden; da überdies die Molekulargewichte nur um den geringen Unterschied von $\text{Ca}/2$ weniger Na differieren, so bleibt bei magmatischen Konzentrationsverschiebungen, welche den Feldspat in Nephelin überführen, die von ROSENBUSCH bemerkte Konstanz gewahrt. Übrigens fassen wir diejenige Anzahl von Grammen, welche der Formel $(\text{AlNaSiO}_4)_2$ entspricht, als ein Grammolekül Nephelin auf, um uns an die in 1 eingeführte Schreibweise der Feldspate anzuschließen.

2. Leucit: Derselbe kann als eine Doppelverbindung des Orthoklas- und Nephelinmoleküls aufgefaßt werden (vergl. z. B. GROTH, Tabellar. Übers. d. Miner. p. 152), so daß die ortho- und triokieselsauren Salze zum Teil zur Isomorphie, zum Teil aber zur Doppelsalzbildung zu neigen scheinen.

Es läßt sich daher auch eine vollkommene stöchiometrische Analogie zur Formel des Leucit dadurch erzielen, daß wir ein Grammolekül Albit mit einem halben Grammolekül Anorthit zu drei halben Grammolekülen eines Mischkristalles vereinigen entsprechend der Schreibweise



Um ein Grammolekül Leucit zu bezeichnen, haben wir mithin den obigen Ausdruck mit dem Faktor $\frac{2}{3}$ zu behaften; daß alsdann der Leucit den Feldspaten simultan ist und annähernd gleiches Molekulargewicht wie dieselben besitzt, folgt durch diese Schreibweise von selbst; es kann aber natürlich auch a posteriori durch Umrechnung der prozentischen Zusammensetzung konstatiert werden, daß sich ein solches Molekulargewicht für den Leucit ergibt.

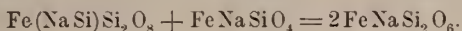
Die Einführung des Faktors $\frac{2}{3}$ würde einen solchen Beurteiler, der unseren Ausführungen nicht im einzelnen gefolgt ist, vielleicht befremden; jedoch ist sie zur Umrechnung der Bauschanalyse auf Mineralaggregate durchaus sachgemäß. Denn in der Bauschanalyse werden ja z. B. auch alle etwa anzunehmenden Polykieselsäuren vernachlässigt und unter die eine Kieselsäure SiO_2 vereinigt; ebenso muß man alle Polymerisationen, die bei der Bildung komplizierterer Silikate aus verwandten einfacheren ein-

treten könnten, bei den stöchiometrischen Umrechnungen vernachlässigen, sondern muß die verwandten Komponenten (also in unserem Fall Orthoklas und Nephelin) stöchiometrisch so verwerten, als ob sie Mischkristalle bildeten, d. h. als ob jede Komponente ihr Molekulargewicht in das entstehende Additionsprodukt (Leucit) hinübertrüge.

c) Pyroxengruppe.

Der z. B. in der OSANN'schen Klassifikation verwertete Gedanke, das Aegirinmolekül den Feldspatvertretern unter Umständen zuzurechnen, ist gewiß vortrefflich und fordert dazu heraus, nach einer Gleichung zu suchen, welche diesen Übergang der Feldspate in Pyroxene darstellt; dieselbe kommt für uns nur insofern in Betracht, als sie das simultane Verhalten der Pyroxene im Vergleich zu den Feldspaten nachweist und lautet:

Ein Grammolekül „Eisualbit“ + $\frac{1}{2}$ Grammolekül „Eisennatrium-anorthit“ gibt Aegirin oder symbolisch:



