

# Augit-Granite im Granodioritmassiv der Boranja (West-Serbien)

Autor(en): **Karamata, Stevan**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **37 (1957)**

Heft 1

PDF erstellt am: **22.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-29165>

## **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.

# **Augit-Granite im Granodioritmassiv der Boranja (West-Serbien)**

Von *Stevan Karamata* (Beograd)

In West-Serbien, östlich von Zvornik an der Drina, findet sich ein Granodioritmassiv tertiären Alters. Dieses Massiv ist durch Erstarrung des Magmas in sehr hohem Niveau entstanden. Daher ist das Massiv durch eine Reihe sehr interessanter petrologischer Phänomene charakterisiert. Da einige dieser Phänomene schon bearbeitet worden sind (KARAMATA 1955, 1956), beschränken wir uns in dieser Arbeit auf die Augit-Granite, die sich neben einigen Aplitgängen im Ramnaja-Bach finden.

Für die Unterstützung während der Arbeit möchte ich Herrn Prof. Dr. C. Burri an dieser Stelle meinen besten Dank aussprechen.

## **Kurze petrologische Charakteristik des Granodioritmassivs**

Das Granodioritmassiv der Boranja ist meist aus granodioritischen, seltener aus quarzmonzonitischen und sehr selten auch aus quarzdioritischen Gesteinen aufgebaut. Alle diese Gesteine zeigen hypidiomorph körnige Struktur und sind in der Hauptsache aus Quarz, Orthoklas, Andesin, Biotit und Hornblende aufgebaut. Dabei sind Andesin, Biotit und Hornblende meist idiomorph, Orthoklas und Quarz meist allotriomorph. Alle angeführten Mineralien sind im ganzen Massiv gleichartig ausgebildet.

Die einzelnen Mineralien in den Gesteinen des Granodioritmassivs der Boranja lassen sich wie folgt charakterisieren:

Quarz zeigt fast immer undulöse Auslöschung; manchmal ist er sogar granular.

Orthoklas kommt als Einzelkörner oder als Zwillinge nach dem Karlsbader Gesetz vor. Er zeigt meist sehr feine Spuren der Albitaus-

scheidungen oder eine schwache Trübung, die darauf hindeutet, dass es sich um Krypto- oder sogar Mikroperthit handelt. Manchmal bemerkt man in den Orthoklasen Partien mit unhomogener Auslöschung und Partien mit Mikroklinstruktur, so dass man von einer Mikroklinisierung des Orthoklases sprechen kann. Der optische Achsenwinkel ( $2V$ ) des Orthoklases variiert zwischen  $-58^\circ$  und  $-64^\circ$ ; der Mittelwert beträgt  $-61,3^\circ$ . Orthoklas schliesst oft Andesin ein, myrmekitisiert und verdrängt ihn.

Andesin ist immer zonar aufgebaut und polysynthetisch verzwilngt. Er enthält 35—42% der An-Komponente; im Durchschnitt ist der An-Gehalt 38,5%.

Biotit ist optisch normal. Einachsig, negativ, pleochroitisch (Ng-Nm = dunkelbraun, Np = gelblichbraun).

Hornblende ist überall im Massiv vertreten, aber meist in geringeren Mengen als der Biotit. Nur manchmal in den randlichen Teilen des Massivs verschwindet Biotit fast gänzlich, und die Hornblende wird der vorherrschende dunkle Gemengteil. Sie schliesst oft Biotit, Andesin und manchmal auch kleinere Quarzkörner ein. Die optischen Eigenschaften der Hornblenden sind folgende: Pleochroismus Ng = grün, Nm = grün mit bräunlicher Nuance, Np = hellgelblichgrün;  $2V$  variiert von  $-59^\circ$  bis  $-70^\circ$ , der Mittelwert beträgt  $-63,5^\circ$ ; Ng:c liegt zwischen  $10^\circ$  und  $20^\circ$ , der Mittelwert beträgt  $16,1^\circ$ .

Nebengemengteile in den Gesteinen des Boranja-Massivs sind Magnetit, Apatit, Titanit, Zirkon und Orthit.

Die Ausscheidungsfolge der Mineralien dieses Granodioritmassivs, die nach den stereometrischen Beziehungen der Mineralien zusammengestellt wurde, ist in Fig. 1a dargestellt.

