

## Faseriger Vermikulit von Kropfmühl bei Passau

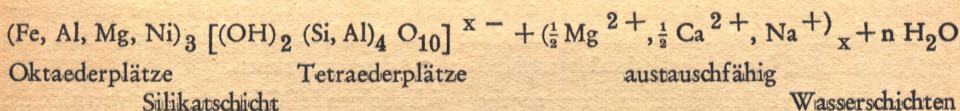
Armin Weiss und Ulrich Hofmann

Es sind mehrere nächstverwandte Mineralpaare bekannt, die in einer plättchenförmigen und einer faser- bzw. leistenförmigen Art auftreten können, z. B. der faserige Chrysotil und der plättchenförmige Antigorit<sup>1)</sup> oder der plättchenförmige Kaolinit und der leistenförmige Halloysit<sup>2)</sup>.

Demgegenüber bestehen die bisher bekannten Vorkommen des Vermikulits aus plättchenförmigen Kristallen, deren Durchmesser bei geringer Dicke öfters sogar über einen Zentimeter mißt.

Der Name des Minerals leitet sich von vermis = Wurm ab, weil seine Kristalle sich meist beim raschen Erhitzen zu würmchenartigen Gebilden aufblähen. Der aufgeblähte Vermikulit liefert ein äußerst lockeres Material, das für hitzebeständige Schall- und Wärmeisolationen zunehmende technische Bedeutung gewinnt.

Die Vermikulitkristalle sind hellgelb bis dunkelbraun oder auch grün gefärbt. Die chemische Zusammensetzung variiert in weiten Grenzen und läßt sich durch die idealisierte Formel



wiedergeben. Immer ist ein Gehalt an Eisen charakteristisch. Vermikulite mit hohem Eisengehalt werden als Jefferisit bezeichnet. Ein eisen- und nickelfreier Vertreter der Vermikulitgruppe ist der Batavit<sup>3)</sup>.

Das Kristallgitter der Mineralien der Vermikulitgruppe besteht aus übereinander angeordneten Silikatschichten mit talkähnlichem Bau. Zwischen die Silikatschichten sind Wasserschichten eingelagert. Wie die Mineralien der Montmorillonitgruppe besitzen auch die Mineralien der Vermikulitgruppe die Fähigkeit zur innerkristallinen Quellung<sup>4)</sup> senkrecht zur Schichtebene.

In den Wasserschichten befinden sich austauschfähig gebundene Kationen, in natürlich vorkommenden Vermikuliten vor allem Mg<sup>-</sup> und Ca<sup>-</sup> Ionen, selten Na<sup>-</sup> Ionen. Das Kationenaustauschvermögen ist mit ca. 150 mval pro 100 gr lufttrockenem Vermikulit verhältnismäßig hoch.

Das charakteristische Aufblähen vieler Vermikulite beim raschen Erhitzen erklärt sich daraus, daß die innerkristallin eingelagerten Wasserschichten verdampfen, bevor

<sup>1)</sup> B. E. Warren und K. W. Hering, Phys. Rev. 59, 925 (1941);

W. Noll und H. Kirchner, Naturwissensch. 37, 540 (1950).

<sup>2)</sup> B. T. Shaw und R. P. Humbert, Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 6, 146 (1941);

W. Eitel und O. E. Radzewski, Abh. Preuss. Akad. Wiss. Math.-nat. Klasse Nr. 5, 1943.

<sup>3)</sup> A. Weiss und U. Hofmann, Z. f. Naturforschung, im Druck.

<sup>4)</sup> I. Barshard, Am. Mineralg. 33, 655 (1948);

G. F. Walker, Nature. 163, 726 (1949).

sie seitwärts abgegeben werden können, und dadurch den Kristall in dünne Lamellen auseinandertreiben.

Die Schichtstruktur des Kristallgitters und die innerkristalline Quellung sind in bester Übereinstimmung mit der plättchenförmigen Gestalt der Vermikulitkristalle.

