Über die Zusammensetzung einiger Silicate mit besonderer Berücksichtigung der polymeren Isomorphie

von

Herrn Prof. Dr. **A. Streng.**

(Schluss.)

Wenn nach den bisherigen Erfahrungen eine Isomorphie von Na mit Ca sowohl, wie eine solche von 2Al mit 2Si nicht anerkannt werden kann, wenn ferner das Statthaben einer isomorphen Mischung der Endglieder geläugnet werden muss, vorausgesetzt, dass diese eine constante Zusammensetzung haben sollen: so fragt es sich, wie man anders unter Zugrundlegung der Tschermak'schen Formeln und mit Berücksichtigung der oben angeführten Verhältnisse — Isomorphie von Ca mit 2Na und von 2Al mit 3Si — die Zusammensetzung der isomorphen Feldspathe erklären soll.

Um diese Frage zu beantworten, müssen einige allgemeine Bemerkungen vorausgeschickt werden.

Es ist schon oben der Begriff der Äquivalentigkeit hervorgehoben worden. Überblickt man nun die Reihe der isomorphen und zweifellos gleich zusammengesetzten Stoffe, so wird man bemerken, dass die sich ersetzenden Atome gleichäquivalentig sind. So wird z. B. das einäquivalentige Chlor durch das ebenfalls einäquivalentige Brom und Jod, der zweiäquivalentige Schwefel durch das zweiäquivalentige Selen, Chrom und Mangan, der dreiäquivalentige Phosphor durch das dreiäquivalentige Arsen, das vieräquivalentige Titan durch das vieräquivalentige Silicium, Zinn und Zirkonium und endlich das sechsäquivalentige Aluminium

durch das sechsäquivalentige Eisen isomorph ersetzt und vertreten. Diese Regel ist eine beinahe allgemeine, und es sind nur wenige Beispiele bekannt, wo sie ihre Bestätigung nicht fände. Die Fälle, wo die isomorphen Stoffe ganz verschiedenen Körperklassen angehören und desshalb nicht mit einander vergleichbar sind (z. B. kohlensaurer Kalk $\overset{II}{Ca}\overset{IV}{C}\overset{II}{O_3}$ und salpetersaures Natron $\overset{I}{Na}\overset{III}{N}\overset{II}{O_3}$) müssen hier völlig ausser Betracht gelassen werden. Eines der wenigen Beispiele, wo anscheinend ungleichäquivalentige Elemente sich atomweise vertreten, ist die Isomorphie von übermangansaurem (K_2O . Mn_2O_7) mit überchlorsaurem Kali (K_2O . Cl_2O_7), also $\overset{I}{K}\overset{II}{Mn}\overset{II}{O_4}$ mit $\overset{I}{K}\overset{I}{Cl}\overset{II}{O_4}$. Hier wird 1 Atom des gewöhnlich einäquivalentigen Chlors ersetzt durch 1 Atom des zweiäquivalentigen Mangans. Indessen muss es doch zweifelhaft bleiben, ob in diesen Verbindungen den beiden isomorphen Bestandtheilen wirklich eine verschiedene Äquivalentigkeit zukommt, oder ob hier nicht das Chlor dieselbe Äquivalentigkeit besitzt wie das Mangan. Die typischen Formeln beider Salze sind folgende:

übermangansaures Kali.	überchlorsaures Kali.
$\left.\begin{matrix}\overset{I}{mn}O_3\\ \overset{I}{mn}O_3\\ \overset{I}{K_2}\end{matrix}\right\}\overset{II}{O_2}$	$\left.\begin{matrix}\overset{I}{Cl}O_3\\ \overset{I}{Cl}O_3\\ \overset{I}{K_2}\end{matrix}\right\}\overset{II}{O_2}.$

Hier haben die beiden Radikale $\overset{I}{mn}O_3$ und $\overset{I}{Cl}O_3$ die gleiche Äquivalentigkeit, sie sind beide einäquivalentig und es würde sich dadurch die oben ausgesprochene Regel auch bei diesem Beispiele bestätigen.

Weit häufiger kommt der Fall vor, dass eine polymer isomorphe Vertretung stattfindet, d. h. dass 1 oder 2 Atome eines unzerlegten Körpers durch 2 oder 3 Atome eines andern ersetzt werden. So ist oben schon die Vertretung von $\overset{II}{Ca}$ durch $2\overset{I}{Na}$, diejenige von $2\overset{VI}{Al}$ durch $3\overset{IV}{Si}$ angeführt. Überblickt man die hier vorkommenden Beispiele und vergleicht den chemischen Werth der sich vertretenden Körper, so wird man in den meisten Fällen finden, dass die sich polymer isomorph ersetzenden

Körper ebenfalls eine gleiche Äquivalentigkeit zeigen und eine gleiche Zahl chemischer Einheiten repräsentiren. Man kann also sagen, dass sich zwei Körper in isomorphen Verbindungen immer in äquivalenten Mengen vertreten. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass

1	Atom	eines	1-äquivalent.	Körpers	äquivalent	ist	1	At.	eines	andern	1-äquival.	Körpers.		
1	„	„	2-	„	„	„	„	2	„	„	„	1-	„	„
1	„	„	3-	„	„	„	„	3	„	„	„	1-	„	„
1	„	„	4-	„	„	„	„	4	„	„	„	1-	„	„
1	„	„	6-	„	„	„	„	6	„	„	„	2-	„	„
1	„	„	4-	„	„	„	„	2	„	„	„	2-	„	„
1	„	„	6-	„	„	„	„	3	„	„	„	2-	„	„
1	„	„	6-	„	„	„	„	2	„	„	„	3-	„	„
3	„	„	2-	„	„	„	„	2	„	„	„	3-	„	„

und so weiter. *

Die eben angeführte Regel mag durch folgende Beispiele ihre Begründung erhalten:

2 At. $\overset{I}{Na}$ sind isomorph mit 1 At. $\overset{II}{Ca}$, d. h. 2 At. des einäquivalentigen $\overset{I}{Na}$ sind isomorph und äquivalent 1 At. des zweiäquivalentigen $\overset{II}{Ca}$, beide repräsentiren 2 chemische Einheiten.