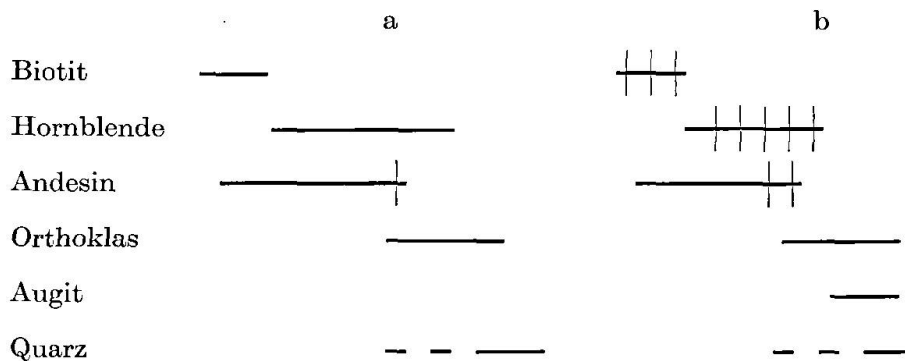


Fig. 1. Die Ausscheidungsfolgen für (a) die normalen Gesteine des Massivs und (b) für die Augit-Granite.

‡ = resorbierte, bzw. verdrängte Anteile der vorher ausgeschiedenen Mineralien.

Wie schon vorher erwähnt wurde, ist das Granodioritmassiv der Boranja durch Magmenerstarrung in hohem Niveau entstanden, so dass die Kristallisation des Magmas und die Abkühlung der entstandenen Gesteine relativ schnell vor sich ging. Die körnige Struktur entstand dabei nur deswegen, weil grosse Magmenmassen und dabei auch grosse Wärmemengen zugeführt wurden, die die Abkühlung etwas verlangsamten.

Die Gesteine des Granodioritmassivs sind oft von Aplit-, Aplit-Pegmatit- und Granodioritporphyritgängen durchbrochen. Diese Ganggesteine kann man nach ihrem Alter in zwei Gruppen einteilen. Zur ersten Gruppe gehören diejenigen, die durch Einpressung der Schmelze in noch nicht vollkommen gebildete Kontraktionsrisse entstanden sind. Sie zeichnen sich aus durch unregelmässige Grenzflächen, Einschlüsse des Nebengesteins, oder bei den Apliten durch Übergänge zwischen denselben und dem umliegenden Granodiorit oder Quarzmonzonit. Zur zweiten Gruppe gehören solche Ganggesteine, die nach vollendeter Bildung der Kontraktionsspalten und tektonischen Spalten durch Einpressung der magmatischen Schmelzen in diese offenen Spalten entstanden sind. Zwischen beiden Gruppen der Ganggesteine bestehen kontinuierliche Übergänge.

Die Aplite und Aplito-Pegmatite kommen als dünne, meist nur einige Zentimeter, seltener bis 12 cm mächtige Gänge vor. Die Aplite sind feinkörnige und die Aplito-Pegmatite mittelkörnige Gesteine. Sie sind aus Quarz, Mikroperthit und sehr selten auch aus Albit aufgebaut.

Diese aplitischen Gesteine stellen die sauersten Differentiate des Granodioritmagmas dar.

### Augit-Granite

In der Umgebung des Baches Ramnaja ist das Granodioritmassiv aus Hornblende-Quarzmonzoniten aufgebaut. In der Nähe des Kontakts dieser Gesteine mit kontakt-metamorphen Skarnen und Marmoren bemerkt man, dass neben einigen Aplit- und Aplit-Pegmatitgängen der Quarzmonzonit verändert worden ist. Solche veränderte Quarzmonzonite wurden nie in grösserer Entfernung als ca. 30 m vom Kontakt bemerkt.

Die veränderten Gesteine unterscheiden sich makroskopisch von normalem Hornblende-Quarzmonzonit dadurch, dass sie grünen Pyroxen an Stelle schwarzer Hornblende enthalten. Ausserdem ist in ihnen der Alkalifeldspat so angereichert, dass sie als Granite aufgefasst werden müssen.