Es entspräche aber nicht dem Sinn unserer früheren Betrachtungen, wenn wir die rechte Seite dieser Gleichung als ein Symbol für zwei Grammoleküle Aegirin betrachten, vielmehr stellt unsere Gleichung das Analogon zu dem Prozeß vor, daß sich 1 Grammolekül Albit + $\frac{1}{2}$ Grammolekül Anorthit in $\frac{3}{2}$ Grammoleküle Andesin (Ab_2An_1) umwandelt; um ein Grammolekül Aegirin zu erhalten, haben wir mithin die rechte Seite der letzten Gleichung noch mit dem Faktor $\frac{2}{3}$ zu behaften. $\frac{2}{3}\text{Fe Na Si}_2\text{O}_6$ bilden mithin ein Grammolekül Aegirin. Für die gewöhnliche Ausdrucksweise der Chemie, welche bei Verbindungen nur ganze Atome kennt, folgt hieraus, daß kein kleineres Multiplum von $\text{Fe Na Si}_2\text{O}_6$ auf Gleichungen mit ganzzahligen Koeffizienten führt, als das sechsfache Multiplum. Dieses Ergebnis stimmt mit demjenigen überein, welches F. W. CLARKE, von anderen Gesichtspunkten ausgehend, erhielt (Bull. U. S. Geol. Survey, Washington 1895. 125, im Auszug auch Zeitschr. f. Krist. 28. 326). CLARKE schreibt z. B. für Spodumen die Formel $\text{Al}_6(\text{Si}_3\text{O}_8)_3(\text{SiO}_4)_3\text{Li}_6$. Diese Formel ist in der Tat geeignet, ebensógt wie die unserige, die simultane Beziehung zwischen Feldspaten und Proxenen zu erkennen und sie ist die kleinste ganzzahlige Formel, welche dieses leistet, während unsere Formel als die kleinstzahlige (aber gebrochene) gleichberechtigte Formel bezeichnet werden kann.

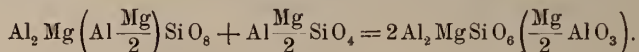
Die nächste Hauptfrage lautet: Wie vollzieht sich der Übergang zu den Aluminium-Angiten? Hierfür genügt es, eine ganz ähnliche Substitution, wie sie vom Albit- zum Anorthitmolekül hinüberführt, wiederum mit dem Anorthitmolekül vorzunehmen, dieser Übergang wird durch die Formeln gekennzeichnet

$\text{Al}(\text{Si Na})\text{Si}_2\text{O}_8$ Albit

$\text{Al Al Ca Si}_2\text{O}_8$ „einfach aluminierter Albit“ = Anorthit

$\text{Al}_2\text{Ca}\left(\text{Al}\frac{\text{Ca}}{2}\right)\text{SiO}_8$ „zweifach aluminierter Albit“ = einfach aluminierter Anorthit.

Es kommt also die zweite Substitution ebenso wie die erste auf eine Vermehrung der eigentlichen Metalle um vier Valenzen auf Kosten von vier Siliciumvalenzen hinaus, was auch z. B. der in GROTH's tabellarischer Übersicht in betreff der Pyroxene geäußerten Auffassung sehr ähnlich ist (vergl. p. 145 jenes Buches). Um unsere Gleichung für die Bildung des Aegirins aus den Feldspaten in diejenige für die Bildung eines Aluminiumaugits überzuführen, braucht man nur in ihr den „Eisenalbit“ in „zweifach aluminierter Magnesiumalbit“ und den Anorthit in „Magnesiumanorthit“ umzuschreiben, so daß die betreffende Gleichung lautet:



Da der erste Term der linken Seite einem Grammolekül, der zweite Term aber nur einem halben Grammolekül entspricht, ist ebenso wie beim Aegirin die rechte Seite als $1\frac{1}{2}$ Grammoleküle aufzufassen. Für den Eisenaugit lassen sich natürlich ganz analoge Betrachtungen anstellen, so daß wir nunmehr in der Lage sind, eine Tabelle aufzustellen für die verschiedenen Typen der Pyroxene, indem wir für jeden die mit einem Grammolekül Feldspat simultane Menge angeben wollen:

Tabelle der Pyroxentypen:

A = Aegirin $\frac{4}{3}[\text{SiO}_3 \text{ Fe Na} \quad \text{SiO}_3]$

D = Diopsid $\frac{4}{3}[\text{SiO}_3 \text{ MgCa} \quad \text{SiO}_3]$

A_1 = Alum.-Augit $\frac{4}{3}[\text{SiO}_3 \text{ Al}\frac{\text{Mg}}{2} \quad \left(\text{Al}\frac{\text{Mg}}{2}\right)\text{O}_3]$

