

I. Über ein Vorkommen von Rhombenporphyren in dem präkambrischen Grundgebirge des Kebnekaisegebietes.

Von

Percy Quensel.

(Hierzu Tafel I).

Geologisches Auftreten.

Einige Kilometer südwestlich von dem Hauptmassive des gewaltigen, hauptsächlich aus Amphiboliten aufgebauten Kebnekaisegebirges ist in dem tief eingeschnittenen, breiten Tjäcktjatal die Unterlage des östlichen Silurs in einem Fenster entblösst. Obwohl schon über 30 km von dem Ostrand der lappländischen Gebirgskette entfernt, und also wörtlich mitten in dem wildesten Hochgebirge gelegen, sind die Silurablagerungen des Tjäcktjatalles von Osten her beinahe Schritt für Schritt verfolgbar und trotz durchgreifender Metamorphose noch immer sicher zu erkennen. Statt der von der Gebirgsbildung beinahe gänzlich unberührten lichten Quarzite und schwarzen Alaunschiefer der Hyolithuszone im Osten, begegnen uns aber blendendweisse Sericitschiefer und bucklige Biotitschiefer, die die entsprechenden Silurhorizonte hier aufbauen.

Das Liegende der Silurformation in diesem kleinen tektonischen Fenster zeigte schon auf den ersten Blick von dem Grundgebirge der Umgebung ziemlich abweichende Züge, und ein näheres Studium der betreffenden Gesteine ergab bald, dass dieser, durch einen Zufall der geologischen Kräfte mitten im Gebirge gewonnene Einblick in dem präkaledonischen Grundgebirge, Gesteine zum Vorschein gebracht hat, die sowohl aus tektonischen als noch mehr aus rein petrographischen Gesichtspunkten von besonderem Interesse zu sein scheinen, und sogar eine für das skandinavische Grundgebirge sonst ziemlich fremdartige Gesteinsentwicklung darstellen.

Der flache Talboden des vom Tjäcktjavagge NO vom Rouskagebirge führenden Tales wird grösstenteils von Schotterablagerungen eingenommen; nur an den rein gespülten Felsen in dem Bett des kleinen Flusses, sowie in einigen schroffen, kleinen Hügeln dicht an der Talmündung kommt der Fels-

grund zum Vorschein. An den Talwänden sind die flach gegen Westen fallenden Silurschichten leicht zu verfolgen, deren unterste Horizonte aus einem weissen aber rostig verwitternden Quarzit bestehen, der etwas weiter westlich den ganzen Talboden einnimmt. Nach einigem Suchen konnte ich diesen basalen Silurquarzit direkt auf den als älter vermuteten Eruptivgesteinen an der Talmündung aufgelagert nachweisen, und so das präkambrische Alter dieser Gesteine mit Sicherheit feststellen.

Obwohl ich nicht beabsichtige, hier die tektonischen Verhältnisse der Gegend näher zu beschreiben, muss ich doch einige diesbezügliche Momente kurz erwähnen.

Es ist eine bekannte Tatsache, dass bei den regionalen Überschiebungen in den peripherischen Teilen einer Gebirgskette der Untergrund der Scholle sehr wenig von den tektonischen Störungen beeinflusst wird. Östlich von Kebnekaise ist das Grundgebirge auch von den gebirgsbildenden Prozessen ganz unberührt geblieben und sogar die Silurformation ist noch dicht an den überschobenen Massen der kristallinen Gesteine sehr wenig verändert worden. Nur direkt an den Überschiebungsebenen kann man bemerken, wie die weichen Schiefer intensiv gerunzelt oder ganz zermalmt oder mit den überschobenen Gesteinen zusammengeknetet worden sind. Bei dem betreffenden Fenster weiter westlich und also in den mehr zentralen Teilen der Gebirgskette sind die Verhältnisse anders. Hier zeigt nicht nur das Silur deutliche Zeichen der regionalen Metamorphose, auch das Grundgebirge ist von der Gebirgsbildung kräftig beeinflusst worden. Man kann tatsächlich in dem Fenster jedes Stadium der Mylonitisierung der Grundgebirgsgesteine von einer kakiritischen Zerbröckelung zu einem vollkommen dichten, felsitischen Ultramylonit nachweisen, der eher an ein jungvulkanisches Gestein erinnert als an ein Produkt der mechanischen Metamorphose. Es ist daher unzweideutig, dass die tektonischen Bewegungen hier viel tiefer eingegriffen haben als in mehr peripherischen Teilen der Gebirgskette. Auf diese Frage und ihre tektonische Bedeutung hoffe ich in anderem Zusammenhang zurückzukommen.

Weiter kann gleich hervorgehoben werden, dass die mechanische Metamorphose hier eine ziemlich abweichende Entwicklung zeigt, indem bei der Zertrümmerung im allgemeinen jede Verschieferung fehlt: die Metamorphose hat sich mit anderen Worten mehr richtungslos vollzogen als in den mehr peripherischen Teilen der Gebirgskette der Fall zu sein pflegt. Die Produkte sind dementsprechend Mylonite oder Utramylonite ohne Verschieferung und ohne Parallelstruktur. Wo die mechanische Zertrümmerung sich mit voller Kraft geltend gemacht hat, entstehen deswegen dichte, oft pechschwarze Gesteine, die schon makroskopisch wegen ihrer für die Gegend fremdartigen Entwicklung gleich die Aufmerksamkeit auf sich lenken.

Petrographische Beschreibung.

Es ist aber nicht die verschiedenartige Entwicklung der mechanischen Metamorphose, welche den betreffenden Gesteinen ein so spezielles Interesse verleiht. Wenn man den kleinen von Westen kommenden Bach einige hundert Meter von seiner Mündung in den Tjäcktjajokk nach aufwärts folgt, ist der Felsengrund entblösst und von Wasser reingespült, und man wird unwillkürlich sofort von der eigenartigen Entwicklung der hier wenig metamorphosierten Gesteine gefesselt. Denn die frischen, wenn auch von eisenhaltigem Wasser braun gefärbten Felsen sind als hochtypische Rhombenporphyre entwickelt. In allen Richtungen, vereinzelt oder in divergentstrahligen Gruppen, liegen die 1—2 cm grossen Feldspäte als grosse Rhomben in der schwarzen Grundmasse zerstreut. Kurz, das Gestein erinnert schon im Felde sofort an einige der typisch ausgebildeten Rhombenporphyre des Kristianiagebietes.

