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

Band: 37 (1957)

Heft: 2

Artikel: Zum Chemismus der alpinen Adulare (II)

Autor: Weibel, Max

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-29179

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: 12.07.2025

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

Zum Chemismus der alpinen Adulare (II)

Von *Max Weibel* (Zürich)

Zusammenfassung

Die spektralanalytisch ermittelten Gehalte von Na, Ca, Sr, Ba und Rb in 13 neuen Adularproben werden näher diskutiert. Bemerkenswert sind die niederen Ca-Werte (0,01—0,03 % CaO) und die hohen Ba-Konzentrationen (0,3—3 % BaO). Die Gesamtanalyse eines wasserklaren Adularkristalls aus der Cavradischlucht (Tavetsch, Graubünden) zeigt im Al/Si-Verhältnis eine geringfügige Abweichung von der theoretischen Feldspatformel. Dabei sind SiO_2 und Al_2O_3 besonders sorgfältig bestimmt und der R_2O_3-Niederschlag spektralanalytisch untersucht worden. Die Möglichkeit ist erwogen, dass das Feldspatgitter OH-Ionen enthält.

I. Einleitung

In einer ersten Arbeit (WEIBEL und MEYER, 1957) wurde die Verteilung der zentralalpinen Adulare im K-, Na-, Ca-Feldspatdreieck untersucht. Die regionale Abhängigkeit wurde kurz betrachtet und für sämtliche Proben der meist beträchtliche Ba-Gehalt mitgeteilt. Der vorliegende zweite Teil dieser Untersuchungen beschäftigt sich mit 13 neuen Adularen, 10 zentralalpinen von grösstenteils ganz frischen Funden und 3 österreichischen aus den Hohen Tauern. Regionale Gesichtspunkte spielten bei der Wahl dieses Materials eine geringere Rolle als Verschiedenartigkeit in der äussern Ausbildung, die jedoch im Chemismus nicht zur Geltung kommt.

Die Proben wurden durchweg im Dünnschliff auf Reinheit geprüft und sehr sorgfältig pulverisiert. Feinste Einschlüsse sind entlang von Rissflächen oder in Form von Wolken oft vorhanden und wohl auch für die weisse, höchstens durchscheinende Beschaffenheit der meisten Adulare verantwortlich. Verbreitet sind auch gröbere Einschlüsse, die sich meist als Chlorit zu erkennen geben. Um so mehr fallen die klaren, farblosen Adulare aus der Cavradischlucht (Tavetsch, Graubünden) auf, die

als einziger Fund dieser Art dem Verfasser bekannt geworden sind. Ein Kristall dieses Vorkommens wurde vollständig analysiert und auf Übereinstimmung mit der theoretischen Formel untersucht.

Während bei der ersten Arbeit der Variationsbereich des Chemismus und die regionale Verteilung im Vordergrund standen, liegt das Hauptgewicht des vorliegenden Teils auf möglichst genauen Bestimmungen der Spurenelemente Ca, Sr, Ba und Rb. Ein Vergleich der 33 Adulare der

Tabelle 1

		Na_2O %	CaO %	SrO %	BaO %	Rb_2O %
AM	Voralptal Göschenertal, Uri	0,66	0,012	0,17	1,18	0,15
	Kalkspatlücke Val Giuf, Tavetsch	1,13	0,013	0,14	2,6	0,11
	1. Muotta Val Giuf, Tavetsch	1,09	0,016	0,10	1,90	0,15
GM	Cavradischlucht *) Val Curnera, Tavetsch	1,05	0,010	0,18	2,6	0,15
	Maighelsgletscher Val Maighels, Tavetsch	1,32	0,027	0,13	0,47	0,10
	Curneragletscher Val Curnera, Tavetsch	1,29	0,020	0,065	0,29	0,12
	Piz Blas Val Nalps, Tavetsch	0,98	0,014	0,19	3,2	0,11
	La Bianca Val di Campo, Blenio	1,26	0,024	0,063	0,50	0,15
PE	Hubel Kriegalptal, Binnatal	1,51	0,018	0,25	1,83	0,07
HT	Fuschertal Salzburg	1,24	0,020	0,27	1,28	0,09
	Kristallwand Frosnitztal, Osttirol	1,26	0,024	0,12	2,45	0,07
AM	Tobel Drun, Kern	1,13	0,017	0,31	1,48	0,14
	Tavetsch, Rand	0,38	0,009	0,053	0,48	0,4
HT	Stubachtal, Kern	0,66	0,012	0,041	2,20	0,17
	Salzburg, Rand	0,60	0,013	0,044	1,13	0,15