A_2 = Eisenaugit $\frac{4}{3}[\text{SiO}_3 \text{ Fe}\frac{\text{Mg}}{2} \quad \left(\text{Fe}\frac{\text{Mg}}{2}\right)\text{O}_3]$

Gemeiner Augit $\frac{4}{3}[\text{XA}_1 + \text{YA}_2 + \text{ZD}]$, wo $\text{X} + \text{Y} + \text{Z} = 1$.

Trotz des simultanen Verhaltens können aber die Molekulargewichte und daher auch die topischen Zahlen innerhalb einer so viele Elemente enthaltenden Mineralgruppe stark variieren; man muß daher unter den Partialanalysen der Eruptivgesteine die Pyroxenbestimmungen nach ROSENBUSCH's Methode zur Bestimmung der topischen Zahl umrechnen; dieses führe ich in folgender Tabelle für einige in OSANN's chemischer Petrographie enthaltene Beispiele aus:

Eine Grundfrage der chemischen Petrographie.

11

	1.		2.		3.		4.		5.	
Si O ₂ . .	51,70	0,86	50,12	0,84	51,80	0,86	52,12	0,87	53,19	0,89
Al ₂ O ₃ . .	1,72	0,02	2,12	0,02	—	—	1,69	0,02	2,38	0,02
Fe ₂ O ₃ . .	0,30	—	1,60	0,01	1,89	0,01	—	—	9,25	0,06
FeO . .	18,36	0,26	23,59	0,33	19,89	0,28	20,94	0,29	5,15	0,07
MgO . .	25,09	0,63	11,05	0,28	18,84	0,47	21,56	0,54	9,43	0,24
CaO . .	2,87	0,05	10,49	0,19	7,96	0,14	3,20	0,06	17,81	0,32
Na ₂ O . .	—	—	0,67	0,01	—	—	—	—	2,63	0,04
K ₂ O . .	—	—	—	—	—	—	—	—	0,38	—
H ₂ O . .	—	—	—	—	—	—	—	—	0,01	—
Summe	100,04		99,64		100,38		99,51		100,23	
Top. Zahl	182		168		176		178		164	

	6.		7.		8.		9.		10.	
Si O ₂ . .	48,72	0,81	50,53	0,84	48,23	0,80	53,56	0,89	50,2	0,84
Al ₂ O ₃ . .	9,27	0,09	3,51	0,03	5,28	0,05	0,26	0,02	3,3	0,03
Fe ₂ O ₃ . .	3,77	0,02	2,39	0,01	4,83	0,03	2,75	0,02	0,4	—
FeO . .	6,68	0,09	7,35	0,10	5,01	0,07	8,69	0,12	7,2	0,10
MgO . .	14,67	0,37	12,61	0,32	15,84	0,40	1,70	0,04	12,2	0,31
CaO . .	16,79	0,30	21,24	0,38	19,85	0,35	30,16	0,54	26,4	0,47
Na ₂ O . .	0,19	—	1,44	0,02	0,67	0,01	2,64	0,04	—	—
K ₂ O . .	—	—	—	—	0,52	—	0,21	—	—	—
H ₂ O . .	0,18	—	—	—	0,45	—	—	—	—	—
Summe	100,27		99,07		100,68		99,97		99,5	
Top. Zahl	168		170		171		167		175	

	11.		12.		13.		14.	
Si O ₂	43,6	0,73	53,26	0,89	47,32	0,79	49,81	0,83
Al ₂ O ₃	14,7	0,14	4,01	0,04	6,37	0,06	0,92	0,01
Fe ₂ O ₃	—	—	3,42	0,02	2,56	0,02	7,53	0,05
FeO	13,7	0,19	14,07	0,20	14,40	0,20	7,69	0,11
MgO	5,6	0,14	14,65	0,37	13,43	0,34	13,08	0,33
CaO	22,8	0,40	10,15	0,18	16,08	0,29	18,93	0,34
Na ₂ O	0,3	—	—	—	—	—	} 1,26	0,02
K ₂ O	—	—	—	—	—	—		
H ₂ O	—	—	—	—	—	—		
Summe	100,7		99,56		100,16		99,22	
Top. Zahl	160		170		170		169	

