Zeitschrift: Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen = Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie

Band: 13 (1933)

Heft: 1

Artikel: Zur Zusammensetzung und Bildung der Sericite

Autor: Niggli, P.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-14062

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 17.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Zur Zusammensetzung und Bildung der Sericite

Von *P. Niggli* in Zürich

Neuere Untersuchungen über die Gesteinsverwitterung [1]) zeigten, dass unzweifelhaft im Verlauf von Vorgängen, die zur gewöhnlichen Oberflächenverwitterung gehören, kristalline Mineralien neu sich bilden, die typisch für die säkuläre Verwitterung, den hydrothermalen Bereich und die Epimetamorphose sind (Chlorit, Zoisit, Sericit, Zeolithe [2]) u. s. w.). Die Röntgenstrahlenmethode gestattet beim Studium dieser meist äusserst feinkristallinen Neubildungen über die mikroskopische Technik hinauszugehen oder mikroskopische Befunde zu verifizieren. Dass trotzdem, wenn immer möglich, die chemische Analyse zu Rate gezogen werden sollte, wird gerade das Beispiel des Sericits zeigen, der durch die voranstehenden Untersuchungen als verwitterungsartige Neubildung sichergestellt ist.

Die Sericitbildung hat von jeher bei den Fragen der Verwitterung und Metamorphose eine grosse Rolle gespielt. Nachdem schon E. Baur [3]) bei noch relativ hohen Temperaturen die hydrothermale Synthese gelungen war, hat neuerdings W. Noll [4]) röntgenometrisch bei 300—225° die von mir [5]) 1912 aufgestellte Bildungsgleichung des Sericits aus kolloidalen Tonen allophanhaltiger Komplexe, die durch Kaliadsorption zu Homoisochemiten des Sericits geworden sind, experimentell bestätigt. Da nach W. Noll [6]) die (auch meinen Betrachtungen zu Grunde gelegene) Adsorptionsverbindung $2\,SiO_2$.

---

[1]) M. Gschwind, P. Niggli: Untersuchungen über die Gesteinsverwitterung in der Schweiz. Beiträge Geologie der Schweiz. Geotechnische Serie **XVII**, 1931 (besonders Seite 85 ff.).

[2]) M. Gschwind und E. Brandenberger: Diese Zeitschrift **XII**, 445, 1932.

[3]) E. Baur: Z. f. anorg. Chemie **72**, 119, 1911. Abbildung in M. Schlaepfer, P. Niggli, ebenda **87**, 52, 1914.

[4]) W. Noll: Nachrichten Ges. Wiss. Göttingen, Math.-Nat. Kl. **1932**, S. 122 ff., Fachgruppe Geologie und Mineralogie.

[5]) P. Niggli: Die Chloritoidschiefer des nordöstlichen Gotthardmassives. Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz, Neue Folge, Lieferung **XXXVI**, 1912. Siehe Gleichung I, Seite 53, die genau dem experimentellen Vorgang entspricht.

[6]) W. Noll: Chemie der Erde, Bd. **VI**, 552, 1931.

$Al_2O_3 \cdot aq$ selektiv K bis zum Verhältnis Al : K = 3 : 1 adsorbiert, könnten so an und für sich Sericite idealer Zusammensetzung entstehen. Mikroskopische Untersuchungen an analysierten epimetamorphen Gesteinen lassen jedoch erkennen, dass der Sericit gewöhnlich viel komplexer zusammengesetzt ist. Es erscheinen bei der Berechnung im Dünnschliff nicht nachweisbare Mengen von Feldspat, Chlorit u. s. w., deren Hauptbestand gleichfalls im Sericit stecken muss. Für einen gewissen Teil des Mg ist dies ohne weiteres verständlich, da Mg von den in Frage kommenden und zudem in ihrer Zusammensetzung etwas variablen Gelen adsorbiert wird und darauf schwer verdrängbar ist. Aber die Berechnungen lassen auch keinen Zweifel, dass in einigen Fällen die Sericite viel alkalireicher und SiO_2-reicher sein müssen als die einfache Formel

$$\begin{bmatrix} Si_6Al_2O_{20} \\ Al_4(OH)_4 \end{bmatrix} K_2$$

verlangt. Besonders gilt dies, wenn sich der Sericit unmittelbar aus Feldspäten gebildet hat (Epigneise u. s. w.).