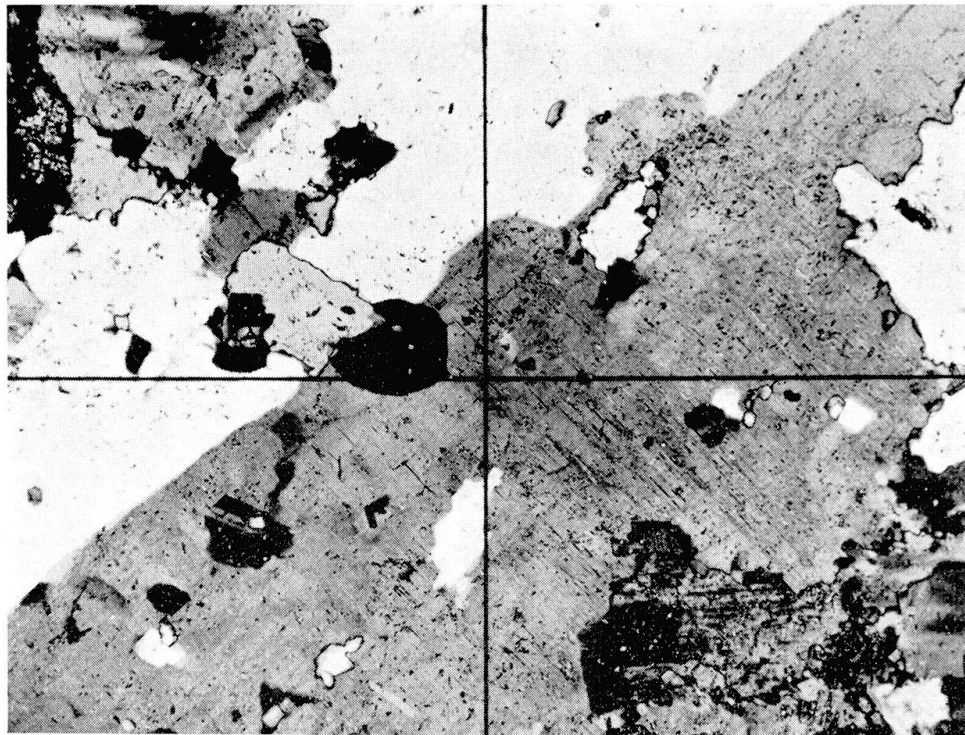
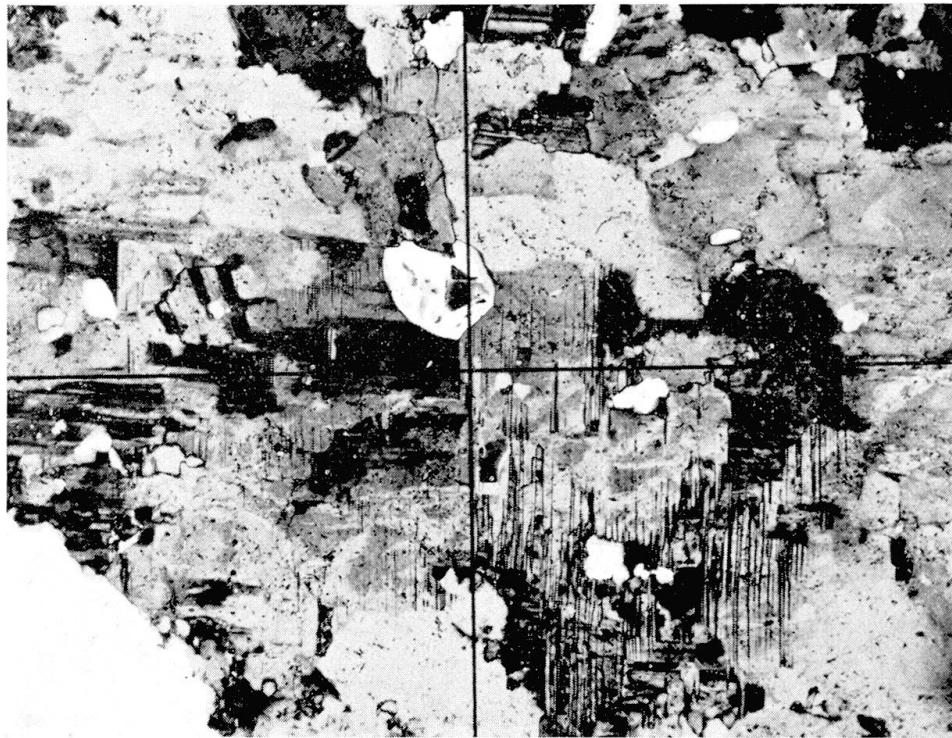


Fig. 2 und 3. Orthoklas aus dem Augit-Granit. In einer Lage kommt die Zerfallstruktur klar hervor, in der anderen ist sie nicht bemerkbar. Die beiden Lagen sind gegeneinander um  $40^\circ$  gedreht. Nic. +, Vergr.  $70\times$ .

Diese Pyroxen-Granite finden sich als 2—3 cm mächtige Zonen an beiden Seiten einiger Aplit- und Aplit-Pegmatitgänge und gehen relativ schnell in normale, unveränderte Hornblende-Quarzmonzonite über. Die Grenze des Augit-Granits zu dem aplitischen Gestein ist nie ganz scharf und regelmässig. Oft bemerkt man eine sehr schmale Übergangszone; wenn die Grenze jedoch scharf ist, so ist sie nie eine regelmässige Fläche.

Die Augit-Granite zeigen hypidiomorph körnige Struktur. Oft bemerkt man aber zwischen einzelnen Körnern normaler Grösse dünne Bänder, die aus feinkörnigen Aggregaten von Myrmekit, Orthoklas und Quarz aufgebaut sind.

Die Augit-Granite bestehen aus Quarz, Orthoklas, Andesin und Augit. Manchmal sind noch Hornblende- oder Biotitrelikte vorhanden. Nebengemengteile sind Titanit, Apatit und Zirkon.

Die Eigenschaften der einzelnen Gemengteile sind folgende:

Quarz tritt in Form grösserer granulierter oder kleinerer homogener Körner auf.

