

ACTA NATURALIA ISLANDICA
VOL. II — NO. 5

LABRADORIT VON SURTSEY

VON

EDUARD WENK, HANS SCHWANDER UND HANS-RUDOLF WENK

MIT 13 TEXTABBILDUNGEN

NÁTTÚRUFRÆÐISTOFNUN ÍSLANDS
MUSEUM RERUM NATURALIUM ISLANDIAE

REYKJAVÍK 1965

ÍSAFOLDARPRENTSMÍÐJA HF.

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
SUMMARY	27
OPTISCHE UNTERSUCHUNG	5
CHEMISCHE UNTERSUCHUNG	13
A. Untersuchungen mit der Röntgen-Mikrosonde	14
B. Spektrochemische Untersuchung	18
RÖNTGENANALYSE	19
DIE ZUSAMMENSETZUNG $\frac{1}{3}$ ALBIT $\frac{2}{3}$ ANORTHIT	25
FRÜHE STUDIEN ÜBER FELDSPÄTE ISLANDS	26
LITERATURVERZEICHNIS	28

Durch Dr. Gudmundur Sigvaldason, Reykjavik, wurden uns am 1. August 1964 freundlicherweise einige lose, am Strande der seit dem 14. November 1963 entstandenen Vulkaninsel Surtsey gesammelte Plagioklaskristalle zur Untersuchung zur Verfügung gestellt.

Die Körner sind bis 1 cm³ gross und durchsichtig, abgesehen von braunem Glas, das längs Spaltrissen und in Blasenräumen im Kristall auftritt. Sie sind teilweise von (010) - und (001) - Ebenen umgrenzt, die Farben, dünner Blättchen zeigen, hauptsächlich aber von konkaven Flächen mit muscheligen Bruch; die dazwischen liegenden Kanten sind matt und deutlich abgerollt. Es handelt sich somit um Bruchstücke von grösseren Kristallen, und in der Tat sollen in den dortigen Basaltlaven bis 5 cm grosse Plagioklaseinsprenglinge auftreten.

Das Material ist insofern einzigartig, als in Surtsey ad oculos demonstriert wurde, dass die Feldspäte vulkanischen Ursprungs sind, und dass sie jedenfalls vor kurzem noch heiss waren und rasch abgeschreckt wurden. Es dürfte sich um die jüngsten bisher untersuchten natürlichen Hochtemperatur-Plagioklase handeln; der Faktor „geologisches Alter“, der bei Ordnungs- und Umwandlungerscheinungen eine Rolle spielen kann, ist hier ausgeschaltet. Die einheitlichen Kristalle sind prädestiniert zur Simultanuntersuchung nach verschiedenen modernen Methoden und dienen uns auch als Testmaterial zur Ueberprüfung der kürzlich erstellten, neuen Bestimmungsdiagramme für die Fedorow-Methode.

OPTISCHE UNTERSUCHUNG (E. W.)

Zunächst wurden drei verzwilligte Kristalle angenähert senkrecht [100] entzweigesägt, und von der einen Hälfte wurde je ein Dünnschliff hergestellt; die andere Hälfte wurde für die Untersuchung mit der Röntgen-Mikrosonde vorbereitet. — Die Plagioklase erwiesen sich als optisch erstaunlich homogen. Nur im Bereiche grosser Kristalle konnte anhand des Auslöschungswinkels eine schwache Zonarstruktur erkannt werden. Beim Arbeiten mit dem Objektiv P 35/0.10 und einem achtfachen Okular fällt im zentralen Teil des Gesichtsfeldes, wie er hauptsächlich für die Messungen am U-Tisch benützt wird, überhaupt kein Zonenbau auf. — Zwei der Präparate zeigten nur Albitlamellen und spärliche Spaltrisse (001), das dritte hingegen einen komplexen Zwillingsstock nach (010). Schon bei der blossen Durchsicht der Schliffe ergab sich also, dass dieses nach drei verschiedenen Gesetzen verzwilligte und in Figur 1 dargestellte Korn entscheidend sein müsse für die Ableitung der Orientierung der Indikatrix im Kristallgebäude. Es wurde deshalb am Drehtisch mit besonderer Sorgfalt untersucht.