Umso überraschender ist es, daß wir bei der Untersuchung des „Mog“<sup>1)</sup> genannten erdigen braunen Gemenges der Graphitlagerstätte von Kropfmühl bei Passau im östlichen Bayerischen Wald neben plättchenförmigem Vermikulit und Batavit auch faserige Aggregate von Vermikulit fanden. Allerdings konnten aus 50 kg Mog nur ca. 300 mgr. faseriger Vermikulit gewonnen werden.

Die Identifizierung dieses Materials als Vermikulit ergibt sich aus den folgenden Eigenschaften:

1. Die farblosen bzw. schwach gelblichen Kristalle des faserigen Vermikulits werden wie Vermikulit durch starke Säuren und Laugen zersetzt. Wenn auch die Menge des Materials nicht für eine quantitative chemische Analyse ausreichte, so konnte doch in dem Säureaufschluß stets ein geringer Eisengehalt nachgewiesen werden.
2. Der natürliche faserige Vermikulit zeigt zwar das charakteristische Aufblähen beim Erhitzen nicht. Ersetzt man jedoch durch wiederholte Behandlung mit Perhydrol in der Kälte einen Teil der H<sub>2</sub>O-Molekeln in den Wasserschichten durch H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-Molekeln, so bläht sich auch der faserige Vermikulit beim Erhitzen auf 120-130° C auf, wie es gleichfalls für den plättchenförmigen Vermikulit bekannt ist.
3. Das Röntgenbild des faserigen Vermikulits stimmt mit dem des plättchenförmigen Vermikulits überein. Drehkristallaufnahmen einer Nadel von etwa 0,1 mm Durchmesser gaben ein Drehkristallbild, das in Zahl und Schärfe der (ool) — und (hkl) — Interferenzen den besten Vermikulit- oder Batavitaufnahmen gleichwertig war. Die Faserachse fiel mit der kristallographischen a-Achse zusammen.

Aus den Drehkristallaufnahmen ergaben sich folgende Gitterkonstanten:

Batavit <sup>2)</sup>	Vermikulit nach Hendricks und Jefferson <sup>3)</sup>
$a = 5,33 \pm 0,05 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$	$a = 5,33 \pm 0,05 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$
$b = 9,21 \pm 0,05 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$	$b = 9,18 \pm 0,05 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$
$c = 29,0 \cdot 10^{-8} \text{ cm}^*)$	$c = 28,85 \pm 0,1 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$
$\beta = 97^\circ *)$	$\beta = 93^\circ 15' \pm 15'$
Faseriger Vermikulit von Kropfmühl, lufttrocken	Faseriger Vermikulit von Kropfmühl, 24h bei 135° C
$a = 5,34 \pm 0,05 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$	$a = 5,33 \pm 0,05 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$
$b = 9,24 \pm 0,05 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$	$b = 9,22 \pm 0,05 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$
$c = 29,0 \cdot 10^{-8} \text{ cm}^*)$	$c = 23,21 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$
$\beta = 97^\circ *)$	$\beta = 90^\circ$

\*) in lufttrockenem Zustand, austauschfähige Ionen vorwiegend Mg-Ionen.

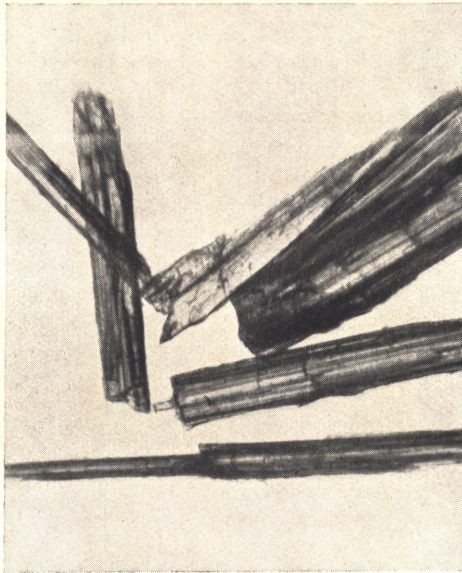
<sup>1)</sup> Die Grundmasse des „Mog“ besteht aus Braunstein und Eisenoxyden. In ihr kommen neben den bereits genannten seltenen Mineralien der Vermikulitgruppe vor allem unverwitterter Gneis, Feldspat, Halloysit, Nontronit, Diopsid, Spinelle und Forsterit vor.

