

Am Schlusse dieser Arbeit möchte ich noch Herrn Prof. Dr. H. Heritsch für Aussprachen und für Gewährung der Arbeitsmöglichkeit am Min.-Petr. Institute danken.

#### Schriftenverzeichnis

1. Untersuchungsarbeit im Manuskript, 1954.
2. Goldschmidt, V.: Index der Kristallformen der Mineralien. Springer, Berlin 1890; Winkeltabellen. Springer, Berlin 1897.
3. Ramdohr, P.: Klockmanns Lehrbuch der Mineralogie. Ferd. Enke Verlag, Stuttgart.
4. Goldschmidt, V.: Atlas der Kristallformen, Band IV. Carl Winters Universitätsbuchhandlung, Heidelberg 1918.
5. Laspeyres, H.: Kristallographische Bemerkungen zum Gips. *TMPM. Tschermaks Min. Petr. Mitt.* 1875, pag. 113.
6. Descloizeaux: *Ann. Chim. Phys.* 1844.
7. Dufrénoy: *Min.* 1856—1859.
8. Delafosse: *Min.* 1858.

## Zur oberflächennahen Umwandlung von Feldspat

Von Erich Neuwirth

(Mit 1 Abbildung im Text)

Mit Unterstützung der Kärntner Landesregierung wurde im Sommer 1953 die petrographische Aufnahme des erweiterten Mirnockgebietes durchgeführt. Hierbei wurde unter anderem ein anstehend zersetzter Pegmatit aufgefunden, dessen Material einer licht-, elektronenoptischen und röntgenographischen Untersuchung unterzogen wurde. Das Ergebnis dieser Untersuchung wird im folgenden mitgeteilt.

Durch die neue Trasse des Güterweges von Fresach nach Amberg (Mirnock, Südwestseite) sind unweit von Amberg ausgedehnt Kalksilikatschiefer und Marmor freigelegt worden. In diesem Marmor ist eine etwa 1 m mächtige, sehr steil stehende, zum Marmor konkordante Pegmatitlinse eingeschlossen. Sie hebt sich vom hellen, oft schwach bläulichen Marmor wenig ab und fällt dem aufmerksamen Beobachter nur durch ihr verwittertes Aussehen auf. Der Zusammenhalt der Gemengteile ist bei völliger Erhaltung von Struktur und Textur so stark zerstört, daß sich schon bei geringer Berührung mehr oder minder große Partien lösen und in Material verschiedener Korngrößen zerfallend, die Aufschlußwand hinunterrieseln. Aus der Mitte der Pegmatitbank wurde mit einer kleinen Schaufel eine Durchschnittsprobe entnommen und einige etwas festere Pegmatitstücke aufgesammelt.

Für die weitere Untersuchung wurde das Material durch Sieben in die Fraktionen größer 0,2 mm, 0,2—0,06 mm, 0,06—0,01 mm und kleiner 0,01 mm untergeteilt. Aus der Fraktion kleiner 0,01 mm

wurden durch Pipettierung (Andreasen) die Fraktionen 0,005 bis 0,003 mm und kleiner 0,003 mm hergestellt. Hievon wurden die gesiebten Fraktionen lichtoptisch und die pipettierten elektronenoptisch und röntgenographisch untersucht. Als Beispiele werden die Kornklassen größer 0,2 mm, 0,2–0,06 mm, 0,005–0,003 mm und kleiner 0,003 mm beschrieben.

Die Fraktion größer 0,2 mm besteht aus folgenden, nach sinkender Häufigkeit geordneten Gemengteilen: 1. Gesteinsstücke, 2–3 cm groß, Feldspat, Quarz und Muskowit enthaltend. 2. Quarz, Korngröße bis 0,5 cm. 3. Muskowit, Blättchendurchmesser um 4 mm. 4. Feldspat, Größe wenig über 0,2 mm, Bruchflächen matt, milchigweiße Farbe.