	15.		16.		17.		18.	
Si O ₂	51,82	0,86	43,99	0,73	42,15	0,70	50,45	0,84
Al ₂ O ₃	0,60	0,01	14,01	0,14	5,17	0,05	2,76	0,03
Fe ₂ O ₃	21,02	0,13	2,09	0,01	16,86	0,10	23,42	0,15
FeO	9,14	0,13	9,14	0,13	8,54	0,12	5,36	0,07
MgO	1,47	0,04	10,88	0,27	3,56	0,09	1,48	0,04
CaO	3,01	0,05	19,42	0,35	10,39	0,19	5,92	0,11
Na ₂ O	11,87	0,19	1,09	0,02	10,69	0,17	9,84	0,16
K ₂ O	0,85	0,01	—	—	2,64	0,03	0,24	—
H ₂ O	0,50	0,02	—	—	—	—	0,55	0,03
Summe	100,28		100,62		100,00		100,02	
Top. Zahl	144		165		145		143	

	19.	20.	21.	22.
SiO ₂	49,97 0,83	37,20 0,62	45,79 0,76	47,22 0,79
Al ₂ O ₃	4,28 0,04	16,93 0,17	7,89 0,08	6,46 0,06
Fe ₂ O ₃	2,86 0,02	15,07 0,09	3,51 0,02	— —
FeO	5,66 0,08	3,55 0,05	4,81 0,07	4,37 0,06
MgO	13,58 0,34	6,89 0,17	14,81 0,37	15,99 0,40
CaO	22,35 0,40	14,81 0,26	21,60 0,39	20,75 0,37
Na ₂ O	1,04 0,02	5,06 0,08	1,55 0,03	2,41 0,04
K ₂ O	0,38 —	— —	— —	2,64 0,03
H ₂ O	0,09 —	— —	— —	— —
Summe	100,21	99,51	99,96	99,84
Top. Zahl	173	144	172	175

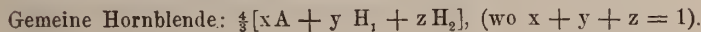
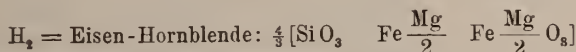
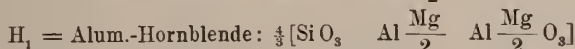
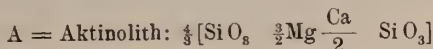
1. Hypersthen aus Hypersthenandesit. Buffalo Peaks. Colorado.
2. " " Andesitlava des Georgias 1. Santorin.
3. " " Andesit. Bandai San, Japan.
4. Hypersthen aus Gabbro. Mt. Hope bei Baltimore.
5. Diopsid aus Augitsodagranit. Kekequabic Lake, Minnesota.
6. Angit aus Granit. Blue Mts. Colorado.
7. Grüner Angit aus quarzführendem Augitglimmersyenit. Neu-
deck, Niederschlesien.
8. Angit aus Minette. Weiler bei Weißenburg.
9. Angit aus olivinführendem Augitandesitagglomerat. Yoneyama,
Japan.
10. Dunkelgrüner Angit. Andesitlava des Georgias 1. Santorin.
11. Grüner Angit aus Drusen der Lava ibid.
12. " " aus biotitführendem Augitandesit. Jhama in
Izn, Japan.
13. Angit aus Norit. Sugar Loaf, Colorado.
14. Angit aus Labradorporphyrit. Rimbachtal, Vogesen.
15. Aegirin. Aus Nephelinsyenit. Lujavurr, Kola.
16. Angit porphyrisch aus Phonolith. Praya St. Thiago, Cabo
Verde.
17. Angit aus Phonolith. Hohentwiel.
18. Aegirin (wahrscheinlich aus Tinguait) Magnet Cove.
19. Angit aus Tinguait. Square Butte, Montana.
20. " " Nephelintephrit. Antao Cabo Verde.
21. Basalt. Angita aus vulkanischem Sand. Aguas das Caldeiras.
Cabo Verde.
22. Angit aus Olivinknollen in Limbnrgit. Reichenweier, Elsaß.

