

Biotit-Varietäten und Stilpnomelan im alpin metamorph überprägten Mittagfluh-Granit (Aarmassiv)

Autor(en): **Jäger, Emilie / Kempster, Enrico / Niggli, Ernst**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **41 (1961)**

Heft 1

PDF erstellt am: **29.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-31897>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Biotit-Varietäten und Stilpnomelan im alpin metamorph überprägten Mittagfluh-Granit (Aarmassiv)

Von *Emilie Jäger, Enrico Kempter, Ernst Niggli* und *Hans M. Wüthrich*
(Bern)¹⁾

Abstract

The Mittagfluh granite is certainly older than the Alpine metamorphism (here of low grade) and the main Alpine folding; it is probably a Hercynian intrusion. We have studied the types of mica in this granite and find three distinct varieties of biotite in addition to stilpnomelane in a series of samples. The three biotite varieties are distinguished by their color (green, brown and yellow) and by other optical characteristics, for example the refractive index n_g is for brown biotite: 1,642; for green biotite: 1,662 and for yellow biotite: 1,674. The X-ray data are given for green and brown mica. The brown mica could be recognized under the microscope only when divided into very thin flakes and would not be distinguished in thin sections or by X-ray powder analysis. The biotites belong to at least two generations. The green and the yellow types of biotite and the stilpnomelane are believed to be products of Alpine metamorphism.

The ages measured by JÄGER and FAUL (1959: Rb/Sr 77 m. y., K/Ar 78 and 75 m. y., are interpreted as mixed ages because only the total (mixed) biotite could be used for these analysis. A mechanical separation of the types has not been possible. The Central Aare granite further to the south has only green biotite (Alpine neoformation) and the age measured by JÄGER and FAUL on this mica was 23 m. y. by the K/Ar-method.

In einer neueren Arbeit haben E. JÄGER und H. FAUL (1959) absolute physikalische Altersbestimmungen an alpinen Gesteinen publiziert. Zwei der analysierten Proben stammen aus dem Aarmassiv, einem der herzynischen Zentralmassive der Alpenkette, die während der tertiären, alpinen Orogenese tektonisch überprägt und aufgepresst wurden. Der zonale Grad der Metamorphose ist im Aarmassiv gering und entspricht der Epizone von GRUBENMANN-NIGGLI (siehe E. NIGGLI in J. CADISCH, 1953, S. 109). Immerhin nimmt in den Alpen, auch im Aarmassiv, ge-

¹⁾ Mineralogisch-petrographisches Institut der Universität Bern, Laboratorium für Altersbestimmungen.

nerell die Metamorphose nach Südosten hin langsam zu. Manche Gesteine des Aarmassivs haben die präalpine Textur und den alten chemischen Bestand gut bewahrt, andere sind mehr oder weniger stark verschiefert und mylonitisiert. Die meisten Autoren haben bisher angenommen, dass die in aarmassivischen Gneisen und Graniten auftretenden Biotite durchwegs noch präalpine Relikte seien. Die häufig zu konstatierende Chloritisierung wurde aber allgemein der alpinen Metamorphose zugeschrieben.

Schon bei der mikroskopischen Voruntersuchung der beiden aarmassivischen Proben (Mittagfluh-Granit von der Tschingelbrücke und zentraler Aare-Granit vom Räterichsboden) begannen wir am prätriadischen Alter eines Teiles der Biotite zu zweifeln (E. JÄGER und H. FAUL, 1959, S. 1553). Im Mittagfluh-Granit konnte ein gradueller Übergang von einem braunen in einen grünen Biotit festgestellt werden, und zwar waren die Farbunterschiede am deutlichsten in ganz dünnen Blättchen wahrzunehmen. Wir interpretierten die Biotitkörner mit Mischfarben braun-grün als Verwachsungen von dünnsten Lamellen braunen und grünen Glimmers.