Fraktion 0,2–0,06 mm. Weitaus überwiegender Gemengteil ist der Feldspat (über 90%). Nach der Lichtbrechung lassen sich Kalifeldspat  $n = 1,526$  und Albit  $n = 1,537$  unterscheiden. Eine schwach bräunliche Färbung des Kalifeldspates und die stärkere Zerstörung der Albitoberfläche sind weitere trennende Merkmale. Weder der Kalifeldspat noch der Albit besitzen einwandfrei vermeßbare Zwillinge. Eine oft beobachtbare aggregatische Doppelbrechung zeigt an, daß die Zerstörung beider Feldspäte weit fortgeschritten ist.

Der Muskowit zeigt keine auf Abbau weisenden Anomalien. Auch während und nach dem Glühen sind keine anomalen Eigenschaften festzustellen.

Verhältnismäßig häufig (4%) ist Kalkspat vorhanden. Seine Anwesenheit könnte durch Einstreuung (Probenahme) aus dem benachbarten Marmor erklärt werden. Dünnschliffe (siehe später) des Pegmatits enthielten keinen Kalkspat. Dennoch erscheint es wahrscheinlicher, daß er sekundärer Gemengteil (Spaltenfüllung) des Pegmatits ist, zumal bei der Probenahme gerade in dieser Hinsicht äußerste Sorgfalt angewandt wurde. — Der Kalkspat ist oberflächlich stark verändert. Die Zerstörung folgt vor allem den Spalt- rissen. Kleine Rhomboeder sind daher häufig das erste Produkt des beginnenden Zerfalls.

Mengenmäßig an letzter Stelle ist der Quarz zu nennen. Als widerstandsfähigster Gemengteil des Pegmatits ist er hauptsächlich in den größeren Fraktionen verblieben. Unter 0,06 mm fehlt er gänzlich. Anomalien sind keine zu erkennen.

Dünnschliffbeschreibung. Von zwei etwas festeren Pegmatitstücken wurden Dünnschliffe hergestellt. In ihnen ist neben etwas Quarz vor allem Kalifeldspat und Albit vorhanden. Der Kalifeldspat zeigte deutliche Gitterung und ist auch zufolge seiner Lichtbrechung als Mikroklin zu bezeichnen. Beide Feldspäte sind wiederholt stark getrübt. Die Trübe ist in den meisten Fällen nur ganz schwach oder weniger häufig stärker bräunlich gefärbt. In der helleren Trübe erkennt man unter dem Lichtmikroskop gerade noch Einzelteilchen mit im Verhältnis zu ihrer Dünne hohen Interferenzfarben (starke Doppelbrechung). Öfters schwimmt mitten in

der Trübe ein größeres Blättchen mit ausgefransten Rändern, hoher Doppel- und schwacher Lichtbrechung. Es handelt sich dabei um Muskowit. Der örtliche Zusammenhang und die Ähnlichkeit der Eigenschaften von Trübe und Muskowit verleiten zur Annahme, daß sich beide stofflich nahe stehen. Man könnte aus diesem Grunde und zahlreicher Literatur folgend, die Trübe als Serizit bezeichnen. Gerade diese kleinen Teilchen werden jedoch im Elektronenmikroskop Beurteilung und Bestimmung finden, so daß ihre Identifizierung bis dahin zurückgestellt sei.

Aus diesen Beobachtungen geht hervor, daß von den Komponenten dieses Pegmatits nur der Feldspat und der Kalkspat abbauenden Veränderungen unterliegen. Mengemäßig spielt hierbei jedoch nur der Feldspat eine Rolle.

### Elektronenoptische und röntgenographische Untersuchung

Correns und Engelhardt haben gezeigt (1), daß der Feldspat bei der Tonmineralbildung eine bedeutende Rolle spielt. Der Grund hierfür liegt nicht nur in seiner großen Verbreitung, sondern auch in seinem chemischen Verhalten (verhältnismäßig leichte Lösbarkeit in z. B. basischen Lösungen usw.). Die genannten Autoren konnten bei Experimenten auch die Abhängigkeit des Lösungsfortschrittes des Feldspates von der Korngröße feststellen. Diese Tatsache steht im Einklang mit Beobachtungen in der Natur (1, 3).

