

Alkaligesteine von Blue Mountains, Ontario

Autor(en): **Friedlaender, C.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **32 (1952)**

Heft 2

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-25826>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Alkaligesteine von Blue Mountains, Ontario

C. Friedlaender, Zürich

Einleitung	213
Bisherige Arbeiten	214
Lage, Abbau	214
Allgemeine Geologie	215
Petrographie	216
Gesteinsbezeichnungen, Einteilung	216
Litchfieldit	218
Mineralbestand	218
Plagioklas	219
Epidot	219
Rutil, Lavenit, Korund	220
Gefügebeziehungen	222
Struktur, Textur	222
Pressungserscheinungen	222
Ausscheidungsfolge	224
Entstehung der Alkaligesteine von Blue Mountains	228
Übersicht der Literatur	228
Chemismus	232
Diskussion, Schlussfolgerungen	235
Bildungsbedingungen	235
Stoffliche Entstehung	237
Deutungsversuch	238
Vergleich mit ähnlichen Vorkommen	238
Literaturverzeichnis	240

Einleitung

Im Mai 1949 hatte ich Gelegenheit, zwei Tage in den Blue Mountains zu verbringen. Ich danke der American Nepheline Corporation, Lakefield Ont., sowie deren Direktor, Mr. Craig, und seinen Mitarbeitern, Mr. Matter und Mr. Archie Cameron, für die freundliche Aufnahme und

für die Bereitwilligkeit, mit der mir Anlagen und Aufschlüsse gezeigt wurden.

Es war nicht meine Absicht, eine Untersuchung über dieses Vorkommen auszuführen — ich habe entsprechend nur wenig Material mitgenommen. Die vorliegende Mitteilung soll nicht mehr als einen Diskussionsbeitrag darstellen.

Bisherige Arbeiten. Das Gebiet ist verschiedentlich und eingehend untersucht worden. Besonders hervorzuheben sind die Arbeiten von F. D. ADAMS und A. E. BARLOW 1910, W. G. FOYE 1915, F. CHAYES 1939 und 1945, M. L. KEITH 1939, J. SATTERLY 1943, L. MOYD 1945, W. K. GUMMER und S. V. BURR 1946 und S. J. SHAND 1946. In zahlreichen weiteren Arbeiten werden die canadischen Vorkommen von Alkaligesteinen erwähnt. Ein Teil dieser Arbeiten ist im Literaturverzeichnis aufgeführt (vgl. auch C. J. KOENIG 1947).



Fig. 1

Lage, Abbau. Ungefähr 100 km nördlich vom N-Ufer des Ontario-Sees erheben sich in der Haliburton Gegend (Township of Methuen, County of Peterborough, Ontario) die Blue Mountains als etwa 8 km langer, ungefähr WSW-ENE verlaufender Hügelzug 60 bis 100 m über dem umliegenden Gelände des canadischen Schildes (Fig. 1). Es

stehen hier nephelinführende Gesteine an. Seit 1937 findet ein Abbau statt. Das Gestein wird z. T. an Ort und Stelle aufbereitet, z. T. gelangt es unverändert zum Versand. Nach entsprechender Aufbereitung eignet sich das Material sehr gut für zahlreiche keramische Zwecke (H. R. DEETH und C. J. KOENIG 1948). Die Aufbereitung besteht im wesentlichen in Kornverkleinerung auf minus 20 mesh und zweitens in Verminderung des Eisengehaltes von ursprünglich ca. 1% auf max. 0.06%. Dafür werden magnetische Separatoren verwendet. Die Entfernung von Korund bereitet grössere Schwierigkeiten. Das in Lakefield zum Versand gelangende Fertigprodukt ist ein weisses Gesteinsmehl, das praktisch aus einem Gemenge von Feldspat, Nephelin und etwas Muskovit besteht. Der Transport erfolgt, im Sommer, mit Lastauto und Kahn über einen der zahlreichen Seen, den Stony Lake, nach dem kleinen Industrieort Lakefield, wo Lagermöglichkeit und Aufbereitungsanlage bestehen. Soweit für die USA bestimmt, wird das Material von Lakefield nach Cobourg, am N-Ufer des Ontario-Sees, und mit Ferryboat nach Rochester N. Y. transportiert, wo sich eine grössere Aufbereitungsanlage der American Nepheline Corporation befindet. Die Distanz Lakefield—Cobourg und Cobourg—Rochester beträgt je ungefähr 100 km.

Allgemeine Geologie. Zusammengefasst und vereinfacht kann das geologische Geschehen der Gegend folgendermassen dargestellt werden. Auf früh-präkambrische Kalksteine und Amphibolite folgen Hornblende-Biotitschiefer und Gneise, ferner Alkaligesteine — mit Nephelin, Cancrinit, Sodalith usf. — und, erheblich später, der Methuen Intrusivstock mit Granodioriten bis Syenodioriten und dazugehörigen Ganggesteinen. Von Keevil (Mass. Inst. of Technology) nach der Emanationsmethode durchgeführte Bestimmungen des absoluten Alters haben ergeben, dass die Alkaligesteine mit einem Alter von 850 Mill. Jahren erheblich älter sind als die Granodiorite und Syenodiorite, für die ein Alter von 150 Mill. Jahren (femische Partie) bis 185 Mill. Jahren ermittelt wurde. Die Feldbeobachtungen sind mit diesen Bestimmungen in Einklang. Nach anderen Angaben kommt jedoch im Gebiet auch älterer Granit (bzw. Syenodiorit) vor. Flächenmässig ist, nach FOYE, das ganze Gebiet — nicht nur Blue Mountains — in dem Alkaligesteine in den Bancroft und Haliburton Gebieten vorkommen, etwa 9000 km² gross. Davon entfallen auf die Alkaligesteine 160 km², also kaum 2%, während die Hauptmasse sich so verteilt, dass etwa $\frac{1}{4}$ Kalkstein und Amphibolit, der Rest laurentidische Gneise und Amphibolite sind.

Petrographie

GESTEINSBEZEICHNUNGEN, EINTEILUNG

Die Alkaligesteine von Blue Mountains sind in Mineralbestand und Aussehen sehr unterschiedlich. Entsprechend sind die Gesteine mit verschiedenen Namen bezeichnet worden. Modale Mineralbestandsangaben sind in Fig. 2 zusammengestellt. Die in der Darstellung (Fig. 2) verwendeten Angaben über den Mineralbestand sind z. T. durch Messung erhalten, z. T. sind sie nach den festgestellten Mineralien aus der Analyse errechnet worden. Die Zahlen sind nicht strikt miteinander vergleichbar, zudem sind sie durchgehend nur als angenähert anzusehen. Wo kein Fundort angegeben ist, handelt es sich um canadische Alkaligesteine. Zum Vergleich und zur Ergänzung wurden einige Angaben von anderen Gebieten herangezogen (W. E. TRÖGER 1935). Von folgenden gesteinsbildenden Mineralien aus dem Gebiet der Alkaligesteine von Blue Mountains liegen u. a. Analysen vor: Nephelin, Albit, Mikroklin (M. L. KEITH 1939, p. 1810—1811), Hastingsit (M. BILLINGS 1928) und Cancrinit (R. PHOENIX und E. W. NUFFIELD 1949).

Da der Mineralbestand in der Darstellung in drei Gruppen zusammengefasst wurde — Foidmineralien, Feldspat, femische Mineralien — können in Mineralbestand und Chemismus einigermassen verschiedene Gesteine auf den selben Projektionspunkt fallen. Andererseits müssen aber offenbar deutlich auseinanderliegenden Projektionspunkten in Mineralbestand und Chemismus unterschiedliche Gesteine entsprechen. Es liegt in der Natur der Sache, dass sich die Bezeichnungen überlagern. Es scheint aber doch gegeben, bei den canadischen Alkaligesteinen folgende Gruppen auseinander zu halten:

- | | |
|--------------------------------------|------------------|
| 1. Nephelinsyenite, normalfoyaitisch | (vgl. No. 2—11) |
| 2. monzonitische Nephelinsyenite | (vgl. No. 12—18) |
| 3. ijolithische Nephelinsyenite | (vgl. No. 25—28) |
| 4. urtische Nephelinsyenite | (vgl. No. 29—32) |

Ausser diesen Gesteinen, die z. T. mit lokalen Spezialnamen, z. T. einfach als Nephelinsyenit bezeichnet werden, sind in diesem Zusammenhang noch von Bedeutung:

- | | |
|---|------------------------|
| 5. Theralithe, Shonkinite | (vgl. No. 19—22) sowie |
| 6. extrem Fe-reiche Gesteine | (vgl. No. 23) und |
| 7. Gesteine mit ungefähr gleich viel Foid-
Mineralien und Feldspat | (vgl. No. 24). |

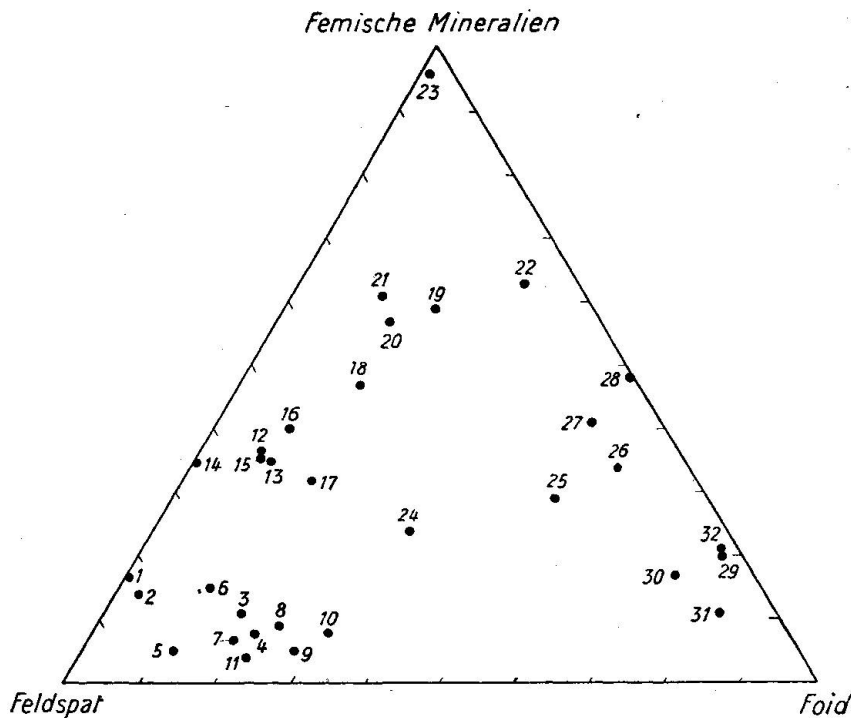


Fig. 2. Modaler Mineralbestand von canadischen Alkaligesteinen, nach Angaben in der Literatur. Der Mineralbestand ist in drei Gruppen zusammengefasst: Foid-Mineralien, Feldspat und femische Mineralien. Zum Vergleich und zur Ergänzung einige Angaben über Gesteine aus anderen Gebieten.

Abkürzungen: A u. B = ADAMS u. BARLOW; F. = FOYE; Tr. = TRÖGER.

