

Über die Zusammensetzung einiger Silicate mit besonderer Berücksichtigung der polymeren Isomorphie

von

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

Seit der Einführung der quantitativen Analyse in die Mineralogie hat in dieser Wissenschaft wohl kaum eine Entdeckung grössere Veränderungen hervorgerufen, als die Auffindung des Gesetzes der Isomorphie durch MITSCHERLICH. Indem man erkannte, dass ganze Reihen von Körpern, die durch ihre gemeinsame Form aneinander gebunden, durch ihre verschiedene Zusammensetzung aber getrennt waren, doch als zusammengehörig anzusehen seyen, weil sie, wenn auch verschiedene, so doch isomorphe und sich in wechselnden Mengen ersetzende Körper enthielten, wurde man in den Stand gesetzt, die Mineralien in naturgemässer Weise sowohl nach ihren physikalischen, wie auch nach ihren chemischen Eigenschaften zu ordnen. Aber auch für die Chemie ist jenes Gesetz von der grössten Bedeutung gewesen, indem es zu einem der wichtigsten Stützpunkte zur Bestimmung der Atomgewichte geworden ist.

Seit der Entdeckung dieses Gesetzes hat sich nun die Zahl der demselben folgenden Körper beständig vermehrt, so dass es eine immer fester werdende Grundlage erhalten hat. Aber auch die Zahl der Beispiele, die mit dem Gesetze nicht in Einklang gebracht werden konnten, hat sich von Jahr zu Jahr vergrössert und besonders bei den Silicaten hat man sich häufig genöthigt gesehen, das MITSCHERLICH'sche Gesetz zu umgehen; ich erinnere hier nur an die isomorphen Feldspathe, sowie an die von RAM-

MELSBERG und Andern geltend gemachte Isomorphie von Eisenoxyd mit Eisenoxydul, von Kieselerde mit Thonerde. Das MITSCHERLICH'sche Gesetz hat also, in der Form wie es aufgestellt worden ist, nicht genügt, um die Zusammensetzung aller isomorphen Körper zu regeln und zu beherrschen und es sind deshalb von verschiedenen Forschern Änderungen und Zusätze zu demselben gemacht worden, die aber in weiteren Kreisen nur zum kleinsten Theile günstig aufgenommen worden sind. Nur Eine Änderung des Gesetzes scheint allgemeinere Anerkennung gefunden zu haben, nämlich die, dass sich die Körper nicht nur in einzelnen, sondern auch in mehreren Atomen vertreten, d. h. dass a Atome des Körpers A durch b Atome des Körpers B ersetzt werden können. Man hat diess mit dem Namen des polymeren Isomorphismus bezeichnet. Im Nachstehenden soll es versucht werden, mit besonderer Berücksichtigung der Silicate den polymeren Isomorphismus einerseits zu verallgemeinern, andererseits aber auch in bestimmtere Grenzen zu bannen und ihm eine Deutung zu geben, die in der nächsten Beziehung steht zu den neuerdings in der Chemie geltend gemachten Ansichten über die Äquivalenz der Atome.

Es ist nicht zu verkennen, dass seit den vierziger Jahren die Chemie durch einen tiefgreifenden Zwiespalt künstlich in zwei Wissenschaften, die organische und die unorganische Chemie, gespalten worden ist, von denen jede ihren eigenen Entwicklungsgang nahm und ihr Gebäude auf Grundsätze und Anschauungen stützte, die sich gegenseitig widerstritten. Ja man ging so weit, zu behaupten, die chemischen Erscheinungen gingen im organischen Theile der Wissenschaft nach ganz anderen Regeln und Gesetzen von Statten, als im unorganischen und umgekehrt. Für die Entwicklung der Chemie im Ganzen ist diese unnatürliche Spaltung eine sehr beklagenswerthe gewesen, denn anstatt sich gegenseitig zu befruchten und zu fördern, haben sich beide Theile bekämpft, ja was noch schlimmer ist, sie haben sich zum Theil ignorirt.

Es bedarf wohl jetzt keines Beweises mehr, dass zwischen der organischen Chemie und der unorganischen keine Grenze gezogen werden kann, dass die beiden künstlich getrennten Abtheilungen Einer Wissenschaft angehören, in welcher überall die-

selben Gesetze herrschen, dieselben Anschauungen zur Geltung kommen müssen und dass nur durch gleichzeitige Berücksichtigung dessen, was bei organischen und was bei unorganischen Körpern beobachtet wurde, die Wahrheit sich Bahn brechen kann.

So ist es nun gekommen, dass während in der unorganischen Chemie und den sich an diese anlehrenden Wissenschaften, Mineralogie und Technologie, die BERZELIUS'schen Ansichten und die auf diese begründeten Atomgewichte und Formeln noch ihre volle Giltigkeit haben, in der organischen Chemie sich ganz neue Ansichten, neue Atomgewichte und Formeln eingebürgert haben, die von den BERZELIUS'schen so stark abweichen, dass derjenige, der den Fortschritten der organischen Chemie nicht gefolgt ist, diese Formeln gar nicht versteht. Besonders wird der Mineraloge diese Verschiedenheit schmerzlich empfinden, wenn sogenannte unorganische Körper oder gar Mineralien mit den neueren, aus der organischen Chemie herübergenommenen Formeln geschrieben werden. Die Verwirrung wird noch grösser, wenn die verschiedenen, in der Chemie sich bekämpfenden Ansichten in den Formeln unorganischer Körper ihren Ausdruck erhalten. Man muss sich deshalb nach einer Vermittlung umsehen, und ich glaube es ist in dieser Beziehung ein glücklicher Griff von KOPP gewesen, dass er die empirischen Formeln wieder zur Geltung gebracht hat, weil man bei Anwendung derselben völlig unabhängig ist von den so vielfachen Ansichten über die Constitution der chemischen Verbindungen. Die Vertreter der verschiedensten Ansichten werden sich also bei Anwendung solcher empirischer Formeln am leichtesten verständlich machen können. Es sollen deshalb im Folgenden nur empirische Formeln gebraucht werden.

Stellt man sich auf diesen vermittelnden Boden, so bleibt immer noch Eine Schwierigkeit zu überwinden, das ist die Verschiedenheit der Atomgewichte. Die Mineralogen und die meisten Ckemiker, welche den BERZELIUS'schen Ansichten folgen, bedienen sich auch der älteren Atomgewichte, die in nachstehender Tabelle mit I. bezeichnet sind.

Nach den neueren Ansichten sind aber die Atomgewichte vieler Körper verdoppelt worden. In nachstehender Tabelle sind diese neueren Atomgewichte mit II. bezeichnet:

I. Ältere Atom- Gewichte.	II. Neuere Atom- Gewichte.
H = 1	1
N = 14	14
Cl = 35,5	35,5
K = 39	39
Na = 23	23
O = 8	16
Si = 14,2	28,4
Al = 13,75	27,5
Fe = 28	56
Ca = 20	40
Mg = 12	24

In dieser Abhandlung sollen nur die neueren Atomgewichte zu Grunde gelegt werden. Man ist zu dieser neueren Annahme hauptsächlich durch die physikalischen Untersuchungen der unzerlegten Stoffe und der Verbindungen gekommen. Besonders sind es die thermischen Untersuchungen von REGNAULT, KOPP und ANDERN, und die Untersuchungen über die Dichtigkeit der Stoffe im gasförmigen Zustande, die zu der Änderung der Atomgewichte geführt haben. Es kann hier nicht meine Aufgabe seyn, alle Gründe, welche sich für die neueren Atomgewichte anführen lassen, mitzutheilen, es genüge die Bemerkung, dass man zu denselben kommen kann, auch wenn man die neueren Ansichten der organischen Chemie im Übrigen nicht theilt.

Die durch die Verschiedenheit der Atomgewichte bedingte Verschiedenheit der Formeln ist nun eine sehr wesentliche und man muss sich, auch beim Gebrauche der empirischen Formeln, stets bewusst seyn, welche Grösse man dem Atomgewichte eines Körpers gegeben hat. Es tritt bei Annahme der neueren Atomgewichte die Verschiedenheit von den alten in den Formeln einiger häufiger vorkommenden Verbindungen sehr auffallend hervor; so ist z. B. das Wasser nicht mehr = HO, sondern = H₂O; das Kali nicht mehr KO, sondern K₂O; das Natron nicht mehr NaO, sondern Na₂O, während die Formeln von Baryt, Strontian, Kalk und Magnesia vor wie nach = BaO, SrO, CaO und MgO sind. Dagegen ist Chlorkalium = KCl, Chlorbarium aber = BaCl₂ etc.

