1. Über das quantitative Verhältnis zwischen Feldspat und Quarz in Schriftgraniten.

Von

A. Bygdén.

Die in der Litteratur veröffentlichten Analysen von Schriftgraniten beschränkten sich bisher, soviel ich gefunden habe, auf die in VOGTS Arbeit: Die Silikatschmelzlösungen, II, S. 120, mitgeteilten. Das aktuelle Interesse, welches durch VOGTS Erörterungen den Schriftgraniten zuteil geworden, hat mich veranlasst, auch einige Analysen auszuführen, die einigermassen zur Erledigung der Frage über ihre Natur beitragen könnten, welche noch kaum endgültig festgestellt sein dürfte.

Ehe ich die Resultate meiner Analysen mitteile, erlaube ich mir aber, erst die Grundzüge von VOGTS theoretischer Auffassung der Schriftgranite in Kürze anzugeben. Er sucht die Richtigkeit der schon 1888 von TEALL [1] ausgesprochenen Meinung, dass die schriftgranitmässige (makro- bezw. mikropegmatitische, granophyrische) Zusammenwachsung von Feldspat und Quarz die eutektische Mischung derselben repräsentiere, zu beweisen und stützt sich dabei auf folgende Gründe, welche ich wörtlich zitiere: [2]

»1. Für den Schriftgranit (und Mikropegmatit, Mikrofelsit) ist nachgewiesen, dass der Feldspat und der Quarz *gleichzeitig* auskrystallisiert sind.

2. Für zahlreiche Gesteine ist festgestellt worden, dass der Schriftgranit (und Mikropegmatit, Mikrofelsit u. s. w.) das Krystallisations-*End*produkt darstellt.

3. Der Schriftgranit, wie auch die mikropegmatitische, mikrosphärolitische und mikrofelsitische Grundmasse, ergeben *dieselbe Struktur wie die eutektischen Legierungen.*

4. *Das Verhältnis Feldspat: Quarz* in dem Schriftgranit der Granitpegmatitgänge ist (bei überwiegend Or in dem Feldspat) entweder *genau konstant oder nur ganz kleinen Verschiebungen unterworfen.* —

[1] J. J. H. TEALL: British Petrography, London 1888, S. 401 und folg.

[2] J. H. L. VOGT: Die Silikatschmelzlösungen, II. Christiania 1904, S. 123.

Hieraus ziehen wir mit voller Sicherheit den Schluss, dass der Schriftgranit (und Mikropegmatit, Mikrofelsit u. s. w.) eine eutektische Mischung ist, und zwar von der Zusammensetzung *rund 74% Feldspat : 26% Quarz.*»

Als einen Mittelwert der Analysen giebt VOGT für Schriftgranite mit überwiegendem Or dieses Verhältnis näher bestimmt als 74,25% Feldspat : 25,75% Quarz an (mit einer Fehlergrenze von ± 2,5—3%).

Von diesen Werten ausgehend, sucht VOGT weiter auf theoretischem Wege die Zusammensetzung der eutektischen Mischungen zwischen Na-Feldspat : Quarz und Ca-Feldspat : Quarz in Tiefengesteinen zu berechnen und kommt zu dem Resultat, dass diese Verhältnisse ungefähr 75% Ab : 25% Quarz und 74,25% An : 25,75% Quarz sein müssen. Schliesslich giebt VOGT in einer Tabelle die aus diesen Zahlen berechnete prozentische Zusammensetzung der Schriftgranite auch mit den folgenden Kombinationen der verschiedenen Feldspatarten: 75 Or 22 Ab 3 An, 50 Or 45 Ab 5 An, 20 Or 70 Ab 10 An, 10 Or 70 Ab 20 An. Doch hebt er hervor, dass diese Prozente, wo es sich um Feldspat mit viel Ab und An handelt, durch zukünftige Präzisionsanalysen zu korrigieren sind, obgleich diese Korrektionen seiner Meinung nach nicht bedeutend sein werden.

In einem Aufsatz [1] über die Zusammensetzung der eutektischen Mischungen hat H. E. JOHANSSON mit Benutzung von VOGTS Analysen das Verhältnis Feldspat : Quarz in Schriftgraniten als Molekularproportionen berechnet und dabei gefunden, dass dieselben durch *einfache Zahlenverhältnisse* ausgedrückt werden können. Da die Molekulargrösse der Komponenten unbekannt ist, wurde die Berechnung mit Molekulargewichten ausgeführt, den Minimiformeln: $KAlSi_3O_8$, $NaAlSi_3O_8$, $CaAl_2Si_2O_8$, SiO_2, entsprechend. Für Schriftgranite mit überwiegendem Or wird also das Molekularverhältnis Feldspat : Quarz ungefähr 2 : 3. Mit derselben Berechnungsmethode wird dagegen das Verhältnis in einem Oligoklasschriftgranit (VOGTS Analyse Nr. 6) ein anderes, nämlich rund 1 : 2, und in Albit-Quarz-Mikropegmatit aus dem Rödö-Gebiet (nach einer von HOLMQVIST publizierten Analyse, siehe unten Tab. II S. 13) ungefähr 1 : 3. VOGT gegenüber will also JOHANSSON die »Ungleichwertigkeit» zwischen dem Kalifeldspat und den Plagioklasen in diesen als eutektisch bezeichneten Quarz-Feldspat-Mischungen hervorheben.

Ich habe meine Schriftgranitanalysen auch zu dem Zwecke ausgeführt, eventuell weitere Bestätigungen der von JOHANSSON nachgewiesenen einfachen Molekularverhältnisse zu erhalten und zu sehen, in welchem Grade dieselben von der Zusammensetzung des Feldspats abhängig sind.