In der analysierten Probe des zentralen Aare-Granites kam nur olivgrüner Biotit vor, der im deutlich schiefrigen Gestein in feinkörnigen Aggregaten auftrat und eine alpine Neubildung zu sein schien.

Im nachstehenden sei vorerst kurz auf die geologische Evidenz des Alters und der Altersbeziehungen der beiden Gesteine eingegangen. Nach TH. HÜGI (1956, S. 14) und den älteren Autoren ist der Mittagfluh-Granit eine selbständige, spätere Randintrusion des zentralgranitischen Magmas des Aarmassivs. Er ist also etwas jünger als der zentrale Aare-Granit, wird aber in allen Arbeiten der letzten vierzig Jahre in den herzynischen orogenetischen Zyklus (Permokarbon) gestellt. Noch jünger als der Mittagfluh-Granit sind ihn durchbrechende aplitische und quarzporphyrische Gesteine.

Es sei hier betont, dass weder der zentrale Aare-Granit noch der Mittagfluh-Granit mit den mesozoischen und tertiären Gesteinen des jungen Sedimentmantels des Aarmassivs in direkte Berührung kommen. Das prätriadische Alter kann demnach an Hand der Lagerungsverhältnisse nicht eindeutig nachgewiesen werden. Prätriadisches Alter ist hingegen im Aarmassiv eindeutig für den post-unterkarbonischen Tödi-Granit festgestellt worden, der fossilführendes Oberkarbon durchbricht, aber diskordant an einer Erosions- und Verwitterungsoberfläche von der Trias überlagert wird. Die Beziehungen zwischen Tödi-Granit und zentralem Aare-Granit können aber leider durch Feldbeobachtungen nicht aufgeklärt werden.

Eines ist allerdings sicher: alle Granite des Aarmassivs sind älter als die tertiäre Gebirgsbildung und älter als die Hauptfaltung der Alpenkette. Die alpine Metamorphose manifestiert sich zum mindesten mikroskopisch in allen Graniten des Aarmassivs. Ferner darf darauf aufmerksam gemacht werden, dass im meso-neozoischen Sedimentmantel nirgends granitische Gänge konstatiert wurden.

Die Altersbestimmungen an Biotit ergaben nun die folgenden Resultate (E. JÄGER und H. FAUL, 1959, S. 1555).

	Probe	K/Ar-Alter (in Millionen Jahren)	Rb/Sr-Alter
Mittagfluh-Granit (Tschingelbrücke)	A 3	75	77
	A 3b	78	
Zentraler Aare-Granit (Räterichsboden)	A 2	23	

Das Resultat für den zentralen Aare-Granit interpretierten wir als Hinweis für eine fast völlige Re- und Umkristallisation des Biotites während der alpinen Orogenese. Das gemessene Alter stimmt gut überein mit dem ebenfalls mit absoluten Methoden bestimmten Alter der zweifelsohne jungen Glimmer der tiefpenninischen Gneise des Tessins (E. JÄGER und H. FAUL, 1959).

Schwieriger war die Interpretation des Messresultates für den Mittagfluh-Granit. Es war nicht möglich gewesen, den braunen vom grünen Glimmer mechanisch in den erforderlichen Mengen zu trennen; das analysierte Konzentrat war ein Gemisch beider Typen. Wir nahmen nun an, dass der braune Glimmer ein herzynisches Relikt darstelle und dass der grüne Glimmer eine alpine Umwandlung des braunen Glimmers darstelle. Ein Gemisch beider würde dann fast konkordante Rb/Sr- und K/Ar-Alter geben, die irgendwo zwischen dem Intrusionsalter (Permo-karbon) und dem Alter der Metamorphose (Tertiär) liegen müssen. Dies trifft nun für die gemessenen Werte zu. Als andere Möglichkeit konnte allerdings eine völlige Rekristallisation oder sogar eine primäre magmatische Kristallisation vor 77 Millionen Jahren nicht völlig ausgeschlossen werden. Es würde sich dieses Ereignis in der Kreide abgespielt haben. Wir haben nun aber keinerlei geologische Hinweise für eine Gesteinsumwandlung oder eine Intrusionstätigkeit in der Kreide. Es schien uns nun angezeigt, das Problem weiter zu verfolgen. Als vorbereitende Arbeit für weitere absolute Altersbestimmungen am Mittagfluh-Granit drängte sich eine vorangehende genauere mikroskopische Untersuchung auf, über die hier kurz berichtet werden soll. Wir sammelten zu diesem Zwecke zahlreiche Proben an der Oberfläche und in Kraftwerk-Stollen.