Das elektronenoptische Bild der Fraktion 0,005–0,003 mm wird von Feldspatresten beherrscht. Darunter finden sich einige dünne Blättchen, die sich nach Form und Verhalten im Hell- und Dunkel-feld (strahlungsbeständige Gitterreflexe usw.) als Serizit erwiesen. Somit wurde jener Teil der Trübe, der lichtoptisch gerade noch erfassbar war, durch Anhaltspunkte, die aus beiden Methoden gewonnen worden waren, als Serizit bestimmt.

In der nächstkleineren Fraktion (kleiner 0,003 mm) sind fast keine Feldspatreste mehr zu sehen. Der Rückgang des Feldspates erfolgte fast schlagartig; er wird ab dieser Größe vollständig gelöst. An seine Stelle tritt ein eigenartig geschwänztes, oft hauchdünnes und mit feinsten, wolkigen Gebilden besetztes Mineral (Abb. 1). Der Form und den Eigenschaften nach muß es Montmorillonit sein. Die zugehörige Elektronen- und vor allem Röntgenbeugungsaufnahme (Debeye – Scherrer) bestätigte diese Feststellung. Neben Montmorillonit sind noch etwas Serizit und feine Wolken, die wie erwähnt zum Teil auch auf Montmorillonit haften, zu sehen. Diese beiden Substanzen lieferten, da sie in zu geringer Menge vorhanden sind, keine Röntgeninterferenzen. Von den wolkigen Gebilden ist anzunehmen, daß es amorphes  $\text{SiO}_2$  ist.<sup>1)</sup> Ein Teil des Feldspates

<sup>1)</sup> Es wäre auch möglich, daß eine geringe Kristallisation zu Hochcristobalit vorliegt, wie sie von vielen Opalen gezeigt wird. Sie läßt sich hier zufolge der geringen Menge nicht nachweisen.

ist somit zu Montmorillonit umgewandelt worden, wobei offenbar überschüssiges  $\text{SiO}_2$  in wolkiger Form zurückgeblieben ist.

### Genetische Erörterungen

Die Auflösung und Umwandlung eines Teiles des Feldspates tritt im Felde durch den Verlust der Festigkeit und durch den Zerfall des Feldspates in verschieden feines Korn (bis 0,003 mm) in Erscheinung. Im Lichtmikroskop erhält sie durch die dort sichtbare Trübung des Feldspates eine weitere Kennzeichnung. Die Trübe besteht im wesentlichen aus Serizit und Montmorillonit. Hievon ist der Serizit zweifellos die ältere Bildung. Seine Entstehung wird im allgemeinen entweder auf hydrothermale Umwandlungsprozesse (in Erstarrungsgesteinen – hydrothermale Phase, in kristallinen Schiefern – epizonale Bedingungen, Diaphtorese) oder auf Vorgänge der Tiefenverwitterung (2) zurückgeführt. Die vorhandenen Silikate werden bei den genannten, fast bedingungsgleichen Vorgängen je nach Art des Silikates mehr oder minder weitgehend in Hydroxysilikate (2) umgewandelt. Durch die große Ähnlichkeit der Vorgänge und ihrer Produkte ist es meist sehr schwer, den genauen Bildungsvorgang des Serizits zu bestimmen. Die Feldspäte der Pegmatite des weiteren Mirnockgebietes sind jedoch in so gleichem Maße getrübt (hier ist nur die Trübung durch Serizit gemeint), daß anzunehmen ist, daß epizonale Vorgänge gewirkt haben. Es ist ferner als wesent-