Das etwa 40 μ dicke Präparat F. 40a erlaubte eine sehr genaue Einmessung der Zwillingslamellen und Spaltrisse. Die überdurchschnittliche Dicke erschwerte aber die Ermittlung einiger optischer Daten bei grossen Neigungswinkeln und hohen

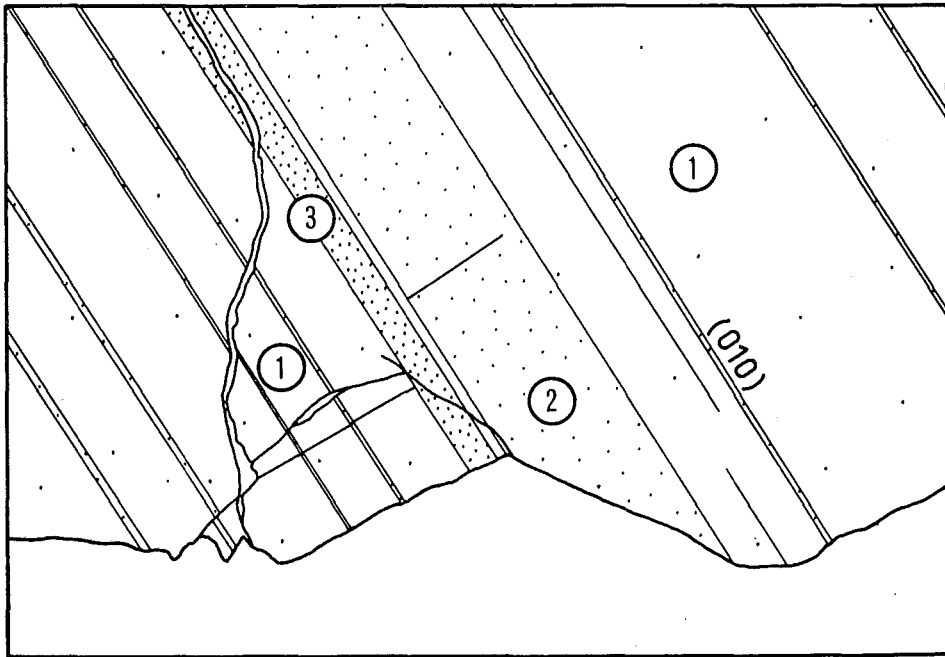


Fig. 1. Ausschnitt des chemisch mit der Röntgen-Mikrosonde und optisch nach der Fedorow Methode untersuchten Plagioklaskornes F. 40a von Surtsey. Die Individuen 1 und 2 sind nach dem Albit-, 2 und 3 nach Karlsbad- und 1 und 3 nach dem Roc Tourné-Gesetz (Komplex Albit-Karlsbad) verzwillingt.

Gangunterschieden. Die in weissem Licht und bei stark eingeeengten Blenden gefundenen Auslöschungen wurden deshalb im Na-Licht überprüft. Jede einzelne Messung wurde sechsmal ausgeführt unter verschiedenen Bedingungen, bei Neigung des Schliffes nach rechts, dann nach links (z.B. bei $n\ 179^\circ$ $h\ 28^\circ$ rechts, dann bei $n\ 359^\circ$ $h\ 28^\circ$ links). Wo es möglich war, wurden die Dunkelstellungen beim Schaukeln um die K-Achse des Drehtisches doppelt eingefangen, zuerst durch Einstellen von n beim Neigen nach vorn, Einstellen von h beim Neigen nach hinten, nachher umgekehrt. Das arithmetische Mittel der Messdaten lautet:

Morphologische Daten:

	n	h
◇ (010)	267	10 links
# (001) Ind. 1	172	3 „
# (001) Ind. 2	180	4 „

Die Kontrolle ergibt in der stereographischen Projektion, dass die Pole der beiden Spaltrisse mit dem Pol der Zwillings-Verwachsungsebene den Winkel von 94° , respektive 86° , bilden, dass aber die daraus konstruierten kristallographischen

Achsen a um ca. 1° differieren. Aus diesem Grunde wurde das rechtwinklige kristallographische Bezugssystem X Y Z (X = \perp [001] in (010), Y = Pol (010), Z = [001]) der Euler-Winkel nicht auf diesem Wege abgeleitet, obwohl es durchaus möglich wäre, auf Grund der Positionen von (010) und [100] und des Kristallwinkels β die Richtung [001] abzuleiten.

