

Ein Hilfsmittel zur Entwicklung der Gleichung des chemischen Vorganges bei der Mineralbildung.

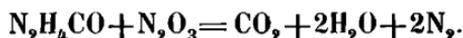
Von **Gustav Tschermak**,

correspondirendem Mitgliede der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften.

(Vorgelegt in der Sitzung am 12. März 1868.)

Wenn der Stoffumsatz, welcher bei einer chemischen Veränderung stattfindet, durch eine Gleichung ausgedrückt werden soll, so ist blos das eine nöthig, daß die Zusammensetzung der aufeinander einwirkenden Körper, ferner die Zusammensetzung der gebildeten Körper bekannt sei, alles Übrige ergibt sich aus dem Axiom der Erhaltung der Masse und aus der Unzerlegbarkeit der Elementarstoffe.

Wenn z. B. durch die gegenseitige Einwirkung von Harnstoff und salpetriger Säure sich Kohlensäure, Wasser- und Stickstoffgas bildet, so hat man die Gleichung



Es besteht nämlich nicht nur die Bedingung, daß die Masse vor und nach der Einwirkung dieselbe bleibt, sondern es existiren noch die vier anderen Bedingungen, daß auch die Mengen von Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff unverändert bleiben und aus diesen Bedingungen, sowie aus der Zusammensetzung der Körper, ergeben sich die fünf Coëfficienten, welche sagen, daß immer 1 Molecül Harnstoff auf 1 Molecül salpetriger Säure wirken und dabei 1 Molecül Kohlensäure gegen 2 Molecüle Wasser und 2 Molecüle Stickstoff gebildet werden.

Wenn also den auf einander wirkenden Körpern die Moleculargewichte $M, M', M'' \dots$, den gebildeten Körpern die Moleculargewichte $m, m', m'' \dots$, zukommen und die Coëfficienten mit $k, l \dots$, ferner mit $u, v, w \dots$ bezeichnet werden, so lautet die allgemeine Gleichung

$$hM + kM' + lM'' \dots = um + vm' + wm'' + \dots \quad \text{A.}$$

außer dieser aber bestehen immer so viel Specialgleichungen als Elementarstoffe bei der Reaction in Betracht kommen.

Die Reaktionsgleichungen dienen bekanntlich nicht blos dazu, die Umlagerung der Stoffe im Allgemeinen anschaulich zu machen, sondern sie zeigen häufig bei höher zusammengesetzten Körpern das Zerfallen und die Bildung nach gewissen Atomgruppen und gestatten dadurch einen gewissen Einblick in die Constitution der Verbindungen.

Die chemischen Vorgänge, durch welche die Mineralien im Kleinen auf ihren Lagerstätten und im Großen als Felsarten gebildet und zerlegt werden, lassen sich natürlicher Weise eben so verfolgen und in Gleichungen bringen, wie die Erscheinungen, welche wir im Laboratorium veranlassen, auch können wir mittels solcher Gleichungen in gleichem Maaße Einsicht in die nähere Gruppierung der Elementarstoffe in den Mineralien erlangen. Aber in allen Fällen, in welchen wir den Vorgang nicht nachahmen können, ist das Ziel mit vielen Schwierigkeiten umgeben.

Die Natur bringt in aufgelöster Form die Körper herbei, welche auf einander und auf bereits vorhandene Mineralien chemisch einwirken, sie führt in aufgelöster Form die neugebildeten Körper fort oder sie läßt den einen oder den anderen derselben zurück. Aus diesen hinterlassenen Spuren versuchen wir dann zu errathen, was vorgefallen.

Von den hierhergehörigen Fällen wähle ich einen bestimmten aus, in welchem die Aufstellung der Reaktionsgleichung möglich ist.