Die Gesteine, die diese Entwicklung des Grundgebirges hier zeigen, sind petrographisch als an dunklen Gemengteilen arme Syenitporphyre zu bezeichnen. Sie schliessen sich in ihrem allgemeinen chemischen Charakter dem syenitischen Grundgebirge Nordschwedens an. Bekanntlich wechseln die Syenite und Syenitporphyre Lapplands von ausgesprochenen Kalisyeniten (z. B. bei Ekströmsberg und Stora Sjöfallet) zu ebenso ausgesprochenen Natrongesteinen (z. B. die Keratophyre von Kiruna), wobei aber der hohe Natrongehalt des letzteren Gebietes nicht sicher für ausschliesslich primär gehalten werden darf. Gerade in dem Kirunagebiet haben nämlich grosse Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung stattgefunden, und es gehen noch die Meinungen auseinander, inwieweit eine sekundäre Albitisierung auch in den anscheinend frischen Gesteinen für den hohen Natrongehalt verantwortlich gemacht werden kann.

Leider sind die Gesteine im Tjäcktjavagge, wie schon erwähnt, von tektonischen Störungen sehr stark beeinflusst, und deswegen nicht einwandfrei für eine chemische Untersuchung auf ihre primäre Zusammensetzung geeignet. Ich habe jedoch eine quantitative Analyse von einem Gestein ausführen lassen, dessen Zusammensetzung im Mikroskop keinen anderen chemischen Einfluss der Kataklyse aufweisen konnte, als eine Calcitinfiltration längs der zahlreichen Sprünge im Gestein. Da die Feldspäte aber vollkommen frisch geblieben waren und die spärlichen dunklen Gemengteile auch keine Umwandlungerscheinungen aufwiesen, scheint es mir berechtigt, den Kalkspatgehalt als ein rein sekundäres Additionsprodukt aufzufassen und anzunehmen, dass die primäre Zusammensetzung durch Weglassen des CaCO_3 bei der Umrechnung sich mit genügender Sicherheit berechnen liesse.

Die Analyse wurde von Dr. NAIMA SAHLBOM ausgeführt und ist unter I wiedergegeben; II—V geben einige Analysen naheliegender Syenite des lappländischen Grundgebirges.

	I	I a	I b	I c	II	III	VI	V
SiO ₂	57,70	59,53	99,22	70,90	69,65	69,00	61,24	72,92
TiO ₂	1,62	1,67	2,09	1,49	0,44	0,47	0,82	0,36
Al ₂ O ₃	15,25	15,73	15,42	11,02	14,68	14,54	13,95	13,70
Fe ₂ O ₃	7,46	7,70	4,81	3,44	3,01	0,86	3,81	0,93
FeO	0,22	0,23	0,32	0,23	1,01	0,49	1,45	1,19
MnO	0,19	0,20	0,28	0,20	—	0,03	0,14	—
CaO	3,28	1,33	2,38	1,70	1,62	2,12	3,69	0,29
MgO	0,09	0,09	0,22	0,16	0,32	0,40	4,23	0,25
Na ₂ O	2,86	2,95	4,76	3,40	0,22	4,42	5,13	0,19
K ₂ O	8,82	9,10	9,68	6,92	9,25	5,83	4,53	9,10
P ₂ O ₅	0,89	0,92	0,65	0,46	—	0,01	0,01	—
BaO	0,16	0,16	0,11	0,08	—	—	0,05	—
S	0,03	0,03	—	—	0,74	—	0,02	—
H ₂ O	0,35	0,36	—	—	—	0,50	0,38	0,69
CO ₂	1,56	—	—	—	—	1,40	0,51	—
	100,48	100,00	—	100,00	100,34	100,07	99,96	99,53

- I. Rhombenporphyr, Tjäcktvjavagge.
 I a. D:o unter Weglassen von CaCO₃ auf 100 umgerechnet.
 I b. D:o in Molekularproportion.
 I c. D:o Molekularprozent.
 II. Syenit, Ekströmsberg. Sveriges Geol. Unders. Ser. C Nr. 183, p. 15.
 III. Syenitporphyr, 20 m breiter Gang, Kirunavaara. GEIJER, Igneous Rocks and Iron ores of Kirunavaara p. 49.
 IV. Syenitporphyr, Luossavaara Ibid. p. 54.
 V. Porphyr, Suppatsch, Stora Sjöfallet, Sveriges Geol. Unders. Ser. C, Nr. 183 p. 15.

Die Analyse des vorliegenden Syenitporphyr aus dem Tjäcktvjavagge deutet also auf ein kalireiches Syenitmagma, wenn auch nicht von dem extremen Typus der Analysen von Ekströmsberg und Suppatsch. Es ist bei der sehr lückenhaften Kenntnis der chemischen Zusammensetzung des lappländischen Grundgebirges schwierig zu entscheiden, ob das Gestein in irgend welchen Beziehungen von der normalen Entwicklung desselben grundwesentlich abweicht. Es ist entschieden Na-ärmer als die Syenite des Kirunagebietes, aber dabei ist die primäre Natur des Na-Gehaltes gerade dieser Gegend nicht sichergestellt, und ein chemischer Vergleich verliert daher an Wert. Andererseits entsprechen die vorliegenden Gesteine nicht jenen extrem kalireichen Typen wie sie die nächstliegenden, chemisch untersuchten Gesteine des Grundgebirges darstellen.

Optische Charakteristik der Rhombenfeldspäte.

Es ist aber vor allem die eigentümliche Entwicklung der Feldspateinsprenglinge, welche den Gesteinen des vorliegenden Gebietes ihre petrographische Eigenart verleiht.

Schon von weitem ist die ausgesprochene Rhombenform der Feldspäte an den von dem Bach reingespülten Felsen erkennbar. Vereinzelt oder in divergentstraligen Gruppen treten die Feldspäte in centimetergrossen Kristallen auf, die parallel den beiden Hauptspaltungsrichtungen die durch die Flächen (110) ($\bar{1}\bar{1}0$) und ($\bar{2}01$) bedingte rhombische Umgrenzung zeigen.