Die Idealgleichung

$$\underset{\text{Orthoklas}}{3\,[Si_6Al_2O_{16}]\,K_2} + 4\,H_2O \rightarrow \underset{\text{Sericit}}{\begin{bmatrix} Si_6Al_2O_{20} \\ Al_4(OH)_4 \end{bmatrix} K_2} + \underset{\text{Quarz}}{6\,Si_2O_4} + 4\,K(OH)$$

zeigt, dass durch diese Hydrolyse $^2/_3$ des Si und des K frei werden müssten. Das ist eine ausserordentlich grosse Menge für diesen so leicht von statten gehenden Abbau, und es drängt sich von selbst die Frage auf, ob sich nicht durch Anpassung (gekoppelter Atomersatz im Kristallgebäude) die Differenz zwischen Zusammensetzung des Eduktes und Produktes verringern lasse. Unsere Strukturbilder der Silikate sind ja nur sehr vage chemisch-morphologische Schemata, die genauere analytische Untersuchungen nicht unnütz machen, die im Gegenteil heute weit dringender als je den Ausbau der Mineralchemie verlangen, da röntgenographisch meist nur ein allgemeiner Bauplan bestimmt werden kann. Gerade bei den Glimmern (übrigens auch bei der Grosszahl der übrigen wasserhaltigen Silikate) ist diese Unbestimmtheit des Idealformelbildes evident. Die Untersuchungen von J. Jakob und anderen zeigen, dass weder das Verhältnis von O : Metallatom noch von O : Metallatom : H konstant bleibt, dass Si : Al im Ganzen sowie im Silikatgerüste erheblich variieren kann, dass das Verhältnis Al : Alkaliatomen ebenso wie O : H sehr grossen Schwankungen ausgesetzt ist, dass neben dem üblichen Ersatz von Al durch Si, von Al durch Fe, Mn, Mg auch (mindestens im hydrolysierten Teil) Al durch Ti, Na weitgehend substituiert ist. Das alles

hat zur Folge, dass es oft fast schwieriger ist nachzuweisen, ein bestimmter Chemismus sei mit dem allgemeinen Kristallbauplan der Glimmer unverträglich, als zu beweisen, es müsse sich aus rein chemischen Gründen um einen Glimmer handeln. Ist dann röntgenographisch der allgemeine Glimmerbauplan erwiesen, so beginnt erst die Aufgabe der eigentlichen Kristallchemie, den Sonderfall zu diagnostizieren und mit den Entstehungsbedingungen zu vergleichen. Ohne genaue Bestimmung der Elementarzelle ergeben sich jedoch Vieldeutigkeiten des Tatbestandes; es lassen sich, wie im Folgenden, meist nur Vergleiche anstellen und Möglichkeiten diskutieren.

Beim Studium der Muskovit-Sericitanalysen (eine eingehende statistische Bearbeitung ist in Vorbereitung) ergibt sich etwa Nachstehendes:

Sehr häufig ist gerade bei Glimmern niedriger Entstehungstemperaturen

1. der Si-Gehalt anormal hoch,
2. der Gehalt an Alkalien anormal hoch,
3. der Eintritt zweiwertiger Elemente, hie und da verbunden mit einem Ansteigen des Verhältnisses R:O über 14:24 (R = Si, Al, Ti, Fe, Mn, Mg, Na, K), ein relativ hoher,
4. oft, jedoch nicht immer, steht damit in Verbindung ein geringerer Wassergehalt als der maximal verlangte.

Es ist immer vorteilhaft, sich durch einfache, vollständig durchgeführte Substitutionen Rechenschaft zu geben, welcher Art die Koppelungen sein können. Die Bildung derartiger „Endglieder" ist kein Zurückgreifen auf Moleküle im Kristallgebäude, hat doch schon A. KENNGOTT [7]) vor G. TSCHERMAK bei Glimmern und Chloriten diese Methode benutzt, mit dem ganz klaren Hinweis, dass es sich nur um Atomsubstitutionen handle, die man sich, um den Einfluss zu übersehen, jeweilen ganz zu Ende geführt denke. Natürlich wird es immer eine richtige Problemstellung sein, zu fragen, ob die „Endglieder" auch für sich in dieser Form kristallisieren können.