Der neugebildete Körper oder die neugebildeten Körper, welche nach der Reaction zurückbleiben, und welche ich allgemein als „Rückstand“ bezeichnen will, behalten öfters die Form des ursprünglichen Mineralen. War das letztere krystallisirt, so gibt die Form der Pseudomorphose oft ein sicheres Mittel die frühere Zusammensetzung zu bestimmen, demnach wären M und m gegeben. Es lassen sich aber auch in vielen Fällen die Coëfficienten $h \dots$ und $u \dots$ bestimmen, wofern man die Volumverhältnisse respective das Eigengewicht berücksichtigt. G. Bischof hat bei verschiedenen Gelegenheiten gezeigt ¹⁾ wie wichtig die Zuhilfenahme des Eigengewichtes bei Beurtheilung der Umwandlungserscheinungen sei, auch andere Beobachter

¹⁾ Lehrbuch d. chem. und phys. Geologie. Neue Aufl. I. p. 192, III. p. 834, u. a. O.

haben zuweilen davon Gebrauch gemacht und ich selbst darf einige Resultate als die meinigen aufführen, die auf jenem Wege erhalten wurden ¹⁾ Die Methode gestattet aber eine allgemeine Entwicklung.

Ist für den ursprünglichen Krystall P das Gewicht in Grammen, V das Volum in Cubikcentimetern und S das Eigengewicht, ferner p das Gewicht der daraus entstandenen Pseudomorphose, v das wahre Volum des Rückstandes, s dessen Eigengewicht, nennt man ferner, mit Rücksicht darauf, daß die Pseudomorphose auch porös sein kann, deren Volum, wie es der Umriß derselben ergibt v' ; endlich deren scheinbares Eigengewicht s' , so hat man

$$P = SV \text{ und } p = sv = s'v'.$$

Mit Rücksicht auf die obige Gleichung (A) hat man ferner

$$P : p = hM : um$$

und es ergibt sich demnach ²⁾

$$\frac{h}{u} = \frac{m}{M} \cdot \frac{SV}{sv} = \frac{m}{M} \cdot \frac{SV}{s'v'} \quad (1.)$$

endlich auch die Gleichung

$$\frac{V}{v} = \frac{s}{S} \cdot \frac{hM}{um} \quad (2.)$$

Für den Fall, daß der Rückstand zwar porös ist aber dieselbe Gestalt und Größe hat wie das ursprüngliche Krystall, ist $V = v'$ und es ergibt sich aus dem Vorigen

$$P : p = S : s' \quad (3.)$$

¹⁾ Beobachtungen an Pseudomorphosen. Berichte d. Wiener Akad. Bd. 49, pag. 330, Bd. 53, pag. 523.

²⁾ Wofern das ursprüngliche Mineral keine einfache Verbindung sondern eine isomorphe Mischung und ebenso der Rückstand ein Gemenge bekannter Verbindungen ist, dann hat man

$$P : p = (hM + kM' + \dots) : (um + vm' + \dots)$$

Die Verhältnisse $h : k : \dots u : v : \dots$ sind durch die chemische Analyse zu bestimmen und es ergibt sich dann aus P und p das Verhältniß $h : u$ etc.

Um zu berechnen wie viel Rückstand aus 100 Theilen des ursprünglichen Mineralen hervorgegangen ist, benützt man die Gleichung

$$p = 100 \frac{s'}{S}.$$

Das Verhältniß der Coëfficienten bestimmt sich durch den Ausdruck

$$\frac{h}{u} = \frac{m}{M} \cdot \frac{S}{s'} \quad (4.)$$

Für den Fall endlich, daß der Rückstand vollständig dicht, porenfrei ist und daß die Pseudomorphose dieselbe Gestalt und Größe hat wie der ursprüngliche Krystall, ist $s = s'$ und $v = v' = V$ und es bestehen dann die Beziehungen

$$P : p = S : s \quad (5.)$$

$$\frac{h}{u} = \frac{m}{M} \cdot \frac{S}{s} \quad (6.)$$

Aus 100 Theilen des ursprünglichen Mineralen entstehen in solchem Falle

$$p = 100 \cdot \frac{s}{S}$$

Theile. Für den häufigen Fall, daß aus 1 Molecül der ursprünglichen Verbindung wieder 1 Molecül der neuen sich bildet und als Rückstand bleibt, hat man $h = u$, wonach

$$S : s = M : m \quad \text{oder} \quad \frac{M}{S} = \frac{m}{s},$$

d. h. die Eigengewichte verhalten sich wie die Moleculargewichte, oder die specifischen Volume beider Verbindungen sind gleich.