Einige Messungen der Winkel (110):(110) ergaben, wie gewöhnlich bei den Rhombenfeldspäten, Werte, die bedeutend über den berechneten Winkeln liegen. Ich erhielt als Maximalwert 128° , während der berechnete Winkel $118^\circ 47'$ beträgt. MÜGGE¹ hat in den Rhombenporphyren des Kristianiagebietes diesen Winkel variierend zwischen $127-133^\circ$ gefunden und setzt bekanntlich diese Erscheinung in Zusammenhang mit dem Auftreten von einem Vizinal-Prisma (950), während BRÖGGER², der Winkel bis zu 135° gemessen hat, diese Erscheinung nicht in Zusammenhang mit bestimmten Kristallflächen stellt, sondern sie als »eine aus der unvollkommenen Ausbildung der Kristalle herrührende Erscheinung« auffasst. Ich werde weiter unten auf diese Erscheinung in anderem Zusammenhang zurückkommen, und begnüge mich hier damit, die grösseren Winkelwerte zu erwähnen und dabei die Übereinstimmung mit früheren Beobachtungen an Kristallen aus anderen Fundorten festzustellen.

Die meisten Feldspateinsprenglinge sind überhaupt nicht von geraden Kristallflächen begrenzt, sondern treten mit Vorliebe mit abgerundeten Kanten auf; in vielen Fällen geht diese Abrundung oder Abstumpfung der Kanten so weit, dass die Durchschnitte nach den Spaltflächen spitz-ellipsoidische, oder wie BRÖGGER³ sie bezeichnet, »eigentümlich ausgezogene Kaulquappen-ähnliche Figuren« zeigen. Auch in dieser Hinsicht herrscht also eine Übereinstimmung mit den Kristianiagesteinen.

Wir kommen nun zu der Zusammensetzung der Feldspateinsprenglinge.

Erstens muss da hervorgehoben werden, dass die Feldspäte in den vorliegenden Proben im allgemeinen nicht homogen ausgebildet sind, sondern einen ausgeprägt zonaren Bau zeigen, wobei ein Kern violettgrauer Farbe aus triklinem Feldspat von einer Hülle von lichttrötlichem Kalifeldspat oder beinahe weissem Albit umgeben ist. Die äussere Umrandung gegen die Gesteinsmasse ist dabei gewöhnlich sehr zackig und unscharf; dagegen ist die Grenze zwischen Kern und Hülle oft sehr scharf und zeigt dann in Durchschnitten parallel einer Spaltfläche gut abge-

¹ Neues Jahrb. für Min. etc. 1881:2 p. 110.

² Silurischen Etagen 2 und 3, p. 293.

³ Ibid., p. 294, Fussnote.

grenzte Rhombenform. In jedem Dünnschliff, den ich näher studiert habe, bin ich zu derselben Auffassung gekommen, dass nämlich der Kernfeldspat für die Rhombenform verantwortlich ist, während die Hülle mehr oder weniger als eine orientierte Umwachsung erscheint.

Die Zonarstruktur deutet nicht auf einen kontinuierlichen Aufbau mit allmählichem Wechsel der chemischen Zusammensetzung; zwischen Kern und Hülle herrscht vielmehr eine deutliche Diskontinuität, die vielleicht mehr zu bedeuten hat, als nur auf eine plötzlich eingetretene chemische Veränderung des Magmas hinzudeuten.

Die Zusammensetzung der Feldspäte ist in vielen Beziehungen bemerkenswert. Sie sind beinahe durchwegs perthitisch ausgebildet und müssen als Mikroklinantiperthite bezeichnet werden. Die relativen Mengen von Kali- und Natronfeldspat wechseln zwar ziemlich stark, aber die Natronkomponente tritt immer als Mutterindividuum auf, in dem der Kalifeldspat mehr oder weniger reichlich eingelagert ist. Eine approximative Schätzung der relativen Mengenverhältnisse ergibt einen Mikroklingehalt zwischen 25—45 %.

Die Perthitstruktur ist gewöhnlich sehr gesetzmässig, indem die Mikroklineinlagerungen besonders in Schnitten parallel P mit sehr regelmässiger, schriftgranitähnlicher Umgrenzung auftreten. Die Mikroklinkomponente ist ausserdem zum grossen Teil durch winzige Magnetitkörner und Glaseinschlüsse dunkel pigmentiert, was die Perthitstruktur noch mehr hervorhebt, und ihre primäre Entstehung ausser Zweifel stellt.

Der Natronfeldspat, der als Mutterindividuum des Perthites auftritt, ergibt sich als ein (etwas kalihaltiger) Oligoklas von einer durchschnittlichen Zusammensetzung von Ab_9An_1 (vergl. Analyse S. 10). In mehreren Beziehungen scheint aber dieser Plagioklas von den gewöhnlichen gesteinsbildenden Feldspäten abzuweichen.

Erstens scheint der Winkel P:M sehr nahe 90° zu liegen, während ein Plagioklas bekanntlicherweise einen Winkel von ca. $86\frac{1}{2}^\circ$ erfordert. Ich habe an mehreren Spaltstückchen mit relativ guten Spaltflächen diesen Winkel gemessen, aber immer nur Werte bekommen, die höchstens $\frac{3}{4}$ —1 Grad von 90° abweichen. Die besten Spaltstücke gaben $89^\circ 15'$, $89^\circ 32'$, $89^\circ 52'$. So scheint schon in dieser Hinsicht keine richtige Übereinstimmung zwischen der chemischen Zusammensetzung und den kristallographischen Daten zu herrschen.

Zweitens ist die Zwillinglamellierung meistens ausserordentlich zart entwickelt, sodass z. B. an Schnitten mit geringer Auslöschungsschiefe die Streifung sehr schwer und nur bei stärkster Vergrösserung unter sonst geeigneten Beleuchtungsverhältnissen zu erkennen ist. In anderen Schnitten scheint die Zwillingstreifung vollkommen zu fehlen, und die Plagioklasse treten in scheinbar vollkommen einheitlich orientierten Individuen auf. Wo die Mikroklineinlagerungen zarter werden, verschwindet auch die Gitterstruktur. So kann gelegentlich ein Perthit ohne jede Spur von Zwillingsbildung auftreten, der auf den ersten Blick an einen normalen

Orthoklasmikroperthit mit Albiteinlagerungen erinnert, der sich aber bei näherer Untersuchung als ein Mikroklinantiperthit ergibt, wo das höher lichtbrechende Mutterindividuum einen unverzwilligten Oligoklas darstellt, während die schwächer lichtbrechenden Komponenten aus gleichfalls unverzwilligtem Mikroklin bestehen.