$\overset{I}{Ag}_2\overset{II}{S}$ ist isomorph mit $\overset{II}{Ni}\overset{I}{S}$, d. h. 2 At. $\overset{I}{Ag}$ isomorph mit 1 At. $\overset{II}{Ni}$, beide repräsentiren 2 chemische Einheiten.

Nach Nicklès ist salpetersaures Blei $= \overset{II}{Pb}\overset{III}{N}\overset{II}{O}_6$

isomorph mit gewässertem salpetrigsaurem Blei $= \overset{II}{Pb}\overset{III}{N}\left\{\begin{matrix}\overset{II}{O}_5\\ \overset{I}{H}_2\end{matrix}\right.$

d. h. 2 At. $\overset{I}{H}$ werden ersetzt durch 1 At. $\overset{II}{O}$, beide repräsentiren 2 Einheiten.

Nach Marignac ist

$$SiO_2 + 12WO_3 + 4H_2O \text{ isomorph mit}$$
$$SiO_2 + 12WO_3 + 2BaO + 2H_2O,$$

d. h. $\overset{IV}{Si}\,\overset{II}{W}_{12}\,\overset{I}{H}_8\,\overset{II}{O}_{42}$ ist isomorph mit

$$\overset{IV}{Si}\,\overset{II}{W}_{12}\left\{\begin{matrix}\overset{I}{H}_4\\ \overset{II}{Ba}_2\end{matrix}\right\}\overset{II}{O}_{42},$$

* Auch hierauf hat schon Kopp aufmerksam gemacht und namentlich die isomorphe Vertretung von Ca durch 2Na hervorgehoben. Annal. d. Chem. u. Pharm. 125, p. 371.

also $2\overset{II}{Ba}$ vertreten durch $4\overset{I}{H}$ oder $\overset{II}{Ba}$ vertreten durch $2\overset{I}{H}$; beide sind gleichwerthig.

In der Augit- und Hornblende-Gruppe ist das Bisilicat $ROSiO_2$ isomorph mit dem Bialuminat $3RO + 2Al_2O_3$,

d. h. $\overset{II}{R}_3\overset{IV}{Si}_3\overset{II}{O}_9$ ist isomorph mit

$\overset{II}{R}_3\overset{IV}{Al}_2\overset{II}{O}_9$.

$2\overset{VI}{Al}$, welche 12 chemische Einheiten repräsentiren, werden also ersetzt durch 3 At. $\overset{IV}{Si}$, welche ebenfalls 12 chemische Einheiten repräsentiren.

Nach Rammelsberg ist

$RO . SiO_2$ isomorph mit

$Fe_2O_3 . 3SiO_2$,

d. h. nach der neueren Schreibweise

$\overset{II}{R}_3\overset{IV}{Si}_3\overset{II}{O}_9$ isomorph mit

$\overset{VI}{Fe}\overset{IV}{Si}_3\overset{II}{O}_9$,

oder $3\overset{II}{R}$ sind isomorph mit $\overset{VI}{Fe}$, denn jedes von beiden repräsentirt 6 chemische Einheiten. Unter $\overset{II}{R}$ ist hier Ca oder Mg oder mn oder fe verstanden. Rammelsberg sagt, dass er das Eisenoxyd für isomorph mit dem Eisenoxydul halten müsse, d. h.

$\overset{II}{fe}_3\overset{II}{O}_3$ isomorph mit $\overset{VI}{Fe}\overset{II}{O}_3$

oder $\overset{II}{fe}_3$ mit $\overset{VI}{Fe}$, denn jedes ist gleichwerthig mit 6 chemischen Einheiten.

Ferner ist

$3MgO + 4Fe_2O_3$ isomorph mit

$3RO + M_2O_3$, worin $RO = ZnO$ und FeO, ferner $M_2O_3 = Fe_2O_3$ und Mn_2O_3 bedeutet. Schreibt man diese Formeln um, so erhält man

$$2(Mg_3Fe_4O_{15}) = \overset{II}{Mg}_6 \left\{\begin{matrix}\overset{VI}{Fe}_5\\ \overset{VI}{Fe}_3\end{matrix}\right\} \overset{II}{O}_{30} \text{ isomorph mit}$$

$$5(R_3MO_6) = \overset{II}{R}_6 \left\{\begin{matrix}\overset{VI}{Al}_5\\ \overset{II}{R}_9\end{matrix}\right\} \overset{II}{O}_{30},$$

d. h. $3\overset{VI}{Fe}$ ist ersetzt durch $9\overset{II}{R}$, beide repräsentiren 18 chemische Einheiten.

Nach Marignac ist

$CuFl_2 + TiFl_4$ isomorph mit

$CuFl_2 + WFl_6 + CuOWO_3$.

Kopp schreibt die Formel so:

$\overset{II}{Cu}\,\overset{IV}{Ti}\,\overset{I}{Fl}_6$ isomorph mit

$\overset{II}{Cu}\,\overset{II}{W}\,\overset{II}{O}_2\,\overset{I}{Fl}_4$

und schliesst daraus, dass hier ungleich äquivalentige Atome verschiedener Elemente isomorph seyen, nämlich $\overset{II}{W}$ mit $\overset{IV}{Ti}$ und $\overset{I}{Fl}$ mit $\overset{II}{O}$. Ich glaube jedoch, die Verhältnisse liegen anders, wie sich diess durch eine etwas andere Gruppirung der letzteren Formel zeigen lässt; es ist dann

$$\overset{II}{Cu}\,\overset{IV}{Ti}\left\{\begin{matrix}\overset{I}{Fl}_4\\ \overset{I}{Fl}_2\end{matrix}\right\}\text{isomorph mit}$$

$$\left.\begin{matrix}\overset{II}{Cu}\,\overset{II}{W}\\ \overset{II}{O}\end{matrix}\right\}\left\{\begin{matrix}\overset{I}{Fl}_4\\ \overset{II}{O},\end{matrix}\right.$$

d. h. $\overset{IV}{Ti}$, welches 4 Einheiten repräsentirt, wird ersetzt durch $\overset{II}{W} + \overset{II}{O}$, welche zusammen ebenfalls 4 chemischen Einheiten gleich sind; ferner werden $2\overset{I}{Fl}$ durch $\overset{II}{O}$ ersetzt, indem beide gleichwerthig sind.

