

4. Zum Gefügeverhalten des Nephelins in zwei Vorkommen alkaliner kristalliner Schiefer „Grennait“ von Norra Kärr und canaditischer Gneis von Almunge (Schweden)

Von

Hans J. Koark

Inhaltsverzeichnis

Übersicht über Vorkommen und Deutung von nephelinführenden Gesteinen in Tiefenfazies mit plan- und linearparallelen Gefügen.	1
Zum Begriff der Protoklase	3
Vorläufige Mitteilung über Resultate gefügekundlicher Arbeit in Norra Kärr . .	5
Gefügeverhalten des Nephelins im „Grennaite“ von Norra Kärr	12
Regelung des Nephelins in den canaditischen Gneisen von Almunge	20
Diskussion der Nephelinregelungen.	25

Übersicht über Vorkommen und Deutung von nephelinführenden Gesteinen in Tiefenfazies mit plan- und linearparallelen Gefügen

Nephelin gilt im allgemeinen als ein für magmatische Alkaligesteine charakteristischer Gemengteil. Trotz, dass in einer Reihe von Arbeiten Nephelin als Mineralkomponente von Gneisen und Schiefen syenitischer Zusammensetzung bekanntgemacht wurde, wird seine Behandlung in zusammenfassenden Darstellungen über metamorphe und metasomatische Gesteinsbildung gemieden.

Die erste Nachricht über Nephelin als Bestandteil eines als kristallinen Schiefer bestimmten Jadeit-Plagioklas-Gesteines aus Tibet gab 1896 M. BAUER, wobei auch die Konsequenzen dieses Befundes für die petrogenetische Stellung des Nephelins angedeutet wurden. Für Gesteine nephelinsyenitischen Mineralbestandes war es A. OSANN (1907) der erstmals ein Beispiel solcher durch Regionalmetamorphose umgewandelter und als nephelinreiche Gneise vorliegender Gesteine nennt. Diese bei Cevades (Provinz Alemtejo/Portugal) als flachlinsenförmige Einlagerungen zwischen anderen kristallinen Schiefen, die als Paragesteine bezeichnet werden, vorkommenden Nephelingneise haben nach OSANN Orthocharakter und sollen ihr Parallelgefüge durch kristalloblastische

Umkristallisation erhalten haben, das zusätzlich noch durch postkristalline Kataklasten verschärft wurde.

Dann finden sich eine Reihe von Angaben über parallelstruierte Nephelinsyenite, wo zwar deren gneisig-schiefriges Gefüge erwähnt ist, doch ohne dass tiefgreifendere Schlussfolgerungen auf die Entstehung dieser gerichteten Gefüge — und dem Verhalten des Nephelins bei derselben — gezogen werden.¹ So hat TÖRNEBOHM 1906 den Katapleitsyenit von Norra Kärr, östlich des Vättern-Sees in Südschweden, als ein Gestein bezeichnet, das mehr einem kristallinen Schiefer, als einem Eruptivgesteine gleicht. Es wurde dann doch schliesslich als eine mehr effusiv, als plutonische Fazies eines Eruptivgesteines bezeichnet. — I. F. O. ADAMS & A. E. BARLOW (1909) haben die schon seit 1894 aus dem östlichen Ontario/Canada bekanntgemachten Alkali- und Nephelinsyenite, die als eine zu einem Granit gehörige und an Kontakten zu Kalksteinen vorkommende Differentiationsfazies beschrieben sind, als durchwegs gneisartig entwickelt bezeichnet. 1914 machte P. QUENSEL einen Canaditgneis bekannt, der als Randfazies zwischen dem zentralen Teile des aus Umptekiten und Canaditen bestehenden Alkalimassivs von Almunge, 25 km östl. Uppsala/Schweden, und dem angrenzenden Granite vorkommt. Das Parallelgefüge wird als durch Protoklasten entstandene Fliesstruktur aufgefasst. A. LACROIX hat in seinen Arbeiten über die Alkaligesteinsgebiete auf Madagascar und Haut-Tonkin, Indochina, mehrfach auf den gneisigen Charakter solcher Bildungen hingewiesen. Besonders 1928, wo er den als Intrusivgestein bezeichneten Nephelinsyenit von Maharaingo, als einen Nephelingneis bezeichnet, der seine granoblastische Struktur verloren hat. ESKOLA & SAHAMA beschreiben 1930 einen astrophyllitführenden Nephelinsyenit-Gneis, der jedoch nur als Block im Gebiete von Kiihtelysvaara/Ostfinnland angetroffen wurde. Die Verfasser schliessen sich für die Entstehung des Parallelgefüges den Auffassungen von LACROIX und QUENSEL an, wonach diese primär gneisigen Gefüge als Resultate marginaler Magmabewegungen im Alkaligesteinskörper zu erklären sind. Schliesslich liegen aus dem Ural eine Reihe Angaben über schiefrige Nephelinsyenite vor. In russischer Sprache, die leider vom Verfasser nicht gelesen wird. BRÖGGERS Protoklasten (1890), die für die Deutung des streifig-schiefrigen Gefüges der Ditroite (cancrinit- und sodalithführende Nephelinsyenite) im Oslofelde herangezogen wird, wird auch bei USSING (1912) für die Entstehung des schiefrigen Gefüges in den Lujavriten des Ilímaussaq-Batholithen in SW-Grönland verantwortlich gemacht. Dasselbe gilt für RAMSEY (1894), der fluidalfasrige Nephelinsyenite als endomorphe Kontaktmodifikationen im Umptek-Massiv/Kola nennt. MOROZEWICZ (1930) machte eingehend mineralogisch-petrochemisch die z. T. gneis- und schlierenförmig auftretenden Mariupolite aus der Ukraine bekannt, die auf Grund ihres hohen Na- und Zr-Gehaltes

¹ Von diesen Betrachtungen sind doch solche Vorkommen ausgeschlossen, deren Parallelgefüge als rhythmischer oder arhythmischer Lagenbau entstanden durch magmatische Schichtung erklärt werden kann (z.B. Bereiche von Umptek, Ilímaussaq, etc.).

den Grennaiten von Norra Kärr recht nahe stehen. Sie werden als magmatische Differentiationsprodukte aufgefasst. TILLEY (1942) schliesst doch in seinem Aufsatz über "Nephelin-Paragenesen" den Mariupolit-Nephelin von denen magmatischer Entstehung aus.

Das Vorkommen alkalischer Tiefengesteine in Südafrika ist sehr oft mit vulkanischen Äquivalenten verknüpft. Schiefrige alkalische Tiefengesteinsvarietäten (Lujavrite, Foyaite) sind von Pilansberg/Transvaal (BROUWER, 1910, 1912), von den Vorkommen der Franspoort-Linie, 100 km östlich Pilansberg (BROUWER 1910) und Spitskop im Sekkuniland (BROUWER 1910, SHAND 1921, STRAUSS & TRUTER 1950) bekannt gemacht wurden. Davon sollen die Vorkommen von Pilansberg (BROUWER 1914) und Spitskop (STRAUSS & TRUTER 1950) „ring-dykes“ angehören.

Überlegungen über die Entstehung der Parallelgefüge an afrikanischen Vorkommen stellte m. W. nur BROUWER (1912) für die schiefrigen Gefüge der Lujavrite von Pilansberg an. Sie wurden nicht als durch Strömungsbewegungen im Magma entstanden aufgefasst. Es fehlt hierfür nach ihm die lineare Parallelanordnung der Ägirinnadeln. Auch der schlierige Wechsel von planparallelstruirten und mehr gefügeisotropen Bereichen wird als verneinender Hinweis gerechnet. Für die Entstehung der wechselweise grob- und feinkörnigen Lujavrite macht BROUWER hydrostatische Druckänderungen, verknüpft mit zeitweiliger Zufuhr von Emanationen und wechselnde Viskositätsbedingungen verantwortlich. Hierbei einseitig gerichteter Druck soll die planaren Gefüge verursacht haben.

Zum Begriff der Protoklase

In den älteren oft sehr ausführlich mineralogisch-petrochemischen Darstellungen, hat man für die nicht weniger wichtige strukturelle Seite der Sache oft nur recht summarische Vorstellungen über die Bildung schiefriger Gesteinsgefüge. Ohne hierbei vorerst den Wert des Protoklase-Begriffes einschränken zu wollen, scheint er doch sehr oft als einzig denkbare Erklärung ein Anker in der Not gewesen zu sein. Nach BRÖGGER (1890) werden solche Erscheinungen als „protoklastisch“ oder durch „Protoklase“ entstanden bezeichnet, wo in einem Erstarrungsgestein das Erstkristallisat durch mechanische Einwirkung (Fließbewegung, squeezing, etc) zerbrochen und ihm eine bestimmte Textur aufgezungen ist. Als Protoblastese oder als protoblastisch, bezeichnet WEBER (1913) „jene Art von Kristalloblastese, welche in Erstarrungsgesteinen in unmittelbarem Anschluss an die Erstarrung entsteht“. Diese Begriffe haben somit für autometamorphe Prozesse gleiche Bedeutung, wie Kataklastase und Kristalloblastese in der Metamorphose.

Nun ist die Frage, ob eine Unterscheidung von Protoklase/Protoblastese und Kataklastase/Kristalloblastese in einem vorliegenden Gesteine möglich ist, ohne dass von vornherein ein Standpunkt hinsichtlich der Entscheidung magmatisch

oder metamorph bezogen sein muss. Es wurde ja besonders von SANDER immer wieder darauf hingewiesen, dass es im Prinzip keinen Unterschied zwischen den Bewegungsbildern in hochteibeweglichen, gerichtete Drucke leitenden Festem und im Flüssigen gibt. Es kann darum auch kein Universalrezept geben, um hochteibeweglich feste von flüssigen Bewegungsbildern zu trennen. Gewiss gibt es Gefügemerkmale, die mehr für das eine, als das andere sprechen, ohne doch im Übergangsbereich das Gegensätzliche auszuschliessen. So sind z. B. nach SANDER Merkmale für Gefüge entstanden durch Drucke und Leitung im teibeweglich „Festem“ Scherflächen der Zonen *hol*, *okl*, *hko*, alle sich kreuzenden Gefügeflächen, und vor allem die Regel der Stauchfaltengrösse. Ferner alle typischen Kennzeichen für *s*- und *B*-Tektonite. Für im flüssigen Zustand entstandene Gefüge ist es vor allem ein starkes Vorherrschen von *a* als reines Lineargefüge, ohne dass eine Symmetrieebene $\perp a$ existiert, und schliesslich das Fehlen der Regel der Stauchfaltengrösse. Doch wie gesagt, je höher der Teibeweglichkeitsgrad im Drucke leitendem Festen ist, desto mehr werden die beiderseitigen Kriterien verwischt. Es ist darum anzunehmen, dass die frühere Anwendung des Begriffes Protoklase/Protoblastese mehr auf apriorische Vorurteile, als auf geprüfte Sachverhalte baute.

SANDER (1948) fordert für Protoklase, dass das zerbrochene Mineral A einer nachweislich frühesten Kristallisation (im Schmelzflusse) durch das Mineral A der gleichen Generation verheilt sein möge. Für unsere nephelinsyenitischen Gesteine, wie alle anderen sauren bis intermediären Tiefengesteine, steht zur Frage, ob diese Forderung und damit der Begriff der Protoklase aufrechterhalten werden kann, wenn man teils der strikten Ablehnung jeglicher Schmelzflüssigkeit bei Tiefengesteinsbildung durch die Transformisten begegnet und selbst TUTTLE, der derzeitige führende Magmatist, granitische Gesteine als Festkörperkristallisate auffasst, deren Bildung einer relativ niedrig temperierten Nachphase zugeschrieben wird (vgl. MEHNERT 1959), die die Erstkristallisationen entweder ausmerzte oder unkontrollierbar überlagern konnte. Damit wäre aber die Entwicklung im Kristallisat über die von SANDER geforderten Protoklase-Kriterien hinausgegangen und für das Festkristallisat sind eben die Türen für alle möglichen Deutungen, je nach genetischem Geschmack, geöffnet. Es scheint mir darum zweckmässig, für saure bis intermediäre körnige Tiefengesteine den Protoklase/Protoblastese-Begriff wegen Fehlens eindeutiger Kriterien fallen zu lassen, und an seine Stelle eine gefügekundliche Charakterisierung zu setzen, die die Formungsbilder objektiv beschreibt, sie mit denen der umgebenden Hülle konfrontiert, um so dann auf den von SANDER (1948) vorgezeichneten Wegen die Entscheidung „Amplatz- oder Einströmungsgefüge“ zu treffen.

Von einigen obengenannter Vorkommen sind inzwischen Neubearbeitungen oder Umdeutungen erschienen. So z. B. WEGMANN's (1938) transformistische Gesichtspunkte auf die Lujavrite des Ilímanssaq-Batholithen, die SØRENSEN (1958) mit eigenen und anderen Anschauungen konfrontiert. Aus dem Bancroft-

Gebiete/Ontario liegt u.a. für die parallelstruierten Nephelingneise eine Umdeutung von GUMMER & BURR (1946) vor, die sie als nephelinisierte Paragneise sehen. Vgl. hierzu TURNER & VERHOOGEN's (1960) abstraktierende Zusammenfassung über „metasomatische Nephelinsyenite“. Das Almungegebiet bei Uppsala wird derzeit von GORBATSCHEV neubearbeitet. Darüber mehr an späterer Stelle. Schliesslich bezweifelt, wie schon angeführt, TILLEY (1942) eine magmatische Entstehung für den Nephelin in den Mariupoliten.