1 Roter Syenit. F.; 2 Canadit, schiefrig. F.; 3 Nephelinsyenit. A u. B, p. 295; 4 Nephelinsyenit, pegmatitisch. F.; 5 Cancrinit, Beaver Brook, Colorado. Tr. 431; 6 Nephelinsyenit, pegmatitisch, Laven, Oslogebiet. Tr. 440; 7 Litchfieldit, Litchfield, Maine. Tr. 415; 8 Foyait, Monchique, Portugal. Tr. 414; 9 Nephelinsyenitaplit, Cabo Frio, Rio de Janeiro. Tr. 441; 10 Ditroit, Ditro, Siebenbürgen. Tr. 427; 11 Litchfieldit. Keith; 12 Nephelinsyenit, biotitführend. A u. B, p. 264; 13 Nephelin-Biotitgestein, schiefrig. F.; 14 Monzonit, Monzoni, Südtirol. Tr. 259; 15 Canadit, Monmouth, Renfrew Co., Ontario. Tr. 484; 16 Canaditpegmatit (Theoret. Restschmelze) nach Quensel. Tr. 493; 17 Nephelinmonzonit, Berondra, Madagascar. Tr. 510; 18 Nephelinsyenit. A u. B, p. 270; 19 Malignit, Rainy River Distr., W. Ontario. Tr. 487; 20 Theralith, Duppau, Nord-Böhmen. Tr. 514; 21 Nephelinshonkinit. Tr. 490; 22 Hornblende-Nephelinstein. F.; 23 Pyroxen-Granat-Kontaktgestein. F.; 24 Nephelin-Albit-Granatgestein. F. F. Osborne, p. 46; 25 Nephelinsyenit. A u. B, p. 272; 26 Monmouthit. F.; 27 Hornblende-Nephelinsyenit. F. F. Osborne. p. 43; 28 Ijolith, Jivara, Nord-Finnland. Tr. 607; 29 Nephelinsyenit. A u. B, p. 276; 30 Congressit, Craigmont, Renfrew Co., Ontario. Tr. 605; 31 Urtit, Lujavr Urt, Kola. Tr. 604; 32 Monmouthit, Monmouth, Renfrew Co., Ontario. Tr. 606.

Innerhalb dieser Gruppen kann eine weitere Unterteilung nach Art und Verbreitung von Foid, Feldspat und femischen Mineralien vorgenommen werden. Bei den Nephelinsyeniten schlechthin (No. 1—11 in Fig. 2) führt Einteilung nach dem Verhältnis K-Feldspat : Gesamt-Feldspat zur Abgrenzung von Gesteinen mit geringem Gehalt an K-Feldspat. Es sind dies die Litchfieldite (mit K-Feldspat : Gesamt-Feldspat kleiner als 0.4). Die Bezeichnung Canadit deckt sich ungefähr mit der Bezeichnung Litchfieldit. Monmouthit gehört teils zu ijolithischen, teils zu urtischen Nephelinsyeniten, Congressit zu den urtischen Nephelinsyeniten und der Malignit — um nur einige Bezeichnungen zu nennen — zur Gruppe der Shonkinite.

LITCHFIELDIT

Der Hauptgesteinstyp im Gebiet der Blue Mountains wird als Nephelinsyenit oder, wegen des Vorherrschens von Albit über K-Feldspat, als Litchfieldit bezeichnet. Es ist ein helles, körniges Gestein, an dem von blossem Auge Albit, Nephelin und heller Glimmer feststellbar sind, ausserdem, ganz zurücktretend, dunkle Mineralien. Zuweilen ist stumpf-halbmatt glänzender rötlichbrauner-dunkelgrauer Korund, in unregelmässigen bis tonnenförmigen Körnern zu beobachten; in einigen Stellen fallen zitronengelber Cancrinit und blauer Sodalith auf.

Mineralbestand. Der an Litchfieldit von Blue Mountains gemessene Mineralbestand stimmt sehr nahe mit früheren Angaben überein.

	CF	M. L. KEITH 1939
Nephelin	25	22
Albit	48	54
Mikroclin, K-Feldspat	24	20
Muskovit	} 3	2
Femische Mineralien		2
		} 74
		} 4

In den femischen Mineralien sind zusammengefasst: blaugrüne Hornblende (Hastingsit), grüner Biotit, Magnetit, Ilmenit, Granat, Titanit, Apatit, Epidot. Charakteristisch, wenn auch nicht in jedem Handstück auftretend, ist Korund. An wichtigen Nebengemengteilen sind Calcit, Cancrinit und Sodalith zu nennen. Akzessorisch treten eine ganze Reihe von weiteren femischen Mineralien auf wie Zirkon, ein grüner Spinell, brauner Biotit usw. Die von mir gesammelten Gesteine sind offenbar sehr ähnlich mit bereits untersuchtem Material — eingehende Gesteinsbeschreibungen erübrigen sich deshalb. Es sollen jedoch einige

ergänzende Beobachtungen mitgeteilt werden, und zwar über Mineralbestand und über Gefügebeziehungen.

Die Beobachtungen über den Mineralbestand betreffen vor allem die Zusammensetzung der Plagioklase und die Feststellung von Epidot.

Plagioklas. Es ist in Übereinstimmung mit früheren Bestimmungen, dass die Zusammensetzung des Plagioklas zwischen Albit mit An nahezu Null und An 12—15 schwankt. Auffallend ist jedoch das Nebeneinander-vorkommen im selben Gestein und im selben kleinen Bereich eines Dünnschliffs von Plagioklas mit noch stärker unterschiedlicher Zusammensetzung. Schon bei der Durchmusterung der Dünnschliffe zeigte sich Plagioklas mit negativem Charakter und mit Lichtbrechung etwas grösser als Albit. Durch Drehtischbestimmung einer grösseren Anzahl von Plagioklaszwillingen wurde dann an weiteren Beispielen das Auftreten von Oligoklas neben Albit nachgewiesen. Bekanntlich fallen die Projektionskurven von (010) bezogen auf die optische Indikatrix in den Bereichen An 0—10 und An 25—30 praktisch zusammen. Sichere Bestimmungen konnten deshalb nur ausgeführt werden, wo mindestens an einem der beteiligten Zwillings-elemente ausser (010) noch eine weitere Bezugsrichtung feststellbar war. Die ziemlich häufig auftretende Spaltbarkeit parallel (001) ermöglicht sichere Bestimmungen. Der Achsenwinkel wurde nur als zusätzliches Bestimmungselement gewertet. Wenn auch Albit jedenfalls verbreiteter ist, so scheint doch sicher zu sein, dass im Litchfieldit von Blue Mountains auch Oligoklas mit An 25—30 auftritt. Eine genauere Abschätzung der relativen Verbreitung lässt sich nicht ohne weiteres durchführen, weil sich Albit und Oligoklas ohne nähere Prüfung nicht unterscheiden. Die auf Grund von Drehtischbestimmungen ermittelte Zusammensetzung einer Anzahl von Plagioklasen ist in einer Summationskurve dargestellt (Fig. 3). Diese Darstellung beruht auf einer willkürlichen Auswahl, sie vermittelt sicher ein nicht ganz zutreffendes Bild. Wichtiger als die Bestimmung des genauen Mengenverhältnisses scheint jedoch die Feststellung des Auftretens von Oligoklas neben Albit an sich. Als Zwillingsgesetze herrschen bei den Plagioklasen des Litchfieldits von Blue Mountain offenbar Albit, Karlsbad, Albit-Karlsbad (roc tourné) vor; Albit-Ala B ist viel weniger verbreitet und Manebach-Ala scheint nur ausnahmsweise vorzuliegen.

Epidot. In einigen der untersuchten Gesteine tritt als charakteristischer Übergemengteil Epidot auf. Epidot ist in diesen Gesteinen bisher vielleicht nicht genügend beachtet worden. In der ausführlichen Monographie von ADAMS und BARLOW wird er überhaupt nicht, von FOYE nur kurz erwähnt. In den mir vorliegenden Gesteinen tritt er in relativ

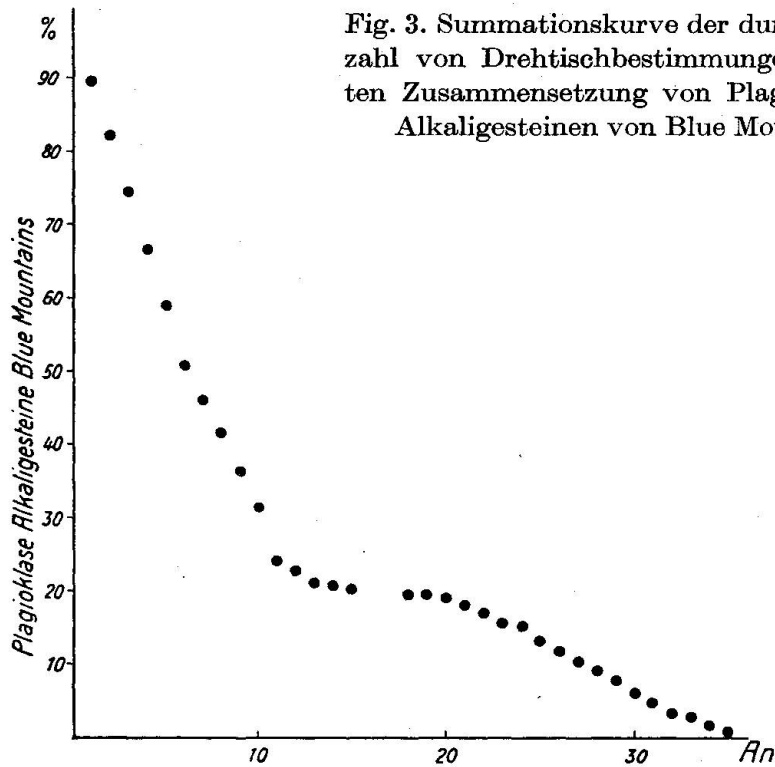


Fig. 3. Summationskurve der durch eine Anzahl von Drehtischbestimmungen ermittelten Zusammensetzung von Plagioklasen in Alkaligesteinen von Blue Mountains.

grossen, z. T. hypidioblastischen Körnern und Aggregaten auf. Es ist gewöhnlicher Epidot, mit Pleochroismus α hellgelblichbraun-fast farblos bis γ hellbraun-grünlichbraun, mit sehr starken unregelmässig fleckigen Interferenzfarben, optisch negativ. Achsenwinkel um 74° . Es handelt sich zwar offenbar um eine späte Bildung, aber es geht doch wohl nicht an, den Epidot in diesen Gesteinen einfach als „sekundäre“ Bildung abzutun. Fig. 4 zeigt Epidot und Biotit, z. T. idioblastisch, durchsetzt und angegriffen von Sodalith. Beachtenswert sind ferner die grossen Titanite und, links im Bild, eine siebstrukturartige Durchwachsung von Albit, Biotit und Ilmenit.

Beobachtungen an weiteren Mineralien, besonders an Nebengemengteilen und Akzessorien, können in diesem Zusammenhang unterbleiben. Erwähnt seien immerhin die Feststellung von *Rutil* als Einschluss in Korund sowie das Auftreten eines akzessorischen Minerals, dessen beobachtete Eigenschaften mit denen von *Lavenit* vereinbar scheinen. Der *Korund* ist optisch nahezu einachsig, negativ. Er zeigt sehr deutlichen Pleochroismus n_α rotbraun, n_γ hellgrau-grünlich-blau. Die Korundkristalle erscheinen zuweilen parallel der Basis aufgeblättert. In Schnitten senkrecht zur Basis erkennt man äusserst feine Nadelchen von *Rutil* parallel n_γ ; in anderen Schnittlagen zeigt sich sagenit-artiges Gewebe.