Ich bin nun weit entfernt, an eine wirkliche Isomorphie solcher Körper zu glauben, die zwar denselben chemischen Wirkungswerth, aber verschiedene Atomwerthe haben und sich in wechselnden Mengenverhältnissen innerhalb gleichgestalteter Körper vertreten, vielmehr nehme ich hier den oben erwähnten Satz von Kopp zur Erklärung zu Hülfe, wonach in zwei Verbindungen die überwiegende Menge der gemeinsamen Bestandtheile das die Form bestimmende ist, der sich die untergeordneten Verbindungen fügen müssen; nach dem Vorstehenden lässt sich nun noch hinzufügen: vorzugsweise dann, wenn die sich ersetzenden Bestandtheile äquivalente Mengen darstellen.

Nach den angeführten Beispielen glaube ich, folgenden Satz aufstellen zu dürfen:

In gleichgestalteten, überhaupt vergleichbaren Verbindungen ersetzen sich die Bestandtheile theils in gleichen (monomer), theils in ungleichen Atommengen (polymer), aber in chemisch gleichwerthigen oder äquivalenten Mengenverhältnissen.

In welcher Weise lässt sich nun dieser Satz auf die isomorphen Feldspathe und andere isomorphe Silicate von ungleicher Zusammensetzung anwenden?

Versteht man unter $\overset{II}{R}$ entweder 1 At. $\overset{II}{Ca}$ oder 2 At. $\overset{I}{Na}$ oder ein Gemenge beider Körper, so ist, wenn $\cancel{Al} = 55$, die Formel

des Anorthit $= \left.\begin{matrix}\overset{II}{R}\overset{VI}{\cancel{Al}}\\ \overset{II}{R}\overset{VI}{\cancel{Al}}\end{matrix}\right\}\overset{IV}{Si}_4\overset{II}{O}_{16}$, wenn $Si = 28{,}4$,

oder $\left.\begin{matrix}\overset{II}{R}_3\overset{VI}{\cancel{Al}}_3\\ \overset{II}{R}_3\overset{VI}{\cancel{Al}}_3\end{matrix}\right\}\overset{VI}{Si}_8\overset{II}{O}_{48}$, wenn $Si = 42{,}6$,

des Albit $= \left.\begin{matrix}\overset{II}{R}\overset{VI}{\cancel{Al}}\\ \overset{IV}{Si}_2\end{matrix}\right\}\overset{IV}{Si}_4\overset{II}{O}_{16}$, wenn $Si = 28{,}4$

oder $\left.\begin{matrix}\overset{II}{R}_3\overset{VI}{\cancel{Al}}_3\\ \overset{VI}{Si}_4\end{matrix}\right\}\overset{VI}{Si}_8\overset{II}{O}_{48}$, wenn $Si = 42{,}6$

Es wird also hier einmal $\overset{II}{Ca}$ vertreten durch $2\overset{I}{Na}$, dann aber auch $\overset{II}{R}\overset{VI}{\cancel{Al}}$, welche 8 chemische Einheiten repräsentiren, vertreten durch $\overset{IV}{Si}_2$, welche ebenfalls 8 chemische Einheiten repräsentiren. Diese 2 verschiedenen Ersetzungen äquivalenter Mengen, die innerhalb derselben Form vor sich gehen können, sind mehr oder weniger unabhängig von einander. Indem sich $\overset{II}{R}\overset{VI}{\cancel{Al}}$ und $\overset{IV}{Si}_2$ in verschiedenen Verhältnissen ersetzen und vertreten, entstehen die zwischenliegenden Feldspathe.

Fasst man die triklinischen Feldspathe unter dem Namen Kalknatronfeldspath zusammen, so ist ihre allgemeine Formel folgende:

$\overset{II}{R}\overset{VI}{\cancel{Al}}\overset{IV}{Si}_4\overset{II}{O}_{16}$ für Si = 28,4 und $\overset{II}{R}_3\overset{VI}{\cancel{Al}}_3\overset{VI}{Si}_8\overset{II}{O}_{48}$ für Si = 42,6

$\overset{II}{R}_{1-n}\overset{VI}{\cancel{Al}}_{1-n}$ $\overset{II}{R}_{3-3n}\overset{VI}{\cancel{Al}}_{3-3n}$

$\overset{IV}{Si}_{2n}$ $\overset{VI}{Si}_{4n}$

worin n irgend einer Zahl zwischen 0 und 1 gleich seyn kann.

Ist n = 0, so entsteht die Formel des Anorthit,
» n = $^2/_5$, » » » » » Labrador,
» n = $^2/_3$ » » » » » Andesin,
» n = $^{43}/_{56}$ » » » » » Oligoklas,
» n = $^6/_7$ » » » » » Oligoklas v. Bodenmais,
» n = 1 » » » » » Albit.

Es ist damit der Versuch gemacht, gestützt auf eine Reihe von Thatsachen, die triklinischen, isomorphen Feldspathe unter Einer Formel zu vereinigen, die sowohl den Wechsel der Zusammensetzung als auch die Gleichheit der Form erklärt. Man kann hierbei die einzelnen Feldspatharten als Mineralien mit fester Zusammensetzung ansehen, dann hat n nur die oben angegebenen Werthe; man kann aber auch die zwischen den einzelnen Abarten liegenden Zusammensetzungen als möglich anerkennen, dann hat n jeden beliebigen Werth zwischen 0 und 1.