Zur Zusammenstellung obiger Tabelle wurden unter den von OSANN wiedergegebenen Analysen diejenigen ausgewählt, von welchen am ehesten zu vermuten ist, daß sie an unverwittertem und reinem Material ausgeführt wurden. Ausgeschlossen wurden alle Analysen, welche beträchtliche Mengen von Wasser oder von seltenen und

in den Mineralien nicht notwendigerweise vorkommenden Elementen (Titan, Chrom, Lithium etc.) enthielten. Kleinere Mengen dieser Elemente wurden auf die nächstverwandten umgerechnet. Auch wurden diejenigen Analysen ausgeschieden, bei welchen trotz hohen Eisengehalts nicht eine Trennung in Eisenoxyd und Eisenoxydul durchgeführt war. Für die späteren Tabellen, welche die Amphibole und Glimmer betreffen, gelten diese Bemerkungen ebenfalls, nur erschien es angemessen in der Glimmergruppe einen höheren Wassergehalt für unbedenklich zu halten, als in den beiden anderen Mineralgruppen.

d) Amphibolgruppe.

Da die simultanen Beziehungen der Amphibole zu den Pyroxenen bei unserer Schreibweise unmittelbar zutage treten, gliedern wir der dortigen Tabelle die folgende über die Amphibole an:



Bezüglich der Molekulargewichte ist jedoch ebenso wie bei den Pyroxenen zu bemerken, daß dieselben für die verschiedenen Vertreter der Gruppe recht verschieden sein können, daher ist auch bei den Amphibolen eine Entscheidung der Frage, ob die topische Zahl annähernd gleich ist, nur durch eine Diskussion des Analysenmaterials zu liefern, zu welcher wir gleichfalls die Angaben OSANN'S (l. c.) benutzen. Zur Auswahl der Analysen verfahren wir ebenso wie bei den Pyroxenen und können alsdann folgende Tabelle aufstellen:

	1.	2.	3.	4.	5.
SiO ₂ . .	51,24 0,85	47,15 0,79	49,18 0,82	45,61 0,76	54,89 0,91
Al ₂ O ₃ . .	5,55 0,05	6,11 0,06	7,23 0,07	4,47 0,04	1,50 0,01
Fe ₂ O ₃ . .	3,03 0,02	2,05 0,01	3,76 0,02	— —	5,06 6,03
FeO . .	11,87 0,16	14,18 0,20	6,09 0,08	8,92 0,12	7,46 0,10
MgO . .	15,04 0,38	17,54 0,44	17,58 0,44	11,44 0,29	16,01 0,40
CaO . .	10,37 0,19	9,53 0,17	13,35 0,24	26,40 0,47	12,08 0,22
Na ₂ O . .	1,53 0,02	2,03 0,03	1,07 0,02	2,26 0,04	0,37 0,01
K ₂ O . .	0,95 0,01	0,85 0,01	0,47 0,01	0,79 0,01	2,72 0,03
H ₂ O . .	0,46 0,03	0,53 0,03	1,18 0,07	— —	0,38 0,02
Summe	100,04	99,97	99,91	99,89	100,47
Top. Zahl	171	174	177	173	173

	6.	7.	8.	9.
Si O ₂	45,77 0,68	41,3 0,69	43,55 0,73	46,14 0,77
Al ₂ O ₃	13,82 0,14	15,6 0,15	13,15 0,13	17,07 0,17
Fe ₂ O ₃	6,33 0,04	11,5 0,07	2,27 0,01	8,45 0,05
Fe O	5,93 0,08	3,2 0,04	10,50 0,15	— —
Mg O	15,68 0,39	— —	15,06 0,38	15,01 0,38
Ca O	10,74 0,19	13,5 0,24	12,11 0,22	11,70 0,21
Na ₂ O	0,92 0,01	13,1 0,21	3,49 0,06	1,11 0,02
K ₂ O	— —	1,4 0,01	0,57 0,01	0,10 —
H ₂ O	— —	0,3 0,02	0,21 0,01	— —
Summe	99,19	99,9	100,91	99,58
Top. Zahl	153	143	170	160