*) Gleicher Kristall wie in Tabelle 2. Na_2O chemisch bestimmt.
AM Aarmassiv, GM Gotthardmassiv, PE Penninikum, HT Hohe Tauern.

ersten Untersuchungsreihe mit den 13 hier angeführten Proben ergibt Unterschiede im durchschnittlichen Na- und Ba-Gehalt. Dies liegt an der etwas ungleichmässigen regionalen Verteilung des analysierten Materials und ist bei einer Berechnung von Durchschnittswerten in Betracht zu ziehen.

II. Albitgehalt

Natrium wurde spektralanalytisch mit einem JARRELL-ASH/EBERT-3,4-Meter-Plangitterspektrographen bestimmt. Anodische Anregung im Gleichstromkohlebogen kam zur Anwendung. Die Proben wurden mit der gleichen Menge Kohle verdünnt, welche Lithiumkarbonat im Verhältnis 1:20 als inneren Standard enthielt. Na 6154/Li 4972 war das benutzte Linienpaar. Für jede Probe wurden 2 Spektren bei 5 Ampère auf Kodak-III-F-Platten aufgenommen. Als Eichproben dienten Adulare, deren Alkaligehalt chemisch, bzw. flammenphotometrisch bestimmt war. Die mitgeteilten Werte sind auf 5% des Resultates genau.

Im Durchschnitt liegt der Na-Gehalt höher als bei der ersten Untersuchungsreihe, wo zahlreiche Na-arme Adulare aus dem nördlichen Aarmassiv vertreten waren. Den höchsten Wert von 1,51% Na_2O (14% Albit) erreicht ein sehr reiner Adular aus dem Kriegalptal (Binnatal, Oberwallis). Dieses Vorkommen bestätigt die Regel, dass sich die Adulare des Gotthardmassivs und des penninischen Gebietes durch hohen Na-Gehalt auszeichnen. Da vermutlich der Albitanteil der Adulare noch durch andere Faktoren als die Temperatur beeinflusst wird, vor allem durch die Zusammensetzung der hydrothermalen Lösungen, scheint das Mineral als geologisches Thermometer nicht sehr spezifisch zu sein.

III. Calcium, Strontium, Barium

Die Bestimmung von Calcium, Strontium und Barium erfolgte spektralanalytisch. 1 Teil Probe wurde mit 4 Teilen Kohle vermischt. Ein innerer Standard fand nicht Verwendung. Je Analyse wurden 3, je Eichprobe 4 Spektren auf Kodak-III-F-Platten bei 5 Ampère aufgenommen. Die gemessenen Linien waren Ca 4226, Sr 4607 und Ba 5777. Ein Farbglas GG-5 von Schott wurde im Strahlengang dazu benutzt, die Intensitäten der Ca- und Sr-Linie etwas abzuschwächen. Als Eichproben dienten Mischungen eines Albits vom Epprechtstein (Fichtelgebirge) mit wechselnden Mengen der Erdalkalikarbonate. Die Genauigkeit der Resultate beträgt 5%[1]).

[1]) Auch TUREKIAN, K. K., GAST, P. W. and KULP, J. L. (1957 in "Emission-spectrographic method for the determination of strontium in silicate materials", Spectrochim. Act. *9*, p. 40—46) verwendeten zur Eichung Mischungen eines Albits mit $SrCO_3$. Ihre Resultate wurden mittels der Isotopenverdünnungsmethode bestätigt.