Der *Mittagfluh-Granit* ist ein grobkörniger, saurer, hellgrauer Biotit-Granit, in welchem die oft recht gut erhaltenen Quarz-Körner auffallen, die sich vom ausgeprägten feinkörnigen „Sandquarz“ (Mörtelquarz) des südlich anschliessenden zentralen Aare-Granites unterscheiden. Die Textur ist meist massig-richtungslos. Der Granit enthält 72—74 Gew.% SiO_2 und hat aplitgranitischen bis normalalkaligranitischen Chemismus (TH. HÜGI, 1956, Tab. II und S. 21).

Mikroskopische Untersuchung

Im Dünnschliff sind metamorphe Umwandlungserscheinungen deutlich zu erkennen. Ferner erweist sich unter dem Mikroskop der im Handstück recht homogen erscheinende Granit als sehr inhomogen in bezug auf den Grad der Umwandlungserscheinungen. Diese wechseln von Meter zu Meter. Wir untersuchten das Profil an der Grimselpasstrasse bei der Tschingelbrücke auf eine Länge von 1,2 km von der nördlichen Schieferhülle bis zum Kontakt mit dem zentralen Aare-Granit. Wir fanden hierbei einige Meter grosse, sich wiederholende Bereiche, die durch besondere Typen der Umwandlung gekennzeichnet sind (zum Beispiel Bereiche mit reichlich Stilpnomelan usw.). — Es wurden ferner Handstücke des Mittagfluh-Granites im Gauli-Ärlen-Stollen und im Kabelstollen Handegg-Guttannen gesammelt. Bei km 2,6 im Kabelstollen ist der Mittagfluh-Granit mineralogisch noch am besten als primäres Erstarrungsgestein erhalten.

Da uns vor allem der Biotit und die übrigen Phyllosilikate interessierten, seien im nachstehenden die anderen Mineralien des Granites nur soweit beschrieben, wie es uns für die Charakterisierung des Grades der Metamorphose und für die Diskussion der Entstehung der Biotitvarietäten als notwendig erschien.

Quarz löscht in allen untersuchten Schliffen stark undulös aus, ist oft zerbrochen und zeigt auch immer granoblastische Neukristallisationen. Fast keine solche Neubildungen fanden wir in einem Handstück aus dem Kabelstollen Handegg-Guttannen bei km 3,2 (Koord. 166.000/665.765, ca. 1140 m ü. M.) nahe am Kontakt zur Schieferhülle.

Der *Na-Kaliumfeldspat* ist meist sehr frisch, zeigt grobe Mikroklingitterung, breite perthitische Bänder und grosse Flecken von Albit.

Der *Plagioklas* ist Albit mit einem Anorthitgehalt von 0 bis 5%. Der Kern ist stark sericitisiert; im Anorthitgehalt ist aber zum mindesten heute kein Zonarbau festzustellen. Die Möglichkeit, dass früher ein

solcher vorhanden war und dass der Plagioklas ursprünglich Ca-reicher war, kann nicht ausgeschlossen werden.