Will man auch für jede einzelne Abart des Kalknatronfeldspaths eine besondere Formel haben, dann kann man folgendes Schema aufstellen:

Allgemeine Formel $\overset{II}{R}_{14}\overset{VI}{\cancel{Al}}_{14}\overset{IV}{Si}_{56}\overset{II}{O}_{224}$

$\overset{II}{R}_{14-2n}\overset{VI}{\cancel{Al}}_{14-2n}$

$\overset{IV}{Si}_{4n}$.

Anorthit n = 0: $\overset{II}{R}_{14}\overset{VI}{\cancel{Al}}_{14}\overset{IV}{Si}_{56}\overset{II}{O}_{224}$

$\overset{II}{R}_{14}\overset{VI}{\cancel{Al}}_{14}$.

Labrador n = 3: $\overset{II}{R}_{14}\overset{VI}{\cancel{Al}}_{14}\overset{IV}{Si}_{56}\overset{II}{O}_{224}$

$\overset{II}{R}_8\ \overset{VI}{\cancel{Al}}_8$

$\overset{IV}{Si}_{12}$.

Andesin n = 5: $\overset{II}{R}_{14}\overset{VI}{\cancel{Al}}_{14}\overset{IV}{Si}_{56}\overset{II}{O}_{224}$
$\overset{II}{R}_{4}\overset{VI}{\cancel{Al}}_{4}$
$\overset{IV}{Si}_{20}$.

Oligoklas n = 6: $\overset{II}{R}_{14}\overset{VI}{\cancel{Al}}_{14}\overset{IV}{Si}_{56}\overset{II}{O}_{224}$
(von Bodenmais) $\overset{II}{R}_{2}\overset{VI}{\cancel{Al}}_{2}$
$\overset{IV}{Si}_{24}$.

Albit n = 7: $\overset{II}{R}_{14}\overset{VI}{\cancel{Al}}_{14}\overset{IV}{Si}_{56}\overset{II}{O}_{224}$
$\overset{IV}{Si}_{28}$.

Zur Beurtheilung der Richtigkeit einer für isomorphe Körper gemeinsamen Formel kann man, wie auch Kobell * und andere schon bemerkt haben, das specifische Volum oder Atomvolum benutzen, denn dieses muss für isomorphe Körper gleich seyn. Die Formeln isomorpher Mineralien müssen also solche seyn, dass für diese ein gleiches specif. Volum erhalten wird. Leider ist diess nicht überall möglich, weil die spec. Gewichte oft zu grossen Schwankungen ausgesetzt sind. Im vorliegenden Falle lässt sich jedoch durch das specif. Volum deutlich nachweisen, dass man die ältere Formel des Anorthit ($R\cancel{Al}Si_2O_8$) verdoppeln muss, wie diess von Tschermak und im Vorstehenden geschehen ist.

	Formel.	Moleculargewicht.	Spec. Gew.	Spec. Volum.
Anorthit	$\left.\begin{matrix}Ca\cancel{Al}\\Ca\cancel{Al}\end{matrix}\right\}Si_4O_{16}$	559,6	2,71	206,5
Albit	$\left.\begin{matrix}Na_2\cancel{Al}\\Si_2\end{matrix}\right\}Si_4O_{16}$	527,4	2,63	200,5

d. h. die specif. Volume sind fast gleich. Gibt man dem Anorthit aber die alte Formel: $Ca\cancel{Al}Si_2O_8$, dann ist sein Moleculargewicht = 279,8 und sein spec. Volum = 103,2, also nur halb so gross, wie dasjenige des Albit. Nach der neuern Formel haben also beide Körper gleiche Krystallform, gleiches spec. Volum und eine in bestimmtem Sinne gleiche Zusammensetzung. **

* Journ. f. prakt. Chem. 49, p. 486.

** Ebenso wie das spec. Gewicht würde gewiss auch die spec. Wärme eine

Meine Auffassung der triklinischen Feldspathe unterscheidet sich von derjenigen Tschermak's darin, dass ich sie nicht für isomorphe Mischungen zweier Endglieder, sondern für Silicate halte, in denen theils Ca durch Na_2 in wechselnden Mengen, theils $\overset{VI}{\cancel{Al}}$ durch Si_2 vertreten und ersetzt ist. Für mich gibt es nur zwei Hauptarten von Feldspathen: 1) den Kalifeldspath und 2) den Kalk-Natron-Feldspath. Der letztere zerfällt in eine Anzahl von Abarten mit schwankender Zusammensetzung, nämlich den Albit, den Oligoklas, den Labrador, vielleicht auch den Bytownit und den Anorthit, zwischen denen aber noch andere Varietäten möglich sind.

Indem ich meine Anschauung derjenigen Tschermak's entgegenstelle, verkenne ich nicht, dass in den Tschermak'schen Formeln eine Beziehung ausgedrückt ist, die sich in meinen Formeln nicht wiedergeben liess, das ist die Wahrnehmung, dass im Allgemeinen mit steigendem Silicium-Gehalt auch der Gehalt an Na, mit steigendem Aluminium-Gehalt derjenige an Ca zunimmt; indessen, wie die oben aufgestellte Tabelle ergibt, nicht in den von Tschermak angenommenen Verhältnissen.

