

Aus dem Institut für Mineralogie und Petrographie der Universität Graz

Sedimentpetrographische Untersuchungen an zersetzten Gesteinen der Koralpe (Stmk.)

Von Helmut Höller und Traude Schösser

Mit 1 Abbildung im Text und 2 Tabellen

An den Gesteinen der Koralpe treten oft starke Zersetzungen auf, die u. a. von St. LOVREKOVIC 1892, R. v. der LEEDEN 1910, A. KIESLINGER 1927, E. NEUWIRTH 1954, 1956 beschrieben wurden.

In der vorliegenden Arbeit werden an verschiedenen stark zersetzten Gesteinen der Koralpe, und zwar am Eklogitamphibolit vom Mauthnereck, am Amphibolit von Unterlaufenegg bei Deutschlandsberg und einem Pegmatit von Aibel bei Eibiswald sedimentpetrographische Untersuchungen durchgeführt.

Arbeitsmethodik: Die verschiedenen Proben wurden vorerst aufbereitet und in einzelne Korngrößenklassen getrennt. Die Aufbereitung der meist leicht zerfallenden Substanzen geschah durch ein dreistündiges schwaches Kochen in aqua dest. unter zeitweisem Umrühren bzw. leichtem Zerdrücken mit einem Gummipistill. Da es sich bei diesen Proben um nicht verfestigte Sedimente handelt, konnte einer Zerlegung in die tatsächlichen Primärteilchen, B. MATTIAT (1964) gut erreicht werden. Durch Sieben wurde in die Fraktionen $> 2000\mu$, $600-2000\mu$ und $200-600\mu$ getrennt, durch Schlämmen in Schönezyklindern die Fraktionen $60-200\mu$ und $20-60\mu$ und durch Sedimentieren in Atterbergzylindern die Fraktionen $6-20\mu$, $2-6\mu$ und $< 2\mu$. Die einzelnen Mineralien wurden nun durch die verschiedenen Korngrößenbereiche hindurch untersucht. Neben der mikroskopischen Beobachtung erfolgte die Bestimmung der lichtoptisch nicht mehr erfaßbaren Mineralien durch Pulveraufnahmen mit einer Debye-Scherrer-Kamera, Durchmesser 114,8 mm, gefilterte Fe-Strahlung, λ wurde für Vergleichszwecke mit $1,9340 \text{ \AA}$ angenommen; und mit der Differentialthermoanalyse, DTA-Apparatur Netzsch, Aufheizgeschwindigkeit $10 \text{ }^\circ/\text{Min.}$, Probenbehälter Pt-Hülsen.

Die Zersetzung am Eklogitamphibolit von Mauthnereck

Die Eklogitamphibolitlinse vom Mauthnereck, A. KIESLINGER 1929, wird durch den Polanzbruch, ca. 500 m NW vom Mauthnereck, aufgeschlossen. Das Gestein ist ein massiger, körniger Eklogitamphibolit mit folgenden Gemengteilen: Granat, Hornblende, Pyroxen, Zoisit, Klinozoisit, Quarz; weiters Apatit, Rutil, Zirkon, Titanit, Pyrit, Ilmenit (mit Leukoxenrändern) A. KIESLINGER 1928b, H. HERITSCH 1963. In diesem Steinbruch sind im südlichen sowie im nördlichen Teil (hier in der Umgebung eines quergreifenden Pegmatitganges) größere Bereiche in ein gröberes Blockwerk aufgelöst, das in einem mehr oder minder feinkörnigen Schutt von zersetztem Eklogitamphibolit steckt, A. HAUSER und H. URREGG 1952. Dieser feinkörnige Schutt ist rotbraun, dunkelbraun und auch graugrün gefärbt.

Für die folgenden Untersuchungen wurde verschieden gefärbtes Material aus dem nördlichen Teil des Bruches entnommen. Diese Probenentnahme erfolgte im Jahre 1961 anlässlich einer Exkursion mit Prof. Dr. H. FLÜGEL, Lehrkanzel für Paläontologie und Historische Geologie der Universität Graz.

Eine Korngrößenanalyse der einzelnen Proben ergab, daß rund 90 % den Kornklassen von $60-2000\mu$ angehören.