Optische Daten: (M = Messwert, konstr. = konstruierter Wert, korr. = korrigiert):

	Ind. 1		Ind. 2		k	Ind. 3	
	n	h links	n	h links		n	h links
[n α]*	36½	43½ M	335½	47 M		196½	9½ M
	36½	41 korr.	337	52 konstr.			
[n β]	212	49 M	131½	35½	324 M	94	51 links M
	210½	49 korr.	130+	35 korr.		95	50 " korr.
[n γ]						293	40 M
	304	3 M	230-	13 M		294	38½ konstr.

Wie die Tabelle zeigt, liegt der seltene Fall vor, dass alle drei Symmetrieachsen der Indikatrix in den drei Individuen gemessen werden konnten — allerdings zum Teil bei hohen Neigungswinkeln und entsprechender Ungenauigkeit. Laut Messprotokoll waren drei der Winkelpaare einwandfrei festgelegt; die übrigen wurden auf graphischem Wege auf Rechtwinkligkeit korrigiert, und die korrigierte Position wurde dann jeweils am Drehtisch eingestellt und überprüft. Wit Hilfe der korrigierten Werte wurden die Zwillingachsen konstruiert: Albit-Achse aus den Individuen 1 und 2, Karlsbad-Achse aus 2 und 3, Roc Tourné-Achse aus 1 und 3. — Die aus der Optik sich ergebende und aus den Indikatrixlagen der Individuen 1 und 2 konstruierte Albit-Zwillingachse differiert um ½° bis 1° vom Pol der direkt gemessenen Zwillingverwachsungsebene (010). Die Abweichung äussert sich hauptsächlich im Winkel n. Da dieser Winkel am Drehtisch sehr genau eingestellt werden kann, wird dem morphologischen Messwert der Vorzug gegeben. Benützt man die visuell gemessene Lage des Grosskreises (010) zur weiteren Ueberprüfung der kleinen Fehlerdreiecke der Karlsbad- und der Roc Tourné-Zwillingachsen, so ergeben sich folgende Positionen für die Zwillingachsen:

	n	h
Albit	267	10 links
Karlsbad	1	22½,,
Roc Tourné	154	65 ,,

Aus diesen Daten werden zum Schluss im Stereogramm (Fig. 2) folgende Euler-Winkel I. Art abgelesen:

	Ind. 1	Ind. 2	Ind. 3	Mittel
φ	51°	52½°	52°	51.8°
θ	35°+	35°-	35½°	35.2°
ψ	25°	27°	25½°	25.8°

* $n\alpha$, $n\beta$ und $n\gamma$ sind Brechungsindices; die Symbole $[n\alpha]$, $[n\beta]$ und $[n\gamma]$ beziehen sich auf die zugehörigen Hauptschwingungsrichtungen.