1. Hornblende aus Kugelgranit. Rattlesnake Bar, Californien. Dem Muttergestein der Kugeln entnommen.
2. Hornblende aus dem Kern der Kugeln von No. 1.
3. " " der Hülle der Kugeln von No. 1.
4. " " Amphibolbiotitgranit. Abukama Plateau, Japan.
5. Hornblende aus Durbachit. Durbach.
6. " " Kugeldiorit. Valle d'Orezza, Korsika.
7. " " Amphibolbiotitandesit. Lioran, Cantal.
8. " " einem Answürfling, der außerdem Anorthit, Hypersthen und wenig Olivin enthält. Insel St. Christopher, Kl. Antillen.
- *9. Hornblende aus Pyroxenit. Meadow Creek, Montana.

Von weiteren Mineralgruppen behandeln wir nur die Glimmer, denn die noch allenfalls in Betracht kommende Melilithreihe und Sodalithgruppe ist doch nicht in so großem Prozentgehalt vorhanden, daß sich durch sie die topische Zahl eines Eruptivgesteins beträchtlich von dem normalen Wert entfernen könnte; eine genauere Diskussion dieser Mineralien würde Schwierigkeiten bereiten, da die chemische Formel des Melilith nicht genügend festgestellt ist und da die Sodalithgruppe dem modernen System der chemischen Petrographie überhaupt schwer anzupassen ist (vergl. OSANN, TSCHERMAK's Min. u. petr. Mitteil. 19. p. 356).

e) Glimmergruppe.

Daß eine simultane Schreibweise für diese Gruppe im Vergleich zu den früheren möglich ist, geht bereits aus den Arbeiten CLARKE's hervor, welcher die Glimmer den Orthosilikaten einreihet; wegen der großen Mannigfaltigkeit in der chemischen Zusammensetzung, und weil die isomorphen Arten der Mischkristallbildungen in dieser Gruppe noch genauer als bisher untersucht werden müssen, erscheint auch hier die bei den Pyroxenen und

Amphibolen benutzte Methode als die zweckmäßigste. Es gestattet das genannte Buch von OSANN nach Ausschaltung aller zweifelhaften und zu Bedenken Anlaß gebenden Analysen die Frage nach der Konstanz der topischen Zahl zu entscheiden und wiederum zeigt sich, daß dieselbe nur innerhalb der früheren kleinen Grenzen schwankt.

	1.	2.	3.	4.
Si O ₂	40,38 0,67	38,97 0,65	39,54 0,66	38,72 0,65
Al ₂ O ₃	15,40 0,15	16,15 0,16	13,45 0,13	16,26 0,16
Fe ₂ O ₃	5,26 0,03	3,76 0,02	8,07 0,05	7,40 0,05
Fe O	7,73 0,10	8,11 0,11	4,89 0,07	5,25 0,07
Mg O	19,87 0,50	23,01 0,58	22,53 0,56	18,74 0,47
Ca O	— —	— —	3,39 0,06	1,86 0,03
Na ₂ O	1,80 0,03	— —	1,22 0,02	— —
K ₂ O	7,11 0,08	9,31 0,10	4,13 0,04	8,89 0,09
H ₂ O	1,68 0,09	1,23 0,07	1,50 0,08	2,60 0,14
Summe	99,23	100,54	98,72	99,72
Top. Zahl	165	169	167	166

1. Biotit aus Granitit. Schneekoppe.
2. „ „ Kugeln im Kugelgranit. Fonni, Sardinien.
3. „ „ Glimmerdiorit. Christianberg, Böhmerwald.
4. „ „ Kersantit. Bärenstein, Frankenwald.

