

# **Der chemische Bestand und das Verhalten der Zeolithe**

## **II. Teil**

Von

**Gustav Tschermak**

w. M. K. Akad.

Aus den Sitzungsberichten der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien  
Mathem.-naturw. Klasse, Abteilung I, 127. Band, 2. und 3. Heft

**Wien, 1918**

Aus der kaiserlich-königlichen Hof- und Staatsdruckerei

In Kommission bei Alfred Hölder

k. u. k. Hof- und Universitätsbuchhändler

Buchhändler der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften

**Smn 127 18**

Tschermak G.

# Der chemische Bestand und das Verhalten der Zeolithe

## II. Teil

Von

Gustav Tschermak  
w. M. K. Akad.

(Vorgelegt in der Sitzung am 14. Februar 1918)

Im Anschlusse an den früher veröffentlichten I. Teil der Abhandlung<sup>1</sup> folgt hier nach einer Besprechung einiger Voraussetzungen der Versuch, zu zeigen, inwiefern die Analysen mit der Theorie, welche vorher entwickelt wurde, übereinstimmen. Nach meiner Auffassung gliedern sich die in den Zeolithen vorkommenden Verbindungen derart, daß an einem Kern von bestimmter Zusammensetzung einerseits eine einfache Kieselsäure oder eine Mischung solcher, andererseits meist auch Wassermolekel sich anfügen. In einigen Fällen wird die Kieselsäure durch eine Molekel Wasser vertreten.

Die Kieselsäure bildet mit dem Kern eine chemische Verbindung und die Wassermolekel (im höchsten Falle 6) können in zweierlei Bindung vorhanden sein.

Nur wenige Gattungen bestehen aus einer einzigen Verbindung, enthalten bloß eine einzige Kieselsäure, die meisten erscheinen als Mischungen, die entweder so berechnet werden können, daß vollständige und gleichartige Verbindungen als Komponenten angenommen werden oder in der Art, daß die Kernverbindung samt dem begleitenden Wasser als konstant betrachtet und Mischungen von Kieselsäuren zugefügt gedacht werden.

---

<sup>1</sup> Diese Berichte, 126, Abt. I (1917), S. 541..

Um die Komponenten gemischter Zeolithe zu ermitteln, sind immer mehr Analysen erforderlich, als die Zahl der Komponenten beträgt, weil durch die unvermeidlichen Beobachtungsfehler das Mischungsverhältnis verschoben erscheint und erst durch Vergleichung einer größeren Zahl von Beobachtungen und Berücksichtigung der möglichen Fehler das waltende Gesetz erkannt werden kann.

## 20. Reduktion der Analysen.

Viele Zeolithe stellen Mischungen dar, welche sowohl Oxyde zweiwertiger Metalle  $RO$  als einwertiger  $R_2O$  enthalten. Wenn es wahrscheinlich ist, daß die beiderlei Verbindungen demselben Typus angehören, kann zur Vereinfachung der Rechnung eine Reduktion der Analyse vorgenommen werden, indem zu dem vorherrschenden Oxyd das Äquivalent der anderen hinzugefügt und die Analyse auf die ursprüngliche Summe gebracht wird. Es ist unrichtig, wenn dieselbe auf 100 umgerechnet wird, weil dann die Fehler anders verteilt werden, als es den Tatsachen entspricht, die Analyse verzerrt erscheint und deren Summe, welche auf den Ausgleich der Fehler und die Genauigkeit hindeutet, nunmehr verschwindet. Ebenso ist es mißlich, wenn der Autor einer Analyse, z. B. J. Lemberg, nicht die Originalzahlen publiziert, sondern die auf 100 umgerechneten Beträge.

In den reduzierten Analysen summieren sich die Beobachtungsfehler in Ca, Na, K; anderseits fußt die Berechnung nur auf dem Verhältnis Si:Al:H. Demnach sind die größeren Differenzen gegenüber der Theorie bei den Ca-reichen gemischten Zeolithen in CaO, bei den Na-reichen in Na zu erwarten.

## 21. Die ursprüngliche Zusammensetzung der Zeolithe.

Wenn das Zeolithpulver von der Korngröße, wie sie gewöhnlich bei der Analyse angewandt wird, feuchter Luft ausgesetzt wird, so ist das Verhalten von zweierlei Art. Jene Zeolithe, die Krystallwasser enthalten, zeigen jetzt eine Gewichtszunahme, ihr Wassergehalt erscheint vergrößert. Bei

folgenden Versuchen, die an Zeolithen von bekannter Zusammensetzung bis zur Gewichtskonstanz ausgeführt wurden, stieg der Wassergehalt

in einem Desmin von Striegau von 17·79 auf 19·20 %,  
Blaschke;<sup>1</sup>

in einem Chabasit von Nova Scotia von 16·11 auf 17·06 %,  
Stoklossa;<sup>2</sup>

in einem Heulandit von Teigarhorn von 14·90 auf 16·06 %,  
Stoklossa;

in einem Harmotom von Strontian von 13·73 auf 14·67 %,  
Stoklossa.

Dagegen nehmen Analcim, Natrolith, Skolezit, die kein Krystallwasser enthalten, wie die genannten Beobachter fanden, keine merklichen Mengen Wasser an.

Es kann wohl keinem Zweifel unterliegen, daß die ersten Zeolithe im ursprünglichen Zustande und solange sie dem feuchten Gestein angehörten, einen etwas höheren Wassergehalt besaßen als später, nachdem sie längere Zeit der trockenen Luft ausgesetzt waren.

Dem Krystall eines solchen Zeolithes kommt in dem Zustande, wie er aus der Sammlung entnommen wird, nicht mehr der ursprüngliche Wassergehalt  $U$ , sondern ein verminderter  $U - w_1$  zu. Beim Pulvern wird aus der umgebenden Luft etwas Wasser angezogen, so daß hiernach in dem lufttrockenen Pulver der Wassergehalt  $U - w_1 + w_2$  beträgt. Wenn schließlich das Pulver in feuchter Luft gesättigt wird, so nimmt der Wassergehalt um  $w_3$  zu und jetzt hat das Pulver nicht nur den ursprünglichen Wassergehalt erreicht, sondern überholt, weil auch das oberflächlich kondensierte Wasser  $w_4$  hinzugekommen ist:

$$U - w_1 + w_2 + w_3 = U + w_4.$$

<sup>1</sup> Wasserbindung und Basenaustausch im Desmin. Inauguraldissertation Breslau 1914. Zentralbl. f. Min., 1915, p. 4.

<sup>2</sup> Über die Natur des Wassers in den Zeolithen. N. Jahrb. f. Min., 1917, Beilagebd. 42, p. 1.

Der letztere Betrag ist um etwas größer als  $w_2$ , weil jetzt das Pulver von feuchter Luft umgeben ist,  $w_4 - w_2 = \delta$ .

Daraus ergibt sich

$$w_3 = w_1 - \delta.$$

Die Menge des von dem Pulver in feuchter Luft aufgenommenen Wassers beträgt also etwas mehr als jene, welche der Krystall von dem ursprünglichen Wassergehalte eingebüßt hat.

Die obigen Versuche geben bloß  $w_3$  an,  $\delta$  ist unbekannt, somit läßt sich der Betrag von  $w_1$  nur abschätzen. Wenn nach dem Vorschlage von Tamman u. a. vor der Analyse das Pulver eines solchen Zeolithes mit Feuchtigkeit gesättigt wird, so kann das Ergebnis der ursprünglichen Zusammensetzung näherkommen, jedoch immer einen etwas zu großen Wassergehalt aufweisen.

Die Unsicherheit bezüglich des ursprünglichen Wassergehaltes könnte dadurch vergrößert erscheinen, daß das Zeolithpulver bei sehr geringer Korngröße aus der Laboratoriumsluft eine größere Menge Wasser anzieht als bei der gewöhnlichen Korngröße. Dies wurde schon von W. J. Hillebrand bemerkt.<sup>1</sup>

In letzter Zeit hat St. J. Thugutt Versuche in dieser Richtung unternommen,<sup>2</sup> indem er den Wassergehalt des feinsten Pulvers mit jenem des gröberen verglich, wobei sich zeigte, daß beim Analcim, der kein Hydratwasser enthält, der Unterschied viel weniger beträgt als bei anderen Zeolithen. Die Mitteilung hat nur den Zweck, auf die genannte Tatsache wiederum aufmerksam zu machen. Die angegebenen Zahlen beziehen sich zumeist auf Zeolithe nicht näher bekannter Zusammensetzung und auf einen unbekannten Dampfdruck der Umgebung, auch ist die Dauer der Exposition nicht angegeben.

---

<sup>1</sup> Journ. Am. chem. soc., 90 (1908), 1120. Daß ein Unterschied im Wasserverluste des groben und des feinen Pulvers bei steigender Temperatur bemerkbar wird, hatte G. Friedel an einem Analcim beobachtet. Bull. soc. min., 19 (1896), 94.

<sup>2</sup> Zentralbl. f. Min., 1909, p. 677.

Beim Zerstoßen und Zerreiben tritt eine Temperaturerhöhung und infolgedessen eine Wasserabgabe ein, welche durch Absorption von Feuchtigkeit aus der umgebenden Luft nicht nur ersetzt, sondern hier seitens der stark vergrößerten Oberfläche noch überholt wird. Dies zeigt sich schon beim Analcim von der Seisseralpe, dessen Pulver von gewöhnlicher Korngröße nach der Beobachtung von Stoklossa in der mit Feuchtigkeit gesättigten Luft nach 91 Tagen bloß 0·05% Wasser aufnahm, während bei Thugutt das feinste Pulver des gleichen Analcims um 0·78% mehr Wasser aus der Laboratoriumsluft aufnahm als das gröbere.

Bei den bisherigen Analysen bezieht sich das Ausgangsgewicht sowie das Wasserprozent wohl immer auf das Pulver von gewöhnlicher Korngröße, so daß ein Fehler von dem Betrage, wie er aus den Beobachtungen von Thugutt hervorgeht (bis über 3%) nicht zu besorgen ist. Immerhin wird dadurch angedeutet, daß die Wasseraufnahme beim Pulvern, also  $w_2$ , nicht zu unterschätzen ist.

Um zu zeigen, daß durch die Erhöhung des Wasserprozentes der mit Feuchtigkeit gesättigten Zeolithe Änderungen von erheblichem Betrage in dem Verhältnis der an zunehmenden Komponenten herbeigeführt werden, möge der vorgenannte Desmin als Beispiel dienen.

Die Analyse gibt die Atomverhältnisse 5·685 : 2 : 0·938 : 12·01, das gewässerte Pulver ..... 5·685 : 2 : 0·938 : 12·96.

Unter 1 ist die Analyse von Blaschke, unter 2 dieselbe nach Ersatz der Alkalien durch das Äquivalent CaO angeführt worden, unter 3 die Berechnung, welche von der Annahme ausgeht, daß hier die Verbindungen

$$\begin{aligned}B &= \text{Si}_6\text{Al}_2\text{CaH}_{14}\text{O}_{23} \\C &= \text{Si}_6\text{Al}_2\text{CaH}_{10}\text{O}_{21} \\D &= \text{Si}_4\text{Al}_2\text{CaH}_{10}\text{O}_{17}\end{aligned}$$

miteinander gemischt sind, ferner unter 4 dieselbe Analyse nach Einführung von  $w_3 = 19\cdot20\%$  Wasser und unter 5 deren Berechnung nach Annahme derselben Komponenten

<i>B</i> .....	53	.....	78 %	
<i>C</i> .....	34	.....	8	
<i>D</i> .....	13	.....	14	
	1	2	3	4
$\text{SiO}_2$ .....	56·35	56·52	56·24	55·74
$\text{Al}_2\text{O}_3$ .....	16·80	16·86	16·79	16·62
$\text{CaO}$ .....	7·56	8·67	9·21	8·55
$\text{Na}_2\text{O}$ .....	0·82	.....	.....	.....
$\text{K}_2\text{O}$ .....	0·58	.....	.....	.....
$\text{H}_2\text{O}$ .....	17·79	17·85	17·76	18·99
	99·90	99·90	100	99·90
				100

Wenn also hier  $\delta$  vernachlässigt und angenommen wird daß der ursprüngliche Wassergehalt 19·2 % betrug, so ergibt die Berechnung unter 5 und 3, daß in diesem Desmin ursprünglich 78 % der wasserreichen Verbindung *B* enthalten waren, wovon im Laufe der Zeit in der trockenen Luft 25 % sich in die wasserärmere Verbindung *C* verwandelten.

## 22. Wiederwässerung.

An mehreren Zeolithen wurde die Beobachtung gemacht, daß dieselben sowohl bei konstanter Temperatur und fallendem äußerem Dampfdrucke als bei steigender Temperatur einen Wasserverlust erfahren in der Art, daß Abstufungen des Wassergehaltes undeutlich oder gar nicht erkennbar waren, während bei Salzhydraten sich meistens eine deutliche Gliederung herausstellt.

Da die Zeolithe nach meiner Ansicht zum Teil aus Kieselsäure bestehen, so ist die Wasserabgabe mit jener der Kieselsäuren zu vergleichen, über deren Verhalten ich schon früher berichtete.<sup>1</sup> Was außerdem zur Erklärung obiger Erscheinung beiträgt, ist in Nr. 10 der vorliegenden Abhandlung und in den beiden sogleich anzuführenden Arbeiten ausführlich dargelegt, die auch eine Kritik der Auffassung der Zeolithe als feste Lösungen enthalten.

<sup>1</sup> Diese Berichte, 121, Abt. II b (1912), 743, und Monatshefte für Chemie, 33 (1912), 1087.

Wenn die Zeolithe zum größten Teil entwässert und hierauf bei steigender Temperatur der Einwirkung von Wasserdampf ausgesetzt wurden, so nahmen sie wiederum Wasser auf und dabei zeigte sich eine deutliche Gliederung in der Zunahme des Wassergehaltes.

Im I. Teile dieser Abhandlung konnte ich nur die von Beutell und Blaschke bezüglich des Desmins erhaltenen Resultate<sup>1</sup> anführen, welcher letztere als ein gemischter Zeolith noch keinen sicheren Einblick erlaubt. Mittlerweile ist eine Arbeit von G. Stoklossa erschienen,<sup>2</sup> worin auch das Verhalten der einfachen Zeolithe Natrolith, Skolezit, Analcim beschrieben ist.

In allen diesen zeigten sich bei der Wiederwässerung Abstufungen, die, auf die bisher angenommene Formel bezogen, durch halbe Molekel Wasser auszudrücken wären, so daß es scheint, als ob jedem dieser Zeolithe die doppelte Formel zuzuschreiben wäre. Es ist dieselbe Wahrnehmung wie bei der bimolekularen Reaktion mancher gasförmiger und flüssiger Verbindungen, bei welcher je zwei Molekel aufeinander einwirken, doch ist hier, wo feste Verbindungen in Betracht kommen, der Vorgang dementsprechend anders zu betrachten.

Bei der Behandlung des Natroliths  $\text{Si}_3\text{Al}_2\text{Na}_2\text{H}_4\text{O}_{12} = \text{Kn} \cdot \text{SiO}_4\text{H}_4$  zeigten sich vor Erlangung des ursprünglichen Wassergehaltes drei Abstufungen, wovon die erste wenig deutlich war.

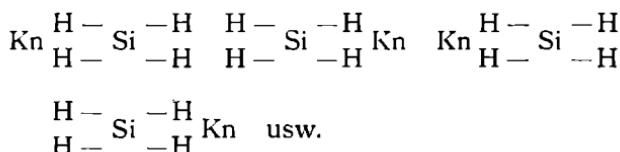
Nach der jetzt herrschenden Ansicht bezeichnet die Formel krystallisierter Verbindungen kein Molekulargewicht, sondern eine Atomgruppe, die mit gleicher Anordnung in parallelen Richtungen sich wiederholt.<sup>3</sup> Im Natrolith als einer

<sup>1</sup> L. c.

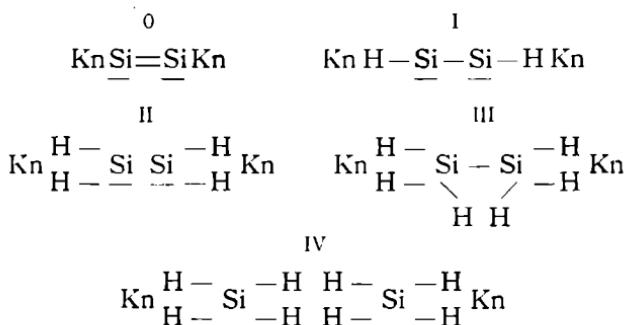
<sup>2</sup> L. c. Die dort angeführten Analysen der drei Zeolithe stimmen mit der Theorie vollkommen überein und sind in der folgenden Aufzählung, die nicht mehr umgestellt werden konnte, nicht enthalten, wohl aber die übrigen Analysen.

<sup>3</sup> Vgl. meine Abhandlung in Tschermak's Min. u. petrogr. Mitt., her. v. Becke, 22 (1903), 393, und jene von Niggli, Vierteljahrsschr. d. naturf. Ges. in Zürich, 62 (1917), 242.

rhombisch holoedrischen Verbindung wäre diese Wiederholung eine dementsprechend symmetrische, die sich wie folgt andeuten lässt, wobei das Sauerstoffatom durch einen Strich bezeichnet ist:



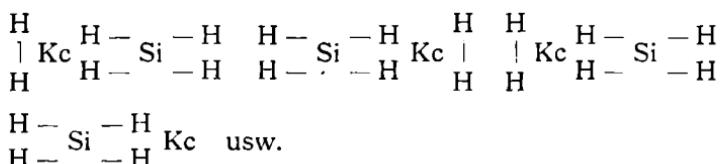
Nach dem Verhalten des Natroliths bei der Entwässerung zu urteilen, bliebe die Anordnung der nicht mobilen Atome bis zum vollständigen Wasserverluste die gleiche. Der stabile wasserfreie Zustand ist mit 0 bezeichnet. Die Wiederwässerung lässt außer diesem noch vier Stadien erkennen:



Hier ist die Zunahme von je 1 Mol. Wasser für je zweimal  $\text{Si}_3\text{Al}_2\text{Na}_2$  deutlich gemacht. Wenn bei der Entwässerung die Stadien III, II, I eintreten, so zeigt sich in diesen eine monosymmetrische Anordnung, was der optischen Beobachtung Rinne's entspricht,<sup>1</sup> nach welcher der ursprünglich rhombische Natrolith später monoklin wird.

Für den Skolezit  $\text{Si}_3\text{Al}_2\text{CaH}_6\text{O}_{18} = \text{H}_2\text{O Kc SiO}_4\text{H}_4$  ergeben sich bei der Wiederwässerung sechs Abstufungen, die, auf die obige Formel bezogen, wiederum je eine halbe Mol. Wasser bedeuten. Für den monoklinen Skolezit kann die Reihe

<sup>1</sup> Sitzungsber. d. Berliner Akad., 1890, p. 1163.



angenommen werden, worin die Gruppe H—H außerhalb der Bildebene gedacht ist. Die Stadien der Wiederwässerung sind dieselben wie beim Natrolith, nach III folgen aber noch zwei neue beim Eintritt von je 1 Mol. Wasser, die dem Kern sich anfügt. Die Anordnung bleibt in allen Stadien eine monosymmetrische, was der optischen Beobachtung Rinne's entspricht.

Der Analcim  $\text{Si}_4\text{Al}_2\text{Na}_2\text{H}_4\text{O}_{14} = \text{Kn Si}_2\text{O}_6\text{H}_4$  verhielt sich nicht wie die vorigen, da er bei der Wiederwässerung fast gar keine Abstufungen und bloß im Stadium I bei dem Verhältnis  $\text{Si}_4\text{H}$  eine Andeutung davon erkennen ließ. Für den tesseralen Krystall ist keine so einfache Anordnung der sich wiederholenden Atomsysteme anzunehmen. Ein solches würde sich hier in 24 Stellungen wiederholen. Dieser komplizierte Bau mag es bedingen, daß weder beim Erwärmen noch bei der Wiederwässerung eine Gliederung des Wassergehaltes bemerkbar wird.

Die gemischten Zeolithe Desmin, Harmotom, Heulandit, Chabasit ergaben bei der Wiederwässerung deutliche Abstufungen von gleicher Art wie der Skolezit. Da dieselben von monokliner Form sind, so können für die krystallographischen Strukturen derselben auch monosymmetrische Anordnungen erdacht werden, die geeignet sind, die Stufen der Wasseraufnahme in gleicher Weise anschaulich zu machen.

Eine Gliederung nach den von mir angenommenen Gruppen hat sich bei der Wiederwässerung nicht ergeben, während dieselbe bei der Entwässerung zuweilen erkennbar ist.

Dem vorher angedeuteten Bau der Zeolithe zufolge bilden die Kieselsäure und das etwa vorhandene Hydratwasser in dem Krystall ein feines Netz, worin die Kerne in gleichen Abständen enthalten sind. Bei Abnahme des Wassers bleibt

die Struktur des Netzes erhalten, auch wenn kleinste Lücken in demselben sich einstellen, die bei Zutritt feuchter Luft sich wiederum schließen. Bei starker Erhitzung treten die Lücken in Verbindung und bilden feinste Klüfte und Kanäle, die bei der Wiederwässerung leicht Wasser aus der Umgebung aufsaugen. Bei der Entwässerung hat das entweichende Wasser die Widerstände der Lückenwände und der Oberflächenspannung zu überwinden, wonach die Grenzen der einzelnen Stadien sich oft verwischen. Bei der Wiederwässerung hingegen bieten sich offene Klüfte und Kanäle dar und das aufgenommene Wasser füllt diese, hierauf die Lücken bis zur ursprünglichen Sättigung, wobei in den einzelnen Stadien Gleichgewichte eintreten können.

### 23. Berechnung der Analysen gemischter Zeolithen.

Wenn aus der Analyse eines Zeolithes, der eine Mischung darstellt, die empirische Formel  $m \text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaO} \cdot n \text{H}_2\text{O}$  abgeleitet wurde und nun angenommen wird, daß als Komponenten die folgenden drei Verbindungen im Verhältnis  $p : q : r$  vorhanden seien, so wäre das Schema der Zusammensetzung:

$$\left. \begin{array}{l} p(e \text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaO} \cdot h \text{H}_2\text{O}) = p M_1 \\ q(f \text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaO} \cdot i \text{H}_2\text{O}) = q M_2 \\ r(g \text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaO} \cdot k \text{H}_2\text{O}) = r M_3 \end{array} \right\} \quad \text{I.}$$

Aus den Gleichungen  $ep + fq + rg = m$ ,  $2p + 2q + 2r = 2$  und  $hp + iq + kr = n$  folgen die Werte von  $p$ ,  $q$  und  $r$ , deren Summe = 1. Sind diese Werte durchwegs positive, so ist damit gesagt, daß die Analyse einer Mischung den genannten angenommenen Verbindungen entspreche. Dabei ist vorausgesetzt, daß das gefundene Verhältnis Al : Ca, respektive Al : Na<sub>2</sub> dem hier geforderten nahekommt und die Beobachtungsfehler geringe sind.

Will man weitergehen und ermitteln, inwiefern die prozentische Zusammensetzung des Zeolithes der angenommenen Mischung entspricht, so wäre aus I zu entnehmen, daß, wofern die berechneten prozentischen Mengen der vier Stoffe mit

$\mathfrak{S}$ ,  $\mathfrak{A}$ ,  $\mathfrak{C}$ ,  $\mathfrak{H}$  bezeichnet werden und mit  $\Sigma$  die Summe  $p M_1 + q M_2 + r M_3$ ,

$$\mathfrak{S} = (e p + f q + g r) \frac{100 \text{ SiO}_2}{\Sigma}$$

$$\mathfrak{A} = (p + q + r) \frac{100 \text{ Al}_2\text{O}_3}{\Sigma} = \frac{100 \text{ Al}_2\text{O}_3}{\Sigma}$$

$$\mathfrak{C} = (p + q + r) \frac{100 \text{ CaO}}{\Sigma} = \frac{100 \text{ CaO}}{\Sigma}$$
II.

$$\mathfrak{H} = (h p + i q + k r) \frac{100 \text{ H}_2\text{O}}{\Sigma}$$

Soll die Rechnung so geführt werden, daß auch die prozentischen Mengen jeder der drei Verbindungen erscheinen, so erhält man für diese aus

$$\alpha = \frac{p M_1}{\Sigma} \quad \beta = \frac{q M_2}{\Sigma} \quad \gamma = \frac{r M_3}{\Sigma} \quad \text{III.}$$

deren Werte. Die prozentischen Mengen jedes einzelnen der in dem Zeolith enthaltenen Oxyde werden jetzt bezüglich der ersten Verbindung mit  $s_1$   $a_1$   $c_1$   $h_1$  bezeichnet usw., wo

$$s_1 = 100 \frac{e \text{ SiO}_2}{M_1} \quad s_2 = 100 \frac{f \text{ SiO}_2}{M_2} \quad s_3 = 100 \frac{g \text{ SiO}_2}{M_3} \quad \text{IV.}$$

usw.

und nach Einsetzen dieser Beträge in II ergeben sich:

$$\mathfrak{S} = \alpha s_1 + \beta s_2 + \gamma s_3$$

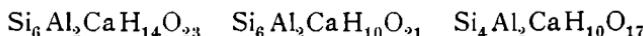
$$\mathfrak{A} = \alpha a_1 + \beta a_2 + \gamma a_3$$

$$\mathfrak{C} = \alpha c_1 + \beta c_2 + \gamma c_3$$

$$\mathfrak{H} = \alpha h_1 + \beta h_2 + \gamma h_3$$
V.

Als Beispiel kann die später unter Nr. 20 angeführte Analyse eines Desmins dienen, welche den Vorbedingungen vollkommen entspricht. Sie ergibt die empirische Formel  $5 \cdot 52 \text{ SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 1 \cdot 01 \text{ CaO} \cdot 12 \cdot 96 \text{ H}_2\text{O}$ .

Als Komponenten wurden die drei Verbindungen



angenommen, wonach

$$p = 0 \cdot 74 \quad q = 0 \cdot 02 \quad r = 0 \cdot 24$$

sich berechnen.

Da nun die sogenannten Molekulargewichte

$$\text{und } M_1 = 646 \cdot 18 \quad M_2 = 610 \cdot 15 \quad M_3 = 489 \cdot 55$$

$$\Sigma = 607 \cdot 87,$$

so gibt die Rechnung nach II die unter  $R_a$  stehenden Zahlen.

Da ferner nach IV

$$\alpha = 0 \cdot 78666 \quad \beta = 0 \cdot 02007 \quad \gamma = 0 \cdot 19327,$$

so erhält man unter Hinzunahme der später beim Desmin für die drei Verbindungen berechneten Prozente nach V dieselben Zahlen  $R_a$ .

Werden die Werte für  $\alpha, \beta, \gamma$  abgerundet zu  $0 \cdot 79, 0 \cdot 02, 0 \cdot 19$ , so ergeben sich die unter  $R_b$  stehenden Zahlen:

Red. Analyse	$R_a$	$R_b$
$\text{SiO}_2 \dots$	54 · 75	54 · 76
$\text{Al}_2\text{O}_3 \dots$	16 · 80	16 · 81
$\text{CaO} \dots$	9 · 32	9 · 22
$\text{H}_2\text{O} \dots$	19 · 19	19 · 21
	100 · 06	100
		100

Die Zahlen dieser von W. F. Hillebrand herrührenden Analyse stimmen mit den theoretischen vollkommen überein.

Bei der Berechnung solcher Analysen, die ein Verhältnis Al : Ca angeben, das von dem normalen, oder eine Summe liefern, die von 100 merklich abweicht, ist zu berücksichtigen, daß in der empirischen Formel schon durch die Fehler in Al und H sämtliche Zahlen ungünstig beeinflußt werden. Um der Wahrheit näherzukommen, werden hier die Beträge  $\alpha, \beta, \gamma$  so abgerundet, daß  $\Sigma$  also die für  $\text{SiO}_2$  berechnete Zahl von der beobachteten wenig abweicht, denn in richtig ausgeführten Analysen ist gegenwärtig die Bestimmung von  $\text{SiO}_2$  die genaueste.

Nach der ursprünglichen Auffassung der Zeolithverbindungen wären diese als Vereinigungen des Kernes, der auch von Hydratwasser begleitet sein kann, mit einer einfachen Kieselsäure oder einer Mischung solcher zu deuten. Dann wird nicht eine isomorphe Mischung von Verbindungen wie im vorhergehenden angenommen, sondern die Addition einer einfachen Kieselsäure oder einer Mischung  $Z$  an den Kern samt Hydratwasser.

Ist die empirische Formel  $m \text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaO} \cdot n \text{H}_2\text{O}$ , so wird dieselbe umgestaltet zu



VI.

Hier kann in einigen Fällen  $Z$  durch  $\text{H}_2\text{O}$  vertreten werden. Die Kenntnis von  $t$ , also der Menge des Hydratwassers, welche bei isomorphen Zeolithen dieselbe ist, wird hier vorausgesetzt. Die übrige Menge des Wassers, also  $(n-t) \text{H}_2\text{O}$  gehört der Kieselsäuremischung  $Z$  an, die aus höchstens drei verschiedenen Kieselsäuren besteht. Werden dieselben nach Weglassung des Sauerstoffes mit  $\text{Si}_u \text{H}_{2x}$ ,  $\text{Si}_v \text{H}_{2y}$ ,  $\text{Si}_w \text{H}_{2z}$  bezeichnet, so ist

$$Z = p \cdot \text{Si}_u \text{H}_{2x} + q \cdot \text{Si}_v \text{H}_{2y} + r \cdot \text{Si}_w \text{H}_{2z}.$$

VII.

Die Werte von  $p, q, r$  folgen aus den Gleichungen:

$$p u + q v + r w = m - 2, \quad 2p + 2q + 2r = 2,$$

$$px + qy + rz = n - t.$$

Sind die für  $p, q, r$  berechneten Werte sämtlich positive, so bestätigt sich die Annahme der drei genannten Kieselsäuren.

#### 24. Die aus gemischten Zeolithen entstehenden Kieselsäuren.

Ist die aus der empirischen Formel und dem chemischen Verhalten eines Zeolithes folgende theoretische Zusammensetzung ermittelt, so lässt sich vorausbestimmen, welche Kieselsäure oder welche Mischung von Kieselsäuren durch Zersetzung daraus entsteht. Stimmt der berechnete Wert mit der

Beobachtung überein, so ist damit eine Bestätigung der Annahme bezüglich der Konstitution des Zeolithes gewonnen. Umgekehrt wird aus der Zusammensetzung der gebildeten Kieselsäure auf die Konstitution des Zeolithes geschlossen.

Für Natrolith, Skolezit und mehrere andere Zeolithe wurde aus dem Entstehen von Orthokieselsäure bei der Zersetzung der Schluß gezogen, daß hier der Kern ein Orthosilikat und die damit verbundene Kieselsäure die Orthokieselsäure ist.

Bei gemischten Zeolithen kann es vorkommen, daß die Wahl zwischen zweien der anzunehmenden Verbindungen offen steht. Hier kann die Entscheidung durch Berechnung des Wassergehaltes der aus dem Zeolith hervorgehenden Kieselsäuren getroffen werden.

Beim Trocknen einer Mischung von Kieselsäuren tritt nach den mitgeteilten Beobachtungen bloß eine einzige Hemmung ein, die sich in einem mittleren Stadium ereignet. Der zugehörige Wassergehalt wird ebenfalls zwischen den Extremen liegen und es ist anzunehmen, daß die Hemmung der gemischten Kieselsäuren ungefähr gleichzeitig eintritt, also der Summe jener Beträge, welche den einzelnen Kieselsäuren zukommen, beiläufig entspricht. Die Anteile von  $\text{SiO}_2$ , welche von den drei Kieselsäuren herrühren, ergeben sich nach V aus

$$\mathfrak{S} = \alpha s_1 + \beta s_2 + \gamma s_3.$$

Der Wassergehalt des ersten Anteiles wäre  $\alpha s_1 l_1$ , wo  $l_1$  die mit der Gewichtseinheit  $\text{SiO}_2$  verbundene Wassermenge bedeutet, jene des zweiten  $\beta s_2 l_2$ , des dritten  $\gamma s_3 l_3$ , wonach, der Wassergehalt der Mischung bei der Hemmung mit  $\mathfrak{H}_1$  bezeichnet,

$$\mathfrak{H}_1 = \alpha s_1 l_1 + \beta s_2 l_2 + \gamma s_3 l_3 \quad \text{VIII.}$$

und der prozentische Wassergehalt:

$$W = 100 \frac{\mathfrak{H}_1}{\mathfrak{S} + \mathfrak{H}_1} = 100 \frac{\alpha s_1 l_1 + \beta s_2 l_2 + \gamma s_3 l_3}{\alpha s_1 (1 + l_1) + \beta s_2 (1 + l_2) + \gamma s_3 (1 + l_3)}. \quad \text{IX.}$$

Besitzt die einfache Kieselsäure die Zusammensetzung  $n \text{SiO}_2 \cdot v \text{H}_2\text{O}$ , so ist  $l = \frac{v \text{H}_2\text{O}}{n \text{SiO}_2}$ .

Der Wert von  $l$  beträgt für die Kieselsäure  $\text{SiH}_4\text{O}_4$  0·59573, für  $\text{SiH}_2\text{O}_3$  und deren Multipla 0·29876, für  $\text{Si}_3\text{H}_4\text{O}_8$  und Multipla 0·19920, für  $\text{Si}_4\text{H}_6\text{O}_{11}$  und Multipla 0·22408 usw.