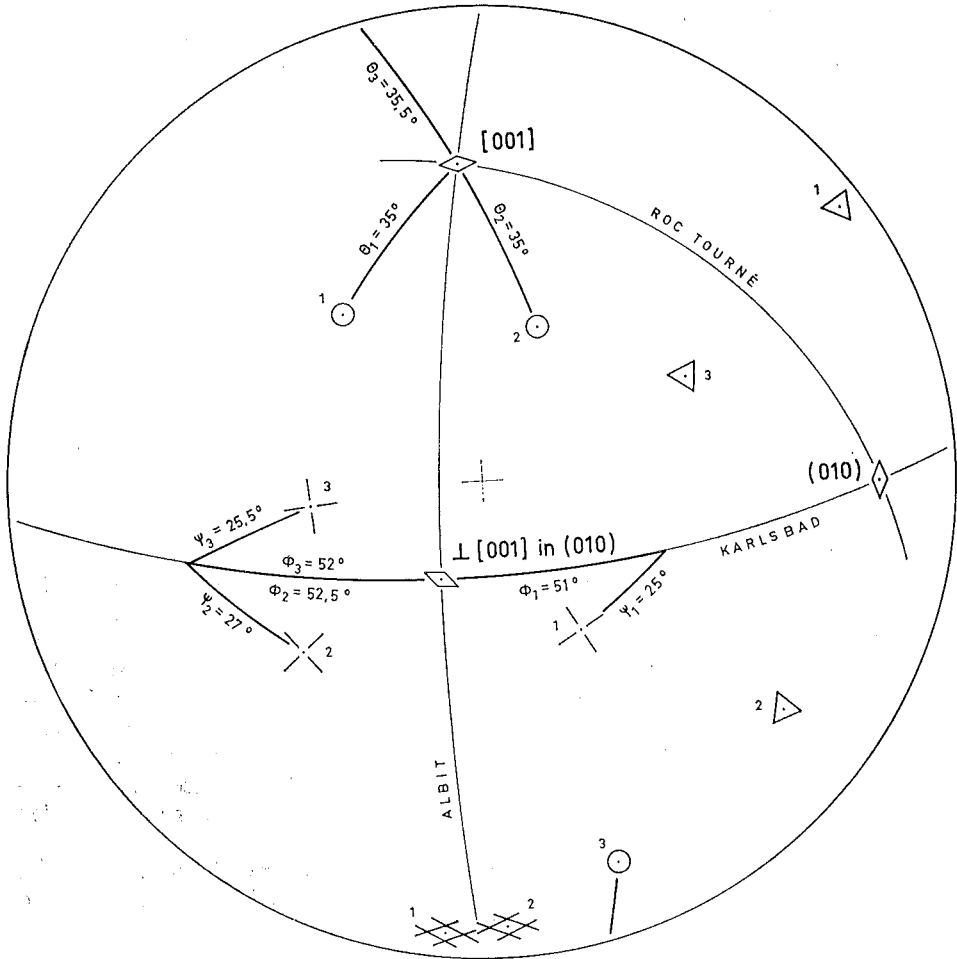


Fig. 2. Kristalloptisches Stereogramm des in Figur 1 dargestellten Kristalles F. 40a. Projektionsebene = Dünnschliffebene. Die Figur zeigt, wie die Euler-Winkel φ , θ und ψ für die drei Individuen abgelesen werden.

Man zieht zu diesem Zweck den Zonenkreis [001] und die Grosskreise $n\beta$ $n\gamma$ der drei Individuen und gewinnt den Knotenpunkt zur Ablesung der Winkel φ und ψ . Der Winkel θ (Abstand [001] — $[n\alpha]$) wird direkt gewonnen.

Der optische Achsenwinkel konnte leider in keinem der drei Zwillingspartner zuverlässig gemessen werden. Messungen an anderen Kristallen ergaben im Mittel $2V\gamma$ $82^\circ \pm 3^\circ$.

H. R. Wenk berechnete aus den Ausgangsdaten φ 51.8° , θ 35.2° , ψ 25.8° , $2V\gamma$ 82° ,

nach dem von ihm für frühere Arbeiten entworfenen Programm, mit der IBM-Maschine des Rechenzentrums der Universität Basel folgende weitere Positionswinkel nach Euler, Goldschmidt, Becke, Köhler und für die Projektionsebenen \perp [001], (001), (010), \perp [100] und \perp [n β]:

a) [001] polar:

Euler-Winkel II. Art R 120.2° I 75.5° La 57.6° LA 8.6°

„ „ III. „ D 21.2° N 58.7° Ka 72.9°

Goldschmidt-Winkel [n α] 231.8° 35.2° [n β] 120.2° 75.5° [n γ] 21.2° 58.7°
(Reihenfolge φ ρ) A 212.4° 81.7° B 350.1° 21.9°

Becke-Winkel λ φ [n α] 20.8° 29.0° [n β] -29.1° -73.3° [n γ] 52.8° -30.8°
A -56.6° 74.8° B 21.6° 3.9°