Neben den veränderten Atomgewichten ist nun von der neueren Richtung in der Chemie, besonders durch Kekulé, noch ein Begriff eingeführt worden, der, wie mir scheint, von der grössten Bedeutung ist; das ist der Begriff der Atomigkeit oder der Äquivalentigkeit eines unzerlegten Körpers oder eines Radicals. Äquivalent sind zwei Körper in denjenigen Mengenverhältnissen, in denen sie sich in chemischen Verbindungen ersetzen. Verwandelt man also Salzsäure HCl in Chlornatrium NaCl , so muss 1 At. H durch 1 At. Na ersetzt werden; 1 At. Na ist also 1 At. H äquivalent. Ist nun 1 At. H die Einheit für das Mass der chemischen Wirksamkeit eines Körpers, so hat 1 At. Na dieselbe Wirksamkeit, wie 1 At. H und da es dieses in chemischen Verbindungen ersetzt, so ist das Natrium einäquivalentig oder einwerthig oder einatomig, und man bezeichnet diess durch die Ziffer I über dem Zeichen des Natriums: $\overset{\text{I}}{\text{Na}}$. Verwandelt man das Wasser H_2O in Natron Na_2O , so treten an die Stelle von 2H auch 2 At. Na. Auch hier und in allen ähnlichen Fällen tritt die Einatomigkeit oder Einäquivalentigkeit des Natriums hervor.

Verwandelt man das Wasser H_2O in Kalkerde CaO , so ersetzt man 2 At. H durch 1 At. Ca. Ein Atom Calcium hat also denselben chemischen Werth, übt dieselbe chemische Wirkung aus, wie 2 At. H; 1 At. Ca ist äquivalent 2 Atomen H, d. h. das Calcium ist zweiäquivalentig, es repräsentirt zwei chemische Einheiten und erhält desshalb über sein Zeichen die Ziffer II: $\overset{\text{II}}{\text{Ca}}$.

Verwandelt man ferner Kieselerde SiO_2 in Wasser $2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_4\text{O}_2$, so entstehen 2 Moleküle Wasser und man muss 1 At. Si durch 4 At. H ersetzen. 1 At. Silicium ist also äquivalent mit 4 At. H, es repräsentirt den Werth von 4 chemischen Einheiten, es ist vieräquivalentig und erhält, um diess anzudeuten, über sein Zeichen die Ziffer IV: $\overset{\text{IV}}{\text{Si}}$. Wer einen grossen Werth darauf legt, die Kieselerde SiO_3 zu schreiben (mit dem Atomgewichte $\text{Si} = 42,6$), für den würde das Silicium sechsäquivalentig $= \overset{\text{VI}}{\text{Si}}$ seyn.

Die Äquivalentigkeit eines Körpers drückt also die Zahl der Wasserstoffatome aus, durch die er in gewissen chemischen Verbindungen ersetzt werden kann oder mit denen er einen gleichen chemischen Wirkungswerth hat. So kennt man 1-, 2-, 3-, 4- und 6-äquivalentige Körper.

Es kommt aber auch vor, dass ein und derselbe Körper in verschiedenen Verbindungen eine verschiedene Äquivalentigkeit besitzt. Verwandelt man Eisenoxydul FeO in Wasser H_2O , so ersetzt man Fe durch 2H ; Fe ist also im Oxydul zweiäquivalentig; verwandelt man Eisenoxyd Fe_2O_3 in Wasser $3\text{H}_2\text{O} = \text{H}_6\text{O}_3$, so ersetzt man 2 Atome Fe durch 6 Atome H , die 2 Atome Eisen sind also im Oxyd sechsäquivalentig. Man hat nun dem sechsäquivalentigen Eisen ein doppelt so grosses Atomgewicht gegeben, wie dem zweiäquivalentigen und für letzteres das Zeichen $\overset{\text{II}}{\text{fe}}$ (Ferrür = 56) angenommen, während man das sechsäquivalentige Eisen $\overset{\text{VI}}{\text{Fe}}$ (Ferrid = 112) schreibt. Ebenso hat man auch das Atomgewicht des Aluminiums auf 55 verdoppelt und auch dieses Metall ist dann sechsäquivalentig.

Das Eisenoxydul ist also $\overset{\text{II}}{\text{fe}}\overset{\text{II}}{\text{O}}$.

Das Eisenoxyd » » $\overset{\text{VI}}{\text{Fe}}\overset{\text{II}}{\text{O}}_3$.

Die Thonerde » » $\overset{\text{VI}}{\text{Al}}\overset{\text{II}}{\text{O}}_3$.

Die wichtigeren unzerlegten Stoffe lassen sich also nach ihrer Äquivalentigkeit abtheilen in:

Ein- äquivalentige.	Zwei- äquivalentige.	Drei- äquivalentige.	Vier- äquivalentige.	Sechs- äquivalentige.
$\overset{\text{I}}{\text{H}} = 1$	$\overset{\text{II}}{\text{O}} = 16$	$\overset{\text{III}}{\text{N}} = 14$	$\overset{\text{IV}}{\text{C}} = 12$	$\overset{\text{VI}}{\text{Al}} = 55$
$\overset{\text{I}}{\text{Cl}} = 35,5$	$\overset{\text{II}}{\text{S}} = 32$	$\overset{\text{III}}{\text{P}} = 31$	$\overset{\text{IV}}{\text{Si}} = 28,4$	$\overset{\text{VI}}{\text{Fe}} = 112$
$\overset{\text{I}}{\text{K}} = 39$	$\overset{\text{II}}{\text{Ba}} = 137$	$\overset{\text{III}}{\text{As}} = 75$	$\overset{\text{IV}}{\text{Ti}} = 50$	$\overset{\text{VI}}{\text{Mn}} = 110$
$\overset{\text{I}}{\text{Na}} = 23$	$\overset{\text{II}}{\text{Ca}} = 40$	$\overset{\text{III}}{\text{Sb}} = 122$	$\overset{\text{IV}}{\text{Sn}} = 118$	$\overset{\text{VI}}{\text{Ni}} = 118$
$\overset{\text{I}}{\text{Ag}} = 108$	$\overset{\text{II}}{\text{Mg}} = 24$	$\overset{\text{III}}{\text{Bi}} = 210$	$\overset{\text{IV}}{\text{Zr}} = 134$	$\overset{\text{VI}}{\text{Cr}} = 106,8$
	$\overset{\text{II}}{\text{fe}} = 56$			
	$\overset{\text{II}}{\text{mn}} = 55$			
	$\overset{\text{II}}{\text{ni}} = 59$			
	$\overset{\text{II}}{\text{Pb}} = 207$			
	$\overset{\text{II}}{\text{Zn}} = 65,2$			
	$\overset{\text{II}}{\text{Cu}} = 63,4$			

Von den oben p. 414, sub II. angeführten Atomgewichten unterscheiden sich die in vorstehender Tabelle befindlichen nur

in den sechsäquivalentigen Körpern. Es wird sich nicht vermeiden lassen, in der Folge zuweilen diese, zuweilen die unter II. aufgeführten Atomgewichte zu gebrauchen; es kommt diess aber nur für Aluminium und Eisen in Betracht. Um nun auch durch die Formel anzudeuten, welches Atomgewicht zu Grunde gelegt ist, so will ich

für Aluminium	= 27,5	das Zeichen	Al,
„ „	= 55	„ „	$\overset{\text{VI}}{\text{Al}}$,
„ Eisen	= 56	„ „	Fe oder fe,
„ „	= 112	„ „	$\overset{\text{VI}}{\text{Fe}}$.

gebrauchen. *

Es war bisher eine der schwierigsten Aufgaben des mineralogischen Chemikers, die durch die Mannigfaltigkeit ihrer Verbindungs-Verhältnisse sich auszeichnenden Silicate mit möglichst einfachen chemischen Formeln zu bezeichnen; indessen gelang es nicht überall und man war da oft genöthigt, zu Formeln seine Zuflucht zu nehmen, die durch ihre Complicirtheit den Stempel des Unnatürlichen an sich tragen. Es hatte diess zum grossen Theil seinen Grund darin, dass man bestrebt war, Constitutionsformeln aufzustellen, d. h. Formeln, welche zugleich ein Bild der inneren Constitution geben sollten. Alle Versuche einer chemischen Classifikation der Silicate waren daher stets mit grossen Schwierigkeiten verknüpft. Erst in der neuesten Zeit hat man sich dazu entschlossen, von Constitutionsformeln abzusehen und es ist daraus eine chemische Classifikation der Silicate hervorgegangen, die an Vollständigkeit und Übersichtlichkeit von rein chemischem Standpunkte aus wenig zu wünschen übrig lässt. Dieser neueste Versuch einer Classifikation ist von WELTZIEN gemacht worden in seiner »systematischen Übersicht der Silicate«. **

* Eine sehr schöne Darlegung der neueren Ansichten findet sich in der 2. Auflage des Lehrbuchs der physikalischen und theoretischen Chemie von KOPP; 2. Abtheilung p. 253—378; ferner in einer kleinen Broschüre von Dr. LOTHAR MEYER: die modernen Theorien der Chemie und ihre Bedeutung für die chemische Statik. Breslau, 1864, und endlich in dem vortrefflichen Lehrbuche der organischen Chemie von KEKULÉ; Erlangen 1861.