Als Beispiel kann die später unter 4 angeführte Desmin-analyse dienen, die zu den Komponenten  $A = \text{Si}_8\text{Al}_2\text{CaH}_{18}\text{O}_{29}$ ,  $B = \text{Si}_6\text{Al}_2\text{CaH}_{14}\text{O}_{23}$ ,  $C = \text{Si}_6\text{Al}_2\text{CaH}_{10}\text{O}_{21}$  führte und nach Abrundung der Werte  $\alpha = 0.2$ ,  $\beta = 0.5$ ,  $\gamma = 0.3$  ergab. Da die prozentischen  $\text{SiO}_2$ -Mengen in den drei Verbindungen 60.09, 55.99 und 59.30 sind, so ist

$$\mathfrak{S} = 12 \cdot 018 + 27 \cdot 995 + 17 \cdot 790 = 57 \cdot 803.$$

Bei der Zerlegung entsteht, weil der Kern die Kieselsäure  $\text{Si}_2\text{H}_4\text{O}_6$  liefert,

aus  $A = \text{Si}_6\text{H}_{12}\text{O}_{18} \cdot Kc \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  die Kieselsäure  $\text{Si}_8\text{H}_{16}\text{O}_{24}$   
 »  $B = \text{Si}_4\text{H}_8\text{O}_{12} \cdot Kc \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  » »  $\text{Si}_6\text{H}_{12}\text{O}_{18}$   
 »  $C = \text{Si}_4\text{H}_4\text{O}_{10} \cdot Kc \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  » »  $\text{Si}_6\text{H}_8\text{O}_{16}$

Die aus *A* und aus *B* hervorgehenden Kieselsäuren sind als Vielfache von  $\text{SiH}_2\text{O}_3$  von gleicher prozentischer Zusammensetzung, die dritte gleich  $\text{Si}_3\text{H}_4\text{O}_8$ . Unter Zuhilfenahme der Werte von *l* berechnet sich  $\mathfrak{H}_1$  zu 15·498 und

$$W = 21 \cdot 14.$$

Die Beobachtung ergab 20·93 und 21·19 % Wasser bei der Hemmung.

Auf kürzerem Wege kann man zum Resultat gelangen, wenn aus II der Wert von

$$\mathfrak{S} = (ep + fg + gr) \frac{100 \text{ SiO}_2}{\Sigma}$$

entnommen und dementsprechend

$$\mathfrak{H}_1 = (e p l_1 + f g l_2 + g r l_3) \frac{100 \text{ SiO}_2}{\mathbf{v}}$$

gewonnen wird, wonach

$$W = 100 \frac{epl_1 + fgl_2 + grl_3}{ep(1+l_1) + f g (1+l_2) + g r (1+l_3)}.$$

Hier ist der Umweg über die Berechnung von  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  erspart, aber keine Rücksicht auf die Fehler der Analyse genommen, während bei der Abrundung der Werte  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  deren Beträge so gewählt sind, daß die Rechnung den Daten der Analyse nahekommt.

In dem vorher angeführten Beispiele sind  $p = 0 \cdot 16$ ,  $q = 0 \cdot 56$ ,  $r = 0 \cdot 28$ , ferner  $e = 8$ ,  $f = 6$ ,  $g = 6$  und es ergibt sich

$$W = 21 \cdot 41$$

gegen  $21 \cdot 14$  nach der vorigen Berechnung.

### 25. Auswahl der Analysen.

Die Methode der Silikatanalyse wurde im Laufe der Zeit verbessert und demzufolge sind Analysen älteren Datums jenen der Gegenwart im Durchschnitte nicht gleichwertig. Der Chemiker wird Analysen aus der Zeit Berzelius', auch wenn sie von bedeutenden Fachleuten unternommen wurden, geringer einschätzen als jene, die nach Bunsen von geübten Analytikern ausgeführt wurden. Sowie man heute die Messungen von Hauy nicht mehr zur Berechnung der Krystalldimensionen benutzt, ebenso wird man die alten Silikatanalysen bei aller Hochachtung vor deren Autoren heute nicht mehr als zur Ableitung der Mischungsgesetze geeignet betrachten.

Es fragt sich nun, von welchem Zeitpunkte angefangen jene Analysen als den heutigen Anforderungen genügend anzusehen sind. Die wichtigsten Verbesserungen in der Silikatanalyse röhren von Bunsen, dem Begründer der Gas- und Spektralanalyse, her. Mit dem größten Erfolge wurde die neue Methode von E. Ludwig ausgebildet. Dies bezieht sich in erster Linie auf die Trennung des Siliciumdioxydes vom Aluminiumoxyd, aber auch in der Bestimmung der übrigen Grundstoffe der Zeolithe wurden erhebliche Fortschritte gemacht und die fast ausschließliche Verwendung von Platingefäßen trug viel zur Vervollkommenung bei.

Demnach führt die gegenwärtige Methode der Zeolithanalyse zu genauen Ergebnissen, wenn auch der persönliche

Fehler durch Anwendung von Sorgfalt und Geschicklichkeit auf den geringsten Betrag herabgesetzt ist.

Wie beides auf die Resultate der Analyse einwirkt, hat sich gezeigt, als 1869 bis 1870 die Kontroverse bezüglich der Zusammensetzung des Feldspates von Nörödal entstand. In meiner Notiz über die möglichen Fehler der Silikatanalysen im Zentralblatt für Mineralogie etc., 1916, p. 1, wurde schon angeführt, daß damals von G. v. Rath und Rammelsberg, die nach der alten Methode vorgingen, Analysen veröffentlicht wurden, von denen die ersten Zahlen gegenüber den Zahlen Ludwig's um  $1\cdot8\%$   $\text{SiO}_2$  zu groß, um  $2\cdot3\%$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  zu klein waren, jedoch die Summe beider Bestimmungen sich als richtig erwies. In Rammelsberg's Analyse war die Zahl für  $\text{SiO}_2$  um  $2\cdot2\%$  zu hoch, die Zahl für  $\text{Al}_2\text{O}_3$  um fast  $1\%$  zu niedrig und die Summe beider Bestimmungen um  $1\cdot5\%$  zu hoch. Schließlich mußten die Gegner die Richtigkeit der Analysen Ludwig's anerkennen. Bei v. Rath lag der Fehler in der Methode, bei Rammelsberg außerdem in der persönlichen Gleichung.

Im Jahre 1872 veröffentlichte Rammelsberg eine Analyse des Epidots vom Sulzbachtale, welche mit der von ihm schon früher aufgestellten Formel übereinstimmte, jedoch durch die von Ludwig ausgeführte Analyse sich als unrichtig erwies. Darauf erschien noch im selben Jahre eine zweite Analyse Rammelsberg's, die mit den Zahlen Ludwig's, welche wiederum als richtig anerkannt wurden, übereinstimmten. Die zweite Analyse Rammelsberg's zeigte gegenüber der ersten die Differenzen  $2\cdot5\%$   $\text{SiO}_2$ ,  $-2\cdot44\%$   $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $-1\cdot74\%$   $\text{H}_2\text{O}$  und etwas über  $1\%$  in  $\text{CaO}$  und  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

Nach diesen Vorgängen war der Glaube an die Zuverlässigkeit der Analysen Rammelsberg's und der von Mineralogen nach der gleichen Methode ausgeführten Analysen sehr erschüttert. Der wahrheitsliebende v. Rath war verzweifelt und schrieb an Ludwig, er sehe ein, daß nunmehr auch seine früheren Analysen mangelhaft erscheinen würden. Ludwig erhielt Briefe von vielen Mineralogen mit der Erkundigung nach der neuen Methode und in seinem Laboratorium

fanden sich Schüler aus verschiedenen Ländern ein, um seine Methode der Silikatanalyse kennen zu lernen.

Ich glaube, daß zu dieser Zeit in Deutschland ein Wendepunkt eingetreten war, nach welchem auf dem genannten Gebiete größere Sorgfalt angewandt und eine größere Genauigkeit angestrebt wurde. Auch im Auslande, namentlich in Schweden und in Nordamerika, war ein Umschwung zu bemerken.

Dieser trat am Ende der siebziger Jahre ein, ungefähr zur Zeit des ersten Erscheinens der Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie von Groth.

Da ich mir die Aufgabe gestellt hatte, zwischen älteren und neueren Analysen zu unterscheiden, so wählte ich diesen Zeitpunkt und entschloß mich, nur jene Zeolithanalysen zu benutzen, welche seitdem veröffentlicht wurden. Damit ist nicht gesagt, daß ich die früheren Analysen durchwegs für ungenau halte. In einzelnen Fällen werde ich auch solche der Berechnung zuführen. Andrerseits kann nicht geleugnet werden, daß auch unter den neueren Analysen solche vorkommen, welche die Mängel der alten Methode und der Ausführung vermuten lassen. Um den Schein der Willkür zu vermeiden, wurden auch solche bei den übrigen belassen, jedoch mit dem Vorbehalte, daß im entscheidenden Falle nur jenen Analysen, welche hinreichende Gewähr der Genauigkeit bieten, ein Gewicht beigemessen wird.<sup>1</sup>

Bei den folgenden Berechnungen, die zur Vergleichung der Beobachtungen mit der Theorie dienen, sind jene Analysen, die größere Abweichungen von den Verhältnissen  $\text{Al}_2\text{Ca}$  und  $\text{Al}_2\text{Na}_2$  ergeben, einstweilen zurückgestellt. Oft beruht dies auf Beobachtungsfehlern, zumal die Analysen bewährter Analytiker an reinem Material die Erscheinung nicht aufweisen.

Im übrigen möchte ich auf das im I. Teile dieser Abhandlung unter Nr. 3 Gesagte verweisen.

Wenn aus den Angaben hervorgeht, daß das angewandte Material nicht vollkommen rein war, so ist das Ergebnis der

---

<sup>1</sup> Siehe meine Bemerkungen in dem vorher genannten Aufsatze im Zentralblatt f. Min. etc., 1916, p. 4.

Analyse zur Berechnung nicht geeignet und bleibt unberücksichtigt. Bei der Vergleichung von Resultaten werden jene, die sich auf derbe Vorkommen beziehen, gegenüber jenen zurückgestellt, die sich auf reine Krystalle beziehen.

## 26. Die einzelnen Gattungen.

Im folgenden sind für die einzelnen Zeolithgattungen die analytischen Ergebnisse mit der Theorie verglichen in der Art, daß die ursprünglichen oder die nach Reduktion erhaltenen Zahlen mit den berechneten zusammengestellt werden. Ob die Gattung richtig bestimmt ist, bleibt in einzelnen Fällen zweifelhaft, weil der Analyse keine mineralogische Bestimmung vorausging oder diese nicht erwähnt wurde.

Wenn z. B. ein faseriger Zeolith, der eine solche Bestimmung nicht erlaubte oder optisch nicht untersucht war, der Analyse unterzogen wurde und das Ergebnis auf eine Stellung zwischen Skolezit und Natrolith hinweist, so ist die Bezeichnung Mesolith ungenau, denn hier ist es zweifelhaft, ob ein Gemenge oder das Doppelsalz Mesolith vorlag. Ein anderer Fall wäre die Analyse eines derben Zeolithes, die auf Desmin oder Heulandit bezogen werden kann. Wenn hier ohne eine mineralogische Bestimmung die Entscheidung erfolgte, so ist dieselbe als unsicher zu betrachten.

Derlei Analysen wegzulassen, wäre aber eine zu strenge Maßregel, weil es immerhin möglich ist, daß gewisse Kennzeichen vorlagen, welche die gewählte Bezeichnung der Gattung rechtfertigen.

Bei der Vergleichung der Analysen mit der Berechnung ist immer zu berücksichtigen, daß als Grundlage der Berechnung das Verhältnis Si : Al : H dient, wonach die Fehler in diesen Bestimmungen sich auf Ca und Na werfen und die letzteren Zahlen immer weniger genau erscheinen lassen, als es tatsächlich der Fall ist.

Für die Gattungen, welche kein Krystallwasser aufweisen, Skolezit, Natrolith, Mesolith, Analcim, kann die chemische Zusammensetzung als definitiv bestimmt gelten. Bei den

übrigen Zeolithen bezieht sich jedoch der gefundene Wassergehalt nicht auf den ursprünglichen Zustand und demzufolge ist die Berechnung des Verhältnisses der Komponenten eine provisorische. Die Ermittlung der richtigen Zahlen muß aufgeschoben werden, bis eine größere Zahl von Bestimmungen vorliegt, in denen der Wassergehalt sich dem ursprünglichen mehr nähert als in den bisherigen Analysen.

Wie schon vorher gesagt wurde, können die gemischten Zeolithe so betrachtet werden, daß der Kern, mit einer bestimmten Anzahl von Wassermolekülen vereinigt, sich mit einer Mischung von Kieselsäuren verbindet, oder so, daß sie als Mischungen von Verbindungen bestimmter und analoger Zusammensetzung aufgefaßt werden, deren jede eine einfache Kieselsäure aufweist. Ich benutze die letztere Fassung, weil sie sich der gewohnten Art der Berechnung isomorpher Mischungen anschließt. Wenn die Analyse mit einer Mischung der angenommenen Verbindungen übereinstimmt, so ist damit noch nicht bewiesen, daß die den letzteren zukommenden Kieselsäuren wirklich vorhanden sind. Die Annahme wird aber wesentlich gestützt, wenn die aus dem Zeolith bei der Zersetzung durch Säuren gebildete Kieselsäure im Wassergehalte mit der nach der Analyse berechneten übereinstimmt.

Bei der Zusammenstellung der neueren Analysen dürften einige mir entgangen sein. Bei den gegenwärtigen mißlichen Umständen und dem Mangel einer Beihilfe war es mir nicht möglich, eine Vollständigkeit zu erreichen. Die Zahlen sind meistens den Referaten in der Groth'schen Zeitschrift entnommen. In allen zweifelhaften Fällen wurden die Originalarbeiten eingesehen.

Die Anordnung der Gattungen ist folgende:

I Orthosilikate, meistens verbunden mit Orthokieselsäure, Natrolith, Skolezit, Mesolith, Edingtonit, Thomsonit, Gismondin, Laumontit;

II Disilikate, zumeist in Verbindung mit Polykieselsäuren, Analcim, Faujasit, Chabasitreihe, Desminreihe, Heulanditreihe.

## 27. Natrolith.

Die chemische Zusammensetzung ist konstant und die Formel durch viele Analysen bestätigt. Es könnte demnach überflüssig erscheinen, die Formel nochmals zu verifizieren. Wenn dies hier geschieht, so wird damit das Ziel verfolgt, die Größe der möglichen Beobachtungsfehler zu ermitteln, welche sich bei einem Zeolith von konstanter Zusammensetzung, in dem wesentlich nur vier Stoffe bestimmt wurden, ergeben. Die durchschnittlichen Abweichungen der brauchbaren Beobachtungen von den theoretischen Zahlen wird hier voraussichtlich kleiner sein als bei den Analysen jener Zeolithe, die als isomorphe Mischungen eine variable Zusammensetzung darbieten und in denen wesentlich mehr als vier Oxyde zu trennen waren. Außerdem geben jene Analysen, die an derben Stücken von unbestimmter Reinheit ausgeführt wurden, Gelegenheit, die in solchem Falle eintretenden Differenzen kennen zu lernen.

Berechnet wurden die folgenden neueren Analysen:

1. Mount Royal. B. J. Harington. Prismen. Groth, Zeitschr. f. Kryst. u. Min., 43 (1907), 619.
2. Stokö. Paykull. Krystalle. Z. Kryst., 16 (1890), 619.
3. Arö. A. v. Hall. Monokline Krystalle. Z. Kryst., 16 (1890), 619.
4. Leitmeritz. J. Thugutt. Krystalle. An. nach Abzug von 0·46 % Carbonat. Zentralbl. f. Min., 1909, p. 680.
5. Magnet Cove. W. H. Melville. Krystalle. Z. Kryst., 24 (1895), 623.
6. Arö. E. Knutsen. Krystalle. Z. Kryst., 16 (1890), 619.
7. San Benito. Blasdale. Derb, mit Neptunit. Z. Kryst., 50 (1912), 185.
8. Tour de Gevillat. F. Gonnard. Krystalle. Z. Kryst., 22 (1894), 582.
9. Brevik. G. Tschermak. Krystalle. Neue Analyse.
10. Ober-Arö. G. Lindström. Krystalle. Z. Kryst., 16 (1890), 619.
11. Magnet Cove. F. A. Genth. Krystalle. Z. Kryst., 22 (1894), 424.

12. Puy de Marman. F. Gonnard. Krystalle. Z. Kryst., 22 (1894), 582.
13. Großpriesen. A. Pelikan. Krystalle. Neue Analyse, von dem vor kurzem dahingeschiedenen Kollegen äußerst sorgfältig ausgeführt.
14. Plauen. E. Zschau. Derb, strahlig. Z. Kryst., 25 (1896), 619.
15. Bergen Hill. G. Steiger. Derb. Z. Kryst., 36 (1902), 65.
16. Lenni. J. Eyermann. Derb. Z. Kryst., 54 (1915), 98.
17. Zechra Zkaro. K. D. Glinka. Geoden. Z. Kryst., 46 (1909), 287.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	Summe
1.	47·09	26·99	...	...	16·46	0·01	9·80	100·35
2.	47·19	26·65	0·19	0·08	15·57	...	9·48	99·16
3.	47·33	26·82	...	0·15	15·41	1·17	9·43	100·31
4.	47·34	26·84	...	...	15·96	0·14	9·57	99·85
5.	47·56	26·82	0·20	0·13	15·40	...	9·63	99·83 <sup>1</sup>
6.	47·60	27·12	...	...	15·68	...	9·50	99·90
7.	47·69	27·14	...	...	15·74	...	9·56	100·13
8.	47·88	26·12	...	0·45	15·63	...	9·80	99·88
9.	47·89	26·81	...	...	15·83	...	9·69	100·22
10.	47·92	26·80	...	...	16·25	0·26	9·51	100·74
11.	47·97	26·51	...	...	15·98	...	9·81	100·27
12.	48·03	26·68	...	...	15·61	...	9·62	99·94
13.	47·40	26·88	...	0·05	16·25	0·11	9·67	100·36
14.	48·04	26·17	...	0·96	13·96	...	9·91	99·04
15.	46·62	26·04	...	1·48	15·67	...	10·57	100·38
16.	45·92	28·15	0·44	2·48	12·28	...	11·24	100·51
17.	47·01	27·93	...	2·48	12·21	...	10·57	100·30

Wenn in den Analysen mit Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, K<sub>2</sub>O die äquivalenten Mengen von Al<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O berechnet, zu diesen Oxyden gefügt und die Zahlen auf die frühere Summe gebracht werden, so ergibt sich für 1 bis 13 gegenüber der Berechnung nach der Formel Si<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>Na<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>12</sub> die folgende Zusammenstellung:

<sup>1</sup> Außerdem 0·09 MgO.

	1	2	3	4	5	6	7
$\text{SiO}_2$	47·09	47·17	47·52	47·37	47·57	47·60	47·69
$\text{Al}_2\text{O}_3$	26·99	26·86	26·91	26·86	26·95	27·12	27·14
$\text{Na}_2\text{O}$	16·47	15·65	16·41	16·05	15·68	15·68	15·74
$\text{H}_2\text{O}$	9·80	9·48	9·47	9·57	9·63	9·50	9·56
	100·35	99·16	100·31	99·85	99·83	99·90	100·13
	8	9	10	11	12	13	Rechnung
$\text{SiO}_2$	47·85	47·89	47·96	47·97	48·03	47·42	47·46
$\text{Al}_2\text{O}_3$	26·11	26·81	26·83	26·51	26·68	26·89	26·82
$\text{Na}_2\text{O}$	16·12	15·83	16·43	15·98	15·61	16·38	16·27
$\text{H}_2\text{O}$	9·80	9·69	9·52	9·81	9·62	9·67	9·45
	99·88	100·22	100·74	100·27	99·94	100·36	100

Im nachstehenden sind die Differenzen  $B - R$  in Hundertstelprozent angegeben:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$\text{SiO}_2$	-37	-29	+06	+09	+11	+14	+23	+39	+43	+50	+51	+57	-04
$\text{Al}_2\text{O}_3$	+17	+04	+09	+04	+13	+30	+32	-71	-01	+01	-31	-14	+07
$\text{Na}_2\text{O}$	+21	-62	+14	-22	-59	-59	-53	-15	-44	+16	-29	-66	+11
$\text{H}_2\text{O}$	+35	+03	+02	+12	+18	+05	+11	+35	+24	+07	+36	+17	+22

Die Übereinstimmung der Beobachtung mit der Berechnung ist eine vorzügliche. Die Differenzen übersteigen nur in wenigen Fällen 0·5%, am häufigsten im Natrium, was, wie früher gesagt wurde, leicht erklärlich ist. Hier sind mit Ausnahme von 7 (San Benito) durchwegs Krystalle analysiert worden, ferner ist eine Analyse, in der bloß vier bis fünf Stoffe getrennt werden, leichter ausführbar als die eines Minerals von komplizierter Zusammensetzung. Ist die Analyse eines Zeolithes von solcher einfacher Art, so kommt es nur darauf an, ob reines Material verwendet wurde. Analysen derber Vorkommen, für die auch die mineralogische Bestimmung fehlt, versprechen keine Resultate, die den Anforderungen der Theorie genügen. Beispiele sind die unter 14 bis 17, die alle eine größere Menge Ca angeben. Wird hier die willkürliche Annahme gemacht, daß ein Gemenge von Natrolith und Skolezit analysiert wurde, so ergibt sich folgender Vergleich:

14. Zschau				15. Steiger		
Natrolith % .....				92		
SiO <sub>2</sub>	48·04	47·31	+73	46·62	47·35	-73
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26·17	26·74	-57	26·04	26·75	-71
CaO	0·96	1·43	-47	1·48	1·14	+34
Na <sub>2</sub> O	13·96	14·64	-68	15·67	14·97	+70
H <sub>2</sub> O	9·91	9·88	+03	10·57	9·79	+78
	99·04	100		100·38	100	
16. Eyermann				17. Glinka		
Natrolith % .....				81		
SiO <sub>2</sub>	45·92	-127		47·01	-18	47·19
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	28·15	+149		27·93	+127	26·66
CaO	2·48	-23		2·48	-23	2·71
Na <sub>2</sub> O	12·28	-90		12·21	-97	13·18
H <sub>2</sub> O	11·24	+98		10·57	+31	10·26
	100·51			100·30		100

Diese vier Analysen sind zur Berechnung der Zusammensetzung des Natroliths nicht geeignet. Wenn wirklich ein Gemenge von Natrolith und Skolezit vorlag, so sind die Beobachtungsfehler in 14 und 15 sehr groß, in 16 und 17 übersteigen dieselben das gewöhnliche Maß. In den beiden letzteren Analysen erscheint aber schon das vorausgesetzte Verhältnis Al:Na = 2:2 bei weitem nicht erfüllt, wie folgende Zahlen dar tun.

	Si	Al	Na	H
16 .....	2·74	2	1·58	4·49
17 .....	2·85	2	1·59	4·29
Natrolith ...	3·00	2	2·00	4·00

Ich werde künftig solche Analysen, deren Ergebnis von dem vorausgesetzten Verhältnis von Aluminium zu Calcium und Natrium erheblich abweicht, bei der Berechnung nicht benutzen.

### 28. Skolezit.

Für diesen Zeolith von konstanter Zusammensetzung gilt dieselbe Bemerkung, die den Analysen des Natroliths vorausgeschickt wurde.

Die neueren Bestimmungen, welche hier berechnet wurden, sind:

1. Karsuauguit. N. V. Ussing. Sehr schöne Krystalle. *Z. Kryst.*, 43 (1907), 633.
2. Suhl. J. Fromme. Radialfaserig. *Z. Kryst.*, 25 (1896), 617.
3. Whale Cove. G. Steiger. Radialstengelig. *Z. Kryst.*, 36 (1902), 65.
4. Italian Mt. L. G. Eakins. U. S. Geo. Survey B., 419 (1910), 284.
5. Tuba Rao. E. Hussak. Radialfaserig. *Z. Kryst.*, 21 (1893), 407.
6. Punah. G. Tschermak. Krystalle. Neue Analyse.
7. Balandstindr. C. Hersch. Dana System (1892), 605.
8. Black Lake. J. T. Donald. Dana System (1892), 605.
9. Schattiger Wichel. O. Lüdecke. Krystalle, angeblich triklin. *Z. Kryst.*, 6 (1882), 312.
10. Striegau. H. Traube. Keine Krystalle. *Z. Kryst.*, 15 (1889), 634.
11. Casarza. E. Bechi. Kügelchen. *Z. Kryst.*, 4 (1880), 407.
12. Etzlithal. E. Schmidt. Nadeln, angeblich triklin. *Z. Kryst.*, 6 (1882), 313.
13. Ben More. J. Scott. Radialstengelig. *Z. Kryst.*, 31 (1899), 183.
14. Pretagan. L. Darapsky. Büschel. *Z. Kryst.*, 17 (1890), 308.

	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{CaO}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{H}_2\text{O}$	Summe
1.	45·63	25·94	14·12	....	13·92	99·61
2.	45·75	26·54	13·16	0·59	13·75	99·79
3.	45·86	25·78	13·92	0·41	14·05	100·02
4.	45·90	26·51	14·17	....	13·79	100·37
5.	45·96	26·03	13·53	....	13·67	99·19
6.	46·10	26·32	14·22	0·12	13·60	100·36
7.	46·12	26·25	14·37	....	13·89	100·63
8.	46·24	26·03	14·09	....	13·88	100·24
9 a.	45·82	26·52	13·99	0·70	13·04	100·07
9 b.	47·04	25·27	14·14	0·27	13·44	100·16
10.	46·48	25·53	13·38	0·68	13·69	99·76

	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{CaO}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{H}_2\text{O}$	Summe
11.	46·65	25·82	14·44	....	13·00	100·02 <sup>1</sup>
12.	45·70	27·46	14·29	0·11	13·45	101·23 <sup>2</sup>
13.	46·21	27·00	13·45	....	13·78	100·44
14.	47·69	25·45	14·05	....	13·25	100·44

Wenn für die kleinen Mengen Na die äquivalenten Mengen Ca eingesetzt, die Analysen, wie beim Natrolith bemerkt, reduziert werden und in 9 das Mittel der beiden Analysen benutzt wird, so stellen sich die Resultate im Vergleich zur Berechnung nach der Formel  $\text{Si}_3\text{Al}_2\text{CaH}_6\text{O}_{13}$  wie folgt:

	1	2	3	4	5	6
$\text{SiO}_2 \dots$	45·63	45·77	45·88	45·90	45·96	46·11
$\text{Al}_2\text{O}_3 \dots$	25·94	26·56	25·79	26·51	26·03	26·32
$\text{CaO} \dots$	14·12	13·70	14·30	14·17	13·53	14·33
$\text{H}_2\text{O} \dots$	13·92	13·76	14·05	13·79	13·67	13·60
	99·61	99·79	100·02	100·37	99·19	100·36
	7	8	9	10	11	Rechnung
$\text{SiO}_2 \dots$	46·12	46·24	46·45	46·51	46·63	46·01
$\text{Al}_2\text{O}_3 \dots$	26·25	26·03	25·90	25·54	25·81	25·99
$\text{CaO} \dots$	14·37	14·09	14·52	14·01	14·58	14·26
$\text{H}_2\text{O} \dots$	13·89	13·88	13·25	13·70	13·00	13·74
	100·63	100·24	100·12	99·76	100·02	100

Die Differenzen  $B - R$  sind:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$\text{SiO}_2 \dots \dots \dots$	-38	-24	-13	-11	-05	+10	+11	+23	+44	+50	+62
$\text{Al}_2\text{O}_3 \dots \dots \dots$	-05	+57	-20	+52	+04	+33	+26	+04	-09	-45	-18
$\text{CaO} \dots \dots \dots$	-14	-56	+04	-09	-73	+07	+11	-17	+26	-25	+32
$\text{H}_2\text{O} \dots \dots \dots$	+18	+02	+31	+05	-07	-14	+15	+14	-49	-04	-74

Die Übereinstimmung der Beobachtung mit der Berechnung ist auch hier eine vorzügliche. Die Differenzen übersteigen bloß in wenigen Fällen 0·5 % und niemals 0·74 %.

<sup>1</sup> Außerdem 0·11 MgO.

<sup>2</sup> Außerdem 0·16  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 0·06 MgO.

Von den Beobachtungen unter 12, 13, 14 weichen die beiden ersten schon in dem Verhältnis Al:Ca von der Regel ab, wahrscheinlich infolge eines Fehlers in der Aluminiumbestimmung, die zu hoch ausgefallen war. Die dritte zeigt ein abweichendes Verhältnis Si:Al. Hier ist die Reinheit des Materials zweifelhaft.

	Si	Al	Ca	H	
12.	2·81	: 2	: 0·957	: 5·54.	E. Schmidt bei Lüdecke. Summe 101·23.
13.	2·90	: 2	: 0·908	: 5·79.	Scott. Radialstengelig.
14.	3·18	: 2	: 1·006	: 5·91.	Darapsky. Büschel.

## 29. Mesolith.

Unter dieser Bezeichnung werden gegenwärtig jene Zeolithe zusammengefaßt, deren Zusammensetzung einer Vereinigung von Skolezit und Natrolith entspricht.

Die Mehrzahl der vorliegenden Analysen wurde nicht an Krystallen, sondern an stengeligen oder faserigen Aggregaten ausgeführt, ohne daß Angaben über deren homogene Beschaffenheit und die Bestimmung der physikalischen Eigenschaften vorliegen. Der Name Mesolith wurde bloß auf Grund der Analyse, die oft nur eine sehr beiläufige Ähnlichkeit mit einer solchen Mischung darbot, gewählt. Infolgedessen ist die Zugehörigkeit mancher der analysierten Zeolithe zu dieser Gattung zweifelhaft, bei anderen deutlich krystallisierten wirken die anzunehmenden Versuchsfehler störend. Zuerst mögen die Analysen angeführt, später die nötigen Sonderungen vorgenommen werden.

1. Zechra Zkaro. K. D. Glinka. Dicht. Z. Kryst., 46 (1909), 287.
2. Serra de Botucatu. E. Hussak. Radialfaserig, wahrscheinlich triklin. Z. Kryst., 21 (1893), 406.
3. Table Mountain. W. J. Hillebrand. Aggregate feiner Nadeln. Z. Kryst., 7 (1883), 430.
4. Wüste Atacama. L. Darapsky. Spitze Aggregate. Z. Kryst., 17 (1890), 308.
5. Island. J. Lemberg. Zeit. d. geol. Ges., 28 (1876), 552.

6. Österö, Faröer. G. Steiger. U. S. Geol. Survey Bull., 419 (1910), 285.
7. Fär Öer. R. Görgey. Krystalle, opt. triklin. Tschermak's Min. u. pet. Mitt., 28 (1909), 95.
8. Berks Cty. E. F. Smith. Radialfaserig. Als Skolezit bezeichnet. Z. Kryst., 52 (1913), 80.
9. Montresta. J. Deprat. Radialfaserig. Z. Kryst., 48 (1911), 222.
10. Island. J. Schmidt. Krystalle. Z. Kryst., 6 (1882), 314.
11. Radauthal. J. Fromme. Faserige Spaltfüllung. Z. Kryst., 50 (1912), 621.
12. Golden. H. B. Patton. Faserig. Z. Kryst., 36 (1902), 74.
13. Ben Lommond. C. Anderson. Z. Kryst., 46 (1909), 636.
14. Pflasterkante. O. Lüdecke. Krystallisiert. Z. Kryst., 6 (1882), 315.
15. Montresta. L. Pelacani. Faserig. Z. Kryst., 49 (1911), 68.
16. Fritz Island. B. Stadtler. Kugelförmige Massen. Z. Kryst., 11 (1886), 109.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	Summe
1.	46·50	26·63	6·63	8·40	11·93	100·09
2.	47·61	26·80	7·08	7·80	12·11	101·40
3.	46·17	26·88	8·77	6·19	12·16	100·17
4.	46·74	25·99	9·11	5·23	12·41	99·48
5.	45·96	26·69	9·48	5·09	12·78	100·00
6.	45·97	25·98	9·69	4·79	13·38	99·81
7.	46·50	26·58	9·72	4·97	12·29	100·06
8.	47·04	25·42	9·86	4·77	13·60	100·69
9.	47·70	24·10	10·00	5·80	12·41	100·01
10.	46·58	27·57	9·11	3·64	12·94	99·92 <sup>1</sup>
11.	45·63	26·60	5·20	9·67	11·95	100·35 <sup>2</sup>
12.	45·59	25·18	8·93	7·65	12·67	100·02
13.	43·88	27·14	7·03	10·48	11·86	100·39
14.	43·83	29·04	7·84	7·80	11·75	100·26
15.	42·94	25·05	10·87	8·12	13·32	100·30
16.	43·29	25·02	12·15	3·40	16·01	99·87

<sup>1</sup> Außerdem 0·08% MgO.

<sup>2</sup> Außerdem 0·40% MgO, 0·90% K<sub>2</sub>O.

Von den aufgezählten Analysen eignet sich nur die erste Hälfte zur Berechnung, da die übrigen der Forderung  $\text{Al} : \text{Ca} = 2 : 1$  und  $\text{Si} = 3$  nicht genügen. Die ersteren mögen vorläufig als Mischungen nach dem Prozentgehalte der angenommenen Komponenten betrachtet werden.