Die Bestimmung der Feldspäte ist wegen der oft ausserordentlichen Zartheit und Unbeständigkeit der Zwillingsbildung sehr erschwert. Bei gröberer Perthitstruktur tritt zwar beinahe immer die charakteristische Gitterstruktur beim Mikroklin auf, und der Unterschied in der Lichtbrechung erleichtert auch in unverzwilligten Feldspäten das Auseinanderhalten der beiden Komponenten, aber es kommen Fälle vor, wo die Perthitstruktur zu submikroskopischen Dimensionen herabsinkt und wo man einen scheinbar einheitlichen Feldspat erhält, bei dem nur diffuse Flecken höherer oder niedrigerer Doppelbrechung auf Inhomogenität in der chemischen Zusammensetzung hindeuten.

Ein hübscher Rhombenporphyr, der von Dr. A. GAVELIN am Luosavaara in losen Blöcken gefunden und mir in entgegenkommender Weise zur Verfügung gestellt wurde, bot eine günstige Gelegenheit, in den durchaus frischen, rhombisch ausgebildeten Feldspateinsprenglingen auch eine sekundäre Perthitbildung zu studieren. In einem und demselben Schnitt konnte man beobachten, wie ein hier ausnahmsweise ganz einheitlich ausgebildetes und unverzwilligtes Feldspatkorn fleckenweise eine perthitische Ausbildung zeigte. In einem Schnitt senkrecht zu P und M konnte man leicht die Zusammensetzung eines Mikroklinantiperthites feststellen. Das Mutterindividuum hatte wieder die Zusammensetzung eines sauren Oligoklases. Es war nun sehr auffallend, dass gerade da, wo der ursprünglich einheitliche Feldspat in zwei perthitisch verwachsene Komponenten zerfällt, eine Albitlamellierung des Mutterindividuums bei gleichzeitiger Steigerung der Doppelbrechung sofort wahrnehmbar war. Mit anderen Worten, es schien aus dieser Beobachtung hervorzugehen, dass wo aus irgend einem Grund das Zerfallen eines homogenen Kali-Natron-Kalkfeldspates von der Zusammensetzung eines kalireichen Oligoklases in einem Mikroklinantiperthit stattfindet, die abweichenden kristallographischen und optischen Merkmale des Feldspates verschwinden, und bei dem Plagioklas, der nun seinen abnormen Kaligehalt verloren hat, die sonst normale Albitlamellierung und die höhere Doppelbrechung gleich zum Vorschein kommen.

Es scheint auch durch diese Beobachtung ausser Zweifel gestellt zu sein, dass unter den Feldspateinsprenglingen der Rhombenporphyre sowohl eine primäre als eine sekundäre Perthitbildung vorhanden ist. In Schnitten von primär perthitischen Feldspäten habe ich ausserdem mehrmals eine weitere sekundäre Perthitbildung beobachten können, indem das Mutterindividuum noch weiter in Kali- und Natronkomponenten zerfällt. Ein solcher Vorgang kann natürlich nur dadurch erklärt werden, dass das Mutterindividuum des primären Perthites kein reiner Plagioklas war, sondern immer noch einen nicht unbeträchtlichen Kaligehalt führte. So

entstehen in den Rhombenporphyren bei den Feldspateinsprenglingen typische Doppelperthite, wie sie schon MÄKINEN¹ aus theoretischen Gründen vermutet hat und GEIJER² im Syenit von Rackberget beschrieben hat.

Das Auftreten von perthitischen Feldspäten in Rhombenform ist meines Wissens nur zweimal früher in der Litteratur erwähnt, und zwar von GEIJER³ aus den naheliegenden und auch sonst nahestehenden Syeniten von Kiruna und von WARREN⁵ aus Quincy und Blue Hills, Mass. Aus einem Gang des Kiruna Syenitporphyrs, sowie aus einem Quarzporphyr werden Feldspateinsprenglinge aus Mikroperthit mit rhombischem Durchschnitt folgendermassen beschrieben: »The phenocrysts are most often mikroperthitic, the potash component as a rule being rather subordinate. The plagioclase component is generally finely twinned according to the albite law, sometimes striped and sometimes finely crosstwinned. It must evidently be oligoclase-albite or albite, as also appears from the analysis. Especially when crosstwinned it is sometimes very similar to soda-microcline.» Neben den antiperthitisch ausgebildeten Rhombenfeldspäten beschreibt GEIJER⁴ auch einheitliche Feldspäte derselben Entwicklung mit äusserst zarter Lamellierung nach den Albit- und Periklingesetzen, hier wird Natronmikroklin (Anorthoklas) vermutet. Die Rhombenfeldspäte aus Quincy werden kurz folgendermassen charakterisiert: »The central parts of the feldspar crystals are in part of homogeneous structure, in part very finely striated and in part distinctly mikroperthitic».

Andererseits hebt BRÖGGER ausdrücklich hervor, dass die Rhombenfeldspäte des Kristianiagebietes niemals perthitisch entwickelt sind, obwohl gelegentlich »feine Flächen und Lamellen, bisweilen von grösserer Ausdehnung mit verwischter Begrenzung, eine andere Auslöschungsschiefe zeigen, welche zwischen ein paar Graden und $22\frac{1}{2}^{\circ}$ schwanken. Die parallel auslöschenden Teile gehen ohne scharfe Grenzen in diejenigen mit grösserer Auslöschungsschiefe über.«⁶ Betreffs eines Kryptoperthits mit ausgesprochener Rhombentracht aus dem Laurdalit schreibt derselbe Verfasser: »in Schnitten nach (010) sieht man sehr allgemein, dass der Feldspat doch nicht einheitlich gebaut ist, indem wie bei Mikroperthit, längliche oft auskeilende Lamellen in der Hauptmasse des Schnittes verteilt liegen«.⁷ Auch OSANN hebt hervor, dass die Rhombenfeldspäte der Sawtooth M:ts nicht einheitlich sind, sondern dass »einzelne unregelmässig begrenzte, trübere und etwas stärker doppelbrechende Partien eines anderen Feldspates mit der Hauptmasse des Rhombenfeldspates verwachsen sind, welcher Zwillingstreifung und eine sehr geringe Auslöschungsschiefe von

¹ Geol. För. Förh. Bd 39 (1917), p. 161.