Mikroskopische Untersuchung der Gemengteile

Hornblende bildet den Hauptanteil in den Fraktionen 600—2000 μ und 200—600 μ ; einzelne Kristalle sind auch über 2 mm groß. Neben gut erhaltenen stengeligen und plattigen Kristallen mit scharf einspiegelnden Spaltflächen finden sich auch solche, die von einer weißlich-grünen Kruste umgeben sind. Die optischen Eigenschaften dieser Hornblendens sind dieselben wie die der unzersetzten, K. MACHATSCHKI und E. M. WALITZI 1962; vgl. dazu M. K. BOSE 1959/61. In den einzelnen Fraktionen unter 200 μ sind unveränderte Hornblendens nur mehr selten anzutreffen; sie sind getrübt und von einem dicken Saum eingehüllt.

Omphazit tritt in allen Kornklassen mengenmäßig hinter der Hornblende zurück. Klar durchsichtige Kristallbruchstücke findet man nur mehr vereinzelt; überwiegend sind sie von einem dicken, hellgrünen Saum eingeschlossen. Dieser Saum ist aber nicht mit der am Omphazit auftretenden Symplektitbildung ident, A. KIESLINGER 1928 b, sondern besteht — wie spätere Untersuchungen zeigten — aus einem Montmorinmineral. In den kleineren Korngrößenanteilen sind unzersetzte Omphazite nur mehr selten anzutreffen. A. KIESLINGER 1928 b beschrieb von einem zersetzten Eklogitamphibolit von Unterfresen, daß auch hier der Omphazit am stärksten zerfallen ist.

Zoisit und Klinozoisit ist in diesen Proben ohne sichtbare Spuren einer Veränderung. Er tritt immer in länglichen, nach der Y-Achse gestreckten Säulchen auf. Deutlich ist auch die von A. KIESLINGER 1928 b erwähnte Querabsonderung entwickelt.

Quarz ist ebenfalls unzersetzt. Größtenteils sind leicht rundliche Kristallbruchstücke zu finden. Sie sind glasklar durchsichtig oder auch hellgelb gefärbt. Darunter sind auch milchig-weiße Quarzkörner, die nach A. KIESLINGER 1928 b die Injektionsquarze sind.

Granat, rundliche hellrote Körner, tritt selten auf.

Rutil ist in Form von feinsten Nadelchen und auch in tropfenförmiger Gestalt in den kleineren Fraktionen, < 200 μ , angereichert. Es fanden sich auch Bruchstücke von Einzelkristallen und auch solche von Kniezwillingen. Manche sind von einem trüb-weißen Saum umgeben, der sich aus feinsten Körnchen zusammensetzt und eine hohe Lichtbrechung aufweist.

Apatit, in der Größe von 60—200 μ , in kurzsäuligen Kristallen, auch rundlich, tonnenförmig. Glasklar durchsichtig, mit n_{ω} 1,643 und n_{ϵ} 1,640.

Plagioklas (Albit) in klaren unregelmäßigen Bruchstücken mit Zwillinglamellen und einem n_{β} um 1,532; es kommen auch gut begrenzte, idiomorphe, tafelige Kristalle vor, die ihrer Ausbildung nach als authigene Feldspäte anzusprechen sind. Eine Veröffentlichung über die authigenen Albite aus dem Zersetzungsschutt des Eklogitamphibolites von Mauthnerock wird in Kürze erfolgen.

Konkretionen von Eisenhydroxyden mit Bruchstücken von Granat und auch Quarz sind in den einzelnen Fraktionen zu beobachten. Es handelt sich um rundliche, dunkelrotbraune Gebilde.

Tab. 1: Röntgenpulveraufnahme, Fraktion < 2 μ aus dem zersetzten Eklogitamphibolit von Mauthnerock, graugrüne Probe.

lufttrocken		glyzeringesättigt	
I	d Å	I	d Å
stst	15,2	st	17,3
		s	8,81
ss	8,40		
ss	5,02		
stst	4,49	m	4,46
s	3,23		
s	3,00	s	3,50
s	2,80		
s	2,69		
stst	2,55	s	2,96
		s	2,57
s	1,83		
st	1,70		
stst	1,502	s	1,504
ms	1,297	ss	1,297