Skolezit.....	50	.....	60	.....	65
Natrolith .....	50	.....	40	.....	35

	1	2	ber.	3	ber.	4	
$\text{SiO}_2$	46·50	47·61	46·74	46·17	46·59	46·74	46·52
$\text{Al}_2\text{O}_3$	26·63	26·80	26·40	26·88	26·32	25·99	26·28
$\text{CaO}$	6·63	7·08	7·13	8·77	8·55	9·11	9·27
$\text{Na}_2\text{O}$	8·40	7·80	8·13	6·19	6·51	5·23	5·69
$\text{H}_2\text{O}$	11·93	12·11	11·60	12·16	12·03	12·41	12·24
	100·09	100·40	100	100·17	100	99·48	100

Skolezit.....	70	.....	75
Natrolith .....	30	.....	25

	5	6	7	ber.	8	ber.
$\text{SiO}_2$	45·96	45·97	46·50	46·44	47·04	46·37
$\text{Al}_2\text{O}_3$	26·69	25·98	26·58	26·24	25·42	26·20
$\text{CaO}$	9·48	9·69	9·72	9·98	9·86	10·70
$\text{Na}_2\text{O}$	5·09	4·79	4·97	4·88	4·77	4·06
$\text{H}_2\text{O}$	12·78	13·38	12·29	12·46	13·60	12·67
	100	99·81	100·06	100	100·69	100

Die Differenzen der Beobachtung und der Rechnung sind:

	1	2	3	4	5	6	7	8
$\text{SiO}_2$ ....	-24	+87	-42	+22	-48	-47	+06	+67
$\text{Al}_2\text{O}_3$ ...	+23	+40	+56	-29	+45	-26	+34	-78
$\text{CaO}$ ....	-50	-05	+22	-16	-50	-29	-26	-84
$\text{Na}_2\text{O}$ ...	+27	-33	-32	+46	+21	-09	+09	+71
$\text{H}_2\text{O}$ ....	+33	+51	+13	+17	+32	+92	-17	+93

Einen größeren Unterschied in  $\text{SiO}_2$  zeigt die Analyse 2, die auch als Summe 101·40 ergibt. Ferner machen sich in 6 und 8 größere Differenzen in  $\text{H}_2\text{O}$  bemerklich, beide Zeolithe sind aber derbe Vorkommen. Die Lücken vor 60 und nach

75 % Skolezit bieten nichts Auffallendes, da die Zahl der Beobachtungen gering ist.

Wenn keine andere Deutung vorläge, so könnten die acht Analysen auf isomorphe Mischungen bezogen werden, jedoch ist nur eine einzige (7 v. Görgey) an Krystallen ausgeführt, die eine von Natrolith und Skolezit verschiedene Form und verschiedene optische Orientierung zeigen. Die Analyse gibt ein bestimmtes Molekularverhältnis der Komponenten. Dadurch ist die Frage aufgerollt, ob der Mesolith eine oder mehrere Molekularverbindungen darstellt. Zur Prüfung sind im folgenden dieselben Analysen mit der Berechnung solcher Verhältnisse verglichen. Das Verhältnis  $a \text{Si}_3\text{Al}_2\text{Na}_2\text{H}_4\text{O}_{12} : b \text{Si}_3\text{Al}_2\text{CaH}_6\text{O}_{13}$  ist durch die Ziffern (1 : 1) usw. angegeben.

	1	2	(1 : 1)	3	(2 : 3)	4
SiO <sub>2</sub>	46·50	47·61	46·72	46·17	46·58	46·74
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26·63	26·80	26·40	26·88	26·31	25·99
CaO	6·63	7·08	7·24	8·77	8·66	9·11
Na <sub>2</sub> O	8·40	7·80	8·01	6·19	6·39	5·23
H <sub>2</sub> O	11·93	12·11	11·63	12·16	12·06	12·41
	100·09	101·40	100	100·17	100	99·48
	dicht	rad. fas.		fas. Agg.		
	5	6	7	(1 : 2)	8	(2 : 5)
SiO <sub>2</sub>	45·96	45·97	46·50	46·48	47·04	46·42
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26·69	25·98	26·58	26·26	25·42	26·22
CaO	9·48	9·69	9·72	9·60	9·86	10·26
Na <sub>2</sub> O	5·09	4·79	4·97	5·31	4·77	4·55
H <sub>2</sub> O	12·78	13·38	12·29	12·35	13·60	12·55
	100	99·81	100·06	100	100·69	100

Die Analyse des Mesolithes von den Färöern (7 v. Görgey) stimmt mit der Formel  $\text{Si}_3\text{Al}_2\text{Na}_2\text{H}_4\text{O}_{12} \cdot 2 \text{Si}_3\text{Al}_2\text{CaH}_6\text{O}_{13}$  aufs beste überein und es bleibt kein Zweifel darüber, daß dieser Zeolith sowohl in physikalischer wie in chemischer Hinsicht eine bestimmte Gattung repräsentiert.

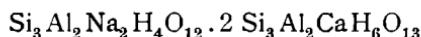
Die Analysen 4 und 5 zeigen die gleiche Zusammensetzung an, 6 mit einer etwas größeren Abweichung in H<sub>2</sub>O,

dagegen würden 1, 2, 3 und 8 sich aus anderen Verhältnissen von Natrolith und Skolezit berechnen lassen, 8 wieder mit einer etwas größeren Abweichung in H<sub>2</sub>O. Dies ergibt sich aus den Differenzen der Beobachtung und der Rechnung.

	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO <sub>2</sub> ....	-22	+89	-41	+26	-52	- 51	+02	+ 62
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ...	+23	+40	+57	-27	+43	- 28	+32	- 80
Ca O....	-61	-16	+11	+49	-12	+ 09	+12	- 40
Na <sub>2</sub> O ...	+39	-21	-20	-08	-22	- 52	-34	+ 22
H <sub>2</sub> O ....	+30	+48	+10	+06	+43	+103	+06	+105

Es könnte scheinen, als ob außer dem Verhältnis 1 : 2 von Natrolith und Skolezit auch noch andere Molekularverhältnisse im Bereiche des Mesoliths vorkommen, allein die Beobachtung Görgey's, der an derselben Krystallnadel der Länge nach einen Wechsel von Mesolith und Natrolith beobachtete, läßt vermuten, daß diese parallele Verwachsung öfter eintritt. Ohne die optische Prüfung ist dieselbe nicht erkennbar. Die mit dem Verhältnis 1 : 2 nicht übereinstimmenden Analysen sind an radial stengeligen oder faserigen Aggregaten ausgeführt, die bezüglich der homogenen Beschaffenheit nicht geprüft wurden, die also derlei Verwachsungen oder unregelmäßige Mengungen der beiden Zeolithe sein können. Eine mechanische Mischung von Mesolith und Natrolith kann bei der Analyse das Verhältnis 1 : 1 oder 2 : 3 ergeben, was den Analysen 1, 2 und 3 entspricht. Ein Gemisch von Mesolith und Skolezit kann bei der Analyse das Verhältnis 2 : 5 liefern. Da die letztgenannten Analysen keine Gewähr für die Reinheit des angewandten Materials bieten, so ist es wahrscheinlich, daß dem homogenen Mesolith einzig das Verhältnis 1 : 2 zukommt, eine Ansicht, die schon von Görgey ausgesprochen wurde.

Demnach dürfte dem reinen Mesolith eine Zusammensetzung zukommen, welche dem Doppelsalz



entspricht. Die Krystalldimensionen desselben sind noch nicht vollständig bestimmt.

Natrolith	0·97852	: 1 : 0·3536	$\beta = 90^\circ$	rhombisch
Mesolith	0·9747	: 1 : 0·3125	$92^\circ$	triklin
Skolezit	0·97635	: 1 : 0·34338	$90^\circ 42'$	monoklin

Die Analysen, welche zur Berechnung der Mesolithformel nicht geeignet sind, ergaben folgende Verhältnisse:

	Si	Al	Ca	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{H}_2\text{O}$	Al : Ca	
9.	3·28	: 2 : 0·756	: 0·794	: 5·84	...	2 : 1·15	$\text{Si} > 3$
	Deprat. Radialfaserig.						
10.	2·86	: 2 : 0·602	: 0·414	: 5·33	...	2 : 0·809	$\text{Si} < 3$
	Schmidt bei Lüdecke. Kryst.						
11.	2·91	: 2 : 0·394	: 1·27	: 5·10	...	2 : 1·03	$\text{Si} < 3$
	Fromme. Derb.						
12.	3·07	: 2 : 0·646	: 1·00	: 5·71	...	2 : 1·15	$\text{Si} = 3$
	Patton. Faserig, wollig.						
13.	2·74	: 2 : 0·472	: 1·27	: 4·96	...	2 : 1·11	$\text{Si} < 3$
	Anderson. Nadeln. Rhomb.?						
14.	2·56	: 2 : 0·492	: 0·885	: 4·59	...	2 : 0·935	$\text{Si} < 3$
	Lüdecke, Krystalle.						
15.	2·91	: 2 : 0·791	: 1·08	: 6·03	...	2 : 1·33	$\text{Si} < 3$
	Pelacani. Faserig.						
16.	2·93	: 2 : 0·865	: 0·448	: 7·26	...	2 : 0·811	$\text{H} > 6$
	Stadtler. Kugelförmig.						

In den Analysen 9, 10 und 12 sind die Verhältnisse von der Norm stark abweichende, obwohl 10 an krystallisiertem Material angestellt wurde. Auch Lüdecke's An. 14 ist an Krystallen ausgeführt, deren Form mit Görgey's Bestimmungen zusammengeht, jedoch scheint hier die Trennung von  $\text{SiO}_2$  und  $\text{Al}_2\text{O}_3$  mißlungen zu sein. Die Summe der prozentischen Bestimmungen von  $\text{SiO}_2$  und  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ist bei Lüdecke 72·87, während sich nach der Formel 72·73 % berechnen. Dies erinnert an den bereits beim Skolezit bemerkten Fehler.

Die An. 11, 13 und 15, welche durch niederen Betrag von  $\text{SiO}_2$  auffallen, dürften sich auf Mischungen mit Thomsonit beziehen, ebenso eine nicht angeführte Analyse von Darapsky und eine von Traube. An. 16 lässt sich nach Annahme einer Mischung von Skolezit, Thomsonit und Chabasit berechnen.

### 30. Edingtonit.

Dieser seltene Bariumzeolith wurde zuerst bei Kilpatrick in Gesellschaft von Harmotom aufgefunden, im Jahre 1825 von Haidinger gemessen, als tetragonal angesprochen, 1835 von Heddle analysiert. Das von G. Lindström bei Bölet in Schweden 1859 entdeckte Vorkommen wurde von O. Norden-skiöld gemessen, als rhombisch hemiedrisch erkannt, von Lindström einer sorgfältigen Analyse unterzogen [Zeitschr. f. Kryst., 28 (1895), 512]. Nach dieser ist die Zusammensetzung des Minerals I, während II und III die nach Reduktion erhaltenen Zahlen darstellen.

	I	II	III
$\text{SiO}_2$ .....	36·37	36·40	36·09
$\text{Al}_2\text{O}_3$ .....	20·06	20·12	19·94
$\text{Fe}_2\text{O}_3$ .....	0·04	.....	.....
$\text{BaO}$ .....	29·99	30·01	31·15
$\text{CaO}$ .....	0·16	0·21	.....
$\text{MnO}$ .....	0·06	.....	.....
$\text{Na}_2\text{O}$ .....	0·20	0·34	.....
$\text{K}_2\text{O}$ .....	0·21	.....	.....
$\text{H}_2\text{O}$ .....	<u>13·12</u>	<u>13·13</u>	<u>13·03</u>
	100·21	100·21	100·21

Die Menge des bei 100° entweichenden Wassers betrug 3·82 %. Das Verhalten gegen Säuren ist das gleiche wie beim Natrolith.

Die Analyse gibt die Verhältnisse:

$$3·07 \text{ Si} : 2 \text{ Al} : 1·01 \text{ Ba} : 0·05 \text{ Na} : 7·42 \text{ H.}$$

Da sich das Verhältnis H : Al keiner geraden Zahl nähert, so ist eine komplizierte Zusammensetzung oder eine Mischung angedeutet, jedoch lassen sich die Komponenten aus einer einzigen Analyse nicht ableiten.

Versuchsweise mag zuerst angenommen werden, daß der ursprüngliche Wassergehalt höher sei als der gefundene, wonach der Edingtonit dem Skolezit analog zusammengesetzt

wäre, jedoch mit Zugabe von Krystallwasser, das beiläufig einem Viertel des gesamten Wassergehaltes entspricht,



Die prozentische Zusammensetzung dieser Verbindung wäre:

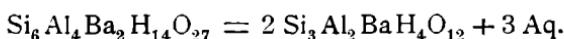
$\text{SiO}_2$	....	35·57
$\text{Al}_2\text{O}_3$	....	20·10
$\text{BaO}$	....	30·16
$\text{H}_2\text{O}$	....	14·17

Um den gefundenen Beträgen etwas näher zu kommen, mögen die kleinen Mengen von Ca und Na auf Skolezit und Natrolith bezogen werden, was bei der Ähnlichkeit der Formen gestattet ist. Wenn von ersterem 1%, von letzterem 2% beigemischt angenommen werden, so ergibt die Rechnung nachstehende Zahlen:

	II	ber.	
$\text{SiO}_2$	36·40	35·91	+ 49
$\text{Al}_2\text{O}_3$	20·12	20·29	- 17
$\text{BaO}$	30·01	29·26	+ 75
$\text{CaO}$	0·21	0·14	+ 07
$\text{Na}_2\text{O}$	0·34	0·33	+ 01
$\text{H}_2\text{O}$	13·13	14·07	- 94
	100·21	100	

Der gefundene Wassergehalt bleibt gegen den berechneten zurück. Die Menge des Krystallwassers berechnet sich zu 3·44%.

Wenn angenommen wird, daß der ursprüngliche Wassergehalt um ein wenig geringer ist als der gefundene, wonach das Verhältnis 7 H : 2 Al das richtige wäre, so ergäbe sich die Formel:



Die prozentischen Zahlen der reduzierten Analyse und der Berechnung nach dieser Formel sind:

	III	ber.	
SiO <sub>2</sub> .....	36·09	36·32	— 13
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	19·94	20·46	— 52
BaO .....	31·15	30·70	+ 45
H <sub>2</sub> O .....	13·03	12·62	+ 41
	100·21	100	

Hier stimmen die Beträge nahe überein. Der Gehalt an Krystallwasser berechnet sich zu 5·41%, also etwas höher, als dem Wasserverlust bei 100° entspricht.

Hier die Entscheidung zu treffen, ist schwierig. Weil der Fall, in welchem der Zeolith im ursprünglichen Zustande etwas wasserreicher war als die Analyse angibt, wahrscheinlicher ist als der Gegenfall und weil bei dieser Annahme die Analyse zu einfacheren Zahlen führt, so mag einstweilen die zuerst angeführte Formel angenommen werden:



Die im I. Teile der Abhandlung angeführte summarische Formel wäre durch  $XKb2W$  zu ersetzen.

### 31. Thomsonit.

Bisher wurde der Thomsonit für eine einfache Verbindung gehalten und es wurde für alle Vorkommen dieselbe Formel angenommen, doch zeigen die Analysen so große Unterschiede, daß die Vermutung einer isomorphen Mischung berechtigt erscheint, obwohl Krystallmessungen an den verschiedenen zusammengesetzten Vorkommen bis jetzt noch fehlen.

Die bisherigen Analysen sind nicht an Krystallen, sondern an Aggregaten ausgeführt, deren Reinheit nicht immer sicher war. Als neuere Analysen werden hier die folgenden angeführt:

1. Böhm. Leipa. M. Mauritz. Åsbestartig. Z. Kryst., 54 (1915), 409.
2. Zechra Zkar. K. D. Glinka. Undeutl. Krystalle. Z. Kryst., 46 (1909), 287.
3. Faröer. C. Hersch. Dana System (1892), 608.

4. Grand Marais. G. A. König. Dicht. Z. Kryst., 4 (1880), 98.
5. Schiket. G. D'Achiardi. Radialfaserig. Z. Kryst., 40 (1905), 92.
6. Table Mountain. G. Steiger. Faserig. Z. Kryst., 38 (1904), 676.
7. Invernell. C. Anderson. Strahlig. Z. Kryst., 46 (1909), 636.
8. Table Mountain. H. B. Patton. Blätterig. Mittel von zwei Analysen. Z. Kryst., 36 (1902), 74.
9. Table Mountain. W. J. Hillebrand. Halbkugel. Z. Kryst., 7 (1883), 429.
10. Hauenstein. C. Hersch. 1887. Mesole. Dana System (1892), 608.
11. Wesseln. E. Zdarek. Traubige Aggregate. Neue Analyse.
12. Eulenberg. A. Svehla. Halbkugeln. Z. Kryst., 10 (1885), 421.
13. Bergen Hill. F. A. Canfield. Früher Epistilbit genannt. Z. Kryst., 54 (1915), 76.
14. Kilpatrick. G. Tschermak. Stengelig. Neue Analyse.
15. Kilpatrick. J. Lemberg. Derb. Dana System (1892), 608.
16. Katzenburg. B. Erben. Hintze Handb., II, 1667.
17. Faröer. G. T. Prior. Früher Sphärostilbit genannt. Optisch wie Thomsonit. Z. Kryst., 32 (1900), 272.
18. Bishoppton. A. Lacroix. Blätterig. Z. Kryst., 14 (1888), 620.
19. Pflasterkante. O. Lüdecke. Krystalle. Z. Kryst., 7 (1883), 88.

	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{CaO}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{H}_2\text{O}$	Summe
1.	42·66	27·53	12·43	4·59	13·42	100·83 <sup>1</sup>
2.	42·44	28·47	11·81	3·60	13·05	99·77 <sup>2</sup>
3.	41·56	28·23	11·39	4·20	14·98	100·36
4.	41·23	29·00	11·60	4·86	14·06	100·75
5.	41·30	29·49	11·61	5·11	13·32	100·83
6.	41·13	29·58	11·25	5·31	13·13	100·40
7.	40·68	29·73	11·66	5·74	12·73	100·54
8.	41·34	30·35	11·20	5·04	12·27	100·20
9.	40·68	30·12	11·92	4·44	12·86	100·02
10.	39·87	29·40	8·15	8·26	14·52	100·20

<sup>1</sup> Außerdem 0·20  $\text{K}_2\text{O}$ .

<sup>2</sup> Außerdem 0·40  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	Summe
11.	37·84	31·46	13·52	4·25	13·06	100·13
12.	38·44	31·48	13·60	3·53	12·93	99·98
13.	37·90	31·40	12·80	4·53	13·05	99·68
14.	37·73	31·63	13·55	4·01	13·52	100·44
15.	37·21	31·72	13·60	4·20	13·27	100
16.	36·90	31·83	13·66	4·01	13·36	100·48 <sup>1</sup>
17.	40·69	28·63	12·98	5·66	12·42	100·38
18.	38·44	30·24	13·44	6·45	11·83	100·40
19.	36·86	30·46	18·70	0·46	13·22	99·70

Einige der angeführten Analysen weichen voneinander so wenig ab, daß eine konstante Zusammensetzung angedeutet erscheint, im ganzen aber zeigt schon das Schwanken des Kieselgehaltes an, daß oft isomorphe Mischungen anzunehmen sind.

Die berechneten Atomverhältnisse sind folgende:

	Si	Al	Ca	Na	H	Al : Ca, Na
1.	2·626	2 : 0·823	0·565	5·530	2 : 1·106	
2.	2·490	2 : 0·744	0·411	5·127	2 : 0·949	
3.	2·495	2 : 0·735	0·491	6·020	2 : 0·980	
4.	2·410	2 : 0·729	0·554	5·501	2 : 0·996	
5.	2·374	2 : 0·718	0·571	5·124	2 : 1·033	
6.	2·357	2 : 0·693	0·592	5·036	2 : 0·989	
7.	2·319	2 : 0·715	0·636	4·858	2 : 1·028	
8.	2·309	2 : 0·673	0·548	4·587	2 : 0·947	
9.	2·289	2 : 0·721	0·486	4·844	2 : 0·964	
10.	2·298	2 : 0·505	0·926	5·603	2 : 0·968	
11.	2·039	2 : 0·783	0·445	4·710	2 : 1·006	
12.	2·070	2 : 0·787	0·370	4·660	2 : 0·972	
13.	2·047	2 : 0·743	0·476	4·715	2 : 0·981	
14.	2·022	2 : 0·781	0·418	4·850	2 : 0·991	
15.	1·988	2 : 0·782	0·437	4·746	2 : 1·000	
16.	1·965	2 : 0·782	0·420	4·762	2 : 0·992	
17.	2·409	2 : 0·826	0·652	4·922	2 : 1·152	
18.	2·154	2 : 0·810	0·703	4·438	2 : 1·162	
19.	2·051	2 : 1·119	0·049	4·924	2 : 1·144	

<sup>1</sup> Außerdem 0·72 K<sub>2</sub>O.

Zuerst wären jene Analysen auszuscheiden, die ein Verhältnis von Aluminium zu Calcium und Natrium ergeben, das von der Norm 2:1 allzu sehr abweicht. Es sind die drei zuletzt angeführten: 17. Prior, 18. Lacroix, 19. Lüdecke.

Bisher wurde angenommen, daß die als Thomsonit bezeichneten Zeolithe solche Mischungen seien, in welchen Ca teilweise durch Na<sub>2</sub> vertreten wird. Unter dieser Voraussetzung wären jene Verbindungen aufzusuchen, die als Komponenten anzusehen sind. Gegenüber der Zahl 2 für Aluminium schwankt Si ungefähr zwischen 2·6 und 2, die Zahl für H zwischen 6 und 4·7. Demnach wären für Si als extreme Werte 3 und 2, für H die Extreme 6 und 4 anzusetzen. Dementsprechend könnten die drei Verbindungen Si<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>CaH<sub>6</sub>O<sub>13</sub>, Si<sub>2</sub>Al<sub>2</sub>CaH<sub>6</sub>O<sub>11</sub> und Si<sub>2</sub>Al<sub>2</sub>CaH<sub>4</sub>O<sub>10</sub> als Komponenten betrachtet werden, wovon der ersten die Zusammensetzung des Skolezits zukäme. Die prozentische Zusammensetzung derselben wäre:

	A = Si <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> CaH <sub>6</sub> O <sub>13</sub>	B = Si <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> CaH <sub>6</sub> O <sub>11</sub>	C = Si <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> CaH <sub>4</sub> O <sub>10</sub>
SiO <sub>2</sub> ...	46·01	36·23	38·30
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ...	25·99	30·70	32·45
CaO ...	14·26	16·84	17·81
H <sub>2</sub> O ...	13·74	16·23	11·44

Wird in den Analysen 1 bis 16 für Natrium die äquivalente Menge Ca eingesetzt und werden die Zahlen der Analysen auf die ursprüngliche Summe gebracht, so ergibt sich folgender Vergleich der Beobachtung mit der Berechnung:

A .....	60 .....	54 .....	46 .....
B .....	.....	46 .....	31 .....
C .....	40 .....	.....	23 .....

	1	2	ber.	3	ber.	4	ber.
SiO <sub>2</sub>	42·88	42·76	42·93	41·73	41·51	41·42	41·20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	27·68	28·68	28·57	28·34	28·16	29·13	28·94
CaO	16·78	15·18	15·68	15·25	15·45	16·07	15·88
H <sub>2</sub> O	13·49	13·15	12·82	15·04	14·88	14·13	13·98
	100·83	99·77	100	100·36	100	100·75	100

<i>A</i>	.....	35	.....	35
<i>B</i>	.....	15	.....	
<i>C</i>	.....	50	.....	65

	5	6	7	ber.	8	ber.
SiO <sub>2</sub>	41·50	41·35	40·91	40·69	41·66	41·00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	29·63	29·73	29·89	29·93	30·61	30·19
CaO	16·31	16·13	16·94	16·42	15·63	16·56
H <sub>2</sub> O	13·39	13·19	12·80	12·96	12·31	12·25
	100·83	100·40	100·54	100	100·21	100

<i>A</i>	.....	33	.....	35	.....	5
<i>B</i>	.....	13	.....	45	.....	25
<i>C</i>	.....	54	.....	20	.....	70

	9	ber.	10	ber.	11	12	ber.
SiO <sub>2</sub>	40·86	40·57	40·19	40·07	37·99	38·57	38·17
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30·25	30·09	29·63	29·40	31·59	31·59	31·69
CaO	16·00	16·51	15·74	16·13	17·44	16·85	17·39
H <sub>2</sub> O	12·91	12·83	14·64	14·40	13·11	12·97	12·75
	100·02	100	100·20	100	100·13	99·98	100

<i>A</i>	.....	5	.....	
<i>B</i>	.....	35	.....	40
<i>C</i>	.....	60	.....	60

	13	14	ber.	15	16	ber.
SiO <sub>2</sub>	38·06	37·88	37·96	37·37	37·15	37·47
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	31·54	31·75	31·52	31·85	32·05	31·75
CaO	16·98	17·24	17·30	17·47	17·83	17·42
H <sub>2</sub> O	13·10	13·57	13·22	13·31	13·45	13·36
	99·68	100·44	100	100	100·48	100

Die Unterschiede sind bis auf 1 meistens geringe, so daß dieselben auf Rechnung der Beobachtungsfehler gesetzt werden können.

1	2	3	4	5	6	7	8
- 05	-17	+22	+22	+81	+66	+22	+66
- 89	+11	+18	+19	-30	-20	-04	+42
+110	-60	-20	+19	-11	-29	+52	-93
+ 67	+33	+16	+15	+43	+23	-16	+06

9	10	11	12	13	14	15	16
+29	+12	-18	+40	+10	-18	-10	-32
+16	+23	-10	-10	+02	-10	+10	+30
-51	-39	+05	-54	-42	+05	+05	+41
+08	+24	+36	+22	-12	+36	-05	+09

Demnach könnten die Thomsonite als isomorphe Mischungen der drei Verbindungen *A*, *B*, *C*, wovon eine dem Skolezit entspräche, betrachtet werden. Es ist aber zu bemerken, daß das Ergebnis der Berechnung hier günstiger erscheinen muß als es tatsächlich ist, weil aus den drei Zahlen für Si, Al, H die prozentischen Beträge für drei Verbindungen berechnet werden und infolgedessen die Rechnung der Beobachtung leichter angepaßt werden kann, als wenn bloß zwei Verbindungen angenommen wären. Sonach erscheinen auch weniger genaue Analysen als der gestellten Forderung entsprechend.

Die unter 11, 13, 14, 15, 16 angeführten Ergebnisse könnten so aufgefaßt werden, als ob eine Vereinigung der beiden Verbindungen  $\text{Si}_2\text{Al}_2\text{CaH}_6\text{O}_{11}$  und  $\text{Si}_2\text{Al}_2\text{CaH}_4\text{O}_{10}$ , nämlich



existierte. Diese Formel wurde bisher allgemein dem Thomsonit zugeschrieben.

Dafür sprechen aber nur die genannten fünf Analysen:

	11	13	14	15	16	ber.
$\text{SiO}_2$	37·99	38·06	37·88	37·37	37·15	37·23
$\text{Al}_2\text{O}_3$	31·59	31·54	31·75	31·85	32·05	31·55
$\text{CaO}$	17·44	16·98	17·24	17·47	17·83	17·31
$\text{H}_2\text{O}$	13·11	13·10	13·57	13·31	13·45	13·91
	100·13	99·68	100·44	100	100·48	100

Nachstehend die Unterschiede:

11	13	14	15	16
+76	+83	+65	+14	-08
+04	-01	+20	+30	+50
+31	-33	-07	+16	+52
-80	-81	-34	-60	-46

Alle übrigen Analysen weichen von den aus der genannten Formel berechneten Zahlen so sehr ab, daß für dieselben doch wieder die Mischung der drei Verbindungen A, B, C angenommen werden müßte.

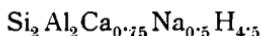
Es ist aber auch fraglich, ob die Annahme einer isomorphen Vertretung von Ca durch Na<sub>2</sub>, von der die vorstehende Betrachtung ausging, also die Annahme einer natriumfreien Calciumverbindung und einer calciumfreien Natriumverbindung, für den Thomsonit aufrecht erhalten werden kann, wenngleich dieselbe in einer anderen Abteilung, wie in der Chabasitgruppe, sich bewährt.

Vergleicht man die vorher aufgeführten atomistischen Verhältnisse, so erscheint es auffallend, daß die Verhältnisse von Calcium und Natrium in der Mehrzahl der Analysen sich der Konstanz nähern, und zwar, wenn für Al die Zahl 2 genommen wird, jene für Calcium und Natrium sich dem Verhältnis 0·75 und 0·5 nähert.

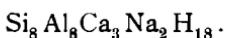
2. 0·744 : 0·411	7. 0·715 : 0·636	13. 0·743 : 0·472
3. 0·753 : 0·491	9. 0·721 : 0·486	14. 0·781 : 0·418
4. 0·729 : 0·554	11. 0·783 : 0·445	15. 0·782 : 0·437
5. 0·718 : 0·571	12. 0·787 : 0·370	16. 0·782 : 0·420

Man könnte hier eine Grenze der Mischbarkeit zweier Silikate vermuten, doch wären der vorigen Berechnung zu folge nicht zwei, sondern drei Komponenten anzunehmen, demnach wäre die Annäherung an jene Konstanz unverständlich, andererseits weist das Beispiel des Mesoliths darauf hin, daß auch hier die Existenz eines Doppelsalzes wahrscheinlich ist.

Mit Rücksicht darauf, daß dem Si-ärmeren Endgliede der Thomsonitreihe der Wasserstoff ungefähr 4·5 ausmacht, können für dieses Glied die Verhältnisse:

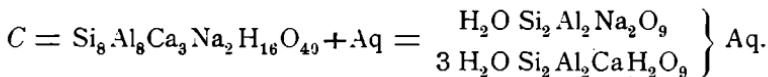


angenommen werden, die, auf ganze Zahlen gebracht, ergeben:



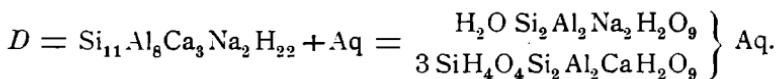
Eine einfache Deutung wäre diejenige, nach welcher das eine Glied des Doppelsalzes ein Natriumsilikat ist, in welchem

der wasserhaltige Kern  $\text{Si}_2\text{Al}_2\text{Na}_2\text{H}_2\text{O}_9$  mit einer durch Kiesel-säure vertretbaren Mol. Wasser verbunden erscheint. Das zweite Ca-haltige Glied ist dem ersteren gleichartig und das Doppelsalz mit 1 Mol. Krystallwasser behaftet:



Der Thomsonit enthält ein Minimum von Krystallwasser. Nach der Beobachtung von Steiger gab der Thomsonit vom Table Mountain bei  $100^\circ$  bloß 1% Wasser ab, nach Zdarek der von Wesseln bei  $110^\circ$  bloß 1·12 %, beide bei einem Wassergehalt von 13 %. Dies beträgt etwas weniger als ein Achtel, wie dies oben angenommen wurde.

Für das Si-reichere Endglied wäre die Vertretung von Wassermolekülen durch  $\text{SiH}_4\text{O}_4$  anzunehmen, weil die Thomsonite bei der Zersetzung durch Säuren sich wie Orthosilikate benehmen. Den Analysen wird am besten entsprochen, wenn diese Substitution bloß in der Ca-Verbindung eintritt, also das zweite Glied des Doppelsalzes die Zusammensetzung des Skolezits gewinnt. Die so abgeleitete Verbindung wäre:



In den beiden Doppelsalzen erscheinen dieselben Glieder, die schon bei der früheren Berechnung angenommen wurden, wieder, jedoch hier nach bestimmtem Verhältnis verbunden.

Die prozentische Zusammensetzung ist die folgende:

	$D = \text{Si}_{11}\text{Al}_8\text{Ca}_3\text{Na}_2\text{H}_{24}\text{O}_{50}$	$E = \text{Si}_8\text{Al}_8\text{Ca}_3\text{Na}_2\text{H}_{18}\text{O}_{41}$
$\text{SiO}_2$ .....	43·68	37·58
$\text{Al}_2\text{O}_3$ .....	26·92	31·85
$\text{CaO}$ .....	11·08	13·11
$\text{Na}_2\text{O}$ .....	4·08	4·83
$\text{H}_2\text{O}$ .....	14·24	12·63
	100	100

Die vorher angeführten Analysen lassen sich zum größten Teile durch Annahme isomorpher Mischungen dieser Komponenten berechnen, doch zeigt sich in einigen Fällen, daß

der gefundene Natriumgehalt größer ist, als er durch das Verhältnis  $\text{Ca}_3\text{Na}_2$  gefordert wird.

Dies erinnert an die von J. E. Hibsch beobachtete regelmäßige Verwachsung von Thomsonit mit Natrolith, wonach die Vermutung als gerechtfertigt erscheint, daß in einem Material, das optisch nicht genau geprüft worden, eine solche Verwachsung vorhanden gewesen sei. Dementsprechend sind bei der Berechnung jener Analysen 7 bis 10 % einer solchen Beimengung angenommen.