<sup>2)</sup> A. Weiss und U. Hofmann, loc. cit.

<sup>3)</sup> St. B. Hendricks und M. E. Jefferson, Am. Mineralog. 23, 851 (1938).

Abbildung 1

Mikroskopbild des faserigen Vermikulits von Kropfmühl



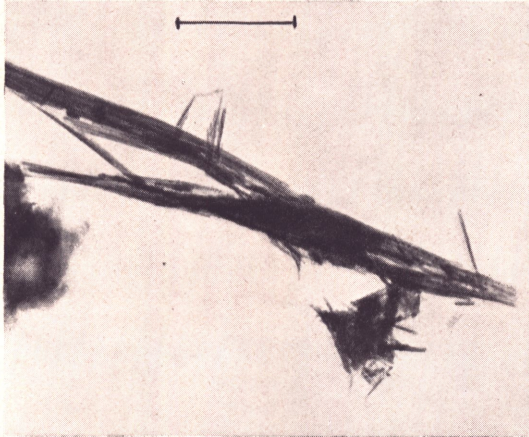
19 Vergrößerung 70 x

Abbildung 2

Elektronenbilder des faserigen Vermikulits von Kropfmühl

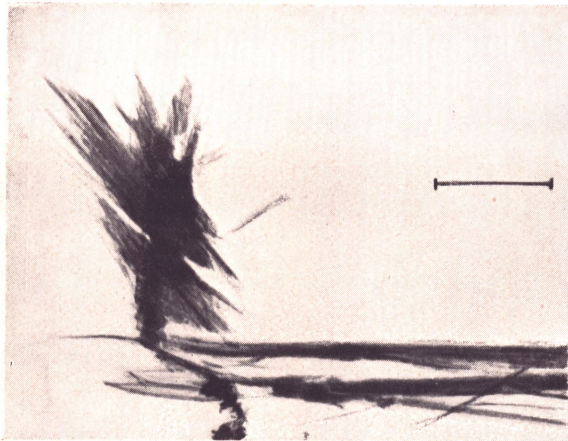
Aufgenommen mit dem Siemens Übermikroskop im Rheinisch-Westfälischen Institut für Übermikroskopie, Prof. Dr. B. v. Borries, Düsseldorf

Der Strich bedeutet 1 Mikron.



2496/51

Vergrößerung 15 700 x



2498/51

Vergrößerung 15 700 x

Der monokline Winkel wurde aus den Interferenzen (130) bis (1320) ermittelt.

Wie der plättchenförmige Vermikulit zeigt der faserige Vermikulit innerkristallines Quellvermögen und zwar in lufttrockenem Zustand mit Mg-Ionen als austauschfähig gebundenen Ionen eine wasserreiche Stufe mit einem Schichtabstand von  $14,40 \cdot 10^{-8}$  cm, nach Trocknung bei  $135^{\circ}$  C eine wasserärmere Form mit einem Schichtabstand von ca.  $11,60 \cdot 10^{-8}$  cm. Der  $\beta$ -Winkel ändert sich bei der Wasserabgabe von  $97^{\circ}$  auf  $90^{\circ}$ , so daß die bei  $135^{\circ}$  C getrockneten Kristalle auffallenderweise rhombische oder pseudorhombische Symmetrie besitzen. Der  $\beta$ -Winkel von  $97^{\circ}$  entspricht bei einem Schichtabstand von  $14,40 \cdot 10^{-8}$  cm einer Verschiebung jeder Silikatschicht gegen die nächste um  $1,77 \cdot 10^{-8}$  cm. Dies ist ziemlich genau der dritte Teil der a-Achse.