Die Untersuchung ist an dem hiesigen mineralogischen Laboratorium ausgeführt, und bitte ich, dem Präfekten der Institution, Herrn Professor A. G. HÖGBOM, hiermit meinen Dank aussprechen zu dürfen für das Analysenmaterial, welches er mir gütigst zur Verfügung gestellt hat.

[1] Geologiska föreningens förhandlingar, Stockholm 1905. Bd 27 S. 119.

Für die Analysen wurden aus den Stufen Spaltstücke mit gleichartiger, typischer Schriftstruktur genommen, womöglich frei von makroskopisch sichtbaren dunklen Mineralkörnern. Besonderes Gewicht wurde darauf gelegt, bei der Pulverisierung ein etwaiges Wegspritzen von Material zu verhindern, woraus eine ungleichförmige Verschiebung der Quarz-Feldspat-Proportionen in dieser oder jener Richtung hätte folgen können; auch waren die gepulverten Quantitäten gross genug, damit die Analysenwerte, innerhalb der Fehlergrenzen der analytischen Arbeit, als der Zusammensetzung der respektiven Schriftgranite entsprechend angesehen werden können. Die Analysen wurden nach den gewöhnlichen Methoden (die Alkalibestimmungen nach LAWRENCE SMITH, siehe DITTRICH, *Gesteinsanalyse*, S. 35) ausgeführt und zwar mit im Sandexsiccator getrocknetem Material. Das spezifische Gewicht erhielt ich teils durch Wägung grösserer Stücke in Luft und Wasser (bei ca. 15° C.), teils durch Bestimmung des eigentlichen Gewichts einer Mischung von Bromoform und Benzol, worin kleinere Proben schwebten (mit WESTPHALS Wage). Die angegebenen Werte sind Mittel von mindestens zwei Bestimmungen.

Der Berechnung von Or, Ab, An lege ich die Molekularproportionen (nicht die prozentischen Werte) für K_2O, Na_2O und CaO zu Grunde und benutze folgende Molekulargewichte: Or = 279,45 Ab = 263,35 An = 279,10 SiO_2 = 60,40.

Ich teile hier erst die Resultate der verschiedenen Analysen mit, nebst einigen Angaben über das Vorkommen, den makro- und mikroskopischen Charakter der respektiven Schriftgranite, um dann die Schlüsse zusammenzufassen, welche ich aus diesen Analysen ziehen zu dürfen glaube.

Mikroklinschriftgranit aus Elfkarleö.

Dieser Schriftgranit findet sich in grossen, losen Blöcken in der Nähe der Eisenbahnstation Elfkarleö im nördlichen Uppland und stammt von den in jener Gegend gewöhnlichen Pegmatitgängen her. Der Pegmatit enthält neben den normalen Bestandteilen auch Muskovit. Die Stufe, welcher das Analysenmaterial entnommen wurde, bestand aus einem einzigen ca. 12 × 15 cm grossen Feldspatindividuum, von einem System von mehr oder weniger zusammenhängenden Quarzadern durchwachsen.

Fig. 1. *Schriftgranit, Elfkarleö.* Gitterstruierter Mikroklin (hell) Quarz (schwarz). Vergr. 12. Gekreuzte Nicols.

Der blassrote Feldspat zeigt sich unter dem Mikroskop (Fig. 1)[1] als ein völlig frischer Mikroklin mit perthitisch eingewachsenem Albit. Um Zufälligkeiten an dem Analysenmaterial zu entgehen und zugleich zu prüfen, ob dasselbe beim Auslesen in verschiedenen Fällen eine annähernd konstante Zusammensetzung bekomme, sind zwei Analysen (A und B) an Proben aus verschiedenen Teilen der Stufe ausgeführt worden. Die Resultate waren:

G = 2.58

	A %	B %	Mittel	Molekularproportionen		
SiO_2	72.37	72.45	72.41	1.199		
Al_2O_3	14.47	14.54	14.51	0.142	0.144	
Fe_2O_3	0.30	0.30	0.30	0.002		
CaO	0.13	0.14	0.13	0.002		
K_2O	10.11	10.06	10.09	0.107	0.144	
Na_2O	2.17	2.21	2.19	0.035		
Glühverlust	0.32	0.25	0.28			
		Sa.	99.91%			
			%			
		Or	59.80	0.214		
		Ab	18.43	0.070	0.286	1
		An	0.56	0.002		
		SiO_2	20.71	0.343		1.20

Feldspat $[Or_5Ab_1\ (An)]$: Quarz = 79.19% : 20,81%
= **1 : 1.20** Mol.

Mikroklinschriftgranit aus Skarpö.

In dem Feldspatbruch auf Skarpö bei Vaxholm, welcher, beiläufig gesagt, wegen des von HÖGBOM[2] beschriebenen Schriftgranits mit Hohlräumen an Stelle des Quarzes bemerkenswert ist, kommt auch normaler Schriftgranit ziemlich allgemein vor, und das Analysenmaterial wurde einer sehr feinstruierten Stufe dieser Art entnommen. Der schwach rotgefärbte Feldspat erscheint unter dem Mikroskop (Fig. 2) als hauptsächlich

[1] Die hier reproduzierten Mikrophotographien (Fig. 1 u. 2) sind gütigst von Herrn Apotheker A. Kockum ausgeführt.

[2] Bull. Geol. Inst. Upsala Vol. III, S. 436. Siehe auch meine Untersuchung S. 16.

aus gitterstruiertem Mikroklin bestehend, in gewissen Partien kaolinisiert, daneben auch etwas Oligoklas enthaltend.