<i>D</i>	.....	80	.....	70				
<i>E</i>	.....	20	.....	30				
	1	ber.	2	3	4	ber.		
$\text{SiO}_2$	42·69	42·46	42·50	41·56	41·23	41·85		
$\text{Al}_2\text{O}_3$	27·55	27·90	28·77	28·23	29·00	28·40		
$\text{CaO}$	12·44	11·49	11·83	11·39	11·60	11·69		
$\text{Na}_2\text{O}$	4·72	4·23	3·60	4·20	4·86	4·30		
$\text{H}_2\text{O}$	13·43	13·92	13·07	14·98	14·06	13·76		
	100·83	100	99·77	100·36	100·75	100		
<i>D</i>	.....	50	.....	40	.....	40		
<i>E</i>	.....	43	.....	50	.....	53		
Natr.	.....	7	.....	10	.....	7		
	5	6	ber.	7	ber.	8	ber.	
$\text{SiO}_2$	41·30	41·13	41·32	40·68	41·01	41·34	40·72	
$\text{Al}_2\text{O}_3$	29·49	29·58	29·03	29·73	29·37	30·35	29·52	
$\text{CaO}$	11·61	11·25	11·18	11·66	10·99	11·20	11·38	
$\text{Na}_2\text{O}$	5·11	5·31	5·26	5·74	5·67	5·04	5·33	
$\text{H}_2\text{O}$	13·32	13·13	13·21	12·73	12·96	12·27	13·05	
	100·83	100·40	100	100·54	100	100·20	100	
<i>D</i>	.....	45	.....	10	.....	0·0		
<i>E</i>	.....	55	.....	90	.....	100		
	9	ber.	11	13	14	ber.	16	ber.
40·68	40·33	37·84	37·90	37·73	38·19	37·21	36·99	37·58
30·12	29·63	31·46	31·40	31·63	31·36	31·72	31·91	31·85
11·92	12·19	13·52	12·80	13·55	12·91	13·60	13·69	13·11
4·44	4·49	4·25	4·53	4·01	4·75	4·20	4·50	4·83
12·86	13·36	13·06	13·05	13·52	12·79	13·27	13·39	12·63
100·02	100	100·13	99·68	100·44	100	100	100·48	100

Die Analysen 10 von Hersch und 12 von Svehla wurden, obwohl sie bei der ersten Berechnung benutzt waren, hier weggelassen. Ein Blick auf die daraus berechneten jetzt getrennten Zahlen für Ca und Na läßt so große Abweichungen von den Ergebnissen aller übrigen Analysen erkennen, daß die Vermutung einer Verunreinigung oder größerer Beobachtungsfehler nahegerückt wird.

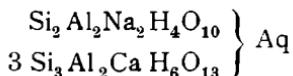
Als Differenzen der beobachteten und der berechneten prozentischen Werte werden erhalten:

1	2	3	4	5	6	7
+23	+65	- 29	-62	-02	-19	-33
-35	+37	- 17	+60	+46	+55	+36
+95	+14	- 30	-09	+43	+07	+67
+49	-70	- 10	+56	-15	+05	+07
-49	-69	+122	+30	+11	-08	-23
8	9	11	13	14	15	16
+62	+35	-35	-29	-46	-37	-59
+83	+49	+10	+04	+27	-13	+06
-18	-27	+61	-11	+64	+49	+58
-29	-05	-50	-22	-74	-63	-33
-78	-50	+27	+26	+73	+64	+76

Die Beträge sind zumeist geringe und auch jene, die über 0·5% reichen, nicht größer als die bei Zeolithen oft vorkommenden Beobachtungsfehler, bloß Nr. 3 von Hersch gibt einen zu großen Wassergehalt an.

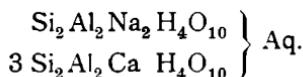
Die Mehrzahl der Analysen spricht demnach für die Richtigkeit der Annahme einer isomorphen Mischung der Komponenten *D* und *E*, wenn auch das Zugeständnis einer Beimischung von Natrolith in einigen Vorkommen die Sicherheit etwas beeinträchtigt.

Aus der vorstehenden Prüfung der Analysen folgt mit einer ziemlich großen Wahrscheinlichkeit, daß in den Thomsoniten zwei Doppelsalze vorkommen. In den siliciumreicherem, die früher gewöhnlich als Mesole bezeichnet wurden, macht sich die Gegenwart der Verbindung



geltend. Es sind jene mit 43 bis 40%  $\text{SiO}_2$ .

In den siliciumärmeren mit 38 bis 37 % SiO<sub>2</sub>, die oft als Comptonit bezeichnet werden, herrscht die Verbindung:



Das natriumhaltige Glied enthält einen wasserstoffhaltigen Kern und eine Mol. Wasser (die durch Kieselsäuren vertreten werden kann)  $\text{Si}_2\text{Al}_2\text{Na}_2\text{H}_4\text{O}_{10} = \text{H}_2\text{O}(\text{Si}_2\text{Al}_2\text{Na}_2\text{H}_2\text{O}_9)$ . Die calciumhaltigen Glieder sind entweder die der vorigen entsprechende Verbindung oder Skolezit.

Die beiden Formeln der Thomsonite zeigen, abgesehen von 1 Mol. Krystallwasser, eine Gliederung nach dem Schema  $P:3Q$ , welches für viele trigonale und tesserale Verbindungen gilt.<sup>1</sup> Das Achsenverhältnis der Thomsonite

$$0.9932 : 1 : 1.0066$$

kommt dem des tesseralen Systems sehr nahe.

### 32. Gismondin.

Die Kenntnis dieses wenig verbreiteten Zeolithes ist eine noch unvollständige. Die kleinen unvollkommenen Krystalle von oktaedrischer Form sind Zwillingsbildung, die von mehreren Krystallographen, zuletzt von Rinne, untersucht wurden, jedoch schwer zu enträtselfen sind. In letzter Zeit hat F. Becke die Kryställchen von Salesel optisch geprüft und eine Deutung gefunden, nach welcher die monokline Grundform und optische Orientierung Ähnlichkeit mit Natrolith zeigen (Nr. 17 im I. Teile).

Das Analysenmaterial ist dürftig. Über das Verhalten bei höheren Temperaturen und die Zersetzungerscheinungen ist nur sehr wenig bekannt.

Die benutzten neueren Analysen sind folgende:

1. Casal Brunoni. F. Zambonini. Durchsichtige bläuliche Krystalle von oktaedrischer Form.
2. Mostacciano. F. Zambonini. Durchsichtige, fast farblose oktaedrische Krystalle. Beide Vorkommen wurden als

---

<sup>1</sup> Tschermak's Min. u. petrogr. Mitt., her. v. Becke, 22 (1903), 393.

- Pseudophyllipsit bezeichnet. Z. Kryst., 40 (1905), 399. Für die Berechnung wurde das Mittel aus 1 und 2 benutzt.
3. Capo di Bove. E. Zdarek. Weiße unvollkommene Krystalle. Neue Analyse.
  4. Salesel. G. Tschermark. Reine Krystalsplitter, von Prof. J. E. Hirsch ausgelesen. Neue Analyse.
  5. Capo di Bove. F. Zambonini. Intensiv mit Calcit verwachsen. Z. Kryst., 40 (1905), 400.
  6. Nicolstadt. A. Sachs. Krystalle. Zentralbl. f. Min., 1904, p. 216.
  7. Vallerano. F. Zambonini. Oktaedrische Krystalle. Z. Kryst., 40 (1905), 400.
  8. Mostacciano. F. Zambonini. Oktaedrische Krystalle. Ebd. Für die Berechnung wurde das Mittel aus 7 und 8 benutzt.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	F <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	Summe
1.	37·79	25·55	...	11·84	...	4·16	20·60	99·94
2.	37·84	26·19	...	10·98	...	4·63	19·84	99·48
3.	37·60	27·04	0·23	12·34	0·41	2·87	20·07	100·56
4.	35·78	28·00	...	13·90	2·04	...	20·41	100·13
5.	33·86	27·92		14·41	...	2·33	20·97	99·49
6.	34·19	28·34	...	13·15	1·82	2·35	20·41	100·26
7.	33·45	28·38	0·17	14·54	...	2·44	20·92	99·90
8.	33·48	28·21	...	14·76	...	2·23	21·09	99·77

Die hieraus berechneten Atomverhältnisse sind:

Si	Al	Ca	K	H
1, 2 . . . .	2·478 : 2 : 0·804 : 0·369 : 8·86			
3 . . . .	2·357 : 2 : 0·832 : 0·280 : 8·42			
4 . . . .	2·166 : 2 : 0·905 : 0·240 : 8·27			
5 . . . .	2·055 : 2 : 0·941 : 0·181 : 8·52			
6 . . . .	2·045 : 2 : 0·846 : 0·391 : 8·17			
7, 8 . . . .	2·004 : 2 : 0·944 : 0·179 : 8·62			

Die Gismondine vom Capo di Bove und von Salesel gaben bei der Zersetzung durch 10prozentige Salzsäure eine klare Lösung und mit konzentrierter Säure eine Gallert, woraus geschlossen wird, daß diese Zeolithen als Orthosilikate zu

betrachten sind. Der Glührückstand ist in verdünnter Säure nur zum Teil löslich. Bezüglich des Verhaltens bei 100° ist zu bemerken, daß nach den Beobachtungen Zambonini's am Pseudophyllipsit der Wasserverlust bei 95° = 3·03, bei 126° = 6·00 %, nach der Angabe von Zdarek für den Gismondin vom Capo di Bove der Wasserverlust bei 110° = 6·3 %. Demnach würde der Gismondin bei 100° etwas weniger als 1 Mol. Wasser abgeben.

Die letzten Zahlen der Atomverhältnisse deuten, wie Zambonini und Sachs bemerkten, auf die Verbindung



als hauptsächliche Komponente hin, während die früheren auch die Gegenwart einer siliciumreicherem Verbindung vertraten. Für die vorgenannte Verbindung wäre die Gliederung  $\text{H}_2\text{O} \cdot \text{Si}_2\text{Al}_2\text{CaH}_8\text{H}_4\text{O}_2 + \text{Aq}$  anzunehmen. Wird erstere Mol. Wasser durch  $\text{SiO}_4\text{H}_4$  ersetzt gedacht, so ergibt sich für die Zusammensetzung der siliciumreicherem Komponente:



Es ist dieselbe Formel, welche Thugutt für den Zeagonit abgeleitet hat.<sup>1</sup>

Die gefundenen Verhältnisse Ca : K deuten auf 0·8 : 0·4 und 0·9 : 0·2, daher eine höhere Zusammensetzung angenommen werden müßte, wenn eine Trennung der Calcium- und der Kaliumverbindung versucht würde. Gegenüber der so entstehenden komplizierten Formel mag hier jene Trennung unterbleiben und angenommen werden, daß beide Verbindungen demselben Typus angehören, daß es also gestattet sei, statt K und Na die äquivalenten Mengen Ca einzusetzen.

Die prozentische Zusammensetzung der beiden Komponenten wäre demnach:

$$J = \text{Si}_3\text{Al}_2\text{CaH}_8\text{O}_{11} + \text{Aq} \quad L = \text{Si}_2\text{Al}_2\text{CaH}_6\text{O}_{11} + \text{Aq}$$

$\text{SiO}_2 \dots$	42·14	34·37
$\text{Al}_2\text{O}_3 \dots$	23·81	29·12
$\text{CaO} \dots$	13·06	15·98
$\text{H}_2\text{O} \dots$	20·99	20·53

<sup>1</sup> Zeitschr. f. Kryst., 36 (1902), 428.

Die Berechnung der vorher aufgezählten Analysen ergibt folgendes:

<i>J</i>	.....	50	.....	40	.....	20
<i>L</i>	.....	50	.....	60	.....	80
	1, 2	ber.	3	ber.	4	ber.
SiO <sub>2</sub> ...	38·50	38·26	38·09	37·48	35·85	35·92
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ...	26·34	26·46	27·54	27·00	28·05	28·06
CaO ...	14·28	14·52	14·60	14·81	15·78	15·40
H <sub>2</sub> O ...	20·59	20·76	20·33	20·71	20·45	20·62
	99·71		100·56		100·13	
<i>J</i>	.....	8	.....			
<i>L</i>	.....	92	.....			100
	5	ber.	6	7, 8	ber.	
SiO <sub>2</sub> ...	34·18	34·99	34·58	33·86	34·37	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ...	28·19	28·70	28·66	28·69	29·12	
CaO ...	15·95	15·75	16·38	16·04	15·98	
H <sub>2</sub> O ...	21·17	20·56	20·64	21·25	20·53	
	99·49		100·26	99·84		

Die Differenzen der Beobachtung und der Berechnung sind:

1, 2	3	4	5	6	7, 8
+24	+61	-07	-81	+21	-51
-12	+54	-01	-51	-46	-43
-24	-21	+38	+20	+40	+06
-17	-38	-17	+61	+11	+72

Die Unterschiede sind meistens geringe. Demnach kann auf Grund der vorliegenden Beobachtungen mit ziemlich großer Wahrscheinlichkeit angenommen werden, daß der Gismondin bisweilen aus einer einfachen Verbindung besteht, öfter aber aus einer isomorphen Mischung der Komponenten



Der wahrscheinliche Bau der ersten Verbindung kann durch die Gliederung



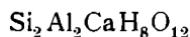
jener der zweiten durch



angedeutet werden (siehe Nr. 14 im I. Teile).

Da die Formel des Gismondins früher  $\text{Si}_2\text{Al}_2\text{CaO}_8 + 4 \text{H}_2\text{O}$  geschrieben wurde, so konnte die Ansicht entstehen, daß dieser Zeolith ein Hydrat des Anorthits darstelle. Das Verhalten gegen verdünnte Säure, wobei der Gismondin  $\text{SiO}_4\text{H}_4$  liefert, während aus dem Anorthit  $\text{SiO}_3\text{H}_2$  entsteht, ferner die beim Erwärmen erkennbare Gliederung des Wassergehaltes zeigen aber deutlich, daß dem Gismondin keine so einfache Konstitution zukommt.

Wenn ein Gismondin von der Zusammensetzung



die oben bezeichnete Struktur besitzt, so muß er ein Verhalten zeigen, das von jenem der Zeolithe mit einer  $\text{SiO}_4\text{H}_4$ -Gruppe verschieden ist. Versuche in dieser Richtung sind noch nicht angestellt.

### 33. Laumontit.

Im I. Teile dieser Abhandlung wurden die Gründe angeführt, welche dafür sprechen, daß der frische Laumontit von der Zusammensetzung  $\text{Si}_4\text{Al}_2\text{CaH}_8\text{O}_{16}$ , der sich bei der Zersetzung wie ein Orthosilikat benimmt, eine Konstitution besitzt, welche von jener der übrigen Zeolithe dieser Gruppe verschieden ist und es erklärlieh erscheinen läßt, daß er schon bei gewöhnlicher Temperatur in trockener Luft verstäubt und dabei eine Mol. Wasser abgibt. Dem so entstandenen Produkt Leonhardit wird die Formel  $\text{Si}_4\text{Al}_2\text{CaH}_6\text{O}_{15}$  zugeschrieben.

Nunmehr ist zu untersuchen, ob diese Zusammensetzung in allen Fällen sich bestätigt.

Zur Berechnung dienten die folgenden neueren Analysen:

1. Plauen. E. Zschau. Ziegelrot. Z. Kryst., 25 (1896), 618.
2. Table Mountain. W. J. Hillebrand. Weiße Krystalle. Z. Kryst., 7 (1883), 430.
3. Striegau. H. Traube. Frische Krystalle. Jhb. Min., 1887, II, 39.
4. Tscheschmedschi. A. E. Fersmann. Als primärer Leonhardit bezeichnet. Z. Kryst., 50 (1912), 75.
5. Berks Cty. E. F. Smith. Als Laumontit bez. Z. Kryst., 52 (1913), 79.
6. Simferopol. A. E. Fersmann. Als sekundärer Leonhardit bez. Z. Kryst., 50 (1912), 75.
7. Haimbach. V. Dürrfeld. Möglichst frische Krystalle. Z. Kryst., 50 (1912), 258.
8. Monte Catini. E. Baschieri. Caporcianit. Z. Kryst., 46 (1909), 479.
9. Kongsberg. G. Tschermak. Verstäubte Krystalle. Neue Analyse.
10. Floitenthal. A. Smita. Leonhardit, über Schwefelsäure getrocknet. Z. Kryst., 2 (1878), 314.
11. Bambak-tschay Fluss. P. Zemiatschensky. Leonharditkrystalle. Z. Kryst., 34 (1901), 703.
12. Maddalena-Insel. C. Rimatori. Umwandlungsprodukt von Perthit. Z. Kryst., 40 (1905), 94.
13. Halle. O. Lüdecke. Über Schwefelsäure getrocknet. Z. Kryst., 35 (1902), 320.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	Summe
1.	53·88	20·73 <sup>1</sup>	9·28	1·97	....	13·96	99·82
2.	52·83	21·62	11·41	0·48	0·42	13·32	100·08
3.	51·09	21·36	11·76	....	....	15·35	99·56
4.	51·30	21·01	7·58	2·90	4·02	13·10	100·65 <sup>2</sup>
5.	52·12	22·20	11·89	....	....	14·12	100·33
6.	50·94	22·30	7·65	2·06	4·01	13·42	100·50 <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Samt Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

<sup>2</sup> Außerdem 0·55 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> und 0·19 MgO.

<sup>3</sup> Außerdem 0·12 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{CaO}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{H}_2\text{O}$	Summe
7.	50·64	22·75	11·69	0·21	0·53	14·80	100·62
8.	50·10	21·50	12·02	1·17	0·20	15·06	100·05
9.	53·03	21·87	11·69	0·94	....	12·60	100·13
10.	52·92	22·44	12·23	....	....	12·38	99·97
11.	52·31	23·04	12·22	....		12·43	100
12.	52·42	21·44	13·23	....		14·42	101·51
13.	50·66	22·26	13·60	....		13·57	100·09

Die diesen Zahlen entsprechenden Verhältnisse sind:

	Si	Al	Ca	Na	H	Al : Ca
1.	4·405	2 : 0·816	0·313	7·64		2 : 0·973
2.	4·141	2 : 0·962	0·117	6·99		2 : 1·021
3.	4·054	2 : 1·004		8·15		2 : 1·004
4.	4·070	2 : 0·669	0·856	6·96		2 : 1·097
5.	3·989	2 : 0·976		7·22		2 : 0·976
6.	3·858	2 : 0·623	0·692	6·80		2 : 1·069
7.	3·773	2 : 0·937	0·081	7·38		2 : 0·977
8.	3·950	2 : 1·019	0·199	7·95		2 : 1·118
9.	4·110	2 : 0·974	0·142	6·54		2 : 1·045
10.	4·090	2 : 1·017		6·41		2 : 1·017
11.	3·848	2 : 0·967		6·12		2 : 0·967
12.	4·144	2 : 1·125		7·63		2 : 1·125
13.	3·947	2 : 1·114		6·92		2 : 1·114

Als für die folgende Berechnung nicht geeignet wurden  
12. Rimatori, 13. Lüdecke weggelassen. 8. Baschieri  
steht an der Grenze des Verwendbaren.

Die Analysen 1 und 2, in welchen die Zahl für Si größer als 4, bleiben der späteren Besprechung überlassen. Für die folgenden wird die Berechnung so geführt, daß die ursprüngliche Verbindung *La* oder eine Zumischung des wasserärmeren Veränderungsproduktes *Le* oder letzteres allein angenommen werden.

Die prozentische Zusammensetzung der beiden ist folgende:

	<i>La</i> = $\text{Si}_4\text{Al}_2\text{CaH}_8\text{O}_{16}$	<i>Le</i> = $\text{Si}_4\text{Al}_2\text{CaH}_6\text{O}_{15}$
$\text{SiO}_2$ .....	51·15	53·18
$\text{Al}_2\text{O}_3$ .....	21·68	22·54
$\text{CaO}$ .....	11·89	12·36
$\text{H}_2\text{O}$ .....	15·28	11·92

Von den acht zur Berechnung tauglichen Analysen geben vier keine Alkalien an und es erhebt sich die Frage, ob im Laumontit nur das Calciumsilikat anzunehmen sei oder ob auch das entsprechende Natriumsilikat als Mischungskomponente auftrete. Zuerst ist zu bemerken, daß die Analysen fast durchwegs an einem teilweise oder ganz verstäubten Material angestellt wurden, das eine Prüfung auf Reinheit nicht gestattet, wonach fremde Beimengungen enthalten sein können.

In vier Analysen erscheint ein geringer bis erheblicher Gehalt an Alkalien, doch sind bei Erörterung der Frage 4 und 6 (Fersmann) auszuschalten wegen abnormer Zusammensetzung, die entweder eine durch Umwandlung entstandene Beimengung oder Beobachtungsfehler vermuten läßt. Somit bleiben zwei Analysen, die aber einen Gehalt unter 1% angeben. Es scheint demnach, daß nur die Calciumverbindung wesentlich ist und bei der Reduktion der Analysen die Alkalien durch die äquivalente Menge Calciumoxyd ersetzt werden können.

<i>La</i> .....	100.....	50				
<i>Le</i> .....	.....	50				
	3      ber.      4      5      6      ber.					
$\text{SiO}_2$	51·09	51·15	52·36	52·12	51·90	52·17
$\text{Al}_2\text{O}_3$	21·36	21·68	21·81	22·20	22·80	22·11
$\text{CaO}$	11·76	11·89	13·11	11·89	12·13	12·12
$\text{H}_2\text{O}$	15·35	15·28	13·37	14·12	13·67	13·60
	99·56	100·65	100·33	100·50		
<i>La</i> .....	72 .....	..				
<i>Le</i> .....	28 .....	100				
	7      ber.      9      10      11      ber.					
$\text{SiO}_2$	50·76	51·72	53·08	52·92	52·31	53·18
$\text{Al}_2\text{O}_3$	22·80	21·92	21·89	22·44	23·04	22·54
$\text{CaO}$	12·22	12·02	12·55	12·23	12·22	12·36
$\text{H}_2\text{O}$	14·84	14·34	12·61	12·38	12·43	11·92
	100·62	100·13	99·97	100		

Die Differenzen betragen:

3	4	5	6	7	9	10	11
-06	+19	-05	-27	-96	-10	-26	-87
-32	-30	+09	+69	+88	-65	-10	+50
-13	+90	-23	+01	+20	+19	-13	-14
+07	-23	+52	+07	+50	+69	+46	+51

In der Mehrzahl der Fälle zeigt sich eine gute Übereinstimmung der beobachteten und der berechneten Zahlen. Die alte Formel des Leumontits und des Verstäubungsproduktes werden bestätigt, jedoch fällt die Größe der Abweichung in 7 (Dürrfeld) auf. Die Differenzen in Si und Al heben sich hier fast auf und es kann an die mangelhafte Trennung der beiden Stoffe gedacht werden. Es ist aber auch möglich, daß eine isomorphe Beimischung der Verbindung  $\text{Si}_3\text{Al}_2\text{CaH}_6\text{O}_{13}$  vorliegt, welcher bei gleicher Zusammensetzung mit Skolezit eine andere Struktur zukäme, nämlich  $\text{SiH}_2\text{O}_3 \cdot \text{Si}_2\text{Al}_2\text{CaO}_8 \cdot 2 \text{Aq}$ , worin die Menge des Krystallwassers die gleiche wäre wie im Laumontit. Dann könnte die Analyse 7 als eine Mischung von 90 % Laumontit und 10 % der genannten Verbindung darstellend betrachtet werden.

Analyse..... 50·76 22·80 12·22 14·84 = 100·62

Rechnung ..... 50·63 22·11 12·13 15·13

Diff. .... + 13 + 69 + 09 - 29

In den Analysen 1 und 2 ist die Zahl für Si größer als 4, daher die Beimischung einer siliciumreicherem Verbindung anzunehmen ist. Die zuerst von Haidinger gemachte und später mehrmals bestätigte Beobachtung,<sup>1</sup> nach welcher der Laumontit bisweilen eine Umwandlung in Feldspat erfährt, scheint hier zur Erklärung der Abnormität dienlich. Der Laumontit 1 von ziegelroter Färbung ist wohl sicher nicht mehr in dem ursprünglichen Zustande gewesen und auch in dem unter 2 angeführten Falle darf eine wenn auch kleine Menge des Umwandlungsproduktes vermutet werden.

Wird eine derartige beginnende Wandlung angenommen, so lassen sich die beiden Analysen berechnen, indem für die

---

<sup>1</sup> Blum. Pseudomorphosen, II, 20, III, 60 und 67.

erste außer 82 % Laumontit noch 18 % Albit, in der zweiten 65 % *La*, 29 % *Le* und 6 % Orthoklas eingesetzt werden.

	1	ber.	
SiO <sub>2</sub> .....	53·88	54·32	— 44
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	20·73	21·28	— 55
CaO .....	9·28	9·75	— 47
Na <sub>2</sub> O .....	1·97	2·12	— 15
H <sub>2</sub> O .....	<u>13·96</u>	12·53	+ 143
	99·82		
	2	ber.	
SiO <sub>2</sub> .....	52·83	52·56	+ 27
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	21·62	21·73	— 11
CaO .....	11·41	11·31	+ 10
K <sub>2</sub> O, Na <sub>2</sub> O ...	0·90	1·02	— 12
H <sub>2</sub> O .....	<u>13·32</u>	13·38	— 06
	100·08		

Die Analyse 1 ist nicht genau, da die Trennung von Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> und Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> unterblieb. Hier stellt sich auch eine größere Differenz in H<sub>2</sub>O ein. Hingegen stimmt für Hillebrand's Analyse 2 die Rechnung vorzüglich mit der Beobachtung.

Die vorstehende Prüfung der Analysen leitet zu dem Schlusse, daß der Laumontit wesentlich aus dem Silikat



besteht, dessen Struktur nach meinem Dafürhalten durch die Formel



angegeben wird, worin die zweite Gruppe SiO<sub>4</sub>H<sub>4</sub> die Stelle des Krystallwassers einnimmt.

### 34. Analcim.

Dieser stark verbreitete, in einigen Fällen auch als Gesteinsgemengteil erkannte Zeolith ist in jeder Richtung vielfach untersucht worden.

Der tesseralen Form dürfte ursprünglich auch die Krystallstruktur entsprochen haben und die im heutigen Zustande

wahrnehmbaren optischen Anomalien sowie der mimetische Bau durch die Abkühlung und einen wenn auch geringen Wasserverlust hervorgebracht sein. Zur Prüfung des Verhaltens dienten oft die klaren Krystalle aus dem Ätnagebiete, besonders jene der Cyklopeninseln. Diese besitzen aber eine ungewöhnliche chemische Zusammensetzung, daher die bezüglichen Wahrnehmungen kaum für alle übrigen Analcime Geltung haben dürften.

Zahlreich sind die Analysen, die zum großen Teile an deutlich krystallisierten Exemplaren ausgeführt wurden. Berechnet wurden die folgenden neueren:

1. Plauen. E. Zschau. *Z. Kryst.*, 25 (1896), 618.
2. Wassons Bluff. G. Steiger. *Z. Kryst.*, 34 (1901), 107.
3. Hamasat. E. Manasse. *Z. Kryst.*, 50 (1912), 511.
4. Seisseralpe. E. Baschieri. *Z. Kryst.*, 49 (1911), 201.
5. Seisseralpe. J. Lemberg. Dana System (1892), 597.
6. Seisseralpe. Helene Ludwig. Neue Analyse.
7. Michigan. H. W. Foote und W. M. Bradley. *Am. Journ.*, 33 (1912), 437.
8. Table Mountain. M. Starck. Weiße Krystalle. Neue Analyse.
9. Table Mountain. W. F. Hillebrand. Dana System (1892), 597.
10. Two Islands. H. W. Foote und W. M. Bradley. L. c.
11. Kobi. K. Glinka. *Z. Kryst.*, 31 (1899), 517.
12. Victoria. H. W. Foote und W. M. Bradley. L. c.
13. Kommandor Inseln. Staronka. *Z. Kryst.*, 55 (1915), 201.
14. Kergueleninseln. Foote und Bradley. Zum Teil gelatinierend. L. c.
15. Kangardluuarsuk. J. Lorenzen. *Z. Kryst.*, 11 (1886), 315.
16. Kuchelbad. K. Preis. *Z. Kryst.*, 4 (1880), 627.
17. Cyklopeninseln. Foote und Bradley. Durchsichtig. L. c.
18. Friedensdorf. R. Brauns. *Z. Kryst.*, 24 (1895), 157.
19. Klein Arö. Langlet. *Z. Kryst.*, 16 (1890), 584.
20. Cyklopeninseln. G. Tschermak. Wasserhelle Krystalle. Neue Analyse.
21. Cyklopeninseln. C. Hersch. Dana System (1892), 597.

22. Eikaholmen. W. C. Brögger. Isotrope Kr. Z. Kryst., 16 (1890), 584.
23. Montreal. Foote und Bradley. L. c.
24. Table Mountain. G. Steiger. Z. Kryst., 36 (1902), 62.

Angaben der prozentischen Verhältnisse:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	Summe
1.	57·32	20·90	...	...	0·31	11·45	...	9·18	99·16
2.	57·06	21·48	0·13	...	0·16	12·20	...	8·96	99·99
3.	56·24	21·68	...	...	0·33	13·30	0·42	8·40	100·47
4.	56·49	21·89	...	...	0·56	11·39	0·53	8·73	99·59
5.	56·32	22·00	...	...	0·51	13·19	...	8·80	100·82
6.	56·49	21·98	0·16	0·03	0·36	12·42	0·30	8·56	100·30
7.	56·48	22·13	...	0·21	...	13·04	0·11	8·39	100·36
8.	55·94	22·21	...	...	0·19	12·69	0·09	8·55	99·67
9.	55·81	22·43	...	...	...	13·46	...	8·37	100·07
10.	55·90	22·40	0·11	...	...	12·91	0·03	8·35	99·70
11.	55·19	22·84	...	...	...	13·44	...	8·60	100·07
12.	55·06	22·85	0·15	0·17	...	13·18	...	8·38	99·79
13.	55·06	23·08	...	...	...	14·11	...	8·43	100·68
14.	54·68	23·33	0·14	...	...	13·47	0·02	8·46	100·10
15.	54·80	23·61	...	...	...	14·52	...	8·25	101·18
16.	54·76	23·64	...	...	0·33	13·52	...	8·53	100·90 <sup>1</sup>
17.	54·41	23·62	0·12	...	...	13·36	0·12	8·24	99·87
18.	53·79	23·47	...	0·24	...	14·45	...	8·11	100·06
19.	53·00	23·59	...	...	0·02	15·22	...	8·00	99·83
20.	53·83	24·02	...	...	0·55	13·38	...	8·27	100·05
21.	53·58	24·07	...	...	0·85	13·60	...	8·29	100·39
22.	53·19	24·77	...	...	...	14·63	...	8·26	100·85
23.	56·84	22·81	0·22	...	...	12·69	0·19	8·27	101·02
24.	55·72	23·06	...	...	0·17	12·46	...	8·39	99·80

Aus diesen Analysen berechnen sich die nachstehenden Atomverhältnisse. Dabei wurden die kleinen Mengen von

<sup>1</sup> Außerdem 0·12 CO<sub>2</sub>. Im übrigen gleicht dieser Analyse jene des Analcims von der Seisseralpe, G. Stoklassa. Jhb. f. Min., 1917, Beilageb., 42, p. 48.

$\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  zu den Oxyden des gleichen Typus geschlagen und bei der Berechnung von  $\text{Al}:\text{Na}$  die dem Ca äquivalenten Mengen von Na zu diesem.

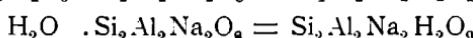
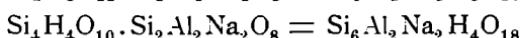
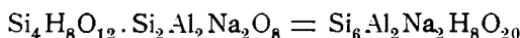
	Si	Al	Ca	Na	H	Al : Na
1.	4·648	: 2 : 0·027	: 1·806	: 4·983		2 : 1·86
2.	4·485	: 2 : 0·013	: 1·865	: 4·714		: 1·89
3.	4·397	: 2 : 0·028	: 2·065	: 4·396		: 2·12
4.	4·374	: 2 : 0·046	: 1·768	: 4·524		: 1·86
5.	4·339	: 2 : 0·042	: 1·976	: 4·539		: 2·07
6.	4·335	: 2 : 0·033	: 1·884	: 4·397		: 1·95
7.	4·326	: 2 : 0·024	: 1·954	: 4·301		: 2·00
8.	4·269	: 2 : 0·016	: 1·893	: 4·368		: 1·92
9.	4·217	: 2 : .....	: 1·979	: 4·234		: 1·98
10.	4·216	: 2 : .....	: 1·896	: 4·216		: 1·90
11.	4·095	: 2 : .....	: 1·940	: 4·272		: 1·94
12.	4·067	: 2 : 0·013	: 1·894	: 4·142		: 1·92
13.	4·043	: 2 : .....	: 2·015	: 4·144		: 2·02
14.	3·957	: 2 : .....	: 1·908	: 4·098		: 1·91
15.	3·934	: 2 : .....	: 2·026	: 3·964		: 2·03
16.	3·926	: 2 : 0·014	: 1·886	: 4·094		: 1·91
17.	3·892	: 2 : .....	: 1·870	: 3·946		: 1·87
18.	3·884	: 2 : 0·026	: 2·030	: 3·921		: 2·03
19.	3·308	: 2 : .....	: 2·130	: 3·848		: 2·13
20.	3·798	: 2 : 0·041	: 1·837	: 3·906		: 1·92
21.	3·773	: 2 : 0·064	: 1·863	: 3·907		: 1·99
22.	3·640	: 2 : .....	: 1·947	: 3·783		: 1·95
23.	4·196	: 2 : .....	: 1·840	: 4·087		: 1·84
24.	4·095	: 2 : 0·013	: 1·781	: 4·128		: 1·81

Die beiden zuletzt angeführten Analysen 23. Foote und Bradley, 24. Steiger, welche ein von dem normalen Verhältnis  $\text{Al}_2:\text{Na}_2$  zu stark abweichendes Ergebnis lieferten, bleiben weiterhin außer Betracht. Aus demselben Grunde die hier nicht angeführten Analysen von Egleson, Mt. Royal; Anderson, Ben Lomond. Ferner Analysen an Gesteinsgemengteilen mit merklichen Beimengungen: Sauer, Oberwiesental; Lindgren, Highwoods; W. F. Hillebrand, Colo-

rado; Evans, Mt. Girnar; an in homogenem Material: Eckenbrecher, Spreustein; Billows, Val dei Zuccanti. Unwahrscheinliche Resultate geben: Ricciardi, Cyklopen; Tsukamoto, Maze.