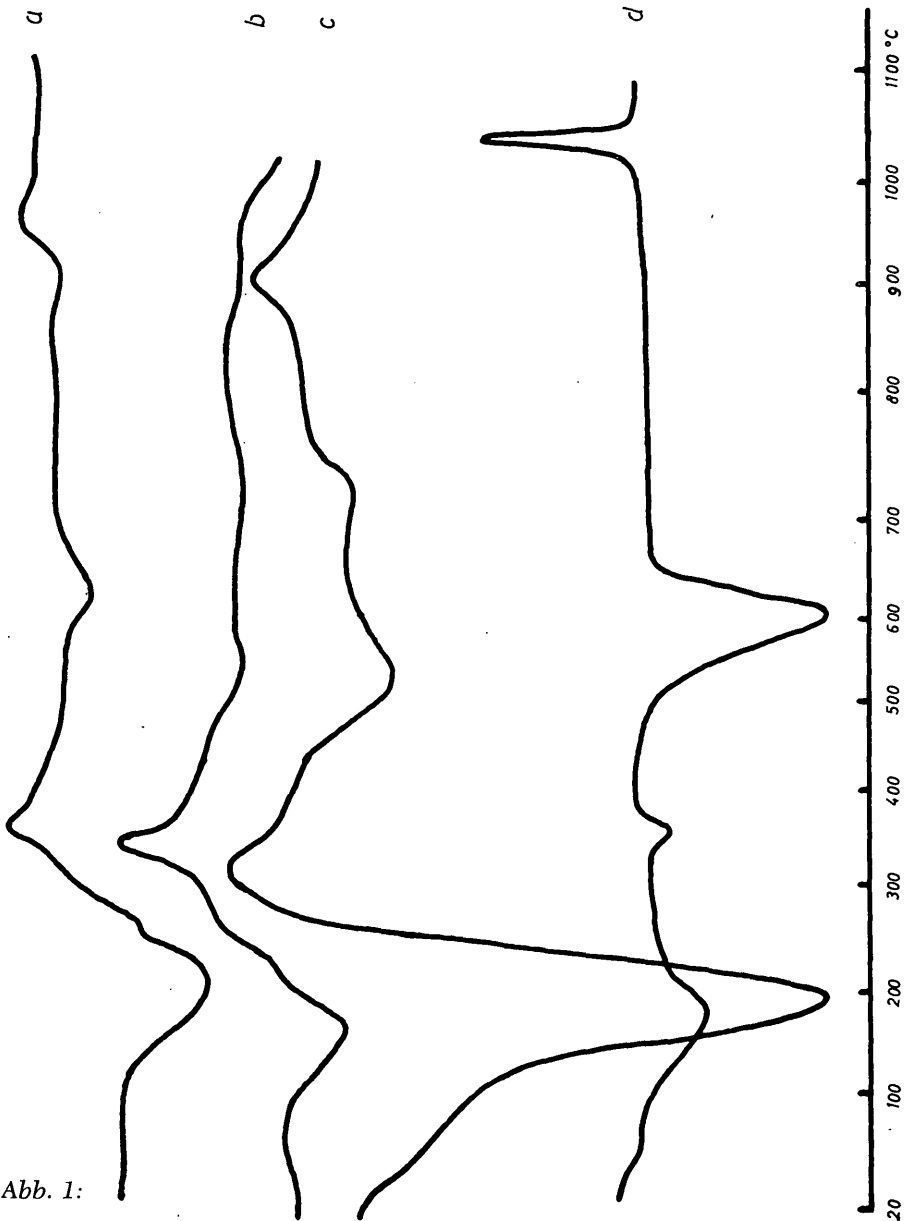


Abb. 1:

- a DTA-Kurve der Kornfraktion $< 2\mu$ aus dem zersetzten Eklogitamphibolit von Mauthnereck, leicht rötlich gefärbte Probe.
- b DTA-Kurve einer zersetzten Hornblende aus dem Amphibolit von Unterlaufenegg bei Deutschlandsberg.
- c DTA-Kurve der Kornfraktion $< 2\mu$ aus dem zersetzten Amphibolit von Unterlaufenegg bei Deutschlandsberg.
- d DTA-Kurve der Kornfraktion $< 2\mu$ aus einem zersetzten Pegmatit von der Sobothbundesstraße bei Aibel, Eibiswald.

Röntgenuntersuchung

Von einer graugrünen Probe zeigte eine Röntgenpulveraufnahme der Fraktion $< 2\mu$ das Vorherrschen eines Montmorinminerals, vgl. Tabelle 1. Die zusätzlichen Linien mit einem $d = 8,40 \text{ \AA}$ und $d = 2,69 \text{ \AA}$ können für Hornblende, die Linie $d = 2,80 \text{ \AA}$ für Zoisit bzw. Klinozoisit, die Linie $d = 3,23 \text{ \AA}$ für Feldspat und die Linie $d = 1,83 \text{ \AA}$ für Hämatit gedeutet werden.