Wäre die Zusammensetzung der Feldspathe in völliger Übereinstimmung mit den Tschermak'schen Formeln, mit andern Worten, wäre der Gehalt eines Feldspaths an Natrium und Calcium unbedingt abhängig von dem Gehalt an Silicium und Aluminium, dann wäre die dem Anorthit zukommende Formel

$$= \begin{cases} \overset{VI}{\cancel{Al}}\,\overset{IV}{Si_4}\,\overset{II}{O_{16}} \\ \overset{II}{Ca_2}\,\overset{VI}{\cancel{Al}}, \end{cases}$$

die Formel des Albit $= \begin{cases} \overset{VI}{\cancel{Al}}\,\overset{IV}{Si_4}\,\overset{II}{O_{16}} \\ \overset{I}{Na_2}\,\overset{II}{Si_2}, \end{cases}$

und die allgemeine Formel jedes Kalknatronfeldspaths $\begin{cases} \overset{VI}{\cancel{Al}}\,\overset{IV}{Si_4}\,\overset{II}{O_{16}} \\ \overset{II}{Ca_{2-2n}}\,\overset{VI}{\cancel{Al}_{1-n}} \\ \overset{I}{Na_{2n}}\,\overset{IV}{Si_{2n}}. \end{cases}$

Controle für die Richtigkeit einer chemischen Formel abgeben können, indessen sind meines Wissens bis jetzt keine Bestimmungen der spec. Wärme der triklinischen Feldspathe gemacht worden; nur für Albit und Orthoklas hat Kopp in seiner neuesten ausgezeichneten Arbeit die spec. Wärme bestimmt.

worin n = 0 bis 1 seyn würde. Hierdurch würde diese Abhängigkeit des Na von Si und des Ca von $\overset{VI}{\cancel{Al}}$ ausgedrückt. Es würde hiernach der Atomcomplex $\overset{II}{Ca}_2\overset{VI}{\cancel{Al}}$, der gleich 10 chem. Einheiten ist, vertreten durch den Atomcomplex $\overset{I}{Na}_2\overset{IV}{Si}_2$, der jedenfalls 10 chem. Einheiten repräsentirt. Also auch im Falle der Richtigkeit der Voraussetzung würde hieraus noch nicht eine Isomorphie von $\overset{I}{Na}$ mit $\overset{II}{Ca}$ und von $\overset{VI}{\cancel{Al}}$ mit $\overset{IV}{Si}_2$ gefolgert werden können, sondern gerade die Abhängigkeit des Na von Si und des Ca von $\overset{VI}{\cancel{Al}}$ würde ganz entschieden darauf hindeuten, dass sich nicht die einzelnen Elemente, sondern die Atomgruppen $\overset{II}{Ca}_2\overset{VI}{\cancel{Al}}$ und $\overset{I}{Na}_2\overset{IV}{Si}_2$ isomorph ersetzen und vertreten. Ich glaube, Tschermak wird mir hierin beistimmen können, auch wenn er im Übrigen seinen Standpunkt aufrecht erhält. — Es findet aber nicht nur eine Vertretung von $\overset{II}{Ca}_2\overset{VI}{\cancel{Al}}$ durch $\overset{I}{Na}_2\overset{IV}{Si}_2$ statt, sondern es kann auch eine solche von $\overset{II}{Ca}_{2\frac{1}{2}}\overset{VI}{\cancel{Al}}$ durch $\overset{I}{Na}_3\overset{IV}{Si}_2$, oder von $\overset{II}{Ca}_3\overset{VI}{\cancel{Al}}$ durch $\overset{I}{Na}_4\overset{IV}{Si}_2$, von $\overset{II}{Ca}_{1\frac{1}{2}}\overset{VI}{\cancel{Al}}$ durch $\overset{I}{Na}\overset{IV}{Si}_2$ etc. vorkommen.

Die vorstehende allgemeine Formel würde also danach gewisse Modifikationen erleiden müssen, unter deren Voraussetzung sie eine Vermittlung zwischen den Ansichten von Tschermak und mir darbieten würde.

Ganz ähnliche Verhältnisse wie bei den Feldspathen, kommen nun auch bei anderen Silicaten vor. Rammelsberg's schöne Untersuchung der Staurolithe * hat in diesen Mineralien Körper kennen gelehrt, welche in ihrer Zusammensetzung ähnliche Verschiedenheiten, wie die Feldspathe darbieten. Hiernach ist die allgemeine Formel

der Staurolithe $= RO \,.\, M_2O_3 + nSiO_2$,

worin n entweder = 2
oder = 2,5
» = 3,5
» = 4,5
» = 5 ist.

Ob hiermit alle Glieder der Reihe erschöpft sind, ist fraglich, doch halte ich es für unwahrscheinlich.

---

* Pogg. Ann. 113, p 599,

Die empirischen Formeln der in der homologen Staurolith-Reihe möglichen Körper sind nun folgende, (wobei $\cancel{Al} = 55$):

1) $R_2 \cancel{Al}_4 Si_2 O_{18}$ . . . . . oder $\left.\begin{matrix} \overset{II}{R}_2 \overset{VI}{\cancel{Al}}_4 \\ \overset{II}{R}_2 \overset{VI}{\cancel{Al}}_4 \end{matrix}\right\} \overset{IV}{Si}_4 \overset{II}{O}_{36}$

2) $R_2 \cancel{Al}_4 Si_3 O_{20}$

3) $R_2 \cancel{Al}_4 Si_4 O_{22}$ Staurolith von Massachusets.

4) $R_2 \cancel{Al}_4 Si_5 O_{24}$ » » Litchfield.

5) $R_2 \cancel{Al}_4 Si_6 O_{26}$

6) $R_2 \cancel{Al}_4 Si_7 O_{28}$ » » Airolo.

7) $R_2 \cancel{Al}_4 Si_8 O_{30}$

8) $R_2 \cancel{Al}_4 Si_9 O_{32}$ » aus der Bretagne.

9) $R_2 \cancel{Al}_4 Si_{10} O_{34}$ » von Pitkäranta.

10) $R_2 \cancel{Al}_4 Si_{11} O_{36}$ . . . . . oder $\left.\begin{matrix} \overset{II}{R}_2 \overset{VI}{\cancel{Al}}_4 \\ \overset{IV}{Si}_7 \end{matrix}\right\} \overset{IV}{Si}_4 \overset{II}{O}_{36}$.