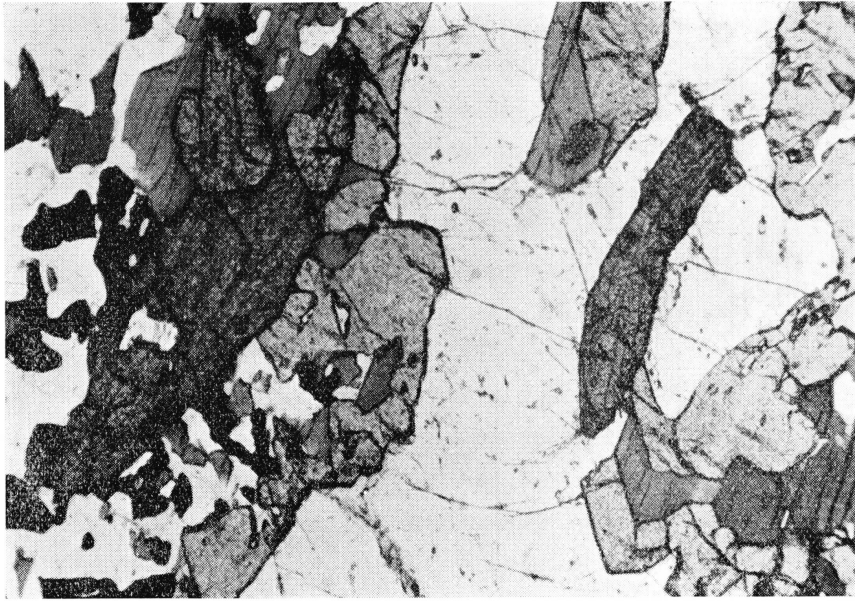


Fig. 4. Nikols //, Vergr. 65 ×

Sodalith, mit Einschluss von Titanit, umgrenzt von Epidot und Biotit; weiter links grosse Titanite, sowie Durchwachsung von Albit, Biotit und Ilmenit.

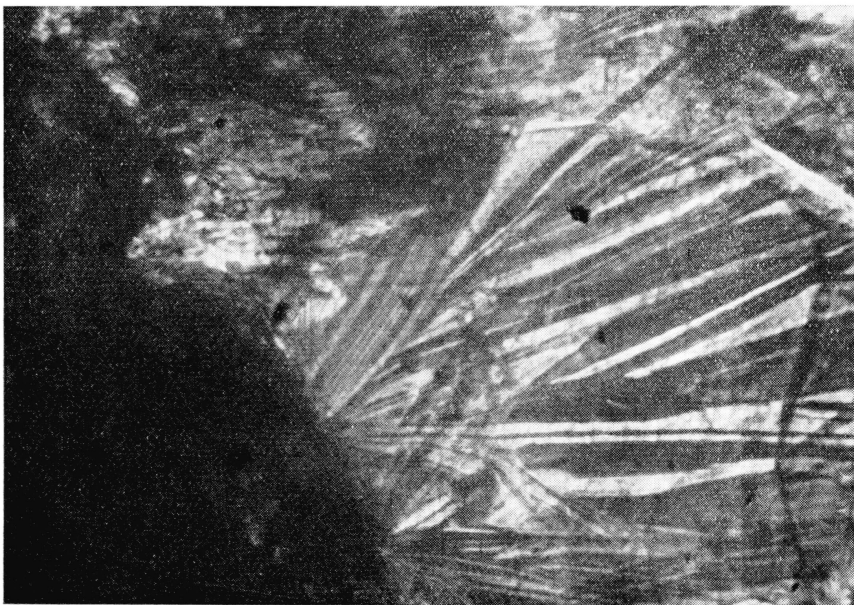


Fig. 5. Nikols X, Vergr. 90 ×.

Lavenit, in Büscheln von feinen Leisten, links im Bild Korund (dunkel) und, gegen Mitte der oberen Bildkante, Muskovit (wirrfaserig erscheinend).

Die Anordnung der feinen Einschlussnadelchen verläuft offenbar parallel der Basiskante, d. h. parallel den Kanten $(0001)/(10\bar{1}1)$ und $(10\bar{1}1)/(11\bar{2}0)$. Das stimmt mit den üblichen Beobachtungen überein. Die Rutilnadelchen zeigen sich erst bei stärkerer Vergrößerung ($300\times$); wegen der relativ starken und ungleichmässig fleckigen Eigenfärbung des Korunds treten sie oftmals erst bei eingeklapptem Kondensator deutlich hervor. Der Korund enthält noch Scharen von durchscheinend braunen Einschlüssen, kleine Schmitzen und Nadelchen, wesentlich Rutil und Ilmenit, ferner, viel weniger verbreitet, einen grünen *Spinell*, völlig isotrop, in scharf umrissenen, idiomorphen Kristallen. Angrenzend an Korund sowie an Muskovit tritt in Büscheln von feinen Leisten akzessorisch ein hellgelblich-farbloses Mineral auf (Fig. 5). Die Lichtbrechung dieses Minerals ist grösser als die von Muskovit, n_γ , und kleiner als die von Korund, n_α , liegt also zwischen 1.6 und 1.76. Das Mineral ist zweiachsig negativ. Die Auslöschungsschiefe c/n_γ wurde zwischen 73 und 76° gemessen. Diese Beobachtungen scheinen auf Lavenit zu weisen.

Gefügebeziehungen. Die Struktur der untersuchten Gesteine lässt sich generell als mittel- bis grobkörnig bezeichnen; udm ist sie granoblastisch-mosaikartig mit stellenweise Anklängen an poikiloblastische Struktur sowie auch an Siebstruktur. Die mittlere Korngrösse variiert zwischen 0.1 mm und mehr als 5 mm. Die Textur ist im allgemeinen massig, zuweilen aber auch lagig-schiefrig. Es lässt sich dann eine gewisse Regelung in der Orientierung der Albite erkennen. Da meine Handstücke nicht orientiert geschlagen waren, musste ich von einer diesbezüglichen Untersuchung absehen. H. W. FAIRBAIRN hat an Nephelin und Albit im Litchfieldit von Blue Mountains Gefügeregelung beobachtet. Durch taflige Ausbildung der Albitkristalle kommt eine lagige Textur (foliation), durch die Längenausbildung eine Streckung (lineation) zum Ausdruck. Die Orientierung (010) des Albits ist dabei parallel der lagigen Absonderung. Die Längsachsen, sowohl von Albit als auch von Nephelin, laufen untereinander und mit der Streckungsrichtung parallel. FAIRBAIRN vermutet, dass die Orientierung des Albits Ergebnis von magmatischem Fliessen sei und dass die des Nephelins durch den Albit beeinflusst wurde (H. W. FAIRBAIRN 1941). Nach ADAMS und BARLOW sind auch in den lagigen und schiefrigen Gesteinen Anzeichen von Pressungserscheinungen selten festzustellen. Sie beobachten jedoch bei Feldspat zuweilen Druckschatten (strain shadows) und verbogene oder leicht verworfene Zwillingslamellen, stellenweise auch kataklastische Struktur. Nach meinen Beobachtungen sind leichte Verbiegungen der Zwillingslamellen an Plagioklasen sowie auch eine etwas undulöse Auslöschung

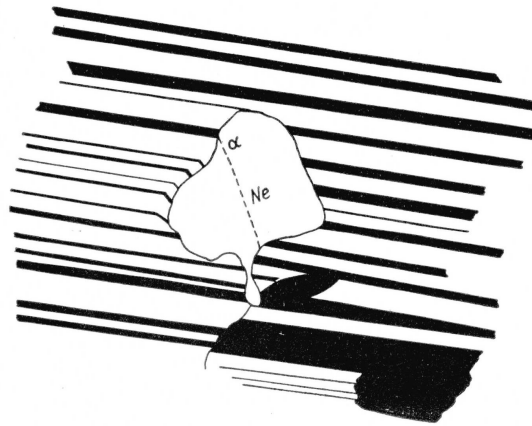


Fig. 6. Skizze. Nikols X, Vergr. ca. 60 ×.
Gebogene Zwillingslamellen in Albit am Kontakt mit Nephelin. Vgl. S. 226.

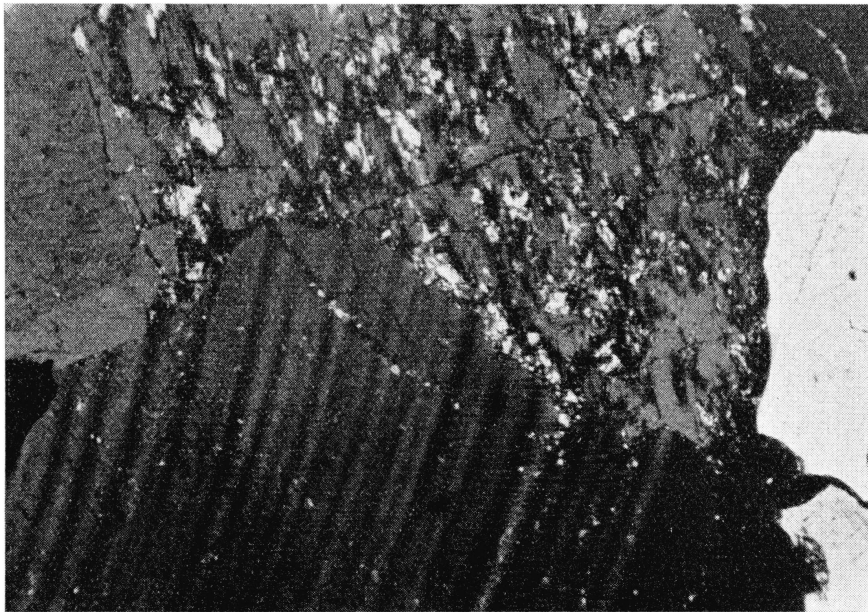


Fig. 7. Nikols X, Vergr. 65 ×.
Albit mit gebogenen Zwillingslamellen, Calcit, Nephelin, Orthoklas, blaue Hornblende.

häufig, deutliche Pressungserscheinungen an Plagioklasen in diesen Gesteinen jedoch selten. Wo eine starke Verbiegung von Zwillingslamellen in Plagioklas vorliegt, ist sie unvermittelt. Derartige Partien können offenbar zwei ganz verschiedene Ursachen haben: einmal können sie ein Hinweis auf Differentialbewegung sein (Fig. 6), oder aber es liegt ein Fremdeinschluss, ein Palimpsest, vor (Fig. 7). In Form von Stauchungen und Druckzwillingsbildung lassen sich Pressungserscheinungen auch an Calcit feststellen; sie sind ein Hinweis dafür, dass Calcit dann altes eingeschlepp-

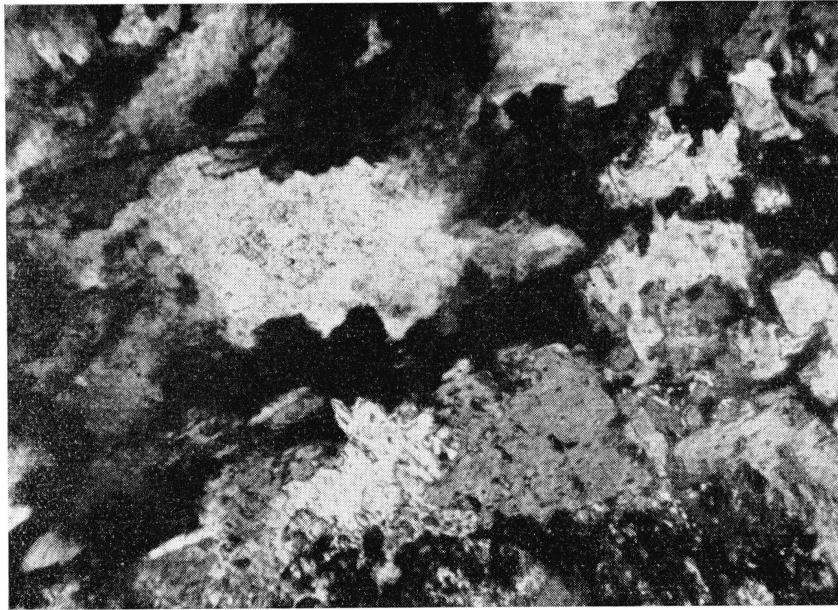


Fig. 8. Nikols X, Vergr. 65 ×.