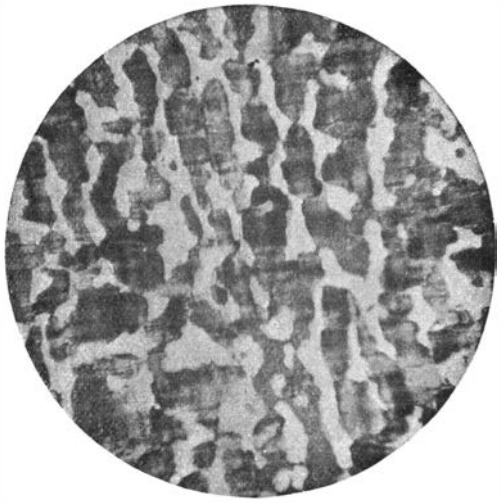

Fig. 2. *Schriftgranit, Skarpö.*
Gitterstruierter Mikroklin (dunkel) Quarz (weiss). Vergr. 12. Gekreuzte Nicols.

Das Resultat der Analyse war:

G = 2.59

	%	%	Mittel	Molekularproportionen		
SiO_2	74.58	—	74.58	1.235		
Al_2O_3	13.42	13.33	13.37	0.131	0.132	
Fe_2O_3	0.21	0.27	0.24	0.001		
CaO	0.32	0.32	0.32	0.006		
K_2O	—	9.80	9.80	0.104	0.129	
Na_2O	—	1.16	1.16	0.019		
Glühverlust	0.57	—	0.57			
		Sa.	100.04 %			
			%			
		Or	58.13	0.208		
		Ab	10.01	0.038	0.252	1
		An	1.67	0.006		
		SiO_2	29.29	0.485		1.92

Feldspat $[Or_5Ab_1 (An)]$: Quarz = 70.45 % : 29.55 %
= **1 : 1.92** Mol.

Das ziemlich unbedeutende Missverhältnis zwischen Tonerde und Alkalien dürfte von der Umwandlung des Feldspates in Kaolin abhängen.

Mikroklinschriftgranit aus Hitterö.

Die Analyse wurde an demselben Stück ausgeführt, welches in Prof. HÖGBOMS Arbeit: »Über einige Mineralverwachsungen»[1] abgebildet ist, (die Figur ist hier wiedergegeben, siehe Fig. 3) und ich erlaube mir, auf die daselbst gelieferte, ausführliche Beschreibung dieses eigenartig ausgebildeten Schriftgranits, welcher über die ganze Stufe in Quarz- und Feldspatlamellen eingeteilt ist, hinzuweisen. Die Dicke dieser Lamellen wurde unter dem Mikroskop gemessen, und das Resultat liess vermuten, dass der Quarz in etwas grösserer Proportion als in den vorher bekannten K-Schriftgraniten vorhanden sei. Die eigenartige Struktur im vorliegenden Falle ermöglichte eine ganz spezielle Methode bei der Bestimmung des Verhältnisses zwischen den Komponenten. Aus der Stufe wurden senkrecht zu den Lamellen vierseitige Prismen gesägt, an einem Ende von Quarzplatten, an dem anderen von Feldspat begrenzt. Durch abwechselnde Erwärmung und Abkühlung lösten sich die Minerale an der Berührungsfläche von einander, so dass die Prismen mit Leichtigkeit zerteilt und die Komponenten jede für sich gewogen werden konnten. Nur an den Stellen, wo die Quarzplatten sich auskeilten oder unregelmässig ausgebildet waren, wurde die Schwierigkeit, die Minerale vollständig von einander zu trennen, etwas grösser. Die an und für sich gewiss unbedeutenden Fehler werden doch wahrscheinlich ziemlich genau ausgeglichen werden. Vielleicht folgte doch, besonders beim Herausnehmen der kleineren Stücke, mit dem Feldspat etwas mehr Quarz mit, als umgekehrt. Zwei auf diese Weise ausgeführte Bestimmungen (siehe unten A. und B.) gaben ziemlich gut übereinstimmende Resultate, welche ich geneigt bin, für ebenso sicher zu halten, als wenn der Schriftgranit unzerteilt analysiert worden wäre, denn bei einer solchen Analyse wird ein kleiner Fehler an den Kalk- und Alkalibestimmungen bei der Feldspat-Quarzberechnung beträchtlich vergrössert, und dazu konnten die Proben bei der jetzt benutzten Methode ziemlich gross genommen werden. Mit dem Feldspat wurde eine besondere Analyse ausgeführt, welche folgendes Resultat gab:

Fig. 3. *Schriftgranit, Hitterö.* Schnitt nach der Spaltfläche M des Feldspats. Mikroklinperthit (hell) Quarz, (dunkel.) (Nat. Gr.).

[1] Bull. Geol. Inst. Upsala, Vol. III. S. 434.

Analyse des Feldspats.

	%	Molekularproportionen	
SiO_2	65.42	1.083	
Al_2O_3	18.51	0.181	0.182
Fe_2O_3	0.20	0.001	
CaO	0.17	0.003	
K_2O	12.97	0.138	0.179
Na_2O	2.33	0.038	
Glühverlust	0.20		
Sa.	99.80 %		
	%		
Or	78.25	0.280	
Ab	20.54	0.078	
An	0.84	0.003	

In der Analyse ist das Alkaliprozent offenbar etwas zu niedrig, und die Berechnung der Feldspatkomponenten ist deshalb mit korrigierten Molekularproportionen gemacht. Ein Feldspat mit dieser Zusammensetzung hat das Molekulargewicht 276,0.

Die Zusammensetzung des Schriftgranits.

G = 2.58

	A %	B %	Mittel	Reduz. zu 100%	Molekularproportionen	
Feldspat	65.98	65.68	65.83	66.00	0.239	1
Quarz	33.80	34.02	33.91	34.00	0.563	2.36
			Sa. 99.74 %	100.00 %		

Die Probe bei A war 5.2183 Gr., bei B 5.0268 Gr.

Feldspat $[Or_{11}Ab_3 (An)]$: Quarz = 66.00 % : 34.00 %
= **1 : 2.36** Mol.