Diese neueren Bearbeitungen haben sich doch gleichfalls weniger mit den strukturellen, als mit den petrochemischen und mineralfaziellen Verhältnissen versucht auseinanderzusetzen. Von einer Litchfieldite-Probe aus dem Ontario-Gebiete liegt doch eine kurze Untersuchung der Gefügeregelung von Albit und Nephelin von FAIRBAIRN (1941) vor, auf die später zurückgekommen wird. In diesem Zusammenhänge wäre auch darauf hinzuweisen, dass die schlierigmigmatischen Nephelinsyenite von Alnö, seinerzeit von A. G. HÖGBOM (1895) als magmatische Assimilationsfazies gegen den angrenzenden Gneis angesprochen, von v. ECKERMANN (1948) als nephelinisierte Migmatite, d.h. nephelinsyenitische Fenite gedeutet werden, deren Parallelgefüge somit wohl als abbildungskristallin aufgefasst werden muss.

Vorläufige Mitteilung über Resultate gefügekundlicher Arbeit in Norra Kärr

Im Frühjahr 1959 wurde vom Verfasser mit einer gefügepetrologischen Bearbeitung des Katapleit-Syenit-Vorkommens von Norra Kärr begonnen. Da die bisherigen Kartierungen und Laborarbeiten Resultate erbracht haben, die im Wesentlichen von denen früherer Bearbeiter (TÖRNEBOHM 1906, ADAMSON 1944) abweichen, sollen diese als *vorläufige Mitteilung* dem eigentlichen Thema, das dem Gefügeverhalten des Nephelins in schiefrigen Gesteinen gilt, vorangestellt werden.¹

Die Alkaligesteine von Norra Kärr erstrecken sich im morphologischen Schnitte in N-S-Richtung ca 1300 m, in E-W ca 400 m. Das Gebiet liegt einige Kilometer östlich des Vättern-Sees und wird von der Grenze zwischen den beiden Provinzen Östergötland und Småland durchzogen.

ADAMSON (1944), der dem Vorkommen eine betont mineralogisch-petrochemische Gradualabhandlung widmet, kommt kurz zusammengefasst zu folgenden allgemeinen Resultaten. Das Vorkommen gehört mit Sicherheit zu einem Vulkanschlot, der den umgebenden Växsjögranit durchbricht und somit jünger als Gotium ist. TÖRNEBOHM (1906) glaubt, dass das Vorkommen nicht älter als Jura sei. MAGNUSSON (1957) vermutet einen genetischen Zusammenhang mit dem Oslofelde und nennt Perm als Alter.

¹ Der Verfasser enthält sich bewusst — wenn umgänglich — mineralogisch-petrochemischen Kommentaren zu ADAMSON's Bearbeitung, um diesbezüglichen Studien H. v. ECKERMANN's nicht vorzugreifen.

ADAMSON denkt sich die magmatische Gesteinsentwicklung in zwei Äste geteilt, einen Zr-reichen mit der Reihenfolge Pulaskit-Lakarpit-Grennait und einen Zr-freien mit der Folge Kaxtorpit I (pektolith-reich) — Kaxtorpit IIa (pektolith-arm mit Nephelin) — Kaxtorpit IIb (pektolith-arm ohne Nephelin). Die deutlichen Plan- und Lineargefüge im Grennait sind nach ADAMSON Fliessgefüge des einströmenden Magmas in den Raum. Der in grossen Bereichen kleingefaltete Kaxtorpit wird zusammen mit Lakarpit und Pulaskit als phanokristallin bezeichnet. Diese 3 Gesteinstypen sollen in grösserer Tiefe kristallisiert und bei der Intrusion des Grennaites in ihre heutige Lage mitgeschleppt worden sein.

Der von ADAMSON beschriebene elliptisch-konzentrische Bau des „Schlotes“ kann bei genauer Untersuchung der tektonischen Verhältnisse nicht aufrecht gehalten werden. Die südliche und nördliche Umbiegung existiert nicht. Besonders deutlich wird das bei den guten Aufschlussverhältnissen im Norden (Fig. 1). Der Verlauf der *s* und *B* in den Alkaligesteinen geht durchaus mit jenen der parallelstruierten Hüllgesteine konform (D1). Ausserdem wurden nördlich der früheren Komplexbegrenzung Aufschlüsse mit Katapleit-Ägirin-Albit-Schiefern gefunden, die zweifellos im Zusammenhang mit den übrigen Alkaligesteinen stehen. Daraus ergibt sich für den morphologischen Schnitt eine oblong linsenförmige Gestalt des Alkaligesteinvorkommens, dessen nördliches Ende konform in den umgebenden N-S streichenden Gesteinen auskeilt. Im Süden sind die Verhältnisse etwas unsicherer, da in Alkaligestein und Hülle nicht gleich homogene tektonische Orientierungen vorliegen und vor allem das Gebiet schlechter aufgeschlossen ist.

Die Hülle um die Alkaligesteine, die von ADAMSON als Växsjögranit bezeichnet wird, kann in mindestens drei Gesteinstypen untergeteilt werden: einen feinkörnigen, schiefrigen Gneis, einen Hornbländegneis quarzdioritischer Zusammensetzung und einen grobkristallinen, mikroklinaugenreichen Granitgneis. Der Hornbländegneis steht im Hangenden der N-S streichenden und 30–50° gegen Westen einfallenden Alkaligesteine an, der grobkörnige Granit bis Granitgneis dominiert im Liegenden, und zwischen beiden in nördlicher und südlicher Fortsetzung des Alkaligesteinstreichens sind die feinkörnigen, schiefrigen Gneise anzutreffen. Es gibt keinerlei stichhaltige Beweise, dass es sich bei diesen drei Gesteinstypen um verschiedene Abarten des Växsjögranites handelt, der m. E. ein schlecht definierter Sammelbegriff für Bildungen sowohl verschiedener Entstehung und Alters ist.

Der grobkörnige Granitgneis bis Granit durchgreift an einigen Stellen eindeutig den z. T. stark schiefrigen Hornbländegneis. Gleichfalls werden die Parallelgefüge der am nördlichsten gelegenen gebänderten Katapleit-Ägirin-Albit-Mikroclin-Schiefer von einem gneisig bis massenförmigen Gesteine abgeschnitten, das zwar fenitisch beeinflusst ist, aber strukturell Züge obigen Gneisgranites zeigt.

Die Fenitzone um den schiefrigen Alkaligesteinskörper ist in dessen nächster

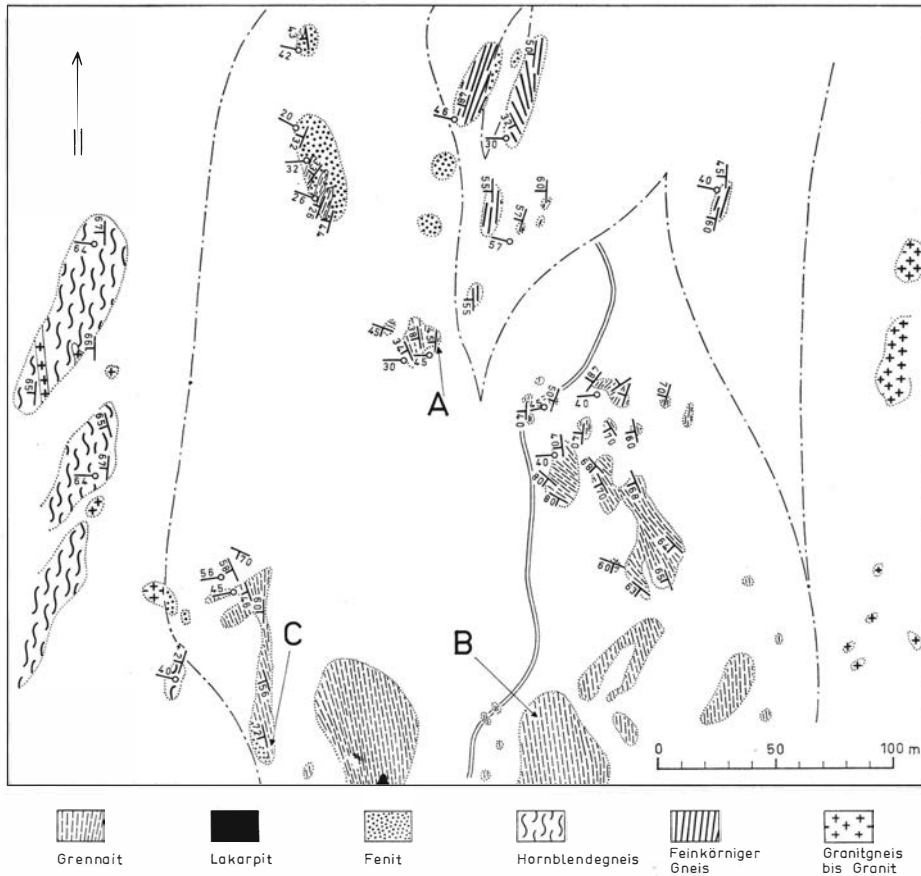
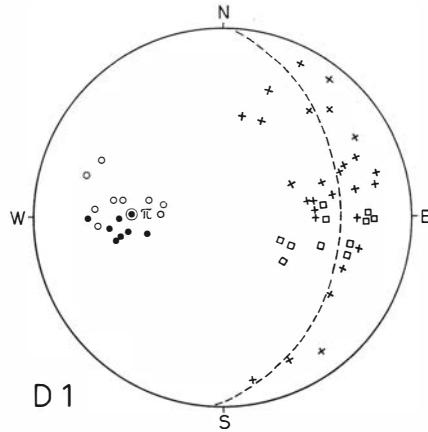


Fig. 1: Petrographisch-tektonische Karte der Aufschlüsse im nördlichen Teile des Alkaligesteins-Gebietes von Norra Kärr, östlich des Vättern-Sees. A-C: Handstückentnahmestellen für die besprochenen Korngefügeanalysen.

Nähe als Umptekit ausgebildet. Im Hängenden und Liegenden relativ schmal (wenige Meter bis Meterzehner), ist sie im nördlichen Ausstreichen mehrere Hunderte von Metern zu verfolgen. Sie besteht hier aus einer Mischung sehr unterschiedlicher Bildungen, denen nur durch eingehende mikroskopische Studien beizukommen sein wird. Es gibt alle möglichen Übergänge von grobkörnigen Feldspatbildungen bis zu Einlagerungen recht feinkörniger Gesteine leptitischen Aussehens. Letztgenannten Parallelgefüge, die sich in den allgemeinen tektonischen Bau einordnen, werden oft von den grobkörnigen Fenitbildungen abgeschnitten.

Die Quergriffe von Granit in den Hornblendegneis und von Fenit (Granit?) in die schiefrigen Alkaligesteine sprechen für höheres Alter der planaren und linearen Parallelgefüge gegenüber der Granit- und Fenitbildung. Die Entstehung genannter Parallelgefüge kann somit nicht mit den Bewegungen in



D1: Zusammenfassung der in der Karte Fig. 1 ersichtlichen tektonischen Felddaten ($s + B$) aus den parallelstruierten Alkali- und Hüllgesteinen. Flächentreue Projektion, untere Hemisphäre. 28 s -Pole aus dem Grennaite (+), 11 s -Pole aus Hornblendegneis und feinkörnigem Gneis (□). 9 B aus dem Grennaite (●) und 7 B aus den Hüllgesteinen (○).

Verbindung gebracht werden, die die senpräkambrische Vätternverwerfung auslösten. Wie später gezeigt wird, setzen deren para- bis postdeformative Kristallisationen regionalmetamorphe Bedingungen voraus, die doch für postpräkambrische Zeit nicht gegeben sind.

Die Erfassung der tektonischen Felddaten (s , B als Scherungs- und Faltenachse) ergab für den in der Karte (Fig. 1) dargestellten Bereich, dass in Bezug auf s und B zwischen Alkaligesteinen und angrenzenden feinkörnigen Gneisen, samt Hornbländegneisen keine Diskonformität vorkommt. Die s -Flächenstellungen haben im Katapleit-Ägirin-Nephelin-Albit-Mikroklin-Schiefer („Grennaite“¹) und in den angrenzenden parallelstruierten Hüllgesteinen annähernd gleiche Orientierungen. Im „Grennaite“ liegt Tendenz für grössere Tautozonalität der Flächenstellungen vor. Die stoffkonkordanten B -Achsen (korngefügekundlich kontrolliert) weisen sowohl im „Grennaite“ als in den in Frage kommenden Hüllgesteinen gleiche Ausbildung und Orientierung auf (30–50° gegen W), (vgl. D.1).

Aus diesen Taten ergibt sich für den dargestellten Bereich — die südlichen Teile des Gebietes unterscheiden sich prinzipiell nicht davon — dass die untersuchten morphologischen und aus ihnen abgeleiteten funktionalen Gefüge

¹ Schon bei freisichtiger Betrachtung geben die von ADAMSON als Grennaite und Kaxtorpit bezeichneten Gesteine den bestimmten Eindruck, dass es sich um Metamorphite handelt. (Deutliche prä- bis parakristalline Flächen- und Achsengefüge. s -Flächen gibt es in keiner Flüssigkeit! Laminare magmatische Fließbewegungen mit s als Anlagerungsgefüge sind für tiefenvulkanische Vorgänge undenkbar.) Die Resultate der mikroskopischen Studien, denen hier vorgegriffen werden soll, stützen voll und ganz diesen Befund. Aus diesem Grunde sollten eigentlich obige „Magmatit-Namen“ gemieden werden. Aus Raumersparnis werden sie doch vorerst beibehalten und in Fortsetzung in „Anführungsstrichen“ gesetzt.