Poikilitisch verzahnte Körner von undulös auslöschendem Zeolith, mit Albit, Muskovit und Sodalith.

tes Material darstellt. Aber nicht alle Stellen mit mehr oder weniger deutlichen Pressungserscheinungen dürfen als Relikte gedeutet werden. Für die Muskovithüllen um Korund, die fast durchgehend Stauchungen aufweisen, erscheint das jedenfalls fraglich. Partien mit poikiloblastisch verzahnten Körnern von undulös auslöschendem Zeolith, mit Albit, Muskovit und Sodalith (Fig. 8) können auch nicht als Einschluss von altem Material angesprochen werden. Derartige z. T. unvermittelt absetzende Partien können im einzelnen nicht immer sicher gedeutet werden: sie zeigen lediglich, daß die Bildungsgeschichte dieser Gesteine sehr komplex war.

Für die Charakterisierung der Gefügebeziehungen sind auch die Beobachtungen heranzuziehen, die im Hinblick auf die Bestimmung der Ausscheidungsfolge vorgenommen worden sind. Diese Beobachtungen können von Interesse sein, unabhängig davon, dass die abgeleiteten Folgerungen mit Vorsicht aufzunehmen sind. Vielfach wird den Beobachtungen stillschweigend die Annahme zu Grunde gelegt, dass eine einsinnige Ausscheidungsfolge vorliegt, was an sich gar nicht selbstverständlich ist. Es fragt sich in der Tat, wie weit es überhaupt berechtigt ist und einen Sinn hat, bei diesen Gesteinen von „Ausscheidungsfolge“ zu sprechen. Denn gerade die Beobachtung der Gefügebeziehungen lässt ver-

muten, dass Entmischung und Rekristallisation, und zwar Kristalloblastese wie auch metasomatische Umsetzungen, für die Bildung des Korngefüges wie es jetzt vorliegt, bestimmend gewesen sind und dass deshalb eine einsinnige Ausscheidungsfolge nicht angegeben werden kann.

Bei Nephelinsyeniten werden zwei Arten von Ausscheidungsfolgen unterschieden: 1. miaskitische, analog der normalen granitischen Ausscheidungsfolge (Rosenbusch), mit femischen Mineralien vor Alkalifeldspat und Nephelin, und 2. agpaitische, bei der Nephelin eine frühe Ausscheidung ist, gefolgt von Alkalifeldspat, Zr- und Ti-Silikaten, Pyroxenen, Amphibolen und schliesslich leichtflüchtigen Bestandteilen (A. FERSMANN 1929). Die Angaben über die Ausscheidungsfolge bei den canadischen Alkaligesteinen gehen etwas auseinander, was nach dem oben Ausgeführten nicht weiter verwundern kann. Meist werden sie zur miaskitischen Ausscheidungsfolge gerechnet. GUMMER und BURR haben aber darauf hingewiesen, dass die Altersbeziehung Nephelin-Albit zuweilen unsicher ist und dass in vielen Fällen Albit entschieden jünger ist als Nephelin. Sie stellten auch fest, dass sich zuweilen mindestens zwei verschiedene Altersstufen in der Plagioklasbildung auseinanderhalten lassen. Nephelin liegt dann dazwischen, in xenomorphen-hypidiomorphen Körnern, die von jüngerem Albit eingebuchtet erscheinen (Fig. 9). Meine Beobachtungen sind in Übereinstimmung mit den Mitteilungen von GUMMER und BURR. Nephelin ist in den mir vorliegenden Proben von Litchfieldit von Blue Mountains vielfach von Albit deutlich korrodiert, wobei Zwillingslamellen des Albits am Nephelin absetzen, gelegentlich dabei umgebogen erscheinen, oder auch von Mikroklin korrodiert, der selber wieder jünger ist als Albit. Nephelin scheint somit früher gebildet als Feldspat. Andererseits ist stellenweise Mikroklin von jüngerem Nephelin durchkreuzt. Oligoklas scheint älter als Albit, von dem er treppenförmig-buchtig angegriffen ist. Albit tritt ausser in polylamellaren Zwillingsstöcken auch in schachbrettalbitartigen Aggregaten sowie auch in unverzwilligten, undulös auslöschenden Körnern auf. Die Kristallisation von Plagioklas ist jedenfalls nicht auf einen Zeitabschnitt der Bildungsgeschichte dieser Gesteine beschränkt. Ein Teil ist möglicherweise auf Entmischung aus Alkalifeldspat zurückzuführen (vgl. O. F. TUTTLE 1952). Zwischen Plagioklas und Mikroklin zeigt sich zuweilen eine schmale Hülle von Albit, was auf Entmischung hinweist. Bei einigen der dunklen Gemengteilen liegen ebenfalls Anzeichen für Kristallisation in verschiedenen distinkten, jedenfalls auch chemisch unterschiedlichen, Bildungen vor. So bei Biotit, der akzessorisch als brauner Biotit auftritt und eine frühe Bildung darstellt, während der sehr verbreitete grüne Biotit deutlich eine spätere

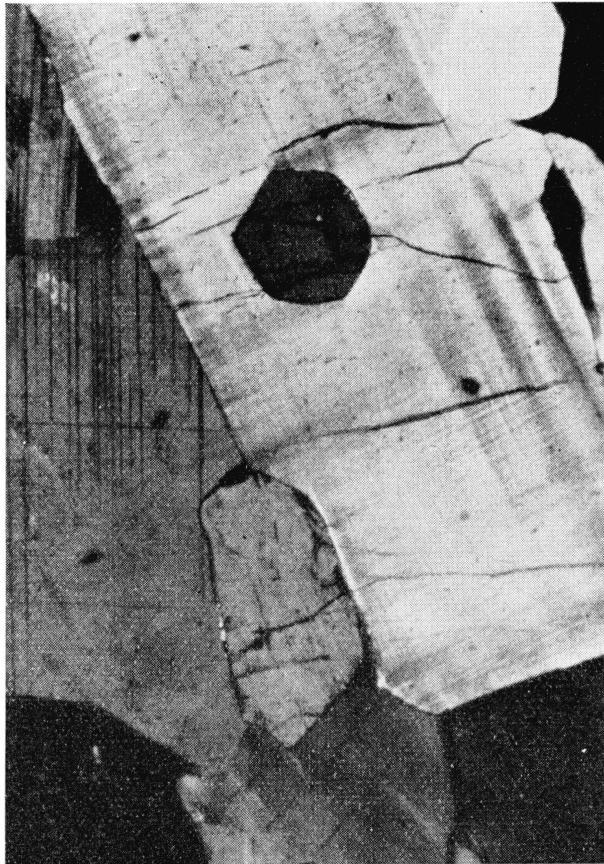


Fig. 9. Nikols X, Vergr. 65 \times
 Nephelin, \pm idiomorph, umgrenzt von Albit und Mikroklin.
 Nephelin (Basisschnitt) in Mikroklin.

Bildung ist. Auch bei Hornblende lassen sich verschiedene Bildungen auseinanderhalten. Die Altersbeziehung von Korund kann durch die Reihenfolge Korund-Albit-Muskovit angenähert gekennzeichnet werden. Bemerkenswert sind Hüllen von Epidot, Granat und Titanit um Calcit bzw. Nephelin (Fig. 10).

Die üblichen Kriterien zur Bestimmung der Altersbeziehungen sind mit Vorsicht anzuwenden. So ist vor allem das Einschlussmineral nicht notwendig eine frühere Ausscheidung, „älter“, als das Wirtmineral: es kann auch eine Entmischung oder eine Verdrängung vorliegen. Wenn im Wirtmineral eine Zwillingslamellierung feststellbar ist, so kann das bei der Beurteilung der Ausscheidungsfolge helfen. Man kann häufig beobachten, dass die Zwillingslamellierung an der einen Seite eines Einschlusskorns absetzt — zuweilen mit leichter Umbiegung — und dass sie sich an der Gegenseite mit anderem Abstand der Zwillingslamellen, wenn auch in gleicher Orientierung fortsetzt (Fig. 6). Die Folgerung ist in so



Fig. 10. Nikols X, Vergr. 65 ×

Calcit (dunkelgrau) und Nephelin; dazwischen, und stellenweise in Nephelin eindringend, Epidot.

einem Fall naheliegend, dass das Einschlussmineral vor dem Wirtmineral kristallisierte. Wenn andererseits ein Einschlussmineral die Zwillinglamellen des Wirtminerals ohne auffällige Änderung im Abstand der Lamellen durchsetzt, so kann das Einschlussmineral sehr wohl jünger sein als das Wirtmineral — auch wenn in der betrachteten Schliﬀebene keine Anzeichen dafür vorliegen, kann es sich um eine Verdrängungserscheinung handeln.

Soweit man von Ausscheidungsfolge sprechen darf, lässt sich bei den von mir untersuchten Gesteinen von Blue Mountains zusammengefasst und vereinfacht folgende Reihe aufstellen: Calcit-Hornblende-Titanit-Apatit - Nephelin₁ - Oligoklas, bzw. Albit₁ - Epidot - Kalifeldspat - Albit₂ - Nephelin₂ - Biotit - Granat - Cancrinit - Sodalith - Zeolith. Es würde dies im ganzen dem Schema der agpaitischen Ausscheidungsfolge entsprechen und somit in Gegensatz stehen zu anderen Mitteilungen, nach denen miaskitische Ausscheidungsfolge beobachtet wurde. So geben ADAMS und

BARLOW als generelle Ausscheidungsfolge an: Apatit-Zirkon-Titanit-Korund-Magnetit (diese Mineralien meist idiomorph), dann Hornblende und Biotit, dann Plagioklas und, als Letztausscheidung, die Zwischenräume ausfüllend, K-Feldspat und Nephelin. Sie stellen aber fest, dass die Ausscheidungsfolge nicht sicher angegeben werden kann, wie das sonst bei magmatischen Gesteinen möglich sei. Es ist zweifellos wesentlich, dass verschiedene Ausscheidungsfolgen angegeben werden: bei diesen Gesteinen lässt sich eine eindeutige Ausscheidungsfolge nicht angeben.