Es findet also hier eine Vertretung von $\overset{III}{R}_2 \overset{VI}{\cancel{Al}}_4$ durch $7\overset{IV}{Si}$ statt; jedes von beiden entspricht 28 chemischen Einheiten; $\overset{II}{R}_2 \overset{VI}{\cancel{Al}}_4$ und $\overset{IV}{Si}_7$ sind äquivalente Mengen. — Die allgemeine Formel der Staurolithe ist also:

$$\overset{II}{R}_2 \overset{VI}{\cancel{Al}}_4 \overset{IV}{Si}_4 \overset{II}{O}_{36}$$
$$\overset{II}{R}_{2-2n} \overset{VI}{\cancel{Al}}_{4-4n}$$
$$\overset{IV}{Si}_{7n},$$

worin n irgend einer Zahl zwischen 0 und 1 gleich seyn kann.

Ist $n = 0$, dann erhält man die Formel 1).
» » $= 1/5$, » » » » » 2).
» » $= 4/11$, » » » » » 3).
» » $= 1/2$, » » » » » 4).
» » $= 8/13$, » » » » » 5).
» » $= 5/7$, » » » » » 6).
» » $= 4/5$, » » » » » 7).
» » $= 7/8$, » » » » » 8).
» » $= 16/17$ » » » » » 9).
» » $= 1$, » » » » » 10).

Auch hier stimmen bei Anwendung der neuen Formeln die specifischen Volume der verschiedenen Abarten mit einander überein:

	Formel.	Molecular-Gew.	Spec. Gew.	Spec. Volum.
Staurolith von Massachusets:	$\left.\begin{matrix}Mg^{72}/_{77}\\ fe^{180}/_{77}\end{matrix}\right\}\cancel{Al}^{72}/_{11}\,Si^{72}/_{11}\,O_{36}$	1275,2	3,772	338,
von Litchfield:	$\left.\begin{matrix}Mg^{3}/_{2}\\ fe^{3}/_{2}\end{matrix}\right\}\cancel{Al}_{6}\,Si_{7\,1/2}\,O_{36}$	1239	3,622	342
a. d. Bretagne:	$\left.\begin{matrix}Mg^{9}/_{16}\\ fe^{27}/_{16}\end{matrix}\right\}\cancel{Al}^{36}/_{8}\,Si^{81}/_{8}\,O_{36}$	1197	3,528	339.

Auch bei der Familie der Turmaline findet vielleicht ein ähnliches Verhältniss statt. Die vollständige homologe Reihe, welche sich aus zwei willkürlich gegriffenen Endgliedern construiren lässt, ist folgende:

	entsprechend einem Sauerstoff-verhältniss von $RO : Al_2O_3 : SiO_2$.
$R_{40}\,\cancel{Al}_{40}\,Si_{60}\,O_{280}$ . .	1 : 3 : 3
$R_{37}\,\cancel{Al}_{41}\,Si_{60}\,O_{280}$ . .	0,9 : 3 : 2,92
$R_{34}\,\cancel{Al}_{42}\,Si_{60}\,O_{280}$ . .	0,81 : 3 : 2,85
$R_{31}\,\cancel{Al}_{43}\,Si_{60}\,O_{280}$ . .	0,72 : 3 : 2,80
$R_{28}\,\cancel{Al}_{44}\,Si_{60}\,O_{280}$ . .	0,64 : 3 : 2,73
$R_{25}\,\cancel{Al}_{45}\,Si_{60}\,O_{280}$ . .	0,55 : 3 : 2,66
$R_{22}\,\cancel{Al}_{46}\,Si_{60}\,O_{280}$ . .	0,48 : 3 : 2,60
$R_{19}\,\cancel{Al}_{47}\,Si_{60}\,O_{280}$ . .	0,40 : 3 : 2,55
$R_{16}\,\cancel{Al}_{48}\,Si_{60}\,O_{280}$ . .	0,33 : 3 : 2,50
$R_{13}\,\cancel{Al}_{49}\,Si_{60}\,O_{280}$ . .	0,26 : 3 : 2,45
$R_{10}\,\cancel{Al}_{50}\,Si_{60}\,O_{280}$ . .	0,2 : 3 : 2,4.

Hierbei ist $\overset{VI}{\cancel{Al}}$ (= 55) isomorph vertreten durch eine äquivalente Menge, also durch 2 Atome des dreiäquivalentigen Bor ($\overset{III}{Bo}$ = 11). Man wird bemerken, dass, nach der alten Bezeichnung, der Sauerstoff der Basen zu dem der Kieselerde überall in dem Verhältnisse von 4 : 3 steht.

Die einfachsten Formeln der beiden Endglieder würden folgende seyn:

$$\left.\begin{matrix}\overset{II}{R}_2\\ \overset{II}{R}_6\end{matrix}\right\}\overset{VI}{\cancel{Al}}_8\,\overset{IV}{Si}_{12}\,\overset{II}{O}_{56}$$

$$\text{und}\ \left.\begin{matrix}\overset{II}{R}_2\\ \overset{VI}{\cancel{Al}}_2\end{matrix}\right\}\overset{VI}{\cancel{Al}}_8\,\overset{IV}{Si}_{12}\,\overset{II}{O}_{56}.$$

Es sind also $6\overset{II}{R}$ ersetzt durch $2\overset{VI}{Al}$, beide sind chemisch gleichwerthig. Die allgemeine Formel für alle Turmaline wäre hiernach:

$$\overset{II}{R}_2\,\overset{VI}{Al}_8\,\overset{IV}{Si}_{12}\,\overset{II}{O}_{46}$$
$$\overset{II}{R}_{6-6n}$$
$$\overset{VI}{Al}_{n2},$$

worin n irgend eine Zahl zwischen 0 und 1 bedeutet.

Da indessen die Zusammensetzung dieser Mineralgruppe noch sehr zweifelhaft ist, so kann das vorstehende nur als ein Versuch betrachtet werden, den Turmalinen eine gemeinsame Formel zu ertheilen.