Einige Analysen stimmen mit den aus der bisher angenommenen Formel  $\text{Si}_4\text{Al}_2\text{Na}_2\text{H}_4\text{O}_{14}$  berechneten Zahlen überein. Eine ziemlich große Anzahl ergibt aber für Si mehr als 4 und in einigen Fällen ist diese Zahl kleiner als 4.

Wird obige Formel als Ausgangspunkt benutzt, so erscheint hier der Kern  $\text{Si}_2\text{Al}_2\text{Na}_2\text{O}_8$  mit der Kieselsäure  $\text{Si}_2\text{H}_4\text{O}_6$  verbunden, während in den siliciumreicherem Vorkommen die nächsten geradzahligen  $\text{Si}_4\text{H}_8\text{O}_{12}$  und  $\text{Si}_4\text{H}_4\text{O}_{10}$  angenommen werden können. In den siliciumärmeren wäre der Kern mit 1 Mol. Wasser verbunden. Sonach können als Komponenten des Analcims im ganzen vier Verbindungen betrachtet werden:



Die prozentische Zusammensetzung der angenommenen Komponenten ist folgende:

$$A = \text{Si}_6\text{Al}_2\text{Na}_2\text{H}_8\text{O}_{20} \quad B = \text{Si}_6\text{Al}_2\text{Na}_2\text{H}_4\text{O}_{18}$$

$$\text{SiO}_2 \dots \dots \quad 60 \cdot 49 \quad 64 \cdot 38$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 \dots \dots \quad 17 \cdot 09 \quad 18 \cdot 18$$

$$\text{Na}_2\text{O} \dots \dots \quad 10 \cdot 37 \quad 11 \cdot 03$$

$$\text{H}_2\text{O} \dots \dots \quad 12 \cdot 05 \quad 6 \cdot 41$$

$$C = \text{Si}_4\text{Al}_2\text{Na}_2\text{H}_4\text{O}_{11} \quad D = \text{Si}_2\text{Al}_2\text{Na}_2\text{H}_2\text{O}_9$$

$$\text{SiO}_2 \dots \dots \quad 54 \cdot 64 \quad 39 \cdot 83$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 \dots \dots \quad 23 \cdot 15 \quad 33 \cdot 75$$

$$\text{Na}_2\text{O} \dots \dots \quad 14 \cdot 05 \quad 20 \cdot 47$$

$$\text{H}_2\text{O} \dots \dots \quad 8 \cdot 16 \quad 5 \cdot 95$$

Die Berechnung der einzelnen Analysen aus den prozentischen Mengen obiger Verbindungen ergibt folgendes für  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ .

<i>A</i>	.....	30	.....	22	.....	.....	12
<i>B</i>	.....	10	.....	8	.....	.....	8
<i>C</i>	.....	60	.....	70	.....	.....	80

1	ber.	2	ber.	3	4	5	ber.
57·30	57·37	57·09	56·71	56·45	56·56	56·29	56·12
20·89	20·84	21·56	21·42	21·74	21·92	21·99	22·03
11·79	12·64	12·38	12·99	13·86	12·37	13·74	13·36
9·18	9·15	8·96	8·88	8·42	8·74	8·80	8·49
99·16		99·99		100·47	99·59	100·82	

<i>A</i>	.....	14	.....	12	.....	.....	8
<i>B</i>	.....	8	.....	6	.....	.....	6
<i>C</i>	.....	78	.....	82	.....	.....	86

6	7	ber.	8	ber.	9	10	ber.
56·77	56·44	56·24	55·95	55·93	55·81	55·94	55·69
22·19	22·11	21·90	22·21	22·13	22·43	22·48	22·37
12·74	13·42	13·29	12·96	13·42	13·46	12·93	13·57
8·60	8·39	8·57	8·55	8·52	8·37	8·35	8·37
100·30	100·36		99·67		100·07	99·70	

<i>A</i>	.....	10	.....	.....	.....	.....	.....
<i>B</i>	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
<i>C</i>	.....	90	.....	.....	.....	.....	.....

11	12	13	ber.	14	15
55·19	55·04	55·06	55·22	54·71	54·80
22·84	22·94	23·08	22·55	23·43	23·61
13·44	13·43	14·11	13·68	13·49	14·52
8·60	8·38	8·43	8·55	8·47	8·25
100·07	99·79	100·68		100·10	101·18

<i>A</i>	.....	.....	.....	.....	.....
<i>C</i>	.....	100	.....	95	.....
<i>D</i>	.....	.....	.....	5	.....

16	17	ber.	18	ber.
54·75	54·45	54·64	53·72	53·90
23·63	23·72	23·15	23·44	23·68
13·72	13·45	14·05	14·80	14·37
8·53	8·25	8·16	8·10	8·05
100·63	99·87		100·06	

<i>A</i>	.....	8	.....	.....	.....	.....
<i>C</i>	.....	82	.....	90	.....	.....
<i>D</i>	.....	10	.....	10	.....	.....
	20	21	ber.	19	22	ber.
53·80	53·53	53·63	53·00	53·19	53·16	
24·00	24·05	23·73	23·59	24·77	24·21	
13·98	14·53	14·39	15·24	14·63	14·69	
8·27	8·28	8·25	8·00	8·26	7·94	
100·05	100·39		99·83	100·85		

Die zugehörigen Differenzen sind:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
-07	+38	+33	+44	+17	+53	+20	+02	+12	+25	-03
+05	+14	-29	-11	-04	+29	+21	+08	+06	+11	+29
-85	-61	+50	+01	+38	-55	+13	-46	-11	-64	-24
+03	+08	-07	+25	+31	+03	-18	+03	00	-02	-05
12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.
-18	-16	+07	+16	+11	-19	-18	-16	+17	-10	+03
+39	+53	+28	+46	+48	+57	-24	-62	+27	+32	+56
-25	+43	-56	+47	-33	-60	+43	+55	-41	+14	-06
-17	-12	+31	+09	+37	+09	+03	+06	+02	+03	+32

Die Übereinstimmung der Beobachtung mit den berechneten Zahlen ist eine ziemlich gute. Die Abweichung beträgt immer nach je neun Fällen einmal etwas mehr als 0·5 %. In der Zusammensetzung spielen die beiden Verbindungen *A* und *C* die Hauptrolle. Die beiden übrigen erscheinen mit geringen Beträgen und es bleibt bezüglich derselben einige Unsicherheit bestehen.

Bisher wurden die Analcime als isomorphe Mischungen bestimmter Verbindungen betrachtet, jedoch kann, wie schon bemerkt wurde, die Zusammensetzung auch so dargestellt werden, daß der Kern  $\text{Si}_2\text{Al}_2\text{Na}_2\text{O}_8$  mit einer einfachen Kiesel säure oder mit einer Mischung von solchen sich verbindet. Sind letztere von der Zusammensetzung  $\text{Si}_4\text{H}_8\text{O}_{12}$  und  $\text{Si}_2\text{H}_4\text{O}_6$ , so wäre die entsprechende Formel:



Anstatt die Zusammensetzung eines hierhergehörigen Analcims dadurch auszudrücken, daß eine Mischung von 10 % der Verbindung A und 90 % der Verbindung C angenommen wird, kann dieselbe auch so dargestellt werden, daß in der vorher angeführten Formel  $p = 0 \cdot 075$  und  $q = 0 \cdot 925$  eingesetzt werden.

Wird eine Beziehung der chemischen Zusammensetzung und der Krystallform aufgesucht, so ist zuvor zu bemerken, daß nach den Beobachtungen von C. Klein der Analcim in feuchter Luft erhitzt und wahrscheinlich auch bei der Entstehung sich isotrop verhält, während nach Klein, Ben Saude, Stadtländer derselbe bei gewöhnlicher Temperatur und in trockener Luft aus schwach doppeltbrechenden Teilen zusammengesetzt erscheint, die sich wie monokline Krystalle verhalten. Der Wassergehalt ist in beiden Fällen nur sehr wenig verschieden.

Der Formel  $\text{Si}_4\text{Al}_2\text{Na}_2\text{H}_4\text{O}_{14}$  entspricht eine monosymmetrische Anordnung.

Der tesseralen Bildung wäre eine Wiederholung dieses Atomsystems in 12 Stellungen zuzuschreiben. Das Gleiche gilt für den Leucit, welcher bei hohen und niederen Temperaturen ähnlich wie der Analcim sich benimmt.

Das Verhalten des Analcims beim Erwärmen, wobei erst bei höherer Temperatur Wasser abgegeben wird, entspricht der Verbindung eines wasserfreien Kernes mit Kieselsäure und dem Fehlen von Krystallwasser.

Die Erscheinungen bei der Zersetzung durch verdünnte Säuren sind wechselnd. Die siliciumreicheren scheiden nur wenig lösliches  $\text{SiO}_2$  ab. Ein Beispiel ist der Analcim vom Table Mountain, der nach meinen Versuchen bloß 5 % des gesamten  $\text{SiO}_2$  an die Lösung abgibt. Andere zerlegen sich so, daß ein Teil des  $\text{SiO}_2$  sich löst, ein anderer Teil im ungelösten Rückstand hinterbleibt. Bei Behandlung des Pulvers mit konzentrierter Säure bildet sich dann eine schleimige Kieselsäure.

Die Abscheidung von Orthokieselsäure deutet darauf, daß ein Teil des Analcims oder das Ganze aus jener Verbindung besteht, deren Kern die Struktur eines Orthosilikats besitzt.

Der von mir analysierte Analcim der Cyklopen gab an verdünnte Säure 41·2 % des gesamten  $\text{SiO}_2$  ab, andere Proben jedoch bis zu 50 %.

Nach der früher angegebenen Berechnung bestünde der erstere, der bei der Analyse 53·33 %  $\text{SiO}_2$  lieferte, zum größten Teile (82 %) aus der gewöhnlichen Verbindung  $\text{Si}_2\text{H}_4\text{O}_6 \cdot \text{Si}_2\text{Al}_2\text{Na}_2\text{O}_8$ . Wenn hier der Kern Orthosilikat ist, so würde die Hälfte des gesamten  $\text{SiO}_2$  in Lösung gehen. Jene 82 % Analcim enthalten 44·81 %  $\text{SiO}_2$ , wonach die Menge des gelösten  $\text{SiO}_2$  hier 22·4 % beträgt, also 41·6 % des gesamten Siliciumdioxyds, wobei die übrigen in diesem Analcim enthaltenen Verbindungen bloß unlösliches  $\text{SiO}_2$  liefern würden.

Wird angenommen, daß in allen drei Verbindungen A, C, D der Kern als Orthosilikat auftritt, so würde der Betrag des gelösten  $\text{SiO}_2$  sich auf 52·2 % des gesamten  $\text{SiO}_2$  erhöhen.

Wie in dem I. Teile der Abhandlung erwähnt ist, wurden von mir mit drei Proben von Analcim Versuche angestellt in der Absicht, den Wassergehalt der daraus dargestellten Kieselsäuren bei der Hemmung zu bestimmen.

Der Analcim von Table Mountain, dessen Analyse von Starck auf 12 % A, 6 % B und 82 % C führte, lieferte eine Kieselsäure mit 22·94 % Wasser.

Für die Berechnung der entstehenden Kieselsäure ist hier  $\alpha = 0\cdot12$ ,  $\beta = 0\cdot06$ ,  $\gamma = 0\cdot82$  und aus dem vorher Angeführten ist zu entnehmen  $s_1 = 60\cdot495$ ,  $s_2 = 64\cdot374$ ,  $s_3 = 54\cdot641$ , wonach  $\alpha s_1 = 7\cdot259$ ,  $\beta s_2 = 3\cdot863$ ,  $\gamma s_3 = 44\cdot806$  und  $S = 55\cdot928$ . Aus

$A = \text{Si}_4\text{H}_8\text{O}_{12} \cdot \text{Si}_2\text{Al}_2\text{Na}_2\text{O}_8$  entsteht  $\text{Si}_4\text{H}_8\text{O}_{12} \cdot \text{Si}_2\text{H}_4\text{O}_6 = \text{Si}_6\text{H}_{12}\text{O}_{18}$ , aus

$B = \text{Si}_4\text{H}_4\text{O}_{10} \cdot \text{Si}_2\text{Al}_2\text{Na}_2\text{O}_8$  entsteht  $\text{Si}_4\text{H}_4\text{O}_{10} \cdot \text{Si}_2\text{H}_4\text{O}_6 = \text{Si}_6\text{H}_8\text{O}_{16}$ , aus

$C = \text{Si}_2\text{H}_4\text{O}_6 \cdot \text{Si}_2\text{Al}_2\text{Na}_2\text{O}_8$  entsteht  $\text{Si}_2\text{H}_4\text{O}_6 \cdot \text{Si}_2\text{H}_4\text{O}_6 = \text{Si}_4\text{H}_8\text{O}_{12}$ .

Demnach gilt für  $\text{Si}_6\text{H}_{12}\text{O}_{18}$  und  $\text{Si}_4\text{H}_8\text{O}_{12}$  der Koeffizient  $l = 0\cdot29876$  und für  $\text{Si}_6\text{H}_8\text{O}_{16}$   $l = 0\cdot1992$  und man erhält nach VIII  $\mathfrak{H} = 16\cdot324$  und  $W = 22\cdot59$  dieses in guter Übereinstimmung mit der gefundenen Zahl 22·94.

Für die Analyse des Analcims von der Seisseralpe nach Helene Ludwig wurden 14 % A, 8 % B und 78 % C berechnet, der Wassergehalt bei der Hemmung zu 22·37 % bestimmt.

Die Rechnung nach voriger Methode führt auf 22·46 % als Wassergehalt der Kieselsäure bei der Hemmung, was mit der Beobachtung übereinstimmt.

Meine Analyse eines Analcims von den Cyklopen ergibt die Zusammensetzung: 8 A, 82 C, 10 D %. Bei der Zersetzung durch verdünnte Säure bildete sich neben ungelöstem noch lösliches  $\text{SiO}_2$ , das wahrscheinlich aus der Verbindung C entstand. Nach Entfernung der Lösung blieb eine pulverige Kieselsäure zurück, deren Wassergehalt bei der Hemmung 22·83 % betrug. Da die Verbindung A eine Kieselsäure von 23 % Wassergehalt liefert, der aus C hinterbleibende Rest  $\text{Si}_2\text{H}_4\text{O}_6$  ebenfalls eine solche von 23 % und D eine ebensoleiche, so berechnet sich der Wassergehalt bei der Hemmung zu 23 %, was der Beobachtung entspricht.

Wenn angenommen wird, daß in C der Kern den Bau eines Orthosilikats besitzt, so berechnet sich für die bei der Zersetzung entstehende Kieselsäuremischung samt der Orthokieselsäure ein Wassergehalt von 29·72 %. Damit stimmen meine Versuche bei Anwendung von konzentrierter Säure, die Beträge von 27 bis 28 % ergaben, beiläufig überein mit Rücksicht darauf, daß hier beim Waschen ein Teil der Orthokieselsäure verloren ging.

### 35. Faujasit.

Bis jetzt liegen bloß spärliche Angaben über diesen seltenen Zeolith vor. Nach Rinne's Beobachtungen<sup>1</sup> ist die Form und Krystallstruktur eine ursprünglich reguläre und erst bei Wasserverlust zeigt sich Doppelbrechung und optische Einachsigkeit der nun entstandenen Teilkristalle. Nach Janinasch verliert der Faujasit beim Erhitzen auf 105° bis 110° 10·88 % des Gewichtes. Bei der Zersetzung des frischen Minerals durch Säure bleibt eine pulverige Kieselsäure zurück.

---

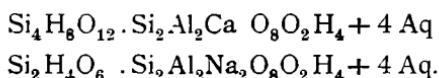
<sup>1</sup> Jhb. f. Min., 1887, II, 17.

Außer der Analyse des Vorkommens am Kaiserstuhl von Damour aus dem Jahre 1848<sup>1</sup> liegt noch die Analyse des Faujasits aus Ottawa Co. von R. Johnston vor,<sup>2</sup> die jedoch ein Verhältnis Al : Ca von 2 : 0·8 statt 2 : 1 ergibt. Beide Resultate können wohl nur als annähernde betrachtet werden.

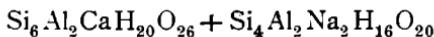
Die Atomverhältnisse sind:

	Si	Al	Ca	Na	H
Kaiserstuhl . . .	4·65	2	0·519	1·00	18·24
Ottawa Co. . . .	4·86	2	0·49	0·62	17·4

Der Betrag für Si liegt zwischen 4 und 6, die Menge des Krystallwassers nach obiger Bestimmung zwischen 7 und 8. Es scheint, daß das Ca und das Na verschiedenen Verbindungen entsprechen. In diesem Falle käme dem Natriumsilikat die Kieselsäure  $\text{Si}_4\text{H}_8\text{O}_{12}$ , dem Calciumsilikat die Kiesel-säure  $\text{Si}_2\text{H}_4\text{O}_6$  zu und der Kern wäre mit 2 Mol. Wasser verbunden.



Nach den beiden Analysen wäre es möglich, daß ein Doppelsalz



vorliegt, welchem die prozentische Zusammensetzung *F* zu-käme.

	Kaiserstuhl	<i>F</i>	Ottawa Co.
$\text{SiO}_2$ . . . . .	46·12	48·24	48·7
$\text{Al}_2\text{O}_3$ . . . . .	16·81	16·36	17·0
$\text{CaO}$ . . . . .	4·79	4·49	4·6
$\text{Na}_2\text{O}$ . . . . .	5·09	4·96	3·2
$\text{H}_2\text{O}$ . . . . .	27·02	25·95	26·0
	99·83		99·5

Die Menge des Krystallwassers würde 11·53 % betragen. Beim Vergleich der Beobachtung und Rechnung wäre vor-

<sup>1</sup> Dana System (1892), 598. An. d. reineren Krystalle.

<sup>2</sup> Zeitschr. f. Kryst., 41 (1906), 406.

allem zu berücksichtigen, daß die Analysen an sehr geringen Quantitäten ausgeführt wurden. Die Angaben des Wasser gehaltes übersteigen die berechnete Zahl. Jannasch beobachtete nach dem Glühen vor dem Gebläse eine Gewichts abnahme von 27·6 %. Hier ist wohl ein Verlust an Na<sub>2</sub>O möglich und in beiden Analysen ein Plus an Wasser, das, wie Thugutt zeigte, von den wasserstoffreichen Zeolithen beim Pulvern aus der Luft aufgenommen wird.

### 36. Chabasit.

Der Chabasit, Gmelinit und Levyn bilden eine Gruppe, deren trigonal erscheinende Formen auf ähnliche Achsen verhältnisse bezogen werden können und deren chemische Zusammensetzung eine Zusammengehörigkeit erkennen läßt.

Der Chabasit als der meist verbreitete Zeolith hat am öftesten Gelegenheit zur chemischen Untersuchung gegeben. Im folgenden sind von den neueren Analysen jene angeführt, welche als vertrauenswürdig oder doch als den heutigen Anforderungen genügend betrachtet werden können.

1. Wassons Bluff. G. Steiger. Z. Kryst., 38 (1904), 675.
2. Gellivara. A. Bygdén. Z. Kryst., 41 (1906), 430.
3. Wassons Bluff. E. Zdarek. Weiße Krystalle  $D = 2 \cdot 081$ . Neue Analyse.
4. Wassons Bluff. E. Zdarek. Rote Krystalle, Veränderungsprodukte der vorigen.  $D = 2 \cdot 091$ . Die Analyse gab ähnliche Resultate wie die erstere und wurde nicht berechnet.
5. Samosujvar. A. Vendl. Z. Kryst., 54 (1915), 182.
6. Oberstein. C. Hersch. Dana System (1892), 591.
7. Berks Cty. E. F. Smith. Z. Kryst., 46 (1909), 636.
8. Gellivara. A. Bygdén. Z. Kryst., 41 (1906), 430.
9. Asmara. E. Manasse. Z. Kryst., 44 (1908), 660.
10. Ben Lomond. C. Anderson. Z. Kryst., 46 (1909), 636.
11. Table Mountain. W. F. Hillebrand. Er gab bei 100° 4·76 % Wasser.
12. Faröer. R. Bernert.  $D = 2 \cdot 093$ . Neue Analyse.
13. Faröer. C. Hersch. Dana System (1892), 591.

14. Faröer. Holmquist, Stenberg, Ferré. Z. Kryst., 20 (1892), 374. Mittel aus drei Analysen.
15. Seiket. E. Manasse. Z. Kryst., 44 (1908), 660.
16. Rübendorf. A. Paltauf. Neue Analyse.
17. Biella. F. Zambonini. Z. Kryst., 40 (1905), 263.
18. Frankfort. J. Eyermann. Z. Kryst., 54 (1915), 99.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	Summe
1.	50·78	17·18	0·40	0·04	7·84	1·28	0·73	21·85	100·10
2.	49·87	17·21	0·49	0·46	7·74	0·30	2·27	21·15	100·10 <sup>1</sup>
3.	50·62	17·71	0·09	0·05	8·23	1·30	0·28	21·82	100·10
4.	50·45	17·71	0·22	0·05	8·65	0·78	0·78	21·98	100·62
5.	49·81	18·42	...	...	7·66	1·22	0·10	22·32	99·53
6.	49·28	18·52	...	...	9·36	0·72	...	22·02	99·90
7.	48·59	18·49	...	0·05	8·78	1·41	0·69	22·01	100·02
8.	47·39	18·66	0·20	0·29	8·34	0·44	2·17	21·85	100·30 <sup>2</sup>
9.	48·35	19·47	...	0·20	8·79	1·05	...	22·13	99·97
10.	47·37	19·16			9·52	1·11	0·93	21·84	99·93
11.	47·18	19·67			9·74	0·51	0·37	22·15	100·05 <sup>3</sup>
12.	46·78	19·84			9·54	0·14	3·15	20·95	100·40
13.	47·36	20·13	...	...	8·09	1·99	...	22·54	100·11
14.	45·85	19·83	...	...	8·86	2·35	0·63	22·26	99·78
15.	46·69	20·27			9·72	0·96	...	22·80	100·44
16.	48·16	20·33	...	0·53	9·85	0·24	0·62	20·56	100·29
17.	50·69	18·42	0·35	...	10·05	0·71	...	20·57	100·79
18.	49·69	18·21	0·69	...	7·06	3·41	0·84	20·19	100·09

Als zur Berechnung nicht geeignet wurden die folgenden neueren Analysen weggelassen:

Fritz Is., Stadtler.....	Al : Ca = 2 : 1·21
Invernell, Helms .....	: 1·155
Montresta, Pelacani .....	: 0·758
Vallerano, Casal, Zambo-	
nini .....	: 1·17
Nova Scotia, Stoklassa...	: 1·28, 2·45 % MgO

<sup>1</sup> Außerdem 0·61 SrO.

<sup>2</sup> Außerdem 0·06 SrO.

<sup>3</sup> Außerdem 0·43 SrO.

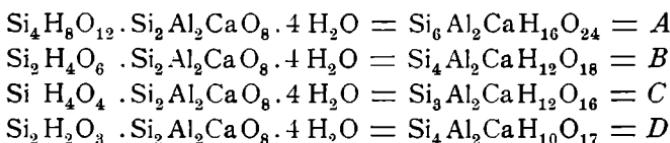
Lenni, Eyermann mit 3·76 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
 Clay Cty., Baskerville mit 2·0 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Nach Vereinigung von Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, SrO, K<sub>2</sub>O mit den entsprechenden Oxyden wurden die nachstehenden Atomverhältnisse berechnet:

	Si	Al	Ca	Na	H	Al	Ca
1.	4·936	: 2	: 0·825	: 0·334	: 14·22	2	: 0·992
2.	4·911	: 2	: 0·855	: 0·345	: 13·95		: 1·027
3.	4·845	: 2	: 0·847	: 0·280	: 13·98		: 0·987
5.	4·583	: 2	: 0·758	: 0·218	: 13·75		: 0·967
6.	4·510	: 2	: 0·921	: 0·128	: 13·49		: 0·985
7.	4·445	: 2	: 0·866	: 0·259	: 13·51		: 0·995
8.	4·304	: 2	: 0·865	: 0·330	: 13·28		: 1·030
9.	4·209	: 2	: 0·827	: 0·117	: 12·90		: 0·886
10.	4·191	: 2	: 0·906	: 0·296	: 12·93		: 1·045
11.	4·065	: 2	: 0·903	: 0·126	: 12·78		: 0·966
12.	3·996	: 2	: 0·876	: 0·366	: 11·89		: 1·059
13.	3·987	: 2	: 0·733	: 0·326	: 12·70		: 0·896
14.	3·919	: 2	: 0·814	: 0·460	: 12·74		: 1·044
15.	3·904	: 2	: 0·874	: 0·156	: 12·76		: 0·952
16.	4·015	: 2	: 0·949	: 0·103	: 11·47		: 1·001
17.	4·640	: 2	: 0·995	: 0·084	: 12·67		: 1·037
18.	4·516	: 2	: 0·690	: 0·701	: 12·28		: 1·040

Mehrere Analysen führen auf das Verhältnis Si<sub>4</sub>Al<sub>2</sub>CaH<sub>12</sub>, in den übrigen erhebt sich die Zahl für Si über 4, in einigen bleibt sie unter diesem Werte. Dadurch werden drei Verbindungen angedeutet. Die zuletzt angeführten Analysen würden eine vierte erfordern.

Die obige Formel gliedert sich in Si<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub> · Si<sub>2</sub>Al<sub>2</sub>CaO<sub>8</sub> · 4 H<sub>2</sub>O. Werden statt der hier angenommenen Kieselsäure zuerst die wasserstoffgleichen, dann eine wasserstoffärmere eingesetzt, so ergeben sich die vier Verbindungen:



Die hieraus berechneten prozentischen Verhältnisse sind:

	$\text{Si}_6\text{Al}_2\text{CaH}_{16}\text{O}_{21}$	$\text{Si}_1\text{Al}_2\text{CaH}_{12}\text{O}_{18}$
$\text{SiO}_2$ .....	54·48	47·53
$\text{Al}_2\text{O}_3$ .....	15·39	20·14
$\text{CaO}$ .....	8·43	11·03
$\text{H}_2\text{O}$ .....	21·70	21·30
	$\text{Si}_3\text{Al}_2\text{CaH}_{12}\text{O}_{16}$	$\text{Si}_1\text{Al}_2\text{CaH}_{10}\text{O}_{17}$
$\text{SiO}_2$ .....	40·45	49·27
$\text{Al}_2\text{O}_3$ .....	22·86	20·88
$\text{CaO}$ .....	12·52	11·45
$\text{H}_2\text{O}$ .....	24·17	18·40

In den Analysen zeigt sich kein konstantes Verhältnis von  $\text{CaO}$  und den Alkalien und die Mengen der letzteren sind meistens gering. Im folgenden wird die denselben äquivalente Menge von  $\text{CaO}$  zu diesem gerechnet.

$A$ .....	60	.....	50	.....	47	.....	60
$B$ .....	30	.....	50	.....	53	.....	25
$C$ .....	10	.....					15

	1	ber.	2	ber.	3	ber.	5	ber.
$\text{SiO}_2$	51·06	50·99	51·07	51·00	50·75	50·79	49·91	50·64
$\text{Al}_2\text{O}_3$	17·53	17·56	17·94	17·76	17·81	17·91	18·46	17·70
$\text{CaO}$	9·54	9·62	9·43	9·74	9·66	9·81	8·79	9·69
$\text{H}_2\text{O}$	21·97	21·83	21·66	21·50	21·88	21·49	22·37	21·97
	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	100·10		100·10		100·10		99·53	

$A$ .....	45	.....	40
$B$ .....	35	.....	30
$C$ .....	20	.....	30

6	7	ber.	8	9	10	ber.
49·31	48·73	49·24	48·02	48·36	47·75	48·19
18·53	18·54	18·54	19·04	19·47	19·31	19·05
10·02	10·68	10·16	11·10	10·00	10·86	10·44
22·04	22·07	22·06	22·14	22·14	22·01	22·32
<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
99·90	100·02		100·30	99·97	99·93	

<i>A</i> . . . . .	25	. . . . .	—
<i>B</i> . . . . .	47	. . . . .	100
<i>C</i> . . . . .	28	. . . . .	—

11	ber.	12	ber.
47·37	47·29	47·39	47·53
19·75	19·71	20·10	20·14
10·69	10·80	11·69	11·03
22·24	22·20	21·22	21·30
100·05		100·40	

<i>A</i> . . . . .	25	. . . . .	24	. . . . .	—
<i>B</i> . . . . .	50	. . . . .	36	. . . . .	70
<i>C</i> . . . . .	25	. . . . .	40	. . . . .	—
<i>D</i> . . . . .	—	. . . . .			30

13	ber.	14	15	ber.	16	ber.
47·45	47·50	46·07	46·73	46·37	48·19	48·05
20·17	19·63	19·93	20·29	20·08	20·34	20·36
9·91	10·75	11·41	10·60	11·00	11·18	11·16
22·58	22·12	22·37	22·82	22·55	20·58	20·43
100·11		99·78	100·44		100·29	

<i>A</i> . . . . .	35
<i>B</i> . . . . .	35
<i>C</i> . . . . .	—
<i>D</i> . . . . .	30

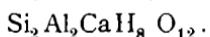
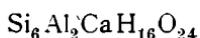
17	18	ber.
50·79	50·15	50·48
18·67	18·82	18·70
10·72	10·74	10·25
20·61	20·38	20·57
100·79	100·09	

Die aus den Beobachtungen abgeleiteten und die berechneten Zahlen ergeben die Differenzen:

1	2	3	5	6	7	8	9
+07	+07	-04	-73	+07	-51	-17	+17
-03	+18	-10	+76	-01	00	+42	+42
-08	-31	-15	-90	-14	+52	-44	-44
+14	+16	+39	+40	-02	+01	-18	-18
10	11	12	13	14	15	16	17 18
-44	+08	-14	-05	-30	+36	+14	+31 -33
+26	+04	-04	+54	-15	+21	-02	-03 +12
+42	-11	+66	-84	+41	-40	+02	+47 +49
-31	+04	-08	+46	-18	+27	+15	+04 -19

Die Übereinstimmung der Analysen mit der Berechnung ist eine sehr befriedigende; bloß in zwei Analysen (5. Vendl, 13. Hersch) kommen Differenzen vor, die 0·5 % merklich übersteigen. Auch die hier nicht angeführten Analysen von Burkhardt und Hammerschlag für Nidda und Annerod sowie jene von Lemberg für Aussig stimmen mit den für 13. und 14. gegebenen Berechnungen überein. Die Verbindungen, welche mit überwiegender Menge in die Mischung eintreten, sind *A* und *B*, am wenigsten macht sich *D* geltend. Demnach läßt sich die Zusammensetzung auch so angeben, daß in der Mehrzahl der Chabasite der Kern mit einer Mischung der Kieselsäuren  $\text{Si}_4\text{H}_8\text{O}_{12}$  und  $\text{Si}_2\text{H}_4\text{O}_6$  verbunden erscheint.

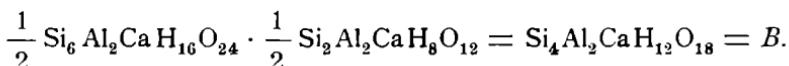
Wird die Zusammensetzung der Chabasite als eine isomorphe Mischung betrachtet, so wäre auch ein Vergleich der vorgenannten Auffassung mit der von A. Streng aufgestellten Mischungsregel anzustellen. Im I. Teile der Abhandlung habe ich mich dagegen ausgesprochen, die von Streng angenommenen Komponenten als FeldSPATHhydrate zu bezeichnen. Sieht man von dieser nicht ganz richtigen Übersetzung der Formeln in Worte ab und betrachtet nur die Calciumverbindungen, so erscheinen als die beiden von Streng angenommenen Verbindungen:



Die erste ist die auch von mir angenommene



Aus dieser und aus der zweiten läßt sich die von mir mit *B* bezeichnete aufbauen:



Hingegen lassen sich die Verbindungen *C* und *D* nicht aus den Streng'schen Komponenten ableiten.