** Giessen, RIECKE'sche Buchhandlung, 1864.

Es sind hier alle Silicate bezogen auf eine Reihe idealer Kieselerdehydrate, deren Wasserstoff durch äquivalente Mengen von Metallen vertretbar ist. Es sind zwar diese Hydrate nach typischen Formeln zusammengestellt und der Körper, den man nach der alten Schreibweise als $\text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ bezeichnen würde, hat die Formel $\left. \begin{matrix} \text{Si} \\ \text{H}_4 \end{matrix} \right\} \text{O}_4$ erhalten; man kann aber sehr leicht diese Formeln in empirische umschreiben, wenn man die Wasserstoffatome neben die Silicium-Atome setzt und die Klammer ganz weglässt: H_4SiO_4 . Zugleich hat es WELTZIEN versucht, eine allgemeine Nomenclatur der Silicate einzuführen, die es gestattet, mit kurzen Worten die empirische Zusammensetzung eines Silicates auszudrücken. Er nennt

die Silikate mit 1 At. Si: Monosilikate,
 „ „ „ 2 „ „ Disilicate,
 „ „ „ 3 „ „ Trisilicate,
 „ „ „ 4 „ „ Tetrasilicate etc.,
 „ „ „ 24 „ „ Eikositetrasilicate.

Ein Monosilicat, dessen Metall durch 2 Atome H ersetzbar ist, heisst erstes Monosilicat, ist es durch

4 At. H. ersetzbar: zweites Monosilicat, durch
 6 „ „ „ drittes „ „
 8 „ „ „ viertes „ „ etc.

Ebenso hat man erstes, zweites, drittes etc. Di-, Tri-, Tetrasilicat etc.

Im Nachstehenden ist zum näheren Verständniss des oben mitgetheilten ein kleiner Abschnitt aus WELTZIENS Tabelle abgedruckt:

	Monosilicium- säure.	Disilicium- säure.	Trisilicium- säure.	Tetrasilicium- säure.	Pentasilicium- säure.
erste	H_2SiO_3	$\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5$	$\text{H}_2\text{Si}_3\text{O}_7$	$\text{H}_2\text{Si}_4\text{O}_9$	$\text{H}_2\text{Si}_5\text{O}_{11}$
zweite	$[\text{H}_4\text{SiO}_4]$	$\text{H}_4\text{Si}_2\text{O}_6$	$\text{H}_4\text{Si}_3\text{O}_8$	$\text{H}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}$	$\text{H}_4\text{Si}_5\text{O}_{12}$
dritte	H_6SiO_5	$\text{H}_6\text{Si}_2\text{O}_7$	$\text{H}_6\text{Si}_3\text{O}_9$	$\text{H}_6\text{Si}_4\text{O}_{11}$	$\text{H}_6\text{Si}_5\text{O}_{13}$
vierte	H_8SiO_6	$[\text{H}_8\text{Si}_2\text{O}_8]$	$\text{H}_8\text{Si}_3\text{O}_{10}$	$\text{H}_8\text{Si}_4\text{O}_{12}$	$\text{H}_8\text{Si}_5\text{O}_{14}$
fünfte	$\text{H}_{10}\text{SiO}_7$	$\text{H}_{10}\text{Si}_2\text{O}_9$	$\text{H}_{10}\text{Si}_3\text{O}_{11}$	$\text{H}_{10}\text{Si}_4\text{O}_{13}$	$\text{H}_{10}\text{Si}_5\text{O}_{15}$
sechste	$\text{H}_{12}\text{SiO}_8$	$\text{H}_{12}\text{Si}_2\text{O}_{10}$	$[\text{H}_{12}\text{Si}_3\text{O}_{12}]$	$\text{H}_{12}\text{Si}_4\text{O}_{14}$	$\text{H}_{12}\text{Si}_5\text{O}_{16}$

Diejenigen Hydrate, welche ebensoviel Wasserstoff- wie Sauerstoff-Atome enthalten, nennt WELTZIEN Orthosäuren, sie

bilden, wenn ihr Wasserstoff durch Metalle ersetzt wird, das neutrale oder Orthosilicat. In jeder Reihe befindet sich Eine solche Orthosäure, sie ist in vorstehender Tabelle eingeklammert; alle darüber stehenden Säuren bilden saure, alle darunter stehenden basische Salze.

Die ausführliche Tabelle von WELTZIEN gibt die kürzeste und präziseste Übersicht über die vorhandenen und die überhaupt möglichen Silicate und in dem weiteren Texte des vortrefflichen kleinen Buches sind alle bekannten Silicate einzeln aufgezählt und unter eine der allgemeinen Formeln untergebracht mit Angabe der jedem Einzelnen Minerale zukommenden speciellen Formel.

Aber auch bei dieser folgerichtig durchgeführten Anordnung der Silicate nach ihrer chemischen Zusammensetzung sind manche Willkürlichkeiten nicht zu vermeiden gewesen; denn einerseits kennen wir von vielen Silicaten die Zusammensetzung noch nicht mit Sicherheit, andererseits, und das scheint mir der grösste Übelstand, sind Silicate auseinandergerissen, die ihrer Zusammensetzung und ihren Eigenschaften nach unbedingt zusammengehören. Ich denke hier vorzugsweise an die isomorphen triklinischen Feldspathe, von denen der Anorthit unter den Disilicaten, der Labrador unter den Trisilicaten, der Andesin unter den Octosilicaten, der Oligoklas unter den Ennasilicaten, der grüne Feldspath von Bodenmais (Oligoklas) unter den Pentasilicaten und der Albit endlich unter den Hexasilicaten aufgeführt ist. Ähnlich ist es mit den Staurolithen.

Es ist keinem Zweifel unterworfen, dass die triklinischen Feldspathe fast vollkommen isomorph sind. Die von den verschiedenen Beobachtern angegebenen Winkel weichen bei derselben Species zwar nur wenig, aber doch so von einander ab, dass sie zum Theil mit den Winkelangaben für eine andere Feldspathart zusammenfallen, und man ist in der That meist nicht im Stande, aus der Grösse des Winkels einen sicheren Schluss auf die Art des Feldspaths zu machen. Diese fast vollkommene Isomorphie, sowie die grosse Ähnlichkeit der übrigen Eigenschaften, weisen entschieden darauf hin, dass man es hier mit einer Gruppe von Körpern zu thun hat, die auch chemisch zusammengehörig sind.

Versucht man es, die Zusammensetzung jeder triklinischen

Feldspathart durch eine allgemeine empirische Formel wiederzugeben, so stösst man vor Allem auf Eine Schwierigkeit; es wird nämlich selbst bei einer und derselben Feldspathspecies 1 At. Ca ersetzt durch 2 At. Na (d. h. nach der bisherigen Schreibweise wird CaO vertreten durch Na_2O) und zwar nicht in einfachen Verhältnissen, sondern so, dass nur isomorphe Vertretung angenommen werden kann. Wenn man also beide Metalle, sowie auch die kleinen Mengen von Kalium und Magnesium, die in den Feldspathen neben Al, Si und O vorhanden sind, mit einem gemeinsamen allgemeinen Zeichen andeuten will, so muss man unter R ein Atom Ca (Mg) oder zwei Atome Na (oder K) oder ein Gemenge beider begreifen. Es liegt also hier ein Fall von polymerem Isomorphismus vor, indem 1 Atom Ca durch 2 At. Na in wechselnden Mengenverhältnissen ersetzt und vertreten wird. Bei Labrador sowohl wie bei Oligoklas tritt diese isomorphe Vertretung auffallend hervor.

Hiernach sind nun die allgemeinen Formeln folgende, wobei ich bemerken will, dass der grüne Oligoklas von Bodenmais, der nach der Analyse von ПОТУКА * ein Sauerstoff-Verhältniss von 1 : 3 : 10 hat, als besondere Feldspathart eingeschoben ist:

	Für Kieselerde = SiO_2 oder für Si = 28,4.	Für Kieselerde = SiO_3 oder für Si = 42,6.
Anorthit	RAlSi_2O_8	$\text{R}_3\text{Al}_3\text{Si}_4\text{O}_{24}$
Labrador	$\text{RAlSi}_3\text{O}_{10}$	$\text{R}_3\text{Al}_3\text{Si}_6\text{O}_{30}$
Andesin	$\text{RAlSi}_4\text{O}_{12}$	$\text{R}_3\text{Al}_3\text{Si}_8\text{O}_{36}$
Oligoklas	$\text{RAlSi}_{4\frac{1}{2}}\text{O}_{13}$	$\text{R}_3\text{Al}_3\text{Si}_9\text{O}_{39}$
Oligoklas von Bodenmais	$\text{RAlSi}_5\text{O}_{15}$	$\text{R}_3\text{Al}_3\text{Si}_{10}\text{O}_{42}$
Albit	$\text{RAlSi}_6\text{O}_{16}$	$\text{R}_3\text{Al}_3\text{Si}_{12}\text{O}_{48}$

Würde man in dieser Tabelle den Oligoklas gänzlich zur Seite lassen, so würden die übrigen triklinischen Feldspathe einer homologen Reihe angehören, deren einzelne Glieder sich durch $n\text{SiO}_2$ von einander unterscheiden.**

Es muss nun die Frage aufgeworfen werden, ob die Glieder homologer Reihen isomorph seyen und ob man auch bei den

* POGGEND. Annal. 108, p. 363.