Zur Drehkristallaufnahme der wasserarmen Stufe wurde der zunächst in lufttrockenem Zustand untersuchte Kristall in einem Markröhrchen bei  $135^{\circ}$ C 24 Stunden getrocknet und das Markröhrchen sofort nach der Entnahme aus dem Trockenschrank 1 cm vom Kristall entfernt abgeschmolzen. Die Abschmelzstelle wurde sorgfältig mit geschmolzenem Klebwachs gedichtet.

Der faserige Vermikulit besteht aus makroskopisch sichtbaren Leisten von 7-8 mm Länge und 0,01 bis 0,2 mm Durchmesser, die sich leicht der Länge nach zu dünnen Nadeln oder Fasern aufteilen lassen, (Abbildung 1). Elektronenmikroskopbilder des vorsichtig aufgeteilten Vermikulits zeigten, daß die Aufteilung bis zu dünnsten biegsamen Fasern von nur 10-150  $\mu$  Dicke fortgeschritten war. Nur vereinzelt treten beim Zerreiben auch plättchenförmige Gebilde auf, (Abbildung 2).

Der Vermikulit von Kropfmühl zeigt also, daß auch Kristalle, die unter Wasseraufnahme in einer Richtung innerkristallin quellen, feinste Fasern bilden können.

Die leichte Aufteilbarkeit in sehr dünne Fasern ist besonders erstaunlich, weil die Drehkristallaufnahmen makroskopisch sichtbarer Leisten, wie beschrieben, (hkl)-Interferenzen von guter Schärfe ergeben hatten, die verhältnismäßig große Ausmaße der regelmäßig geordneten Gitterstruktur senkrecht zur Faser bedingen.

Vermikulit und Nontronit bzw. Batavit und Montmorillonit-Saponit unterscheiden sich vielleicht nur durch die Kristallgröße und bessere Ordnung der Kristallstruktur zugunsten der Erstgenannten. Im Vergleich mit unserem Befund ist es darum interessant, daß auch bei Nontronit Elektronenmikroskopbilder, die feines faseriges Material zeigen, beschrieben worden sind<sup>1)</sup>.

Nach neueren Untersuchungen<sup>2)</sup> sollen die faserigen Kristalle des Chrysotils und die leistenförmigen Kristalle des Halloysits aus Röhren bestehen, die aus eingerollten Plättchen aufgebaut sind. Die Krümmung der Schichten wird dabei auf ungleiche Atomabstände in den Tetraeder- und Oktaederschichten des Gitters zurückgeführt.

Bei dem faserigen Vermikulit von Kropfmühl konnten in unseren Elektronenmikroskopbildern keine Andeutungen eines röhrenförmigen Baues gefunden werden. Ein solcher Aufbau aus Röhren ist auch deswegen unwahrscheinlich, weil die Drehkristallaufnahmen scharfe (hkl)-Interferenzen wie (061) und (131) aufweisen, die bei eingerollten Plättchen durch die Verschiebung der Schichten übereinander nicht auftreten dürften und auch bei Halloysit und Chrysotil fehlen<sup>3)</sup>.

Der faserige Vermikulit ist ein neues Beispiel für den Reichtum Ostbayerns an seltenen und interessanten Mineralien.

Institut für physikalische Chemie der  
Hochschule Regensburg

<sup>1)</sup> B. T. Shaw u. R. P. Humbert, Soil Sci. Soc. Am. Proc. 6, 146 (1941).

<sup>2)</sup> T. F. Bates, F. A. Hildebrand, A. Swineford, Am. Mineralog. 35, 463 (1950);  
W. Noll und H. Kirchner, Naturwissenschaften 37, 540 (1950);

T. F. Bates, L. B. Sand u. J. F. Mink, Science 111, 512 (1950).

<sup>3)</sup> Ein Ausnahme bildet eine Veröffentlichung von N. N. Padurov, Acta Cryst. 3, 204 (1950) nach der bei einem Chrysotil von Kanada (hkl)-Interferenzen, z. B. 131 auftreten.