² Ibid. Bd 34 (1919), p. 196.

³ Igneous Rocks Iron ores of Kiirunavaara etc. Stockholm 1910, p. 45, 127.

⁴ L. c. p. 45.

⁵ Proc. Am. Acad. of Arts and Sciences. Vol. 49, N:o 5 (1913).

⁶ Sil. Etagen 2 und 3, p. 297.

⁷ Das Ganggefollendes Laurdalits, p. 9.

circa 1° zeigt. Es ist dieser Feldspat, wie die Kombination der Auslöschungsschiefe auf (001) und (010) ergibt, ein Oligoklas.»¹

Zwischen den deutlich primär perthitisch ausgebildeten Rhombenfeldspäten des Kiruna- und Kebnekaisegebietes und den nur undeutlichen und ungesetzmässigen Verwachsungen zweierlei Feldspäte bei anderen Vorkommen von Rhombenfeldspäten scheint ein Unterschied von weitreichender Bedeutung vorhanden zu sein, da die Rhombenform im ersteren Fall nicht in Zusammenhang mit einem einheitlichen Kali-Natronfeldspat gesetzt werden kann, sondern scheinbar auch bei einer primären Perthitbildung zur Entwicklung kommen kann. Das Interesse dieser Frage liegt darin, dass die Voraussetzung einer Rhombentracht bei der Feldspatbildung nicht an eine homogene Mischung von Kali-Natronfeldspat gebunden zu sein scheint, sondern wahrscheinlich ziemlich unabhängig von der chemischen Zusammensetzung auftreten kann.

Um die optische Orientierung des Feldspates näher zu bestimmen, wurden einige orientierte Präparate angefertigt.

Auf M (010) tritt in einem homogenen Feldspatindividuum, wo also ein perthitisches Zerfallen in die Einzelkomponenten nicht stattgefunden hat, die spitze positive Bisektrix etwas schief aus. Eine deutliche Dispersion mit $\rho < \nu$ ist wahrnehmbar. Die Auslöschung beträgt $6-8\frac{1}{2}^\circ$, einzelne Flächen zeigen aber eine bedeutend höhere Auslöschung von $12\frac{1}{2}^\circ$. — Auf P (001) ist die Auslöschungsschiefe max. 2° . Schnitte senkrecht gegen P und M zeigen beinahe parallele Auslöschung.

Die Zwillingslamellierung ist, wie schon erwähnt, ausserordentlich zart und hauptsächlich in Schnitten \perp P und M wahrnehmbar. Auf (001) ist eine Zwillingslamellierung oft kaum mit Sicherheit festzustellen und sogar in Schnitten \perp P und M oft nur bei starker Vergrösserung und in gewissen Lagen und Beleuchtungsverhältnissen deutlich zu beobachten.

Spez. Gewichtsbestimmungen an Material aus den perlgrauen Zentralpartien des Feldspates ergaben Werte zwischen 2,612 und 2,622. Die Brechungsexponenten wurden mit dem Totalrefraktometer bestimmt und ergaben $\alpha = 1,5355$, $\beta = 1,5458$, $\gamma = 1,5490$, $\gamma - \alpha = 0,0135$.

Chemische Zusammensetzung.

Es war natürlich sehr wünschenswert, die genaue Zusammensetzung des Feldspates auch durch eine chemische Analyse bestätigen zu können, umso mehr weil ein gewisser Gegensatz zwischen den antiperthitisch ausgebildeten Feldspateinsprenglingen und dem ausgesprochenen Kalisyenit, wie dieser sich durch die Analyse kennzeichnet, zu herrschen scheint. Eine approximative Berechnung des Volumprozentages von Einsprenglingen im Gestein zeigt deutlich, dass beinahe der ganze Natrongehalt in den Einsprenglingen liegt, und dass der Grundmasse ein extremer Kaligehalt zukommen muss. Leider waren die Einsprenglinge in dem analysierten Gestein wegen der Menge von

¹ T. M. P. M. Bd 15, p. 424.

Einschlüssen nicht für eine quantitative Analyse geeignet, aber aus den analogen und ausserordentlich frischen Rhombenfeldspäten des Syenits von Luossavaara habe ich Dr. NAIMA SAHLBOM eine Analyse ausführen lassen, die unter I in folgender Tabelle angegeben ist. Ib gibt die Molekularproportionen der Analyse, Ic die molekularprozentische Zusammensetzung und Id zeigt die Mengen von Al_2O_3 und SiO_2 von CaO und Alkalien berechnet, und die Differenzen in der Analyse für diese Zahlen.

Rhombenfeldspat, perlgraues Zentrum eines Rhombus, Syenitporphyr im Block, Luossavaara.

	I	Ib	Ic	Id
SiO_2	63,00	105,00	70,57	70,52 + 0,05
TiO_2	0,10	0,12	—	
Al_2O_3	22,50	22,06	14,83	14,60 + 0,23
Fe_2O_3	0,91	0,57	—	
CaO	3,56	6,36	4,27	14,60
MgO	0,08	0,20	—	
Na_2O	8,54	13,84	9,30	
K_2O	1,44	1,53	1,03	
H_2O	0,32	1,78	—	
	100,49	151,46	100,00	

Die Analyse ergibt eine ungefähre Zusammensetzung von 74,5 % Albit, 8,5 % Orthoklas und 17 % Anorthit oder sehr nahe $Or_1Ab_9An_2$.

In der folgenden Tabelle habe ich sämtliche mir bekannte Analysen von rhombisch ausgebildeten Alkalifeldspäten zusammengestellt und wiederhole zum Vergleich die neu ausgeführte Analyse.