** Jahresbericht von LIEBIG und KOPP, 1849, p. 21. 1854, p. 12. 1855, p. 16.

Feldspathen hieraus die Isomorphie herleiten könne. — Die erste Frage ist von NICKLÈS für Kohlenstoff-Verbindungen bejahend beantwortet worden. Er versteht aber unter Isomorphie nicht gleiche, sondern nur ähnliche Form, so dass ein Rhomboeder, dessen Endkantenwinkel nahezu 90° beträgt, als isomorph mit einem würfelförmigen Körper betrachtet werden könne.

Von andern Chemikern ist diese Isomorphie homologer Verbindungen bestritten worden. KOPP* bemerkt in Bezug auf die Isomorphie ungleich zusammengesetzter Verbindungen Folgendes: Isomorphismus von Verbindungen mit ähnlicher atomistischer Constitution beweist nicht immer, dass die sich entsprechenden Bestandtheile als isomorph zu betrachten seyen, weil sehr häufig der Einfluss der in beiden Verbindungen gemeinsam vorhandenen Bestandtheile so sehr überwiegt, dass trotz der ausserdem noch vorhandenen, verschiedenen und an sich nicht isomorphen Bestandtheile doch Isomorphismus der beiden Verbindungen hervor gebracht wird.

Ich glaube, auf diesen schon vor längerer Zeit von KOPP hervorgehobenen und neuerdings noch von MARIIGNAC** wieder in Erinnerung gebrachten Satz ein grosses Gewicht legen zu müssen, weil er eine Reihe von Erscheinungen erklärt, die sonst schwer begreiflich seyn würden.

Nach den wenigen vorliegenden Beobachtungen scheint mir eine Isomorphie homologer Reihen noch nicht erwiesen und da, wo sie sich findet, kann sie ihre Erklärung in dem vorstehenden Satze finden. Ich halte es deshalb für unwahrscheinlich, dass die Ursache der Isomorphie der triklinischen Feldspathe darin begründet ist, dass sie eine homologe Reihe bilden.

Die isomorphe Feldspathreihe ist übrigens nur dadurch auch zu einer homologen geworden, dass der nicht recht hereinpas sende Oligoklas weggelassen und durch den Oligoklas von Bodenmais ersetzt wurde. Es fragt sich, ob man berechtigt ist, die bisher als richtig angenommene Zusammensetzung des Oligoklas durch eine andere, mit dem grünen Feldspathe von Bodenmais

* POGGEND. Annal. 53, p. 453 und Jahresbericht von LIEBIG und KOPP, 1854, p. 17.

** Annal. d. Chem. und Pharm. 132, p. 25 u. f.

übereinstimmende zu ersetzen. Diese schon mehrfach angeregte Frage war für mich die Veranlassung, sämtliche bekannte Oligoklas-Analysen umzurechnen * und die Atomverhältnisse von R : Al : Si mit einander zu vergleichen. Hat der Oligoklas die bisher gültige Zusammensetzung, dann ist das Atomverhältniss von

$$\begin{aligned} & \text{R : Al : Si} \\ & \text{wie } 1 : 1 : 4^{1/2}. \end{aligned}$$

Hat er aber die Zusammensetzung des Feldspaths von Bodenmais, dann ist es

$$\text{wie } 1 : 1 : 5.$$

Die Zahl der vorhandenen Oligoklas-Analysen ist nun eine sehr grosse und es ist leicht ersichtlich, dass manche derselben entschieden falsch sind; bei andern ist es mehr oder weniger zweifelhaft, ob sie richtig sind, oder nicht; auch lässt sich oft nicht aus der Beschreibung ersehen, ob der zur Analyse verwendete Feldspath frisch und unzersetzt genug war. Eine richtige Auswahl zu treffen ist daher sehr schwierig. Es gibt indessen ein Kennzeichen für die Richtigkeit einer Analyse oder für die Reinheit des zur Analyse verwendeten Materials, welches darin besteht, dass in Allen Feldspathspecies und daher auch bei den Oligoklasen das Atomverhältniss von R : Al überall wie 1 : 1 ist. Gibt also eine Analyse annähernd dieses Verhältniss, dann wird dieselbe wahrscheinlich richtig seyn. Ich habe nun bei den Oligoklasen nur diejenigen Analysen in Berücksichtigung gezogen, bei denen das Atomverhältniss von R : Al zwischen 0,95 : 1 und 1,05 : 1 schwankte.

Bei der Vergleichung der erhaltenen Resultate stellte es sich heraus, dass unter den vielen hierhergehörenden Analysen nur 3 ein Atomverhältniss von

$$\begin{aligned} & \text{Al : Si} \\ & = 1 : 4,4 \text{ bis } 4,6, \end{aligned}$$

wie es dem Oligoklas entsprechen würde, besitzen; bei allen andern Oligoklas-Analysen schwankt dasselbe zwischen 1 : 4 und 1 : 5,3, ohne dass ein bestimmtes Verhältniss vorherrschend wäre. Diess veranlasste mich, die sämtlichen 200 vorhandenen Ana-

* Hierbei ist der Gehalt an Si, Al, Ca etc. berechnet und die erhaltene Zahl durch das betreffende Atomgewicht dividirt worden.

lysen aller triklinischen Feldspathe umzurechnen und das Atomverhältniss von R : Al : Si zu bestimmen, um zu sehen, ob die erhaltenen Zahlen vorzugsweise mit den, den einzelnen Feldspathspecies zukommenden Verhältnissen übereinstimmten oder ob sie, in ähnlicher Weise wie bei den Oligoklasen, auch mit den dazwischen liegenden Zahlen zusammenfielen. Auch hier wurden nur diejenigen Analysen berücksichtigt, deren Atomverhältniss von R : Al dem normalen von 1 : 1 sehr nahe steht. In der ersten Reihe unter A der nachstehenden Tabelle sind diejenigen Analysen, 132 an der Zahl, angeführt deren Atomverhältniss von R : Al wie 0,9 bis 1,1 : 1 war. In der zweiten Reihe unter B ist die Grenze dieses Verhältnisses noch enger gezogen und es sind nur solche Analysen, 80 an der Zahl, zugelassen, deren Atomverhältniss von R : Al zwischen 0,95 bis 1,05 : 1 schwankt.

A.		B.	
Atomverhältniss von R : Al = 0,9 - 1,1 : 1.		Atomverhältniss von R : Al = 0,95 - 1,05 : 1.	
5 Analysen		2 Analysen hatten ein Verhältniss von Al : Si wie 1 : 1,9 bis 2,1 Anorthit.	
11	"	8	" " " " " " " " " " 1 : 2,1 " 2,3
3	"	1	" " " " " " " " " " 1 : 2,3 " 2,5
3	"	1	" " " " " " " " " " 1 : 2,5 " 2,7
3	"	3	" " " " " " " " " " 1 : 2,7 " 2,9
10	"	9	" " " " " " " " " " 1 : 2,9 " 3,1 Labrador.
10	"	6	" " " " " " " " " " 1 : 3,1 " 3,3
12	"	6	" " " " " " " " " " 1 : 3,3 " 3,5
5	"	4	" " " " " " " " " " 1 : 3,5 " 3,7
10	"	5	" " " " " " " " " " 1 : 3,7 " 3,9
8	"	4	" " " " " " " " " " 1 : 3,9 " 4,1 Andesin.
7	"	4	" " " " " " " " " " 1 : 4,1 " 4,3
1	"	1	" " " " " " " " " " 1 : 4,3 " 4,4
4	"	3	" " " " " " " " " " 1 : 4,4 " 4,6 Oligoklas.
5	"	3	" " " " " " " " " " 1 : 4,6 " 4,7
7	"	4	" " " " " " " " " " 1 : 4,7 " 4,9
3	"	2	" " " " " " " " " " 1 : 4,9 " 5,1 Oligoklas von Bodenmais
5	"	1	" " " " " " " " " " 1 : 5,1 " 5,3
2	"	2	" " " " " " " " " " 1 : 5,3 " 5,5
2	"	2	" " " " " " " " " " 1 : 5,5 " 5,7
5	"	4	" " " " " " " " " " 1 : 5,7 " 5,9
5	"	3	" " " " " " " " " " 1 : 5,9 " 6,1 Albit.
3	"	1	" " " " " " " " " " 1 : 6,1 " 6,3
1	"	0	" " " " " " " " " " 1 : 6,3 " 6,5
2	"	1	" " " " " " " " " " 1 : 6,5 " 6,7

Man ersieht aus dieser Übersicht, dass nur bei dem Labrador

Tabelle über die Zusammensetzung der triklinischen Feldspathe (zu p. 432 gehörend).