Der *Zirkon* ist manchmal im Kern isotrop und von frischem Zirkon umwachsen. Man kann jedoch auch metamikte Hüllen um klaren Zirkon beobachten. In Gesteinen mit alten, groben Biotitblättern (siehe später) ist Zirkon in Biotit eingewachsen. Sind in einer Gesteinsprobe die Biotite in feinkörnige Aggregate metamorpher Neubildungen umgewandelt, so findet man den Zirkon in Kalifeldspat-Rändern oder im granoblastischen Quarz. Der Zirkon ist dann häufig zerbrochen.

Epidot und *Klinozoisit* sind ständige Begleiter des Biotits; Epidot tritt als feine Einlagerungen in den grossen Glimmerkörnern auf. Im Biotit kommen ferner hochlichtbrechende, stark doppelbrechende Körner vor, die wohl *Titanit* sind. Sie führen manchmal im Kern kleinste opake Plättchen (Ilmenit?). Als weitere Akzessorien sind *Apatit*, *Fluorit* und *Orthit* zu erwähnen, ohne dass diese Aufzählung Anspruch auf Vollständigkeit erheben will.

Genauer untersucht wurden die dunklen, mafischen *Phyllosilikate* des Granits. Neben den schon erwähnten braunen und olivgrünen *Biotit*-varietäten stellten wir noch einen gelben Typ sowie gebleichten, farblosen Biotit fest. Ferner konstatierten wir das Vorkommen von *Stilpnomelan* und von *Chlorit*.

Biotit tritt in zwei genetisch wohl verschiedenen Korngestalten auf: einmal als grosse „Einzelkörner“ (bis 5 mm gross), die sich allerdings bei genauerer Untersuchung oft als inhomogen erwiesen. Daneben treten Aggregate feinkörnigen Glimmers auf, wobei die Einzelkristalle ganz verschiedene Orientierung zeigen und $\frac{1}{100}$ bis $\frac{1}{10}$ mm gross sind. Diese Aggregate, die sich manchmal in Zügen anordnen, sind wohl sekundären, metamorphen Ursprungs.

Neben den üblichen Dünnschliff-Methoden erwies sich die Untersuchung ganz dünner Spaltblättchen im Einzelpräparat als unerlässlich, da ein Teil des Lamellenbaues im Dünnschliff nicht zu erkennen ist (insbesondere die Verwachsung von braunem mit olivgrünem Glimmer).

*Brauner*²⁾ *Biotit* (*Typus I*). Im Dünnschliff konnten wir nirgends einheitliche Bereiche reinen braunen Biotits beobachten. Wohl aber gelang es uns, im dünnblättrigen Pulverpräparat solche braunen Glimmer rein zu isolieren. In den am besten erhaltenen Partien des Mittagfluh-Granites (im Kabelstollen bei km 2,6 (Koord. 165.410/665.805, ca. 1170 m ü. M.) kommen fleckige Glimmer vor, deren braungrüne bis

²⁾ Alle Farbangaben beziehen sich auf die Richtung stärkster Absorption.

grüne Flecken schon im Dünnschliff erkennbar sind. Die Brauntöne sind hier sicher nicht auf sekundären gelben bis braunen Biotit (Typus III) zurückzuführen. Die grossen Biotit-Einzelkörner der anderen Proben zeigen im Dünnschliff variable braungrüne Mischfarben (siehe unten). In den neugebildeten Aggregaten fehlen im allgemeinen braune Farbtöne dieser Art völlig.

Olivgrüner Biotit (Typus II). Er baut die feinkörnigen Aggregate auf und kommt auch in den grossen Einzelkörnern vor. Wir konstatierten ihn im ganzen Nord-Süd-Profil des Mittagfluh-Granites und auch in einem Teile des zentralen Aare-Granites. Die grossen „Einzelkörner“ mit im Dünnschliff zwischen grün und braun liegenden Farbtönen sind meist Parallelverwachsungen feinsten Lamellen von Biotit I und Biotit II. Beim vorsichtigen Reiben der Glimmer in einer Achatschale unter Alkoholbedeckung erhält man nämlich sehr dünne Blättchen, die mit abnehmender Blättchendicke immer deutlicher und unterscheidbarer braun oder olivgrün werden. Neben diesem Auftreten in den Grosskörnern oder als Aggregat findet sich grüner Biotit manchmal in kleinen Kriställchen als Neubildung im Plagioklas und in Zügen, die den Na-Kaliumfeldspat durchbrechen.