	I	II	III	IV	V	VI	VII
SiO_2	63,00	58,18	59,76	64,37	59,50	60,52	61,03
TiO_2	0,10	—	—	—	—	—	—
Al_2O_3	22,50	22,89	19,60	21,18	22,69	22,29	23,71
Fe_2O_3	0,91	4,58	2,09	2,65	2,47	2,96	1,68
CaO	3,56	4,61	4,37	0,94	5,05	2,77	2,91
MgO	0,08	0,71	1,04	0,93	0,42	Spur.	Spur.
Na_2O	8,54	2,97	6,86	8,50	6,38	6,48	6,83
K_2O	1,44	4,17	2,76	2,21	2,50	4,63	4,38
H_2O	0,32	0,96	1,00	—	1,57	0,18	0,24
	100,49	99,07	99,07	100,48	100,38	99,83	100,78

I Rhombenfeldspat Luossavaara (siehe oben).

II » Lille Frogner, KJERULF anal. BRÖGGER: Sil. Etagen 2 und 3, p. 295.

III » Südl. Norwegen, SVANBERG anal. ROSE: Zeitschr. d. D. G. G. 1849, I p. 380.

IV » Skaret, KJERULF anal. BRÖGGER: Sil. Etagen 2 und 3, p. 306.

V » Tyveholmen, FISCHER anal., MÜGGE: Neues Jahrb. 1891: 2, p. 119.

VI—VII » Kilima-Njaro, FLETCHER anal., Min. Mag. VII, p. 131.

Die Analysen scheinen keine so abweichende Zusammensetzung oder überhaupt keine spezifischen Merkmale anzudeuten, die in erster Linie für die abweichende Ausbildung und optische Orientierung des Feldspates verantwortlich gemacht werden könnten. Wie ersichtlich, enthält der vorliegende Feldspat kaum mer Kali als man in vielen ganz normalen Oligoklasen findet. Von 1,44 K_2O gegen 8,58 Na_2O und 3,56 CaO in dem Rhombenfeldspat des Luossavaarablockes haben wir beinahe jeden Übergang zu kalireichen Beispielen aus dem Kristianiagebiet mit 5,17 K_2O , 2,97 Na_2O und 4,66 CaO . Es ist in solchen Fällen ziemlich schwer, gerade in der chemischen Zusammensetzung den Impuls zu der abweichenden Krystallform zu suchen.

Bekanntlich ist die chemische Zusammensetzung des Rhombenfeldspates schon früher Gegenstand von Meinungsverschiedenheiten gewesen, indem MÜGGE die Rhombenfeldspäte des Kristianiafjordes wegen ihrer chemischen Zusammensetzung als ziemlich normale Oligoklase mit folgenden Worten kennzeichnet: »Vorläufig ist es indessen wegen der Übereinstimmung in den optischen Eigenschaften, dem spezifischen Gewicht und den kristallographischen Verhältnissen wohl erlaubt, diese Feldspäte sämtlich dem Oligoklase zuzurechnen, wenn sie auch wegen ihrer abweichenden kristallographischen Konstanten — — — eine etwas gesonderte Stellung einnehmen werden.«¹ MÜGGE kennzeichnet diese Feldspäte kurz als Oligoklase, die durch ihre äusserst feine Zwillingsstreifung charakterisiert sind.

BRÖGGER tritt dieser Ansicht bestimmt entgegen, indem er den triklinen Kali-Natron-Kalkfeldspäten der Rhombenporphyre eine vollständig selbständige Stellung zuerteilt, die durch die »beinahe-Rechtwinkligkeit« des Winkels $P : M$ neben im übrigen abweichenden optischen Konstanten gekennzeichnet wäre. BRÖGGER² benennt solche Feldspäte Natronmikroklin (Anortoklas von ROSENBUSCH).

Wenn wir das vorliegende Material näher ins Auge fassen, scheint es, als ob der Feldspat im vorliegenden Falle kaum eine chemische Selbständigkeit beanspruchen kann, da die Kalikomponente quantitativ so unbedeutend ist, dass dabei keine für einen Rhombenfeldspat charakteristischen Merkmale angedeutet werden. Im Gegenteil dürfte man bei manchen ganz normalen Oligoklasen einen ebenso hohen und sogar höheren Kaligehalt nachweisen können (vergl. HINTZE: Handb. d. Mineralogie, Bd II, p. 11).

Dagegen kann es nicht verleugnet werden, dass die optischen Konstanten für einen normalen Oligoklas stark abweichende Werte zeigen. Es scheint aber vielleicht möglich, diese Abweichungen durch die isomorphe Beimischung des Kalifeldspatmoleküls erklären zu können. Eine wenn auch unbedeutende Beimengung von Kalifeldspat würde man dann schon

¹ Neues Jahrbuch für Mineralogie etc. 1881, p. 117.
Sil. Etagen 2 und 3, p. 299.

einem ziemlich kräftigen Einfluss auf die optische Orientierung des Oligoklasses zuschreiben müssen.

Sollte es sich aber tatsächlich so verhalten, dass man mit einem ganz gemeinen Oligoklas als Anfangstufe bei steigendem Kaligehalt allmählich die Eigenschaften eines typischen Kali-Natron-Kalkfeldspates erreicht, muss natürlich dieses letztere Mineral als Endglied einer isomorphen Reihe aufgefasst werden, die von einem beliebigen Glied der Plagioklasreihe ausgehend, durch zunehmenden Kaligehalt zu Feldspäten führt, deren optische Konstanten sich allmählich denjenigen der reinen Anorthoklasse nähern. Leider liegt vorläufig kaum genügendes Material vor, um eine solche Untersuchung durchzuführen, obwohl Daten nicht fehlen, die für eine solche Erklärung sprechen.

Über die Bildungsbedingungen des Rhombenfeldspates.

Eine nähere Erklärung der Rhombenform der Feldspäte ist vorläufig nicht gegeben worden, und die ganze Frage der variierenden Habitusentwicklung gewisser Mineralien gehört ja noch zu einer der wenigst aufgeklärten Fragen der Mineralogie. In diesem Zusammenhange möchte ich auf einige Gesichtspunkte aufmerksam machen, die möglicherweise für die richtige Auffassung der Rhombenform von Interesse sein können.