I. und II. Fundorte und Analytiker.

- 1) Anorthit (Lepolith) von Lojo nach HERMANN;
- 2) Anorthit aus dem Meteorstein von Juvenas nach RAMMELSBERG;
- 3) Anorthit aus dem Enstatitfels des Radauberges nach STRENG;
- 4) Anorthit von Carlingford in Irland nach HAUGHTON;
- 5) Anorthit aus älterer Lava vom Hekla nach DAMOUR;
- 6) Labrador aus dem Doleritporphyr der Färöer nach FORCHHAMMER;
- 7) Labrador aus dem Trapp von Diupavag, Island nach DAMOUR;
- 8) Labrador aus dem Gabbro der Baste nach RAMMELSBERG;
- 9) Labrador aus der Änalava, von Serra Gianicola nach SARTORIUS v. WALTERSHAUSEN;
- 10) Labrador aus dem Melaphyr von den Mombächter Höfen nach E. SCHMID;
- 11) Labrador zwischen Lund und Christianstadt, Schweden, nach BLOMSTRAND;
- 12) Labrador aus einem Geschiebe bei Kiew nach SEGETH;
- 13) Labradorit von Labrador nach TSCHERMAK;
- 14) Feldspatzwilling aus dem Porphyr des Esterel-Gebirges bei Fréjus nach RAMMELSBERG;
- 15) Labrador aus dem Hypersthenfels der Paulsinsel nach KLAPROTH;
- 16) aus dem Melaphyr von Tyveholmen, Norwegen, nach DELESSE;
- 17) Farbenspielender Labrador von Ojamo, Finnland, nach LAURELL;
- 18) Oligoklas aus dem Trachyt des Chimborasso nach DELESSE;
- 19) Eisspath von Monte Somma nach SARTORIUS v. WALTERSHAUSEN;
- 20) Oligoklas von Piz Rossag, Graubünden, nach G. v. RATH;
- 21) grünlicher Feldspath von la Bresse nach DELESSE;
- 22) Andesin von Marmato nach ABICH;
- 23) Feinkörniger weisser Feldspath von Frankenstein in Schlesien nach SCHMIDT;
- 24) Oligoklas von Tvedestrand, Norwegen, nach SCHEERER;
- 25) Aus dem Gneiss des Limousin nach LE PLAT;
- 26) Oligoklas von Ytterby nach BERZELIUS;
- 27) dichter Albit, Grafschaft Montgomery, Nordcarolina, nach PÖPPEL;N;
- 28) Oligoklas von Albulas, Graubünden nach G. v. RATH;
- 29) Oligoklas aus Trachyt von Teneriffa nach DEVILLE;
- 30) weisser Albit vom Laacher See nach TSCHERMAK;
- 31) körniger Albit von Winchester nach BOYE und BOOTH;
- 32) Albit von Moriah, in Essex City, New-York nach BRUSH;
- 33) Albit von Finnland nach TENNSTROM;
- 34) Albit von Arendal nach G. ROSE.

VII.

VI.

V.

IV.

III.

III. Gefundenes Atomverhältnis von Al: Si a =	IV. Formel, berechnet aus dem Atomverhältnis von Al: Si. Ab = 1 Mol. Albit An = 1 Mol. Anorthit.	V. Formel, berechnet aus dem Atomverhältnis von Al: Si.	VI. Formel, gefunden aus der Analyse.	VII. Es werden vertreten
1) 2,02	AbAn ₉₉ = N ₂ Ca ₁₉₈ Al ₃₉₈ Si ₄₀₂ O ₁₆₀₀	N ₂ 7 Ca ₁₈₃ Al ₃₉₈ Si ₄₀₂ O _{1597,5}	15 At. Ca durch 25 At. Na	
2) 2,11	AbAn ₁₇₆ = N ₂ Ca ₃₅₂ Al ₇₂₄ Si ₇₆₄ O _{2971,6}	N ₄ Ca ₃₄₅ Al ₇₂₄ Si ₇₆₄ O _{2971,6}	0,7 " Ca " 2,0 " Na	
3) 2,19	AbAn ₁₀ = N ₂ Ca ₂₀ Al ₄₂ Si ₄₆ O ₁₇₆	N ₂ 3,4 Ca _{19,4} Al ₄₂ Si ₄₆ O _{176,1}	0,6 " Ca " 1,4 " Na	
4) 2,25	AbAn _{7,5} = N ₂ Ca ₁₅ Al ₃₂ Si ₃₆ O ₁₃₆	N ₂ 0 Ca _{16,3} Al ₃₂ Si ₃₆ O _{136,3}	2 " Na " 1,3 " Ca	
5) 2,31	AbAn _{5,95} = N ₂ Ca _{11,9} Al _{25,8} Si _{29,8} O _{111,2}	N ₂ 2,82 Ca _{12,01} Al _{25,8} Si _{29,8} O _{111,47}	Enthält zuviel Na.	
6) 2,88	AbAn _{1,77} = N ₂ Ca _{3,54} Al _{9,08} Si _{10,8} O _{44,32}	N ₂ 2,18 Ca _{3,44} Al _{9,08} Si _{10,8} O _{44,31}	0,10 At. Ca durch 0,18 At. Na	
7) 2,92	AbAn _{1,67} = N ₂ Ca _{3,34} Al _{8,68} Si _{10,68} O _{42,92}	N ₂ 1,61 Ca _{3,14} Al _{8,68} Si _{10,68} O _{42,92}	0,39 " Na " 0,10 " Ca	
8) 2,94	AbAn _{1,63} = N ₂ Ca _{3,26} Al _{8,52} Si _{10,52} O _{42,98}	N ₂ 1,61 Ca _{3,09} Al _{8,52} Si _{10,52} O _{42,98}	0,17 " Ca " 0,16 " Na	
9) 3,02	AbAn _{1,46} = N ₂ Ca _{2,92} Al _{7,84} Si _{11,04} O _{39,56}	N ₂ 1 Ca _{2,44} Al _{7,84} Si _{11,04} O _{39,56}	1 " Na " 0,52 " Ca	
10) 3,25	AbAn _{1,1} = N ₂ Ca _{2,2} Al _{6,4} Si _{10,4} O _{33,6}	N ₂ 2,13 Ca _{2,11} Al _{6,1} Si _{10,4} O _{33,57}	0,09 " Ca " 0,13 " Na	
11) 3,29	AbAn _{1,05} = N ₂ Ca _{2,1} Al _{6,2} Si _{10,2} O _{32,8}	N ₂ 1,64 Ca _{2,35} Al _{6,2} Si _{10,2} O _{32,82}	0,46 " Na " 0,25 " Ca	
12) 3,39	AbAn _{0,94} = N ₂ Ca _{1,98} Al _{5,76} Si _{9,76} O _{31,04}	N ₂ 1,47 Ca _{2,12} Al _{5,76} Si _{9,76} O _{31,04}	0,53 " Na " 0,24 " Ca	
13) 3,42	AbAn _{0,908} = N ₂ Ca _{1,816} Al _{5,632} Si _{9,632} O _{30,528}	N ₂ 1,74 Ca _{1,887} Al _{5,632} Si _{9,632} O _{30,489}	0,239 " Na " 0,081 " Ca	
14) 3,47	AbAn _{0,86} = N ₂ Ca _{1,72} Al _{5,44} Si _{9,44} O _{29,76}	N ₂ 2,33 Ca _{1,87} Al _{5,44} Si _{9,44} O _{29,77}	0,15 " Ca " 0,33 " Na	
15) 3,48	AbAn _{0,85} = N ₂ Ca _{1,7} Al _{5,4} Si _{9,4} O _{29,6}	N ₂ 1,31 Ca ₂ Al _{5,4} Si _{9,4} O _{29,55}	0,69 " Na " 0,30 " Ca	
16) 3,61	AbAn _{0,74} = N ₂ Ca _{1,48} Al _{4,96} Si _{8,96} O _{27,84}	N ₂ 2,92 Ca _{1,05} Al _{4,96} Si _{8,96} O _{27,85}	0,45 " Ca " 0,92 " Na	
17) 3,71	AbAn _{0,67} = N ₂ Ca _{1,34} Al _{4,68} Si _{8,68} O _{26,72}	N ₂ 2,02 Ca _{1,46} Al _{4,68} Si _{8,68} O _{26,83}	Enthält etwas zu viel Ca.	
18) 3,72	AbAn _{0,66} = N ₂ Ca _{1,32} Al _{4,64} Si _{8,64} O _{26,56}	N ₂ 1,13 Ca _{1,36} Al _{4,64} Si _{8,64} O _{26,25}	0,7 At. Na durch 0,04 At. Ca	
19) 3,75	AbAn _{0,64} = N ₂ Ca _{1,38} Al _{4,56} Si _{8,56} O _{26,24}	N ₂ 4,07 Ca _{0,27} Al _{4,56} Si _{8,56} O _{26,30}	1,11 " Ca " 2,07 " Na	
20) 3,80	AbAn _{0,61} = N ₂ Ca _{1,22} Al _{4,44} Si _{8,44} O _{25,76}	N ₂ 1,63 Ca _{1,36} Al _{4,44} Si _{8,44} O _{25,81}	0,17 " Na " 0,14 " Ca	
21) 3,93	AbAn _{0,53} = N ₂ Ca _{1,16} Al _{4,12} Si _{8,12} O _{24,48}	N ₂ 2 Ca _{1,02} Al _{4,12} Si _{8,12} O _{24,44}	Enthält zu wenig Ca.	
22) 3,92	AbAn _{0,54} = N ₂ Ca _{1,08} Al _{4,16} Si _{8,16} O _{24,64}	N ₂ 1,93 Ca _{1,07} Al _{4,16} Si _{8,16} O _{24,6}	Beide Formeln stimmen überein.	
23) 4,12	AbAn _{0,44} = N ₂ Ca _{0,88} Al _{3,76} Si _{7,76} O _{23,04}	N ₂ 1,92 Ca _{0,92} Al _{3,76} Si _{7,76} O _{23,04}	0,08 At. Na durch 0,04 At. Ca	
24) 4,26	AbAn _{0,38} = N ₂ Ca _{0,76} Al _{3,52} Si _{7,52} O _{22,08}	N ₂ 2,23 Ca _{0,63} Al _{3,52} Si _{7,52} O _{22,07}	0,13 " Ca " 0,23 " Na	
25) 4,38	AbAn _{0,34} = N ₂ Ca _{0,68} Al _{3,36} Si _{7,36} O _{21,44}	N ₂ 0,73 Ca _{1,3} Al _{3,36} Si _{7,36} O _{21,42}	1,27 " Na " 0,62 " Ca	
26) 4,41	AbAn _{0,33} = N ₂ Ca _{0,66} Al _{3,32} Si _{7,32} O _{21,28}	N ₂ 2,29 Ca _{0,55} Al _{3,32} Si _{7,32} O _{21,31}	0,11 " Ca " 0,29 " Na	
27) 4,55	AbAn _{0,29} = N ₂ Ca _{0,58} Al _{3,16} Si _{7,16} O _{20,64}	N ₂ 2,56 Ca _{0,27} Al _{3,16} Si _{7,16} O _{20,61}	0,31 " Ca " 0,56 " Na	
28) 4,64	AbAn _{0,26} = N ₂ Ca _{0,52} Al _{3,04} Si _{7,04} O _{20,16}	N ₂ 1,94 Ca _{0,56} Al _{3,04} Si _{7,04} O _{20,17}	0,06 " Na " 0,04 " Ca	
29) 4,75	AbAn _{0,23} = N ₂ Ca _{0,46} Al _{2,92} Si _{6,92} O _{19,68}	N ₂ 2,33 Ca _{0,33} Al _{2,92} Si _{6,92} O _{19,6}	0,13 " Ca " 0,33 " Na	
30) 4,88	AbAn _{0,075} = N ₂ Ca _{0,15} Al _{2,3} Si _{6,3} O _{17,72}	N ₂ 1,947 Ca _{0,208} Al _{2,3} Si _{6,3} O _{17,226}	0,053 " Na " 0,053 " Ca	
31) 5,62	AbAn _{0,052} = N ₂ Ca _{0,104} Al _{2,098} Si _{6,208} O _{16,832}	N ₂ 1,922 Ca _{0,124} Al _{2,098} Si _{6,208} O _{16,913}	0,078 " Na " 0,020 " Ca	
32) 5,71	AbAn _{0,038} = N ₂ Ca _{0,076} Al _{2,132} Si _{6,152} O _{16,608}	N ₂ 2,078 Ca _{0,087} Al _{2,132} Si _{6,152} O _{16,608}	0,039 " Ca " 0,078 " Na	
33) 5,78	AbAn _{0,029} = N ₂ Ca _{0,038} Al _{2,116} Si _{6,116} O _{16,464}	N ₂ 1,947 Ca _{0,064} Al _{2,116} Si _{6,116} O _{16,443}	0,053 " Na " 0,006 " Ca	
5,77	AbAn _{0,0012} = N ₂ Ca _{0,0024} Al _{2,0048} Si _{6,0048} O _{16,0192}	N ₂ 1,9260 Ca _{0,0731} Al _{2,0048} Si _{6,0048} O _{16,0329}	0,0740 " Na " 0,0707 " Ca	