Es mögen nun noch einige Beispiele zeigen, wie sich eine Reihe anderer Isomorphien aus den hier entwickelten Ansichten erklären lassen und wie diese in der Übereinstimmung der spec. Volume der verglichenen gleichgestalteten Körper eine weitere Begründung erhalten. Die zu Grunde gelegten Formeln sind dem vortrefflichen Handbuch der Mineralchemie von Rammelsberg entnommen.

$$\left.\begin{array}{ll}
\text{Mejonit} & = \overset{II}{R}_6\,\overset{VI}{Al}_4\,\overset{IV}{Si}_9\,\overset{II}{O}_{36} = \left.\begin{array}{l}\overset{II}{R}_6\\ \overset{VI}{Al}_2\end{array}\right\}\overset{VI}{Al}_2\,\overset{IV}{Si}_9\,\overset{II}{O}_{36}\\[2ex]
\text{Starkolith} & = \overset{II}{R}_9\,\overset{VI}{Al}_3\,\overset{IV}{Si}_9\,\overset{II}{O}_{36} = \left.\begin{array}{l}\overset{II}{R}_6\\ \overset{II}{R}_3\\ \overset{VI}{Al}\end{array}\right\}\overset{VI}{Al}_2\,\overset{IV}{Si}_9\,\overset{II}{O}_{36}\\[2ex]
\text{Humboldtilith} & = \overset{II}{R}_{12}\,\overset{VI}{Al}_2\,\overset{IV}{Si}_9\,\overset{II}{O}_{36} = \left.\begin{array}{l}\overset{II}{R}_6\\ \overset{II}{R}_6\end{array}\right\}\overset{VI}{Al}_2\,\overset{IV}{Si}_9\,\overset{II}{O}_{36}
\end{array}\right\}\text{sind isomorph.}$$

Es werden also hier $2\overset{VI}{Al}$ mit dem chemischen Wirkungswerth von 12 Einheiten ersetzt durch $\overset{II}{R}_3\overset{VI}{Al}$ und durch $\overset{II}{R}_6$, die beide denselben chemischen Wirkungswerth repräsentiren. Die allgemeine Formel dieser 3 Silicate ist also:

$$\overset{II}{R}_6\,\overset{VI}{\cancel{Al}}_2\,\overset{IV}{Si}_9\,\overset{II}{O}_{36}$$

$$\overset{II}{R}_{6-6n}$$

$$\overset{VI}{Al}_{2n},$$

worin n = 0 bis 1; ist n = 0, so erhält man die Humboldtilith-Formel, ist n = 0,5, so erhält man diejenige des Sarkolith und endlich bei n = 1 die des Mejonit.

	Formel.	Moleculargew.	Spec. Gew.	Spec. Volum.
Mejonit	$= \overset{II}{Ca}_6\,\overset{VI}{\cancel{Al}}_4\,\overset{IV}{Si}_9\,\overset{II}{O}_{36}$	1291,6	2,737	472
Sarkolith	$= \overset{II}{Ca}_9\,\overset{VI}{\cancel{Al}}_3\,\overset{IV}{Si}_9\,\overset{II}{O}_{36}$	1356,6	2,932	463
Humboldtilith	$= \left.\begin{matrix}\overset{II}{Mg}_3\\ \overset{II}{Ca}_9\end{matrix}\right\}\overset{VI}{\cancel{Al}}_2\,\overset{IV}{Si}_9\,\overset{II}{O}_{36}$	1373,6	2,95	465

Ferner ist isomorph:

$$\text{Epidot} = \left.\begin{matrix}\overset{II}{R}_6\\ \overset{VI}{\cancel{Al}}\end{matrix}\right\}\overset{VI}{\cancel{Al}}_3\,\overset{IV}{Si}_9\,\overset{II}{O}_{36},$$

$$\text{Orthit} = \left.\begin{matrix}\overset{II}{R}_6\\ \overset{II}{R}_3\end{matrix}\right\}\overset{VI}{\cancel{Al}}_3\,\overset{IV}{Si}_9\,\overset{II}{O}_{36}.$$

Auch hier ist das sechsäquivalentige $\overset{VI}{\cancel{Al}}$ ersetzt durch 3 At. des zweiäquivalentigen $\overset{II}{R}$. —

$$\text{Aegirin} = \left.\begin{matrix}\overset{II}{R}_2\\ \overset{I}{Na}_2\end{matrix}\right\}\overset{VI}{\cancel{Fe}}\,\overset{IV}{Si}_6\,\overset{II}{O}_{18} = \left.\begin{matrix}\overset{II}{fe}\\ \overset{II}{Ca}_3\end{matrix}\right\}\overset{I}{Na}_6\,\overset{II}{fe}_2\,\overset{VI}{\cancel{Fe}}_3\,\overset{IV}{Si}_{18}\,\overset{II}{O}_{54}$$ ist isomorph mit

$$\text{Akmit} = Na_4\,fe\,\cancel{Fe}_2\,Si_9\,O_{27} = \left.\begin{matrix}\overset{I}{Na}_2\\ \overset{VI}{Fe}\end{matrix}\right\}\overset{I}{Na}_6\,\overset{II}{fe}_2\,\overset{VI}{\cancel{Fe}}_3\,\overset{IV}{Si}_{18}\,\overset{II}{O}_{54},$$

d. h. 3 At. des zweiäquivalentigen $\overset{II}{Ca}$ werden ersetzt durch 1 At. des sechsäquivalentigen $\overset{VI}{\cancel{Fe}}$ und 1 At. des zweiäquivalentigen $\overset{II}{fe}$ durch 2 At. des einäquivalentigen $\overset{I}{Na}$.