Dieselbe Probe glyzerinesättigt zeigt in der Röntgenpulveraufnahme nur mehr die Reflexe des Montmorinminerals und mit der dafür charakteristischen Verschiebung der 001-Reflexe, siehe Tabelle 1.

Die Röntgenpulveraufnahmen der Fraktionen $2-6\mu$ und $6-20\mu$ zeigen denselben Mineralbestand wie die Fraktion $< 2\mu$. Für die Aufnahme der Fraktion $6-20\mu$ wurde das Material verschieden stark gepulvert. In der schwach gepulverten Probe sind noch Reflexe des Montmorinminerals vorhanden; durch stärkeres Pulvern sind die Reflexe des Tonminerals verschwunden, vgl. G. A. KOWALEW 1957; E. KÖHLER, U. HOFMANN, E. SCHARRER und K. FRÜHAUF 1961.

Stark zersetzte Hornblendens und Omphazite (Korngröße $200-600\mu$) aus einer rotbraunen Probe zeigten im Debye-Scherrer-Diagramm bei schwacher Pulverung die Reflexe desselben Montmorinminerals.

In einer rötlich gefärbten Probe konnte zusätzlich in den feinsten Fraktionen Goethit nachgewiesen werden.

Aus den d -Werten dieser hier auftretenden Montmorinminerale kann auf einen Nontronit mit Übergang zum Montmorillonit geschlossen werden.

Die Identifizierung des Mineralbestandes aus den d -Werten erfolgte für die Montmorinminerale nach K. JASMUND 1955, G. W. BRINDLEY 1951, G. BROWN 1961; für Hämatit und Goethit nach L. G. BERRY und R. M. THOMPSON 1962; für Hornblende, Zoisit und Klinozoisit sowie Feldspat (Albit) nach eigenen Aufnahmen, wobei diese Mineralien aus dem Eklogitamphibolit des Steinbruches Mauthnereck stammen.

Differentialthermoanalyse

Von den verschieden gefärbten Proben wurden von den feinsten Fraktionen DTA-Aufnahmen angefertigt. Sie zeigen übereinstimmenden Kurvenverlauf: endothermer Effekt zwischen 100° und 240° C (in 2 Spitzen aufgelöst) und um 600° C ; bei 900° C folgt nach einem schwachen endothermen Effekt unmittelbar eine exotherme Reaktion. Diese DTA-Kurven sind gut vergleichbar mit den DTA-Kurven eines eisenarmen, aluminiumreichen Nontronites von Mariasdorf/Oberdorf, P. WIEDEN 1961. In Abb. 1, Kurve a ist eine DTA-Aufnahme der Fraktion $< 2\mu$ aus einer leicht rötlich gefärbten Probe wiedergegeben.

Bemerkenswert in den einzelnen DTA-Kurven ist ein exothermer Effekt bei 350° C . Dieser Effekt, der bei einer DTA-Aufnahme der zersetzten Hornblende aus dem Amphibolitbruch bei Unterlaufenegg noch viel deutlicher in Erscheinung tritt, vgl. Abb. 1, Kurve b, kann nach M. A. GHEITH 1952, J. L. KULP und A. F. TRITES 1951, F. SCHEFFER, E. WELTE und F. LUDWIG 1958 und W. SCHELLMANN 1959/60 so gedeutet werden, daß Eisen (III)-hydroxydgel bei dieser Temperatur zu Eisenhydroxyd kristallisiert. Nach Behandlung mit H_2O_2 (30 %) zeigte sich dieser exotherme Effekt um 350° C nicht mehr, A. KRAUSE 1961.