eine auffallendere Anhäufung derjenigen Analysen hervortritt, deren Atomverhältniss einer bestimmten Feldspathspecies entspricht, dass aber im Übrigen die zwischen den einzelnen Feldspatharten liegenden Verhältnisse zum Theil ebenso stark vertreten sind, wie diese selbst. Ich vermuthe desshalb, dass die Atomverhältnisse der triklinischen Feldspathe nicht nur auf diejenigen der bisher festgehaltenen Arten beschränkt sind, sondern dass die dazwischen liegenden Verhältnisse ebensogut möglich und berechtigt sind, mit andern Worten, dass diess Verhältniss wie bei andern isomorphen Substanzen ein wechselndes ist. Es mag die Natur das Bestreben haben, möglichst einfache Verhältnisse hervorzubringen und darin mag das theilweise Vorwalten gewisser den einzelnen Feldspatharten zugeschriebenen Atomverhältnisse begründet seyn, die dazwischen liegenden, weniger einfachen Verhältnisse können aber ebenfalls vorkommen.

Ich befinde mich in dieser Beziehung in völliger Übereinstimmung mit TSCHERMAK, der in seiner soeben veröffentlichten schönen Arbeit über die Feldspathe* nicht nur durch den allmählichen Wechsel der Zusammensetzung, sondern auch durch die ebenso allmähliche Änderung des spec. Gewichts und der Winkel den Nachweis führt, dass die ganze Reihe der triklinischen Feldspathe nicht auf bestimmte einzelne Verhältnisse beschränkt ist, sondern eine isomorphe Mischung darstellt. Gerade in den Beziehungen zwischen der Zusammensetzung und den physikalischen Verhältnissen liegt ein Hauptbeweis für die Richtigkeit der eben erörterten Anschauung.

Will man also innerhalb dieser Gruppe triklinischer Feldspathe einzelne Glieder unterscheiden, so können dieselben keine bestimmte Zusammensetzung haben; es muss diese vielmehr innerhalb willkürlich gegriffener Grenzen wechseln. Dadurch ist man zwar in den Stand gesetzt, auch die alten Namen der triklinischen Feldspathe als Bezeichnung verschiedener Arten oder Abarten beizubehalten, darf dabei aber nicht aus den Augen lassen, dass die Grenzen durchaus willkürliche sind. TSCHERMAK hat daher auch den Albit, den Oligoklas, den Andesin etc. als Arten

* Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Bd. L.

aufgeführt und gewisse Grenzen derselben angegeben. Doch würde es Sache einer Übereinkunft seyn, ob man diese annehmen oder sich für andere Grenzen entscheiden will.

Mit dieser Auffassung der Feldspathe fällt aber auch die Bedeutung der homologen Reihe und die Möglichkeit, aus ihr die Isomorphie zu erklären, zusammen.

Es treten nun bei den Feldspathen zwei Thatsachen scharf hervor: 1) die fast vollkommene Isomorphie der einzelnen Glieder und 2) die Verschiedenheit der Zusammensetzung, die sich auf ein + oder - von $n\text{SiO}_2$ beschränkt, wobei n nach der bisherigen Anschauung = 2 oder = 3 oder = 4 oder = 4,5 oder = 5 oder = 6, nach der eben entwickelten Anschauung aber jeder beliebigen Zahl zwischen 2 und 6 gleich seyn kann. Wenn nun bei fast allen bis jetzt beobachteten gleichgestalteten Körpern, insoferne sie überhaupt vergleichbar sind, d. h. zu einer ähnlichen Klasse von Körpern gehören, eine so vollkommene Gleichheit der Form, wie sie bei den Feldspathen hervortritt, mit einer allgemeinen Gleichheit oder Übereinstimmung der Zusammensetzung vorzüglich dann verbunden ist, wenn die einzelnen Bestandtheile einem allmählig fortschreitenden Wechsel unterworfen sind, so wird man auch bei den isomorphen Feldspathen eine gewisse Übereinstimmung der Zusammensetzung vermuthen können. Indessen war es bis zur neuesten Zeit nicht gelungen, eine derartige Übereinstimmung nachzuweisen. Sie tritt weder bei den oben angewandten empirischen, noch bei den bis jetzt gebrauchten dualistischen Formeln hervor; auch wenn man die von G. ROSE * schon früher gewählte Bezeichnung, die gleichbleibenden Basen zusammenzuschreiben und die wechselnde Menge der Kieselerde einfach dahinterzusetzen, in Anwendung bringt, zeigt sich zwar eine gewisse Analogie, die aber nicht derart ist, dass man aus ihr die Isomorphie herleiten könnte. Auch die Ansichten von SARTORIUS VON WALTERSHAUSEN **, SCHEEBER ***, HERMANN † und Anderen, die es versuchten, die Iso-

* Krystallochemisches Mineralsystem p. 88. Leipzig, 1852.