Orthoklas. — Die meisten Orthoklase sind den schon beschriebenen der normalen, unveränderten Gesteine dieses Massivs ganz analog. Seltener wurden Orthoklaskörner bemerkt, die in ein Aggregat von K-Feldspat und Albit zerfallen sind (Fig. 2 und 3). Die Grösse einzelner Albit-Körperchen in diesen Perthiten beträgt bis  $0,32 \times 0,17$  mm, und der Albit macht ca. 25% der gesamten Perthitfläche aus. Der K-Feldspatanteil dieses Perthits hat  $2V = -69^\circ$ , und die optische Indikatrix zeigt eine kleine Abweichung von der monoklinen Lage.

Andesin ist vollkommen identisch mit demjenigen in den normalen, unveränderten Gesteinen dieses Massivs.

Augit ist das einzige stabile dunkle Mineral in diesen veränderten Gesteinen. Die optischen Eigenschaften der Augite sind fol-

Tabelle 1

		Nm = [010]	[001]	Ebene der optischen Achsen	Ng: [001]	2V
Korn 1	Augit	gemeinsam			43°	+ 62,5°
	Hornblende				18°	- 59°
Korn 2	Augit	gemeinsam			43°	+ 58°
	Hornblende				16°	- 66°

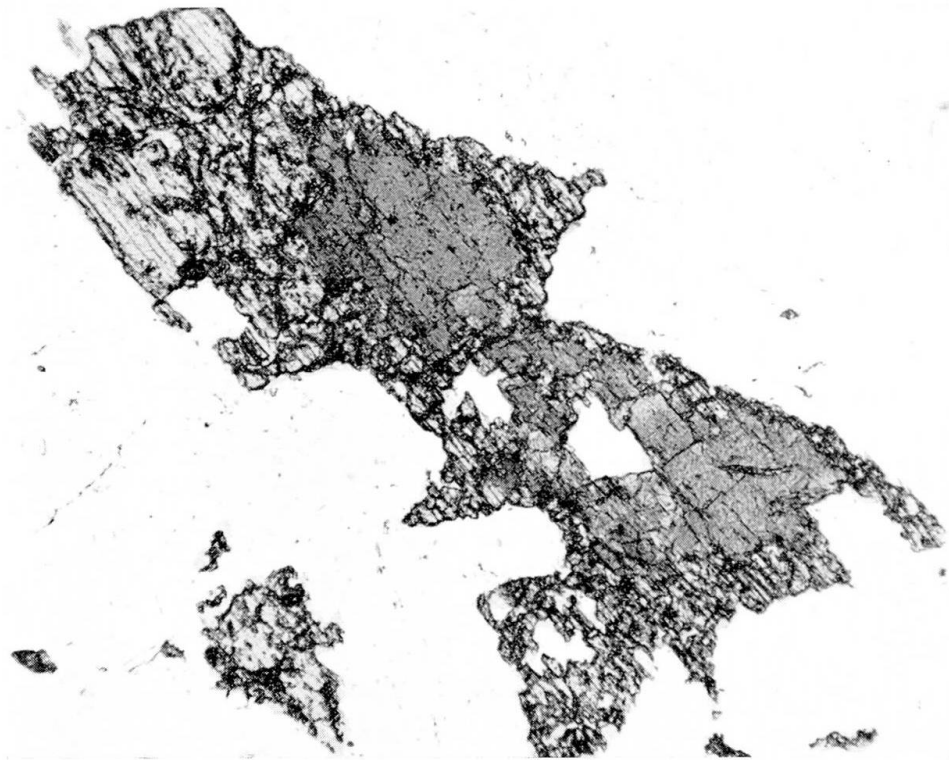


Fig. 4. Augit mit orientiert eingeschlossenem Hornblende-Relikt im Augit-Granit. Augit = hell, zeigt Relief und Spaltbarkeit; Hornblende = grau, Quarz und Feldspäte = weiss. Nik. ||, 70 $\times$ .

gende:  $Ng:c = 38-45^\circ$ , der Mittelwert aus 9 Messungen beträgt  $42^\circ$ ;  $2V = +58^\circ - +62,5^\circ$ , der Mittelwert beträgt  $+60^\circ$ ; er zeigt immer eine sehr schwache grüne Nuance, aber Pleochroismus ist kaum bemerkbar. Die charakteristischste Eigenschaft des Augits ist, dass er Hornblenderelikte orientiert einschliesst (Fig. 4). Dabei wurden zum Beispiel bei zwei gemessenen Augitkörnern mit eingeschlossenen Hornblenderelikten die in der Tabelle 1 angegebenen Beziehungen gefunden.