Der Ca-Gehalt des verwendeten Albits wurde zu 0,007 ± 0,001 % CaO bestimmt („addition plot" nach AHRENS, 1954, Seite 33). SrO liegt bei dieser Probe unter 0,001 %, BaO in der Gegend von 0,001 %. Der auffallend reine Albit wurde unter 100 analysierten Na-Feldspäten ausgesucht. Es ist bezeichnend für das unterschiedliche geochemische Verhalten von Strontium und Barium, dass Albite selten mehr als etwa 0,001 % BaO enthalten, oft aber bis über 0,01 % SrO. Barium hält sich geochemisch fast ausschliesslich an Kalium. Strontium kann sowohl Kalium wie Calcium ersetzen und tritt anscheinend auch dann in die Albite ein, wenn diese sehr wenig Calcium enthalten.

Bei den vorliegenden Adularen schwankt der Ca-Gehalt von 0,009—0,027 % CaO. Diese Zahlen sind genauer und auch etwas zuverlässiger als die der ersten Untersuchungsreihe (WEIBEL und MEYER, 1957), wo bis 0,07 % CaO gefunden wurde. Da dort der Verfasser die Proben nicht selbst pulverisieren konnte, waren möglicherweise geringfügige Verunreinigungen für einzelne erhöhte Ca-Werte verantwortlich. Der durchweg niedere Ca-Gehalt ist jedenfalls ein wesentliches Merkmal alpiner Adulare. Er steht in keiner ersichtlichen Beziehung zum Albitanteil, wie schon in der ersten Arbeit festgestellt wurde.

Der Sr-Gehalt der untersuchten Adulare variiert von 0,041—0,31 % SrO und liegt durchweg viel höher als Calcium. Das SrO/CaO-Gewichtsverhältnis schwankt zwischen den Grenzen 2,5 und 18. Gegenüber dem Mittelwert für die Erdkruste, den man neuerdings bei 0,053 % SrO annimmt (TUREKIAN und KULP, 1956, 450 p. p. m. Sr), ist das Strontium in den meisten der vorliegenden Adulare ziemlich angereichert. Der ähnliche Ionenradius und die Zweiwertigkeit lassen Strontium bevorzugt durch Kalium abfangen. Bei den ausgeführten Analysen steht der Sr-Gehalt weder mit Calcium noch mit Barium in einem direkten Zusammenhang.

Die Ba-Gehalte liegen zwischen 0,29 und 3,2 % BaO. Dies entspricht 0,5—6 Mol% Celsian (Ba-Feldspat) und ist noch erheblich mehr als in den früheren Analysen gefunden wurde. Eine regionale Abhängigkeit tritt beim Ba-Gehalt nicht hervor. Er kann auf engem Raum stark schwanken, wie die beiden Adulare von benachbarten Fundstellen des Val Curnera (0,29 % BaO) und Val Nalps (3,2 % BaO) zeigen. Die Analyse eines andern Adulars derselben Gegend (Piz Blas) ergab schliesslich in der ersten Arbeit 0,1 % BaO. Ob diese Schwankungen mit dem Nebengestein zusammenhängen, ist nicht untersucht worden.

Als Mittelwert der Eruptivgesteine gibt WEDEPOHL (Vortrag am Geochemischen Symposium, 1957) 0,096 % BaO an (860 p. p. m. Ba). Die atomare Häufigkeit von Barium in der Erdkruste ist demnach etwa 1,2mal so gross wie die von Strontium. Die Mehrzahl der untersuchten

Adulare zeigt durchschnittliche Gewichtsverhältnisse CaO:SrO:BaO wie 1:10:100, in Mol% 1:6:40. Auch gegenüber Strontium ist Barium in den Adularen ganz erheblich angereichert. Obwohl der Ionenradius von $K^{\cdot}$ (1,33 Å) näher dem von $Sr^{\cdot\cdot}$ (1,27 Å) liegt als dem von $Ba^{\cdot\cdot}$ (1,43 Å), scheint Barium ganz bevorzugt in das Adulargitter einzutreten. Tatsächlich findet sich in der Natur auch reiner Ba-Feldspat, während eine entsprechende Sr-Verbindung nur künstlich bekannt ist.