Die Zersetzung am Amphibolit von Unterlaufenegg bei Deutschlandsberg

Nordwestlich von Deutschlandsberg, in Unterlaufenegg, befindet sich gleich an der Straße, die nach Wildbach führt, ein alter aufgelassener Steinbruch. Die hier aufgeschlossenen Gesteine sind Amphibolite, Zoisitamphibolite, Granatam-

phibolite, Eklogitamphibolite. Ihr wechselnder Mineralbestand ist nach St. LOVREKOVIC 1892, A. KIESLINGER 1928 b, P. BECK-MANNAGETTA 1956/57, K. MACHATSCHKI 1960, H. HERITSCH 1963: grüne Hornblende, Zoisit, etwas Plagioklas (Albit-Oligoklas um 15 % An), gelegentlich Granat, Symplekit, sowie Titanit und Rutil. Der Amphibolit von Unterlaufenegg zeigt nun ebenfalls starke Zersetzungerscheinungen. Im Steinbruch kann man diese Zersetzung besonders gut beobachten. Im südwestlichen Teil des Bruches ist eine bis zu einem Meter mächtige Zersetzungszone über dem festen Gestein zu beobachten; im nördlichen Teil löst sich der Amphibolit in ein grobes Blockwerk auf, das im zersetzten Gestein steckt, P. BECK-MANNAGETTA 1941, A. HAUSER und H. URREGG 1952.

Für die folgenden Untersuchungen wurden Proben aus dem nördlichen Teil des Bruches entnommen. Es handelt sich um ein schmutzig-gelbliches feinkörniges Material. Eine Korngrößenbestimmung daran ergab, daß Körner mit der Größe 20—200 μ die Hauptmenge bilden.

Mikroskopische Untersuchung

Die Hornblende ist in diesen Proben gegenüber der Hornblende im unzersetzten Gestein deutlich verändert: die Farben sind stark gebleicht, längs Spalt- rissen ist eine Auffaserung zu beobachten und häufig ist eine Umkrustung von einem feinstkörnigen bläulichen und weißlichen Material festzustellen, K. JASMUND 1940, B. MEYER und E. KALK 1964. Die Krusten werden aus einem Montmorinmineral gebildet. M. K. BOSE 1959/61 bringt das Ausbleichen der Hornblende mit dem Ersatz des Eisens durch Alkalien in Bezug. Er stellte fest, daß das Ausbleichen entlang der Spalten und Ecken, aber bevorzugt an der (001)-Ebene beginnt.

Die Brechungsquotienten der gebleichten Hornblende sind dieselben wie sie von K. MACHATSCHKI und E. M. WALITZI 1962 für Hornblende aus dem unzersetzten Gestein angegeben wurden.

An weiteren Mineralien in diesem zersetzten Material findet man Zoisit, der optisch keine Veränderungen aufweist, getrübbten Feldspat und Rutil.

Daneben tritt noch Quarz und Muskovit auf. Der Muskovit zeigt sich in farblosen durchsichtigen Blättchen, aber auch mit zahlreichen Rissen, H. SCHUMANN 1940 und mit kaum beobachtbarer Doppelbrechung, J. RIMSÄITE 1957/59.

Von der Fraktion $< 2\mu$ wurden Röntgenpulveraufnahmen lufttrocken und glyzeringesättigt hergestellt. Das Ergebnis ist in der Tabelle 2 wiedergegeben. Es liegen nur die Reflexe eines Montmorinminerals vor.

Tab. 2: Röntgenpulveraufnahme, Fraktion $< 2\mu$ aus dem zersetzten Amphibolit von Unterlaufenegg.

lufttrocken		glyzeringesättigt	
I	d Å	I	d Å
stst	14,7	st	17,3
st	4,50	mst	4,45
		s	3,53
		s	2,94
m	2,56	s	2,56
s	1,69	s	1,69
mst	1,499	s	1,489
m	1,295		
s	1,242		

Eine Differentialthermoanalyse der gleichen Fraktion, Abb. 1, Kurve c, zeigt einen starken endothermen Effekt um 200°C ; bei 500°C und 700°C sind weitere schwache endotherme Effekte; bei 900° folgt ein exothermer Effekt. Diese DTA-Kurve zeigt einen Verlauf, wie sie der Beidellit von Beidell, Colorado, aufweist, R. E. GRIM und R. A. HOWLAND 1942. Damit ist das vorliegende Material ein Montmorinmineral und entspricht dem DTA-Verhalten nach einem Beidellit.

Allerdings finden sich in der Literatur über den Beidellit verschiedene Auffassungen. So soll z. B. nach R. E. GRIM und R. A. ROWLAND 1942 das Mineral von Beidell eine Mischung von Halloysit, Illit, Montmorillonit und Eisen (III)-oxyden sein. Röntgenpulveraufnahmen zeigen nur die Reflexe des Montmorinminerals. Während C. S. ROSS 1960 den Beidellit ablehnt, ist nach den neuesten Untersuchungen von A. H. WEIR und R. GREENE-KELLY 1962 an den Tonen von Black Jack Mine, Idaho, der Beidellit ein eigenes Mineral.