---

[7]) Leider sind die vor 50—60 Jahren in der Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft Zürich erschienenen KENNGOTT'schen Arbeiten zur Chemie der Silikate fast völlig vergessen worden. Sie zeigen, wie wenig prinzipiell Neues in manchen Fällen seit dieser Zeit hinzugekommen ist. So schrieb beispielsweise nach gründlichen chemischen Studien KENNGOTT in der Vierteljahrsschrift, Bd. **11**, 1866, S. 240 ff. deutlich, dass in manchen Silikaten MgSi durch Al_2; Fe_2 durch FeTi vertreten werden können. Insbesondere hat er die Doppelrolle des Al als Si- und Mg Fe-Vertreter klar herausgehoben im Sinne reinen Atomersatzes, nicht im Sinne von Molekülmischungen. (Reihenentwicklungen und Isomorphiebetrachtungen; siehe auch Bd. **14**, 1869, S. 353 ff. u. s. w.)

Gehen wir von der Idealformel mit $R_I = 14$ aus, wovon 2 R als A-Elemente ionistisch ausserhalb des Kieselsäure-Oxyhydroxydskeletts stehen sollen. Dann bedingt jeder Si-Überschuss über das Verhältnis Si : Al = 3 : 1 im Silikatgerüst eine Umwandlung von (OH) in O entsprechend der Reihe:

$$\begin{bmatrix} Si_6Al_2O_{20} \\ Al_4(OH)_4 \end{bmatrix} K_2 \rightarrow \begin{bmatrix} Si_7AlO_{20} \\ Al_4O(OH)_3 \end{bmatrix} K_2 \rightarrow \begin{bmatrix} Si_8O_{20} \\ Al_4O_2(OH)_2 \end{bmatrix} K_2$$

Die Verhältnisse Si : Al = 1, Al : K = 3 und H : K = 2 sind hiebei geändert zu Si : Al = 2, Al : K = 2 und H : K = 1; das nähert sie den Verhältniszahlen bei den Alkalifeldspäten mit Si : Al = 4, Al : (K + Na) = 1, H : K = 0. Ersatz des Al durch zweiwertige (oder gar einwertige) Elemente erhöht wieder relativ die Zahl der (OH)-Gruppen, z. B.

$$\begin{bmatrix} Si_7AlO_{20} \\ Al_3Mg(OH)_4 \end{bmatrix} K_2 \rightarrow \begin{bmatrix} Si_8O_{20} \\ Al_2Mg_2(OH)_4 \end{bmatrix} K_2 \rightarrow$$

$$\begin{bmatrix} Si_8O_{20} \\ Al_3MgO(OH)_3 \end{bmatrix} K_2 \text{ oder } \begin{bmatrix} Si_8O_{20} \\ Al_3Na(OH)_4 \end{bmatrix} K_2$$

Nach dem zur Zeit vorliegenden Strukturvorschlag für Muskovit ist bei gleichem Wechsel der Bauschichten die Maximalzahl der ausserhalb des $(Si, Al)_2O_5$-Verbandes stehenden O bzw. OH vier auf $(Si, Al)_8O_{20}$. Bleibt die Zahl der R ausserhalb des Silikatgerüstes 4, so könnte somit das hydrolisierte Al durch zweiwertige Elemente nur ersetzt werden, wenn gleichzeitig im Grundgerüst Al durch Si ersetzt wird (Koppelung SiMg durch Al_2). In der Tat sind oft relativ Si-reiche Glimmer zugleich relativ reich an zwei- oder einwertigen Elementen. Nun stehen jedoch für die aktiven Zentren der Koordinationszahl 6 (hydrolisiertes Al, Mg u. s. w.) pro $(Si, Al)_8O_{20}$ nicht nur 4, sondern 6 Plätze zur Verfügung, die im Biotit voll besetzt sein sollen. Denken wir uns die Hälfte der im Idealmuskovit noch freien Plätze besetzt, so erhalten wir Formeln wie:

$$\begin{bmatrix} Si_6Al_2O_{20} \\ Al_5O_3(OH) \end{bmatrix} K_2 \rightarrow \begin{bmatrix} Si_6Al_2O_{20} \\ Al_4MgO_2(OH)_2 \end{bmatrix} K_2 \rightarrow \begin{bmatrix} Si_6Al_2O_{20} \\ Al_4NaO(OH)_3 \end{bmatrix} K_2$$

bzw.

$$\begin{bmatrix} Si_7AlO_{20} \\ Al_5O_4 \end{bmatrix} K_2 \rightarrow \begin{bmatrix} Si_7AlO_{20} \\ Al_4MgO_3(OH) \end{bmatrix} K_2 \rightarrow \begin{bmatrix} Si_7AlO_{20} \\ Al_4NaO_2(OH)_2 \end{bmatrix} K_2$$

bzw.