In dem Vorhergehenden wurde der Fall in Betracht gezogen, daß eine Pseudomorphose gleiche Gestalt und Größe habe wie der Krystall im ursprünglichen Zustande. Da nun bei unseren Beobachtungen die ursprüngliche Größe nicht zu bestimmen ist, so fragt es sich, ob es andere Mittel gebe diese Gleichheit zu constatiren. Die Beantwortung ergibt sich aus den Beobachtungen über die Bildungsweise der Pseudomorphosen.

Die chemische Veränderung der Krystalle erfolgt meist von außen her, selten von innen gegen die Rinde zu, in manchen Fällen verbreitet sie sich mittels feiner Risse durch den Krystall hindurch.

Die Umwandlung erfolgt von außen her. Vermindern dabei die Theilchen ihr Volum, so entsteht ein gleichmäßig poröser Rückstand mit Beibehaltung der Krystallform und des Volums oder es entsteht ein dichter Rückstand und dieser zeigt sehr bedeutende Gestaltänderung; die Form erscheint, wofern sie noch erkennbar, wie ausgezehrt, die Flächen sind eingesunken, die Winkeldimensionen unregelmäßig verändert. Vermehren die Theilchen ihr Volum, dann erfolgt ein Aufblähen, es verändert sich die Gestalt mit dem Volum. Bleibt das Volum der Theilchen bei der Veränderung das gleiche, so ändert sich Gestalt und Gesamtvolum natürlich nicht.

Die Veränderung beginnt von Außen her. Vermindern die Theilchen dabei ihr Volum, so bildet sich ein poröser Rückstand, welcher Form und Volum des Krystalles behält. Vermehrt sich das Volum der Theilchen, dann muß der Krystall zerspringen. Bleibt das Volum der Theilchen ungeändert, so erhält sich die Form und das Gesamtvolum.

Die Umwandlung schreitet in Sprüngen vor, welche in Folge der Spaltbarkeit entstehen. Sowohl bei Vermehrung als bei Verminderung des Volumens der Theilchen geschieht es dann zuweilen, daß in der Zone der Spaltbarkeit die Winkeldimensionen fast ungeändert bleiben.

Wenn der letzte Fall ausgenommen wird, so folgt nach dem Angeführten, daß jedesmal, wenn an dem Rückstande die Form des ursprünglichen Krystalles erhalten blieb, auch das äußere Volum bei der Umwandlung unverändert sich erhielt, also $V = v'$ anzunehmen ist. Aber auch der letzte Fall führt zu keiner Täuschung wofern man die mikroskopische Prüfung des Rückstandes, welche die genannte Bildungsweise derselben erkennen läßt, nicht vernachlässigt.

Es wurde vorhin auch das scheinbare Eigengewicht als ein Beobachtungsdatum eingeführt. Diese Größe kann man bei fein porösen Körpern nach der Methode bestimmen, die ich schon früher einmal angegeben habe¹⁾. Ein Pyknometer, dessen Gewicht, mit Quecksilber gefüllt q , wird nachdem es in der Quecksilberwanne

1) Pseudomorphosen III. Abhandlung. Berichte d. Wiener Akad. Bd. 49, pag. 337.