Verwitterter Pegmatit an der Sobothbundesstraße bei Aibel/Eibiswald

Im Zuge des Neubaues der Sobothbundesstraße im Jahre 1961 wurden 3,3 km nach Eibiswald bei Aibel in Glimmerschiefern pegmatitische Lagen, A. KIESLINGER 1928 a aufgeschlossen, die stark zersetzt waren. Es handelt sich um ein kreideweißes, feinkörniges Locker-Material mit Gesteinsbruchstücken.

Die *Gesteinsbruchstücke* zeigen im Dünnschliff undulöse Quarze, $1,2\text{ mm} \times 0,6\text{ mm}$ und Feldspat (Oligoklas), $2\text{ mm} \times 1,6\text{ mm}$ in einem Kleinkorn-gemenge von Quarz und Feldspat. Der Feldspat ist stark getrübt und häufig von einem feinschuppigen Gemenge erfüllt, das an den Spaltflächen auftritt oder auch das ganze Korn erfaßt. Zwischen Quarz und Feldspat sind Einschaltungen von Muskovit, der starke Verbiegungen aufweist.

Das feinkörnige Locker-Material besteht im wesentlichen aus Quarz, Feldspat, Glimmer sowie Tonmineralien.

Der Quarz zeigt Spuren mechanischer Beanspruchung: er löscht undulös aus und ist an den Rändern unregelmäßig ausgezackt.

Am Feldspat sind auf Grund der Zersetzung die Spaltrisse und Zwillingslamellen nur mehr schwer erkennbar. In den noch optisch erfassbaren Korngrößen sind die Feldspäte oft schon vollständig von einem feinstschuppigen Mineralgemenge erfüllt. Röntgenpulveraufnahmen von solchen Körnern ergaben neben Feldspat ein schlecht kristallisiertes Kaolinmineral. An einigen Feldspatkörnern konnte ein mittlerer Brechungsquotient um 1,538 bestimmt werden; die Auslöschung zu erkennbaren Spaltrissen ist gerade, so daß ein Plagioklas mit einem An-Gehalt um 15 % vorliegt.

Die hellen Glimmerblättchen sind wellig verbogen und von zahlreichen Spaltrissen durchfurcht. Manche zeigen randlich eine deutliche Aufblätterung; auch entlang von Spaltrissen ist diese zu sehen. Der Brechungsquotient für $n_{\beta}' n_{\gamma}'$ liegt um 1,607; der Achsenwinkel $2V_{\alpha}$ ist um 30° , bisweilen auch kleiner.

Neben solchem Glimmer gibt es silbrige Glimmerpakete, die oft stark aufgefaser sind. Das Achsenbild ist verzerrt; die Achsenbalken meist breit und die Größe des Achsenwinkels ist stark schwankend von 20° — 40° ; $n_{\beta}' n_{\gamma}'$, liegt für verschiedene Blättchen zwischen 1,562 und 1,586. Die Röntgenpulveraufnahmen davon sind für ein Glimmermineral verhältnismäßig linienarm und einzelne Reflexe, z. B. bei $d = 3,20\text{ \AA}$ und $d = 2,98\text{ \AA}$ haben schwache Intensitäten.

An sonstigen Mineralien wurden nur einige Körner eines Turmalins mit dem Pleochroismus dunkelbraun ($n\omega$) und hellgelb ($n\varepsilon$) gefunden.

Eine Röntgenpulveraufnahme der Fraktion $\langle 2\mu$, lufttrocken, ergab daß hauptsächlich Halloysit und Metahalloysit vorliegt. Dies ergibt sich auch durch Behandlung mit Äthylenglykol: die Linie 10,2 Å verschiebt sich nach 10,8 Å; die Linie bei 7,57 Å verschwindet und die Linie 3,61 Å erfährt eine Intensitätszunahme, W. F. BRADLEY 1945, K. JASMUND 1955, G. BROWN 1961.