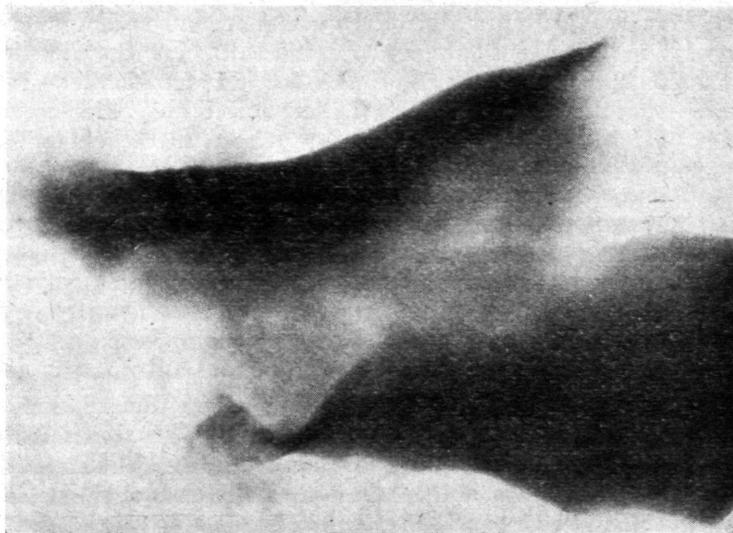


Abb. 1. Elektronenoptische Aufnahme zweier Montmorillonitteilchen aus dem „Pegmatit“ von Amberg. Teilchengröße max. 0,003 mm. Vergrößerung 45.000fach. Man beachte auch den zwischen den beiden Teilchen haftenden Flaum ( $\text{SiO}_2$ ).

lich festzuhalten, daß das Gestein bereits einen Hydroxydisierungs-  
vorgang durchgemacht hat, bevor es zu einem weiteren mit Mont-  
morillonitbildung kam.

Die Genese des Montmorillonits ist einfacher zu überblicken.  
Hier handelt es sich um eine intensive, oberflächennahe Umwand-  
lung mit stark lösenden Wässern, die eine weitgehende Zerkleinerung  
des Feldspates und schließlich seine ionare Auflösung zur Folge  
hatte. Hierzu ist der Feldspat, wie früher erwähnt wurde, besonders  
geeignet. Die Umwandlung des Feldspates zu Montmorillonit mag  
für's erste eigenartig anmuten, da man von älteren Untersuchungen  
her gewöhnt ist, in diesem Zusammenhange von einer Kaolinisierung  
des Feldspates zu sprechen. Einige Untersuchungen auf diesem Ge-  
biet in Steiermark und Kärnten zeigten jedoch, daß der Kaolinit  
wohl häufig das oberflächennahe Umwandlungsprodukt des Feld-  
spates ist, daß aber fast ebensooft Halloysit und Montmorillonit  
angetroffen werden.

Aus der geschilderten Untersuchung und ihrem Ergebnis er-  
wächst schließlich noch die Frage, welche besonderen Umstände  
hier zur Montmorillonitbildung geführt haben. Bei der Betrachtung  
der geologisch-petrographischen Verhältnisse des Amberger sowie  
zahlreicher anderer Vorkommen (Saualmgebiet), die in gleicher  
Weise untersucht wurden, fällt besonders die offenbar zwingende  
Anwesenheit folgender zwei Faktoren auf: 1. Kalkspat, 2. Wasser.  
Der Kalkspat kann Gemengteil des feldspatreichen, zersetzten Ge-  
steins selbst sein oder in unmittelbarer Nachbarschaft gesteins-  
bildend auftreten. Der letzte Fall wurde bisher häufiger beobachtet.  
Marmore sind dann meist das unmittelbare Nachbargestein.