6. Historisches.

Ein Versuch, die ROSENBUSCH'sche Gesetzmäßigkeit zu erklären, wurde bereits von J. ROTH gemacht (Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1891. p. 1), indessen hat ROTH weder sein Problem vollständig behandelt, noch ist er den Verdiensten, welche sich ROSENBUSCH auf diesem Gebiet erworben hat, gerecht geworden. ROTH weist darauf hin, daß „zufälligerweise“ vier Oxyde Si O₂, Mg O, Al₂ O₃, Na₂ O einzeln für A.Z. einen ziemlich genau gleichen und der Forderung von ROSENBUSCH für das A.Z. der Eruptivgesteine genügenden Wert ergeben. ROTH scheint zu glauben, daß sich durch diesen zufälligen Umstand die von ROSENBUSCH bemerkte Konstanz erklären läßt, denn er fährt nach Besprechung einiger Folgerungen für das A.Z. der Verbindungen jener Oxyde folgendermaßen fort: „Für die übrigen Silikatgemengteile der Eruptivgesteine — Glimmer, Hornblende, Augite, Epidot, Granat, Cordierit, Melilith usw. — wurde die Berechnung unterlassen, da der Eintritt von Eisenoxyd für Tonerde, von Eisenoxydul für Magnesia usw. den Wert von A.Z. so bedeutend verändern würde.“

Nun spielen aber die letztgenannten dieser Mineralien (Epidot, Granat, Cordierit, Melilith) in nichtmetamorphosierten Eruptivgesteinen nur eine unwesentliche Rolle, und ebenso diejenigen

Varietäten der Glimmer, Hornblenden und Augite, deren A.Z. sich stark von demjenigen Wert entfernt, welcher der Forderung ROSEBUSCH'S entspricht, wofür ich in dieser Abhandlung Beispiele geliefert habe. Gerade um die Erklärung dieser beiden Tatsachen hätte es sich für ROTM handeln sollen, so daß leider der wichtigste Punkt des Problems bei ROTM unerledigt bleibt. Aus dem Inhalt dieser Abhandlung hingegen erklärt sich das Fehlen dieser durch ein außergewöhnliches A.Z. gekennzeichneten Mineralien in den Eruptivgesteinen fast von selbst: denn man muß annehmen, daß in der Ausscheidungsfolge bei der Erstarrung eines Schmelzflusses die zuerst entstehenden Mineralien möglichst verwandte Mineralien nach sich zu ziehen streben. Dieses wird bewiesen erstens durch die Fähigkeit isomorpher Körper, Keimwirkungen aufeinander auszuüben, d. h. den Übersättigungszustand ihrer Lösungen resp. Schmelzflüsse wechselseitig aufzuheben, zweitens dadurch, daß in den Resorptionsphänomenen die Leichtigkeit der Umbildung von Amphibolen in Pyroxene zutage tritt. Zwischen simultanen Substanzen, deren topische Zahlen sich gleichen, ist nun ein besonders hoher Grad von Übereinstimmung anzunehmen (allerdings nicht eine gleich große Verwandtschaft wie bei isomorphen) und hiemit scheint es zusammenzuhängen, daß nur durch diejenigen äußeren Kräfte, welche zu einer Metamorphosierung führen, das Gestein gezwungen werden kann, auch die in ihren chemischen Bestimmungsstücken von den ursprünglichen Mineralien stark abweichenden Substanzen zu bilden. Bezüglich der chemischen Bestimmungsstücke haben wir in dieser Abhandlung gezeigt, daß die Gleichheit der topischen Zahlen an die Gleichheit der Molekulargewichte bei simultaner Schreibweise geknüpft ist. Wenn nun außerdem die spezifischen Gewichte der zu vergleichenden Silikate nicht zu stark differieren, wird hierdurch eine annähernde Übereinstimmung der Molekularvolumina gefordert. Dadurch erlangen unsere Betrachtungen Anschluß an die beachtenswerten Regelmäßigkeiten, welche BECKE und LOEWINSON-LESSING in bezug auf die Volumenverhältnisse der Gesteinskomponenten bei eintretender Dynamometamorphose verfolgt haben. Es muß einer späteren Mitteilung vorbehalten bleiben, diese Seite unserer Betrachtungen weiter auszuarbeiten.