Entstehung der Alkaligesteine von Blue Mountains

ÜBERSICHT DER LITERATUR

Ungefähr alle Theorien, die bisher zur Erklärung der Entstehung von Alkaligesteinen formuliert worden sind, wurden auch für die canadischen Alkaligesteine, und im speziellen auch für das Vorkommen von Blue Mountains herangezogen: reine Kristallisationsdifferentiation, magmatische Differentiation mit Kalksteinassimilation, Wirkung von Al- und Na-reichen Emanationen, bzw. von Alkali-Sulfaten und -Chloriden, Injektion von urtitischem Material bis zu sedimentogener-ultrametamorpher Bildung (vgl. darüber R. A. DALY 1933, p. 482—501 und p. 540—541, der die Theorien von Bowen, Harker, Smyth, Gillson, Jensen, Holmes und Daly diskutiert). Die Durchsicht der Veröffentlichungen zeigt in der Tat, dass die Meinungen über die Entstehung der canadischen Alkaligesteine weit auseinander gehen.

ADAMS und BARLOW (1910) beobachten die Verknüpfung des Auftretens von Alkaligesteinen, Granit und kristallinem Kalkstein. Sie weisen auf Unregelmässigkeiten in der Ausscheidungsfolge hin (s. oben). Buchtige Umgrenzungen bei verschiedenen Mineralien, auch bei Apatit und Zirkon, werden als sichere Anzeichen von magmatischer Korrosion aufgefasst. W. G. FOYE (1915) führt die Bildung der Alkaligesteine auf die Einwirkung pneumatolytischer Gase zurück und vermutet einen Zusammenhang mit den Graniten. Es ist dies im wesentlichen die von SMYTH vertretene Auffassung. Andererseits weist Foye auf die Möglichkeit hin, dass die vom Kalkstein abgeleiteten Amphibolite und die Nephelinsyenite nahe verwandt seien: er hält eine lokale Desilifizierung von Granit durch Einwirkung von Kalkstein für wahrscheinlich. Er unterstützt somit die Kalkstein-Granit-Syntexis-Theorie und er wird von Daly auch als Kronzeuge aufgeführt. Die magmatischen Gase, mit

denen Foye operiert, waren, seiner Meinung nach, lediglich ein Beförderungsmittel, nicht an sich an der Zufuhr von Na aus dem Magma beteiligt. Die mächtige Masse mit feinlagig lit-par-lit wechselweise Amphibolit und Granit, mit einzelnen Überresten von Kalkstein, zeigt, dass es sich nicht um eine einfache Reaktion gehandelt haben kann.

In verschiedenen Publikationen seit 1910 vertritt DALY die Theorie der Kalkstein-Granit Desilifizierung (R. A. DALY 1918, 1933). Die Bildung der meisten Alkaligesteine ist nach dieser Auffassung durch Einwirkung von CO_2 (von Karbonatgestein) und Wasser (von Sedimenten allgemein) auf „subalkalines“ Magma, d.h. granitisches-basaltisches Magma, zu erklären. Es sind dabei Assimilation von CaO und/oder MgO, Konzentration von juvenilem CO_2 , ferner H_2O und andere leichtflüchtige Bestandteile wirksam. Die Vergesellschaftung Alkaligestein-Karbonat ist zumindest sehr auffallend und die lokalen Untersuchungen weisen in vielen Fällen auf eine Reaktion von Karbonat mit silikatischem Material. Die Altersbeziehungen scheinen dabei nicht überall sicherzustellen. Nach VON ECKERMANN ist im Alnö-Gebiet der Kalkanteil der aktive, der Anteil an Silikatgesteinen der passive Partner gewesen: die umgebenden Gesteine sind durch intrudierendes karbonatisches Magma desiliziert worden (H. v. ECKERMANN 1950). Im Hinblick auf das Haliburton-Gebiet hält DALY Kalkstein-Granit-Syntexis durch die Beobachtungen von Foye für erhärtet (R. A. DALY 1918 p. 97 und 102—104; 1933 p. 540—541). N. L. BOWEN interpretiert das Vorkommen der Alkaligesteine des Haliburton-Gebietes lediglich durch Kristallisationsdifferenziation. Eine Anzahl von binären und ternären Systemen, die für die Beurteilung der Entstehung von Nephelin von Bedeutung sind, wurden im Lauf der Jahre untersucht. (N. L. BOWEN 1915, N. L. BOWEN und J. W. GREIG 1925, N. L. BOWEN 1937, a, b, N. L. BOWEN 1945, W. EITEL, E. HERLINGER und G. TRÖMEL 1930, W. K. GUMMER 1943, J. W. GREIG und T. F. W. BARTH 1938, C. E. TILLEY 1933, ferner auch P. NIGGLI 1937, spez. p. 292—300). Die physikalisch-chemische Untersuchung liefert, trotz einschränkender Vorbehalte, exakte und reproduzierbare Unterlagen zum Verständnis von möglichen Bildungs- und Stabilitätsbedingungen von Mineralien. Wenn sie zu einer Interpretation führt, ist jedoch nicht notwendig, dass diese für einen bestimmten Fall als Erklärung befriedigen kann. J. E. GILLSON (1928) führt die Bildung von Alkaligesteinen auf Einwirkung von leichtflüchtigen, an Na- und Al-reichen Emanationen zurück. M. L. KEITH 1939 meint, dass das Magma im Zeitpunkt der Intrusion bereits alkalireich gewesen sein müsse, mit einer Zusammensetzung, die dem jetzigen Gesteinsmittel entspreche.

Die Entstehung der Alkaligesteine wird auf Kristallisationsdifferentiation oder auch auf Anreicherung von Alk und Al durch Einwirkung von leichtflüchtigen Bestandteilen zurückgeführt.

Gegen die Kalkstein-Granit-Syntexis-Theorie macht er, für das Vorkommen von Blue Mountains, zwei Einwände: 1. sind die Granite nach den Bestimmungen des absoluten Alters erheblich jünger als die Alkaligesteine und intrudieren sowohl in den Kalkstein wie auch in die Alkaligesteine und 2. zeigt die Feldbeobachtung keine Kontaktwirkung, die auf Desilifizierung schliessen lässt, bei Kontakt Alkaligestein/Kalkstein oder Granit/Kalkstein. Auch bei den übrigen bekannten Alkaligesteinsvorkommen der Gegend sind die granitischen Gesteine erheblich jünger als die Alkaligesteine (ca. 500 Mill. Jahre). Am Vorkommen von Blue Mountains wurden keine Kalksteineinschlüsse gefunden, aber Calcit liegt als offenbar primärer Gemengteil oder zumindest als frühes Kristallisationsprodukt vor — und dabei zeigen sich keine Hinweise für Reaktion zwischen Karbonat und Alkalimagma. J. SATTERLY 1943 nimmt Einwirkung von Nephelin absetzenden Lösungen auf aufgebogene und gefaltete Paragneise und Kalkstein entlang einer wohlabgegrenzten Zone, möglicherweise einer Verwerfung entsprechend, an. Dabei hätten sich Nephelin-Albitgneis sowie, durch Intrusion und teilweise Verdrängung von Nepheligneis und Paragneis, Nephelin-Pegmatitmassen gebildet. Der Nephelin liegt nach Satterly bereits in den Paragneisen vor; durch die Intrusion von Alkalisyenit, bei welcher ein grosser Teil des Nephelin-Albitgneises verdrängt wurde, ist er lediglich umgelagert worden. F. CHAYES 1945 sieht zwar in den Altersbeziehungen, soweit bis jetzt bekannt, keinen schlüssigen Beweis gegen die Annahme der Kalkstein-Syntexis-Theorie, aber er neigt doch der Meinung zu, dass die Nephelinzufuhr durch flüssig-magmatische Einwirkung von urtitischem Material auf Paragneise stattgefunden habe. Wo nicht grössere Risse ausgefüllt wurden, erfolgte dabei eine lit-par-lit-Injektion. Er weist darauf hin, dass in einem so komplexen Gebiet wie dem von Haliburton-Bancroft nicht ohne weiteres angenommen werden dürfe, dass Schmelzen gleicher Zusammensetzung an verschiedenen Stellen gleichzeitig kristallisierten oder dass die Magmazusammensetzung sich gleichmässig im ganzen Gebiet im Zeitablauf veränderte. Er betrachtet, von W nach E, die Gesteine als echt plutonisch (Blue Mountains), bzw. als spät pegmatitische Bildungen (z. B. York River). L. MOYD 1945 hält die auffallenden, Nephelin- und Korund-haltigen Gesteinsvergesellschaftungen von SE Ontario im wesentlichen für Migmatite. Er operiert mit Intrusion von granitischen Massen in SiO₂-arme Gesteine der Grenville-Serie, wobei einerseits gnei-

sige Gesteine granitisiert wurden und auch normale SiO_2 -reiche Pegmatite entstanden, ferner Emanationen abgespalten worden seien. Diese, durch Reaktion von Magma mit dolomitischen Kalksteinen freigesetzten, CO_2 -reichen Emanationen haben bei Durchsetzung von SiO_2 -armen Gneisen granitische und syenitische Migmatite und, bei entsprechender Desilizierung, schliesslich die selteneren Migmatite — die Alkaligesteine — gebildet. In dieser Weise erklärt Moyd auch die Umwandlung der Ca-reichen Plagioklase der dunklen Gneise in Alkalifeldspat, wobei Al frei wurde und Nephelin und Korund gebildet wurden. Dabei wurde Ca frei und so werden die Nester von Calcit erklärt; die Bildung von anderen Ca-Mineralien (Fluorit, Apatit, Titanit, Skapolith u. a.) wird auch auf diese Weise gedeutet, wobei jedoch noch Mineralisatoren wirksam waren. GUMMER und BURR betrachten Altersbeziehungen — die „granitischen“ Gesteine scheinen nach den meisten Untersuchungen jünger als die Nephelin-führenden Gesteine —, Lagerung — die Nephelin-führenden Gesteine sind im allgemeinen gebändert —, und Gesamtaussehen — im allgemeinen konform mit den umgebenden Gesteinen — für kaum vereinbar mit der Granit-Kalkstein-Syntexis-Theorie (W. K. GUMMER und S. V. BURR 1946). Sie stellen eine Theorie der „Nephelinisation“ auf: aus irgendeiner nicht näher angegebenen Quelle ist Material zugeführt worden, durch das die sedimentären (bzw. metamorphen) Gesteine nephelinisiert wurde. Der Ausdruck „Nephelinisation“ soll nicht besagen, dass Nephelin als solcher zugeführt wurde. Vielmehr erfolgte nach Gummer und Burr die Stoffzufuhr in der Weise, dass flüssiges (oder gasförmiges oder beiderlei) Material auf die Schichten in situ, vermutungsweise unreine kalkhaltige Sedimente, einwirkte, ohne dass dabei ein feldspatoides Magma gebildet wurde. Die Lösungen müssen dabei Al- und Na-reich gewesen sein, nicht nur Na-reich; in gewisser Menge muss auch Si zugeführt worden sein und leichtflüchtige Bestandteile dürften eine Rolle gespielt haben. Eine Analogie zu Dalys Annahme wird zwar von Gummer und Burr nicht ausgeschlossen (if the nephelinizing solutions were actually albitizing solutions which underwent desilication through reaction with CaCO_3 — then the reaction was outwardly similar to Daly's postulate). Die schiefrige Lagerung, der allmähliche Übergang in glimmerreichen Paragneis und auch die Verteilung von Korund lassen im Gebiet von Blue Mountains jedoch auf besondere Verhältnisse bei der Umwandlung schliessen. S. J. SHAND 1946 unterstützt die Kalkstein-Granit-Syntexis-Theorie. Er betont jedoch, dass diese Annahme nicht besagt, dass das ganze reagierende Magma desiliziert worden sein müsse: der Anteil von Feldspatoidgesteinen mache meist nur einen geringfügigen Teil des bezüglichen Magmas aus. In den

Altersbeziehungen erblickt Shand für Blue Mountains keine grundsätzlichen Schwierigkeiten: eine frühe granitische Injektion könne mit Kalkstein reagiert haben und spätere granitische Injektionen können die früheren Gesteine durchschnitten haben. Da Gummer und Burr selber angeben, dass Calcit offensichtlich bei der Bildung der Nephelingesteine irgendwie eine bedeutsame Rolle gespielt habe, bemühen sie sich, nach Shand, vergeblich den Einfluss der Kalkstein-Syntexis zu widerlegen. Die von Gummer und Burr angeführte Reaktion, bei der albitisierende Lösungen durch Reaktion mit Karbonat desiliziert wurden, sei mit Dalys Reaktion gleichbedeutend. Es besteht jedoch ein grundsätzlicher Unterschied zwischen Granit-Kalkstein-Assimilation, also mehr oder weniger Kontaktmetamorphose, oder Einwirkung von telemagmatischen Lösungen auf Kalkstein + Paragneis. Nach Shand sind die meisten der in Frage kommenden Gesteine von Blue Mountains zweifellos aus Sedimenten gebildet worden und daher als Sedimente anzusprechen, aber einige können auch Orthogneise sein, veränderte Granite oder „amphibolisierter Gabbro“. Auf die Bezeichnung „Para“ legt Shand deshalb keinen Nachdruck; er zieht den Ausdruck „Bancroft Migmatite Series“ vor, wobei Gesteine verschiedenen Ursprungs unter diesem Ausdruck zusammengefasst sein können.