Wenn man nicht die chemische Zusammensetzung des Minerals für eine abweichende Kristallform verantwortlich machen kann, wie in vorliegendem Falle kaum annehmbar ist, pflegt man die Ursache in dem Gleichgewichtszustand der Lösungsgenossen zu suchen. Experimentelle Studien haben gezeigt, wie ausserordentlich empfindlich ein Kristall bezüglich seiner äusseren Entwicklung für kleine Veränderungen in der Zusammensetzung der Lösung sein kann. Diese Verhältnisse stehen bekanntlich u. a. in Zusammenhang mit dem ungleichen Adsorptionsvermögen verschiedener Flächen, wodurch der Konzentrationsaustausch zwischen gesättigter Grenzschicht und über- bzw. untersättigter Lösung variiert und die Wachstums- bzw. Auflösungsgeschwindigkeit in gewissen Richtungen beschleunigt, in anderen herabgesetzt werden kann.¹ — Man könnte die Rhombenform der Feldspäte als eine Funktion dieser Verhältnisse auffassen und also als eine zwar nicht gewöhnliche, aber doch unter gewissen Gleichgewichtsverhältnissen der Lösungsgenossen immerhin mögliche Wachstumsform eines Feldspates deuten.

Es gibt aber auch eine dritte denkbare Erklärung einer abweichenden Kristallform, und das ist, die Flächenkonfiguration nicht als eine Wachstums- sondern als eine Auflösungsform aufzufassen.² Verschiedene Merk-

¹ Vergl. RITZEL: Die Kristallisations- und Auflösungsgeschwindigkeit, Fortschritte der Min. etc. Bd. I, p. 93.

² ROSENBUSCH hat schon eine solche Erklärung in seiner Physiographie I: 2, p. 329 angedeutet.

male bei dem vorliegenden Material scheinen für eine solche Auffassung zu sprechen. Wir werden in den folgenden Zeilen auch die Möglichkeit einer solchen Erklärung etwas näher ins Auge fassen, obwohl unsere Kenntnisse auf diesem Gebiet noch nicht ausreichen, um eine bestimmte Antwort geben zu können, in wie weit wirklich die kristallauflösenden Kräfte auf bestimmte Auflösungsformen wirken.

Bekanntlich treten die Rhombenfeldspäte oft als mehr oder weniger abgerundete oder sogar ellipsoidische Einsprenglinge auf. Der ganze Habitus vieler dieser, jeder scharfen Umgrenzung entbehrenden Kristalle erinnert an magmatische Korrosionserscheinungen und es ist schwer den Gedanken fern zu halten, dass Resorbtionsprozesse gerade bei den Rhombenporphyren eine gewisse Rolle gespielt haben müssen. Im Lichte neuer Forschungen liegt dann aber die Annahme nahe, dass vielleicht die Rhombenform nicht einer Wachstumsform, sondern einer Lösungsform entspricht. Besonders bei beträchtlichen Veränderungen in dem Magma, wobei zuerst auskristallisierte Einsprenglinge nicht mehr stabil werden, könnte man sich vielleicht Resorbtionserscheinungen denken, die zur Bildung von ganz neuen Flächenkonfigurationen führen können.

Ein Umstand, der eine solche Annahme vielleicht gerade in dem vorliegenden Falle plausibel macht, ist der ausgesprochene Gegensatz zwischen dem ausgeprägten Kalisyenit und den natronreichen Antiperthit-einsprenglingen. Die Zusammensetzung der letzteren scheint kaum einer sich normal vollziehenden Auskristallisation in dem betreffenden Magma entsprechen zu können.

Die Grösse des Winkels $(110):(1\bar{1}0)$, der in allen Arbeiten über rhombenförmig ausgebildete Feldspäte als bedeutend grösser angegeben wird, als die berechneten Werte verlangen, findet bei der Annahme, dass die Rhombenform eine Auflösungsform ist, eine einfache und natürliche Erklärung. Bei synthetischen Versuchen hat nämlich W. SCHORR¹ gezeigt, dass die Neigungswinkel zwischen Lösungsflächen oft von den berechneten Werten stark abweichen. Diese Tatsache wird z. B. bei der Auflösung eines Klornatriumwürfels in harnstoffsaurer ungesättigter Lösung dadurch erklärt, dass stärker geneigte Pyramidenwürfel Flächen eine etwas grössere Auflösungsgeschwindigkeit besitzen als weniger geneigte. Da nun jede Auflösung als eine Parallelverschiebung einer Fläche gegen das Kristallzentrum aufzufassen ist, und da ferner jede Fläche unter bestimmten Lösungsbedingungen eine bestimmte, von ihrer Grösse und Umgrenzung unabhängige Verschiebungsgeschwindigkeit besitzen dürfte, werden Flächen mit kleiner Lösungsgeschwindigkeit nicht zur Entwicklung gelangen, können aber, wenn der Unterschied in der Auflösungsgeschwindigkeit nicht gross ist, doch durch Abstumpfung der Kanten und Abrundung der Flächen oder durch das Auftreten als Vizinalflächen sich geltend machen. Das Auftreten von Vizinalflächen mit etwas kleinerer Auflösungsgeschwin-

¹ Z. f. Krist. LIV, p. 298.

digkeit als die Hauptfläche einer Zone würde natürlich den ihnen nächstliegenden Winkel vergrössern.

Eine ähnliche Erklärung für die abnorm grossen Winkel des Grundprismas bei den Rhombenporphyren würde sich vielleicht auch denken lassen. Die gegen die A-Achse weniger geneigten Prismen dürften dann eine kleinere Auflösungsgeschwindigkeit besitzen, als z. B. das Grundprisma, und deswegen bei der Auflösung nicht recht zur Entwicklung kommen. Sie werden nicht als reelle Flächen zur Ausbildung gelangen, aber die Differenzen in der Auflösungsgeschwindigkeit wären nicht grösser, als dass sie sich doch als virtuelle Flächen bemerkbar machen können und dabei die abweichenden Winkelwerte veranlassen.