Fig. 4. *Schriftgranit, Ytterby.* Beliebiger Schnitt. Oligoklas (hell) Quarz (dunkel) (Nat. Gr.).

Oligoklasschriftgranit aus Ytterby.

Der Feldspat dieser wegen ihrer seltenen Minerale von alters her berühmten Feldspatgrube besteht überwiegend aus rotem Kalifeldspat, zum Teil auch aus weissem Plagioklas, beide in schriftgranitischer Verwachsung mit Quarz. Um von der Struktur des Oligoklasschriftgranits eine Vorstellung zu geben, füge ich eine photographische Wiedergabe der Stufe bei, aus welcher das Analysenmaterial genommen wurde (Fig. 4). Durch Ätzung des Feldspats mit Fluorwasserstoff ist ein schärferes Hervortreten der Schriftfiguren erzielt worden. Ein Dünnschliff zeigt, dass einzelne, kleinere Partien von Mikroklin auch in dem Plagioklas vorhanden sind.

Die Analyse ergab:

G = 2.64

	%	%	Mittel	Molekularproportion		
SiO_2	76.65	76.68	76.67	1.269		
Al_2O_3	14.24	14.16	14.20	0.139	0.140	
Fe_2O_3	0.14	(0.14)	0.14	0.001		
CaO	2.68	2.66	2.67	0.048		
MgO	0.04	0.04	0.04	0.001	0.140	
K_2O	—	0.52	0.52	0.005		
Na_2O	—	5.33	5.33	0.086		
Glühverlust	0.48	—	0.48			
		Sa.	100.04 %			
			%			
		Or	2.79	0.010		
		Ab	45.30	0.172	0.231	1
		An [1]	13.68	0.049		
		SiO_2	37.75	0.625		2.71

Feldspat $[Or_1Ab_{17}An_5]$: Quarz = 62.07 % : 37.93 %
= **1 : 2.71** Mol.

[1] In An ist MgO mit eingerechnet.

Oligoklasschriftgranit aus Beef Island, Westindien.

Das Material dieser Analyse wurde einer von Prof. P. T. Cleve im Jahre 1868 aus Beef Island (ö. von Tortola, Westindien) mitgebrachten Stufe entnommen. Das Vorkommen dieses Schriftgranits erwähnt HÖGBOM in einem Aufsatz »Zur Petrographie der kleinen Antillen». [1]

Fig. 5. *Schriftgranit, Beef Island.* Kreuzlamellierter Oligoklas (schwarz und grau) Quarz (weiss). Vergr. 6. Gekreuzte Nicols.

Der Feldspat ist rein weiss, mit Quarzkörnern von etwas wechselnder Grösse imprägniert. Gewisse Partien der Stufe bestehen aus reinem Quarz, und kleinere Stücke von quarzfreiem Feldspat lassen sich auch unterscheiden. Daneben kommen Tafeln und eingesprengte Körnchen von chloritartigem Glimmer vor. Unter dem Mikroskop zeigt sich der Oligoklas teilweise etwas umgewandelt, doch nicht in so hohem Grade, dass die in polarisiertem Licht schön kreuzlamellierte Struktur gedeckt wird (Fig. 5).

Das Resultat der Analyse war:

G = 2.61

	%	%	Mittel	Molekularproportion		
SiO_2	68.12	68.11	68.12	1.128		
Al_2O_3	19.84	(19.66)	19.66	0.192	0.193	
Fe_2O_3		0 18	0.18	0.001		
CaO	4.67	4.68	4.67	0.083		
K_2O	0.69	—	0 69	0.007	0.193	
Na_2O	6.38	—	6.38	0.103		
Glühverlust	0.29	0.29	0.29			
		Sa.	99.99 %			
			%			
		Or	4.09	0.014		
		Ab	54.11	0.206	0.303	1
		An	23.27	0.083		
		SiO_2	18.24	0.302		1.00

Feldspat $[Or_1Ab_{15}An_6]$: Quarz = 81.71 % : 18.29 %
= **1 : 1.00** Mol.

[1] Bull. Geol. Inst. Upsala Vol. VI S. 222.

Vor dieser Analyse war eine präliminare Bestimmung von SiO_2, Al_2O_3 und CaO ausgeführt worden. Da das Material in diesem Falle nicht mit derselben Umsicht herausgenommen und die Analyse mit weniger Genauigkeit ausgeführt worden war, kann den gefundenen Werten nicht dieselbe Exaktheit beigemessen werden wie im obigen Falle. Ich teile jedoch die erhaltenen Zahlen mit und berechne die Alkalien im Verhältnis zu Al_2O_3:

	%	Molekularproportion	
SiO_2	68.54	1.135	
Al_2O_3, Fe_2O_3	19.66	0.191	
CaO	4.54	0.081	
K_2O	(0.65)	0.007	0.191
Na_2O	(6.40)	0.103	
Sa	99.79 %		
	Feldspat	0.301	1
	Quarz	0.313	1.04

Um eine vergleichende und vollständige Übersicht über die Zusammensetzung der bisher quantitativ untersuchten Schriftgranite zu erhalten, habe ich in den nachstehenden Tabellen ausser den Resultaten der oben mitgeteilten Analysen auch die von VOGT publizierten aufgenommen, nebst der Berechnung der Molekularverhältnisse, welche JOHANSSON an denselben ausgeführt. Der Übersichtlichkeit wegen behandle ich da zuerst die Schriftgranite, wo Kalifeldspat der überwiegende Bestandteil ist, und dann die Fälle, wo der Feldspat hauptsächlich aus Plagioklas besteht.

Schriftgranite mit überwiegendem Kalifeldspat.