CHEMISMUS

Die Tabelle S. 234 mit Niggli-Werten von Alkaligesteinen von Blue Mountains und anderen Gebieten aus SE-Ontario sowie die Darstellung in Fig. 11 vermitteln einen Überblick über den Chemismus dieser Gesteine. Es zeigt sich dabei eine beträchtliche Streuung. Die Analysen lassen sich in zwei Gruppen einteilen: No. 1—7, mit si über 170 und mit niedrigem fm und c; No. 8—14, mit si unter 160 mit kleinerem al und alk und höherem c und fm. No. 10 weist kleines fm und hohes c auf und fällt damit etwas aus der Reihe. Im ganzen kann offenbar von den Analysenwerten nicht auf einen normalen Differentiationsablauf geschlossen werden. Bei den Analysen No. 1—6 ist ein starker Überschuss von al über c + alk bemerkenswert: wenn sich auch in gewisser Annäherung eine Einordnung zu bekannten Magmentypen vornehmen lässt, so sind diese Gesteine doch schon auf Grund der chemischen Analyse mit Sicherheit als nicht magmatische Gesteine zu bezeichnen.

Bei den Analysen No. 8—11 und 14 ist ein nicht unerheblicher Gehalt an CO₂ zu berücksichtigen. Ziehen wir bei diesen Analysen den molekularen Anteil von c, der co₂ entsprechen würde, ab und verrechnen wir den verbleibenden Rest al + fm + c + alk neu auf 100, so erhalten wir

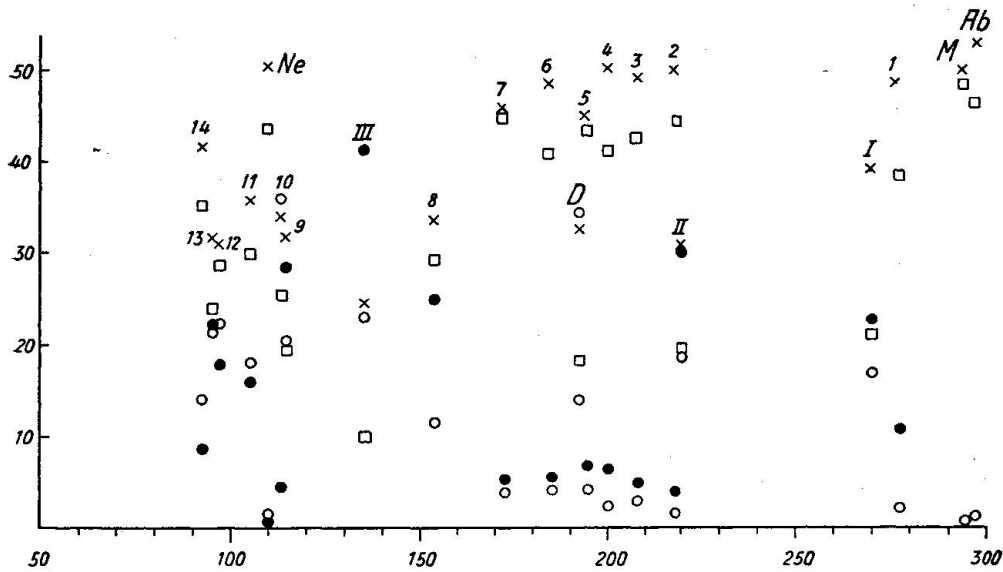


Fig. 11. Darstellung der Niggli-Werte von Alkaligesteinen von Blue Mountains und anderen Gebieten aus SE-Ontario. (Vgl. Tabelle S. 234).

Anal. No.	si	al	fm	c	alk	Cc
8	165	36	26.5	6	31.5	6.3
9	121	34	31	13	22	9
10	128	38	5	28	29	13
11	116	40	18	9	33	11
14	99	45	9	8	38	7.5

Die Analysenwerte können dann angenähert folgenden Magmentypen verglichen werden: (Die in Fig. 2 dargestellten modalen Mineralbestände entsprechen z. T. Gesteinen, von denen in der Tabelle Analysenwerte angeführt sind. Es wird hier darauf verwiesen.)

Analyse No.	vgl. Fig. 2 No.	Magmentypus	Bemerkungen
1		nordmarkitisch	al > c + alk
2	3	normalfoyaitisch	do. und kleines fm
3—7		do.	do.
8	12	nosykombitisch	
9	18	± nosykombitisch	si und alk tief, c hoch
10	24	monmouthitisch	alk tief, c hoch
11	25	do.	al und alk tief, c hoch
12		do.	do.
13	27	ijolithisch	al hoch
14	29	monmouthitisch-urtitisch	

Niggli-Werte von Alkaligesteinen von Blue Mountains und anderen
Gebieten aus SE-Ontario. (Vgl. Fig. 11.)

No.	si	al	fm	c	alk	k	mg	Q	L	M	π	γ
1	277	49	11	2	38	.28	.16	43.0	49.3	7.7	.03	
2	218	50	4	1	45	.24	.28	31.2	66.0	2.8	.01	
3	208	49	5	3	43	.27	.13	30.3	66.5	3.2	.04	
4	200	50	6.5	2.5	41	.15	.16	30.0	64.4	5.6	.03	
5	194	46	7	4	43	.22	.18	26.7	70.1	3.2	.03	.16
6	184	48.5	5.5	4	42	.21	.21	26.2	70.5	3.3	.04	
7	172	46	5.5	3.5	45	.16	.17	21.3	75.6	3.1	.01	.24
8	154	34	25	11.5	29.5	.27	.08	25.2	58.7	16.1	.07	.04
9	114	31.5	28.5	20	20	.17	.17	20.6	56.9	22.5	.22	.02
10	113	34	4.5	36	25.5	.13	.14	18.2	62.1	19.1	.14	.79
11	105	36	16	18	30	.14	.21	12.5	70.6	17.9	.12	.12
12	97	31.5	17.5	22.5	28.5	.17	.35	8.1	70.2	21.7	.04	.53
13	95	32	22	22	24	.18	.27	12.1	67.0	20.9	.15	.38
14	92	42	8.5	14	35.5	.16	.25	5.8	83.8	10.4	.07	.15
M	294	51		.5	48.5	.83		39.8	59.0	1.2	.00	
Ne	109	51	.5	1	47.5	.21	.33	4.7	93.6	1.7	.01	
Ab	297	53		1	46	.00		41.2	56.4	2.4	.01	

No.	Gestein	Ort	Analytiker	Quelle
1	Nephelinsyenit	Blue Mountains	N. EVANS	A u. B,* p. 298
2	do.	do.	N. EVANS	A u. B, p. 295
3	Litchfieldit	do.	F. A. GONYER	KEITH, p. 1814
4	do.	do.	F. A. GONYER	KEITH, p. 1814
5	do.	do.	F. A. GONYER	KEITH, p. 1814
6	do.	do.	F. A. GONYER	KEITH, p. 1814
7	do.	do.	F. A. GONYER	KEITH, p. 1814
8	Biotit-führender Nephelinsyenit	Monmouth	M. F. CONNOR	A u. B, p. 264
9	Nephelinsyenit	do.	N. EVANS	A u. B, p. 270
10	Nephelin-Albit- Granatgestein	Egan Chute	R. B. ELLESTAD	OSBORNE, p. 46
11	Nephelinsyenit	Monmouth	N. EVANS	A u. B, p. 272
12	Ijolith	Egan Chute	R. B. ELLESTAD	OSBORNE, p. 40
13	Hornblende- Nephelinsyenit	do.	R. B. ELLESTAD	OSBORNE, p. 43
14	Nephelinsyenit	Monmouth	M. F. CONNOR	A u. B, p. 276
M	Mikroclin, aus Litchfieldit	Blue Mountains	F. A. GONYER	KEITH, p. 1810
Ne	Nephelin, aus Litchfieldit	do.	F. A. GONYER	KEITH, p. 1811
Ab	Albit, aus Litchfieldit	do.	F. A. GONYER	KEITH, p. 1810

* A. u. B steht für ADAMS u. BARLOW

Vergleichsweise sind in der Darstellung Fig. 11 auch die Niggli-werte des Durchschnitts von SE Ontario-Gesteinen (F. F. GROUT 1938, p. 502—503, No. 3, umgerechnet: si 193, al 32.5, fm 35, c 14.5, alk 18, k .35, mg .39, co₂ 6, ti 3.5, in der Darstellung bezeichnet mit D), die Projektionswerte von Albit, Mikroklin und Nephelin sowie die Typenwerte des granodioritischen (in der Darstellung bezeichnet mit I), des quarzdioritischen (II) und des gabbrodioritischen (III) Magmas eingezeichnet. Die Analysenwerte und besonders auch die Darstellung Fig. 11 zeigen, dass es sich bei den Alkaligesteinen von Blue Mountains nicht um normale magmatische Gesteine handeln kann.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die geologische Untersuchung hat im Gebiet von Blue Mountains folgende wesentlichen Punkte ergeben: 1. die Alkaligesteine sind weitgehend schiefrig-lagig; 2. es kommen allmähliche Übergänge in glimmerreichen Paragneis vor; 3. die Alkaligesteine zeigen im Kontakt mit Kalkstein und auch im Kontakt mit granitischen (syenodioritischen) Gesteinen keine Anzeichen, die auf Desilifizierung schliessen lassen würden; 4. die Alkaligesteine sind älter als die Granite (Syenodiorite). Der Chemismus lässt sich, ohne Annahme wesentlicher stofflicher Veränderung, offenbar nicht mit magmatischer Entstehung in Einklang bringen. Daher scheinen folgende Schlüsse naheliegend: 1. dass es sich bei den Alkaligesteinen von Blue Mountains um metamorphe Gesteine handelt; 2. dass es nicht reine Orthogesteine sein können; 3. dass die Alkaligesteine nicht ohne weiteres als Kontaktgesteine aufgefasst werden können, und 4. dass die Granit-Kalkstein-Syntexis-Theorie hier auf Schwierigkeiten stösst.