(Beanspruchungssymmetrien und -richtungen) eine Gefügebildung durch Einströmen in den Raum verneinen. Sie sprechen vielmehr auf Grund ihrer in Hinsicht auf Ausbildung und Orientierung bestehenden Konformität mit den Gefügen der parallelstruierten Hülle für syntehtonische *Amplatzgefüge*.

Ausser oben angeführten Premissen führte zu dieser Feststellung eine Reihe von Daten, die sich aus den Dünnschliffbildern ergaben. Nämlich die, die Lineargefüge als *B*-Achsen definieren liessen und solche, die Merkmale für Formung im teilbeweglich Festem sind, samt die Reaktionsgefüge, die für den ungleichgewichtigen metamorphen Zustand des Mineralbestandes zeugen.

Das von ADAMSON als „Grennait“ bezeichnete Gestein hat ein feinkörniges, straffes plan- und linearparallelstruiertes Aussehen und setzt sich aus Feldspäten (Albit, Mikroklin), Nephelin (teilweise umgewandelt in Sodalith und Natrolith, randlich und einzeln fleckenhaft in Analcim), Ägirin, samt Katapleit und/oder Eudialyt zusammen.

Im Dünnschliffbilde weisen Feldspäte, Nephelin und Ägirin ein gleichkörniges, nur wenig verzahntes lepidobisnematoblastisches Gefüge auf. Recht deutlich ist dabei die Tendenz zur Streckung der längsten Korndiameter subparallel der Lineation. Katapleit und Eudialyt sind eindeutig Porphyroblasten mit Albit, Mikroklin, Nephelin und Ägirin als *s* im Interngefüge (*si*). Sie sind somit eindeutig jüngere Kristallisationen als ihre relikten Interngefüge. Sie kommen teils als isolierte xenomorphe Körner und teils als semiidiomorphe Tafeln vor, die belteropore Regelung // *s* und *B* zeigen. Nicht selten sind sie auch in schlierenförmiger Anordnung zu finden. Sie sind somit kein Kriterium für porphyrisches Gesamtgefüge, sondern sprechen lediglich für porphyroblastisches Teilgefüge. Es gibt somit in diesem „Grennait“-Gefüge keinerlei Anzeichen für ungehindertes Wachstum in einer Schmelze, das ja u.a. in eigengestaltlichen Komponenten zum Ausdruck kommen müsste. Vereinzelt grössere zusammengesetzte Feldspataggregate, die als Einsprenglinge aufgefasst werden könnten, sind Porphyroklasten. Sie haben ebenfalls metasomatische Umsetzungen erfahren, die jenen im übrigen Teilgefüge analog sind (z. B. verzwillingter Albit umgeben von aggressivem Mikroklin und neugebildetem unverzwillingten Albit). Mikroklin ist übrigens auch im Teilgefüge der „Grundmasse“ durchaus granophag und spät gebildet.

Ohne vorerst die Korngefügeanalyse zu konsultieren, kann man schon in Schliffbildern des „Grennaites“ Scherflächen bemerken, die distinkt die dominierende und als *s*₁ zu bezeichnende Flächenschar überqueren (Fig. 2). Dass es sich um Scherflächen handelt, zeigen der rekristallisierte Friktionsmörtel und die Kornstufungen an. Es sind vor allem Albit und Ägirin, weniger Nephelin, die sie besetzen. Aber auch Katapleit und Eudialyt sind in ihnen — wohl belteropor — anzutreffen. Im *ac*-Schliffe konnten für die *hol*-Zone folgende wiederkehrende Winkel zwischen *s* und überquerenden Scherflächen im Uhrzeigersinne gemessen werden: 30°, 40°, 130° und 140° (vgl. Fig. 3a). Auch im *bc*-Schnitte fanden sich deutliche kreuzende Scherflächen, die vermut-

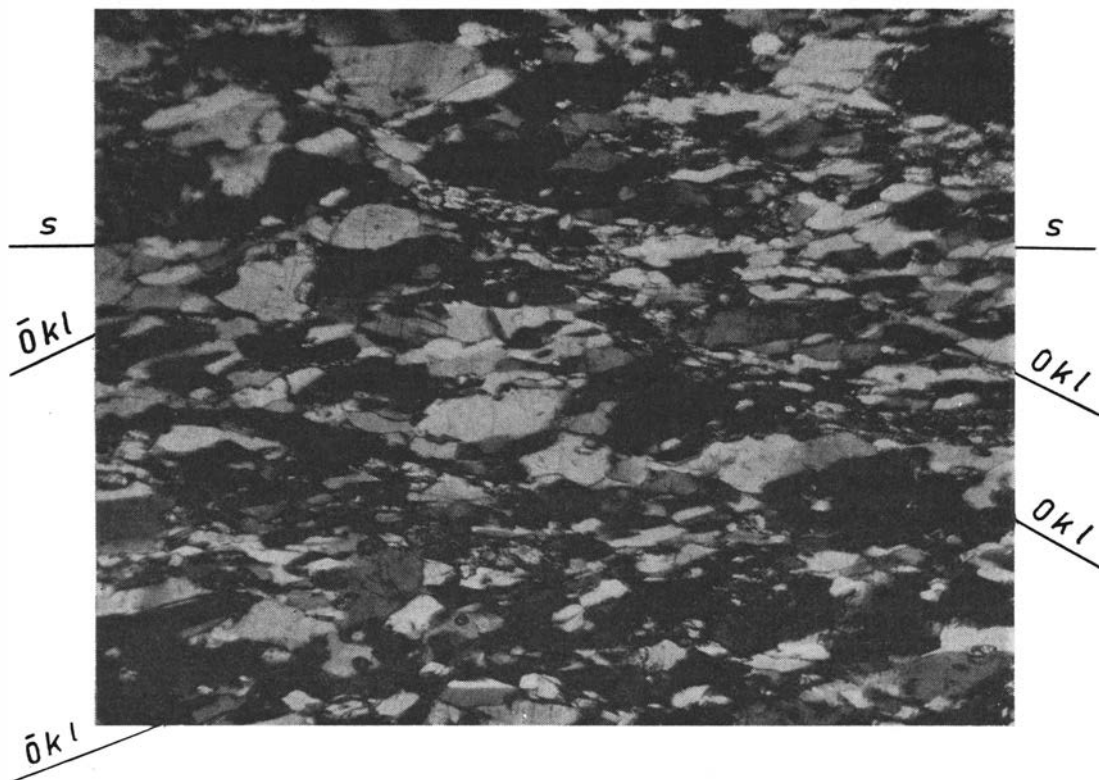


Fig. 2. Katapleit (Eudialyt)-Nephelin-Ägirin-Albit-Mikroklin-Schiefer („Grennait“) mit durch rekristallisierten Friktionsmörtel und Kornstufungen belegte *okl*-Scherflächen (*s*, *okl*, $\bar{o}kl$). *bc*-Schliff. $60\times$. Polarisiertes Licht.

lich der Zone *okl* angehören. Zu s_1 bilden sie in der Schliffebene folgenden Winkel (im Uhrzeigersinne): 20° , 40° und 150° . Vgl. Fig. 2 und 3 b. Im *ab*-Schnitte fehlen gleichartige in die Augen fallende querende Scherflächen.

Unter der Voraussetzung, dass obige Scherflächen gleichaktigt mit dem Lineargefüge sind¹, lassen sich hieraus zwei Kriterien ableiten, die gegen die Deutung des linearen Parallelgefüges als Stromfaden *a* einer Einstromung sprechen. 1) die distinkten Scherflächen in *hol* und *okl* des Gefüges, die nach SANDER als Beweis für Drucke leitendes Festes anzusehen sind und 2) die ungefähr symmetrische Anordnung der Scherflächen im *bc*-Schnitte, die eine Symmetrieebene $\perp a$ zulässt. Ausserdem kann hier vorweggenommen werden, dass sich in den kleingefältelten „Kaxtorpiten“ ausgezeichnete Beispiele für die „Regel der Stauchfaltengrösse“ finden, die ja, wie bekannt, schwerwiegendes Argument gegen magmatisches Fliessgefüge ist. Diese Beobachtungen befürworten die

¹ Die Tatsache, dass die im Dünnschliffe als *okl*-angesprochenen Flächen im *bc*-Schnitte nicht durch Richtungsstatistik indikiert werden (vgl. D₂, D₅₋₇), braucht nicht auf ungleichzeitige Bildung zu weisen. Es kann auf nicht genügende Dichte der *okl*-Flächen zurückzuführen sein, sodass um einen statistischen Effekt zu erhalten, zu wenige Körner erfasst sind.

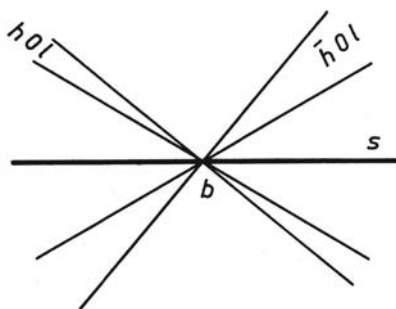


Fig. 3a.

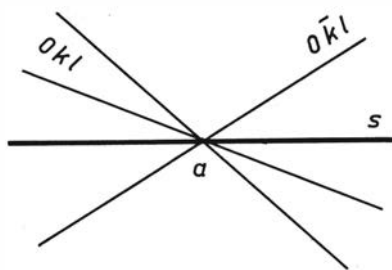


Fig. 3b.

Winkelverhältnisse sich kreuzender Scherflächen, die sich im Schliffbilde durch rekristallisierten Friktionsmörtel und Kornstufungen anzeigen. Fig. 3a: *hol*-Flächen im *ac*-Schliff. Fig. 3b: *okl*-Flächen im *bc*-Schliff.

als Arbeitshypothese angewendete Koordinatengebung im „Grennaite“, nämlich $b = B$ steht Δ auf der Symmetrie- und Formungsebene des Lineargefüges. $s_1 = ab$. $c \perp ab$. $a \perp B$ in ab .

Eckermannit-Ägirin-Albit-Mikroklin-Schiefer mit $\pm$ Pektolith und Nephelin wurden von ADAMSON als Magmatite angesehen und mit dem Namen „Kaxtorpit“ belegt. Meine bisherigen Untersuchungen galten dem areell grössten dieser Vorkommen (ca 10000 m²), das im zentralen Teile des „Grennait“-Gebietes gelegen ist. Der hier vorkommende „Kaxtorpit“ ist nephelinführend und reich an Pektolith (ADAMSON's Kaxtorpit I). Gegen den „Grennait“ finden sich *successive Übergänge* mit Zunahme von Ägirin, Nephelin, Katapleit — Eudialith und Abnahme von Eckermannit und Pektolith.

Tektonisch unterscheidet sich dieses Gebiet von dem des „Grennaites“ durch markant steilachsigen Schlingenbau (von Faltenscheitel zu Faltenscheitel 10–50 m). Ausserdem sind diese schwach gebänderten Gesteine in Lagen mit grösserer Teilbeweglichkeit intensiv gefaltet. Ihre Biegegleitfalten (cm–dm), weisen nicht selten Zickzackformen auf, die schöne Beispiele für SANDER's Regel der Stauchfaltengrösse geben. (Vgl. Fig. 4.)

Mikroskopisch besehen geben die Kleinfältelungen im „Kaxtorpit“ gute Vorbedingungen um das Verhältnis Kristallisation und Deformation zu studieren, besonders die Kontrolle, ob paradeformative Kristallisationen vorliegen. Solche wurden doch in keinem Falle beobachtet. Der Mineralbestand scheint durchwegs nach der Fältelung letztmalig kristallisiert zu sein. Es war doch bisher nicht zu entscheiden, ob vorkommende Regelungen (bisher nur Formregelungen erkannt) durch erholende Rekristallisation parakristallin deformierter Gemengteile, oder aber durch Deformation an feinkörnigem Materiale mit postdeformativer Vergrößerung der gerichteten Keime (Mero-blastese), erfolgt sind.

Das Grundgewebe von Albit, Mikroklin, Nephelin, Eckermannit, Ägirin, Pektolith, usw. zeigt inbezug auf stoffliche Anordnung und Korngrössen deut-



Fig. 4: Biegleitfältelung im pektolithführenden gebänderten „Kaxtorpit“ mit Beispielen für SANDER's „Regel der Stauchfaltengrösse“. Der mikroskopische Befund zeigt durchwegs postdeformativ kristallisierten Mineralbestand. 170 m südwestl. Bauernhof Norra Kärr.

lich schichtige Baue. Ein $\text{Albit}_{\text{neu}}$ bildet in s parallel (010) stark gestreckte Körner und umschliesst als s im Intergefüge (si) $\text{Albit}_{\text{alt}}$, Nephelin, Eckermannit, Ägirin, Titanit, etc. Schliesslich wird noch dieser junge $\text{Albit}_{\text{neu}}$ von Mikroklin abgebaut, der jüngste Kristallisation zu sein scheint.