IV. Rubidium

Die spektroskopische Bestimmung von Rubidium erfolgte ohne inneren Standard. 1 Teil Probe wurde mit 5 Teilen Kohle vermengt und bei 4 Ampère verdampft. Rb 7800 kam als Analysenlinie in Frage. 2 Aufnahmen derselben Probe wurden unter Verwendung von Kodak-IV-L-Platten übereinanderbelichtet, dafür beschränkten sich die Bestimmungen auf eine einzige Messung. Ein UV-Filter verhinderte die Überlagerung des Spektrums aus der 2. Ordnung. Als Eichproben dienten Mischungen eines Albits vom Riedertobel (Uri) mit synthetischem, im Kohlebogen geschmolzenem Rb-Feldspatglas. Die Genauigkeit der Resultate beträgt etwa 15%.

Der Rb-Gehalt liegt bei den untersuchten Adularen zwischen 0,07 und 0,17% Rb_2O, wobei allerdings noch ein aussergewöhnlich hoher Wert (0,4% Rb_2O) für den Rand des Adulars aus dem Tobel Drun hinzukommt. Dieser erhöhte Rb-Anteil findet sich neben einem sehr niedrigen Na-Gehalt. Auch bei den andern Proben gehen im allgemeinen hohe Rb-Werte mit niederen Albitprozenten einher und umgekehrt, wenn auch der Zusammenhang nicht besonders hervorsticht. Dass der Rb-Gehalt nur wenig schwankt, war bei der engen geochemischen Verwandtschaft von Kalium und Rubidium vorauszusehen.

Ahrens u. d. a. (1952) sowie Taylor u. d. a. (1956) weisen auf die weltweite Konstanz des K/Rb-Verhältnisses hin. Dieses beträgt nach Taylor etwa 240 im Durchschnitt. Bei K-Konzentrationen von 14% K_2O (Adulare) sind Rb-Gehalte von 0,035—0,13% Rb_2O als normal anzusehen. Darüberliegende Werte sind ungewöhnlich. Die Hälfte der untersuchten Adulare lässt auf eine leichte, der Rand des Tobel-Drun-Kristalls auf eine ausgeprägte Rb-Anreicherung schliessen. Taylor (Vortrag am Geochemischen Symposium, 1957) erwähnt Rb-Bestimmungen an Alkalifeldspäten aus präkambrischen Gneisen und Pegmatiten Südnorwegens. Seine Ergebnisse von 0,06—0,18% Rb_2O stehen mit den vorliegenden Untersuchungen an Adularen in guter Übereinstimmung.

V. Kern und Rand

Von 2 Adularen (Tobel Drun und Stubachtal) wurden Kern und Randpartie separat analysiert. Im Dünnschliff zeigt der Kristall aus dem Tobel Drun um das homogen erscheinende Innere einen Saum mit trikliner Auslöschung (9° auf der Basis), der scharf begrenzt in einer Dicke von 0,5—5 mm den einzelnen Kristallflächen parallel läuft (Fig. 1). Diese Randzone scheint unter veränderten Bildungsbedingungen an einen alten Kristall angewachsen zu sein. Dafür sprechen auch die auffallenden Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung. Im Innern beträgt der Albitanteil 10 %, in der Randzone 3 % (tiefere Entstehungstemperatur?). Die Erdalkalien verhalten sich ähnlich, nur Rubidium ist in der Randpartie angereichert.

Beim Adular vom Stubachtal treten im Dünnschliff keine zonalen Unterschiede hervor. Die Auslöschung zwischen gekreuzten Nicols ist über den ganzen Kristall unregelmässig, wie dies bei Adularen oft beobachtet wird. Interessanterweise stimmt die chemische Zusammensetzung des Kerns mit der am Rand weitgehend überein, abgesehen vom Ba-Gehalt, der im Innern viel höher ist. Zonale Unterschiede dieser Art scheinen mit Konzentrationsänderungen der hydrothermalen Lösungen