Die Dünnschliff-Untersuchung gibt gewisse Anhaltspunkte über die Bildungsbedingungen. Die mir vorliegenden Gesteine zeigen keine Anzeichen für Bildung bei hoher Temperatur. Eine nachträgliche „Nephelinisierung“ liess sich nicht feststellen; Nephelin gehört offensichtlich zu den frühen Kristallisationsprodukten. Aufschlussreich sind die Beobachtungen an den Feldspäten. Das Nebeneinandervorkommen von Albit und Oligoklas weist auf Ungleichgewicht; man kann dabei auch an Druckwirkung denken (E. NICKEL 1949). Hüllen von Albit zwischen Kalifeldspat und Plagioklas sind ein Anzeichen von Entmischung bei niedriger Temperatur. Die Entmischung des Alkalifeldspats, Perthit-Orthoklas + Albit, ist, nach Tuttle, auf über längere Zeitdauer sich erstreckende Einwirkung von nicht sehr hoher Temperatur zurückzuführen, wie bei Regionalmetamorphose (O. F. TUTTLE 1952, p. 121).

Nach Tuttle können Granite und Syenite mit relativ reinem Albit und Orthoklas ganz allgemein als metamorphe Gesteine angesehen werden, die ursprünglich nur einen Alkalifeldspat enthielten. In dieser generellen Formulierung kann diese Frage hier unerörtert bleiben, aber für den Fall der Alkaligesteine von Blue Mountains ist es zutreffend, dass relativ reiner Albit und relativ reiner Kalifeldspat auftreten, Anzeichen für Entmischung vorliegen und dass die Gesteine als metamorph anzusprechen sind. Was für Einwirkungen diese Metamorphose ausgelöst haben (Abkühlung, „Autometamorphose“, regionale Metamorphose, Kontaktmetamorphose) lässt sich jedenfalls nicht generell entscheiden.

Die Zusammensetzung der Feldspate geben, nach Barth, einen Hinweis auf die Bildungstemperatur (TOM. F. W. BARTH 1951), indem der Quotient des molekularen Anteils von Albit in K-Feldspat dividiert durch den molekularen Anteil von Albit in Plagioklas von der Temperatur abhängt: $\frac{\text{Ab in Or}}{\text{Ab in An}} = K_{TP}$. Barths Formulierung stützt sich auf thermodynamische Ableitungen. Die K-Werte, die er für eine Anzahl von Gesteinen ermittelt, bei denen die Zusammensetzung der Feldspate bekannt ist, liegen zwischen 0.68 für Sanidinit, Bildungstemperatur um 900° C, und 0.12 bis 0.22 für alpine Zerrklüftgänge. Es liegen chemische Analysen von Mikroklin und von Albit aus Litchfieldit von Blue Mountains vor (M. L. KEITH 1939, p. 1810). Die Verrechnung dieser Analysen ergibt:

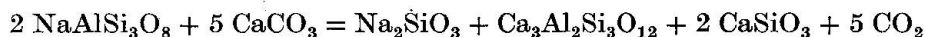
	mol. Anteil		%		mol. Anteil		%	
Mikroklin	Albit	17.7	17.8	Albit	92.6	98.5		
	K-Feldspat	80.2	81.1	K-Feldspat	.5	.5		
	Anorthit	1.0	1.1	Anorthit	1.0	1.0		
			98.9			94.1		

Es ergibt sich somit $\frac{\text{Ab in Or}}{\text{Ab in An}} = \frac{17.8}{98.5} = .18$. Nach der von Barth extrapolierten Kurve weist das auf eine Bildungstemperatur von ca. 300° C. Die experimentelle Untersuchung der Entmischung der Alkalifeldspäte (N. L. BOWEN und O. F. TUTTLE 1950) ergibt eine Kurve, die mit der von Barth angegebenen nicht ganz übereinstimmt. Barths Folgerungen sind wohl nicht exakt zutreffend. Immerhin scheint der Schluss berechtigt, dass die Zusammensetzung der Feldspate des Litchfieldits von Blue Mountains auf eine sehr geringe Bildungstemperatur hinweist.

Wenn das zutreffend ist, so lässt sich das offenbar kaum anders interpretieren als durch Annahme von Reaktionen im festen Zustand. Die Beobachtungen über die Ausscheidungsfolge weisen auch in diese Richtung.

Gesteinsumwandlungen im festen Zustand sind, vor allem im Zusammenhang mit der Diskussion über die Granitbildung, neuerdings viel erörtert worden (vgl. z.B. R. PERRIN und M. ROUBAULT 1937, 1939, 1949; R. A. DALY 1949; R. PERRIN 1950; J. DURAND 1950). Wie die Bildung der Granite, stellt auch die Entstehung von Alkaligesteinen ein weltweites Problem dar, zu dessen Lösung sehr viele lokale Untersuchungen beitragen müssen. Auch wenn sich, in einem gegebenen Fall, die Annahme von Reaktionen im festen Zustand aufdrängt, so ist damit über die stoffliche Entstehung der betreffenden Gesteine nicht viel ausgesagt. Das ist bei den Alkaligesteinen, die in Mineralbestand und Chemismus in auffallender Weise von den umgebenden Gesteinen abweichen, besonders in die Augen springend. Die Einengung der Bildungsbedingungen in bezug auf Temperatur (und Druck) lässt in der Tat die Fragen über die stofflichen Besonderheiten der Alkaligesteine offen.

Im Fall der Alkaligesteine von Blue Mountains muss in dieser Hinsicht festgehalten werden, dass einerseits Calcit, andererseits leichtflüchtige Substanzen bei der Bildung beteiligt gewesen sind. Calcit hat bei den Umsetzungen, die zu den jetzt vorliegenden Gesteinen geführt haben, eine bedeutsame Rolle gespielt. Reaktionen, die möglicherweise den von Daly angegebenen (R. A. DALY 1933, p. 499) analog sind, wie etwa



können stattgefunden haben, ohne dass das notwendigerweise mit der Granit-Kalkstein-Syntexis, also einer Desilifizierung von Granit durch Kalkstein im Sinn von Daly, gleichzusetzen wäre. Shands Überlegung, dass die Altersbeziehungen die Granit-Kalkstein-Syntexis nicht ausschliessen, weil eine frühe granitische Injektion mit Kalkstein reagiert haben könne und spätere granitische Injektionen dann die früheren Gesteine durchschnitten haben können, ist nicht befriedigend. Bei dem in bezug auf das ganze Haliburton-Gebiet geringen Ausmass der Alkaligesteine wäre anzunehmen, dass auch unzweifelhaft ältere granitische (syenodioritische) Gesteine bekanntgeworden sein sollten. Das Fehlen solcher Angaben ist freilich ein negatives Kriterium und bedeutet an sich nicht viel. Aber Beobachtungen im Mineralbestand, wie die offenbar spät gebildeten Granat-Hüllen um Calcit, machen die Annahme wahrscheinlich, dass Calcit bei tiefer Temperatur mit silikatischem Material bei der Bildung der Alkaligesteine von Blue Mountains reagiert hat, also eine Karbonat-Silikatmaterial Syntexis, aber nicht im Sinn von Daly.

Die Wirkung von leichtflüchtigen Bestandteilen gibt sich durch den

Mineralbestand der Alkaligesteine zu erkennen; ausser vorherrschend H_2O und CO_2 sind bei der Bildung dieser Gesteine auch Cl und vermutlich auch F wirksam gewesen. Ferner sind Al und Alk, besonders Na, so hervortretend, dass an eine Zufuhr dieser Kationen gedacht werden muss. Es weist dies auf Einwirkung von Lösungen und Dämpfen, die man aus Analogieschlüssen und „bis zum Beweis des Gegenteils“ als telemagmatisch hydrothermal ansehen wird.

Die Fragen bleiben offen, in was für einen geologischen Zusammenhang diese Stoffzufuhr zu stellen ist, durch was sie ausgelöst wurde, und auf was für Gesteine sie einwirkte. Man wird vielleicht am ehesten durch sorgsames Verfolgen der Spurenelemente (vgl. z. B. A. E. FERSMANN 1929 und 1937; K. RANKAMA und TH. G. SAHAMA 1950) im Rahmen einer provinziellen Untersuchung eine magmatische Verknüpfung genauer charakterisieren können. Die Frage, durch was die Umwandlung ausgelöst wurde, ist gleichbedeutend mit der Frage der Lokalisation der Alkaligesteine. Es ist möglich, dass eine eingehende Untersuchung der lokaltektonischen Gegebenheiten des ganzen Gebietes, aus dem Alkaligesteine bekannt geworden sind, zu einer befriedigenden Deutung führen wird. Die Frage nach der Beschaffenheit der durch die Umwandlung erfassten Gesteine schliesslich kann durch die Kenntnis der lokalen Geologie mit einiger Wahrscheinlichkeit beantwortet werden: es hat sich vermutlich um Al-reiche Sedimente bzw. Paragneise und, untergeordnet, Kalkstein gehandelt.

Deutungsversuch. Es ergibt sich somit die Annahme, dass die Alkaligesteine von Blue Mountains unter Einwirkung von hydrothermalen Lösungen auf Sedimente bzw. Paragneise und Mitwirkung von Karbonat bei tiefer Temperatur, ohne flüssige Durchmischung, gebildet wurden.

Vergleich mit ähnlichen Vorkommen. Es würde zu weit führen, aus der sehr ausgedehnten Literatur über Alkaligesteine Angaben zusammen zu suchen, die ein abgerundetes Bild über die bisher bekanntgewordenen offenbar ähnlichen Vorkommen vermitteln könnten. Für das Verständnis der Alkaligesteine von Blue Mountains dürfte dies auch ohne grosse Bedeutung sein, denn bei den meisten anderen Vorkommen sind die genetischen Fragen auch nicht besser abgeklärt als bei Blue Mountains und es würde deshalb darauf hinauslaufen, Unbekanntes mit Unbekanntem zu vergleichen. Aber eine kleine Anzahl von Vorkommen soll hier vergleichsweise erwähnt werden. Almunge. Quensel bezeichnet die Alkaligesteine von Almunge, Schweden, als weitgehend mit denen von Haliburton-Bancroft übereinstimmend. In Anlehnung an die cana-

dischen Gesteine prägt er die Bezeichnung Canadit (P. QUENSEL 1914). Er nimmt im wesentlichen magmatische Entstehung mit Assimilation von Kalk an, gemäss der Theorie von Daly. Aber es scheint durchaus nicht ausgemacht, dass die Alkaligesteine jünger sind als die umgebenden Gesteine, was die strenge Anwendung der Dalyschen Theorie etwas erschwert. Die von Quensel beobachteten Mineralien sprechen für Bildung bei relativ tiefer Temperatur und die Mitwirkung von leichtflüchtigen Bestandteilen ist als sicher anzusehen. Die gneisähnliche Ausbildung der Alkalisyenite (Umptekite) wird als „protoclastic“ bezeichnet und mit Umwandlung während des magmatischen Aufsteigens in Zusammenhang gebracht. Es könnte sich dabei aber auch um eine andere Art von Metamorphose handeln. Alnö. In Alnö sind, nach v. Eckermann, die Verhältnisse anders als im Haliburton-Bancroft-Gebiet, da hier die umgebenden Gesteine durch intrudierendes karbonatisches Magma verändert worden sind; dabei fand eine Desilizierung der archaischen Gesteine und eine Silifizierung der Intrusivmasse statt (H. VON ECKERMANN 1950). Im übrigen deutet v. Eckermann die Alkaligesteine als metasomatisch veränderte Migmatite. Bezavona. Bei der Bildung der nephelinhaltigen Alkaligesteine von Bezavona, am S-Ende der Halbinsel Ambavatoby, WNW von Ankaramy, Madagaskar, haben nach Lacroix sowohl Kalkstein wie auch postgranitische Emanationen mitgewirkt (A. LACROIX 1903). Nach den Angaben über den Mineralbestand erfolgte auch hier die Bildung bei relativ tiefer Temperatur.