Gefügeverhalten des Nephelins im „Grennaite“ von Norra Kärr

Für die Korngefügeanalyse wurden vorerst drei Grennait-Handstücke aus dem nördlichen Teile des Gebietes ausgewählt. A und B aus dem zentralen Teile, C aus der westlichen Randfazies des Grennaites. Vgl. Karte Fig. 1. Der Schwerpunkt dieser bisherigen korngefügekundlichen Untersuchungen wurde auf das *Gefügeverhalten des Nephelins* verlegt. Für Fragen der Koordinatengebung, Besprechung der Symmetrien und Deutung der Regelungstypen, homotakte oder heterotakte Regelung zu den Gefügegenossen, u.a., wurden z. T. auch Albit und Ägirin vermessen. Die Regelungsenität und der Schnitteffekt (SANDER 1950, 1954) für heterometrische Korngestalten wurden mittels

senkrecht aufeinander stehender Schnitte (*ac* und *bc*, teilweise auch *ab*) kontrolliert.

Das Handstück A entstammt dem Aufschlusse, der nach der ADAMSON'schen Kartierung am weitesten nördlich im Alkaligebiet gelegen ist. Dem Aufschlusse kam insofern eine besondere Bedeutung zu, als er an einer Stelle sich befindet, die zur Frage nach der horizontalen Schnittgestalt des Alkalikörpers wesentlichen Beitrag leisten kann. Nach ADAMSON liegt hier für *s* ein E-W-Streichen vor, dass sich in den von ihm vorgeschlagenen elliptisch konzentrischen Bau des „Schlotes“ gut einfügt. Meine Feldbesichtigung ergab jedoch, dass das E-W streichende sichtbare Parallelgefüge nicht die Schnittgeraden des ausstreichenden *s* darstellt, sondern deutliche stoffkonkordante *B*-Achsen, die auf den N-S streichenden *s* flach gegen Westen einfallen. Ausserdem setzt sich das N-S-Streichen in den nördlich davon neu aufgefundenen „Grennait“-Aufschlüssen fort, was für ein lentikulares Ausstreichen, konkordant zur Hülle, spricht. Der Korngefügeanalyse fiel in diesem Falle, neben der prinzipiellen Untersuchung der Regelungsgefüge, die Aufgabe zu, an orientiert entnommener Probe die umstrittene Orientierung von *s* und *B* zu kontrollieren.

Das Handstück B aus einem zentral gelegenen Aufschlusse im nördlichen Teil des Gebietes wurde hauptsächlich gewählt, weil es im Gegensatz zu A ein stark ausgeprägtes Lineargefüge und nur ein wenig deutliches *s* hat.

Schliesslich wurde eine Probe aus der Marginalfacies des Grennaites als C ausgesucht. Dass hier vorkommende Gestein ist im Gegensatz zu denen normaler Ausbildung mit grau-grüner Farbe (A, B) mehr grünlich-weiss und hat ein recht deutliches planparalleles Gefüge, oft als schwache Bänderung, die hauptsächlich auf die lagenweise Anordnung des Ägirinaugit zurückgeführt werden kann. Bei dieser Probe soll neben dem allgemeinen Regelungsverhalten, dessen eventuelle Verschiedenheit in Typ und Intensität mit den Verhältnissen in zentralen Teilen (A, B) untersucht werden.

Nephelin:

Der im Grennaite vorkommende Nephelin wurde erstmals von MAUZELIUS (in TÖRNEBOHM 1906) analysiert und fiel durch seinen extrem niedrigen K_2O -Gehalt von 2,32% auf, der übrigens weder mit den von ADAMSON ermittelten Brechungsindices, noch diese mit den von TILLEY (1953) mitgeteilten Werten vereinbar sind. Eine neue Nephelin-Analyse TILLEY's gibt mit 7,41 % K_2O einen Gehalt, der sich recht gut auf diese beziehen lässt, und sich auch mit den übrigen Verhältnissen verträgt. Mit der Zusammensetzung $Ne_{73.7} Kp_{24.8} Qu_{1.5}$ liegt er nach TILLEY zwischen BUEGER's normalem Nephelin und jenen der Mariupolite (MOROZEWICZ 1930).

In den untersuchten Proben kommt er in verschiedenen Mengenverhältnissen vor. Folgende Werte wurden mittels dem Punktzählverfahren errechnet. Probe A = 27,4 Vol.%, Probe B = 31,7 Vol.% und Probe C 36,8 Vol.%. Der

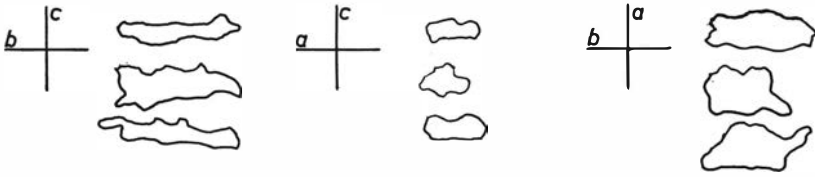


Fig. 5: Für Nephelin charakteristische Kornquerschnittsgestalten und Grössenverhältnisse in a , b und c -Schnitten. Ca. $30\times$ vergrössert.

C-Wert ist doch wegen starker Umwandlungerscheinungen (Sodalith, Hydro-nephelinit, Analcim) mit Vorbehalt genannt.

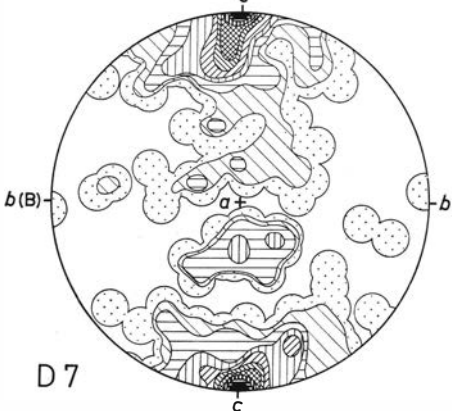
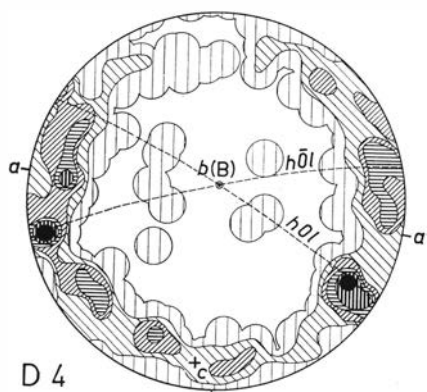
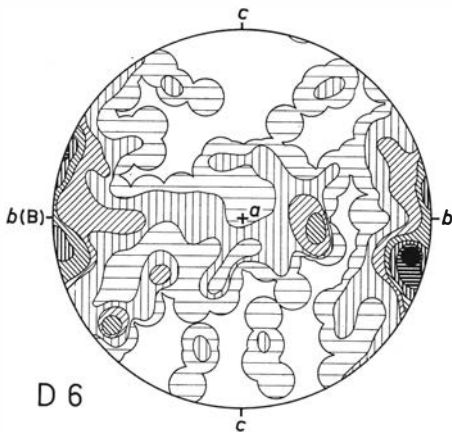
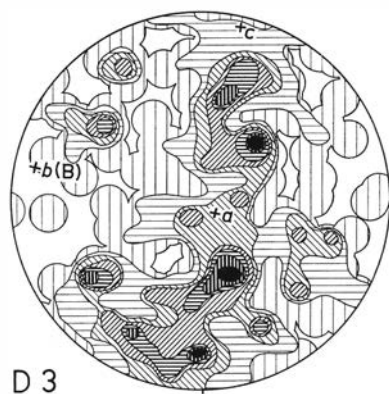
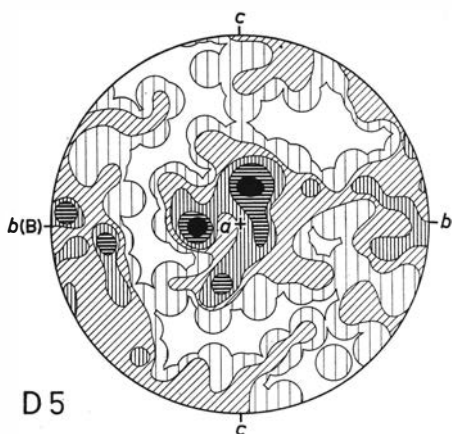
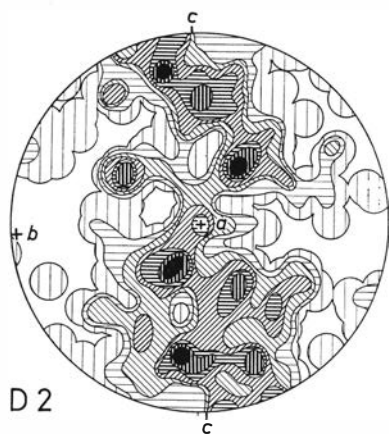
Die Verteilungsgenität des Nephelins im übrigen Gefüge wurde nur qualitativ bewertet, d.h. ohne statistische Kontrolle von Gefügebildern. Seine Verteilung ist ziemlich homogen. Er zeigt deutliche Tendenz zu lagenweiser Anordnung in s , und bildet somit als Teilgefüge stoffliche Netzebenen. Die für Tiefengesteine gewöhnliche idiomorph isometrische Gestalt (Querschnitte nach der hexagonalen Basis, oder kurzprismatisch nach dem Prisma) fehlt hier gänzlich. Die Körner sind durchwegs mit unregelmässiger Begrenzung gestreckt und zwar so, dass der längste Durchmesser $\parallel b$ und der kürzeste $\parallel c$ des Gefüges zu liegen kommt. Mittelwerte für diese Richtungen sind: $\parallel a$ 0,08–0,4 mm, $\parallel b(B)$ 0,1–0,6 mm und $\parallel c$ 0,03–2 mm. Einen Einblick über die Konfiguration der Kornquerschnitte können nachstehende Kornumrisse geben (Fig. 5).

In den Proben A und B ist der Nephelin durchwegs klar. Bisweilen umschliesst er kleine Ägirinnadeln, die sich jedoch keiner bestimmten Gitterrichtung zuordnen lassen. Obwohl manchmal gleichgerichtet, überqueren sie Grenzen verschieden orientierter Körner.

Schwache optische Undulosität, die auf mechanische Einwirkung zurückzuführen ist, liess sich nicht auf bestimmte Gitterrichtungen beziehen. Sie tritt in unregelmässigen Felderteilungen auf und ist ihrer Morphologie nach nicht mit den für Quarz so deutlichen oblongen Undulationen nach seiner Hauptachse vergleichbar. Die Spaltbarkeit nach (10 $\bar{1}$ 0) ist deutlicher als jene nach (0001). Optische Merkmale, die auf Translation, Zwillingsgleitung oder Drehgleitung schliessen liessen, wurden nicht beobachtet.

Die Gefügemessungen am Nephelin wurden ohne Auslese als Zeilenanalyse ausgeführt. Die Einmessung von je 200–300 Nephelin — c wurde so gehandhabt, dass die Messzeilen senkrecht s zu liegen kamen. Die im flächentreuen Netz (untere Hemisphäre) ausgezählten Diagramme (1%iger Auszählkreis) liessen für die Proben aller untersuchten Lokale (A–C) für die Lage von Nephelin- c mehr oder minder deutliche Gürtel $\perp B$ ($\parallel ac$) erkennen.

Die Gürtel besetzen Breiten von 70–100°. Sie sind in allen bisher untersuchten Fällen $\parallel ac$ gespalten. Der Abstand zwischen den Spaltungen, gemessen an sich gegenüberstehenden Maxima beträgt 30–90°. Mittelwerte sind 30–60° (vgl. synoptische Diagramme D21, D22). Für die Maxima in den Gürteln



- D 2 „Grennait“ Probe A. 240 Nephelin-c. 0-0,4-0,8-1,3-1,7-2,1-2,5-2,9 %.
 D 3 „Grennait“ Probe B. 205 Nephelin-c. 0-0,5-1,0-1,5-2,0-2,5-3,0-3,5 %.
 D 4 „Grennait“ Probe C. 226 Nephelin-c. 0-1-2-3-4-5-6 %. (Messung: Marinder).
 D 5 „Grennait“ Probe A. 200 Albit n_{α} . 0-0,5-1-2-3-4 %.
 D 6 „Grennait“ Probe A. 200 Albit n_{β} . 0-0,5-1-2-3-4-5-6 %.
 D 7 „Grennait“ Probe A. 200 Albit n_{γ} . 0-0,5-1-2-3-4-5-6-7-8-9 %.

ist die Tendenz merkbar, dass sie symmetrisch zueinander liegen. Diese relative Ordnung und Symmetrie der Gürtelbesetzung reduziert das Unbehagen mit solchen niedrigen maximalen Besetzungsdichten wie 2,9% für A, 3,5% für B und 5% für C zu arbeiten, die ja für solch polymineralische Gefüge zu erwarten sind.

Die in allen drei Proben geschlossenen Gürtel fallen mit der bilateralen Symmetrieebene (*ac*) auf das freisichtig festlegbare Lineargefüge (*B*) zusammen. Die Maximaverteilung in den Gürteln lässt eine deutliche Neigung zu rhombischer Symmetrie erkennen.

Albit:

Wie schon früher mitgeteilt, wurden die Gefüge anderer Kornsorten nur so weit herangezogen, als sie zur Beantwortung von Fragestellungen, die das Gefügeverhalten des Nephelins betreffen, beitragen können. Somit soll an dieser Stelle keine alle Gefügegenossen umfassende Analyse vorgelegt werden.