Köhler-Winkel

Roc Tourné-Gesetz X [a α] 126.1° [b β] 66.5° [c γ] 144.0° AA 115.9° BB 172.7°

Albit-Gesetz Y 138.3° 121.7° 74.2° 66.8° 136.8°

Karlsbad-Gesetz Z 70.4° 150.9° 117.5° 163.4° 43.8°

b) (001) polar, [n α] 332.8° 59.4° [n β] 219.4° 56.2° [n γ] 93.8° 49.0°
Goldschmidt φ ρ A 123.2° 80.8° B 33.8° 34.0°

c) (001) polar, [n α] 209.0° 69.1° [n β] 106.7° 60.9° [n γ] 329.3° 37.2°
Goldschmidt φ ρ A 254.8° 33.3° B 4.0° 68.4°

d) [100] polar, [n α] 33.7° 40.0° [n β] 219.4° 50.1° [n γ] 127.1° 87.2°
Goldschmidt φ ρ A 97.1° 57.3° B 335.5° 62.2°

e) [n β] polar, [001] 302.4° 75.5° \perp [001] in (010) 55.7° 33.2° [010] 207.6° 58.1°
Gold- [100] 86.4° 50.1° \perp [100] in (010) 318.4° 53.6°
schmidt (001) 322.1° 56.2° (010) 204.2° 60.9° (100) 54.4° 34.7°
 φ ρ (110) 40.3° 62.0° (0 $\bar{1}$ 1) 114.1° 14.6° (021) 354.0° 87.1°
(0 $\bar{2}$ 1) 261.0° 40.0° (201) 93.1° 56.2°

Diese Daten ermöglichen die direkte Eintragung der Positionen des Surtsey-Labradorites in irgendeines der üblichen Stereogramme. Hinsichtlich der angewandten Transformationsformeln und Stereogrammtypen sei auf das im Drucke befindliche Werk von C. Burri, R. L. Parker und E. Wenk: Die optische Orientierung der Plagioklase; Unterlagen und Diagramme zur Plagioklasbestimmung nach der Drehtischmethode; Basel, Birkhäuser Verlag, verwiesen.

Figur 3 zeigt die Position dieses Surtsey-Labradorites im neuen Stereogramm von Burri-Parker-Wenk (1965) senkrecht [n β]. Die Projektionspunkte fallen auf die Hochkurven, zwischen die Mittelwerte An 65 und 70, nahe An 65, und lassen einen Anorthitgehalt von knapp 66 Prozent ablesen. Auch die grundlegenden numerischen Daten lassen diese Einstufung des jungen Plagioklases erkennen:

	φ	θ	ψ	2V γ
Mittelwert An 60 Hoch	62.3°	37.3°	36.5°	77°
Mittelwert An 65 Hoch	53.2°	35.5°	27.2°	80°
Surtsey F. 40 a	51.8°	35.2°	25.8°	82°
Ostgrönland An 66.3	50.2°	34.8°	24.2°	81°
Mittelwert An 70 Hoch	45.3°	34.9°	18.6°	84.6°