Der Versuch, die von Streng aufgestellte Mischungsregel mit den Analysen zu vergleichen, läßt sich in Kürze so anstellen, daß erstere in die Form  $x \text{Si}_6\text{Al}_2\text{CaH}_{16}\text{O}_{24} + y \text{Si}_2\text{Al}_2\text{CaH}_8\text{O}_{12}$  gebracht und aus den entsprechenden Gleichungen

$$2x + 2y = 2, \quad 6x + 2y = S, \quad 16x + 8y = H$$

das Fazit abgeleitet wird:  $H/2 - S = 2$ .

Wird die Rechnung für die früher genannten 17 Analysen durchgeführt, so ist das Ergebnis folgendes:

	1	2	3	5	6	7	8
$H/2 - S = 2 \cdot 17$	2 · 17	2 · 07	2 · 14	2 · 30	2 · 24	2 · 31	2 · 34
	9	10	11	12	13	14	15
	2 · 24	2 · 78	2 · 32	1 · 95	2 · 36	2 · 45	2 · 48
	16	17	18				
	1 · 72	1 · 70	1 · 62				

Die Forderung ist demnach bloß durch 1, 2, 3 und 12 erfüllt, alle übrigen Analysen zeigen keine Übereinstimmung.

Die Beziehung der chemischen Zusammensetzung und der Krystallform betreffend wäre zu bemerken, daß die Chabasitkrystalle nach Becke's Untersuchungen aus Teilen von niederem Symmetriegrade bestehen, jedoch nach Bauer zuweilen auch optisch einachsige Stellen wahrnehmen lassen. Die Krystalle wären demnach zum größten Teile mimetische Bildungen und die trigonale Struktur trüte nur untergeordnet auf. Die chemischen Formeln der vorher genannten Komponenten lassen einerseits eine monosymmetrische Anordnung

der Atome zu, anderseits bei dreifacher Höhe eine Gliederung nach dem Typus  $P:3Q$ , wo  $P$  eine der einfachen Kiesel-säuren.

Das Verhalten der Chabasite bei der Erwärmung leitet, wie schon früher bemerkt wurde, dazu, Krystallwasser anzunehmen. Dem entspricht die Gliederung der Verbindungen:

- A.  $\text{Si}_4\text{H}_8\text{O}_{12} \cdot \text{Si}_2\text{Al}_2\text{CaO}_8\text{O}_2\text{H}_4 \cdot 2\text{Aq}$   
 B.  $\text{Si}_2\text{H}_4\text{O}_6 \cdot \text{Si}_2\text{Al}_2\text{CaO}_8\text{O}_2\text{H}_4 \cdot 2\text{Ag}$   
 C.  $\text{Si}\text{H}_4\text{O}_4 \cdot \text{Si}_2\text{Al}_2\text{CaO}_8\text{O}_2\text{H}_4 \cdot 2\text{Aq}$   
 D.  $\text{Si}_2\text{H}_2\text{O}_8 \cdot \text{Si}_2\text{Al}_2\text{CaO}_8\text{O}_2\text{H}_4 \cdot 2\text{Aq}$

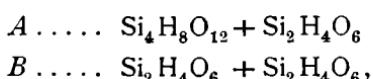
Bei der Einwirkung verdünnter Säuren verhalten sich die Chabasite verschieden. Die siliciumreicheren geben nur sehr wenig lösliches  $\text{SiO}_2$  ab, die übrigen bisweilen eine größere Menge. Dies kann von der Verbindung *C* herrühren, welche  $\text{SiH}_4\text{O}_4$  enthält, oder wie beim Analcim daher, daß der Kern die Struktur eines Orthosilikats besitzt. Bei der Behandlung mit konzentrierter Säure bildet sich dann eine schleimige Kieselsäure.

An dem nach der Zersetzung zurückbleibenden Produkt wurde, wie schon im I. Teile angeführt ist, in drei Fällen die Emanationsgeschwindigkeit bestimmt. Die Kieselsäure, die aus zwei analysierten Stufen erhalten war, ergab bei der Hemmung:

Wassons Bluff (An. 3) . . . .	22·72 %	Wasser
Faröer (An. 12) . . . . .	22·50	"
" . . . . .	23·70	"

also nahe 23 %.

Gemäß dem vorher angeführten bestünden diese beiden Chabasite aus den Verbindungen *A* und *B*, die bei der Zersetzung liefern:



also Mischungen mit dem Verhältnis  $\text{SiO}_2 : \text{H}_2\text{O}$ , denen ein Wassergehalt von 23 % zukommt.

Eine Stufe mit der Fundortsangabe Aussig, für die keine Analyse vorliegt, lieferte eine pulverige Kieselsäure mit merklicher Beimengung von  $\text{SiH}_4\text{O}_4$  und für diese wurde der Wassergehalt bei der Hemmung zu 23·94 % bestimmt. Wäre diese Zahl genau, so würde sie auf 6·5 % jener Beimengung schließen lassen.

### 37. Gmelinit.

Die Krystalle des Gmelinites erscheinen in der Tracht von jenen des Chabasits meistens verschieden. Werden die Formen beider auf ein ähnliches Achsenverhältnis bezogen, so ergibt sich ein Unterschied von ungefähr 35 Minuten an der Grundform. Nach Becke sind die Krystalle im gegenwärtigen Zustande als mimetische Bildungen zu betrachten.

Der chemischen Zusammensetzung nach wäre der Gmelinit als ein Natriumchabasit zu bezeichnen.

Die wenigen bekannten Analysen geben keine großen Unterschiede der Zusammensetzung an.

1. Five Islands. L. V. Pirsson. Mittel von zwei Analysen. Dana System (1892), 594.
2. Five Islands. H. Howe. Dana System (1892), 594.
3. Bergen Hill. H. Howe. Dana System (1892), 594.
4. Montecchio magg. E. Zdarek. Neue Analyse.
5. Aci Castello. J. Lemberg (Herschelit). Dana System, 591.
6. Richmond. C. Hersch (Seebachit). Dana System, 591.
7. Two Islands. H. Howe (Gmelinit). Dana System, 594.

	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}$	$\text{CaO}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{H}_2\text{O}$	Summe
1.	50·51	18·41	0·20	1·03	9·82	0·15	20·19	100·31
2.	50·45	18·27	0·17	1·12	9·79	0·20	20·71	100·71
3.	48·67	18·72	0·10	2·60	9·14	...	21·35	100·58
4.	48·82	19·61	0·05	1·23	9·13	0·38	20·43	99·71 <sup>1</sup>
5.	46·46	20·24	...	1·03	8·95	3·87	19·45	100
6.	43·84	20·99	...	5·89	5·78	1·83	21·97	100·30
7.	51·36	17·81	0·15	5·68	3·92	0·23	20·96	100·11

<sup>1</sup> Außerdem 0·06  $\text{MgO}$ .

Daraus wurden die folgenden Atomverhältnisse berechnet:

	Si	Al	Ca	Na	H
1.	4·650	: 2	: 0·102	: 1·786	: 12·44
2.	4·680	: 2	: 0·112	: 1·790	: 12·86
3.	4·392	: 2	: 0·252	: 1·605	: 12·89
4.	4·219	: 2	: 0·122	: 1·574	: 11·82
5.	3·891	: 2	: 0·093	: 1·458	: 10·90
6.	3·540	: 2	: 0·511	: 1·097	: 11·88
7.	4·861	: 2	: 0·578	: 0·750	: 13·28

Die Analysen 1 bis 5 ergeben Verhältnisse von Si : Al : H, die jenen der Chabasite sehr ähnlich sind, jedoch ist Ca fast ganz durch Na<sub>2</sub> ersetzt und die Beträge für H sind etwas geringer.

Demnach können hier die den Calciumverbindungen entsprechenden Natriumverbindungen A', B', D' angenommen werden und die letztere würde den geringeren H-Gehalt bedingen.

Für die prozentischen Verhältnisse berechnen sich die Zahlen:

	A' = Si <sub>6</sub> Al <sub>2</sub> Na <sub>2</sub> H <sub>16</sub> O <sub>21</sub>	B' = Si <sub>4</sub> Al <sub>2</sub> Na <sub>2</sub> H <sub>12</sub> O <sub>19</sub>	D' = Si <sub>4</sub> Al <sub>2</sub> Na <sub>2</sub> H <sub>10</sub> O <sub>17</sub>
SiO <sub>2</sub>	53·99	46·97	48·68
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15·25	19·90	20·63
Na <sub>2</sub> O	9·25	12·08	12·51
H <sub>2</sub> O	21·51	21·05	18·18

Bei der Umrechnung der Analysen wurden für FeO<sub>3</sub> die äquivalenten Mengen Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, für CaO die äquivalenten Mengen Na<sub>2</sub>O einbezogen.

	A'	.....	40	.....	26	.....	20	.....	
B'	.....	20	.....	74	.....	50	.....	80	
D'	.....	40	.....	.....	30	.....	20	.....	
	1	2	ber.	3	ber.	4	ber.	5	ber.
50·52	50·47	50·46	48·85	48·80	48·81	48·90	47·03	47·31	
18·54	18·38	18·33	18·85	18·69	19·64	19·19	20·49	20·05	
11·06	11·15	11·12	11·45	11·34	10·83	11·64	12·79	12·16	
20·19	20·71	20·09	21·43	21·17	20·43	20·27	19·69	20·48	
100·31	100·71		100·58		99·71		100		

Die Differenzen sind:

1	2	3	4	5
+06	+01	+05	-09	-28
+21	+05	+16	+45	+44
-06	+03	+11	-81	+63
+10	+62	+26	+16	-79

Die Analysen der Gmelinite stimmen sonach mit der Rechnung gut überein. Der Herschelit unter 5 wäre als ein kaliumhaltiger Gmelinit zu bezeichnen. Die Analysen 6 und 7 beziehen sich auf Übergänge zum Chabasit.

Für 6 wurden berechnet 55 *B'* und 45 *C*.

Für 7 wurden berechnet 47 *A*, 35 *B'* und 18 *D*.

	6	ber.		7	ber.	
SiO <sub>2</sub> ...	44·12	44·04	+08	51·43	50·91	+52
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ...	21·12	21·23	-11	17·93	17·96	-03
CaO....	5·93	5·64	+29	5·69	6·02	-33
Na <sub>2</sub> O ...	7·02	6·64	+38	4·07	4·23	-16
H <sub>2</sub> O....	22·11	22·45	-34	20·99	20·88	+11
	100·30			100·11		

Nach dieser Analyse 6 steht der Seebachit zwischen Chabasit und Gmelinit. Auch die älteren Analysen geben ihm eine solche Mittelstellung. Der Gmelinit 7 wäre gleichfalls ein Zwischenglied. Es wäre möglich, daß regelmäßige Verwachsungen beider Zeolithe analysiert wurden.

Nach den bisherigen Beobachtungen liefert der Gmelinit bei der Zersetzung durch Säuren eine pulverige Kieselsäure. Aus dem Gmelinit von Montecchio maggiore erhielt ich nur pulveriges Kieselsäuregemisch.

### 38. Levyn.

Infolge der Seltenheit des Minerals ist die Zahl der hierhergehörigen Beobachtungen eine geringe. Nach den Messungen von Haidinger zeigt sich eine krystallographische Ähnlichkeit mit Chabasit, da das Achsenverhältnis  $a:c$  für Levyn 0·8357, für Chabasit nach Phillips 1·0860 und die Zahlen für  $c$  sich nahezu wie 3:4 verhalten. Werden beide

als mimetische Bildungen aufgefaßt, so ergeben sich, wie schon früher angeführt ist, für die als monoklin berechneten Teilkristalle

des Chabasits ...	$0 \cdot 4630 : 1 : 0 \cdot 3406$	$\beta = 83^\circ 34'$
» Levyn .....	$0 \cdot 4704 : 1 : 0 \cdot 3433$	84 54

als Achsenverhältnisse. Die Spaltebene scheint in den beiden etwas verschieden zu liegen. Der Levyn ist optisch negativ sowie der Chabasit in den meisten Fällen.

Von Analysen aus neuerer Zeit liegt nur eine einzige vor, jene 1. an dem Vorkommen am Table Mountain von W. F. Hillebrand, aus älterer Zeit (1846) jene 2. an einem isländischen Vorkommen von Damour, Dana System, 595.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	Summe
1.	46·76	21·91	11·12	1·34	0·21	18·65	99·99
2.	44·48	23·77	10·71	1·38	1·61	17·41	99·36

Letztere Analyse dürfte sich nicht zur Berechnung eignen. Gegen die erste zeigt sich eine Differenz in SiO<sub>2</sub> und Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, während die Summe beider Zahlen für die erste 68·67, für die zweite 68·25 beträgt, was auf die bei älteren Analysen mangelhafte Trennung der beiden Oxyde hindeutet. Die Wasserbestimmung in 2 dürfte zu gering ausgefallen sein, ähnlich wie in anderen Zeolithanalysen aus früherer Zeit. Demnach beschränkt sich die folgende Berechnung auf die Analyse 1. Hier ist der Siliciumgehalt geringer als im Chabasit, ebenso der Wassergehalt. Die Atomverhältnisse sind:

Si	Al	CaO	Na	H
3·617	2	0·9251	0·2225	9·659

Hier ist eine Verbindung  $\text{Si}_4\text{Al}_2\text{CaH}_{10}\text{O}_{17}$  angedeutet, welche der beim Chabasit angeführten *D* gleich ist, ferner eine siliciumärmere  $\text{Si}_3\text{Al}_2\text{CaH}_{10}\text{O}_{15}$ , die beim Phillipsit mit *F* bezeichnet wurde.

Die prozentische Zusammensetzung der beiden ist folgende:

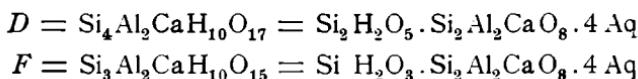
$D = \text{Si}_4\text{Al}_2\text{CaH}_{10}\text{O}_{17}$	$F = \text{Si}_3\text{Al}_2\text{CaH}_{10}\text{O}_{15}$
$\text{SiO}_2 \dots$	49·27
$\text{Al}_2\text{O}_3 \dots$	20·88
$\text{CaO} \dots$	11·45
$\text{H}_2\text{O} \dots$	8·40
	42·14
	23·81
	13·06
	20·99

Aus den Atomverhältnissen ergibt sich die Zusammensetzung aus 65 % D und 35 % F.

	red.	ber.
$\text{SiO}_2 \dots$	46·86	46·78 +08
$\text{Al}_2\text{O}_3 \dots$	21·96	21·90 +06
$\text{CaO} \dots$	12·48	12·02 +46
$\text{H}_2\text{O} \dots$	18·69	19·30 -61
	99·99	

Die Übereinstimmung ist eine vollkommene. Der berechnete Wassergehalt dürfte dem ursprünglichen gleichen.

Eine Bestimmung des Wasserverlustes bei 100° liegt nicht vor. Wegen der Analogie mit Chabasit werden auch hier 4 Mol. Krystallwasser anzunehmen sein. Sonach wäre die Gliederung der beiden Verbindungen:



D und F wären den beim Phillipsit unter D und F angeführten isomer.

### 39. Desmin.

Der Desmin umfaßt eine Anzahl isomorpher Mischungen, die eine Parallelie zur Heulanditreihe darstellen. Die Ähnlichkeit geht so weit, daß die Analysen mancher Desmine die gleichen Zahlen aufweisen wie jene einiger Heulandite. Die Reihe des Desmins ist jedoch länger und mannigfaltiger; sie umfaßt den Phillipsit und Harmotom und die Verhältnisse von Si und Al reichen von  $\text{Si}_7\text{Al}_2$  bis  $\text{Si}_3\text{Al}_2$ , hier an den Gismondin anschließend. In krystallographischer Beziehung zeigt sich, wie schon im I. Teile bemerkt wurde, viele Ähnlichkeit.

Heulandit . . . . .	$0 \cdot 4035 : 1 : 0 \cdot 4293$	$\beta = 88^\circ 34'$
Desmin . . . . .	$0 \cdot 4628 : 1 : 0 \cdot 3811$	89 30
Harmotom . . . . .	$0 \cdot 5053 : 1 : 0 \cdot 3516$	90
Phillipsit . . . . .	$0 \cdot 5148 : 1 : 0 \cdot 3547$	90

In der Reihe der Desminmischungen treten auch Glieder von rhombischer Form auf, deren Achsenverhältnisse noch nicht genauer bekannt sind.

Im folgenden werden die Analysen angeführt, die zur Berechnung der Mischungsverhältnisse dienten.

1. Kupferinsel (Stellerit). J. Morozewicz. Rhombische Krystalle. Z. Kryst., 50 (1912), 654.
2. Gellivara-Gruben. A. Bygdén. Z. Kryst., 41 (1906), 430.
3. Germantown. J. Eyermann. Gelblich. Z. Kryst., 42 (1907), 302.
4. Faröer. Silvia Hillebrand. Große Krystalle. Neue Analyse.
5. Suram, Kaukasus. Malys. Z. Kryst., 25 (1896), 575.
6. Durken (Erionit). A. S. Eakle. Gerade auslöschende Fasern. Z. Kryst., 30 (1899), 178.
7. Italian Mt. L. G. Eakins. Bull. geol. Survey, 419, p. 282.
8. Germantown. J. Eyermann. Graulichweiß. Z. Kryst., 42 (1907), 302.
9. Herczegany. B. Medgyesy. Mittel zweier An. Z. Kryst., 11 (1886), 264.
10. Faröer. Wiik's Laboratorium. Z. Kryst., 7 (1883), 112.
11. Helgustadir. C. Hersch. Dana System (1892), 584.
12. Csodiberg. A. Vendl. Z. Kryst., 54 (1915), 181.
13. Faröer. J. Lemberg. Zeitschr. d. d. geol. Ges., 37 (1885), 89.
14. Schwarzenberg (Epidermin). Rosicky und Thugutt. Rhombische Nadeln. Zentralbl. f. Min., 1913, p. 422.
15. Berufiord. A. Gilbert. Chemie der Erde, 1 (1915), 234.
16. Nadap. B. Mauritz. Mittel zweier An. Z. Kryst., 48 (1911), 441.
17. Striegau. K. Blaschke. Inauguraldiss., 1914.
18. Elba. E. Manasse. Z. Kryst., 35 (1902), 513.
19. Faröer. A. Ortmann. Große Krystalle. Neue Analyse.

20. Table Mt. W. F. Hillebrand. Bull. geol. Survey, 419, p. 282.
21. Wassons Bluff. G. Steiger. Z. Kryst., 38 (1904), 674.
22. Rockhill. J. Eyermann. Z. Kryst., 54 (1915), 99.
23. Faröer. Wiik's Laboratorium. Z. Kryst., 7 (1883), 112.
24. Berks Cty. E. F. Smith. Z. Kryst., 52 (1913), 79.
25. Obara. Shimizu. Z. Kryst., 52 (1913), 513.
26. Kronprinz Rudolf-I. L. Colomba. Z. Kryst., 41 (1906), 280.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	Summe
1.	59·23	14·41	0·22	8·23	...	...	...	18·15	100·24
2.	58·22	14·68	0·22	7·66	0·11	0·51	0·44	18·22	100·06
3.	58·53	15·84	...	8·02	...	0·63	1·65	14·67	99·34
4.	58·14	15·48	0·15	8·06	0·08	0·01	...	18·57	100·49
5.	57·77	15·76	...	7·35	...	0·63	1·14	17·28	99·93
6.	57·16	16·08	...	3·50	0·66	2·47	3·51	17·30	100·68
7.	57·75	16·64	...	8·58	...	...	...	17·17	100·14
8.	57·40	16·95	...	8·00	...	0·54	...	16·87	99·76
9.	57·12	16·63	...	8·56	...	...	...	16·55	98·86
10.	57·09	16·52	...	9·03	...	...	...	17·79	100·43
11.	56·91	15·59	...	7·47	...	1·14	...	18·73	99·84
12.	56·21	16·01	...	8·11	...	0·24	...	19·17	99·74
13.	56·62	16·18	...	7·60	...	0·91	0·24	18·63	100·18
14.	55·92	16·00	...	7·58	0·06	0·88	0·67	18·69	99·80
15.	55·65	16·70	...	7·10	...	1·15	0·45	18·95	100
16.	55·79	16·87	...	7·84	...	1·51	0·23	18·72	100·96
17.	56·35	16·80	...	7·56	...	0·82	0·58	17·79	99·90
18.	56·59	17·73	...	7·03	...	1·73	...	17·75	100·83
19.	54·51	16·31	...	8·00	...	1·94	...	18·86	99·62
20.	54·65	16·78	...	7·98	...	1·47	...	19·16	100·06
21.	55·41	16·85	0·18	7·78	0·05	1·23	...	19·01	100·51
22.	54·83	16·94	...	8·61	...	1·26	0·17	17·63	99·44
23.	56·68	17·59	...	7·65	...	...	2·11	15·94	99·97
24.	54·27	17·24	...	7·81	...	1·81	...	19·56	100·69
25.	54·00	17·94	...	7·94	...	1·12 <sup>1</sup>	...	19·37	100·37
26.	54·21	18·60	...	8·67	...	0·41	...	18·71	100·60

<sup>1</sup> Na<sub>2</sub>O und K<sub>2</sub>O.

Die daraus berechneten Atomverhältnisse sind:

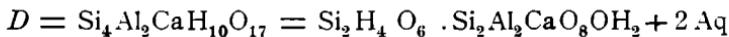
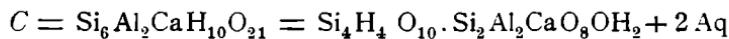
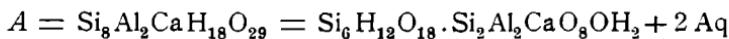
	Si	Al	Ca	Na	H
1.	6·96	: 2 : 1·04	: .....	: 14·29	
2.	6·66		0·961 : 0·178	: 13·95	
3.	6·26		0·923 : 0·357	: 10·51	
4.	6·32		0·956 : .....	: 13·52	
5.	6·21		0·850 : 0·259	: 12·44	
6.	6·03		0·50 : 1·00	: 12·15	
7.	5·88		0·94 : .....	: 11·71	
8.	5·74		0·861 : 0·105	: 11·29	
9.	5·75		0·927 : .....	: 11·16	
10.	5·86		0·996 : .....	: 12·22	
11.	6·19		0·873 : 0·241	: 13·63	
12.	5·95		0·923 : 0·049	: 13·59	
13.	5·93		0·856 : 0·185	: 13·06	
14.	5·92		0·864 : 0·278	: 13·24	
15.	5·65		0·775 : 0·286	: 12·87	
16.	5·60		0·847 : 0·322	: 12·59	
17.	5·69		0·820 : 0·235	: 12·01	
18.	5·41		0·723 : 0·322	: 11·36	
19.	5·66		0·894 : 0·383	: 13·12	
20.	5·52		0·867 : 0·289	: 12·96	
21.	5·50		0·838 : 0·237	: 12·63	
22.	5·49		0·925 : 0·267	: 11·81	
23.	5·46		0·793 : 0·260	: 10·28	
24.	5·34		0·826 : 0·346	: 12·88	
25.	5·10		0·807 : 0·206	: 12·25	
26.	4·94		0·852 : 0·727	: 11·41	

Einige Analysen wurden weiterhin zur Berechnung nicht verwendet:

German town. Faserig. Eyermann .....	Al : Ca ... 2 : 1·50
Kilbarchan. Rot. Houston.....	: 1·34
Berks Cty. Brunner und Smith .....	: 1·30
Bordöe. Krystallisiert. Heddle .....	: 1·23
Montresta. Deprat.....	: 0·86

Miage-Gletscher. Faserig. Cossa.....	Al : Ca ... 2 : 0·83
Teigarhorn. Baschieri.....	: 0·82
Serra de Brotas. Radialstengelig. G. de Campos .....	: 0·64

Aus den angeführten Verhältnissen ergibt sich ebenso wie für Heulandit ein Schwanken um  $\text{Si}_6\text{Al}_2$ , so daß als Grenzen  $\text{Si}_8$  und  $\text{Si}_4$  angenommen werden können. Der Gehalt an H erscheint im allgemeinen etwas höher als dort, außerdem wurde im I. Teile der Abhandlung als wahrscheinlich betrachtet, daß 2 Mol. Krystallwasser enthalten sind. Dementsprechend folgt für die obere Grenze  $\text{Si}_6\text{H}_{12}\text{O}_{18} \cdot K\text{COH}_2 + 2 \text{Aq}$  und für die untere  $\text{Si}_2\text{H}_4\text{O}_6 \cdot K\text{COH}_2 + 2 \text{Aq}$ , wonach vier Verbindungen anzunehmen wären:



	A	B	C	D
$\text{SiO}_2$ .....	60·09	55·99	59·30	49·27
$\text{Al}_2\text{O}_3$ .....	12·73	15·81	16·75	20·88
$\text{CaO}$ .....	6·98	8·68	9·19	11·45
$\text{H}_2\text{O}$ .....	20·20	19·52	14·76	18·40

Die prozentische Zusammensetzung der Verbindungen *B*, *C*, *D* ist dieselbe wie beim Heulandit, für *A* tritt ein höherer Wassergehalt ein.

Die Analysen geben, mit Ausnahme des Erionits 6, der später noch besprochen wird, nur geringe Mengen von Alkalien an, daher wurden bei der Reduktion für Na und K die äquivalenten Mengen von Ca eingesetzt. Die Berechnung aus den prozentischen Verhältnissen der obigen Verbindungen im Vergleiche mit den Daten der Analysen gestaltet sich wie folgt:

<i>A</i>	.....	56·8	.....	33·3	.....	—	.....	20
<i>B</i>	.....	—	.....	33·3	.....	—	.....	50
<i>C</i>	.....	43·2	.....	33·3	.....	100	.....	30

	1	ber.	2	ber.	3	ber.	4	ber.
SiO <sub>2</sub>	59·28	59·74	58·37	58·46	58·96	59·30	58·16	57·80
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14·56	14·47	14·86	15·11	15·96	16·75	15·58	15·48
CaO	8·24	7·94	8·56	8·28	9·64	9·19	8·18	8·49
H <sub>2</sub> O	18·16	17·85	18·27	18·15	14·78	14·76	18·57	18·23
	100·24		100·06		99·34		100·49	

<i>A</i>	.....	14	.....	.....	.....	—	.....	—
<i>B</i>	.....	40	.....	.....	.....	—	.....	50
<i>C</i>	.....	46	.....	.....	.....	—	.....	50

5	ber.	6	7	8	9	10	ber.
58·06	58·08	57·78	57·75	57·43	57·12	57·09	57·65
15·84	15·81	16·25	16·64	16·96	16·63	16·52	16·28
8·66	8·68	8·84	8·58	8·49	8·56	9·03	8·93
17·37	17·43	17·81	17·17	16·88	16·65	17·79	17·14
99·93		100·68	100·14	99·76	98·86	100·43	

*A* ..... 13

*B* ..... 71

*C* ..... 16

11      ber.

56·97    57·06

15·61    15·56

8·51    8·54

18·75    18·84

99·84

*B* ..... 100 ..... 80 ..... 70

*C* ..... — ..... 20 ..... 15

*D* ..... — ..... — ..... 15

12	ber.	13	14	ber.	15	16	ber.
56·22	55·99	56·72	56·11	56·65	55·84	55·92	55·48
16·01	15·81	16·21	16·05	16·00	16·76	16·92	16·71
8·33	8·68	8·58	8·89	8·78	8·39	9·36	9·17
19·18	19·52	18·67	18·75	18·57	19·01	18·76	18·64
99·74		100·18	99·80		100	100·96	

<i>B</i>	.....	40	.....	84	.....	79	.....	70
<i>C</i>	.....	40	.....	—	.....	2	.....	10
<i>D</i>	.....	20	.....	16	.....	19	.....	20
17	18	ber.	19	ber.	20	ber.	21	ber.
56·52	56·68	55·97	54·61	54·91	54·75	54·78	55·50	54·98
16·86	17·76	17·20	16·34	16·63	16·80	16·80	16·99	16·92
8·67	8·61	9·44	9·77	9·12	9·32	9·21	8·98	9·28
17·85	17·78	17·39	18·90	19·34	19·19	19·21	19·04	18·82
99·90	100·83		99·62		100·06		100·51	

<i>B</i>	.....	48	.....	8	.....	73	.....	62
<i>C</i>	.....	30	.....	70	.....	—	.....	—
<i>D</i>	.....	22	.....	22	.....	27	.....	38

22	ber.	23	ber.	24	ber.	25	ber.
54·94	55·60	57·17	56·83	54·36	54·18	54·05	53·44
16·97	17·11	17·74	17·58	17·27	17·18	17·97	17·74
9·87	9·44	8·98	9·65	9·46	9·43	8·96	9·73
17·66	17·85	16·08	15·94	19·60	19·21	19·39	19·09
99·44		99·97		100·69		100·37	

*B*.....40

*C*.....20

*D*.....40

26 ber.

54·23 53·96

18·61 18·03

9·04 9·89

18·72 18·12

100·60

Die Analysen und die berechneten Werte geben folgende Unterschiede:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
-46	-09	-34	+36	-02	+13	+10	-22	-53	-56	-09	+23	+07
+09	-25	-79	+10	+03	-03	+36	+68	+35	+24	+05	+20	+21
+30	+28	+45	-31	-02	-09	-35	-44	-37	+10	-03	-35	-20
+31	+12	+02	+34	-06	+67	+03	-26	-59	+65	-09	-34	+10
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
-54	+36	+43	+55	+71	-30	-03	-48	-66	+34	+18	+61	+27
+05	+05	+21	-34	+56	-29	00	+07	-14	+16	+09	+23	+58
+11	-78	+19	-77	-83	+65	+11	+70	+43	-67	+03	-77	-85
+18	+37	+12	+46	+39	-44	-02	+22	-19	+14	+39	+80	+60

Die Übereinstimmung ist eine recht gute. Die 0·5% erheblich übersteigenden Differenzen treten zumeist nur beim Ca ein, wo zwei bis drei Bestimmungen und auch deren Beobachtungsfehler vereinigt sind. Demnach befolgt der Desmin fast die gleiche Mischungsregel wie der Heulandit. Während aber in diesem die Verbindung  $C = \text{Si}_6\text{Al}_2\text{CaH}_{10}\text{O}_{21}$  die herrschende ist, macht sich im Desmin die Verbindung  $B = \text{Si}_6\text{Al}_2\text{CaH}_{14}\text{O}_{23}$  durchwegs geltend.

Drei von den angeführten Zeolithen werden abweichend von den übrigen als rhombisch angegeben: der Stellerit, Erionit, Epidesmin. Diese fügen sich in bezug auf die Zusammensetzung in die Reihe der Desmine, unterscheiden sich aber durch ihr optisches Verhalten, indem sie eine gerade Auslöschung wahrnehmen lassen.

Der Stellerit, von dem Entdecker Morozewicz als eine besondere Gattung aufgestellt, ist von ähnlicher Form und gleicher Spaltbarkeit wie der Desmin. In chemischer Hinsicht erscheint er als der siliciumreichste Desmin, gleichwie, vom Mordenit abgesehen, die Heulandite vom Teigarhorn und Fassatal mit höherem Siliciumgehalt die Reihe beginnen.

Der Epidesmin hat den gleichen Prismawinkel und unterscheidet sich in der Zusammensetzung nicht vom Desmin.

Der wollähnliche Erionit, welcher beim Erhitzen sich bräunte und 0·22% Ammoniak lieferte, befolgt in seiner Zusammensetzung dieselbe Regel wie der Desmin, jedoch ist er viel reicher an Na als die übrigen Zeolithe dieser Reihe.

Wenn diese drei Zeolithe dem rhombischen System angehören, so wäre zu vermuten, daß auch noch mehrere andere Desmine, die optisch nicht geprüft wurden, diesem Symmetriegrad entsprechen, also neben den Desminen, die monoklin, auch triklin befunden wurden, eine dazu parallele rhombische Reihe existiert.

Eine Anzahl von Desminen, die ich prüfte, wurden durch Salzsäure unter Bildung pulveriger Kieselsäure zersetzt. Bei der Behandlung mit sehr verdünnter Säure ging ungefähr 1%  $\text{SiO}_2$  in die Lösung über.

Im I. Teile der Abhandlung wurde angeführt, daß in der Kieselsäure, die aus dem Desmin der Faröer (Analyse 4) erhalten war, der Wassergehalt bei der Hemmung zu 20·93 und 21·19 % Wasser bestimmt wurde.

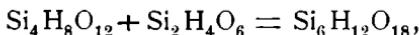
Für jenen Desmin ist die Zusammensetzung 20 A, 50 B, 30 C berechnet worden, was den  $\text{SiO}_2$ -Mengen 0·12018, 0·27995 und 0·1779 in der Gewichtseinheit entspricht und  $\mathfrak{S} = 0\cdot57803$  ergibt.