Es geht aus Tabelle I (s. folg. S.) hervor, dass die prozentische Zusammensetzung der Schriftgranite No. 1—5, wie VOGT gefunden hat, rund 75 % Feldspat und 25 % Quarz beträgt, und dass die Molekularverhältnisse zwischen diesen Komponenten nach JOHANSSON da durch Zahlen ausgedrückt werden können, die dem einfachen Verhältnis 2 : 3 nahe liegen. Dass die Zahlen in einigen Fällen recht abweichend sind, dürfte wohl eigentlich den zuweilen ziemlich bedeutenden Analysenfehlern zuzuschreiben sein, kann aber auch teilweise von anderen Umständen herrühren, z. B.

Tab. I.

No.	Lokal	Zusammensetzung			Molekularproportionen	
		Feldspat	%	Quarz %	Feldspat : Quarz	Korr. [1]
1	Voie, Arendal	Or_3Ab_1 (An)...	74.7	25.3	1 : 1.60	1.46
2	Hitterö	Or_7Ab_3 (An)...	75.3	24.7	1 : 1.45	
3	Hitterö	Or_7Ab_3 (An)...	75.3	24.7	1 : 1.48	
4	Raade	Or_3Ab_2 (An) ?	72.7	27.3	1 :	1.40
5	Arendal	Or_5Ab_2 (An)...	76.5	23.5	1 :	1.56
6	Elfkarleö	Or_3Ab_1 (An)...	79.2	20.8	1 : 1.20	
7	Skarpö	Or_5Ab_1 (An)...	70.5	29.5	1 : 1.92	
8	Hitterö	$Or_{11}Ab_3$(An)...	66.0	34.0	1 : 2.36	

No. 1—5 nach VOGT, Molekularberechnung nach JOHANSSON.
No. 6—8 nach Verf.

davon, dass der Feldspat etwas umgewandelt ist, oder dass andere Mineralien wie Glimmer u. dgl. auch in untergeordneter Menge vorhanden sind.

Was aber in dieser Zusammenstellung gleich auffällt, ist die entschiedene Abweichung von der von VOGT als konstant bezeichneten Zusammensetzung, welche die von mir analysierten Schriftgranite No. 6, 7 und 8 zeigen, ca. 79% Feldspat : 21% Quarz bezw. 70% : 30% und 66% : 34%. Dass dies sich weder durch Analysenfehler noch durch spezielle Einmengungen von anderen Mineralien erklären lässt, glaube ich mit voller Bestimmtheit behaupten zu können. Was gegen eine solche Erklärung spricht und übrigens ein ganz besonderes Interesse erregen muss, ist der Umstand, dass auch in diesen von den übrigen abweichenden Fällen die Molekularproportionen zwischen Feldspat und Quarz durch ziemlich einfache Zahlenverhältnisse repräsentiert werden, in No. 6 genau 5 : 6, in No. 7 ungefähr 1 : 2 und in No. 8 ca. 5 : 12. Der Typus, dem sich die Schriftgranite No. 1—5 anschliessen, liegt also völlig intermediär zwischen den beiden neuen Typen No. 6 und 7. Dies tritt deutlicher hervor, wenn die Zahl für den Quarz = 6 gesetzt wird. Die Molekularverhältnisse wären dann:

	Feldspat : Quarz
No. 7	3 : 6
No. 1—5 . . .	4 : 6
No. 6	5 : 6

[1] Die unter dieser Rubrik aufgeführten Zahlen sind unter der Voraussetzung, dass die Al_2O_3-Bestimmungen der Analysen zuverlässig sind, abgeleitet, während dagegen betreffs der Alkalien Analysenfehler vorliegen.

In No. 8, auch einen neuen Typus repräsentierend, gehen auf dieselbe Zahl Feldspatmoleküle noch einmal so viele Quarzmoleküle wie in No 6.

Bei dem Versuche, eine Erklärung für diese bemerkenswerten Verhältnisse zu finden, dürfte man in erster Linie geneigt sein, das Entstehen der verschiedenen Typen mit den Verschiedenheiten in der Zusammensetzung des Feldspats, welche die resp. Schriftgranite aufweisen, in Verbindung zu bringen. Eine relativ untergeordnete Menge Anortitsubstanz ist freilich ein regelmässiger, der Quantität nach etwas wechselnder Bestandteil, doch dieses dürfte sicher keinen entscheidenden Einfluss auf die Feldspat : Quarz-Verhältnisse haben. Nimmt man dagegen die Proportionen zwischen Or und Ab in Betracht, so ergiebt sich, dass innerhalb des am öftesten repräsentierten Typus' gewissen Variationen dieses Verhältnisses Raum gegeben ist, dass aber, was wichtiger ist, zwei Schriftgranite wie No. 1 und 6 mit annähernd gleicher Zusammensetzung von Feldspat Or_3Ab_1 (An), zu zwei verschiedenen Typen gehören können. Auch No. 7 und 8 zeigen keine so bemerkenswerten Verschiedenheiten in den Or : Ab-Proportionen, dass dieselben an und für sich zu der Ausnahmestellung berechtigen dürften, welche diese Schriftgranite betreffs der Feldspat : Quarz-Relation einnehmen.

Die Lage der intermediären Typen den beiden extremen No. 6 und 8 gegenüber findet kein Gegenstück in etwaigen vermittelnden Or : Ab-Verhältnissen, was aus der folgenden Tabelle hervorgeht, wo Ab des besseren Vergleichs wegen = 3 gesetzt worden ist.

No.	Or	Ab	Molekularproportionen Feldspat : Quarz
8	11	3	2.5 : 6
7	15	3	3 : 6
1	9	3	4 : 6
2 u. 3	7	3	4 : 6
6	9	3	5 : 6

Vgl. auch die graphische Triangelprojektion Fig. 6., wo die Analysenorte der Feldspate der betreffenden Typen sichtbarlich regellos über ein verhältnismässig kleines Gebiet verbreitet liegen.