Hornblende kommt nur als in Augit orientiert eingeschlossene Relikte vor. Diese Relikte haben die gleichen optischen Eigenschaften wie die Hornblenden in den normalen, unveränderten Gesteinen des Massivs. Die Hornblenderelikte wurden meist dort gefunden, wo der Augit-Granit in den normalen, unveränderten Quarzmonzonit übergeht.

Als sekundäre Gemengteile in den Augit-Graniten sind manchmal Chlorit und Epidot in kleinen Mengen vertreten. Die Gesamtmenge dieser Mineralien ist immer unter 1% der Gesamtmasse des Gesteins. Diese Mineralien finden sich an den Rändern der Augitkörner.



Die Ausscheidungsfolge der Mineralien dieser Augit-Granite, die nach den stereometrischen Beziehungen der Mineralien zusammengestellt wurde, ist in Fig. 1 b dargestellt.

Die chemische und die modale Zusammensetzung eines Augit-Granits sind in der Tabelle 2 angegeben.

Tabelle 2

Chemische Zusammensetzung			CIPW-Normative Zusammensetzung		
	1	2		1	2
	%	%		%	%
SiO <sub>2</sub>	62,01	61,52	Q	10,26	6,20
TiO <sub>2</sub>	0,36	0,39	or	27,24	37,90
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,21	17,56	ab	27,77	24,16
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,21	0,61	an	15,85	16,44
FeO	2,68	1,55	wo	2,67	5,94
MnO	0,11	0,08	en	9,20	5,60
MgO	3,67	2,25	fs	2,77	1,72
CaO	4,68	6,32	mt	3,24	0,93
Na <sub>2</sub> O	3,31	2,86	il	0,60	0,76
K <sub>2</sub> O	4,63	6,37	ap	0,40	0,35
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,21	0,20			
H <sub>2</sub> O <sup>+110°</sup>	0,29	0,24			
H <sub>2</sub> O <sup>-110°</sup>	0,05	0,21			
	100,42	100,16			

(Anmerkung: en = MgO · SiO<sub>2</sub>, fs = FeO · SiO<sub>2</sub>)

1 Hornblende-Quarzmonzonit, Ramnaja-Bach (Boranja, West-Serbien)  
 2 Augit-Granit, Ramnaja-Bach (Boranja, West-Serbien)

Analytiker: V. KNEŽEVIĆ

NIGGLI-Werte			Modale Zusammensetzung		
	1	2		1	2
				%	%
si	205	211	Quarz	14,5	8,0
al	31,5	35,5	Orthoklas (Na-reich)	30,0	48,0
fm	31,5	17,7	Andesin	30,5	24,0
c	17	23,4			
alk	20	23,4	Hornblende	20,0	—
k	0,48	0,63	Biotit	4,0	—
mg	0,58	0,65	Augit	—	19,0
ti	0,9	1,0	Nebengemengteile	1,0	1,0
p	0,3	0,3			
				100,0	100,0

Magma: Si-monzonitisch opdalitisch      endomorph verändert



### Vergleich der Augit-Granite mit den benachbarten Hornblende-Quarzmonzoniten

Zur Klärung der Ursachen, die zur Bildung dieser Augit-Granite führten, ist ein kurzer Vergleich der Ausscheidungsfolgen, der Chemismen und der modalen Zusammensetzungen der Augit-Granite und der danebenliegenden unveränderten Hornblende-Quarzmonzoniten notwendig.

Die Ausscheidungsfolgen der Mineralien der beiden Gesteine sind in Fig. 1 angegeben. Sie waren danach für die salischen Gemengteile während der ganzen Erstarrung und für die femischen Gemengteile am Anfang der Erstarrung ganz identisch. In einem Zeitmoment, als die Kristallisation schon weit fortgeschritten war, kam es zur Ausscheidung des Augits anstatt der Hornblende und zur Verdrängung der vorher ausgeschiedenen Hornblendekörner durch den Augit.

Die chemische und die modale Zusammensetzung eines Augit-Granits und eines unveränderten Hornblende-Quarzmonzonits, die nebeneinander liegen, sind in der Tabelle 2 angegeben.

Die chemischen Analysen zeigen deutlich eine Anreicherung des Kaliums und Calciums und eine Verminderung des Eisen-, Magnesium- und Natrium-Gehaltes im Augit-Granit in bezug zum Hornblende-Quarzmonzonit.

Besonders charakteristisch in bezug auf die normativen Zusammensetzungen ist das Verhältnis zwischen Ca- und Mg-Fe-Pyroxenen. Im Hornblende-Quarzmonzonit beträgt hierfür das Verhältnis der Formel-einheiten 1:5 und im Augit-Granit 1:1,35.

Gleich wie die normative zeigt auch die modale Zusammensetzung, dass der Augit-Granit an Quarz und an femischen Mineralien ärmer ist als der Hornblende-Quarzmonzonit. Hingegen ist der Augit-Granit reicher an Alkalifeldspat.