## Neue Wege zur Kenntnis der Eiweißkörper

Von Wolfgang Graßmann, Regensburg

Daß von allen Stoffen der belebten Natur die Eiweißkörper diejenigen sind, die den Geheimnissen der Lebensvorgänge am nächsten stehen, ist wohl seit einem Jahrhundert die Überzeugung der Forschung gewesen. Man weiß seit langem, daß Eiweiß in keiner Zelle fehlt und daß es den wesentlichen Teil des Zellplasmas und einen wesentlichen Teil des Zellkernes ausmacht. Aber die Frage, worin den nun eigentlich die lebenswichtigen Funktionen der Eiweißkörper im Einzelnen bestehen und mit welchen Eigentümlichkeiten ihres chemischen Aufbaues sie verknüpft sind, war lange gar nicht und ist auch heute nur recht unvollständig zu beantworten.

Vor einem halben Jahrhundert war es *Emil Fischer* gelungen, wenigstens das grundsätzliche Aufbauprinzip der Eiweißkörper klarzulegen. Nach seinen Ergebnissen haben wir es in den Eiweißkörpern mit Riesenmolekülen zu tun, mit Stoffen also, die durch eine Aneinanderkettung einer sehr großen Zahl relativ einfacher Grundbausteine, der „Aminosäuren“, in komplizierter Weise aufgebaut sind. Hochmolekulare Naturstoffe von ähnlichem Bauprinzip kennt man auch in anderen Beispielen, wie etwa in der Stärke, der Zellulose und vielen anderen. Während aber dort nur untereinander gleiche Bausteine durch ihre Aneinanderreihung das Molekül bilden, sind am Aufbau der Eiweißkörper etwa zwanzig verschiedene Aminosäurebausteine beteiligt, deren vielfach recht unterschiedlicher Bau auf ganz verschiedene Funktionen hinweist. Während man also z. B. das Molekül der Zellulose mit einer Kette vergleichen könnte, die aus lauter unter sich gleichen Perlen besteht, sind die Kettenmoleküle der Eiweißkörper gewissenmaßen aus zwanzigerlei, nach Form und Farbe verschiedenen Perlen in einem komplizierten, aber, wie wir heute zu wissen glauben, irgendwie gesetzmäßigen Muster aufgebaut; Art und Anordnung dieser verschiedenen Kettenglieder ist für die Funktion und Eigenart eines jeden Eiweißkörpers verantwortlich. Deswegen gibt es nur eine Zellulose, aber zehntausende verschiedener Eiweißkörper im gesamten Tier- und Pflanzenreich und es war lange Zeit eine nahezu unlösbare Aufgabe, bestimmte Eiweißkörper aus den komplizierten Gemischen, in denen wir sie in der Natur antreffen, überhaupt nur zu isolieren und in reiner Form zur Untersuchung zu bringen. Bedenkt man weiter, daß die Molekülketten der Eiweißkörper in den einfachsten Fällen aus weit über hundert, häufig aber aus Tausenden von „Kettengliedern“ bestehen und daß sicher erst eine Mehrzahl solcher Kettenglieder, in komplizierter „Faltung“ zu geordneten 3-dimensionalen Systemen zusammengefügt, den eigentlichen Eiweißkörper ergeben, so möchte es beinahe aussichtslos erscheinen, den Aufbau eines Eiweißkörpers in seinen wesentlichen Einzelheiten klarzulegen und mit seinen Funktionen im Organismus in Verbindung zu bringen. Es ist daher kaum überraschend, daß den Erkenntnissen *Emil Fischer's* eine gewisse Resignation im Bereiche der Eiweißforschung und ein wenigstens äußerlicher Stillstand über fast ein Menschenalter gefolgt ist.