Es müssen also wahrscheinlich auch andere Umstände als die Zusammensetzung des Feldspats sein, welche die Entstehung der verschiedenen Typen bei den K-Schriftgraniten regulieren.

Schriftgranite mit überwiegendem Plagioklas.

Tab. II.

No.	Lokal	Zusammensetzung			Molekularproportionen
		Feldspat	%	Quarz %	Feldspat : Quarz
9	Rödö	$Or_2Ab_{18}An_1$ ...	56.0	39.0	1 : 2.92
10	Evje	$Or_1Ab_6An_1$ ...	68.3	31.7	1 : 2.04 [1]
11	Ytterby	$Or_1Ab_{17}An_5$ ...	62.1	37.9	1 : 2.71
12	Beef Island	$Or_1Ab_{15}An_6$ ...	81.7	18.3	1 : 1.00

No. 9. Albit-Quarz-Mikropegmatit. Analyse, von HOLMQVIST publiziert, Schwed. Geol. Untersuch. Ser. C No. 181 S. 183.

Der Pegmatit enthält ausserdem Chlorit, Magnetit und Titanit, zusammen ungefähr 5%, wodurch die Proportionen zwischen Feldspat und Quarz einigermassen haben beeinflusst werden können.

No. 10. Nach VOGT.

No. 11 und 12. Nach Verf.

Von diesen Analysen scheinen No. 9, 10 [1] und 12, ganz besonders die letztere, auf einfache molekulare Verhältnisse zwischen Feldspat und Quarz zu deuten, was dagegen von No. 11 kaum gesagt werden

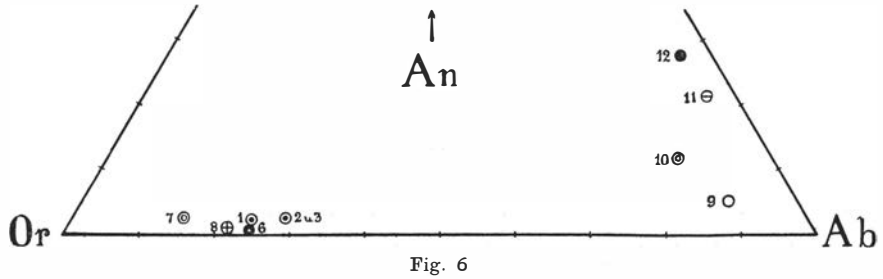

Fig. 6

Molekularprozent der Feldspatkomponenten.

No.	Or	Ab	An
1	73.8	24.0	2.2
2 u. 3	69.1	28.5	2.4
6	74.8	24.5	0.7
7	82.5	15.1	2.4
8	77.6	21.6	0.8
9	9.6	85.4	5.0
10	12.4	76.0	11.6
11	4.3	74.5	21.2
12	4.6	68.0	27.4

Molekularverhältnis.

Feldspat : Quarz

○	2	:	6
◎	3	:	6
⊙	4	:	6
⊖	5	:	6
●	6	:	6
⊕	5	:	12
⊖	2.20	:	6

[1] Was No. 10 betrifft, muss das Verhältnis als ziemlich unsicher angesehen werden, da die Endsumme der Analyse 101,0% ist und JOHANSSON die Berechnung der Molekularproportionen zwischen Feldspat und Quarz unter der Voraussetzung ausgeführt hat, dass der Analysenfehler nur in der SiO_2-Bestimmung liege, welche ja im Allgemeinen zu den zuverlässigeren zu gehören pflegt. In einer späteren Arbeit von VOGT: Über Anchieutektische und Anchimonomineralische

kann. Aus Fig. 6, wo auch die Zusammensetzung der Plagioklasschriftgranite graphisch dargestellt ist, geht hervor, dass die Verminderung ihrer Quarzmenge, welche man, nur nach den extremen Fällen No. 9 und 12 zu urteilen, als Folge einer Verschiebung des Feldspats gegen die An-Ecke auffassen könnte, nicht regelmässig verläuft, wenn man die beiden übrigen, No. 10 und 11, berücksichtigt, deren Plätze in entgegengesetztem Falle wenigstens hätten umgekehrt sein müssen. Keine Rücksicht kann hier auf den Or-Gehalt genommen werden, da man aus dem obigen nicht schliessen kann, in welcher Richtung eine Veränderung desselben wirken würde.

Es ist hier folglich offenbar wie in den K-Schriftgraniten keine Regelmässigkeit vorhanden zwischen dem Feldspat : Quarz-Verhältnis einerseits und dem Verhältnis der Feldspatkomponenten anderseits.

Wie oben (S. 2) erwähnt, hat JOHANSSON auf Grund der Analysen No. 9 und 10 VOGT gegenüber die »Ungleichwertigkeit» der K- und NaCa-Feldspate in Quarz-Feldspatmischungen betont, und diese Annahme dürfte wohl auf den ersten Blick hin durch die von mir ausgeführten Analysen No. 11 und 12 als noch weiter bestätigt erscheinen, da dieselben keine molekularen Verhältnisse aufweisen, welche mit denjenigen der Kalischriftgranite übereinstimmend wären. Da jedoch aus dem obigen hervorgeht, dass die Ausbildung der verschiedenen Typen von den Variationen in der Zusammensetzung des Feldspats ziemlich unabhängig zu sein scheint, muss man wohl auch anderen Umständen hierbei eine Hauptrolle zuschreiben.