Bei der Zersetzung entsteht

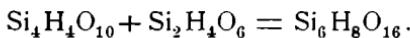
aus  $A = \text{Si}_6\text{H}_{12}\text{O}_{18} \cdot \text{Si}_2\text{Al}_2\text{CaO}_8\text{OH}_2 + \text{Aq}$  die Kieselsäure



aus  $B = \text{Si}_4\text{H}_8\text{O}_{12} \cdot \text{Si}_2\text{Al}_2\text{CaO}_8\text{OH}_2 + \text{Aq}$  die Kieselsäure



aus  $C = \text{Si}_4\text{H}_4\text{O}_{10} \cdot \text{Si}_2\text{Al}_2\text{CaO}_8\text{OH}_2 + \text{Aq}$  die Kieselsäure



Die Kieselsäuren, welche aus A und aus B entstehen, sind von gleicher prozentischer Zusammensetzung nach dem Verhältnis  $\text{SiH}_2\text{O}_3$ , die aus C hervorgehende zeigt das Verhältnis  $\text{Si}_3\text{H}_4\text{O}_8$ . Demnach ist der Wassergehalt der Mischung

$$\mathfrak{H}_1 = 0\cdot4003 l_1 + 0\cdot1799 l_2 = 0\cdot15947,$$

da  $l_1 = 0\cdot29876$  und  $l_2 = 0\cdot19920$ . Der prozentische Wassergehalt bei der Hemmung berechnet sich zu

$$W = 100 \frac{\mathfrak{H}_1}{\mathfrak{S} + \mathfrak{H}_1} = 21\cdot14,$$

was mit den beobachteten Werten gut übereinstimmt. Für die aus dem ähnlich zusammengesetzten Desmin von Teigarhorn erhaltene Kieselsäure bestimmte Baschieri den Wassergehalt zu 21·05, 20·93 und 20·16 % bei der Hemmung.

#### 40. Harmotom.

Sowohl bezüglich der Krystallform als der chemischen Verhältnisse nimmt der Harmotom eine Mittelstellung zwischen Desmin und Phillipsit ein.

Von den Analysen datieren nur wenige aus neuerer Zeit.

Nach Weglassung jener von Hersch, aus der sich das Verhältnis Al : Ba zu 2 : 0·887 ergibt, sind dieselben:

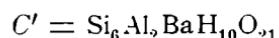
1. Oberstein. W. Fresenius. Zeitschr. f. Kryst., 3 (1879), 61.
2. Andreasberg. J. Lemberg. Hintze's Handb. d. Min., II, 1798.
3. Strontian. J. Bruckmoser. Diese Berichte, 116, Abt. I (1907), 1655. Eine unvollständige Analyse.
4. Strontian. G. Stoklossa. Jahrb. f. Min., 1917, Beilageband 42, p. 1.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	BaO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	Summe
1.	47·42	15·80	18·98	...	1·71	0·48	15·14	99·75 <sup>1</sup>
2.	46·74	16·04	20·37	0·30	0·82	0·68	15·05	100
3.	46·97	16·74	20·39	...	...	...	14·98	.....
4.	48·51	16·44	20·19	...	...	1·59	13·79	100·52

Aus diesen berechnen sich die Verhältnisse:

1. 5·069 : 2 : 0·8184 : 0·4213 : 10·83
2. 4·939 : 2 : 0·8804 : 0·2605 : 10·65
3. 4·755 : 2 : 0·8177 : ..... : 10·15
4. 5·001 : 2 : 0·8184 : 0·2098 : 9·51

Die Zahlen nähern sich dem für Harmotom gewöhnlich angenommenen Verhältnis Si<sub>5</sub>Al<sub>2</sub>BaH<sub>10</sub>, welcher zwischen dem vorher für Desmin berechneten *B* und dem folgenden bis zu jenem für Phillipsit angenommenen *E* liegt. Die entsprechenden bariumhaltigen Verbindungen wären:




---

<sup>1</sup> Außerdem 0·09 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0·13 MgO.

und deren prozentische Zusammensetzung:

	<i>B'</i>	<i>C'</i>	<i>D'</i>	<i>E'</i>
$\text{SiO}_2 \dots\dots$	48·66	51·14	41·10	42·40
$\text{Al}_2\text{O}_3 \dots\dots$	13·75	14·45	17·42	17·97
$\text{BaO} \dots\dots$	20·63	21·68	26·13	26·96
$\text{H}_2\text{O} \dots\dots$	16·96	12·73	15·35	12·67

Die Vergleichung der reduzierten Analysen mit der Berechnung ergibt folgendes, wenn für 1 und 2 54 % *B'* und 46 % *E'*, für 4 hingegen 70 % *C'* und 30 % *D'* angenommen werden:

	1	2	ber.	4	ber.
$\text{SiO}_2$	45·92	+14	45·76	-02	45·78
$\text{Al}_2\text{O}_3$	15·35	-34	15·70	+01	15·69
$\text{BaO}$	23·82	+28	23·81	+27	23·54
$\text{H}_2\text{O}$	14·66	-33	14·73	-26	14·99
	<u>99·75</u>		100		<u>100·52</u>

Die Übereinstimmung ist bis auf einen Posten eine vollkommene.

Die Analyse Bruckmoser's genügt zur Berechnung des Wassergehaltes der Kieselsäure, die aus dem Harmotom von Strontian hervorgeht. Aus der empirischen Formel

$$4 \cdot 755 \text{ Si } 2 \text{ Al.} \dots \dots 10 \cdot 15 \text{ H}$$

berechnen sich, wenn die Verbindungen *C'* und *D'* als Komponenten angenommen werden, deren Verhältnis  $p = 0 \cdot 38$ ,  $q = 0 \cdot 62$  und das Gewichtsverhältnis  $\alpha = 0 \cdot 4249$ ,  $\beta = 0 \cdot 5751$ .

Nach Berücksichtigung des  $\text{SiO}_2$ -Gehaltes der beiden Verbindungen wird für die reduzierte Analyse berechnet:

$$\mathfrak{S} = 21 \cdot 73 + 23 \cdot 64 = 45 \cdot 37.$$

Aus  $C' = \text{Si}_4\text{H}_4\text{O}_{10} \cdot Kb \cdot 3 \text{ H}_2\text{O}$  entsteht



aus  $D' = \text{Si}_2\text{H}_4\text{O}_6 \cdot Kb \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  entsteht

$$\begin{aligned} \text{Si}_2\text{H}_4\text{O}_6 + \text{Si}_2\text{H}_4\text{O}_6 &= \text{Si}_4\text{H}_8\text{O}_{12}, \\ \text{wonach} \quad \mathfrak{H}_1 &= 4 \cdot 328 + 7 \cdot 061 = 11 \cdot 389, \\ \text{folglich} \quad W &= 20 \cdot 07 \%. \end{aligned}$$

Beobachtet wurden 19·93, 20·19 und 20·30 %, wodurch die Annahmen  $C'$  und  $D'$  bestätigt werden.

#### 41. Phillipsit.

Der Phillipsit umfaßt eine Anzahl von Zeolithen, die sowohl der Form als der Zusammensetzung nach dem Desmin ähnlich sind und bezüglich des Siliciumgehaltes eine an Desmin und Harmotom anschließende Reihe bilden.

Die zur Berechnung verwendeten Analysen sind:

1. Mont Simiouse. Ph. Barbier. Z. Kryst., 48 (1911), 313.
2. Limburg. W. Fresenius. Z. Kryst., 3 (1879), 62.
3. Anerode II. W. Fresenius. Z. Kryst., 3 (1879), 62.
4. Kurzy (als Wellsit bezeichnet). A. Fersmann. Z. Kryst., 51 (1913), 294.
5. Eulenberg bei Leitmeritz. E. Zdarek. Neue Analyse.
6. Nidda. W. Fresenius. Z. Kryst., 3 (1879), 62.
7. Aci Castello. W. Fresenius. Z. Kryst., 3 (1879), 62.
8. Aci Castello. W. Lemberg. Hintze's Handb., II, 1807.
9. Richmond. J. Lemberg. Hintze's Handb., II, 1807.
10. Vallerano. F. Zambonini. Z. Kryst., 40 (1905), 398.
11. Vallerano. F. Zambonini. Z. Kryst., 40 (1905), 398.

Die folgenden Analysen sind weggelassen:

Aci Castello, Ricciardi...	$\text{Al} : \text{Ca} = 2 : 0 \cdot 646$	mit $0 \cdot 05 \text{ MgO}$
Landskrone, Peck .....		: 0·839
Somoskö, Schafarzik ...		: 0·844
Annerode I, Fresenius ..		: 0·881 An. an geringer Menge ausgeführt
Eulenberg, Walland	1·092 und 1·118	Summe der Alkalien zu groß

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	BaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	Summe
1.	52·10	18·33	...	4·96	...	...	6·88	1·10	16·55	99·92
2.	51·68	18·17	0·24	5·36	0·39	0·30	4·67	0·94	18·21	99·96
3.	51·79	19·00	0·24	7·03	0·03	0·15	3·94	0·52	17·63	100·33
4.	49·40	19·14	0·12	5·67	4·84	...	3·50	0·12	16·78	100·18 <sup>1</sup>
5.	48·86	20·99	0·17	6·76	...	0·05	5·05	0·99	16·55	99·42
6.	47·65	21·26	0·15	8·05	...	...	5·41	0·64	16·81	99·96
7.	46·89	21·38	0·15	3·62	...	0·07	2·66	7·14	18·28	100·19
8.	46·87	21·78	...	2·67	...	...	3·72	7·72	17·24	100
9.	45·60	22·70	...	4·52	...	...	6·05	4·51	16·62	100
10.	43·79	23·77	...	5·28	...	...	10·93	...	16·04	99·81
11.	41·37	23·15	...	8·03	...	...	9·38	...	17·73	99·66

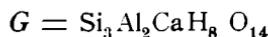
Die entsprechenden Atomverhältnisse sind:

	Si	Al	Ca	K	H	Al : B
1.	4·817	2 : 0·493	1·012	10·24		2 : 0·999
2.	4·780	2 : 0·589	0·722	11·28		: 0·950
3.	4·583	2 : 0·690	0·536	10·44		: 0·968
4.	4·374	2 : 0·740	0·417	9·95		: 0·948
5.	3·945	2 : 0·587	0·679	8·95		: 0·927
6.	3·782	2 : 0·687	0·648	8·94		: 1·011
7.	3·703	2 : 0·316	1·365	9·66		: 0·998
8.	3·647	2 : 0·223	1·539	8·98		: 0·993
9.	3·405	2 : 0·363	1·233	8·31		: 0·980
10.	3·122	2 : 0·405	0·998	7·66		: 0·904
11.	3·029	2 : 0·632	0·879	8·69		: 1·072

In den vorstehenden Analysen zeigt sich ein Schwanken der Verhältnisse zwischen Si<sub>5</sub>Al<sub>2</sub> und Si<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>, im Wasserstoff zwischen 12 und 8, wonach sowohl in SiO<sub>2</sub> als in H ein Zurückweichen gegenüber dem Desmin stattfindet. Bei der großen Ähnlichkeit der Krystalldimensionen beider ist anzunehmen, daß der Typus der enthaltenen Verbindungen der gleiche sei. In der Tat lassen sich die siliciumreicheren Phillipsite von den dort aufgestellten Verbindungen *B* und *D* ableiten, jedoch unter Hinzunahme der schon im Harmotom

<sup>1</sup> Außerdem 0·610<sub>0</sub> SrO.

angedeuteten Verbindung *E*, welche in allen Phillipsiten erscheint. In den siliciumärmeren nötigt die Zusammensetzung zur Annahme von zwei Verbindungen *F* =  $\text{Si}_4\text{H}_4\text{O}_4 \cdot Kc \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  und *G* =  $\text{SiH}_2\text{O}_3 \cdot Kc \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . Erstere enthält Orthokieselsäure, daher Phillipsite, welche diese Verbindung enthalten, bei der Zersetzung mit verdünnter Säure lösliche Kieselsäure liefern. Demnach wären als Komponenten anzunehmen:



Die prozentische Zusammensetzung dieser Verbindungen ist die folgende:

	<i>B</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>
$\text{SiO}_2$ .....	55·99	49·27	51·15	42·14	43·99
$\text{Al}_2\text{O}_3$ .....	15·81	20·88	21·68	23·81	24·85
$\text{CaO}$ .....	8·68	11·45	11·89	13·06	13·64
$\text{H}_2\text{O}$ .....	19·52	18·40	15·28	20·99	17·52

Im Phillipsit macht sich immer eine größere Menge von  $\text{K}_2\text{O}$  bemerklich, so daß dieser sowohl durch den Mindergehalt an  $\text{SiO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$  als auch durch größeren Kaliumgehalt vom Desmin sich unterscheidet. In dem Phillipsit von Aci Castello überwiegt jedoch der Gehalt an  $\text{Na}_2\text{O}$ . Ein bestimmtes Verhältnis der Alkalien und  $\text{CaO}$  läßt sich vorläufig nicht erkennen, daher im folgenden die Analysen auf die Ca-Verbindungen reduziert erscheinen. Da manche Phillipsite bei der Zersetzung eine größere Menge Orthokieselsäure bilden, so ist es nicht unwahrscheinlich, daß der Kern hier die Struktur des Orthosilikats besitzt.

Die Berechnung der genannten Analysen aus den angeführten Komponenten ergibt die folgenden Zahlen:

<i>B</i>	.....	53	.....	46	.....	35	.....	23
<i>D</i>	.....	—	.....	42	.....	33	.....	43
<i>E</i>	.....	47	.....	12	.....	32	.....	34
	1	ber.	2	ber.	3	ber.	4	ber.
$\text{SiO}_2$	53·65	53·72	52·84	52·59	52·69	52·22	51·93	51·46
$\text{Al}_2\text{O}_3$	18·88	18·57	18·73	18·64	19·49	19·37	20·20	19·98
$\text{CaO}$	10·35	10·19	9·77	10·23	10·22	10·62	10·41	10·96
$\text{H}_2\text{O}$	17·04	17·52	18·62	18·54	17·93	17·79	17·64	17·60
	99·92		99·96		100·33		100·18	
<i>D</i>	.....	60	.....	26	.....	55	.....	18
<i>E</i>	.....	40	.....	54	.....	18	.....	50
<i>F</i>	.....	—	.....	20	.....	27	.....	32
	5	ber.	6	ber.	7	ber.	8	ber.
$\text{SiO}_2$	49·96	50·02	48·77	48·86	47·74	47·68	47·95	47·93
$\text{Al}_2\text{O}_3$	21·57	21·20	21·86	21·89	21·87	21·81	22·28	22·22
$\text{CaO}$	10·97	11·63	12·13	12·01	11·97	11·97	12·13	12·18
$\text{H}_2\text{O}$	16·92	17·15	17·20	17·24	18·61	18·54	17·64	17·67
	99·42		99·96		100·19		100	
<i>E</i>	.....	45	.....	15	.....	3		
<i>F</i>	.....	15	.....	—	.....	36		
<i>G</i>	.....	40	.....	85	.....	60		
	9	ber.	10	ber.	11	ber.		
$\text{SiO}_2$	46·95	46·94	45·82	45·06	43·01	43·61		
$\text{Al}_2\text{O}_3$	23·37	23·26	24·88	24·38	24·07	24·35		
$\text{CaO}$	12·56	12·77	12·32	13·38	14·15	13·36		
$\text{H}_2\text{O}$	17·12	17·03	16·79	17·18	18·43	18·68		
	100		99·81		99·66			

Die Differenzen sind:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
-07	+25	+47	+47	-06	-09	+06	+02	+01	+ 76	-60
+31	+09	+12	+22	+37	-03	+06	+06	+11	+ 50	-28
+16	-46	-40	-55	-66	+12	00	-05	-21	-106	+79
-48	+08	+14	+04	-23	-04	+07	-03	+09	- 39	-25

Die Übereinstimmung der Berechnung mit der Beobachtung ist eine sehr gute mit Ausnahme von 10 und 11, wo Abweichungen von mehr als 0·5 eintreten.

Die Kieselsäure, welche aus dem Phillipsit von Eulenberg (An. 5) gewonnen war, ergab einen Wassergehalt von 21·75 % bei der Hemmung.

Hier wurden als Komponenten die beiden Verbindungen  $\text{Si}_4\text{Al}_2\text{CaH}_{10}\text{O}_{17}$  und  $\text{Si}_4\text{Al}_2\text{CaH}_8\text{O}_{16}$  angenommen, deren Verhältnis zu  $\alpha = 0\cdot6$  und  $\beta = 0\cdot4$  sich berechnete. Da die prozentischen  $\text{SiO}_2$ -Gehalte  $s_1 = 49\cdot27$  und  $s_2 = 51\cdot15$ , so ergibt sich

$$\mathfrak{S} = 29\cdot562 + 20\cdot460 = 50\cdot02.$$

Aus der ersten Verbindung  $\text{Si}_2\text{H}_4\text{O}_6 \cdot Kc \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$  entsteht



aus der zweiten Verbindung  $\text{Si}_2\text{H}_2\text{O}_5 \cdot Kc \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$  entsteht



Die hier an die Gewichtseinheit  $\text{SiO}_2$  gebundenen Wassermengen sind  $l_1 = 0\cdot29876$  und  $l_2 = 0\cdot22408$ , daher die in den beiden Kieselsäuren enthaltene Wassermenge

$$\mathfrak{H}_1 = 8\cdot832 + 4\cdot585 = 13\cdot417$$

und der Prozentgehalt Wasser bei der Hemmung

$$W = 21\cdot15 \%,$$

was mit der Beobachtung genügend übereinstimmt.

Außer den vorgenannten wären hier noch zwei Analysen Zambonini's, l. c., an krystallisierten Zeolithen, die als Phillipsit bezeichnet wurden, anzuführen, 12. Casal Brunori, farblose oktaederähnliche Krystalle, 13. ebendaher, durchscheinende kreuzförmige Krystalle.

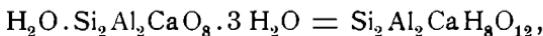
	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{CaO}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{H}_2\text{O}$	Summe
12.	40·01	25·98	9·16	7·49	17·46	100·10
13.	39·34	25·82	9·44	7·43	17·81	99·84

Die oktaedrische Form deutet auf Gismondin, die Kreuzform auf Phillipsit. Die Atomverhältnisse sind:

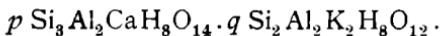
$$12. \quad 2 \cdot 610 : 2 : 0 \cdot 643 : 0 \cdot 626 : 7 \cdot 63$$

$$13. \quad 2 \cdot 582 : 2 : 0 \cdot 666 : 0 \cdot 624 : 7 \cdot 83$$

Für Gismondin ist der Wassergehalt, für Phillipsit der Siliciumgehalt zu gering. Ein Anschluß an die Phillipsitreihe wäre gegeben durch die Annahme der Verbindung



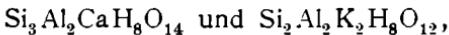
in der die Kieselsäure durch  $\text{H}_2\text{O}$  ersetzt ist. Wird hier statt Ca das Äquivalent an Kalium eingesetzt, so könnten die beiden Analysen gedeutet werden als Mischungen zweier Verbindungen



Wird  $p = 0 \cdot 66$ ,  $q = 0 \cdot 34$  gesetzt, so berechnet sich das Atomverhältnis zu

$$2 \cdot 66 \text{ Si} : 2 \text{ Al} : 0 \cdot 68 \text{ Ca} : 0 \cdot 68 \text{ Na} : 8 \text{ H},$$

was den Zahlen der beiden Analysen ungefähr entspricht. Die Bestätigung der Annahme der Verbindungen



welche den für Gismondin angenommenen isomer oder analog wären, bleibt der Zukunft vorbehalten.

#### 42. Mordenit, Ptilolith.

Diese Zeolithe bilden das siliciumreichste Endglied der Heulanditreihe.

An sehr kleinen Krystallen des Mordenits konnte Pirsson die Form bestimmen, welche von der des Heulandits nur wenig abweicht. Als Ptilolith wurden die flaumigen, haarförmigen bis feinfaserigen Minerale bezeichnet, deren Zusammensetzung der des Mordenits nahesteht. Zur Berechnung wurden folgende Analysen benutzt:

1. Morden. Mordenit. L. V. Pirsson. Durch Thoulet'sche Lösung isoliert. Z. Kryst., 20 (1892), 476.
2. Teigarhorn. Ptilolith. G. Lindström. Haarförmig. Z. Kryst., 46 (1909), 609.
3. Guadalcanar. Ptilolith. F. Kossmat. Feinfaserige Kügelchen. Neue Analyse.
4. Custer Co. Ptilolith. L. G. Eakins. Flaumig. Isoliert wie 1. Z. Kryst., 23 (1894), 527.
5. Seisseralpe. Ptilolith. St. J. Thugutt. Nadelförmige Aggregate. Jahrb. f. Min., 1913, II, 33.

Zwei Analysen wurden weggelassen:

Teplitzba. Colomba ..... Al : Ca = 2 : 0·909

Green Mountain. Eakins .. 2 : 0·907 Verunreinigung durch Chalcedon wahrscheinlich.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	Summe
1.	66·40	11·17	0·57	1·94	0·17	2·27	3·58	13·31	99·41
2.	67·15	11·63	0·09	2·33	...	4·46	0·72	13·98	100·36
3.	67·23	10·92	0·29	1·83	0·34	0·58	3·92	14·91	100·02
4.	67·83	11·44	...	3·30	...	2·63	0·64	13·44	99·28
5.	66·86	12·13	0·03	3·86	0·17	2·41	0·67	13·87	100

Die daraus berechneten Atomverhältnisse sind:

	Si	Al	Ca	Na	H
1.	9·762	: 2	: 0·344	: 1·323	: 13·10
2.	9·742	: 2	: 0·364	: 1·392	: 13·58
3.	10·265	: 2	: 0·375	: 1·287	: 15·23
4.	10·050	: 2	: 0·586	: 0·979	: 14·85
5.	9·327	: 2	: 0·614	: 0·773	: 12·95

Die Werte für Si nähern sich 10, jene für H betragen beiäufig 14.

Demnach dürften hier zwei Verbindungen anzunehmen sein:



SiO <sub>2</sub> .....	67·95	67·35
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	11·52	11·41
CaO .....	6·32	.....
Na <sub>2</sub> O.....	.....	7·15
H <sub>2</sub> O.....	14·21	14·09

Werden die Analysen so reduziert, daß die Oxyde des gleichen Typus zusammengefaßt erscheinen, so ergibt der Vergleich der Beobachtung mit der Berechnung folgendes:

<i>K</i>	.....	33	.....	57	.....	60
<i>N</i>	.....	67	.....	43	.....	40
	1	2	3	ber.	4	ber.
$\text{SiO}_2$	67.32	67.34	67.36	67.55	67.98	67.69
$\text{Al}_2\text{O}_3$	11.69	11.72	11.13	11.44	11.46	11.48
$\text{CaO}$	2.21	2.33	2.30	2.09	3.31	3.60
$\text{Na}_2\text{O}$	4.69	4.95	4.31	4.79	3.06	3.07
$\text{H}_2\text{O}$	13.50	14.02	14.91	14.13	13.47	14.16
	99.41	100.36	100.01		99.28	100

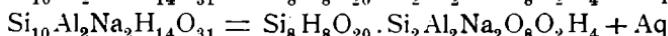
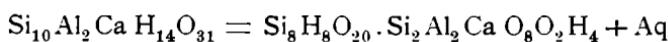
Die Differenzen sind:

1	2	3	4	5
-23	-21	-19	+29	-74
+25	+28	-31	-02	+63
+12	+24	+21	-29	+32
-10	+16	-48	-01	00
-63	-11	+78	-69	-27

Die Analysen 1 bis 3 deuten auf ein Doppelsalz  $K + 2N'$  jedoch ist die Zahl der Beobachtungen bis jetzt noch zu gering, um die Entscheidung treffen zu können. Der beobachtete Wassergehalt erscheint in 1 und 4 merklich geringer als der berechnete. Das Material für diese Analysen befand sich aber nicht in dem ursprünglichen Zustande, da es mit schwerer Lösung behandelt und dann getrocknet wurde.

Im ganzen zeigt sich eine gute Übereinstimmung der beobachteten und der berechneten Werte.

Die Menge des Krystallwassers läßt sich bloß nach der Angabe von Eakins, der bei  $110^\circ$  einen Wasserverlust von 3.62 % beobachtete, abschätzen, wonach bei  $100^\circ$  etwas mehr als 1 Mol. Wasser abgegeben würde. Wenn hier ähnlich wie im Heulandit 1 Mol. Krystallwasser angenommen wird, so ergibt sich für die Zusammensetzung des Mordenits und Ptiloliths die Gliederung:



### 43. Heulandit, Epistilbit.

Die unter dem Namen Heulandit zusammengefaßten Zeolithe bilden eine Anzahl von isomorphen Mischungen, in denen neben Ca auch Na und K auftreten, und das Verhältnis von Si und Al wechselt so, daß durch die folgenden Beispiele eine Reihe gebildet werden kann, die nach einer großen Unterbrechung auf den Mordenit folgt: Mordenit  $\text{Si}_{10}\text{Al}_2$ , Heulandit  $\text{Si}_{6,7}\text{Al}_2$  bis  $\text{Si}_{5,6}\text{Al}_2$ , Epistilbit  $\text{Si}_{5,6}\text{Al}_2$ .

Die Krystallform wird als monoklin betrachtet, jedoch deuten manche Beobachtungen auf eine trikline Grundform. Von den berechneten Achsenverhältnissen mögen angeführt werden:

Mordenit. Pirsson .....	$0 \cdot 4010 : 1 : 0 \cdot 4279$	$\beta = 88^\circ 30'$
Heulandit. Phillips-Miller	$0 \cdot 4026 : 1 : 0 \cdot 4285$	87 35
Heulandit. Descloizeaux	$0 \cdot 4035 : 1 : 0 \cdot 4293$	88 $34\frac{1}{2}$
Epistilbit. Trechmann ..	$0 \cdot 4194 : 1 : 0 \cdot 4321$	89 20

Der Epistilbit ist durch einen geringeren Wassergehalt und durch die optische Orientierung vom Heulandit verschieden.

Für Heulandit wurden folgende Analysen zur Berechnung benutzt:

1. Fassatal. P. Jannasch. Z. Kryst., 15 (1889), 118.
2. Teigarhorn. E. Baschieri. Z. Kryst., 49 (1911), 201.
3. Teigarhorn. F. Zambonini. Z. Kryst., 43 (1907), 396.<sup>1</sup>
4. Berufjord. Silvia Hillebrand. Sitzb. d. Wiener Akad., 115, I (1906), 715.
5. Djupivogur. C. Hersch. Hintze, Handb., p. 1761.
6. Teigarhorn. P. Jannasch. Z. Kryst., 15 (1889), 115.
7. Montresta. J. Deprat. Z. Kryst., 48 (1911), 222.
8. Malutiberge. E. Cohen. Hintze, Handb., p. 1760.
9. Green Mountain. L. G. Eakins. Z. Kryst., 24 (1895), 624.
- 9a. Teigarhorn. G. Stoklossa. Jahrb. f. Min.. 1917, Beilageband 42, p. 1.

---

<sup>1</sup> Die Zahlen stimmen sehr nahe mit den von Biltz und Jannasch, 1. c., mitgeteilten überein.

10. Berufiord. P. Jannasch. Z. Kryst., 15 (1889), 118.
11. Suhl. J. Fromme. Z. Kryst., 25 (1896), 617.
12. S. de Botucatu. G. de Campos. Z. Kryst., 21 (1893), 405.
13. Berufiord. G. Steiger. Bull. U. S. Geol. Survey, 419, p. 282.
14. Adamstown. Knerr und Schönfeld. Z. Kryst., 11 (1886), 293.
15. Anthracite Creek. J. G. Eakins. Bull. U. S. Geol. Survey, 419, p. 282.
16. Nadap. B. Mauritz. Mittel aus zwei Analysen. Z. Kryst., 48 (1911), 441.
17. Berufiord. J. Lemberg. Dana System (1892), 575.
18. Elba. F. Sansoni. Z. Kryst., 5 (1881), 604.
19. Andreasberg. P. Jannasch. Z. Kryst., 15 (1889), 118.
20. Berufiord (Epistilbit). G. Rose. 1826. Dana System, 578.
21. Berufiord (Epistilbit). P. Jannasch. Mittel aus zwei Analysen. Z. Kryst., 8 (1884), 429.
22. Fundort unbekannt (Epistilbit). P. Jannasch. Mittel aus zwei Analysen. Die zweite Analyse.

Folgende Analysen sind weggelassen:

Insel Tsitsi. Tsukamoto.....	Al : Ca = 2 : 0·894
Montresta. Pelacani.....	1·186
C. Yolomecatl. Jannasch.....	0·772
Pojana. Medgyesy.....	0·878
Kronpr. Rudolf In. Colomba.....	0·788
Cap Pula. Lovisato .....	0·811
Val dei Zuccanti. Billows. Rot, mit 2·04 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + MnO	
Biella. Zambonini. Bei 100° getrocknet. Reinheit zweifelhaft.	

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	SrO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	Summe
1.	60·07	14·75	4·89	1·60	...	2·36	0·44	15·89	100·62 <sup>1</sup>
2.	58·99	15·26	6·80	...	0·08	2·03	1·15	15·72	100·03
3.	58·49	15·74	6·48	0·53	...	1·62	0·35	16·60	99·81
4.	58·03	15·97	7·93	...	0·07	0·95	0·66	16·78	100·52 <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Außerdem 0·62 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

<sup>2</sup> Außerdem 0·13 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	SrO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	Summe
5.	58·18	16·35	7·21	...		2·07	...	16·34	100·15
6.	58·34	16·44	7·00	0·35		1·40	0·21	16·45	100·28
7.	59·00	16·70	8·20			1·30	...	14·70	99·90
8.	59·53	16·82	6·95			1·42	0·32	15·30	100·34
9.	59·17	16·80	7·10			1·37	0·34	15·45	100·23
9a.	59·66	16·37	6·33	...		0·42	2·35	14·90	100·03
10.	57·71	16·42	6·96	0·54		1·49	0·35	16·50	99·97
11.	58·31	16·69	8·84			0·35	0·79	15·62	100·60
12.	58·10	16·67	5·90	...	...	0·61	3·26	16·16	100·70
13.	57·10	16·82	6·95	0·46	0·07	1·25	0·42	16·61	99·68
14.	57·68	17·05	6·78	...	0·69	...	1·13	16·61	99·94
15.	57·38	17·18	8·07	...		0·82	0·40	16·27	100·12
16.	56·64	17·12	6·89	0·91		1·74	1·31	16·01	100·72
17.	56·65	17·39	8·03			1·36	0·50	16·07	100
18.	57·15	17·72	9·53	...		...	...	16·80	101·20
19.	56·11	17·16	4·26	3·63		3·31	0·27	16·28	101·02
20.	58·59	17·52	7·56			1·78	...	14·48	99·93
21.	57·64	17·43	8·08	...		1·57	0·06	15·32	100·14 <sup>1</sup>
22.	56·76	18·20	8·61			1·69		15·32	100·78

Die hieraus berechneten Atomverhältnisse sind:

	Si	Al	Ca	Na	H
1.	6·724 : 2 : 0·693 : 0·577 : 11·91				
2.	6·552 : 2 : 0·826 : 0·716 : 11·69				
3.	6·143 : 2 : 0·784 : 0·468 : 11·96				
4.	6·128 : 2 : 0·911 : 0·290 : 11·86				
5.	6·031 : 2 : 0·804 : 0·417 : 11·34				
6.	6·024 : 2 : 0·797 : 0·308 : 11·35				
7.	5·988 : 2 : 0·895 : 0·257 : 9·99				
8.	5·998 : 2 : 0·753 : 0·320 : 10·32				
9.	5·970 : 2 : 0·770 : 0·313 : 10·44				
9a.	6·177 : 2 : 0·705 : 0·396 : 10·33				
10.	5·957 : 2 : 0·805 : 0·345 : 11·40				
11.	5·921 : 2 : 0·965 : 0·171 : 10·62				
12.	5·907 : 2 : 0·645 : 0·542 : 11·00				

<sup>1</sup> Außerdem 0·05 Li<sub>2</sub>O.

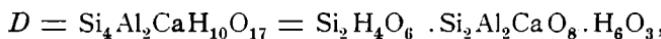
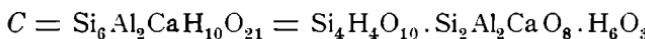
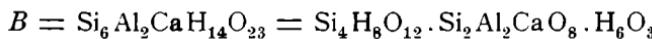
	Si	Al	Ca	Na	H
13.	5·754	: 2 : 0·790	: 0·299	: 11·21	
14.	5·734	: 2 : 0·827	: 0·144	: 11·05	
15.	5·661	: 2 : 0·856	: 0·208	: 10·75	
16.	5·609	: 2 : 0·796	: 0·501	: 10·61	
17.	5·521	: 2 : 0·842	: 0·320	: 10·84	
18.	5·466	: 2 : 0·980	: ..... :	10·76	
19.	5·418	: 2 : 0·662	: 0·671	: 10·82	
20.	5·668	: 2 : 0·787	: 0·335	:	9·38
21.	5·604	: 2 : 0·845	: 0·347	:	9·97
22.	5·286	: 2 : 0·862	: 0·306	:	9·68

Das Verhältnis von Si und Al schwankt um  $\text{Si}_6\text{Al}_2$ . Werden immer geradzahlige Beträge für Si angenommen, so wären als Extreme  $\text{Si}_8\text{Al}_2$  und  $\text{Si}_4\text{Al}_2$  anzusetzen und die siliciumreichste Verbindung wäre



Die nächsten Stufen mit den Kieselsäuren  $\text{Si}_4\text{H}_8\text{O}_{12}$  und  $\text{Si}_4\text{H}_4\text{O}_{10}$  wären  $\text{Si}_6\text{Al}_2\text{CaH}_{14}\text{O}_{23}$  und  $\text{Si}_6\text{Al}_2\text{CaH}_{10}\text{O}_{21}$  und die letzte mit der Kieselsäure  $\text{Si}_2\text{H}_4\text{O}_6$  wäre  $\text{Si}_4\text{Al}_2\text{CaH}_{10}\text{O}_{17}$ .