Nach der Tabelle 1 unterscheiden sich die beiden Glimmervarietäten I und II deutlich voneinander. Wir hatten anfänglich vermutet, dass es sich beim grünen Glimmer um eine Parallelverwachsung von Biotit und Chlorit handeln könnte. Die optischen und röntgenographischen Untersuchungen (siehe später) zeigen aber eindeutig, dass der olivgrüne Biotit eine eigene Biotitvarietät darstellt.

Gelber Biotit (Typus III). Neben gelben Farbtönen zeigt der Typus III auch gelbbraune bis braune Farben. Während dünne Blättchen von Biotit I und II stets homogene Färbung zeigen, ist der gelbe Glimmer meist fleckig, mit Farbtönen von hellem Gelb bis dunklem Rotbraun. Biotit III tritt in den Grosskörnern in feinen Lamellen von der Dicke um 1μ auf, die schon im Dünnschliff beobachtbar sind. Ferner finden wir den gelben Glimmer an den Korngrenzen von Einschlüssen in den Grosskristallen. Die Gelbfärbung tritt auch in feinen Glimmeraggregaten auf, sie ist oft in Zügen und Rissen angeordnet und greift ferner über die Korngrenzen der Einzelkristalle feiner Biotitaggregate hinaus, ist also jünger als die Neukristallisation der olivgrünen Aggregate. Der gelbe Glimmer konnte im Dünnschliff nicht immer eindeutig von Stilpnomelan unterschieden werden. Wir fanden gelben Glimmer sowohl im zentralen Aare-Granit wie im Mittagfluh-Granit, und zwar sowohl an der Erdoberfläche wie auch im Stollen. Es darf daher die Bildung des

gelben Glimmers wohl kaum der Verwitterung zugeschrieben werden. Er tritt übrigens meistens im gleichen Handstück wie der Stilpnomelan auf. Biotit III und Stilpnomelan sind ferner häufig mit Chlorit verwachsen.

Neben den drei genannten Biotit-Typen muss noch ein farbloser Biotit erwähnt werden, der optisch einachsigt ist und manchmal mit Biotit II verwachsen ist. Wir konnten ihn jedoch nicht isolieren und näher bestimmen.

Mit allen drei Glimmertypen parallel verwachsen finden wir ferner *Chlorit*. Er ist im Dünnschliff an der geringen Doppelbrechung und den anormalen Interferenzfarben leicht zu erkennen. Es handelt sich um *Thuringit* ($n = 1,658$; Doppelbrechung $0,013$; optisch einachsigt negativ; im Röntgen-Pulverdiagramm ist die $14\text{-\AA}$ -Linie eindeutig erkennbar).

In einigen Proben konnten wir ferner eindeutig *Stilpnomelan* nachweisen, wobei auch die Isolierung im Pulverpräparat gelang. Er ist besonders schön in Handstücken aus der Westwand gerade bei der Tschingelbrücke (Koord. $166.000/666.075$) und im Kabelstollen bei km 2,911 (Koord. $165.700/665.800$, ca. 1155 m ü. M.) entwickelt. Er erscheint im Dünnschliff in strahligen oder büscheligen Aggregaten von oft etwas spiessigen Kriställchen, die sich vorwiegend in Rissen der Mikrokline und am Rande der grünen Biotite, dann oft in Parallelverwachsung mit letzteren, befinden. Die orange Farbe und die hohe Lichtbrechung sind charakteristisch (siehe auch Abschnitt „röntgenographische Untersuchungen“). E. NIGGLI (1960) hat in der Zone niedriger alpiner regionaler Metamorphose in den Schweizer Alpen an manchen Stellen Stilpnomelan als tertiäre Neubildung nachweisen können. Das neue Vorkommen passt ausgezeichnet in die „Stilpnomelan-Zone“ hinein.