### Die Genese der Augit-Granite

Nach allen geologischen und petrologischen Beobachtungen sind die Augit-Granite durch eine Umwandlung normaler Hornblende-Quarzmonzonite entstanden.

Das ständige Auftreten der Augit-Granite neben Kontraktionsrissen, in die später aplitische Schmelzen eingepresst wurden, beweist, dass diese Risse von grösster Bedeutung für die Entstehung dieser veränderten Gesteine waren. Die Übergangszonen zwischen den Augit-Graniten und den Apliten sowie ihre unregelmässigen Grenzflächen be-

weisen, dass die Einpressung der aplitischen Schmelzen vor vollendeter Erstarrung des umliegenden Gesteins stattfand. Daraus folgt, dass die Öffnung dieser Risse noch vor der vollkommenen Verfestigung des Gesteins erfolgte. Das umliegende Gestein stellte nämlich im Moment der Bildung dieser Risse eine grösstenteils verfestigte, aber noch mit der Restschmelze durchtränkte Masse dar.

Diese Restschmelze musste reich an leichtflüchtigen Komponenten gewesen sein und deshalb unter grossem Druck gestanden haben. Da die benachbarten Marmore wegen ihrer Porosität die Abwanderung dieser leichtflüchtigen Komponenten und dadurch eine Druckentlastung ermöglichten, stellten diejenigen Spalten und Risse, die sich in Richtung der Marmore erstreckten, typische Abzugskanäle dar.

Längs dieser Abzugskanäle entwich die gasförmige Wasserphase aus dem Granodioritmassiv in die Marmore. Zusammen mit dem Wasser migrierten auch andere Komponente und jedenfalls auch ein Teil der Restschmelze, die sich in unmittelbarer Nähe der Risse befand. Da hierbei eine Strömung längs dieser Risse entstand, konnte es zu keiner Migrierung irgendeiner Komponente in entgegengesetzter Richtung kommen. Daraus folgt, daß die Anreicherung einzelner Komponenten im Augit-Granit in bezug auf den Hornblende-Quarzmonzonit nur relativ ist. Sie ist also durch Abwanderung anderer Komponenten entstanden.

Das Entweichen des Wassers und einiger anderer Komponenten verursachte die Umwandlung des Hornblende-Quarzmonzonits in einen Augit-Granit. Diese Umwandlung musste in einer sehr frühen Phase, noch vor Vollendung der Erstarrung, stattfinden. Dass es dabei zu beträchtlichen Stoffwanderungen kam, zeigt der Chemismus dieser beiden Gesteine (siehe Tabelle 2).

Im Augit-Granit sind Ca und K in bezug auf den umliegenden Hornblende-Quarzmonzonit am meisten angereichert; da Ca dabei in keinem Fall aus dem angrenzenden Aplit stammen kann, und weil es bei der Augitbildung am meisten im neu ausgeschiedenen Augit gebunden wurde, so ist das Calcium jedenfalls die Komponente, die am wenigsten migriert hat. Auf Grund der Annahme, dass bei der Entstehung der Augit-Granite Calcium nicht aus- und nicht einwanderte oder dies nur in geringstem Ausmass tat, kann man berechnen, in welchem Umfang die anderen Komponenten migrierten.

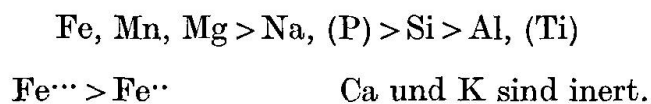
Relative Abwanderung der verschiedenen Komponenten kann man sowohl mit den relativen Molekularmengen wie auch mit den Niggliwerten berechnen, da die Niggliwerte nur reduzierte relative Molekularmengen darstellen.

Die Berechnung der Abwanderungen, die bei der Umwandlung des Hornblende-Quarzmonzonits in den Augit-Granit stattfanden, ist in den Tabellen 3 und 4 vorgenommen. In der Tabelle 3 ist diese Berechnung mit den relativen Molekularmengen und in der Tabelle 4 mit den Niggliwerten ausgeführt. Die Resultate sind in beiden Fällen die gleichen.

In den beiden erwähnten Tabellen 3 und 4 sind zuerst die relativen Molekularmengen bzw. die Niggliwerte für den Hornblende-Quarzmonzonit (1) und die gleichen Werte für den Augit-Granit (2) angegeben. Dann wurden (3) die Werte für den Augit-Granit auf den gleichen Wert für Calcium wie beim Hornblende-Quarzmonzonit reduziert (z. B. bei den relativen Molekularmengen auf die Basis  $\text{CaO} = 84$  und bei den Niggliwerten auf  $c = 17$ ). Darauf sind (4) die Differenzen zwischen den Werten aus den Kolonnen 1 und 3 angegeben. Diese Werte zeigen die relative Zusammensetzung des abgeführten Materials. In der Kolonne 5 sind die Prozentzahlen des abgeführten Materials für jede einzelne Komponente angegeben.