Dementsprechend werden im folgenden als Verbindungen angenommen:



deren prozentische Zusammensetzung:

	A	B	C	D
$\text{SiO}_2$ .....	64·43	55·99	59·30	49·27
$\text{Al}_2\text{O}_3$ .....	13·65	15·81	16·75	20·88
$\text{CaO}$ .....	7·49	8·68	9·19	11·45
$\text{H}_2\text{O}$ .....	14·43	19·52	14·76	18·40

Da kein bestimmtes Verhältnis von  $\text{CaO}$  und den Alkalien erkennbar und die Menge der letzteren meist gering ist, so

sind, wie beim Chabasit, die Analysen so reduziert, daß die dem Ca äquivalenten Mengen der Alkalien zu jenem gefügt wurden.

Die Berechnung der prozentischen Mengen obiger Verbindungen ist hier mit den Zahlen der Analysen verglichen:

*A* ..... 40 ..... 30

*B* ..... 29 ..... 28

*C* ..... 31 ..... 42

	1	ber.	2	ber.
SiO <sub>2</sub>	60·90	60·40	59·36	59·90
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15·35	15·24	15·36	15·56
CaO	8·26	8·36	9·49	8·53
H <sub>2</sub> O	16·11	16·00	15·82	16·01
	100·62		100·03	

*A* ..... 7

*B* ..... 44

*C* ..... 49

3	4	5	6	ber.
58·60	58·26	58·30	58·65	58·20
15·77	16·11	16·38	16·50	16·12
8·81	9·30	9·10	8·62	8·85
16·63	16·85	16·37	16·51	16·83
99·81	100·52	100·15	100·28	

*B* ..... 37

*C* ..... 100 ..... 63

7	8	9	ber.	10	ber.
59·07	59·69	59·33	59·30	58·03	58·08
16·72	16·87	16·85	16·75	16·51	16·40
9·39	8·44	8·56	9·19	8·84	9·00
14·72	15·34	15·49	14·76	16·59	16·52
99·90	100·34	100·23		99·97	

<i>B</i>	.....	17	.....	26
<i>C</i>	.....	83	.....	74
11	ber.	12	ber.	
58·52	58·74	58·91	58·45	
16·75	16·59	16·90	16·51	
9·66	9·10	8·51	9·05	
15·67	15·57	16·38	15·99	
100·60		100·70		

<i>B</i>	.....	.....	.....	.....	31
<i>C</i>	.....	.....	.....	.....	59
<i>D</i>	.....	.....	.....	.....	10
13	14	15	16	19	ber.
57·37	57·82	57·52	57·33	57·29	57·27
16·90	17·09	17·22	17·33	17·52	16·87
8·72	8·38	9·07	9·85	9·59	9·26
16·69	16·65	16·31	16·21	16·62	16·60
99·68	99·94	100·12	100·72	101·02	

<i>B</i>	.....	15
<i>C</i>	.....	65
<i>D</i>	.....	20
17	18	ber.
56·84	57·15	56·79
17·45	17·72	17·43
9·59	9·53	9·56
16·12	16·80	16·22

Die Differenzen sind:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
+50	-54	+40	+06	+10	+45	-23	+39	+03	-05
+11	-20	-35	-01	+26	+38	-03	+12	+10	+11
-10	+96	-04	+45	+25	-23	+20	-75	-63	-16
+11	-19	-20	+02	-46	-32	-04	+58	+73	+07
11	12	13	14	15	16	17	18	19	9 a
-22	+46	-10	+55	+25	+06	+05	+36	+02	+19
+16	+39	+03	+22	+35	+46	+02	+29	+65	+24
+56	-54	-54	-88	-19	+59	+03	-03	+33	-74
+10	+39	+09	+05	-29	-39	-10	+58	+02	+34 <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Die reduzierte Analyse: 60·26, 16·53, 8·19, 15·05. Die aus 15% A und 85% C berechneten Zahlen 60·07, 16·29, 8·93, 14·71.

Etwas größere Abweichungen zeigen sich nur in 2 (Baschieri), 8 (Cohen), 9 (Eakins) und 14 (Knerr und Schönfeld). Im übrigen ist die Übereinstimmung der Berechnung mit der Beobachtung befriedigend.

Für Epistilbit liegen bloß zwei neuere Analysen vor, doch wurde auch die vor langer Zeit ausgeführte Bestimmung 20 von G. Rose hinzugenommen. Die Berechnung erfolgte nach den Ansätzen für 20: 90 C, 10 D für 21: 83 C, 17 D, für 22: 70 C, 30 D.

	20	ber.		21	ber.	
SiO <sub>2</sub> .....	58·69	58·30	+39	57·71	57·59	+12
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	17·55	17·16	+39	17·44	17·45	-01
CaO.....	9·18	9·42	-24	9·64	9·58	+06
H <sub>2</sub> O.....	14·51	15·12	-61	15·34	15·38	-04
	99·93			100·13		
	22	ber.				
	56·85	56·29	+56			
	18·23	17·99	+24			
	10·16	9·87	+29			
	15·54	15·85	-31			
	100·78					

Bei weitem überwiegend ist hier die Verbindung C, die auch in vielen Heulanditen vorherrscht, jedoch kommt im Epistilbit noch D hinzu. Ein wesentlicher Unterschied beider ist nicht zu bemerken. Die eigentümliche Krystalltracht des Epistilbits könnte daher röhren, daß beim Beginn der Krystallisation die wasserärmere Verbindung mit D sich bildet und später ein Fortwachsen mit C eintritt.

Der Heulandit wird durch Salzsäure unter Bildung einer pulvigen Kieselsäure zersetzt. Der Epistilbit aber wird nach Jannasch viel schwerer zerlegt. Worauf dieser Unterschied beruht, läßt sich vorläufig nicht angeben.

Die aus dem Heulandit vom Berufiord, dessen Analyse unter 4 aufgeführt wurde, erhaltene Kieselsäure wurde von Frau Silvia Hillebrand bezüglich der Emanationsgeschwindigkeit geprüft,<sup>1</sup> wobei die Hemmung für die Wasser-

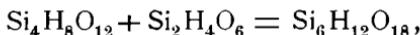
<sup>1</sup> Sitzungsber. der Wiener Akad., 115, Abt. I (1906), 716.

gehalte von 19·56, 19·69 und 20·51% bestimmt wurde. Die Berechnung der Analyse hatte 7 A : 44 B : 49 C ergeben. Wenn für  $\text{Si}_2\text{Al}_2\text{CaO}_8$  das Zeichen K gesetzt wird, so ist die Ableitung:

Aus  $A = \text{Si}_6\text{H}_6\text{O}_{15} \cdot K \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$  entsteht



aus  $B = \text{Si}_4\text{H}_8\text{O}_{12} \cdot K \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$  entsteht



aus  $C = \text{Si}_4\text{H}_4\text{O}_{10} \cdot K \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$  entsteht



Da hier  $\alpha = 0\cdot07$ ,  $\beta = 0\cdot44$ ,  $\gamma = 0\cdot49$  und

$$s_1 = 64\cdot43, s_2 = 55\cdot99, s_3 = 59\cdot30,$$

so berechnet sich

$$\mathfrak{S} = 4\cdot513 + 24\cdot634 + 29\cdot056 = 58\cdot20$$

und da  $l_1 = 0\cdot1866$ ,  $l_2 = 0\cdot29876$ ,  $l_3 = 0\cdot1992$ , so ist

$$\mathfrak{H} = 13\cdot99$$

und der berechnete Wassergehalt bei der Hemmung

$$W = 19\cdot38,$$

was mit dem Befunde ziemlich gut übereinstimmt.

#### 44. Brewsterit.

Der Brewsterit, ein seltener Gast in den zeolithischen Blasenräumen, ist durch den Gehalt an Strontium und Barium ausgezeichnet und dadurch vom Heulandit verschieden, dem er aber bezüglich der Grundform der Krystalle und der Spaltbarkeit gleichkommt. Die Verbindungsverhältnisse sind von gleicher Art wie für Heulandit, wie aus den beiden Analysen hervorgeht.

1. Strontian. J. W. Mallet. Dana System (1892), 577.
2. Strontian. P. Jannasch. Z. Kryst., 24 (1895), 151.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	BaO	SrO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	Summe
1.	54.42	15.25	6.80	8.99	1.19	...	...	13.22	99.87
2.	52.66	16.38	5.93	9.21	0.87	1.00	0.36	13.88	100.29

Diesen entsprechen, wenn BaO und CaO dem SrO zugerechnet werden, die Verhältnisse:

Si      Al      Sr      Na      H  
 1. 6·048 : 2 : 1·021 :      : 9·84  
 2. 5·449 : 2 : 0·889 : 0·399 : 9·61

Die Zahlen fügen sich in die Reihe jener Heulandite, für welche als Komponenten  $\text{Si}_6\text{Al}_2\text{CaH}_{10}\text{O}_{21}$  und  $\text{Si}_4\text{Al}_2\text{CaH}_{10}\text{O}_{17}$  angenommen wurden. Die prozentische Zusammensetzung der entsprechenden Strontiumverbindungen ist folgende:

	$C' = \text{Si}_6\text{Al}_2\text{SrH}_{10}\text{O}_{21}$	$D' = \text{Si}_4\text{Al}_2\text{SrH}_{10}\text{O}_{17}$
$\text{SiO}_2 \dots \dots$	55.01	44.91
$\text{Al}_2\text{O}_3 \dots \dots$	15.54	19.03
$\text{SrO} \dots \dots$	15.75	19.29
$\text{H}_2\text{O} \dots \dots$	13.70	16.77

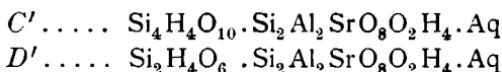
Werden die beiden Analysen reduziert, indem statt  $\text{BaO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  die äquivalenten Mengen  $\text{SrO}$  eingesetzt werden, so lässt sich die Zusammensetzung aus den Verbindungen  $C'$  und  $D'$  berechnen:

<i>C'</i> .....	100 .....	78·6
<i>D'</i> .....	.....	21·4

	1	ber.		2	ber.	
SiO <sub>2</sub> .....	55·07	15·01	+06	52·90	52·85	+05
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	15·44	15·54	-10	16·46	16·29	+17
SrO.....	15·98	15·75	+23	16·98	16·51	+47
H <sub>2</sub> O.....	13·38	13·70	-32	13·95	14·35	-40
	99·87			100·29		

Die für die zweite Analyse berechnete Mischung entspricht der Zusammensetzung  $3C' + D'$ , doch ist dies wohl nur ein zufälliges Verhältnis.

Nach Jannasch verliert der Brewsterit bei  $100^{\circ}$  nach 2 Stunden  $1\cdot42\%$  Wasser, also ungefähr ein Neuntel des Wassergehaltes. Man wird demnach nicht mehr als 1 Mol. Krystallwasser annehmen, wonach der Bau der beiden Verbindungen durch



angedeutet ist.

#### 45. Dubia.

Im Laufe der Zeit wurden mehrere Gattungen der Zeolithe aufgestellt, welche sich später als bereits bekannte herausstellten und seither bloß im Verzeichnis der Synonyma figurieren, andere, die wegen mangelhafter Charakterisierung fallen gelassen wurden. Einige wenige werden auch jetzt in Handbüchern aufgezählt, obwohl sie nicht als sicher gelten können.

#### Wellsit.

Der von Pratt und Foote aufgestellte Wellsit<sup>1</sup> zeigt eine Krystallform, die jener des Phillipsit gleicht und deren Messung ein Achsenverhältnis ergab, das sich dem des Phillipsits nähert, jedoch wegen Unvollkommenheit der Krystalle nicht als genau zu betrachten ist. Die Analyse lieferte folgende Zahlen:

$\text{SiO}_2$ ....	43·86	$\text{MgO}$ ....	0·62
$\text{Al}_2\text{O}_3$ ....	24·96	$\text{K}_2\text{O}$ ....	3·40
$\text{BaO}$ ....	5·07	$\text{Na}_2\text{O}$ ....	1·80
$\text{SrO}$ ....	1·15	$\text{H}_2\text{O}$ ....	13·35
$\text{CaO}$ ....	5·80		100·01

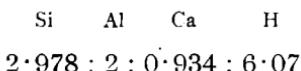
Aus diesen berechnen sich die Verhältnisse

$$\begin{array}{ccccccc} \text{Si} & \text{Al} & \text{Ba, Sr} & \text{Ca, Mg} & \text{K, Na} \\ 2\cdot978 & : 2 & : 0\cdot181 & : 0\cdot487 & : 0\cdot533 & : 6\cdot07 \end{array}$$

---

<sup>1</sup> Zeitschr. f. Kryst., 28 (1897), 581.

oder nach Vereinigung der Oxyde



Diese Verhältnisse weichen von jenen des Phillipsits im H stark ab. Kein Phillipsit besitzt einen so geringen Wassergehalt. Es wäre 3 : 2 : 1 : 8 zu erwarten. Auch stimmt das Verhalten bei höherer Temperatur nicht mit diesem, da bei 100° keine Gewichtsabnahme beobachtet wurde. Die Zusammensetzung entspricht ungefähr einem calciumreichen Edingtonit, jedoch ist dieser durch Säure unter Abscheidung von Orthokieselsäure zersetzbar, während das untersuchte Material »in starker Salzsäure sich sehr rasch unter Abscheidung von Kieselsäure löste, die aber nicht gelatinös ist«. Dieses Verhalten würde mit dem einiger Phillipsite übereinstimmen, die Differenz im Wassergehalt bleibt unaufgeklärt.

Es ist aber zu bemerken, daß zur Analyse keine Krystalle verwendet wurden, sondern ein Pulver, »das mit einer schweren Flüssigkeit gereinigt war«. Es wäre nun möglich, daß letzteres Pulver und die gemessenen Krystalle nicht identisches Material waren. Das Pulver, dessen Dichte zwischen 2·278 und 3·360 (richtig wohl 2·360) schwankte, war vielleicht nicht homogen. Es wird auch nicht angegeben, wie letzteres getrocknet wurde und ob der gefundene Wassergehalt dem ursprünglichen gleich anzunehmen war.

Bevor nicht Krystalle dieses Vorkommens neuerdings untersucht werden, möchte ich den Wellsit noch nicht als gesichert betrachten.

Unter dem Namen Wellsit wurde von A. Fersmann ein Zeolith beschrieben, der vermöge seiner Zusammensetzung zum Phillipsit gehört und der schon dort unter Nr. 4 angeführt ist. Das berechnete Achsenverhältnis 0·768 : 1 : 1·245,  $\beta = 53^\circ 27'$  nähert sich dem des Phillipsits und die Zusammensetzung unterscheidet sich nur durch den Gehalt von 4·84 % BaO und 0·61 SrO.

### Laubanit.

Das von H. Traube mit dem Namen Laubanit bezeichnete Mineral wurde als ein neuer Zeolith bezeichnet. Daselbe bildet feinfaserige, bisweilen kugelige Bündel, die auf Krystallen von Phillipsit sitzen, selten direkt auf dem Basalt der Drusenräume. Die Analyse

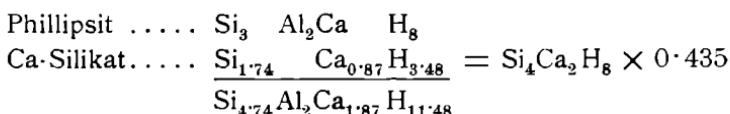
$\text{SiO}_2$	47·84	$\text{Al}_2\text{O}_3$	16·74	$\text{FeO}$	0·56	$\text{CaO}$	16·17
$\text{MgO}$	1·35	$\text{H}_2\text{O}$	17·06	Summe	99·74		

führt auf die Verhältnisse:

$$4·73 \text{ SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 : 1·92 \text{ CaO} : 5·66 \text{ H}_2\text{O},$$

stark abweichend von dem Verhältnis  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{CaO}$ .

Die Beschreibung lässt, obwohl eine mikroskopische Prüfung vorgenommen wurde, nicht mit Sicherheit entnehmen, ob das analysierte Material vollkommen homogen war, auch deutet der Gehalt an  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  und  $\text{MgO}$  auf eine fremde Beimengung. Da ein feinfaseriges Aggregat vorlag, ist es möglich, daß die Faserbündel aus zwei verschiedenen Mineralen bestanden, die wohl auch in paralleler Verwachsung vorhanden sein konnten. War das Material größtenteils homogen, so wäre eine isomorphe Mischung von Phillipsit  $\text{Si}_3\text{Al}_2\text{CaH}_8\text{O}_{14}$  mit einem Calciumsilikat  $\text{Si}_4\text{Ca}_2\text{H}_8\text{O}_{14}$  anzunehmen, welches dem Hauptbestandteil des Apophyllits gleichkommt. Dieser selbst wäre nicht zu vermuten, da kein  $\text{Na}_2\text{O}$  gefunden wurde, was auch auf die Abwesenheit von Kalium, das für Apophyllit charakteristisch ist, schließen lässt.



Dies stimmt mit den gefundenen Verhältnissen nahe überein.

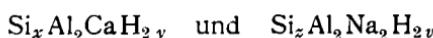
Eine Mischung der beiden Verbindungen im Verhältnis von 70 und 30 % hätte die Zusammensetzung unter  $M$ .

	Reduz. Analyse	<i>M</i>
$\text{SiO}_2 \dots$	47·66	47·80
$\text{Al}_2\text{O}_3 \dots$	17·08	17·39
$\text{CaO} \dots$	17·98	17·46
$\text{H}_2\text{O} \dots$	17·02	17·35
	99·74	100

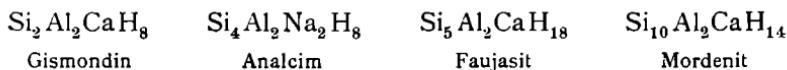
Ob in dem vorliegenden Falle eine isomorphe Mischung oder ein Gemenge analysiert wurde, läßt sich jetzt noch nicht entscheiden.

#### 46. Übersicht.

Die vorliegende Abhandlung erscheint in zwei Teilen. Sie umfaßt die bekannten und neue Beobachtungen über den chemischen Bestand und das Verhalten der Zeolithe.<sup>1</sup> Was die Zusammensetzung betrifft, fußt dieselbe darauf, daß alle Zeolithe Verbindungen der Oxyde  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  mit  $\text{CaO}$  oder  $\text{Na}_2\text{O}$  oder mit beiden sind. Bei sonst gleichen Verhältnissen wird in einigen Fällen Ca durch Ba oder Sr vertreten und Na oft durch K. In den zur Berechnung tauglichen Analysen ist das Verhältnis von Aluminium zu Ca und Natrium 2 Al : Ca und 2 Al : 2 Na. Dasselbe wird als konstant angenommen. Somit können die Zeolithverbindungen bei Weglassung des Sauerstoffes durch



schematisiert werden. Die Grenzen für  $x$  und  $z$  sind 2 und 10, jene für  $y$  und  $v$  sind es 2 und 9 wie in den folgenden Zeolithen:



In allen Zeolithverbindungen erscheinen, vom Wasserstoff abgesehen, als stets wiederkehrende Maxima die Gruppen  $\text{Si}_2 \text{Al}_2 \text{CaO}_8 = Kc$  und  $\text{Si}_2 \text{Al}_2 \text{Na}_2 \text{O}_8 = Kn$ , welche hier als Kerne oder Kernverbindungen bezeichnet werden.

---

<sup>1</sup> Die Arbeit wurde von der Kaiserl. Akademie durch eine Subvention aus dem Zepharovich-Fonds wesentlich gefördert.

In den Zeolithen, die aus einer einzigen Verbindung bestehen, erscheint der Kern meistens mit einer Kiesel säure verbunden. Im Natrolith  $\text{Si}_3\text{Al}_2\text{Na}_2\text{H}_4\text{O}_{12} = \text{SiO}_4\text{H}_4\text{Kn}$  ist es Orthokieselsäure, in dem Analcim  $\text{Si}_4\text{Al}_2\text{Na}_2\text{H}_4\text{O}_{14} = = \text{Si}_2\text{O}_6\text{H}_4\text{Kn}$  Dikieselsäure. Diese Ansicht, vom Autor schon vor Zeiten ausgesprochen, wird jetzt ausführlich begründet. Dieselbe stützt sich auf die Vergleichung der aus den bekannten und mehreren neuen Analysen abgeleiteten Verbindungsverhältnisse, auf die Zusammensetzung der bei der Zersetzung der Zeolithe entstehenden Kiesel säuren und auf die Ähnlichkeit des Verhaltens der Zeolithe und der festen Kieselgele.

In einigen wenigen Zeolithen tritt der Kern ohne die Begleitung einer Kiesel säure auf. Ein Beispiel ist der vorher erwähnte Gismondin.

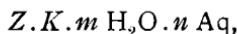
An den Kern sind bisweilen 1 oder 2 Mol. Wasser angelagert. Wird der Natrolith  $\text{SiO}_4\text{H}_4\text{Kn}$  mit dem Skolezit  $\text{SiO}_4\text{H}_4\text{KcOH}_2$ , welche beide erst bei hohen Temperaturen Wasser abgeben, verglichen, so ist anzunehmen, daß in letzterem der Kern mit 1 Mol. Wasser innig verbunden ist.

Das bei  $100^\circ$  abgehende Wasser ist in einer minder innigen Verbindung enthalten gewesen. Die Menge desselben wird als Krystallwasser bezeichnet. Der Edingtonit  $\text{SiO}_4\text{H}_4 \cdot \text{Si}_2\text{Al}_2\text{BaH}_2\text{O}_9 \cdot \text{Aq}$  verliert bei  $100^\circ$  eine Mol. Wasser, während der Skolezit  $\text{SiO}_4\text{H}_4 \cdot \text{Si}_2\text{Al}_2\text{CaH}_2\text{O}_9$  unverändert bleibt.

Demnach gliedern sich die Zeolithverbindungen im allgemeinen derart, daß der Kern, das angelagerte Wasser, die Kiesel säure und das Krystallwasser, also vier Gruppen, unterschieden werden. Das Wasser kann demnach im höchsten Falle in drei verschiedenen Bindungen enthalten sein. Innerhalb jeder Gruppe läßt sich die Bindung der Elemente durch Hauptvalenzen erklären. Der Zusammenhang der Gruppen weist auf eine Bindung derselben durch Nebenvalenzen im Sinne A. Werner's hin.

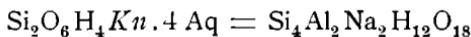
Einige Zeolithe: Natrolith, Skolezit, Edingtonit, Laumontit und Mordenit erscheinen als einfache Verbindungen mit konstanten Verhältnissen, während in den übrigen Gattungen die Zusammensetzung eine schwankende ist, indem nicht

immer bloß eine einzige Kieselsäure, sondern häufig eine Mischung solcher mit dem Kern verbunden ist. Bezeichnet  $Z$  sowohl eine einfache Kieselsäure als auch eine Mischung solcher und im besonderen Falle auch 1 Mol. Wasser und bezeichnet  $K$  den Kern überhaupt, so wäre das allgemeine Schema der Zeolithe

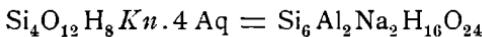


wo  $m$  die Werte 0, 1 und 2, ferner  $n$  die Werte 0, 1, 2 und 4 annehmen kann.

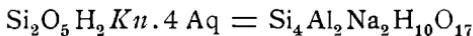
Jene Gattungen, welche nicht immer bloß eine, sondern oft mehrere Kieselsäuren aufweisen, werden als gemischte Zeolithe bezeichnet. Ihre Zusammensetzung lässt sich auch so darstellen, daß Mischungen einfacher Verbindungen in verschiedenen Verhältnissen angenommen werden, die sich nach der für isomorphe Mischungen üblichen Art berechnen lassen. Ein Beispiel wäre der Gmelinit, für den  $Z$  nicht bloß  $\text{Si}_2\text{O}_6\text{H}_4$ , sondern auch  $\text{Si}_4\text{O}_{12}\text{H}_8$  und  $\text{Si}_2\text{O}_5\text{H}_2$  bedeutet, wonach in dem Gmelinit außer der Verbindung



auch



und



in isomorpher Mischung befindlich gedacht werden.

Die angenommenen Kieselsäuren sind außer  $\text{SiO}_4\text{H}_4$  und  $\text{SiO}_3\text{H}_2$  solche, in denen Si mit geraden Zahlen als Faktoren erscheint.

Viele Zeolithe bleiben beim Erhitzen klar und durchsichtig, bis sie den größten Teil des Wassers verloren haben. Dabei zeigen sich meistens keine deutlichen Abstufungen des Wassergehaltes, doch lässt der Heulandit wie der Desmin einen dementsprechenden Wechsel der optischen Orientierung wahrnehmen.

Werden Zeolithe nahezu entwässert und wird das Produkt wiederum Wasserdämpfen bei verschiedenen Temperaturen ausgesetzt, so zeigt sich meist eine Abstufung, wenn

für je zwei Kerne eine Mol. Wasser aufgenommen wird. So lässt der Natrolith  $\text{Si}_3\text{Al}_2\text{Na}_2\text{H}_4\text{O}_{12}$  nicht zwei, sondern vier Abstufungen erkennen.

Die Erscheinungen können mit dem Bau des Krystals in Beziehung gebracht werden als einem Netz, bestehend aus Kieselsäure samt dem allenfalls vorhandenen Hydratwasser, von dem die Kerne umschlossen sind. Dieses Netz bedingt einerseits die Erhaltung des Krystallbaues bis zur Erschöpfung des Wassergehaltes, anderseits den Widerstand beim Entweichen der Dämpfe bei höheren Temperaturen. Die symmetrische Folge der Atomsysteme für parallele Richtungen in den rhombischen und monoklinen Krystallen lässt immer je zwei Kerne benachbart erscheinen und ihre Begleiter paarweise in Reaktion treten.

Während die Zeolithe im ursprünglichen Zustande meistens geringe Absorptionsfähigkeit zeigen, bieten die nach unvollständiger Entwässerung entstandenen Produkte ungefähr dieselben Absorptionserscheinungen dar wie die festen Kieselgele. Der Unterschied ist auf die Bindung der Kieselsäure in dem Zeolith zurückzuführen.

Die bei der Zersetzung von Zeolithen entstehenden Kieselsäuren setzen sich zusammen aus jenen, welche der Kern liefert, und aus den letzteren begleitenden Kieselsäuren. Die einfachen Zeolithe: Skolezit, Natrolith, Gismondin, Lammontit lieferten bloß Orthokieselsäure. Gemischte Zeolithe der Gattungen Analcim, Chabasit, Desmin, Heulandit hinterließen eine Mischung, deren Wassergehalt mit dem berechneten gut übereinstimmt, worin eine Bestätigung der Auffassung von Kern und Kieselsäure in den Zeolithen erblickt wird.

Die Schmelzprodukte der Zeolithe sind von verschiedener Art. Aus Natrolith entsteht eine Mischung, die als Nephelin und Kieselglas gedeutet wurde, aus Skolezit eine Mischung von Anorthit und Kieselglas. In beiden Fällen lässt sich das Ergebnis von der Zusammensetzung aus dem Kern und der begleitenden Kieselsäure ableiten. Die Schmelzprodukte einiger Zeolithe lassen die Gegenwart einer Verbindung des Kernes mit  $\text{SiO}_2$  vermuten.

Wenn Zeolithe der Einwirkung von Salzlösungen ausgesetzt werden, so vollzieht sich ein beschränkter oder vollständiger Austausch der Metalle Ca, Ba, Na, K durch andere analoge Stoffe. Bei der Behandlung mit  $\text{NH}_4\text{Cl}$  bei gewöhnlicher oder nur wenig erhöhter Temperatur zeigten sich verschiedene Grade eines Austauschvermögens in bezug auf den Gehalt an den vorgenannten Metallen. Es ergab sich, daß jene Zeolithe, die kein Krystallwasser enthalten, wie der Analcim, Skolezit, so gut wie kein Austauschvermögen besitzen, während in den anderen, wie im Chabasit, Desmin, sich nach Maßgabe des Krystallwassers ein Austausch ereignet.

Bei der Vergleichung der Krystallformen jener Zeolithe, in denen gemäß dem Schema  $Z \cdot K \cdot m \text{OH}_2 \cdot n \text{Aq}$  das erste Glied Orthokieselsäure  $\text{SiO}_4\text{H}_4$  und in einem Falle  $\text{H}_2\text{O}$  ist, ergibt sich eine große Ähnlichkeit ihrer rhombischen und monoklinen Formen, bloß der Laumontit, in welchem auch statt Aq die Gruppe  $\text{SiO}_4\text{H}_4$  eintritt, zeigt eine Abweichung. Für jene Zeolithe, in welchen das erste Glied eine höher zusammengesetzte Kieselsäure oder eine Mischung solcher ist, konnte für die Gattungen innerhalb der Desmin- und der Chabasitreihe, ferner für jene der Heulanditreihe eine große Ähnlichkeit der Formen erwiesen werden.

Durch die Berechnung der einzelnen Analysen aus neuerer Zeit wurde gezeigt, daß jene, die dem normalen Verhältnis von Aluminium zu Calcium und den übrigen Metallen genau oder annähernd entsprechen, auch dem Schema  $Z \cdot K \cdot m \text{OH}_2 \cdot n \text{Aq}$  folgen, wobei innerhalb jeder Gattung  $m$  und  $n$  entweder 0 oder konstante Zahlen sind. Die Analysen ergeben nur solche Abweichungen von der Theorie, welche die Höhe der möglichen Beobachtungsfehler nicht übersteigen.

Wenn die Ca-, Ba-, Sr-haltigen Kernverbindungen mit  $Kc$ ,  $Kb$ ,  $Ks$  und die natriumhaltige mit  $Kn$  bezeichnet werden und in den Formeln der Kieselsäuren der Sauerstoff weggelassen wird, so kann eine übersichtliche Klassifikation in folgender Weise gegeben werden.

*A. Orthosilikate in Verbindung mit SiH<sub>4</sub>, auch H<sub>2</sub>O.*

Natrolith, SiH<sub>4</sub>Kn = Si<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>Na<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>12</sub>.

Skolezit, SiH<sub>4</sub>KcOH<sub>2</sub> = Si<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>CaH<sub>6</sub>O<sub>13</sub>.

Mesolith, ein Doppelsalz beider mit dem Verhältnis 1 : 2.

Edingtonit, SiH<sub>4</sub>KbOH<sub>2</sub>.Aq = Si<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>BaH<sub>8</sub>O<sub>14</sub>.

Gismondin, H<sub>2</sub>O KcO<sub>2</sub>H<sub>4</sub>.Aq = Si<sub>2</sub>Al<sub>2</sub>CaH<sub>8</sub>O<sub>12</sub>, auch mit SiH<sub>4</sub> statt H<sub>2</sub>O.

Thomsonit, ein Doppelsalz mit dem Verhältnis 1 : 3 der Verbindungen H<sub>2</sub>O Kn OH<sub>2</sub>Aq und H<sub>2</sub>O KcOH<sub>2</sub>, auch in letzterem SiH<sub>4</sub> statt H<sub>2</sub>O.

Laumontit, SiH<sub>4</sub>KcSiH<sub>4</sub> = Si<sub>4</sub>Al<sub>2</sub>CaH<sub>8</sub>O<sub>16</sub>.

*B. Disilikate verbunden mit Polykieselsäuren, auch mit H<sub>2</sub>O.*

Analcim, Si<sub>2</sub>H<sub>4</sub>Kn = Si<sub>4</sub>Al<sub>2</sub>Na<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>14</sub>, auch mit Si<sub>4</sub>H<sub>8</sub>, Si<sub>4</sub>H<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O statt Si<sub>2</sub>H<sub>4</sub>.

Faujasit, Si<sub>4</sub>H<sub>8</sub>KcO<sub>2</sub>H<sub>4</sub>.4 Aq und mit Si<sub>2</sub>H<sub>4</sub>.

Chabasit, Si<sub>2</sub>H<sub>4</sub>KcO<sub>2</sub>H<sub>4</sub>.2 Aq = Si<sub>4</sub>Al<sub>2</sub>CaH<sub>12</sub>O<sub>18</sub>, auch mit Si<sub>4</sub>H<sub>8</sub>, Si<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, SiH<sub>4</sub>.

Gmelinit Kn statt K.

Levyn wie Chabasit mit Si<sub>2</sub>H<sub>2</sub> und SiH<sub>2</sub>.

Desmin, Si<sub>4</sub>H<sub>8</sub>KcOH<sub>2</sub>.2 Aq = Si<sub>6</sub>Al<sub>2</sub>CaH<sub>14</sub>O<sub>23</sub> und auch mit Si<sub>6</sub>H<sub>12</sub>, Si<sub>4</sub>H<sub>4</sub>, Si<sub>2</sub>H<sub>4</sub>.

Harmotom mit Kb statt Kc.

Phillipsit wie Desmin, mit Si<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, Si<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, SiH<sub>4</sub>, SiH<sub>2</sub>.

Heulandit, Si<sub>4</sub>H<sub>4</sub>KcO<sub>2</sub>H<sub>4</sub>.Aq = Si<sub>6</sub>Al<sub>2</sub>CaH<sub>10</sub>O<sub>21</sub>, auch mit Si<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, Si<sub>4</sub>H<sub>8</sub>, Si<sub>2</sub>H<sub>4</sub>.

Brewsterit Ks statt Kc.

Mordenit wie Heulandit, mit Si<sub>8</sub>H<sub>8</sub>.