Die optischen Eigenschaften der gefundenen mafischen Phyllosilikate, welche an dünnsten Einzelblättchen bestimmt wurden, sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Die Unterschiede in den optischen Eigenschaften der drei näher untersuchten Biotit-Typen sind beträchtlich.

Tabelle 1

Mineral	Farbe für Richtung n_β	n_β	$2V$
Biotit I	braun	1,642	16°
Biotit II	olivgrün	1,662	$12\text{--}13^\circ$
Biotit III	gelb	1,674	$18\text{--}24^\circ$
Chlorit	blaugrün	1,658	0°
Stilpnomelan	orange-braun	1,73	0°

Röntgenographische Untersuchungen

Wir untersuchten in erster Linie die grüne und die braune Varietät des Biotites, und zwar mittels Drehkristall- und Retigraphaufnahmen // [001] an je einem Spaltblättchen. Beide Kristalle waren vom M1-Typ. Der braune Biotit gibt Reflexe, die sich nur durch eine 24-Schicht-Struktur erklären lassen. Der grüne Glimmer gibt an Stelle dieser Reflex-Serie diffuse Linien, die eine nur teilweise Ordnung zu einer Überstruktur bedeuten.

Die Gitterkonstanten sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Tabelle 2

	olivgrüner Biotit	brauner Biotit
a_0	5,33	$5,32 \text{ \AA} \pm 0,02$
b_0	9,23	$9,21 \text{ \AA} \pm 0,02$
c_0	10,28	$10,24 \text{ \AA} \pm 0,08$
β	$100^\circ 32'$	$100^\circ 15' \pm 15'$

Obwohl die Unterschiede zwischen diesen beiden Glimmern innerhalb der angegebenen Fehlergrenzen liegen, sind sie doch reell, da in den Fehler vor allem allgemeine Fehler wie nicht genau bekannter Kamera-radius, Filmschrumpfung usw. eingehen. Wir verwendeten aber die gleiche Kamera unter gleichen Bedingungen. Es gelang nicht, die beiden Varietäten in einer Menge anzureichern, die für Pulveraufnahmen geeignet gewesen wäre. Es darf aber angenommen werden, dass die Unterschiede sich im Pulverdiagramm kaum deutlich erfassen liessen.

Der gelbe Biotit (Typus III) gab in einer wegen der geringen Substanzmenge sehr schwachen Aufnahme nur Glimmerreflexe. Eisenoxydreflexe konnten nicht beobachtet werden.

In einem besonders stilpnomelanreichen Pulver konnte dieses Mineral in der Debye-Scherrer-Aufnahme unter anderm anhand seiner 12 Å-Linie eindeutig bestimmt werden.

Genetische Bemerkungen

Wir möchten die beschriebenen Erscheinungen wie folgt genetisch deuten:

Der primäre, magmatische Biotit war braun (Typ I). Die grossen Pseudo-Einzelkörner zeigen noch die alte Gestalt der Erstarrungsstruk-

tur. Aus dem braunen Biotit bildete sich unter dem Einfluss der alpinen Metamorphose die olivgrüne Varietät. Diese ist wahrscheinlich durch Titanausscheidung aus der Varietät I entstanden, wobei das alte Glimmergerüst zu einem grossen Teil erhalten blieb. Die feinkörnigen Biotitaggregate deuten wir als Neukristallisationen desselben Typs. Mit der Titanausscheidung verbunden ist wahrscheinlich eine Ca- und auch Sr-Ausscheidung, wobei sich Titanit bilden konnte. Die grossen Glimmerblätter sind fast immer voll von Epidot-, Klinozoisit- und Titanitkriställchen, die sich in Zügen anordnen. Die reichliche Titanitbildung ersetzt in unserem Falle die anderswo oft reichliche Sagenitbildung.