Beim Vergleich der beiden Tabellen sieht man, dass kein wesentlicher Unterschied besteht. Die berechneten Prozente stimmen in beiden Tabellen gut überein; die kleinen Unterschiede sind nur durch grobe Abrundung bei der Berechnung entstanden.

Auf Grund der berechneten Prozente der abgeführten Komponenten kann man die Elemente nach ihrer Migrationsfähigkeit bei dementsprechenden Bedingungen in eine Reihe ordnen. Diese Reihe wäre die folgende:



Es ist möglich, dass die Migrationsfähigkeit des Si, Al und K etwas grösser ist, da man wegen einer, sehr wahrscheinlich, kleinen Aufnahme dieser Komponenten aus der aplitischen Schmelze einen etwas geringeren Wert für ihre Migrationsfähigkeit erhält als er es tatsächlich ist.

P und Ti wurden in Klammern gesetzt, weil sie nur in kleinen Mengen vertreten sind und ihre Anordnung in dieser Reihe deshalb nicht sicher ist.

Aus den vorstehenden Berechnungen kann geschlossen werden, dass etwa ein Viertel der gesamten Moleküle bei der Entstehung des Augit-Granits aus dem Hornblende-Quarzmonzonit abgewandert ist. Dies ergibt sich durch den Vergleich der Summen der relativen Molekularmengen bzw. der Niggliwerte. Derart grosse Wanderungen des Materials waren nur in einem noch nicht vollkommen erstarrten System möglich.

Zieht man alle vorher erwähnten Daten in Betracht, so kann man die Entstehung der Augit-Granite nur auf folgende Weise erklären:

Als die magmatische Schmelze zum grössten Teil schon auskristallisiert war, und folglich eine relativ feste, nur noch mit der Restschmelze

Tabelle 3

	1	2	3	4	5 %
SiO <sub>2</sub>	1033	1025	762	271	26
TiO <sub>2</sub>	4,5	5	3,7	0,8	18
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	159	173	129	30	19
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14	4	3	11	79
FeO + MnO	39	22	16,5	22,5	57,5
MgO	92	56	41,5	50,5	55
CaO	84	113	84	—	—
Na <sub>2</sub> O	53	46	34	19	36
K <sub>2</sub> O	49	68	50,5	+1,5	+3
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,5	1,5	1	0,5	33
Summen der Molekularmengen	1529		1125,2	405,3 (Ohne +1,5K <sub>2</sub> O)	26 Abgeführter Anteil der Moleküle

Tabelle 4

	1	2	3	4	5 %
si	205	211	153	52	25
al	31,5	35,5	25,8	5,7	18
fm	31,5	17,7	12,8	18,7	59,5
fe <sup>•••</sup>	5,6	1,7	1,2	4,4	78,5
fe <sup>••</sup> + mn <sup>••</sup>	7,6	4,5	3,3	4,3	56,5
mg <sup>••</sup>	18,3	11,5	8,4	9,9	54
c	17	23,4	17	—	—
alk	20	23,4	17	3	15
na <sup>•</sup>	10,4	9,55	6,9	3,5	34
k <sup>•</sup>	9,6	13,85	10,1	+0,5	+5
ti	0,9	1	0,7	0,2	22
p	0,3	0,3	0,2	0,1	33
Summe der NIGGLI-Werte	306,2	—	226,5	79,7	26 Abgeführter Anteil der Moleküle

Anmerkung: Die Werte fe<sup>•••</sup>, fe<sup>••</sup> + mn<sup>••</sup>, mg<sup>••</sup>, na<sup>•</sup> und k<sup>•</sup> in der Tabelle 4 stellen die relativen Molekularmengen des Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (2×), FeO + MnO, MgO, Na<sub>2</sub>O und K<sub>2</sub>O dar, umgerechnet auf die Basis al + fm + c + alk = 100.

durchtränkte Masse bestand, kam es zur Bildung der ersten, sehr feinen und unregelmässigen Kontraktionsrisse. Da das Granodioritmassiv im Ramnaja-Bach an poröse Marmore grenzt, und der Aussendruck wegen des hohen Erstarrungsniveaus klein war, konnte sich das Wasser aus der Restschmelze abspalten und in die Marmore abwandern.

Gleichzeitig mit dem Wasser wanderte auch ein Teil der Restschmelze ab. Deswegen kam es zur Verminderung des Quarzgehaltes in dem aus dem Rückstand gebildeten Gestein.

Der zurückgebliebene Anteil der Restschmelze entsprach nach der Abspaltung des Wassers einer trockenen Schmelze, die mit den vorher ausgeschiedenen dunklen, (OH)-haltigen Gemengteilen Hornblende und Biotit nicht mehr im Gleichgewicht war. Deshalb wurden diese Mineralien in Augit umgewandelt oder durch denselben verdrängt. Diese Verdrängung ging ganz regelmässig und orientiert vor sich.