Bac Kan. Die von Lacroix aus der Gegend NW Bac Kan, im Massiv von Pia Ma, Haut-Tonkin, Französisch-Indochina, beschriebenen Alkaligesteine weisen offenbar in mancher Beziehung Ähnlichkeit mit den Gesteinen von Blue Mountains auf. Sie werden von Lacroix auch den Canaditen nahegestellt (A. LACROIX 1933, p. 83 ff.). Auch hier haben sowohl Calcit wie auch leichtflüchtige Bestandteile bei der Bildung der Gesteine mitgespielt und auch hier spricht der Mineralbestand für Bildung bei tiefer Temperatur. Die Gesteine sind vielfach geschiefert — Lacroix bezeichnet sie aber mit ihren „ursprünglichen Namen“; er verwendet die Bezeichnung schiste cristallin nur dann, wenn die kataklastischen Erscheinungen vorherrschend sind.

Julianehaab. Die Alkaligesteine von Ilimausak, Distrikt von Julianehaab, Grönland, sind nach den Untersuchungen von Wegmann als metamorphe Gesteine anzusehen, als Migmatite, bei deren Bildung Sedimente und eingedrungene Substanz beteiligt gewesen sind (C. E. WEGMANN 1935). Diese kleine Aufzählung zeigt, so unvollständig sie auch ist, dass analoge Vorkommen auch anderswo bekannt geworden sind und

dass eine ähnliche Deutung, d. h. Bildung bei tiefer Temperatur unter Einwirkung von hydrothermalen Lösungen auf Sedimente bzw. Paragneise + Karbonat, auch andernorts nicht auszuschliessen ist, selbst wenn die z. Zt. akzeptierte Interpretation von dieser Deutung abweicht.

Abstract

Published geological data summed up and commonly used nomenclature discussed. Microscopic investigation of litchfieldite revealed, besides preponderant albite of somewhat varying composition, oligoclase with An 25—30. Epidote, a minor constituent of some importance. Among the accessories, mention is made of a mineral tentatively described as lavenite. Some effects of pressure shown by bent albite twin lamellae, strain shadows in feldspars, calcite etc. Reaction rims of epidote, garnet, titanite in contact with calcite, nepheline etc. There does not appear to be any marked order of crystallization. Widely diverging views are held on the origin of the Canadian alkaline rocks. It is believed by the present author that the alkaline rocks of Blue Mountains were formed at low temperature, without liquid mixing, by action of hydrothermal solutions and/or gases on sediments including paragneisses and, to some extent, limestone.

Literaturverzeichnis

- FRANK D. ADAMS and ALFRED E. BARLOW (1910): Geology of the Haliburton and Bancroft Areas, Prov. of Ontario. Mem. 6, Canada Dept. of Mines, Geol. Surv. Branch.
- TOM F. W. BARTH (1951): The Feldspar Geologic Thermometer. N. Jahrb. Mineral. 82, 143—154.
- MARLAND BILLINGS (1928): The hastingsite group of amphiboles. Amer. Mineral. 13, 287—296.
- N. L. BOWEN (1915): Later stages of the evolution of the Igneous Rocks. J. Geol. 23, suppl. 1—91, spez. 55—60.
- N. L. BOWEN and J. W. GREIG (1925): The crystalline modifications of NaAlSiO_4 . Amer. J. Sci. 10, 204—212.
- N. L. BOWEN (1937): System $\text{NaAlSiO}_4 - \text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$. Amer. Mineral. 22, 206.
- N. L. BOWEN (1937): Recent High-Temperature Research on Silicates and its Significance in Igneous Geology. Amer. J. Sci. 33, 1—21.
- N. L. BOWEN (1945): Phase Equilibria bearing on the Origin and Differentiation of Alkaline Rocks. Amer. J. Sci. 243-A (Daly Volume), 75—89.
- N. L. BOWEN and O. F. TUTTLE (1950): The System $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 - \text{KAlSi}_3\text{O}_8 - \text{H}_2\text{O}$. J. Geol. 58, 489—511.
- FELIX CHAYES (1939): Geology of the Alkaline and Associated Intrusive Rocks of Bancroft, Ontario. Bull. Geol. Soc. Amer. 50, 1904.

- FELIX CHAYES (1945): Recent Studies of the Haliburton-Bancroft Alkaline Rocks. A Discussion. *J. Geol.* 53, 405—408.
- R. A. DALY (1918): Genesis of the alkaline rocks. *J. Geol.* 26, 97—134.
- R. A. DALY (1933): *Igneous Rocks and the Depths of the Earth*. McGraw-Hill Book Comp., New York.
- R. A. DALY (1949): Granite and Metasomatism. *Amer. J. Sci.* 247, 753—778.
- JULIEN DURAND (1950): Sur une présentation nouvelle du métamorphisme des roches. *C. R.* 230, 112—113.
- H. v. ECKERMANN (1950): The Process of Nephelinization. Report of Session XVIII Int. Geol. Congr., Great Britain 1948, III, 90—93.
- H. R. DEETH and C. J. KOENIG (1948): Recent Developments in Mining, Processing and Application of Nepheline Syenite from Blue Mountain, Ontario. Mining Technology, Techn. Publication No. 2406, Amer. Inst. Min. Met. Eng.
- W. EITEL, E. HERLINGER und G. TRÖMEL (1930): Zur Kristallchemie der Alumosilicate. Beziehungen der Anorthitgruppe zur Gruppe des Nephelins. *Naturwissenschaften*, 18, 469—474.
- H. W. FAIRBAIRN (1941): Petrofabric Relations of Nepheline and Albite in Litchfieldite from Blue Mountain, Ontario. *Amer. Mineral.* 26, 316—320.
- A. FERSMANN (1929): Geochemische Migration der Elemente und deren wissenschaftliche und wirtschaftliche Bedeutung. Teil I. *Abhandl. z. prakt. Geol. und Bergwirtschaftslehre*. 18.
- A. E. FERSMANN (1937): Mineralogy and Geochemistry of the Khibine and Lovozero Tundras. XVII Int. Geol. Congr., Guide Book Northern Excursion, Kola Peninsula. XVI-B, 91—103.
- WILBUR G. FOYE (1915): Nepheline Syenites of Haliburton County, Ontario. *Amer. J. Sci.* 40, 413—436.
- J. E. GILLSON (1928): The origin of alkaline rocks. *J. Geol.* 36, 470—474.
- W. K. GUMMER (1943): System CaSiO_3 — $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ — NaAlSiO_4 . *J. Geol.* 51, 503—530.
- W. K. GUMMER and S. V. BURR (1946): Nephelinized Paragneisses in the Bancroft Area, Ontario. *J. Geol.* 54, 137—168.
- J. W. GREIG and TOM. F. W. BARTH (1938): System $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2$ (Nepheline-Carnegieite) — $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6 \text{SiO}_2$ (Albite). *Amer. J. Sci.* 35 A, 93—112.
- F. F. GROUT (1938): Petrographic and chemical data on the Canadian Shield. *J. Geol.* 46, 486—504.
- M. L. KEITH (1939): Petrology of the Alkaline Intrusive at Blue Mountain, Ontario. *Bull. Geol. Soc. Amer.* 50, 1795—1826.
- C. J. KOENIG (1947): Literature Abstracts pertaining to Nepheline Syenites. Ohio State Univ., Engineering Experiment Station. 130.
- A. LACROIX (1903): Les roches alcalines caractérisant la province pétrographique d'Ampasindava. *Nouv. Arch. Muséum.* 4e sér. 5, 171—254.
- A. LACROIX (1933): Contribution à la Connaissance de la Composition Chimique et minéralogique des Roches Eruptives de l'Indochine. *Bull. Serv. Géol. de l'Indochine*, 20, fasc. 3.
- LOUIS MOYD (1945): Petrology of the Nepheline- and Corundum Bearing Rocks of Southeastern Ontario. *Bull. Geol. Soc. Amer.* 56, 1183.
- ERWIN NICKEL (1949): Bemerkungen zur Zwillingsbildung bei Plagioklasen. *Heidelberger Beitr. Mineral. u. Petrogr.* 2, 176—188.

- PAUL NIGGLI (1937): *Das Magma und seine Produkte*. Akad. Verlagsges., Leipzig.
- F. F. OSBORNE (1930): The Nepheline-Gneiss complex near Egan Chute, Dungan-
non Township, and its bearing on the origin of the Nepheline syenite. *Amer.*
J. Sci. 20, 33—61.
- RENÉ PERRIN et MARCEL ROUBAULT (1937): Les réactions à l'état solide et la
géologie. *Bull. Serv. Carte Géol. de l'Algérie*, 5e sér., 1.
- R. PERRIN et M. ROUBAULT (1939): Le Granite et les Réactions à l'Etat solide.
Bull. Serv. Géol. Algérie, 5e sér., 4.
- R. PERRIN and M. ROUBAULT (1949): On the granite problem. *J. Geol.* 57, 357—379.
- R. PERRIN (1950): L'oxygène en les calculs pétrographiques: une discussion.
J. Geol. 58, 163—168.
- R. PHOENIX and E. W. NUFFIELD (1949): Cancrinite from Blue Mountain, Ontario.
Amer. Mineral. 34, 452—455.
- PERCY QUENSEL (1914): The Alkaline Rocks of Almunge. *Bull. Geol. Inst. Upsala*,
12, 129—200.
- KALERO RANKAMA and TH. G. SAHAMA (1950): *Geochemistry*. University of
Chicago Press.
- J. SATTERLY (1943): Mineral Occurrences in the Haliburton Area. 52nd Annual
Report, Ontario Dept. of Mines, 52.
- S. J. SHAND (1946): Discussion: The Origin of Nepheline Rocks in Ontario. *J. Geol.*
54, 398—401.
- C. E. TILLEY (1933): Ternary System Na_2SiO_3 — Na_2SiO_2 — NaAlSiO_4 . *Mineral. u.*
petrogr. Mitt. 43, 406—421.
- W. EHRENREICH TRÖGER (1935): *Spezielle Petrographie der Eruptivgesteine. Ein*
Nomenklatur-Kompodium. Verl. der Deutschen Mineralog. Gesellschaft,
Berlin.
- GERHARD TRÖMEL (1930): Über Silicate vom Typus des Nephelins und Anorthits.
Ein Beitrag zur Kristallchemie der Alumosilikate. *Veröffentl. Kaiser Wilhelm*
Inst. f. Silikatforschung, 3, 103—131.
- O. F. TUTTLE (1952): Origin of the contrasting mineralogy of extrusive and plu-
tonic salic rocks. *J. Geol.* 60, 107—124.
- C. E. WEGMANN (1935): Sur la genèse des roches alcalines de Julianehaab. *C. R.*,
204, 1125—1127. Vgl. auch *Geol. Rundschau* 26, 305—350 (1935).