Nach der Bildung des olivgrünen Biotites entstanden die gelbe Varietät III und der Chlorit, ferner wohl auch der Stilpnomelan, der aber auch noch jünger sein kann. Der gelbe Biotit ist vielleicht durch Oxydation aus dem grünen entstanden.

Dies alles gilt für den Mittagfluh-Granit und auch noch für die nördlichen Teile des zentralen Aare-Granites. Im Profil des Gauli-Ärlen-Stollens stellten wir fest, dass im zentralen Aare-Granit in südöstlicher Richtung der alte braune Glimmer in einzelnen Gesteinspartien verschwindet und völlig durch den olivgrünen ersetzt wird. Ferner verschwinden die alten Grosskörner und die jungen, feinkörnigen Aggregate nehmen an Menge zu. Gelber Biotit tritt noch reichlich auf. Bei km 1,8 (Koord. 163.025/664.175, ca. 1815 m ü. M.) wird recht plötzlich der olivgrüne Biotit durch *jungen* braunen ersetzt, welcher letzteren wir auch im Fensterstollen feststellen konnten. Ob dort sich vor der Kristallisation des jungen braunen Biotites zuerst ebenfalls grüner Biotit und Stilpnomelan gebildet haben, kann nicht entschieden werden. Immerhin scheint der junge braune Biotit jünger als Chlorit zu sein.

Unsere Untersuchungen zeigen einmal, dass mit physikalischen Altersbestimmungen unbedingt eine eingehende mineralogische Untersuchung verbunden werden sollte. Die drei festgestellten Biotitvarietäten lassen sich weder magnetisch noch mit Schwere-Trennung gegeneinander anreichern. Sie sind zum Teil im Dünnschliff nicht zu erkennen und erst bei Untersuchung dünnster Spaltblättchen zu erfassen. Röntgen-Pulveraufnahmen nützen ebenfalls nicht viel. Die festgestellten Varietäten gehören aber zeitlich-genetisch mindestens zwei Bildungsreihen an (einmal einer primär-magmatischen Phase, dann einer mehrphasigen alpinen Umwandlungsreihe). Das physikalische Alter solcher polygenetischer Biotit-Gemische ist dann selbstverständlich ein Mischalter und entspricht nicht dem Zeitpunkt eines Ereignisses, das sich zu dem vom Geophysiker bestimmten Datum abgespielt hat.

Die Resultate haben ferner dargetan, dass die alpine Metamorphose auch in der äusseren Zone schwacher Metamorphose komplex und mehrphasig war.

Die Untersuchungen werden durch einen Kredit des Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (Kommission für Atomwissenschaften) ermöglicht. Wir danken ferner den Kraftwerken Oberhasli AG. für die Erlaubnis, die Stollen zu begehen. Schliesslich gilt unser Dank Herrn Prof. Dr. Th. Hügi (Bern) für wertvolle Diskussionen und Herrn Prof. Dr. W. Nowacki (Abteilung für Kristallographie und Strukturlehre, Universität Bern) für die Erlaubnis, Röntgeneinrichtungen zu brauchen.

Zitierte Literatur

- CADISCH, J. (1953): Geologie der Schweizer Alpen, 2. Aufl. Wepf, Basel.
HÜGI, TH. (1956): Vergleichende petrologische und geochemische Untersuchungen an Graniten des Aarmassivs. Beitr. Geol. Karte Schweiz. N. F. 94.
JÄGER, E. und FAUL, H. (1959): Age Measurements on some Granites and Gneisses from the Alps. Bull. Geol. Soc. of America. Vol. 70, S. 1553—1557.
NIGGLI, E. (1960): Mineral-Zonen der alpinen Metamorphose in den Schweizer Alpen. Report 21th Session Int. Geol. Congress Norden. Part XIII, S. 132—138.

Manuskript eingegangen: 16. November 1960.