Da das Verhältnis des Ca:Mg + Fe in der Hornblende um 2:5, in den Augiten dagegen zwischen 1:1 und 1:1,5 liegt, musste bei der Verdrängung der Hornblende durch den Augit ein beträchtlicher Teil des Magnesiums und des Eisens frei werden. Dieser Teil des Mg und Fe migrierte ebenfalls aus dem Granodioritmassiv.

Die neuentstandene trockene Restschmelze war wahrscheinlich auch mit dem vorher ausgeschiedenen Andesin nicht mehr im Gleichgewicht, weshalb es zur Myrmekitisierung bzw. Verdrängung des Andesins durch den Orthoklas kam. Dabei wurde ein Teil der Ab-Komponente des Andesins in den neu ausgeschiedenen Orthoklas eingebaut, der andere Teil wanderte aus dem System ab. Der An-Anteil des Andesins wurde dabei aufgespalten, so dass das Calcium bei der Bildung des Augits gebunden wurde und das Aluminium wahrscheinlich aus dem Gestein migrierte.

Die meisten abgewanderten Komponenten, Si, Al, Fe und Mg, wurden im Marmor aufgehalten und zur Bildung des Skarns verwendet. Natrium konnte wegen seiner auch bei niedrigen Temperaturen sehr hohen Migrationsfähigkeit wahrscheinlich weiter weggeführt werden.

In die Kontraktionsrisse, die sich bei der weiteren Erstarrung des Quarzmonzonits immer weiter öffneten, wurden Aplitschmelzen eingepresst, oder es konzentrierte sich in ihnen die aplitische Restschmelze aus dem Nebengestein. Bei der Einpressung der Aplitschmelzen kam es manchmal im nebenliegenden Augit-Granit zu einer beschränkten Zufuhr aplitischer Materials. Dabei wurden K und wahrscheinlich Si und Al in kleinen Mengen zugeführt. Infolge dieser gegenseitigen Einwirkungen sind die Übergangszonen zwischen den Augit-Graniten und Apliten entstanden.

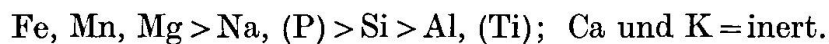
### Zusammenfassung

Im tertiären Granodioritmassiv der Boranja (West-Serbien), welches durch Erstarrung des Magmas in sehr hohem Niveau entstanden ist, wurden neben einigen Aplitgängen schmale Zonen von Augit-Granit bemerkt. Diese Augit-Granite sind im Ramnaja-Bach, in der Nähe des Kontaktes des Massivs mit kontakt-metamorphen Skarnen und Marmoren, aufgeschlossen.

Während die normalen Granodiorite und Quarzmonzonite dieses Massivs aus Quarz, Orthoklas, Andesin, Hornblende und Biotit bestehen, sind in den Augit-Graniten Hornblende und Biotit durch Augit verdrängt und ersetzt.

Als Ursache für die Bildung der Augit-Granite wurde angenommen, dass bei der Erstbildung der Kontraktionsrisse wegen des hohen Erstarrungsniveaus und des angrenzenden porösen Marmors eine Entweichung des Wassers aus der noch vorhandenen Restschmelze stattfand. Wegen dieser Trocknung des Systems wurden die instabil gewordenen (OH)-haltigen dunklen Gemengteile durch Augit ersetzt.

Neben dem Wasser migrierten auch einige andere Komponenten aus dem Gestein. Bei diesen Komponenten kann man nach ihrer Migrationsfähigkeit bei entsprechenden Bedingungen die folgende Reihe aufstellen:



Nach weiterer Öffnung dieser Kontraktionsrisse wurden aplitische Schmelzen hineingepresst.

### Literatur

- BACKLUND, H. G. (1936): Der „Magmaaufstieg“ in Faltengebirgen. Compt. rend. Soc. géol. Finlande 9; Bull. Comm. géol. Finlande 115, S. 293. Helsinki.
- BARTH, T. F. W. (1952): Theoretical Petrology. New York-London.
- KARAMATA, S. (1955): Petrologische Studie der magmatischen und kontaktmetamorphen Gesteine der Boranja (West-Serbien). Bull. Museum de pays Serbe A, 6/1. Beograd.
- (1956): Die Reaktions-Gefüge des Biotits in tertiären Granodioritmassiven Serbiens. Neues Jb. f. Min. etc. Monatshefte, S. 73.
- LAPADU-HARGUES, P. (1945): Sur l'existence et la nature de l'apport chimique dans certaines séries cristallophylliennes. Bull. Soc. géol. France 15, S. 255. Paris.
- RANKAMA, K. and SAHAMA, TH. G. (1950): Geochemistry. Chicago.

Eingegangen: 14. Mai 1956.