Eine Differentialthermoanalyse der Fraktion $\langle 2\mu$ ergab ebenfalls Halloysit bzw. Metahalloysit. Der zusätzliche endotherme Effekt bei 350 ° C deutet auf Hydrargillit, Abb. 1, Kurve d. Eine Unterscheidung von Halloysit und Metahalloysit in der DTA-Kurve kann durch Behandlung der Probe mit Glykol möglich sein, wobei dann der zweite endotherme Effekt für den Halloysit schon bei 500 ° C erscheint, L. B. SAND und T. F. BATES 1953. Ein so durchgeführter Versuch zeigte bei 500 ° C einen sehr schwachen endothermen Effekt, was für einen geringen Halloysitanteil sprechen würde.

Zusammenfassung

Mit Hilfe von optischen, röntgenographischen und differentialthermoanalytischen Methoden wurden zersetzte Gesteine aus der Koralpe und zwar ein Eklogitamphibolit, ein Amphibolit und ein Pegmatit untersucht.

Im vorliegenden Zersetzungsstadium des Eklogitamphibolites von Mauthnerock sind die Hornblenden und Omphazite getrübt und fast immer von einem weißlichgrünen Saum umgeben, der aus einem Montmorinmineral, (Nontronit) besteht. Im Zersetzungsschutt dieses Eklogitamphibolites tritt authigener Albit auf. Die Tonfraktion besteht aus demselben Montmorinmineral.

Im zersetzten Amphibolit von Unterlaufenegg ist von den einzelnen Gemengteilen ebenfalls die Hornblende stark verändert. Sie ist ausgebleicht, längs der Spaltrisse aufgefaserter und von einem Montmorinmineral umkrustet. Die Tonfraktion setzt sich hier aus demselben Montmorinmineral zusammen, das als Beidellit bezeichnet werden kann.

Die Zersetzung eines Pegmatites an der Sobothbundesstraße bei Eibiswald führt zu Halloysit bzw. Metahalloysit.

Herrn Prof. Dr. H. HERITSCH danken wir für die Anregung und Förderung dieser Arbeit.

Literaturverzeichnis

- BECK-MANNAGETTA P. 1941. Die Geologie des Einzugsgebietes der Laßnitz. Mitt. apenl. geol. Ver., 34.
- 1956/57. Paragenetische Bemerkungen zu dem Vorkommen von Paragonit im Steinbruch Unterlaufenegg, NO Deutschlandsberg (Weststeiermark). Heidelb. Beitr. Min. u. Petr. 5, 269.
- BERRY L. G. & THOMPSON R. M. 1962. X-ray Powder Data for Ore Minerals: The Peacock Atlas. Geol. Soc. Am. Memoir 85.
- BOSE M. K. 1959/61. A note „on bleached Hornblende“. Min. Mag. XXXII, 177.
- BRADLEY W. F. 1945. Diagnostic Criteria for Clay Minerals. Am. Min. 30, 704.
- BRINDLEY G. W. 1951. X-Ray Identification and Crystal Structures of clay minerals. Mineralogical Soc., London.
- BROWN G. 1961. The X-Ray identification and crystal structures of clay mineral. Mineralogical Soc., London.