geöffnet und angefüllt worden, umgekehrt und darin der zu prüfende Körper, dessen Gewicht p , aufsteigen gelassen. Nachdem der Pyknometer wieder geschlossen worden, findet man dessen Gewicht jetzt gleich q' und wenn e das Eigengewicht des verwendeten Quecksilbers ist, so berechnet sich das scheinbare Eigengewicht aus

$$s' = \frac{ep}{p+q-q'} + \delta.$$

Weil bei der Operation auch an der Oberfläche des zu prüfenden Körpers etwas Luft hängen bleibt, und die Verwendung des Quecksilbers noch andere kleine Fehler mit sich führt, so erhält man s' etwas zu klein, deßhalb muß eine Correction zugefügt werden, die man findet, wenn man für einen vollständig dichten Körper, dessen Eigengewicht genau gleich s gefunden worden, bei Anwendung nahe gleich großer Stückchen, s' bestimmt und nun $s - s' = \delta$ setzt.

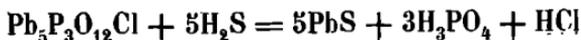
B e i s p i e l e.

Um den Fall zu beleuchten, in welchem der Rückstand gleiches Volum hat, wie der ursprüngliche Krystall, aber porös erscheint, wähle ich die Veränderung des Pyromorphit $\text{Pb}_6\text{P}_3\text{O}_{12}\text{Cl}$ zu Bleiglanz PbS ¹⁾. Bei dieser Umwandlung hinterbleibt der Bleiglanz in der Form des Pyromorphit in sechsseitigen Säulen, innen aber ist der Rückstand fein porös und besteht, wie man sich durch das Mikroskop überzeugen kann, aus kleinen Bleiglanzwürfeln, welche, wie schon aus Haidinger's Beobachtung hervorgeht, regelmäßig angeordnet sind ²⁾. Für Pyromorphit hat man nach Kersten's Beobachtungen $S = 7 \cdot 05$. Das scheinbare Eigengewicht des Rückstandes bestimmte ich an der Pseudomorphose von der Grube Kautenbach bei Berncastel zu $6 \cdot 1$ und es berechnet sich nach (4) die Größe $\frac{h}{u} = 0 \cdot 204$ wofür $\frac{1}{5}$ zu nehmen ist. Denkt man sich nun die

¹⁾ $\text{H} = 1$, $\text{Cl} = 35 \cdot 5$, $\text{O} = 16$, $\text{S} = 32$, $\text{Si} = 28$, $\text{Pb} = 207$ etc.

²⁾ Breithaupt hat, durch das scheinbare Eigengewicht dieses Rückstandes verleitet, denselben für verschieden vom Bleiglanz erklärt und Sexangulit genannt. Berg- u. Hüttenm.-Zeitung. 1862. p. 98.

Veränderung durch Schwefelwasserstoff hervorgebracht, so ergibt sich die Gleichung:

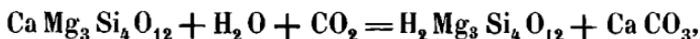


Dieses Beispiel zeigt, daß man auch bei porösen Pseudomorphosen nicht die Annahme zu machen braucht, es sei dieser oder jener Bestandtheil bei der Umwandlung constant geblieben, denn durch Berücksichtigung des scheinbaren Eigengewichtes ergibt sich, wie viel von den Stoffen des ursprünglichen Mineralen in der Pseudomorphose zurückgeblieben ist. So erfährt man im obigen Falle, schon aus der Gleichung (3), daß aus 100 Theilen Pyromorphit 86·6 Theile Bleiglanz hervorgehen. Nun enthalten 100 Theile Pyromorphit 76·3 Theile Blei, und 86·6 Theile Bleiglanz enthalten 75 Theile Blei, folglich ist anzunehmen, daß die Menge des Bleies bei diesem Vorgange nicht verändert wurde.

Die folgenden Beispiele beziehen sich auf die Erscheinung, daß der Rückstand dicht ist und die Krystallform der ursprünglichen Verbindung unverändert an sich trägt.