Ist diese Annahme berechtigt, hätte MÜGGE in einer Hinsicht in seiner Vermutung recht gehabt, dass Vizinalflächen in Form eines Prismas auftreten; diese Entwicklungsform würde aber nichts mit dem Wachstum der Kristalle zu tun haben, sondern eine unter ganz speziellen Lösungsverhältnissen auftretende Lösungsfläche darstellen, die aber wegen zu kleiner Auflösungsgeschwindigkeit nicht zur realen Entwicklung gelangt, sondern sich nur durch Modifikation in den Neigungswinkeln zwischen den Grundprismen kundgeben.

Auch verschiedene andere Tatsachen bei den Rhombenporphyren scheinen für die Annahme zu sprechen, dass eine Störung in der Auskristallisation stattgefunden hat. Die konstante randliche Umhüllung von Kalifeldspat steht z. B. in Übereinstimmung mit einer solchen Annahme und die oft nachweisbare Zertrümmerung der Rhomben vor einer später eintretenden orientierten Umwachsung neuer Feldspatsubstanz weist auf gestörte Kristallisationsprozesse. Die sehr beschränkte Verbreitung der Rhombenporphyre von Quincy¹, die nur als Randfacies eines Granitbatholiten an gewissen tiefliegenden Schieferkontakten auftreten und die abweichende Zusammensetzung gerade dieser Modification des Eruptives scheinen auch auf exzeptionelle Erstarrungsverhältnisse hinzudeuten.

Das immer noch seltene Auftreten von Feldspäten in Rhombenform erfordert auch mehr oder weniger exzeptionelle Bildungsbedingungen, die gerade in einer plötzlichen chemischen Veränderung des Magmas zu suchen sein könnten, wobei eine schon in Auskristallisation begriffene Feldspatgeneration nicht mehr stabil bleibt, sondern einer Auflösung preisgegeben würde. Dabei könnte sich aber bei den herrschenden Gleichgewichtsverhältnissen der Lösungsgenossen nicht mehr die alte Flächenkonfiguration der Wachstumsepoche beibehalten, sondern Flächen, die gerade unter den in dem Magma dann herrschenden exzeptionellen Verhältnissen grosse Auflösungsgeschwindigkeit besitzen, würden zur Entwicklung gelangen. Eine später eintretende orientierte Anwachsung neuer Substanz kann dann die Resorbtionserscheinungen oft verhüllen oder wenigstens ihr Erkennen bedeutend erschweren.

¹ Proc. Am. Acad. of Arts and Sciences, Vol. 49 n:o 5 (1913).



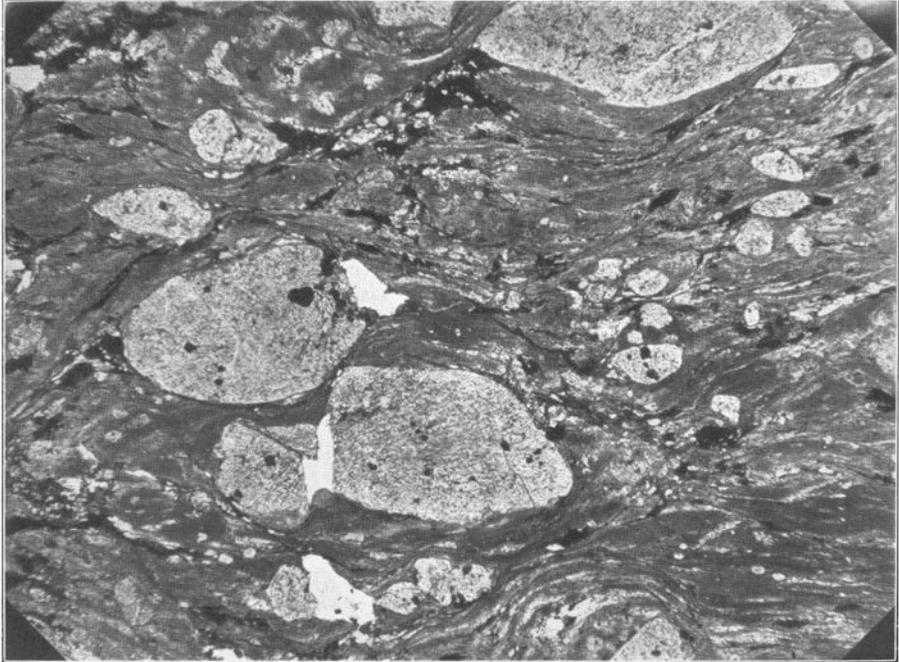


Fig. 1. Rhombenporphyr, stark mylonitisiert. Tjäcktvagge. Vergr. 18 X

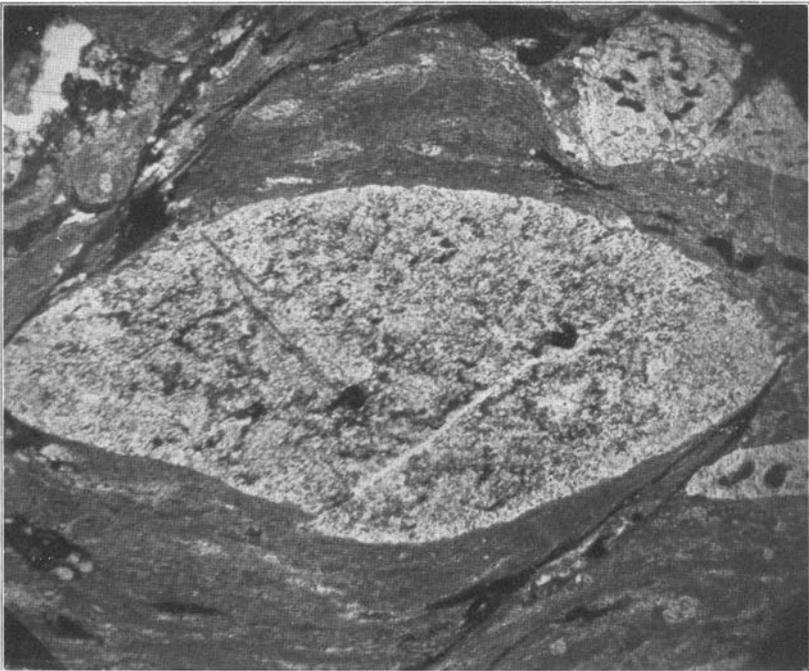


Fig. 2. Einzelner Rhombus aus Fig. 1 bei stärkerer Vergrößerung.