- GHEITH M. A. 1952. Differential Thermal Analysis of certain Iron Oxides and Oxide Hydrates, *Am. Journ. Science*, 250, 677.
- GREENE-KELLV R. 1957. The Montmorillonite Minerals (Smectites). In: R. C. Mackenzie, *The Differential Thermal Investigation of Clays*. London.
- GRIM R. E. & ROWLAND R. A. 1942. Differential thermal analysis of clay minerals and other hydrous materials. *Am. Min.* 27, 801.
- HAUSER A. & URREGG H. 1952. „Die kristallinen Schiefer“. In: Die bautechnisch nutzbaren Gesteine der Steiermark. Gesteinstechnische Untersuchungen Lehrkanzel techn. Geologie TH. Graz. Heft 8.
- HERITSCH H. 1963. Exkursion in das Kristallin der Koralpe. *Mitt. Naturwiss. Ver. Steierm.*, 93, 178.
- JASMUND K. 1940. Über den Mineralbestand einiger Kaoline unter besonderer Berücksichtigung der kolloiden Größenordnungen. *Chemie d. Erde*, 12, 508.
- 1955. Die silikatischen Tonminerale. 2. Aufl. Weinheim, Chemie-Verlag.
- KIESLINGER A. 1927. Geologie und Petrographie der Koralpe IV; Alte und junge Verwitterung im Koralpengebiet. Sitz.-Ber. österr. Akad. Wiss. Wien, math.-naturwiss. Kl. Abt. I, 136, H. 95.
- 1928 a. Geologie und Petrographie der Koralpe VI; Pegmatite der Koralpe. Sitz.-Ber. österr. Akad. Wiss. Wien, math.-naturwiss. Kl. Abt. I, 137, 123.
- 1928 b. Geologie und Petrographie der Koralpe VII; Eklogite und Amphibolite. Sitz.-Ber. österr. Akad. Wiss. Wien, math.-naturwiss. Kl. Abt. I, 137, 401.
- 1929. Koralpenkristallin der geologischen Spezialkarte der Republik Österreich: Blatt Unterdrauburg.
- KÖHLER E., HOFMANN U., SCHARRER E. & FRÜHAUF K. (1961). Über den Einfluß der Mahlung auf Kaolin und Bentonit. *Ber. Dt. keram. Ges.* (1960), 37, 493.
- KOWALEW G. A. 1957. Einfluß des trockenen Zerreibens der Substanzen auf ihre Debyeogramme. *Sapiske Wsesojun. miner. Obsch.* 86, 401. *Ref. Zentralbl. Min.* I, 1957, 30.
- KRAUSE A. 1961. H_2O_2 -Zersetzung durch kolloide FeIII-Hydroxyde und Ferrite. *Zs. anorg. u. allg. Chemie*, 307, 229.
- KULP J. L. & TRITES A. F. (1951). Differential Thermal Analysis of Natural Hydrous Ferric Oxides. *Am. Min.* 36, 23.
- LEEDEN R. v. d. 1910. Über ein durch atmosphärische Verwitterung entstandenes Kaolinvorkommen bei Schwanberg in Stmk. *Zb. Min. Geol. Paläont.* 489.
- LOVREKOVIC St. 1892. Über die Amphibolite von Deutsch-Landsberg. *Mitt. naturwiss. Ver. Steierm.*, 29, 296.
- MACHATSCHKI K. 1960. Hornblenden aus Eklogiten und Amphiboliten der südlichen Koralpe. *Dissertation Univ. Graz*.
- & WALITZI E. M. 1962. Hornblenden aus Eklogiten und Amphiboliten der südl. Koralpe. *Tschermaks Min. Petr. Mitt.* (Dritte Folge), VIII, 1, 140.
- MATTIAT B. 1964. Methodische Verbesserungen bei der routinemäßigen Schlämmanalyse von Ton- und Bodenproben. *Beitr. Min. u. Petr.* 10, 216.
- MEYER B. & KALK E. 1964. Verwitterungs-Mikromorphologie der Mineral-Spezies in Mitteleuropäischen Holozän-Böden aus Pleistozänen und Holozänen Lokersedimenten. *Soil Mikromorphology. Proceedings of the second international working-meeting on soil micromorphology Arnhem; The Netherlands*, Sept. 22—25, 1964, 109.
- NEUWIRTH E. 1954. Zur Feldspat- und Biotitverwitterung im Koralpengebiet (Stmk.). *Berg- und Hüttenm. Mh.* 99, 166.

- 1956. Über Methoden und Ergebnisse der Tonmineralogie. Unveröff. Habilitationsschrift, Technische Hochschule Graz.
- RIMSAITE J. 1957/59. Über die Eigenschaften der Glimmer in Sanden und Sandsteinen. Beitr. Min. u. Petr. 6, 1.
- SAND B. L. und BATES Th. F. 1953. Quantitative Analysis of Endellite, Halloysite and Kaolinite by Differential Thermal Analysis. Am. Min. 38, 271.
- SCHEFFER F., WELTE E. und LUDWIG F. 1958. Zur Frage der Eisenoxydhydrate im Boden. Chemie d. Erde, 19, 51.
- SCHELLMAN W. 1959/60. Experimentelle Untersuchungen über die sedimentäre Bildung von Goethit und Hämatit. Chemie d. Erde. 20, 104.
- SCHUMANN H. 1940. Ein mecklenburgischer Glaukonitsandstein. Chemie d. Erde. 13, 336.
- WIENEN P. 1961. Ein eisenarmer Nontronit. TSCHERMAKS Min. Petr. Mitt. 3. Folge, 7, 186.

Anschrift der Verfasser: Dr. Helmut HÖLLER Institut für Mineralogie und Petrographie, Universität Graz; Dr. Traude SCHÖSSER: Forschungsinstitut des Vereins der Österreichischen Zementfabrikanten, Wien III., Reiserstraße 53.