** Über die vulkan. Gesteine in Sicilien und Island. Göttingen, 1853.

*** Isomorphismus und polymerer Isomorphismus p. 60. Braunschweig, 1850.

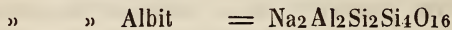
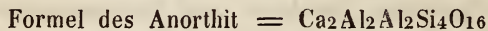
† Journ. f. prakt. Chemie 43, p. 35 und Jahrb. f. Min. 1848, p. 816.

morphie der Feldspathe zu erklären, haben sich keine Geltung zu verschaffen gewusst.

In der neuesten Zeit hat nun TSCHERMAK * einen, wie ich glaube, im Wesentlichen gelungenen Versuch gemacht, die Zusammensetzung mit der Isomorphie der Feldspathe in Einklang zu bringen. Es sollen dessen Ansichten desshalb hier etwas ausführlicher besprochen werden.

Nach TSCHERMAK sind die triklinischen Feldspathe nur isomorphe Mischungen von 2 Substanzen, von Albit und Anorthit. — Oligoklas, Andesin und Labrador sind nur einzelne Glieder einer kontinuierlichen Reihe, und Feldspathe, die man bisher nicht unterzubringen wusste, sind andere Zwischenglieder.

Am wichtigsten sind die den beiden Endgliedern zukommenden Formeln, wobei die neueren Atomgewichte zu Grunde gelegt sind, nur mit dem Unterschiede, dass das Atomgewicht des Aluminiums nicht = 55, sondern = 27,5 (die Thonerde also = Al_2O_3) genommen ist.



Die bisherige Anorthitformel ist also verdoppelt und dadurch auf gleichen Sauerstoffgehalt mit dem Albit gebracht; hiedurch ist in der That eine äusserliche Übereinstimmung der empirischen Formeln herbeigeführt, wobei 2Na durch 2Ca und 2Si durch 2Al vertreten werden.

Vermischen sich

3 Moleküle Anorthit mit 2 Molekül. Albit, dann entsteht Labrador,	
1 „ „ „ 2 „ „ „ „ Andesin,	
3 „ „ „ 10 „ „ „ „ Oligoklas.	

Wie schon oben bemerkt wurde, hält TSCHERMAK diese Mineralien nicht mehr für feste Verbindungen, indem ihre Zusammensetzung wie bei isomorphen Stoffen eine wechselnde ist; es lässt sich also auch für sie kein bestimmtes Mischungsverhältniss feststellen. TSCHERMAK gibt desshalb für jedes dieser Mineralien, zu denen er noch den Bytownit rechnet, bestimmte willkürlich ge-

* Wiener Akademieberichte Bd. L und im Auszuge in Journ. f. pr. Ch. 94, p. 58.

griffene Grenzen. Bezeichnet man mit Ab 1 Molekül Albit und mit An 1 Molekül Anorthit, so würde die Zusammensetzung des Anorthit zwischen An und Ab_1An_6 schwanken.

» Bytownit	»	Ab_1An_6	»	Ab_1An_2	»
» Labrador	»	Ab_1An_2	»	Ab_1An_1	»
» Andesin	»	Ab_1An_1	»	Ab_2An_1	»
» Oligoklas	»	Ab_2An_1	»	Ab_8An_1	»
» Albit	»	Ab_8An_1	»	Ab	»

So sehr ich nun auch mit TSCHERMAK übereinstimme, wenn er die triklinischen Feldspathe für isomorphe Mischungen mit schwankender Zusammensetzung hält, so sehr ich insbesondere mit den Formeln für Anorthit und Albit und mit der obigen Einteilung der Feldspathe im Allgemeinen einverstanden bin, so glaube ich doch, gegen dessen Anschauungen einige Bedenken geltend machen zu müssen.

TSCHERMAK denkt sich den Albit und Anorthit als selbstständige isomorphe Mineralien; aus der isomorphen Mischung dieser an sich unveränderlichen Endglieder gehen die Mittelglieder hervor. Dann müsste aber in jedem der letzteren der Gehalt an Ca und der an Na in einem ganz hestimmten, von dem Silicium-Gehalt der Mischung abhängigen Verhältnisse stehen. Das ist nun allerdings bei einigen triklinischen Feldspathen wirklich der Fall und man bemerkt, dass auch im Allgemeinen mit steigendem Silicium- und mit abnehmendem Aluminium-Gehalt auch der Gehalt an Natrium zu- und an Calcium abnimmt. Einem bestimmten Atomverhältniss von Al : Si muss also nicht nur eine bestimmte Menge von Na + Ca, sondern auch ein ganz bestimmtes Atomverhältniss von Na : Ca entsprechen; man muss also aus ersterem das letztere berechnen können. In der Taballe p. 424 sind solche Rechnungen für eine ganze Reihe triklinischer Feldspathe ausgeführt worden. Legt man also das durch Analyse gefundene Atomverhältniss von Al : Si zu Grunde, berechnet daraus das Atomverhältniss von Na : Ca, wie es seyn müsste, wenn die triklinischen Feldspathe wirklich Mischungen zweier Endglieder von fester Zusammensetzung wären und vergleicht damit die durch Analyse gefundenen Atomverhältnisse von Na : Ca, so wird man bemerken; dass in den meisten Fällen keine völlige Übereinstimmung zwischen dem Berechneten und dem Gefundenen stattfindet, son-

dern dass Na und Ca sich in wechselnden Mengen ersetzen, wie die Vergleichung der weiter oben auf p. 424 u. 425 angeführten Formeln vieler triklinischer Feldspathe ergibt. Daraus muss gefolgert werden, dass der Na- und Ca-Gehalt von dem Atomverhältniss von Al : Si, wenn auch nicht gerade unabhängig, so doch nicht in dem von TSCHERMAK vorausgesetzten Verhältnisse abhängig ist. Findet also eine isomorphe Mischung statt, so sind es nicht die unveränderlichen Endglieder, sondern es sind die einzelnen Bestandtheile, die sich mehr oder weniger unabhängig von einander ersetzen und vertreten.

Welche Bestandtheile ersetzen sich aber nun in den verschiedenen triklinischen Feldspathen gegenseitig?

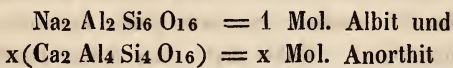
Wenn man die Formeln TSCHERMAK'S für Anorthit und Albit zu Grunde legt und beide mit einander vergleicht, so würde man eine Isomorphie von Na (= 23) mit Ca (= 40) und eine solche von Si mit Al voraussetzen können. Eine Isomorphie von Natrium mit Calcium hat man schon früher in der Mineralogie da angenommen, wo diese beiden Körper in wechselnden Mengen vorhanden waren; man sah sich aber genöthigt, 1 Molekül Kalkerde = CaO als isomorph zu betrachten mit 1 Molekül Natron = Na₂O, d. h. 1 At. Ca (= 40) als isomorph mit 2Na (= 2 × 23). Nach den TSCHERMAK'Schen Formeln würde aber 1 At. Ca als isomorph mit 1 At. Na, oder 2 At. Kalkerde mit 1 At. Natron betrachtet werden müssen. Es fragt sich, ob eine derartige Isomorphie in der durch zahlreiche Analysen gefundenen Zusammensetzung der triklinischen Feldspathe eine Stütze findet, oder ob die bisherige Annahme die berechtigtere ist.