7. Schlußwort.

Den eigentlichen Kernpunkt der vorliegenden Abhandlung bildet die Einführung des Begriffs „simultan“; soll nochmals kurz angegeben werden, was derselbe leistet, so ist zu sagen: Es gestattet dieser Begriff eine Zurückführung der verschiedenen Kieselsäuren, welche bei stöchiometrischen Rechnungen mit Silikatmineralien in Frage kommen, auf eine einzige Kieselsäure; daß eine solche Zurückführung von jedem Standpunkt aus vorgenommen

werden muß, soll keineswegs behauptet werden, z. B. soll den Untersuchungen TSCHERMAK's über die Beschaffenheit der Kieselsäure ihr Wert nicht abgesprochen werden; wer aber in der Bausch-analyse von Silikatgesteinen nur eine Kieselsäure gelten lassen will, und ein Silikatgestein als ein Agglomerat dieser Kieselsäure und der Metalloxyde stöchiometrisch auffassen will, der müßte auch angeben können, nach welchen stöchiometrischen Gleichungen mit diesen Bestandteilen allein zu operieren ist, um aus ihnen die tatsächlich vorliegenden Mineralien zu gruppieren. Die bisherigen Methoden benutzten für die stöchiometrischen Rechnungen eine ganze Reihe von Kieselsäuren, während in den Analysenergebnissen nur von einer Kieselsäure gesprochen zu werden pflegt. Diese Nichtübereinstimmung wurde dadurch zwar weniger fühlbar gemacht, daß man die Silikate als Metalloxyde plus Kieselsäure schrieb, aber sie wurde hierdurch doch nicht vermieden, sondern nur an eine andere Stelle gelegt; denn wie ein Gleichgewichtszustand zwischen vollständig und teilweise neutralisierten Basen entstehen könne, blieb bei dieser Schreibweise ganz unerklärt.

Zinnoberkristalle aus Sonoma County in Kalifornien; Gips- und Kalkspatkristalle von Terlingua in Texas.

Von A. Sachs in Breslau.

Die von diesen Quecksilberlagerstätten stammenden Mineralvorkommen gelangten durch das Mineralienkontor von Dr. F. KRANTZ in Bonn an das Breslauer Mineralogische Universitätsinstitut, dessen Leiter, Herr Prof. Dr. HINTZE, mir die Untersuchung freundlichst überließ. Hinsichtlich des kalifornischen Vorkommens ist in geologischer Beziehung vor allem auf die Studien von G. F. BECKER: *Geology of the Quicksilver Deposits of the Pacific Slope* (Monographs of the U. St. Geol. Survey. 13. Washington 1888) hinzuweisen. Die vorliegenden Stücke stimmen überein mit der Angabe BECKER's, daß auf Great Eastern in Sonoma Co. das Erz in opalartiger Masse eingeschlossen sei (vergl. HINTZE, Hdb. d. Min. 1. p. 698). Das geologische Auftreten der Quecksilberminerale von Texas ist von B. F. HILL (Amer. Journ. of Science. [4.] 16. p. 251—252. New Haven 1903) behandelt worden, von Terlingua stammen die neuen Quecksilberminerale: Eglestonit, Montroydit und Terlinguaït (vergl. A. J. MOSES, Amer. Journ. of Science. [4.] 16. p. 253—263 und Zeitschr. f. Krist. 39. 1904. p. 3—13), sowie der Kleinit (vergl. A. SACHS, Sitzungsber. d. K. Preuß. Akad. d. Wissensch. 21. Dec. 1905 und dies. Centralbl. f. Min. 1906. No. 7. p. 200—202). Es möge hier eine kurze Mitteilung über die kristallographischen Verhältnisse der Gipse

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1907

Band/Volume: [1907](#)

Autor(en)/Author(s): Sommerfeldt Ernst

Artikel/Article: [Eine Grundfrage der chemischen Petrographie. 2-17](#)