1. Verwandlung des Tremolith $\text{CaMg}_3\text{Si}_4\text{O}_{12}$ in Talk $\text{H}_2\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{12}$. Diese Erscheinung ist durch Scheerer's Analysen aufgeklärt und zugleich gezeigt worden, daß die Form des Tremolithes unverändert bleibe. Nach Rammelsberg ist für reinen Tremolith $S = 2·93$ und nach Scheerer für Talk von der obigen Zusammensetzung $s = 2·78$.

Es berechnet sich nun nach (6) die Größe $\frac{h}{u} = 0·957$, was als 1 zu nehmen ist. Wenn die Umwandlung durch Kohlensäure und Wasser bewirkt wird, so besteht demnach die Gleichung:



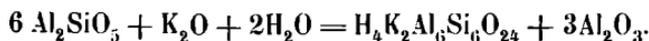
welche sagt, daß aus Tremolith bei diesem Vorgange Talk und Calcit gebildet wird.

2. Verwandlung des Disthen Al_2SiO_5 in Damourit $\text{H}_4\text{K}_2\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}$. Der Damourit findet sich, wie ich bei einer anderen Gelegenheit ausführlicher mittheilen werde, in dichtem Zustande mit völliger Erhaltung der Form des Disthen (Cyanit). Diese Pseudomorphose hat v. Kobell Onkosin genannt. Für Disthen hat man nach der Beobachtung von Mohs an der weißen Abänderung $S = 2·559$ und das

Eigengewicht des Onkosin ist nach meiner Bestimmung = $2 \cdot 806$.

Daraus folgt nun $\frac{h}{u} = 6 \cdot 20$, wofür 6 zu nehmen sein wird.

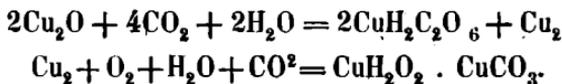
Mit Weglassung des unbekanntes intervenirenden Säureradicales wird der Vorgang ausgedrückt durch die Gleichung



Will man ohne Zuhilfenahme der chemischen Formeln zum Ziele kommen, so findet man aus den obigen Zahlen für die Eigengewichte nach (5), daß aus 100 Disthen $78 \cdot 7$ Theile Damourit hervorgehen. In $78 \cdot 7$ Damourit sind aber $33 \cdot 5$ Kieselsäure und $30 \cdot 4$ Thonerde enthalten, während der Disthen $36 \cdot 8$ Percent Kieselsäure und $63 \cdot 2$ Percent Thonerde enthält. Daraus folgt, daß bei der Verwandlung des Disthen die Menge der Kieselsäure constant blieb, während von der Thonerde die Hälfte weggeführt wurde. Die Mineralogen pflegten bisher von der Annahme auszugehen, daß bei ähnlichen Vorgängen die Thonerde constant bleibe. Dieses Beispiel mahnt wohl zur Vorsicht.

3. Verwandlung der Krystalle von Rothkupfererz (Cuprit) Cu_2O in Malachit $\text{CuH}_2\text{O}_2 \cdot \text{CuCO}_3$.

An den grünen Oktaëdern von Chessy, welche aus Malachit bestehen und im Innern noch einen Kern von Rothkupfererz enthalten, sieht man den Malachit in völlig dichtem Zustande; die Oktaëderform ist ziemlich gut, wenn auch nicht vollständig erhalten. Die Aufblähung ist nicht bedeutend. Das Eigengewicht des Rothkupfererzes ist nach Mohs $S = 5 \cdot 992$, das des Malachit, nach demselben Beobachter $s = 4 \cdot 008$, und man erhält $\frac{h}{u} = 2 \cdot 31$. Man könnte im Zweifel sein, ob hier 2 oder $2 \cdot 333$ anzunehmen sei, doch folgt aus dem etwas aufgeblähten Zustande des Rückstandes, daß die kleinere Zahl zu adoptiren sei, welche sagt, daß aus 2 Moleculen Cuprit 1 Molecul Malachit entsteht. Nimmt man hinzu, was Knop für die Zerlegung des Cuprit in der Natur als wichtige Regel hervorgehoben, daß nämlich der Cuprit durch verdünnte Säuren in Oxydsalz und metallisches Kupfer verwandelt wird, so erkennt man, daß der Vorgang aus zwei Theilen besteht, die unmittelbar auf einander folgen.