Von den Feldspäten wurde für die Kontrolle ihrer Gefügeregelung vorerst der Albit gewählt. Erstens, weil er zahlreicher als Kalifeldspat ist, und zweitens, weil letztgenannter oft deutlich granophages Auftreten hat, das eine gewisse Unsicherheit in Hinsicht auf seine Bildungszeit mitsichbringt (evtl. nicht syngenetisch bzw. nicht syntektonisch mit Albit und Nephelin).

In allen Proben war Albit des Häufigeren unverzwillingt ($2V_{\alpha} = 103-105^{\circ}$, $n_{\alpha} < n_{\text{Canadabalsam}} - n_{\gamma} \geq n_{\text{Canadabalsam}}$). Die verzwilligten Albite, gewöhnlich nach dem Albit-, seltener dem Periklin- und vereinzelt nach dem Karlsbader Gesetze, haben mit $\text{Ab}_{93-96}\text{-An}_{7-4}$ eine molekulare Zusammensetzung, die mit Hinsicht auf obige Daten ($2V_{\alpha}$, rel. $n_{\alpha}-n_{\gamma}$) auch für ihre unverzwilligten Genossen zutreffen dürfte.

Die Albit-Kornquerschnitte, parallel den Gefügekoordinaten *abc* gemessen, ergeben für Körner der „Grundmasse“, d.h. ohne Albitporphyroklasten, folgende Mittelwerte:

A	B	C
// <i>a</i> 0,1 – 0,5 mm	0,07 – 0,4 mm	0,1 – 0,5 mm
// <i>b</i> 0,4 – 0,7 mm	0,3 – 0,7 mm	0,4 – 0,9 mm
// <i>c</i> 0,03 – 0,2 mm	0,03 – 0,15 mm	0,05 – 0,1 mm

Daraus wird ersichtlich, dass die Albite eine deutliche Streckung // *b* (*B*) aufweisen. Ihr kürzester Durchmesser fällt mit dem Gefüge-*c* zusammen. Die Korngestalt ist xenomorph. Das Teilgefüge ist unverzahnt mosaikförmig. Undulöse Auslöschung ist in grösseren Albiten deutlicher als in kleineren. Sie liess keine auf den Gitterbau beziehbare Regel erkennen. Krummliniger Verlauf von Zwillingslamellen oder Knickung derselben wurde nicht beobachtet. Ebenfalls andere Kennzeichen die auf Translationen in den Albiten hinweisen können, fehlen. Das schliesst doch die Möglichkeit solcher Deformationen im prä- bis parakristallinen Stadium nicht aus. Abgesehen von der schwachen

Undulosität, die Beanspruchungen zuzuordnen ist, denen kein gefügeordnender Einfluss beigemessen werden kann, sind Albit und seine übrigen Gefügegenossen zum letzten Male postdeformativ kristallisiert.

Bei Überlagerung mit dem Hilfspräparat, liessen sich für die Feldspäte (Albit und Kalifeldspat) deutliche Gefügeregel nach dem Feinbau erkennen, wobei für Albit und Kalifeldspat ein gewisser Grad von Gefügeisotypie vorzuliegen scheint. n_α , summiert sich $\sim //$ Gefüge- a , n_β , $\sim //$ Gefüge- b (B), und n_γ , $\sim //$ Gefüge- c .

Für die Gefügemessungen am Albit wurden die gleichen Schliffe, wie für den Nephelin, benutzt, d.h. der bc -Schnitt von Probe A und der ac -Schnitt von Probe C. Die Probe B wurde bezüglich Albit nicht gefügestatistisch bearbeitet. Auf Grund der Armut an Zwillingen und anderen kristallographischen Bezugsrichtungen wurden n_α , n_β und n_γ eingemessen und auf der Lagenkugel (flächentreue Netz, untere Hemisphäre) in Übersicht gebracht. Auszählung mit 1%igem Auszählkreis.

Probe A (bc-Schliff):

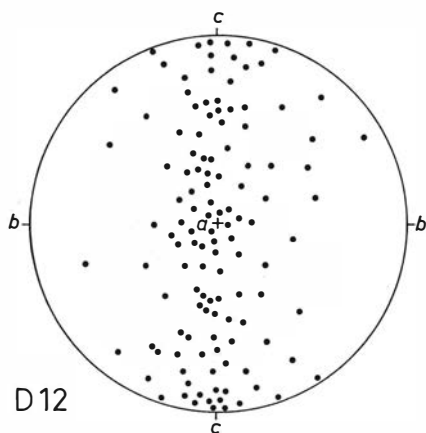
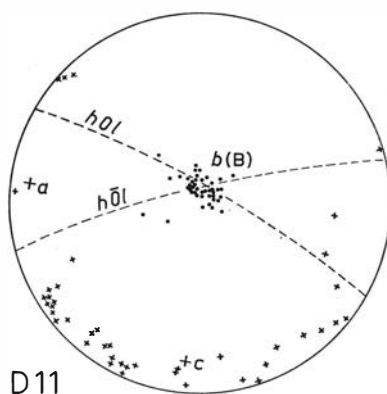
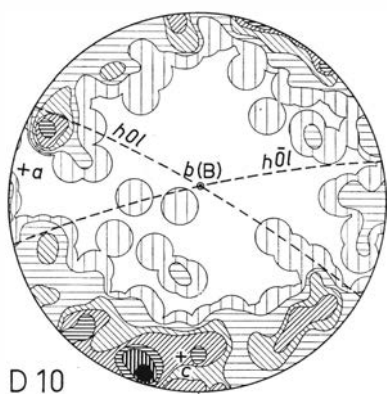
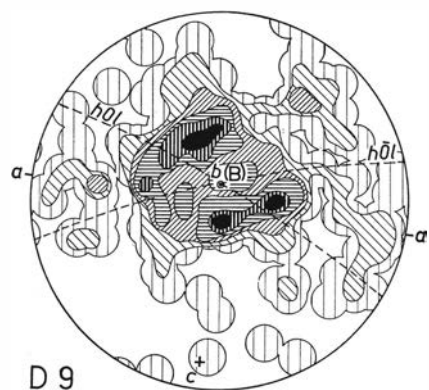
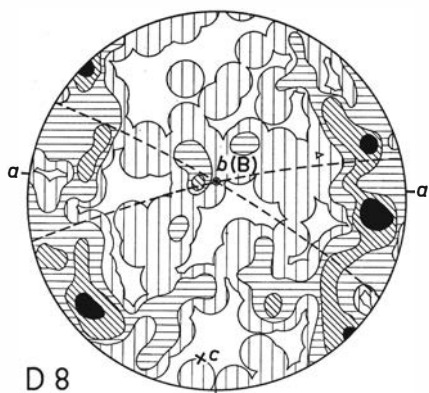
Die n_α sammeln sich zu deutlichen Maxima (3–4 %) um a , ohne Symmetriebeziehungen zu ac , möglicherweise zu ab . Ihre Maximalbesetzungen sind von a ca 20° entfernt. Der Winkel n_α zu a des Albites obengenannter Zusammensetzung ist ca 15°. Daraus lässt sich ableiten, dass die Mehrzahl der Albit- a in das a des Gefüges zu liegen kommt. Schwächere Häufungen finden sich um b (B).

n_β häuft sich um b (B) mit 3–6%igen Maxima. Diese in Bezug auf die ab -Ebene symmetrischen — doch ungleichwertigen — Maxima bilden von dieser $2 \times 15^\circ$. $n_\beta : a$ des Albites ist ca 13°. Ausserdem bilden schwache Häufungen (1–3 %) einen Gürtel in ab .

n_γ hat von allen optischen Normalen die grösste Besetzungsdichte (9%) mit konzentriertem Maximum in c . Die Winkeldifferenz zwischen n_γ und kristallographisch b ist für Albit ca 15°. Sie bildet sich bei strenger Einregelung von Albit- b im Diagramme nicht ab. n_γ zeigt ausserdem schwache Besetzungen (2–3 %) als unterbrochenen Gürtel in der Ebene ac .

Probe C (ac-Schliff):

Für n_α (D8) scheint mir charakteristisch zu sein, dass seine Besetzungen einen, wenn auch unterbrochenen, so doch deutlichen Gürtel liefern, der zu allen drei Gefügehauptschnitten ac , ab , bc gewisse symmetrologische Beziehungen unterhält. ac als Symmetrieebene wird vor allem durch die Spaltung des Gürtels angezeigt, deren Erklärung in der geometrischen Beziehung von $n_\alpha : a = \text{ca } 15^\circ$ zu suchen ist. Kontrolliert man die Eignung von ab und bc als Symmetrieebene, so kann eine gewisse Neigung zu symmetrischer Anordnung der Gürtelmaxima vermerkt werden. Diese erlaubt möglicherweise eine Überführung der vom Nephelin indikierten Scherflächen hol und $\bar{h}ol$, die sich dort mit ca 45°, symmetrisch von ab geteilt, in b (B) schneiden. Die Analyse des



- D 8 „Grennait“ Probe C. 200 Albit $n\alpha$. 0-0,5-1-2-3 %. (Messung: Marinder).
 D 9 „Grennait“ Probe C. 200 Albit $n\beta$. 0-0,5-1-2-3-4-5 %. (Messung: Marinder).
 D 10 „Grennait“ Probe C. 200 Albit $n\gamma$. 0-0,5-1-2-3-4-5-6 %. (Messung: Marinder).
 D 11 „Grennait“ Probe C. 42 Ägirin-c (●) und $n\beta$ (+). (Messung: Marinder).
 D 12 „Grennait“ Probe B. 123 Ägirin. Lote auf (110).

geometrischen Verhältnisses der abgeleiteten *hol* und $\bar{hol}$ zu den sie eventuell indikierenden Maxima lässt sich mit Verlass kaum weitertreiben, da erstens die Besetzungsdichte relativ gering ist und zum anderen geometrisch bedingte Streuungen (MELLIS 1954) hinzukommen, die auch für Nebenmaxima verantwortlich sein können. — Eine schwache Besetzung nahe *b* (*B*) zeigt untergeordnete Orientierung von Albit-*a* parallel Gefüge-*b* an.

Die n_β -Häufungen (D9) können auf einen deutlichen Kleinkreis um *b* (*B*) bezogen werden. Statistisch besehen, besetzen sie imaginär einen Kegelmantel, dessen Seitenlinie mit der Achse *h* einen Winkel von 18–23° einschliesst. $n_\beta \wedge c = \text{ca } 13^\circ$. Die Maximaverteilung im Kleinkreise kann mit Risiko für Überdeutung so gesehen werden, dass von den Scherflächen *hol* stärker als $\bar{hol}$ besetzt ist.

Für n_γ (D10) liegen ähnliche Verhältnisse wie für n_α vor. Ein unterbrochener Gürtel in *ac*, der jedoch nicht gleichstark wie der n_α -Gürtel gespalten ist; was bei Betrachtung der Schnitt- und räumlichen Lage von n_γ ; *b* verständlich wird. Auch hier ist deutliche Tendenz zu rhombischer Symmetrie ablesbar, und mit etwas Optimismus kann man *hol*- und $\bar{hol}$ -Scherflächen für die Verteilung der Gürtelmaxima beiderseitig *c* verantwortlich machen. Nahe *a* befinden sich weniger stark besetzte n_γ -Häufungen, denen jedoch ein gleichdeutliches Äquivalent für n_α nahe *c* fehlt.

Fassen wir für Albit im Rahmen vorstehender Kennzeichnung zusammen, so lässt sich folgendes festhalten. In beiden gemessenen Proben liegt für die Regelung des Albites im Prinzip analoges Verhalten vor, *c* dominiert in *b* (*B*) des Gefüges. *a* streut im *ac*-Gürtel mit maximalen Besetzungen in der Nähe und annähernd symmetrisch zu *a*, *b* auf gleiche Weise zu *c*. Nimmt man dazu Rücksicht auf den Habitus des Albites, als nach der Vertikalachse gestreckt und nach M (010) tafelig, so liegt [001] als Hauptzone // *b* (*B*) und (010) herrscht $\perp c$ bzw. in *hol* und $\bar{hol}$ vor. Die restlichen schwachen Besetzungen lassen sich auf keinen gleich einfachen Nenner bringen und sind im Zusammenhange unwesentlich. Die Korngestalten sind also als Gefügetracht auf die Regelung beziehbar. Vorerst wesentlich in dem Sinne, dass neben der Regelung nach dem Feinbau, auch direkt oder indirekt eine solche nach der Korngestalt vorliegt.

Ägirin:

Schon durch das vergleichende Studium dreidimensionaler Schnitte ist ersichtlich, dass der nach *c* gestreckte Ägirin (0,15–0,7 mm) mit seiner Längsachse mehr oder minder parallel *b* (*B*) orientiert ist. Die Körner sind teilweise verzwilligt (100) und schwach optisch undulös. D11 für den in der Randfacies des Grennaites (Probe C) akmitischen Ägirin unterscheidet sich im Princip nicht von D12 für Ägirin im zentralen Grennaite (Probe B). In beiden liegt [001] subparallel mit *b* (*B*). Die Lage der Häufungen für n_γ , weist darauf hin, dass (110) bevorzugt in *s*, weniger deutlich in *hol* und $\bar{hol}$ zu liegen kommt (D11).

Zur Regelung des Nephelins in den „Canadit“-Gneisen von Almunge

Aus verschiedenen Gründen widerstrebt es, auf Grund bisheriger weniger Nephelin-Diagramme vom „Grennaite“ aus Norra Kärr, den Regelungsmechanismus für Nephelin und seine Ursachen zu diskutieren. Zu diesem Zwecke schien es geeignet, einige Diagramme über Nephelinregelung in den Canaditgneisen von Almunge heranzuziehen, die schon seit Jahren gemessen vorliegen, ohne doch näher analysiert zu sein.