Es soll im Nachstehenden versucht werden, an einer grösseren Reihe von Feldspathen die thatsächlichen Verhältnisse kennen zu lernen. Würden alle triklinischen Feldspathe sich als Mischungen unveränderlicher Endglieder darstellen, so würde ein Beweis für die Eine oder andere Auffassung an den vorhandenen Analysen gar nicht geliefert werden können. Ist nämlich Ca isomorph mit Na₂, dann muss das Atomverhältniss von Ca + Na₂ zu Al überall = 1 : 2 seyn. Ist aber Ca isomorph mit Na, dann ist zwar das Atomverhältniss von Na + Ca zu Al ein zwischen 1 : 2 und 1 : 1 wechselndes, je nachdem ein Feldspath dem Anorthit oder dem Albit näher steht: jedes derartige Verhältniss

muss sich aber sogleich in das Verhältniss von 1 : 2 verwandeln, wenn man das Na mit seinem doppelten Atomgewichte in Rechnung bringt. So ist z. B. in einem Feldspath, dem TSCHERMAK die Formel $Ab_2 An_1$ gibt, das Atomverhältniss von $Na + Ca : Al = 6 : 8$, von $Na_2 + Ca : Al = 1 : 2$ und so wird man in jeder für irgend einen Feldspath dieser Gruppe von TSCHERMAK aufgeführten Formel das Atomverhältniss von $Na_2 + Ca : Al = 1 : 2$ finden. Würden also alle Feldspathanalysen mit den TSCHERMAK'schen Formeln übereinstimmen, so würde sich weder die Eine noch die andere Ansicht beweisen lassen. Es ist nun aber schon oben bemerkt, dass nicht Endglieder von fester Zusammensetzung in den Feldspathen miteinander verbunden sind, sondern dass die einzelnen Bestandtheile sich mehr oder weniger unabhängig von einander ersetzen. Hiedurch allein ist die Möglichkeit gegeben, auch an den Feldspathen zu zeigen, dass Ca nicht isomorph ist mit Na, sondern mit Na_2 .

Um die hier vorliegenden Fragen zu beantworten, müssen nun die Feldspathanalysen vor Allem auf das Sorgfältigste gesichtet werden. Es lassen sich nämlich hierzu nur diejenigen benutzen, in denen das Atomverhältniss von $Ca + Na_2 : Al$ so nahe wie möglich $= 1 : 2$ ist. Da wo es bedeutend hiervon abweicht, verdecken die durch Versuchsfehler bei der Analyse oder die durch Unreinheit des Materials bewirkten Abweichungen die aus der wechselnden Vertretung von Ca und Na sich ergebenden Verschiedenheiten oft so sehr, dass durch solche Analysen weder für die eine noch für die andere Ansicht eine Begründung geliefert werden kann. Im Nachstehenden sind desshalb von den bekannten 200 Analysen triklinischer Feldspathe nur diejenigen berücksichtigt, in denen das Atomverhältniss von $Na_2 + Ca : Al$ zwischen $0,98 : 2$ und $1,02 : 2$ schwankt.

In diesen Analysen, 34 an der Zahl, ist das Atomverhältniss von $Al : Si$ bestimmt worden, dasselbe sey $= 2 : a$. Aus der Zahl a lässt sich für den betreffenden Feldspath die TSCHERMAK'sche Formel $Ab_1 An_x$ finden, wobei x die Anzahl Moleküle Anorthit bedeutet, die mit 1 Molekül Albit sich verbunden haben: also



geben nach TSCHERMAK die Zusammensetzung des analysirten Feldspaths an. Es verhält sich hier:

$$2 : a = 2 + 4x : 6 + 4x$$

$$\text{also } x = \frac{12 - 2a}{4a - 8}.$$

Das Atomverhältniss von Na : Ca ist dann $= 2 : 2x$.

In der p. 424 und 425 gedruckten Tabelle ist zunächst in der Rubrik III. der aus der Analyse gefundene Werth von a angegeben, daneben in die Rubriken IV. und V. ist die hieraus berechnete TSCHERMAK'sche Formel gestellt, dann, in der Rubrik VI. ist die wirklich gefundene Formel mit den aus der Analyse gefundenen Gehalten an Ca und Na angegeben; endlich ist noch unter VII. angegeben, wieviel Atome Na und Ca sich gegenseitig ersetzen, was sich aus der Vergleichung der Formel in V. und VI. ermitteln lässt.

Aus dieser Tabelle ergibt sich Folgendes:

Das Atomverhältniss von Na : Ca ist in fast allen Analysen anders als es nach der Ansicht TSCHERMAK's seyn müsste; beide Körper ersetzen sich in wechselnden Verhältnissen, mehr oder weniger unabhängig von dem Gehalt an Al und an Si. In der überwiegenden Zahl der Analysen, nämlich in No. 1, 3, 4, 6, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 19, 23, 24, 25, 26, 27, 29, und 32 wird 1 At. Ca durch annähernd 2 At. Na oder umgekehrt 2 At. Na durch 1 At. Ca vertreten. Aber auch in den übrigen Analysen wird 1 At. Ca fast überall durch mehr als 1 At. Na, ja meist durch mehr als 2 At. Na ersetzt, was schon durch verhältnissmässig kleine Versuchsfehler bei den Analysen bewirkt worden seyn kann, so dass auch bei diesen Analysen eher auf eine Ersetzung von 1 At. Ca durch 2 At. Na als durch 1 At. Na geschlossen werden kann. Nur in No. 8, in No. 30 und in No. 34 wird 1 At. Ca durch 1 At. Na vertreten, was aber in den beiden letzteren um so eher auf Rechnung kleiner, nie ausbleibender Versuchsfehler gesetzt werden kann, als die Verschiedenheit der berechneten und gefundenen Formeln nur höchst unbedeutend ist. In einigen Analysen ist entweder zu viel Natrium oder Calcium, sie können deshalb hier nicht weiter in Betracht kommen. In der Analyse No. 22 endlich stimmen beide Formeln sehr nahe mit einander überein. — Zählt man, um einen Durchschnitt zu

erhalten, die in der Rubrik VII. stehenden Atomengen von Na und diejenigen von Ca, die sich gegenseitig in den verschiedenen Feldspathen vertreten unter Ausschluss von No. 1 zusammen, so ergibt sich als die Summe des Na die Zahl 16,451, als die Summe des Ca die Zahl 7,839. Es würden also im Durchschnitt 7,839 At. Ca ersetzt und vertreten durch 16,451 Na oder 1 At. Ca durch 2,09 At. Na. Es stellt sich also mit aller Entschiedenheit eine polymere Isomorphie von 1 At. Ca durch 2 At. Na heraus. Die Isomorphie von Na mit Ca, wie man sie aus den TSCHERMAK'schen Formeln ableiten könnte, ist also thatsächlich nicht begründet.

In allen vorstehend aufgeführten Formeln ist das für die Feldspathe so charakteristische Atomverhältniss von $\text{Ca} + \text{Na}_2 : \text{Al}$ fast genau wie 1 : 2, sowohl in der Rubrik V. als in VI. Das Atomverhältniss von $\text{Ca} + \text{Na} : \text{Al}$, wie es in der Rubrik V. aus den berechneten Formeln sich ergibt, stimmt dagegen mit dem aus der thatsächlichen Zusammensetzung gefundenen Formel der Rubrik VI. vorzugsweise dann nicht überein, wenn der Unterschied zwischen der gefundenen und der berechneten Zusammensetzung gross ist. Auch diess hängt damit zusammen, dass eine Vertretung von Ca durch 2Na und nicht eine solche von Ca durch Na stattfindet.

Es bestätigt sich also bei den Feldspathen die Isomorphie von Ca mit 2Na, auf die man auch bei andern Mineralien geführt worden ist.

Aus der TSCHERMAK'schen Formel könnte man ferner eine Isomorphie von Al_2 mit Si_2 oder von Al mit Si_2 (wenn $\text{Al} = 55$) ableiten. Auch diess kann ich nicht unbedingt anerkennen. Man hat schon in vielen Fällen von einer Isomorphie beider Körper Anwendung gemacht, um für manche gewöhnlich Aluminium-freie Mineralien für den Fall eine Übereinstimmung der Formel zu erhalten, dass Aluminium in kleinerer oder grösserer Menge sich einstellt. Diess war besonders bei den thonerdehaltigen Augiten und Hornblenden der Fall. Bei diesen Körpern ist der Aluminium-Gehalt zum Theil so bedeutend und es tritt bei seiner Vermehrung eine so starke Verminderung des Silicium-Gehalts hervor, dass man das Aluminium nicht einer unwesentlichen Verunreinigung zuschreiben konnte, sondern genöthigt gewesen ist, es

als einen Vertreter des Siliciums anzuerkennen. Man hat deshalb in den alten Formeln den Sauerstoff der Thonerde demjenigen der Kieselerde zugezählt, d. h. indem man $3(\text{RO} \cdot \text{SiO}_2)$ als isomorph ansah mit $3\text{RO} + 2\text{Al}_2\text{O}_3$ hat man Al_4O_6 für isomorph mit Si_3O_6 oder Al_4 für isomorph mit Si_3 oder, wenn $\text{Al} = 55$, Al_2 für isomorph mit Si_3 gehalten. Auch diess ist ein Fall des polymeren Isomorphismus. Nur durch diesen ist es RAMMELSBURG in seiner schönen Arbeit über die Augite und Hornblenden möglich gewesen, die thonerdehaltigen, ebenso wie die thonerdefreien Augite und Hornblenden auf dieselbe Formel zu bringen.

(Schluss folgt.)

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 411-434](#)