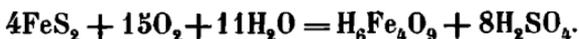
In dem ersten Theil des Vorganges wird das Oxydsalz gebildet und als Bicarbonat fortgeführt, im zweiten Theil entsteht aus dem zurückgebliebenen Kupfer, nach der Oxydation, Malachit. So lange bei diesem Spiele Cuprit vorhanden ist, geht der Proceß so fort, wie ihn die beiden Gleichungen angeben, sobald aber aller Cuprit verschwunden ist, greift die freie Kohlensäure auch den gebildeten Malachit an, der früher durch den Cuprit beschützt wurde. Daher werden Pseudomorphosen von Malachit, die aus Cuprit entstanden sind, sich nur selten erhalten können, sobald der Kern von Cuprit verschwunden ist. Die Erfahrung bestätigt diese Voraussage, denn die Pseudomorphosen, welche keinen Kern von Cuprit haben, sind fast immer hohl oder unregelmäßig löcherig ¹⁾.

Wenn man den Fall voraussetzt, daß eine vollständig erhaltene Pseudomorphose ohne Cupritkern vorliegt, so findet man nach (2)

daß $\frac{v}{V} = 1.15$, d. h., daß bei der Umwandlung eine Volumvermehrung von 15 Procent eingetreten sei. Weil in vielen Pseudomorphosen noch ein Kern von Cuprit vorhanden, so bemerkt man bei diesen wenig von der Volumvermehrung.

4. Verwandlung des Pyrit FeS_2 in Brauneisenerz $\text{H}_6\text{Fe}_4\text{O}_9$. Diese Umwandlung liefert wie bekannt einen dichten Rückstand bei vollständiger Erhaltung der Form.

Wenn man für Pyrit, nach den Bestimmungen von Kennigott und Zepharovich $S=5.1$ und für Brauneisenerz nach meiner Bestimmung 3.97 setzt, so erhält man $\frac{h}{u} = 4.00$ und demgemäß die Gleichung

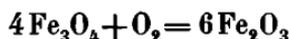


Dies ist eigentlich nur der erste Theil des Vorganges, denn damit das Brauneisenerz bestehen könne, muß die Einwirkung der Schwefelsäure durch ein Oxyd aufgehoben werden.

5. Veränderung des Magnetit F_3O_4 zu Eisenglanz Fe_2O_3 .

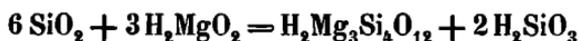
¹⁾ Blum, Pseudomorphosen, 3. Nachtrag pag. 33.

Am Vesuv kommen auf Laven eisenschwarze Oktaëder vor, welche, wie Scacchi gezeigt hat, aus regelmäßig angeordneten Eisenglanzblättchen bestehen, und welche für ein Umwandlungsproduct gehalten werden, das aus Magnetit hervorging. Rammelsberg hat auch einen kleinen Eisenoxydulgehalt in solchen Bildungen gefunden, so daß wohl kein Zweifel an der Richtigkeit jener Ansicht übrig bleibt. Das Volum ist wohl nur sehr wenig verändert worden, denn nur hie und da ragt ein Eisenglanzblättchen über die Fläche des Oktaëders hervor. Nimmt man für Magnetit nach Rammelsberg $S = 5 \cdot 185$ und für Eisenglanz $s = 5 \cdot 303$, so ergibt sich $\frac{u}{h} = 1 \cdot 483$ wofür $\frac{3}{2}$ zu nehmen ist und was zu der Gleichung führt



wofern freier Sauerstoff als die Veränderung bewirkend angesehen wird.