Im Almunge-Massiv, ca 30 km östlich Uppsala, geht derzeit eine umfassende Neubearbeitung durch R. Gorbatshev vor sich. Es soll darum weder tektonisch, noch petrographisch dieser Bearbeitung vorgegriffen werden. Ich beschränke mich deshalb lediglich auf die Untersuchung des Gefügeverhaltens von Nephelin in dem Grade, als es zur Klärung meiner Fragestellungen beitragen kann.

Canadit, als cancrinitführender Nephelinsyenit, erhielt seinen Namen von QUENSEL, weil das Gestein grosse Ähnlichkeit mit den Nephelinsyeniten von Bancroft-Haliburton in Canada aufweist.

Die schiefrig ausgebildeten „Canadite“ („Canadit“gneis) finden sich nach QUENSEL in der Umptekitrاندzone, bzw. nahe dem Rande der Umptekitmase, die dort ebenfalls schiefrig ausgebildet ist. Nach QUENSEL fällt die Schieferung, sowohl mit derjenigen der Kontaktgrenze gegen den Granit, als auch mit jener des geschieferten Umptekites, zusammen. Das schiefrige Gefüge dieser Randfacies, wird auf die gleiche Ursache, nämlich protoklastische Teilbewegungen in peripheren Teilen des beweglichen Magmakörpers, zurückgeführt.

Dieser gegenüber Granit, Umptekit und Canadit ziemlich feinkörnige Gneis canaditischer Zusammensetzung mit „Grundmasse“-Diametern von 0,3–0,7 mm, hat makroskopisch betrachtet, ein sehr straffes, planparalleles Gefüge (Fig. 6). Es kann teils durch die lagenweise Dominanz von hellen (Feldspäten, Nephelin, Cancrinit, etc.) und dunklen (Biotit, Hastingsit, etc.) Komponenten mit Schichtabständen von 1–2 mm bedingt sein. Andererseits fehlt bisweilen diese Feinbänderung und die homogene Verteilung parallelorientierter heterometrischer dunkler Gemengteile zeichnet das deutliche *s*. Bisweilen kommen auch gröber gebänderte, schlierige Gefüge vor, bei denen am stoffdivergenten Lagenbau Schichten bzw. Schlieren mit reicheren Nephelin-Anteil teilnehmen. Nicht im gleichen Sinne sind gewisse schlierige Bänderungen leukokraten Feldspat-Materials aufzufassen, die womöglich venitischen Charakter haben. Diese lockern das sonst straffe *s* auf und geben dem Gesteine ein inhomogenes Aussehen.

Als Lineargefüge ist auf *s* die parallele Anordnung heterometrischer dunkler Gemengteile, sowie für helle Komponenten eine schwache morphologische Striemung sichtbar.



Fig. 6: Gebänderter Gneis canaditischer Zusammensetzung. Almunge-Massiv. SSE des Sees Fladen.

Unter dem Mikroskope kann das Gesamtgefüge kurz wie folgt charakterisiert werden:

Für Albit und Kalifeldspat liegt gleichkörnig, unverzahntes, xenoblastisches Gefüge vor. Biotit (001) ist deutlich in *s* parallel orientiert. Teilweise so markant, dass durch die räumliche Anordnung der bis zu 1 mm in *s* gestreckten Biotit- tafeln im Schliffquerschnitt der Eindruck von Zeilenbau mit abwechselnd Feldspäten und Biotit erweckt wird.

Nephelin (mit teilweise von Spaltbarkeiten ausgehender Umsetzung in Natrolith, Cancrinit, etc., samt bisweilen bis zur völligen Ersetzung durch Analcim) tritt teils als in *s* angereicherte Lagen mit Gestalt und Grösse der Feldspäte (0,3–0,7 mm $\varnothing$), und teils ausserhalb dieser Nephelinlagen als bis zu 3,5 mm $\varnothing$ // der Längsachse ovale Porphyroblastenquerschnitte auf. Mit Längserstreckung gewöhnlicherweise // *s*. Als Relikte im Interngefüge (*Ri*) des porphyroblastischen Nephelins wurden Albit, Kalifeldspat und Biotit beobachtet. Die Orien-

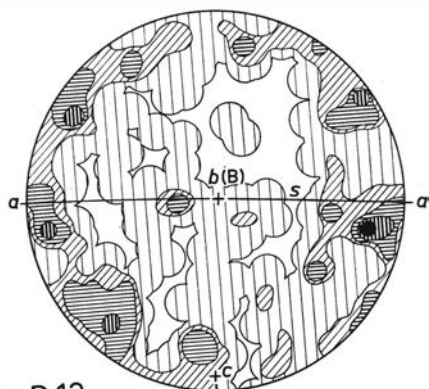
tierung von Biotit und oblongem Albit als *si* ist bisweilen bis zu 90° verlegt. Ob es sich in diesen wenigen beobachteten, meist nicht eindeutigen Fällen, um Verlegung von *si* durch Externrotation, um Zufälligkeiten, oder aber eine Auslese in *Ri* gegenüber *Re* (Relikt in Externgefüge) handelt, bleibt vorläufig ungesagt. Für letzteres spricht die Tatsache, dass solche „verstellte“ oblonge Kornquerschnitte bevorzugt subparallel der senkrecht auf *s* stehenden (10 $\bar{1}$ 0) — Spaltbarkeit des Nephelins zu finden sind. Inwieweit zwei Generationen Nephelin vertreten sind, muss doch offen bleiben. In Nephelinporphyroblasten wurde jedenfalls kein Nephelin_{alt} als *Ri* beobachtet. Wenn lagenweiser und porphyroblastischer Nephelin nicht gleichartig gebildet sind, was wahrscheinlich ist, so muss, falls keine zwei Bildungsphasen vorliegen, zumindest die Nephelinkristallisation über eine relativ grosse Zeitspanne der Gefügebildung angehalten haben. Eine diesbezügliche korngefügestatistische Kontrolle war wegen zu geringer Beteiligung von Nephelinporphyroblasten nicht möglich.

Hastingsit nimmt als heterometrischer Gemengteil nicht im selben Maße an der Ausgestaltung des plan- und linearparallelen Gefüges teil, wie z. B. der Biotit. Er scheint spät und nach der Wegsamkeit gebildet zu sein. Schliesslich umschliesst er Albit und Kalifeldspat als *Ri*, doch selten.

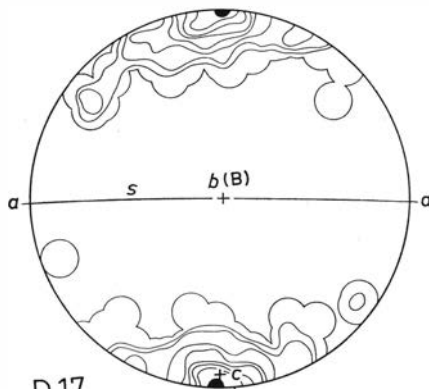
Mikroclin mit Perthitflecken tritt vereinzelt als Porphyroblast auf und ist gegen das Grundgewebe aggressiv. In einigen Proben wurden subparallel *s* einschichtige Scherflächen mit rekristallisiertem Friktionsmörtel ($\varnothing = 0,005-0,1$ mm) beobachtet, der aus Albit, Kalifeldspat, Nephelin und Biotit besteht. Biotit mit straffer Einordnung von (001) in *s*. Analcim ist ziemlich gewöhnlich als „Zement“ des Friktionsmörtels anzutreffen, das u.a. besagt, dass er nicht ausschliesslich Umwandlungsprodukt nach Nephelin, sondern auch späte Neubildung ist.¹ Für Feldspäte und Nephelin könnten ihre Teilgefüge mögliche Untersuchungsbeispiele über ihr Verhalten bei einschichtiger Scherung abgeben. Besonders in Hinsicht auf die noch immer offene Frage, ob Feldspäte auf solche Beanspruchungen durch intragranulare Gleitungen und Internrotationen geregelt werden können, was im vorliegenden Zusammenhange natürlich auch für den Nephelin wichtig zu wissen wäre. Leider ist hier die Kornbeteiligung des Nephelins für Gefügestatistik zu gering. Die Feldspäte haben zum nicht geringen Teil Korngrössen, die sich mit U-Tisch-Objektiven nicht mehr erfassen lassen, so dass eine Untersuchung ohne Auslese unmöglich ist. Mit Hilfs-

¹ Dasselbe gilt auch für den ausserhalb dieser Scherflächen gelegenen Cancrinit.

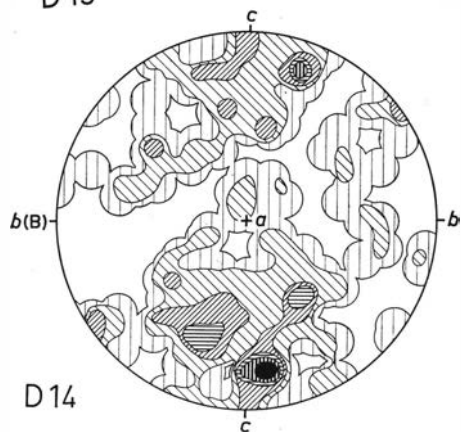
-
- D 13 Canaditischer Gneis, Almunge. 230 Nephelin-c. 0-0,4-1-2-3-4 %.
 D 14 Canaditischer Gneis, Almunge. 150 Nephelin-c. 0-0,7-1,5-3-4-5-6 %.
 D 15 Canaditischer Gneis, Almunge. 240 Nephelin-c. 0-0,4-0,8-1,2-1,6-2-2,4-2,8 %.
 D 16 Canaditischer Gneis, Almunge. 300 Nephelin-c. 0-0,3-1-1,5-2-2,5-3 %.
 D 17 153 Biotite $\perp$ (001) zu D 13. 0-0,7-1-2-4-6-8-10-12-14 %.
 D 18 150 Biotite $\perp$ (001) zu D 14. 0-0,7-1-2-4-6-8-10-12 %.
 D 19 150 Biotite $\perp$ (001) zu D 15. 0-0,7-2-4-6-8-10-12-14-16 %.
 D 20 122 Biotite $\perp$ (001) zu D 16. 0-1-2-4-6-8-10-12-14 %.



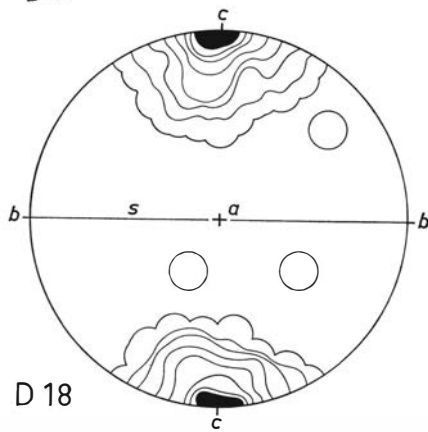
D13



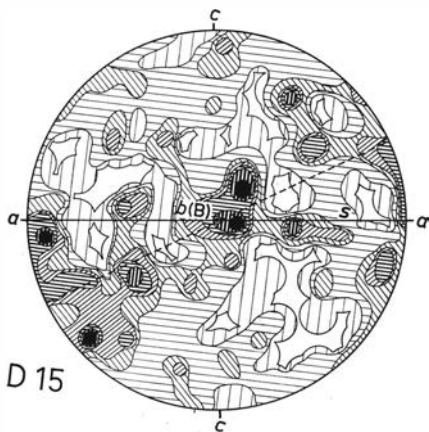
D17



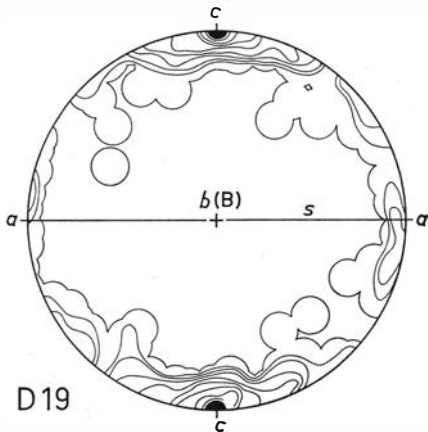
D14



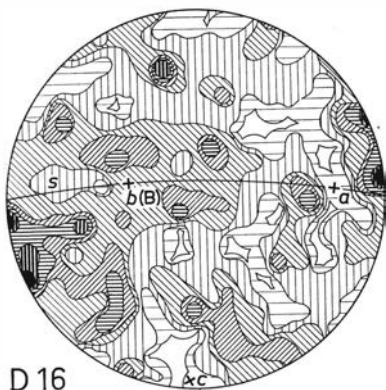
D18



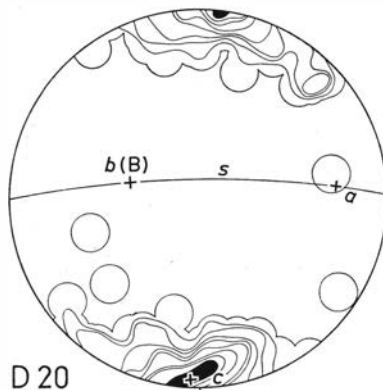
D15



D19



D16



D20

präparat überlagert lassen sich doch deutliche Regelungen erkennen. n_{α} , und n_{β} , bevorzugt in s , n_{γ} , senkrecht dazu!