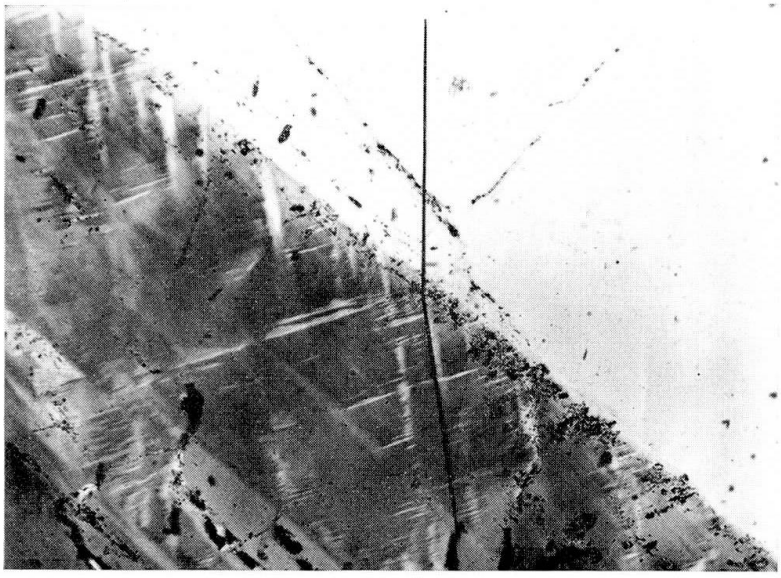

Fig. 1. Adular aus dem Tobel Drun (Tavetsch), Schnitt parallel (001). Der trikline Saum erscheint dunkel, das homogene Innere hell. Die Grenzfläche ist ($\bar{1}10$). Eingezeichnet sind die Auslöschungsschiefen, im Innern parallel (010), aussen um 9° geneigt dazu. Gekreuzte Nicols, 40×.

zusammenzuhängen. Auch ein Einfluss der Temperatur kann mitspielen. Allgemeingültige Gesetzmässigkeiten für den Chemismus von Kern und Rand konnten aber bisher bei den Adularen nicht festgestellt werden.

VI. Chemische Formel

Nur ganz wenige Adulare weisen die Reinheit auf, die für Untersuchungen über die Feldspatformel wünschenswert ist. In der Cavradischlucht (Tavetsch, Graubünden) werden manchmal völlig durchsichtige, farblose Kristalle in Form von Baveno-Zwillingen und -Vierlingen gefunden. Die Zwillinge nach dem Bavenogesetz (021) haben oft die Form eines Keils, was durch Hervortreten der Zonen [001] verursacht wird (Fig. 2). Gegenüber der einfachen Adulartracht beobachtet man an diesen Kristallen zusätzlich noch z(130), M(010), y($\bar{2}$01) und ein paar kleinere, nicht identifizierte Flächen. Begleitmineralien sind vornehmlich Quarz, Hämatit und Rutil.

Fig. 2. Adular aus der Cavradischlucht (Tavetsch). Klarer Kristall, nach dem Bavenogesetz (021) verzwillingt. Die Kantenabstumpfungen sind z(130). In der Mitte sitzt dem Kristall, ebenfalls in gesetzmässiger Verwachsung, ein kleineres Individuum auf. Vergrösserung 2×.

Tabelle 2. *Adular, Cavradischlucht, Tavetsch* (bei 110° getrocknet)

		Molekularzahlen, auf 8 (O, OH) bezogen			
SiO_2	62,3	Si	2,919	4,000	K-Feldspat 85 %
Al_2O_3	19,6	Al	1,081		Albit 10 %
K_2O	14,2	K	0,850	0,998	Celsian 5 %
Na_2O	1,05	Na	0,095		*Formeln*
BaO	2,6	Ba	0,048		$(K,Na)AlSi_3O_8$
SrO	0,18	Sr	0,005		
CaO	0,01	O	7,975	8,000	$(Ba,Sr)Al_2Si_2O_8$
H_2O	0,08	OH	0,025		
	100,0				

Der angeführte K_2O-Wert ist nicht auf den Rb-Gehalt hin korrigiert. Rubidium findet sich in Tabelle 1.

SiO_2 wurde durch Abrauchen mit $HClO_4$ unlöslich gemacht.

Al_2O_3 wurde mit NH_3 bei pH 6,5—7,5 gefällt (darin SiO_2-Rest spektralanalytisch).

K_2O, Na_2O nach J. L. Smith.

BaO, SrO, CaO spektralanalytisch.

H_2O nach Penfield unter Verwendung von geschmolzenem Na_2WO_4.