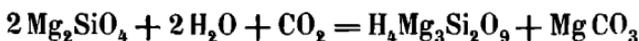
6. Während in den zuvor angeführten Fällen kein Zweifel besteht, daß eine chemische Veränderung vorliegt, ist die hier zu besprechende Erscheinung, nämlich die Umwandlung des Quarzes in Steatit, von einigen Beobachtern so aufgefaßt worden, daß der Statit nur in Folge des Löslichkeitsunterschiedes den Ort der Quarztheilchen eingenommen habe, oder, wie man sich kurz ausdrückt daß das Auftreten des Steatit in der Krystallform des Quarzes eine Verdrängungspseudomorphose sei. Andere Forscher haben jedoch eine chemische Verwandlung des Quarzes in Steatit angenommen. Ohne dies hier entscheiden zu wollen, führe ich hier an, was die Rechnung ergibt, wenn man die letztere Ansicht verfolgt. Für Quarz SiO_2 ist nach den Beobachtungen von Schaffgotsch $S = 2 \cdot 653$, für Steatit $\text{H}_2\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{12}$, wie für Talk $s = 2 \cdot 780$ und es berechnet sich $\frac{h}{u} = 6 \cdot 01$, wonach man die Gleichung



für diese Umwandlung adoptiren kann.

Um nun auch ein Beispiel zu citiren, welches die Erscheinung betrifft, daß der Rückstand wohl die Gestalt des ursprünglichen Krystalles ziemlich gut erhalten zeigt, aber an Volumen zugenommen hat, erinnere ich an den Serpentin der aus Olivin hervorgegangen

ist und noch die Form des Olivin an sich trägt. Vor Kurzem habe ich in einer Schrift über Serpentinbildung gezeigt ¹⁾, daß in den Olivinkrystallen sich die Umwandlung so fortsetzt, daß immer den Spaltflächen parallel neue Sprünge entstehen und an den Wänden dieser Klüfte ein serpentinartiges Mineral gebildet wird. Die Theilchen dieses Mineralen müssen ein größeres Volum haben als die Theilchen des Olivin aus dem sie entstehen, denn nur so ist es erklärlich, daß der Krystall fort und fort nach den Spaltrichtungen zertrümmert wird. Dieses Fortschreiten der Umwandlung macht es aber auch möglich, daß der Krystall trotz der weit vorgeschrittenen Veränderung, trotz der Zunahme des Gesamtvolumes noch annähernd die frühere Form hat. Weil der Olivin nur nach zwei auf einander senkrechten Richtungen spaltet, so vergrößert sich das Volum nach den Normalen derselben, die dritte Richtung bleibt zurück, dies zeigen Haidinger's Messungen sehr deutlich. Sie geben eine merkliche Verlängerung dieser beiden Normalen an. Wegen dieser so scharf nachgewiesenen Volumvermehrung bei der Verwandlung des Olivin in Serpentin läßt sich nach der zuvor behandelten Methode kein Resultat erlangen. Dagegen haben die Beobachtungen der in der Umbildung begriffenen Olivinmassen gezeigt, daß bei dem Vorgange bloß Magnesiacarbonat ausgeschieden wird (wofern man von dem Eisen absieht), und daß demnach die Gleichung



für eisenfreien Olivin richtig sei. Für einen solchen berechnet sich nach (2) eine Volumzunahme von 25 Procent, wenn nach Ram m e l s b e r g für Olivin $S = 3 \cdot 243$, für Serpentin $s = 2 \cdot 557$ genommen wird. Der gewöhnliche Olivin im Olivinfels führt aber noch ein isomorphes Eisensilicat mit, durch dessen Zerlegung jene Volumzunahme wohl auf die Hälfte, circa 14 Procent, herabgemindert wird.

1) Berichte der Wiener Akademie, Bd. 56, pag. 283.