Übrige Gefügeflächen, wie im „Grennaite“ einleitungsweise ohne Regelungsstatistik durch Musterung des Dünnschliffbildes kontrolliert, liessen nur vereinzelt solche in hol wahrnehmen mit $s \wedge \bar{hol} = 40^\circ$. Sie werden von oben genannten $// s$ durchschnitten und sind somit älter.

Die Korngefügeanalysen am Nephelin wurden an ac - und bc -Schliffen von 4 verschiedenen Gesteinsproben ausgeführt. Je Dünnschliff wurden ohne Auslese 150–300 c -Achsen optisch eingemessen. Die Messzeilen wurden senkrecht s gelegt. Der Schnitteffekt der schwach heterometrischen Nephelinkörner, die grob besehen in ihrer Idealgestalt einem dreiachsigen Ellipsoid entsprechen, mit längster Achse $// b$ (B) und kürzester $// c$, wurde mittels mehrdimensionaler Schnitte kontrolliert. Die Regelung wurde nicht merkbar beeinflusst befunden. Der Grad der Regelungsgenität wurde während des Messverlaufes und durch überführbare mehrdimensionale Schnitte qualitativ beachtet. Distinkte Regelungsinhomogenitäten wurden nicht bemerkt.

D 13 (233 Nephelin- c) zeigt einen geschlossenen und in ac 20–40° gespaltenen Gürtel um B . Maximaverteilung (maximale Besetzung 4 %) zeigt fastrhombische Symmetrie. Die Biotite im gleichen Schliff (153 $\perp$ (001)) D 17 haben ein scharfes Maximum (14 %) normal zu s . Schwache Gürteltendenz $\perp b$ (B). Die Besetzungen sind randlich 100°, radial 75° gedehnt. Möglicherweise ist daran der Schnitteffekt beteiligt.

D 14 (150 Nephelin- c) mit gleichfalls gespaltenem, doch unterbrochenen Gürtel in ac . Vielleicht ist dieser Regelungstyp mit maximaler Besetzung von 6 % und übrigen Maxima (3–5 %) um c von jenen tautozonaler Anordnungen abzutrennen. Er kann, was später näher, behandelt wird, einen s -Tektonit darstellen. Das dazugehörige Biotitdiagramm (D 18) weist eine scharfe Einordnung (16 %) in s auf.

Waren in den bisher von Almunge behandelten Diagrammen die Besetzungen von Nephelin und Biotit homosymmetrisch, das nicht gleich vielsagend wie homotaktisch geregelt ist, so zeigen die restlichen zwei Proben heterosymmetrische Verhältnisse.

In D 15 (240 Nephelin- c) kann man die Häufungen zu einem nicht ganz geschlossenen Gürtel zusammenfassen, der an und für sich in seinem Aufbau (Verteilungssymmetrien der Maxima) von Obengenannten nicht abweicht. Bezieht man ihn jedoch auf das Biotitteilgefüge, das neben ausgeprägter Einordnung von (001) der Biotite in s (16 %) einen zwar schwachen, nicht geschlossenen, aber doch deutlichen Gürtel um das auch freisichtig erkennbare und beziehbare B bildet, der eine Festlegung der Gefügekoordinaten abc zulässt, so schneidet der Nephelin- c — Gürtel das Biotit s in b (B) mit ca 25° ✕. Zusammen betrachtet haben beide Korngefüge trikliner Symmetrie, bei in der äusseren Gestalt des Gesteines gewährter monokliner Symmetrie. Für sich besehen, hat jedes der Teilgefüge fastrhombische Symmetrie. Gemeinsam

lassen sich beide doch nicht auf einen symmetriekonstanten Deformationsgang beziehen. Bei vorliegender Regelung kann es sich möglicherweise um eine unabhängige Überprägung $B \wedge B'$ handeln. Aber auch triklone Schiefgürtel-Bildung wäre zu erwägen. Einer Klärung kann doch erst näher gekommen werden, wenn der Charakter und Mechanismus der Nephelinregelung erkannt sein wird. Die Koordinatengebung wurde auf die Aussengestalt bzw. auf deren synkronen Biotitgürtel bezogen.

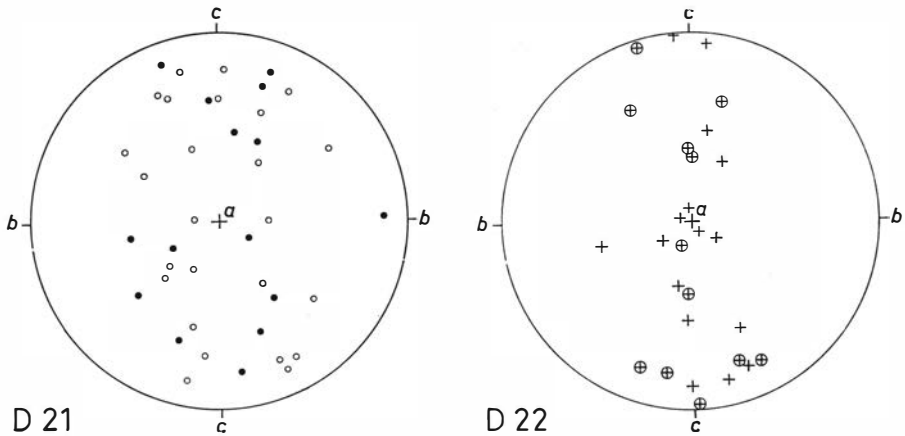
Wie aus D 16 und D 20 ersichtlich, ist der Gefügeschnitt keinem Gefüge-hauptschnitte zuordenbar. Er wurde der am Uppsala-Institute archivierten QUENSEL'schen Sammlung entliehen. Das zugehörige Handstück war nicht mehr zugänglich. Somit mussten die dem Nephelindiagramme gegebenen Koordinaten, ausschliesslich als Konstruktionen aus dem Biotitdiagramme übernommen werden. Der Biotit zeigt scharfe Regelung in s . Die Gestalt der Maximabesetzung (14 %) ist bei 10° Breite über 35° gestreckt und weicht mit 35° vom Äquator der Projektion ab. Mit Hilfe dieser und einen 4 %igen Nebenmaxima wurde die Lage der ac -Ebene bestimmt (95° Gürteldehnung gegen $80^\circ \perp$ dazu). Eventueller Schnitteffekt ist denkbar, doch ohne dass er bei vorliegendem Regelungsgrad die Besetzung prinzipiell zu ändern vermag.

Konfrontiert man Biotitregelung mit dem Nephelindiagramme so sind gleichfall hier schwerlich symmetrologische Beziehungen zwischen beiden Teilgefügen nachweisbar. Betrachtet man die Nephelinbesetzungen für sich, so wird man doch einer Häufungsverteilung gewahr, die deutliche symmetrische Züge aufweist. Ausserdem enthüllt die symmetrische Verdoppelung der stärksten Maxima (3 %), wie wir sie auch bei vorangegangenen Nephelindiagrammen kennengelernt haben, dass diese Besetzungen kaum Zufälligkeiten sein können. Gewisse Parallelen zu D 15 sind vorhanden.

Diskussion der Nephelinregelungen

Für das Verständnis von Gefügediagrammen aus tektonisch umgeformten Gesteinen ist ratsam, die mechanischen Einkristallbedingungen des geregelten Minerals zu kennen, da bei stetigen und unstetigen Deformationen dessen flächige und stengelige Festigkeitsanisotropien (Translationsebenen, Zwillingsgleitung, etc.) durch die mechanisch regelnden Einflüsse betätigt werden. Mit solchen Kenntnissen können sich dann Regelungen, die auf einfache kontrollierbare Bedingungen beziehbar sind, mit grösserer Wahrscheinlichkeit richtig deuten lassen. Das geschieht am besten an einscharig zerscherten Einkristallen mit rekristallisiertem Friktionsdetritus, und an monomineralischen Gesteinen. Je mehr Mineralkomponenten ein Gestein enthält, desto schwieriger wird es sein, die Resultate unmittelbarer und mittelbarer (molekulärer) Teilbewegungen zu analysieren.

Für Nephelin liegen keine Einkristallversuche vor, die dessen Verhalten



D 21 40 Achsenmaxima von 6 Nephelin-c — Gürteln $\perp B$ (Norra Kärr: D 2, D 3, D 4 = 25 Kreise; Almunge: D 13, D 14, D 15 = 15 Punkte).
 D 22 26 Achsenminima von 6 Nephelin-c — Gürteln $\perp B$ (Norra Kärr: 16 Kreuze; Almunge: 10 Kreise mit Kreuz).

bei mechanischer Beanspruchung kontrollieren. Auch sonst sind keine kristallographischen Daten bekannt, die entsprechende Festigkeitsanisotropien vorzeichnen. Leider sind auch die untersuchten Gesteine alles andere als monomineralisch. Der Schiefer von Norra Kärr hat mindestens 7 Hauptgemengteile, jener von Almunge mindestens 5. Die Voraussetzungen zur Deutung der gefundenen Nephelinregelungen sind somit nicht sehr günstig, und man sollte sich mit SANDER's „Ein zweiter Versuch gelingt besser als der erste; es will aber auch der Erste gemacht sein.“ sichern.¹

Fasst man die hervortretenden Maxima und Minima der Gürteldiagramme zu synoptischen Diagrammen im bc -Schnitt zusammen (ac -Schnitte sind nach bc rotiert) so lässt sich folgendes konstatieren. D 21 bringt die Verteilung von 40 Maxima (Norra Kärr: D 2, D 3, D 4 = 25 Kreise; Almunge: D 13, D 14, D 15 = 15 Punkte). Ihre Anordnung lässt einen ziemlich deutlichen in ac gespaltenen Gürtel erkennen. Vergleicht man hierzu die Lage der Minima, die also zu den Gürteln der Einzeldiagramme zugehörig und für diese recht charakteristisch angesehen werden müssen, so besetzen diese statistisch gesehen, die Spaltung des Maxima-Gürtels, d.h. ziemlich genau die ac -Ebene (Norra Kärr-Diagramme: 16 Kreuze, Almunge-Diagramme: 10 Kreise mit Kreuz). Sowohl für Maxima als auch Minima ist deren Anzahl zu gering um eindeutige Schwerpunkte abzulesen. Die Neigung, dass die Lage der Minima in bestimmter Beziehung zu jener der Maxima steht, wurde für die Gürtelstreckung schon erwähnt. Die Spaltung der Gürtelmaxima ist doch in Nähe um c nicht mehr

¹ Für die Fortsetzung dieser Studien über Nephelinregelungen haben mir Prof. P. Ramdohr, Heidelberg, einige Mariupolitproben und Prof. E. W. Tröger, Freiberg, das OSANN'sche Schliiffmaterial über die Nephelingeise von Cevades/Portugal zur Verfügung gestellt.

gleich unbestreitbar. In demselben Sinne streuen die Minima mehr um c , als im zentralen Teile des Gürtels. Eine Häufung der Minima liegt in a vor.

Diese hier besprochenen Regelungen zeigen für Nephelin keine gemeinsamen Züge mit den Resultaten FAIRBAIRN's (1941). Die am Litchfieldite, Blue Mountains/Ontario ausgeführten Gefügemessungen am Albit und Nephelin ergaben für Albit eine bevorzugte Einordnung von $(010) // s$ und $[001] //$ der Lination. Nephelin ordnet sich angeblich in das präexistierende geregelte Gefüge des Albites so ein, dass seine c -Achse bevorzugt Lagen $//$ der Lination einnimmt, welches doch meines Erachtens die Besetzung im Diagramme nicht so eindeutig zeigt. Die Albit-Orientierung wird von FAIRBAIRN als Resultat magmatischen Fliessens angesehen, wobei die längste Achse der tafelförmigen Kristalle dessen Richtung indiziert. In diesem Falle sind doch die Diagrammkoordinaten unrichtig gesetzt. b müsste $= a$ sein. Eindeutige Kriterien für magmatisches Fliessen (vgl. S. 4) werden doch nicht erbracht. Symmetrologische Betrachtungen fehlen.

Vergleicht man die Regelungsbilder für Nephelin mit denen von Quarz und Calcit, so lassen sich schon bei flüchtiger Betrachtung Parallelen sehen. In den synoptischen Diagrammen von B -Tektoniten bei SANDER (1950) zeigen beide Minerale vergleichbare $// ac$ gespaltene Gürtelmaxima mit korrelater Lage der Minima in ac . Den Mechanismus solcher Regelungen erklärt man vereinfacht ungefähr auf folgende Weise. Die Gleitflächen in Kristallen werden in die Hauptgefügeflächen eingeregelt. Zum Beispiel bei s -Tektoniten in s , in B -Tektoniten in die hol -Ebenen des Gefüges, bei Pressung in zwei sich in B schneidende Gefügeflächen. Der Winkel zwischen dem Lot auf die Kristallgleitebene und der optisch festgelegten c -Achse ist für die Verteilung von Achsenmaxima und -minima in solchen geregelten Gefügen wesentlich. Der Orientierungsmechanismus wird ausserdem durch Charakter und kristallographische Gestalt der Gleitebene (z. B. kürzeste Diagonale des Gleitrhomboiders im Calcit parallel mit der Gleitgerade des Gefüges), Flattern der Gleitgerade, u. a. beeinflusst.