Das Wasser wird entweder durch geeignete morphologische Ver-  
hältnisse oder aber zufolge der unterschiedlichen Durchlässigkeit  
von Schiefer bzw. Pegmatit und Marmor an den Schiefergrenzen  
gesammelt und fließt in beiden Fällen durch den Marmor zum  
Schiefer. Als Regen- oder Schneewasser schon mit einem gewissen  
 $\text{CO}_2$ -Gehalt versehen, ist es imstande, beim Durchgang durch den  
Marmor beträchtliche Mengen weiteren  $\text{CaCO}_3$ 's zu lösen; der  $\text{CO}_2$ -  
Gehalt wird dabei weiter erhöht. Erreicht nun eine derartige Lösung  
feldspatreiche Partien, so werden diese von ihr stark angegriffen und  
unter laufender Zerkleinerung des Feldspatkornes schließlich in Lö-  
sung gebracht. Sie enthält dann neben  $\text{Ca(OH)}_2$  und  $\text{CO}_2$  auch  
namhafte Mengen an Alkalien,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Mg(OH)}_2$  u. a. m. Aus  
dieser Lösung scheidet sich Montmorillonit ab, es bleiben daher  
neben Resten von  $\text{SiO}_2$  und  $\text{Ca(OH)}_2$  vor allem die Alkalien und  
 $\text{CO}_2$  in Lösung. Im Falle eines quellartigen Austrittes dieses Wassers,  
der sich auch durch Kalksinterbildung kundtut, ist es als Mine-  
ralquelle zu bezeichnen. Die dargestellten Zusammenhänge (Kalk-  
spat, Wasser) sind zwingend. Treffen sie zu, so war immer das Auf-  
treten von Mineralquellen zu beobachten. Es wird in einer späteren  
Arbeit Gelegenheit sein, auf den letzten Fragenkomplex gründ-  
licher einzugehen.

Ich verdanke die Möglichkeit der Durchführung der voranstehenden Untersuchung den Herren Prof. Dr. A. Hauser und Dr. F. Kahler. Ich hatte Gelegenheit, die röntgenographische Untersuchung am mineralogisch-petrographischen Institut der Universität Graz und die elektronenoptischen Aufnahmen an der Forschungsstelle für Elektronenmikroskopie an der Technischen Hochschule in Graz durchführen zu können. Herrn Prof. Dr. H. Heritsch und Herrn Dr. Ing. F. Grasenik bin ich dafür zu Dank verpflichtet.

#### Literatur

1. Correns, C. W. und Engelhardt, W. v.: Neue Untersuchungen über die Verwitterung des Kalifeldspates. Chemie der Erde. 12 (1938).
2. Niggli, P.: Gesteine und Minerallagerstätten. II. Band. Verlag Birkhäuser Basel (1952).
3. Neuwirth, E.: Zur Feldspat- und Biotitverwitterung im Koralmgebiet (Steiermark). Berg- und Hüttenmännische Monatshefte, Jg. 99 (1954), Heft 8/9.

## Ein Quarzkristall von den Ausgrabungen auf dem Magdalensberg

Von Haymo Heritsch

(Aus dem Mineralogisch-Petrographischen Institut der Universität Graz)

(Mit 1 Abbildung im Text)

Herr Dr. F. Kahler überließ mir einen Quarzkristall, der bei den Ausgrabungen der römischen Siedlungen auf dem Magdalensberg gefunden wurde, zur Bearbeitung. Nach einer brieflichen Mitteilung kam dieser Quarzkristall im Bade der Repräsentationsbauten zu Tage.

Eine mineralogische Untersuchung dieses Fundes könnte unter günstigen Umständen die Herkunft des Quarzkristalles erkennen lassen. Die Ergebnisse der Untersuchung sind nun folgende.

Es handelt sich um die abgebrochene Spitze eines ehemals wohl größeren Kristalles. Das jetzige Bruchstück hat die Ausmaße: 10 cm × 10 cm × 11 cm. Die äußere Kristallbegrenzung besteht aus Einheitsrhomboeder und steilen Rhomboedern, die teilweise nach der Kante mit  $m$  (1010) gestreift sind. Das Grundprisma ist fast nirgends zu sehen und müßte der Hauptsache nach — wenn es überhaupt entwickelt war — auf dem heute abgebrochenen und nicht mehr erhaltenen Teil liegen. Eine kristallographische Bestimmung der steilen Rhomboeder war nicht sicher möglich, da die Größe des Stückes nur Messungen mit dem Anlegegoniometer zuläßt. Solche Messungen sind natürlich recht ungenau. Die so gemessenen Werte liegen für  $\rho$  bei etwa 75°, was vielleicht  $M$  (3031) entspricht. Eine Trennung in positive und negative Rhomboeder ist auf Grund des Fehlens