Um indessen über die notwendigerweise verschiedenen Bedingungen, welche die Entstehung der bezüglich der Zusammensetzung recht weit von einander entfernten Typen der Schriftgranite bestimmen, zur Klarheit zu gelangen, dürfte jedoch zunächst eine grössere Unterlage von genauen Analysen erforderlich sein. Es scheint jedoch, als ob VOGTS Auffassung, dass die Schriftgranite binäre, eutektische Mischungen darstellen, die recht bedeutenden Variationen im quantitativen Verhältnisse der Komponenten, welche faktisch durch meine Analysen nachgewiesen sind, nicht gut erklären kann, sofern nicht andere, wesentlich einwirkende Faktoren in Betracht kommen. Die äusseren physikalischen Verhältnisse, unter welchen die Pegmatite gebildet wurden, haben sicher nicht so verschieden sein können, dass sie relativ so bedeutende Verschiebungen der eutektischen Proportionen zu Folge hätten haben können. VOGT hat übrigens selbst hervorgehoben, dass der bei der Krystallisation der verschiedenen Granitgänge herrschende,

---

Eruptivgesteine (Norsk Geol. Tidskr. Bd. I No. 2 S. 17), wo dieselbe Analyse publiziert ist, findet man indessen den Prozentwert für Al_2O_3 von 14,9% zu 14,2% geändert, wodurch die Endsumme also 100,3% wird. Das hierdurch entstandene Missverhältnis zwischen Al_2O_3 und den Alkalien macht es wahrscheinlicher, dass ein Analysenfehler bei diesen letzteren vorliegt, und wenn man diesen korrigiert, wird das Feldspat : Quarz-Verhältnis 66,4% : 33,6% = 1 : 2,25 oder 4 : 9 statt 1 : 2 Mol.

etwas wechselnde Druck nur einen äusserst geringen Einfluss auf die Zusammensetzung des eutektischen Gemisches hat. Auch scheint er nicht geneigt, der in dem Magma vorhandenen, wahrscheinlich etwas wechselnden Menge von Wasser, Kohlensäure u. s. w. einen grösseren Einfluss auf das Feldspat : Quarz-Verhältnis in den Schriftgraniten beizumessen. Demgegenüber betont DOELTER in seiner *Physikalisch-Chemische Mineralogie,* Leipzig 1905, S. 220, die Bedeutung des Wassergehaltes und der Mineralisatoren im Magma und hält dieselben für wichtige Faktoren bei der Entstehung der Schriftgranite. Er weist auf E. BAUERS Arbeit: »Über die Bildungsverhältnisse von Orthoklas und Albit» [1] hin, worin dieser u. a. zu dem Schlusse kommt, dass »eutektische Punkte bei der Erstarrung wasserhaltiger Magmen im allgemeinen keine Rolle spielen, sondern nur bei derjenigen der Ergussgesteine (Laven)».

Besonders bemerkenswert und keineswegs zufällig scheint aber das unleugbare Vorhandensein von einfachen molekularen Proportionen zwischen Feldspat und Quarz in den meisten Schriftgraniten. [2] Von dem vielleicht etwas unsicheren Falle No. 11 abgesehen, hat man eine recht hübsche Serie von Zahlenverhältnissen (siehe die Tabelle unter Fig. 6.), und es gilt jetzt, durch fortgesetzte Arbeiten die verschiedenen Glieder dieser Serie reichlicher repräsentiert zu erhalten und sie vielleicht auch zu vermehren.

Die Bedeutung dieser einfachen multiplen Proportionen wird freilich auch vom physikalisch-chemischen Gesichtspunkt aus ihre Erklärung erhalten, wenn einmal ein vor allem vielseitigeres Beobachtungsmaterial vorliegt und dies vielleicht gezeigt hat, dass es sich hier um generelle Erscheinungen handelt.

Eine Zusammenfassung dessen, was ich durch meine Analysen für festgestellt erachte, wäre schliesslich folgendes:

1. In Schriftgraniten mit überwiegendem Kalifeldspat ist das von VOGT als beinahe konstant angegebene Verhältnis zwischen Feldspat und Quarz nicht das einzige, sondern auch andere, davon nicht unwesentlich abweichende Proportionen können auch vorkommen.

2. Die durch Analysen gefundenen Werte der Zusammensetzung der Plagioklasschriftgranite unterscheiden sich nicht wenig von denjenigen, welche VOGT theoretisch berechnet hat.

3. In der Mehrzahl der analysierten Schriftgranite kann die molekulare Relation zwischen Feldspat und Quarz durch einfache Zahlenverhältnisse ausgedrückt werden.

4. Die Entstehung der verschiedenen Typen steht in keiner regelmässigen Abhängigkeit von der Zusammensetzung der respektiven Feldspate.

---

[1] Zeitschr. für phys. Chemie. XLII (1903) S. 567.

[2] Es muss darauf aufmerksam gemacht werden, dass auch in anderen Silikatmischungen, welche VOGT auf Grund seiner experimentellen Bestimmungen als eutektisch angegeben hat, die Komponenten in einfachen molekularen Verhältnissen vorhanden sind, wie Johansson nachgewiesen hat (l. c. p. 122).

Nachtrag.

Die Resultate, welche die Untersuchung der quantitativen Zusammensetzung der Schriftgranite geliefert, habe ich auf ein diesem Gegenstand naheliegendes Problem anzuwenden versucht, welches ein recht grosses theoretisches Interesse darbietet. Ich erwähnte beiläufig (S. 4) des im Feldspatbruch auf Skarpö vorkommenden Feldspats mit schriftartigen Hohlräumen (siehe Fig. 7) und weise auf die detaillierte Beschreibung hin, welche Prof. HÖGBOM in seiner Arbeit: »Über einige Mineralverwachsungen» [1] geliefert. Der Umstand, dass in naheliegenden Hohlräumen zuweilen Reste von optisch gleich orientiertem Quarz, [2] auch in anderen Hinsichten von demselben Charakter wie derjenige der Schriftgranite sich vorfinden, hat Prof. HÖGBOM veranlasst, die Hypothese aufzustellen, dass hier ursprünglich normaler Schriftgranit vorlag, dass aber die Hauptmasse der Quarzsubstanz »während der Krystallisation des Schriftgranits und vor ihrer Verfestigung weggeführt sei», dies »mit Rücksicht auf die Schwierigkeit, ein Ätzmittel zu finden, welches imstande wäre, den Quarz auszulösen ohne den Feldspat anzugreifen». Um eventuell einige Daten zur Stütze der Theorie, dass das weggeführte Mineral Quarz gewesen sei, zu erhalten, habe ich einige Versuche angestellt, welche ich in diesem Zusammenhang mitteilen möchte.