Für Quarz ist erwiesen, dass statistisch gesehen die Lamellenlote (Translationsflächen-Lote) in die Achsenminima zu liegen kommen. D. h. mit anderen Worten, dass aus dem Winkelabstand zwischen Achsenmaxima und Achsenminima der ungefähre Winkel zwischen c -Achse des Kristalles und dem Lot auf die Gleitebene im Kristalle erschlossen werden kann ($\simeq \alpha$). An vorliegenden Nephelindiagrammen wurden entsprechende Winkeldistanzen maximaumringter Minima gemessen. 26 Winkeldistanzen verteilten sich wie folgt:

4	5	10	6	1
16°	18°	20°	22°	24°

Das ergibt einen deutlichen Schwerpunkt bei 20°. Setzt man voraus, dass für Nephelin die Regelung durch mit für Quarz und Calcit vergleichbaren Translationen erfolgte, so sollte bei einem $\simeq \alpha = 20^\circ$ eine solche Gleitebene (t) ungefähr

bei $t \wedge c = 70^\circ$ zu suchen sein. Nun ist, wie schon gesagt, nichts über mechanische Anisotropien und Translationsebenen für Nephelin bekannt. Optisch waren in den untersuchten Proben keinerlei Merkmale für Lamellenbildung, etc. sichtbar, was doch deren Existenz nicht auszuschliessen braucht, da beide Gesteine in Hinsicht auf die Bildung der gerichteten Gefüge postdeformativ kristallisiert sind. Will man obigen Winkel auf die Netzebenen des Gitters beziehen, so wäre diese eventuelle Gleitebene nahe $(10\bar{1}2)$ zu suchen.

Würde man in solchem Falle obengenannte Regelungen als Resultat *B*-tektonitischer Formung auffassen, so könnten Maximabesetzungen um *c* mit Minima in *c* nach obigen Prinzip *s*-Tektonite charakterisieren, wie z. B. in D₁₄. Übergänge von *s*- zu *B*-Tektoniten mit Verbreiterung der Gürtel nahe *c* und entsprechende Häufungen um *c* sind ja recht gewöhnlich für Quarz und Calcit. In D₃ und D₁₅ lässt sich vielleicht für Nephelin ähnliches sehen.

Nephelin wird im geschlossenen Gefüge von Tiefengesteinen gewöhnlicherweise als xenomorph angesprochen. In Vulkaniten ist er als Einsprengling und in der Grundmasse dicktafelig bis kurzprismatisch. Wie beschrieben tritt er in vorliegenden Gesteinen in der Gefügetracht des unregelmässigen und nach *B* gestreckten Kornes auf. Konfrontiert man das mit dem Regelungsmechanismus, so ist kristallographisch *c* bevorzugt rotationsfrei quer zur Längserstreckung der Körner orientiert.

In erster Annäherung kann man sich folgende gefügegenetische Erklärung denken: a) als Kornlängung // *B* durch unmittelbare regelungsmechanische Einflüsse, b) mittels BECKE-RIECKE's Prinzip der Kristallisationsverschieferung und schliesslich c) SANDER's Wegsamkeitsprinzip. Zu a). Die Vergleichbarkeit der Regelungsbilder (in *ac*-gespaltene Gürtel) mit denen des translativ geregelten Quarzes und Calcites stützt diese Möglichkeit. Das Fehlen von Einkristallversuchen mit Nachweis von Translationen, gleiche bisher optisch negative Erfahrungen, brauchen nicht unbedingt dagegen sprechen (z. B. leichte Rekristallisationsfähigkeit *l.c.*). Könnte durch Einkristallversuche, die in Vorbereitung sind, Translationsmechanismus nachgewiesen werden, so würde der Fall eintreten, dass das Gefügediagramm auf ein bisher verstecktes kristallphysikalisches Datum aufmerksam macht. Inwieweit in diesem Zusammenhang die Albitregelung als Für oder Wider herangezogen werden kann, muss solange unbeantwortet bleiben, bis wir wissen ob Feldspat durch Internrotationen in tautozonale Scherflächengefüge eingeregelt werden kann. Unsere Albit-Diagramme, als Endstadium einer Entwicklung gesehen, lassen sowohl Regelung nach der Korngestalt, als nach dem Kornbaue zu. Die niederindicierten Netzebenen des Albites sind dann jedenfalls nicht homotaktisch mit denen des Nephelins in das *hol*-Gefüge einorientiert.

Zu b): Die für Nephelin erwiesenen *hol*-Flächen-Besetzungen schliessen das BECKE-RIECKE'sche Prinzip aus, auch wenn die Gefügetracht allein eine Korngestaltregelung vortäuschen kann. Für Albit hingegen ist die beträchtliche Längung seiner Kornkonturen in *B* und *s* und die mechanische Unversehrtheit (mit

Ausnahme der schwachen Undulosität) ein mögliches Kriterium für Kristallisationsverschieferung. Die Gefügediagramme beweisen weder, noch verneinen sie.

Zu c): Will man das SANDER'sche Wegsamkeitsprinzip auf die Nephelinregelung und Gefügetracht beziehen, so müsste folgender Sachverhalt konstruiert werden: In ein präexistierendes *hol*-Gefüge wandert Nephelin molekular ein, oder entsteht in ihm isochem z.B. durch Abzug von SiO_2 , H_2O , etc. und lagert sich mit entsprechender Gitterebene in präexistierenden Gefügeebenen an. Mit Rücksicht auf die Verteilung von Achsenmaxima und -minima sollte das bevorzugt (10 $\bar{1}$ 2) sein, eine flache Pyramidenfläche, die allerdings an freigebildeten Kristallen ziemlich selten ist. Die Tatsache, dass Nephelin als Porphyroblast mit *Ri* und *si* solchen Regelungen angehört, könnte dafür gewertet werden, ist aber nicht beweiskräftig, da nach Alternative a) postdeformatives Weiterwachstum nach der Wegsamkeit denkbar ist (Abbildungskristallisation).

Ausser den *hol*-Flächen als gedanklich mögliche Anlagerungsebenen für eingewanderten oder in situ gebildeten Nephelin, wäre auch der Fall denkbar, dass das *s*-Teilgefüges des Albites ((010) bevorzugt in *s*) als anisotrope Aufwuchswand fungiert. Den Regelungsdiagrammen entsprechend sollten dann doch verschiedene pyramidale und die basale Gitterebene beteiligt sein. Symmetrien und Winkel der Achsenmaxima- und -minimaverteilung sind doch hierauf schwerlich beziehbar.

Schon an anderer Stelle wurde bedauert, dass solche stark polymineralische Gefüge ein denkbar ungeeignetes Objekt für die prinzipielle erste Untersuchung des Regelungsmechanismus einer beteiligten Kornsorte sind, da die gegenseitige Beeinflussung der Gefügegenossen bei tektonischer Formung gezwungenermassen keine gleich deutlichen Resultate liefern kann, wie an Einkristallen und monomineralischen Aggregaten. Das erschwert massgeblich den Versuch vorgefundene Regelungen genetisch zu deuten, was ja schliesslich das Ziel solcher gefügepetrologischer Arbeit sein sollte. Mit Rücksicht auf den augenblicklichen Stand unserer Kenntnisse über die Entstehungsbedingungen gemeinsamer Regelung von Albit und Nephelin, ist, auch wenn ein gewisser Grad von Heterosymmetrie vorliegt, nicht selbstredend heterotaktische Bildung zu folgern. Inwieweit die mineralfaziellen Ungleichgewichte berücksichtigt werden müssen, bleibt vorläufig offen. Das wurde gefügeanalytisch nicht untersucht (z.B. Verhältnis von *s* im Interngefüge zu *s* im Externgefüge, etc.) (*l.c.*).

Um abschliessend auf einen der Ausgangspunkte zurückzukommen, so wurde durch die konstatierte Nephelinregelung in kristallinen Schiefern (weitester Bedeutung) und ihre vorliegend erstmalige Deutung möglicherweise ein Weg geöffnet, der für alkaline Tektonite im Nephelin einen gleichwertigen Indikator tektonischer Formungen hat, wie wir ihn seit langem in Quarz und Calcit bei mehr gewöhnlichen deformierten Gesteinen besitzen. Die Untersuchungen werden fortgesetzt.

Literatur

- ADAMS, F. D. and BARLOW, A. E. (1910): The Geology of the Haliburton and Bancroft Areas, Province of Ontario. Can. Dept. Mines, Mem. 6.
- ADAMSON, O. J. (1944): The Petrology of the Norra Kärr District. An Occurrence of Alkaline Rocks in Southern Sweden. Geol. Fören. i Stockholm Förh., Vol. 66.
- BAUER, M. (1896): Jadeit von "Tibet". N. Jb. f. Min., I, 1896.
- BRÖGGER, W. C. (1890): Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite. Zt. f. Krist. 16.
- BROUWER, H. A. (1901): Oorsprong en samenstelling der Transvaalsche Nepheliensyeniten. s'Gravenhage.
- (1912): On the formation of primary parallel structure in lujaures. Proc. Kon. Akad. Amsterdam. Vol. XV.
- (1914): On the geology of the alkali rocks in the Transvaal. Journ. Geol. Vol. 25.
- v. ECKERMANN, H. (1948): The alkaline district of Alnö Island. Sver. Geol. Unders., Ser. Ca., No. 36.
- ESKOLA, P. and SAHAMA, TH. G. (1930): On Astrophyllite-bearing Nephelite Syenite Gneiss. Comp. Rend. de la Soc. géol. de Finlande No. 3.
- FAIRBAIRN, H. W. (1941): Petrofabric Relations of Nepheline and Albite in Litchfieldite from Blue Mountain, Ontario. Americ. Mineralogist. Vol. 26.
- GUMMER, W. K. and BURR, S. V. (1946): Nephelinized Paragneisses in the Bancroft Area, Ontario. Journ. of Geol., Vol. LIV, 3.
- HÖGBOM, A. G. (1895): Über das Nephelinsyenitgebiet auf der Insel Alnö. Sver. Geol. Unders., Ser. C. N:o 148.
- LACROIX, A. (1902): Les roches alcalines caractérisant la province pétrographique n'Am-pasindava I. Nouv. arch. du Muséum. 4^e série — tome 1.
- (1911): Les syénites néphéliniques de l'Archipel de Los et leurs minéraux. Nouv. arch. du Muséum. 5^e série, III.
- (1928): Sur une nouvelle région de roches intrusives néphéliniques à Madagascar. Acad. de Sciences. 30 Mai 1928.
- MAGNUSSON, N. H.—LUNDQVIST, G.—GRANLUND, E. (1957): Sveriges Geologi. 3. Auflage. Stockholm 1957.
- MEHNERT, K. R. (1959): Der gegenwärtige Stand des Granitproblems. Fortschritte der Mineralogie, 37. 2.
- MELLIS, O. (1954): Einiges zur Geometrie der Lagekugelbesetzung. Tscherms. Min. Petr. Mitt., 3. Folge, Band IV.
- MOROZEWICZ, J. (1930): Der Mariupolit und seine Blutsverwandten. Min. Petr. Mitt., 40. Band, Heft 5/6.
- OSANN, A. (1907): Ueber einen nephelinreichen Gneis von Cevades, Portugal. N. Jb. f. Min., Jg. 1907, Bd. II.
- QUENSEL, P. (1914): The Alkaline Rocks of Almunge. Bull. of the Geol. Inst. of Upsala, Vol. XII.
- RAMSEY, W. und HACKMAN, V. (1894): Das Nephelinsyenitgebiet auf der Halbinsel Kola. I. Fennia, 11, N:o 2.
- SANDER, B. (1948, 1950): Einführung in die Gefügekunde der geologischen Körper. 1. Teil: Allgemeine Gefügekunde und Arbeiten im Bereiche Handstück bis Profil. 1948. 2. Teil: Die Korngefüge 1950. Springer Verlag, Wien und Innsbruck.
- SANDER, B. mit KASTLER, D. u. LADURNER, J. (1954): Zur Korrektur des Schnitteffektes in Gefügediagrammen heterometrischer Körner. Sitz. Ber. Österr. Akad. d. Wiss., Math. Nat. Kl., Abt. I, 163. Bd., 6. u. 7. Heft.

- SHAND, S. J. (1921): The nepheline-rocks of Sekukuniland. Transact. Geol. Soc. S. Africa. Vol. XXIV.
- STRAUSS, C. A. and TRUTER, F. C. (1950): The alkali complex at Spitskop, Sekukuniland, Eastern Transvaal. Transact. Geol. Soc. S. Africa. Vol. LIII.
- SØRENSEN, H. (1958): The Ilímaussaq Batholith. A Review and Discussion. Medd. om Grønland. Bd. 162. Nr. 3.
- TILLEY, C. E. (1952): Nepheline Paragenesis. Mawson Anniv. Vol., Adelaide.
- (1953): The Grennaite of Norra Kärr. Geol. Fören. i Stockholm Förh., Bd. 75.
- TÖRNEBOHM, A. E. (1906): Katapleiit-syenit, en nyupptäckt varietet av nefelinsyenit i Sverige. S.G.U. Ser. C, Nr. 199.
- TURNER, F. J. and VERHOOGEN, J. (1960): Igneous and Metamorphic Petrology. Sec. ed., New York.
- USSING, N. V. (1912): Geology of the Country around Julianehaab, Greenland. Medd. om Grønland. 38. Hefte.
- WEBER, M. (1913): Beispiele von Primärschieferung innerhalb der böhmischen Masse. Centralblatt f. Min., etc., Jg. 1913, No. 24.
- WEGMANN, C. E. (1938): Geological Investigations in Southern Greenland. Part I. On the Structural Divisions of Southern Greenland. Medd. om Greenland, Bd. 113. No. 2.

Errata

In den Diagrammen D 4, D 9, D 10, D 11 ist $h\bar{o}l$ zu $\bar{h}ol$ zu ändern.