$$\begin{bmatrix} Si_8O_{20} \\ Al_4MgO_4 \end{bmatrix} K_2 \rightarrow \begin{bmatrix} Si_8O_{20} \\ Al_3Mg_2O_3(OH) \end{bmatrix} K_2 \rightarrow \begin{bmatrix} Si_8O_{20} \\ Al_4NaO_3(OH) \end{bmatrix} K_2 \rightarrow$$

$$\begin{bmatrix} Si_8O_{20} \\ Al_3MgNaO_2(OH)_2 \end{bmatrix} K_2 \rightarrow \begin{bmatrix} Si_7AlO_{20} \\ Al_3MgNaO(OH)_3 \end{bmatrix} K_2 \text{ usw.}$$

Sofern somit in der Oxyd-Hydroxydschicht noch reichlich dreiwertige Elemente auftreten, wird bei zusätzlichem Besetzen von Sechserkoordinationsstellen mit zwei- oder einwertigen Elementen (OH) durch O teilweise ersetzt sein müssen (geringere Hydrolyse). Überschüssiges R ist in Muskovit-Sericit-Phengitanalysen häufig, merkwürdig scheint lediglich nach den heutigen noch etwas unsicheren Strukturvorschlägen für Muskovit und Biotit der Mangel eines in jeder Hinsicht kontinuierlichen Übergangs zwischen beiden Mineralspezien.

Auch durch Formeln wie die soeben erwähnten wird, abgesehen vom neu hinzugekommenen Mg (bzw. Fe), eine grosse Annäherung des Gesamtchemismus der Glimmer an die Alkalifeldspäte erreicht. Es ist daher umgekehrt zu erwarten, dass aus Feldspäten gebildete Sericite oft Substitutionstendenzen aufweisen, wie sie in diesen schematischen „Endgliedern" deutlich werden.

Die analysierten Sericite von Albbruck sind sicherlich praktisch feldspatfrei und nahezu frei von anderen Beimengungen [8]). Die chemischen Daten lassen sich mit der Idealformel des Muskovits nur so vergleichen, dass man die Zahl der O-Atome als gegeben annimmt, daraus berechnet, wieviel R (darunter Si, Al, K, H) vorkommen sollten und die berechneten Werte und Verhältnisse mit den wirklichen vergleicht. Natürlich setzt das voraus, dass Strukturvarianten mit einer andern Grundsauerstoffatomzahl nicht in Betracht fallen. Sollte diese Hypothese (die sich auf den bereits vorliegenden Strukturvorschlag stützt) nicht zutreffen, so ist dennoch der Vergleich als solcher wertvoll, nur einzelne Schlussfolgerungen müssten revidiert werden. In der Tabelle sind die Berechnungen zusammengestellt. Drei andere ebenfalls bei relativ niedriger Temperatur gebildete, von J. Jakob analysierte helle Glimmer zeigen, wie verbreitet einzelne der konstatierten Abweichungen sind und beseitigen den Verdacht, dass eventuell subröntgenographische Beimengungen die Ursache des abweichenden Chemismus seien. Die Zahlen sind direkt aus der gewichtsprozentischen Analyse erhaltene Atomzahlen. Zunächst zeigt sich nach dieser Berechnung, dass in allen fünf Fällen gegenüber dem Verhältnis $R_{14}O_{24}$ ein Überschuss von R vorhanden ist, der in einem Falle ca. $^2/_3$, in zwei Fällen $^1/_3$ Einheiten der R beträgt (entsprechend $^1/_3$ bzw. $^1/_6$ der „freien" Plätze). Gleichzeitig ist durchwegs Si erhöht, d. h. bei Berechnungsversuchen würde im Silikat-

[8]) Unwahrscheinliche feinste Beimengungen von Quarz würden nicht genügen, den Chemismus zu normalisieren.

gerüste mehr als $^6/_8$ des R Si und weniger als $^2/_8$ Al sein müssen. Während K allein stets niedriger bleibt als die auf Grund des O-Gehaltes verlangte Menge des koordinativ inaktiven K, ist (K + Na) stets erheblich grösser. Die eine naheliegende Deutung wäre, dass im hydrolysierten Teil Na die Stelle von Al bzw. Mg einnehmen kann.