Fig 7. *Feldspat mit schriftartigen Hohlräumen.* Schnitt nach der Spaltfläche M. (Nat. Gr.)

[1] Bull. Geol. Inst. Upsala, Vol. III. S. 436.

[2] In einer von mir gefundenen Stufe mit typisch ausgebildetem Schriftgranit sind die Quarzstengel ein Stück in den Feldspat hinein von krystallographischen Gipfelflächen begrenzt, und in deren unmittelbarer Fortsetzung ist der Feldspat von Kanälen, sichtbarlich von den Dimensionen der Stengel, durchzogen.

Ich gehe also von der Voraussetzung aus, dass die Hohlräume des Skarpö-Feldspats ursprünglich mit Quarz gefüllt gewesen, und will untersuchen, ob das Verhältnis zwischen diesem und dem Feldspat dann mit dem Verhältnis zwischen den Komponenten, welches für die Kalischriftgranite bezeichnend ist, übereinstimmend gewesen wäre. Zweifellos wird man eine sehr gute Vorstellung davon erhalten können, ob dies der Fall gewesen oder nicht, indem man ganz einfach das Volumen der Hohlräume in einem Stück Feldspat von bekanntem Gewicht bestimmt und dann berechnet, welche Gewichtsmenge Quarz diesem Volumen entspricht. Für die Bestimmung habe ich folgende Methode benutzt:

Aus Stufen mit typischer Schriftstruktur wurden Platten von wechselnder Grösse gesägt, wonach die Hohlräume mit Kanadabalsam gefüllt und die Begrenzungsflächen der Platten sehr sorgfältig plangeschliffen wurden. Nach Berechnung des Volumens der Platten durch Wägung, erst in Luft und dann in Wasser von bekannter Temperatur, wurde der Kanadabalsam mit Benzol ausgelöst, und das Volumen des Feldspats wurde durch Division des absoluten mit dem spezifischen Gewichte desselben erhalten. Der Unterschied des Volumens in den beiden Fällen, welcher die Hohlräume repräsentiert, wird mit dem spezifischen Gewichte des Quarzes multipliziert, das Produkt wird da die Gewichtsmenge Quarz, welche die Hohlräume fassen, angeben, und die prozentische Zusammensetzung des hypothetischen Schriftgranits wird also berechnet werden können.

Bei der Berechnung wurden folgende spez. Gewichte benutzt:

Feldspat $G = 2{,}53$
Quarz $G = 2{,}64$

Diese Zahlen sind als Mittel etlicher Bestimmungen an reinem Kalifeldspat und Quarz aus derselben Örtlichkeit erhalten. Ich teile in nachstehender Tabelle die Resultate mit, welche bei einer Anzahl von Versuchen erhalten worden sind.

No.	Gewicht des Feldspats in Gr.	Berechnete Proportionen	
		Feldspat %	Quarz %
1	12.6514	78.62	21.38
2	13.7845	77.99	22.01
3	1.9360	77.82	22.18
4	1.8541	73.40	26.60
5	15.8976	74.49	25.51
6	26.0547	70.82	29.18
	Mittel	75.52	24.48

No. 1 u. 2, feine Struktur, die Platten aus demselben Stück.
No. 3 u. 4, mittelgrobe » » » » » » wie Fig. 7.
No. 5 u. 6, grobe » » » » verschiedenen Stufen.

Das Mittel der Bestimmungen stimmt also ziemlich genau mit der von VOGT gefundenen Zusammensetzung der Schriftgranite mit überwiegendem Or überein. Sämtliche gefundenen Werte liegen jedenfalls innerhalb der Grenzen der Feldspat : Quarz-Proportionen dieser Schriftgranite, welche durch meine oben mitgeteilten Analysen bis ca. 66—79% K-Feldspat und 34—21% Quarz ausgestreckt worden sind. Dass die gefundenen Zahlen der Tabelle doch so wechselnd sind, hängt jedoch sicher von gewissen speziellen Umständen ab, u. a. der Schwierigkeit, die Höhlungen von den erdartigen Verwitterungsprodukten, welche dieselben oft füllen, gänzlich zu reinigen. Möglicherweise mag auch die wahrscheinlich sekundäre Ortoklasschicht, welche die Innenseiten der Hohlräume bekleidet und deren schillernden Glanz bewirkt (siehe HÖGBOM Loc. cit.) die berechneten Proportionen zu Gunsten des Feldspats verschoben haben. Dies müsste dann in höherem Grade in den Fällen hervortreten, wo die Struktur feiner und die ganze Begrenzungsfläche der Höhlungen also verhältnismässig grösser ist. Aus dem Resultate geht auch hervor, dass dies der Fall zu sein scheint.

Die Annahme, dass die Hohlräume ehemals mit Quarz gefüllt gewesen, scheint mir durch diese jetzt berichteten Versuche einen gewissen Grad von Wahrscheinlichkeit gewonnen zu haben. Die Frage, wie jener Quarz später weggeführt worden ist, lasse ich dahingestellt sein. Natürlich sind die gefundenen Zahlen nicht absolut entscheidend, allein es wäre unleugbar eine eigentümliche Zufälligkeit, wenn eine unter oben angegebener Voraussetzung ausgeführte Berechnung ein solches Resultat gegeben hätte, sofern ein anderes Mineral als Quarz ursprünglich die Hohlräume gefüllt hätte.

Upsala, im Januar 1906.