Hierher gehört nun auch der übrige Theil der Augitgruppe, deren polymer isomorphe Formeln nebst dem spec. Volum angeführt werden sollen:

	Formel.	Moleculargew.	Spec. Gew.	Spec. Volum.
Enstatit	$= \left.\begin{matrix} {}^{23}/_{24}\overset{II}{Mg} \\ {}^{1}/_{24}\overset{II}{fe} \end{matrix}\right\} SiO_3$	101	3,1	32,6
Akmit	$= \left.\begin{matrix} {}^{8}/_{18}\overset{I}{Na} \\ {}^{2}/_{18}\overset{II}{fe} \\ {}^{4}/_{18}\overset{VI}{Fe} \end{matrix}\right\} SiO_3$	117,7	3,48	33,8
Aegirin	$= \left.\begin{matrix} {}^{3}/_{18}\overset{II}{Ca} \\ {}^{3}/_{18}\overset{II}{fe} \\ {}^{6}/_{18}\overset{I}{Na} \\ {}^{3}/_{18}\overset{VI}{Fe} \end{matrix}\right\} SiO_3$	118,7	3,50	33,9
Grüner Kokkolith von Tunaberg nach Erdmann	$= \left.\begin{matrix} {}^{2}/_{5}\overset{II}{Ca} \\ {}^{2}/_{5}\overset{II}{Mg} \\ {}^{1}/_{5}\overset{II}{fe} \end{matrix}\right\} SiO_3$	113	3,33	33,9
Rhodonit von Pajsbergs Eisengrube in Wermland; nach Igelström	$= \left.\begin{matrix} {}^{1}/_{33}\overset{II}{Mg} \\ {}^{2}/_{33}\overset{II}{fe} \\ {}^{6}/_{33}\overset{II}{Ca} \\ {}^{24}/_{33}\overset{II}{mn} \end{matrix}\right\} SiO_3$	127,2	3,63	35,0
Diopsid	$= \left.\begin{matrix} {}^{1}/_{2}\overset{II}{Ca} \\ {}^{1}/_{2}\overset{II}{Mg} \end{matrix}\right\} SiO_3$	108,4	3,05	35,5
Schwarzer Augit von Arendal nach Wolf	$= \left.\begin{matrix} {}^{1}/_{2}\overset{II}{Ca} \\ {}^{1}/_{2}\overset{II}{fe} \end{matrix}\right\} SiO_3$	124,4	3,467	35,9
Babingtonit	$= \left.\begin{matrix} {}^{30}/_{68}\overset{II}{Ca} \\ {}^{12}/_{68}\overset{II}{fe} \\ {}^{9}/_{68}\overset{II}{mn} \\ {}^{5,7}/_{68}\overset{VI}{Fe} \end{matrix}\right\} SiO_3$	120,8	3,36	35,9
Wollastonit	$= Ca\,SiO_3$	116,4	2,8	41,5

Mit Ausnahme des Wollastonit ist das spec. Volum aller dieser Augit-Abarten annähernd ein gleiches. Die im ersten Gliede der Formeln stehenden Atommengen sind sämmtlich äquivalent; auch hier findet also eine polymer isomorphe Vertretung verschiedener Metalle statt.

Ebenso ist es bei der Gruppe der **Hornblende**:

		Formel.	Moleculargew.	Spec. Gew.	Spec. Volum.
Tremolit	=	$\left.\begin{matrix} {}^{1}/_{4}\overset{II}{Ca} \\ {}^{3}/_{4}\overset{II}{Mg} \end{matrix}\right\} SiO_3$	104,5	2,97	35,2
Strahlstein	=	$\left.\begin{matrix} {}^{7}/_{11}\overset{II}{Mg} \\ {}^{3}/_{11}\overset{II}{Ca} \\ {}^{1}/_{11}\overset{II}{fe} \end{matrix}\right\} SiO_3$	107,7	3,05	35,3
Anthophyllit	=	$\left.\begin{matrix} {}^{6}/_{7}\overset{II}{Mg} \\ {}^{1}/_{7}\overset{II}{fe} \end{matrix}\right\} SiO_3$	105	3,279	32,0
Arfvedsonit	=	$\left.\begin{matrix} {}^{6}/_{25}\overset{II}{fe} \\ {}^{8}/_{25}\overset{I}{Na} \\ {}^{5}/_{25}\overset{VI}{Fe} \end{matrix}\right\} SiO_3$	119,6	3,589	33,3.

Es ist möglich, dass auch beim Glimmer ähnliche Verhältnisse stattfinden, und dass auch da der polymere Isomorphismus Platz greifen kann; indessen sind die bis jetzt für dieses Mineral erhaltenen Resultate so überaus schwankend, dass man fürerst davon absehen muss, eine allgemeine Formel dafür aufzustellen.

Als allgemeines Resultat der vorstehenden Abhandlung lässt sich nun kurz Folgendes bezeichnen.

In gleichgestalteten Verbindungen vertreten und ersetzen sich die Bestandtheile nicht nur in einzelnen Atomen, sondern an die Stelle von a Atomen des Einen Körpers können b Atome eines andern treten ohne Änderung der Form, immer aber müssen die sich ersetzenden Mengen chemisch gleichwerthig, d. h. äquivalent seyn. Dabei brauchen die sich ersetzenden Körper an und für sich nicht isomorph zu seyn, indem die Krystallform im Wesentlichen durch die überwiegende Menge der gleichbleibenden Bestandtheile bestimmt wird.

Mit Hülfe dieses Satzes ist man im Stande, mehreren isomorphen Mineralreihen von verschiedener Zusammensetzung eine gleiche Formel zu ertheilen, die für die ganze Reihe der isomorphen Mineralien gültig ist, bei deren Zugrundelegung zugleich ein für die Glieder der Reihe gleiches specifisches Volum erhalten wird.

Für die Feldspathe und Staurolithe würde sich nun die Classification von Weltzien nicht folgerichtig durchführen lassen, man könnte beide Mineralien bei denjenigen Silicaten unterbringen, mit denen sie dann übereinstimmen, wenn ihr Silicium-Gehalt sein Minimum erreicht hat, d. h. man könnte sie ordnen nach dem Silicium-Gehalte des gleichbleibenden, unveränderlichen Theils. So würde man also die Feldspathe unter die Orthosilicate der Tetrasiliciumsäure, die Staurolithe aber unter die 28ste Tetrasiliciumsäure stellen können.

Clausthal, den 14. Mai *1865*.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie

Jahr/Year: 1865

Band/Volume: 1865

Autor(en)/Author(s): Streng Johann August

Artikel/Article: Über die Zusammensetzung einiger Silicate mit besonderer Berücksichtigung der polymeren Isomorphie 513-529