Vergleich von Sericitanalysen mit der Idealformel des Muskovits

	Sericit, Albbruck		Phengit Schiefer Vals	Muskovit Kluft Mesocco	Sericit Schiefer Starlera
	grobe Fraktion	feine Fraktion	J. Jakob: Z. f. Krist. 69, 512. Nr. 44, 43, 45		
O	295	298	296	298	292
Einheit R (ber.)	12,29	12,44	12,34	12,42	12,18
R (beob.)	181	178	176	177	175
R (ber.)	172	174	173	174	171
R-Ueberschuß	8,8	4,0	2,7	3,2	4,2
Si (beob.)	83,90	83,33	84,32	81,60	81,25
Si (ber.)	73,72	74,64	74,07	74,49	73,10
Si-Ueberschuß (Al zu wenig im Silikatgerüst)	10,18	8,69	10,25	7,11	8,15
Hydrolisiertes R^{III} (ber.)	49,14	49,76	49,38	49,66	48,73
(beob.)	46,04	44,75	38,82	42,02	35,21
R^{III} ersetzt durch andere Metallatome	3,1	5,0	10,6	7,6	13,5
$Mg + Mn^{II} + Fe^{II} + Ti^{IV}$ (beob.)	7,02	6,96	12,63	11,79	15,39
Alkalien (beob.)	29,52	27,16	25,34	29,86	26,70
K (ber.)	24,57	24,88	24,69	24,83	24,37
Alkalien (Na) zu viel	4,95	2,28	0,65	0,03	2,33
K (beob.)	21,06	20,80	20,80	18,82	21,38
Na (beob.)	8,46	6,36	4,54	6,04	5,32
$\frac{Si}{Al}$ (beob.)	1,44	1,41	1,70	1,43	1,88
$\frac{Al}{Na+K}$ (beob.)	1,97	2,17	1,95	2,29	1,62

Durchwegs ist infolge der oben erwähnten Koppelungen (OH) partiell durch O ersetzt, Al ausser durch Si durch Mg, Fe, Ti, bzw. Na. Während für den Idealfall Si : Al = 1 ist (und in den pegmatitischen und hydrothermalen Muskoviten meist zwischen 1 und 1,2 liegt), erlangt es hier Werte von 1,4—1,9. Al : (Na + K) sollte 3 sein und ist in vielen Muskoviten zwischen 3,1 und 2,4 gelegen; in den zusammengestellten Beispielen jedoch liegt die Verhältniszahl um 2 herum. Die Sericite von Albbruck kommen Zusammensetzungen nahe, die sich im Mittel etwa charakterisieren lassen als

$$\left[\begin{matrix} Si_7AlO_{20} \\ Al_3(Al, Fe, Mg, Na, Ti)_{1,5}O_{2-1}(OH)_{2-3} \end{matrix}\right] K_2$$

Durch diese Untersuchungen scheint somit bestätigt zu werden:

1. Die aus dem Studium metamorpher Gesteine erschlossenen Abweichungen der Sericitzusammensetzung von der idealen Muskovitformel. Es braucht unter Umständen Al: (Na + K) nicht grösser als 2 zu sein, damit vollständige Muskovit-Sericitbildung eintreten kann. Das ist für die Epimetamorphose der Eruptivgesteine von grosser Bedeutung. Vollständige Sericitisierung ist auch noch bei geringerem Tonerdeüberschuss möglich als Tonerdeüberschuss = 2 alk.

2. Die Vermutung, dass die Sericitisierung nicht abrupt von der Feldspatformel zur idealen Muskovitformel führt, sondern dass der Verlust an SiO_2 und Alkalien zunächst ein weit kleinerer sein kann.

Von neuem zeigt uns dies, wie notwendig es ist, nicht nur grosse Kristalle wasserhaltiger Silikate von meist analoger Entstehungsweise zu analysieren, sondern, wenn immer möglich, auch die feinschuppigen oder feinstengligen Varietäten, die oft infolge besonderer, jedoch weitverbreiteter Bildungsart, in ihrer Zusammensetzung gewisse Eigentümlichkeiten aufweisen. Nur nach Kenntnis auch dieser Variationsbreite kann der Petrograph an die Berechnung der Mineralbestände metamorpher oder verwitterter Gesteine auf Grund von Bauschalanalysen mit Erfolg herantreten.

Eingegangen: 3. Februar 1933.