Ein Adularkristall dieses Vorkommens wurde chemisch und spektroskopisch analysiert. Wie die Molekularzahlen (Tabelle 2) zeigen, tritt ein geringer Tonerdeüberschuss auf. Bei stöchiometrischen Verhältnissen sollte Al = 1 + (Ba + Sr) sein, d. h. 1,053 statt 1,081. Die Differenz von 2,6 % gegenüber dem theoretischen Wert ist zweifellos reell. Die Analysenfehler dürften unter 1 % des Resultates liegen. So wurden die Kieselsäurespuren im Tonerdeniederschlag spektralanalytisch bestimmt (1,9 mg SiO_2 nach einmaligem Abrauchen mit $HClO_4$ und bei 500 mg Einwaage). SiO_2- und Al_2O_3-Wert sind mit Rücksicht darauf korrigiert. Die Untersuchungen von Fairbairn (1953) lassen annehmen, dass der nicht isolierte Kieselsäurerest quantitativ mit der Tonerde ausgefällt wird.

Bei einem Tonerdeüberschuss im soeben besprochenen Sinne kann (K + Na + Ba + Sr) : (Al + Si) : O nicht mehr 1 : 4 : 8 betragen. Rein formal wird (K + Na + Ba + Sr) > 1 oder — bzw. und — (Al + Si) > 4, falls sich die Molekularzahlen auf O = 8 beziehen. Auf das Gitter übertragen bedeutet dies, entweder sind überzählige Atome mit positiven Valenzen oder unbesetzte Sauerstoffpositionen vorhanden. Beide Annahmen sind bei den Feldspäten unwahrscheinlich. Viel eher wird die elektrostatische Neutralität dadurch aufrechterhalten, dass OH-Gruppen an Stelle von

Sauerstoffatomen treten. Diese Hypothese wurde bei der Berechnung vorliegender Adularanalyse auch angewendet.

Eine sorgfältige Wasserbestimmung am getrockneten Mineralpulver ergab 0,08 % H_2O. Damit lässt sich der Tonerdeüberschuss gerade kompensieren (Tonerdeüberschuss 0,028, OH 0,025). Doch muss auf die Versuche von DAY und ALLEN (1905, siehe HILLEBRAND u. d. a., 1953, Seite 820) hingewiesen werden, welche sich mit dem Feuchtigkeitsgehalt verschieden fein pulverisierter Feldspäte und Feldspatgläser beschäftigten. Die adsorbierte Luftfeuchtigkeit wird mit 0,01—0,7 % angegeben und soll erst bei 600—800° vollends entweichen. Vermutlich treffen diese Feststellungen nicht allgemein zu, sonst würden H_2O-Bestimmungen an Feldspäten überhaupt illusorisch. Die Infrarot-Spektroskopie kann vielleicht über das Vorhandensein von OH-Ionen im Feldspatgitter Aufschluss geben.

Die Untersuchungen sind durch einen Kredit des Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung ermöglicht worden. Herrn Prof. Dr. F. LAVES danke ich für sein reges Interesse.

Literatur

AHRENS, L. H. (1954): Quantitative spectrochemical analysis of silicates. Pergamon Press, London.

AHRENS, L. H., PINSON, W. H. and KEARNS, M. M. (1952): Association of rubidium and potassium and their abundance in common igneous rocks and meteorites. Geochim. Cosmochim. Act. *2*, p. 229—242.

FAIRBAIRN, H. W. (1953): Precision and accuracy of chemical analysis of silicate rocks. Geochim. Cosmochim. Act. *4*, p. 143—156.

HILLEBRAND, W. F., LUNDELL, G. E. F., BRIGHT, H. A. and HOFFMAN, J. I. (1953): Applied inorganic analysis. John Wiley, New York.

TAYLOR, S. R., EMELEUS, C. H. and EXLEY, C. S. (1956): Some anomalous K/Rb ratios in igneous rocks and their petrological significance. Geochim. Cosmochim. Act. *10*, p. 224—229.

TUREKIAN, K. K. and KULP, J. L. (1956): The geochemistry of strontium. Geochim. Cosmochim. Act. *10*, p. 245—296.

WEIBEL, M. und MEYER, F. (1957): Zum Chemismus der alpinen Adulare (I). Schweiz. Min. Petr. Mitt. *37*, p. 153—158.

Mineralogisches Institut der Eidg. Technischen Hochschule, Zürich.
Eingegangen: 10. September 1957.