Die neue Entwicklung auf diesem Forschungsgebiet, die wir heute in vollem Fluß vor uns sehen, hat ihren Ausgang genommen von neuen Erkenntnissen über die Funktionen der Eiweißstoffe. 1925 isolierte *Abel* (1) das für den Zuckerstoff-

wechsel so wichtige Hormon der Pankreasdrüse, das Insulin, in kristallisierter und einheitlicher Form; wenige Jahre später gelang *Summer* (2) und *Northrop* (3) in Amerika und kurz darauf *Warburg* (4) in Deutschland die so lange angestrebte Isolierung einheitlicher Fermente, also jener geheimnisvollen, in ihrer Wirkung schon lange studierten Katalysatoren, die in winzigen Mengen die chemischen Umsetzungen im Organismus auslösen und steuern. Alle diese Stoffe erwiesen sich als Eiweißkörper oder sie enthielten doch mindestens Eiweiß als wesentlichen, wenn nicht als den wesentlichsten Bestandteil ihres Moleküls. Das Gleiche gilt, wie sich ergeben hat, von den Toxinen der Bakterien, der Schlangen und der Insekten und von den Antitoxinen, die der Organismus zur Abwehr dieser und ähnlicher Stoffe ausbildet.

1935 schließlich erfolgte die Reindarstellung des ersten Vertreters der Viruskörper (5) und man erkannte in diesen Erregern hochinfektiöser Krankheiten von Mensch, Tier und Pflanze wiederum Eiweißstoffe, die mit den länger bekannten krankheitserregenden Organismen, wie etwa den Bakterien, nur eine Eigenschaft sicher gemeinsam haben, die Fähigkeit nämlich, sich im befallenen Organismus auf Kosten der Eiweißstoffe der Wirtszellen zu vermehren. Hier aber scheint es sich um ein sehr allgemeines Prinzip zu handeln: Die Fähigkeit bestimmter einmal vorhandener Eiweißkörper, neu hinzutretender Substanz innerhalb des Organismus ihren eigenen Strukturplan aufzuzwingen, sie „in ihresgleichen zu verwandeln“ (Prinzip der identischen Reproduktion) (5a), sehen wir heute nicht nur als eine der wesentlichen, wenn auch in ihrem Mechanismus noch nicht voll verständliche Eigenschaft der Eiweißkörper an, sondern wir erblicken in ihr den Angelpunkt, an dem die Eiweißstoffe mit den Geheimnissen der Zellteilung, des Wachstums und der Vererbung verknüpft sind.

Einen nicht minder bedeutsamen Anhaltspunkt für das Verständnis der Funktion der Eiweißkörper bedeutet die experimentell gesicherte (5b) und durch theoretische Betrachtungen einigermaßen erklärbare (5c) Tatsache, daß innerhalb der geordneten Systeme der Eiweißkörper Energiebeträge, die etwa in Form von Strahlungsenergie oder von chemischer Energie aufgenommen werden, über weite Molekülbereiche weitergeleitet und an anderer Stelle zur Wirkung gebracht werden können. Hier scheint sich eine Erklärung für die Rolle der Eiweißkörper beim Aufbau der Fermente anzubahnen.

Durch solche Erkenntnisse und Betrachtungen war das Problem der physiologischen Funktion der Eiweißkörper mit einem Schlage ins hellste Licht gesetzt, zugleich aber die Frage ihrer spezifischen Struktur in voller Schärfe aufgeworfen. Denn unser kausal eingestellter Geist will ja wissen oder wenigstens zu verstehen suchen, warum, d. h., dank welcher Eigentümlichkeiten seiner Struktur, der eine Eiweißstoff z. B. als Ferment, der andere als Hormon und der dritte als Virusprotein wirksam ist. Von einer eindeutigen Antwort auf diese Frage sind wir noch sehr weit entfernt. Aber die Neuentwicklung, die sich auf dem Gebiet der Eiweißforschung in den letzten eineinhalb Jahrzehnten zu vollziehen begonnen hat, läßt wenigstens die Wege erkennen, auf denen eine Lösung dieser Probleme möglich sein kann. Diese Entwicklung ist gekennzeichnet durch zum Teil völlig neuartige Forschungsmethoden und zugleich durch ein früher kaum gekanntes Zusammenarbeiten zwischen Chemie, Physik, Biologie und Medizin.

Das erste entscheidende Eindringen physikalischer Verfahren in den Bereich der Eiweißforschung bedeutet die Anwendung der Ultrazentrifuge (*Svedberg*) (6). Das Prinzip dieser Methode ist leicht verständlich: Wenn man eine Aufschlammung