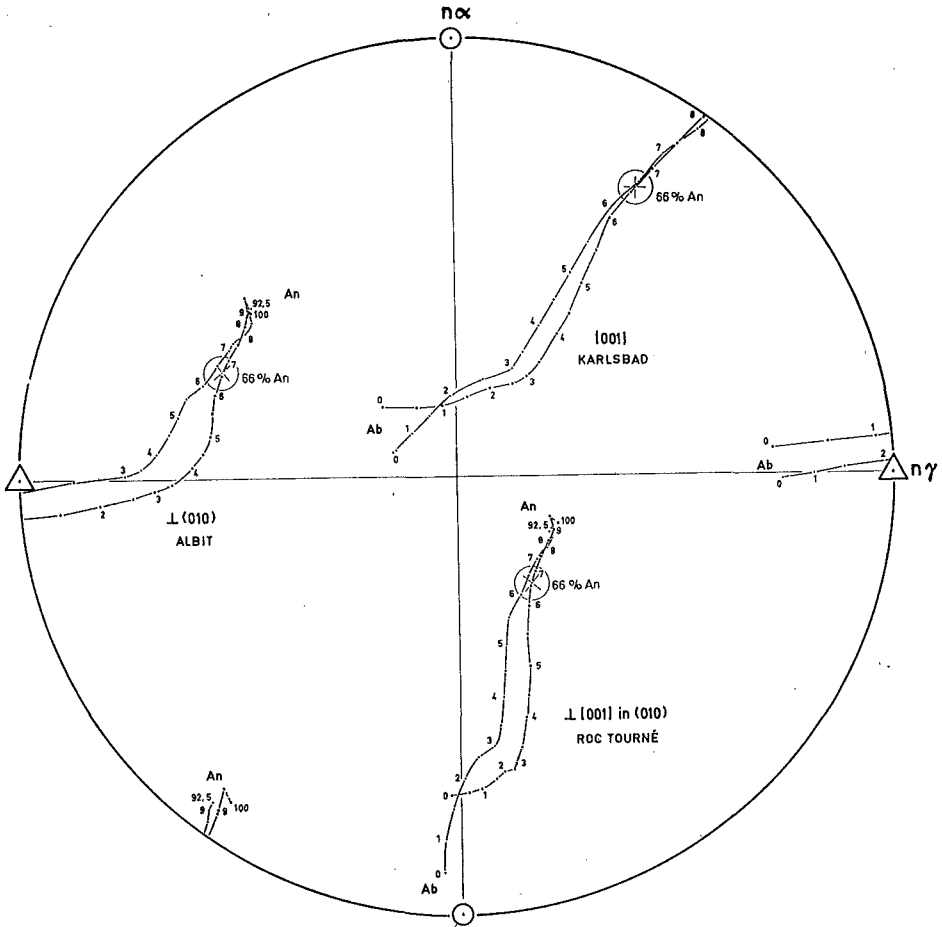


Fig. 3. Plagioklasstereogramm $\perp[n\beta]$ mit den neuen Migrationskurven für die Zwillingachsen des Albit-, Karlsbad- und Roc Tourné-Gesetzes. Die Projektionspunkte des Surtsey-Labradorites F. 40a fallen bei 66% An auf die Kurven für vulkanische Plagioklasse.

Der beobachtete Auslöschungswinkel $[n\alpha'] \wedge$ Spur (010) im Schnitt senkrecht $[100]$ beträgt 37° in Individuum 1, 36° in Individuum 2, entsprechend einem An-Gehalt von 67 Prozent, respektive 65 Prozent, auf den Burri-Parker-Wenk-Kurven.

Die Position der Indikatrix kann auch auf anderem Wege aus dem Stereogramm graphisch ermittelt werden: Die konsequent über die Zwillingachse gemessenen Winkel zwischen konjugierten Hauptschwingungsrichtungen von Zwillingspartnern (sogenannte Köhler-Winkel) lauten:

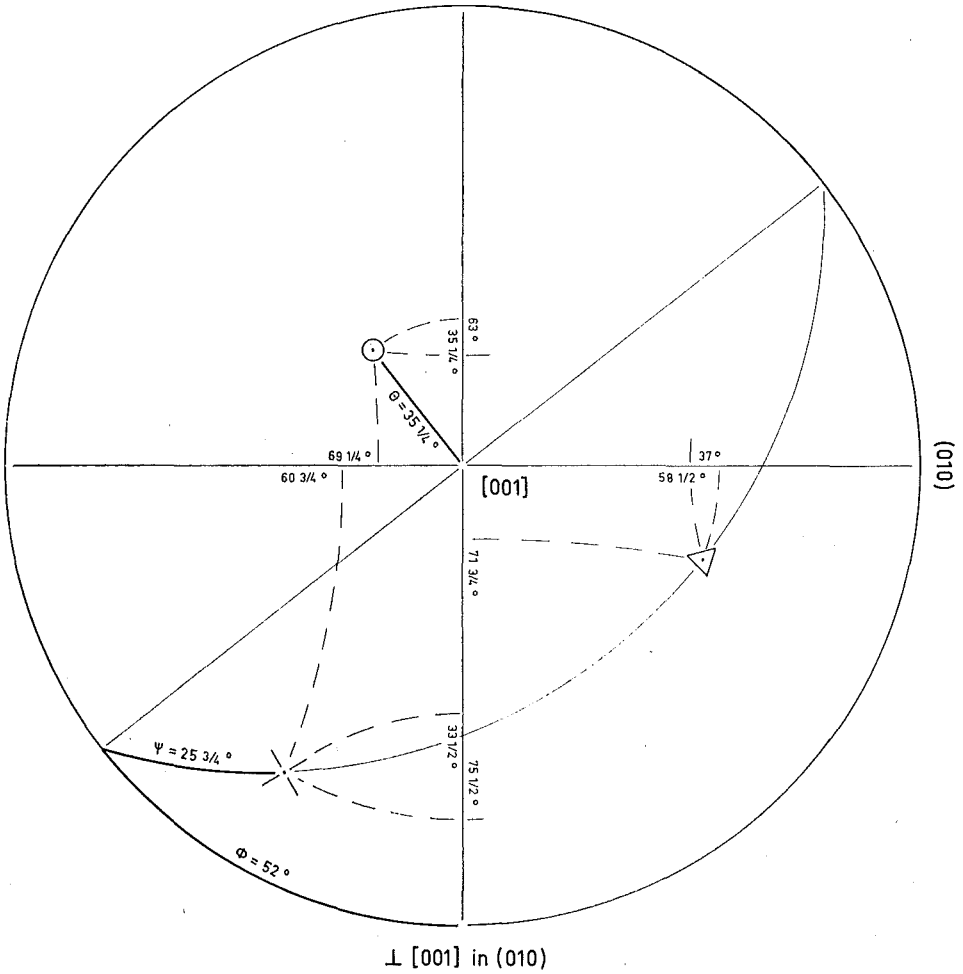


Fig. 4. Stereogramm $\perp [001]$. Es zeigt die Beziehungen zwischen Fedorows „sphärischen Koordinaten“ und den Euler-Winkeln ϕ , θ und ψ am Beispiel des Surtsey-Labradorites.

Gesetz Individuen	Albit	Karlsbad	Roc Tourné
$\alpha\alpha$	$\frac{1}{2}$ $138\frac{1}{2}^{\circ} +$	$\frac{2}{3}$ $70\frac{1}{2}^{\circ}$	$\frac{1}{3}$ 126°
Gesetz Individuen	Albit	Karlsbad	Roc Tourné
$\beta\beta$	$\frac{1}{2}$ $121\frac{1}{2}^{\circ}$	$\frac{2}{3}$ $151^{\circ} -$	$\frac{1}{3}$ $67^{\circ} -$
$\gamma\gamma$	74°	117°	$143\frac{1}{2}^{\circ}$

Halbiert man diese Winkel, so erhält man folgende sphärische Positionswinkel nach Fedorow:

	$\perp(010)$	$[001]$	$\perp[001]$ in (010)
$[n\alpha]$	$-69\frac{1}{4}^\circ$	$35\frac{1}{4}^\circ$	-63°
$[n\beta]$	$-60\frac{3}{4}^\circ$	$75\frac{1}{2}^\circ$	$33\frac{1}{2}^\circ$
$[n\gamma]$	37°	$58\frac{1}{2}^\circ$	$71\frac{3}{4}^\circ$

Wie Figur 4 zeigt, erhält man daraus auf graphischem Wege ebenfalls die Euler-Winkel

$$\varphi 52^\circ \quad \theta 35\frac{1}{4}^\circ \quad \psi 25\frac{3}{4}^\circ.$$

Für alle diese Konstruktionen wurde ein Wulffsches Netz mit 40 cm Durchmesser benützt; das kleine Netz mit Durchmesser 20 cm und 2° Einteilung ist zu ungenau.

Sämtliche Ableitungen gelten für den Kristall F. 40a. Zur Kontrolle wurde auch der oberste Teil des in Figur 1 dargestellten Karlsbad-Zwillings eingemessen, und es ergaben sich für diese schwach saurere Randzone der Individuen 2 und 3 folgende Winkel:

$$\varphi 52^\circ, 52\frac{1}{2}^\circ \quad \theta 36\frac{1}{2}^\circ, 36\frac{1}{2}^\circ \quad \psi 27^\circ, 28^\circ, 2V\gamma 80^\circ, 85^\circ, [n\alpha'] \wedge (010) \perp [100] 36^\circ, \text{ entsprechend } 65\% \text{ An.}$$

Die auf Grund von Albitlamellen und Spalttrissen (001) erhaltenen, nicht so genauen Werte für Präparat F. 40c lauten:

$$\varphi 51^\circ \quad \theta 37\frac{1}{2}^\circ \quad \psi 26^\circ \quad 2V\gamma 82^\circ, 82\frac{1}{2}^\circ, [n\alpha] \wedge (010) \perp [100] 36^\circ.$$

Für Präparat F. 40b wurde der gleiche Auslöschungswinkel mit $35\frac{1}{2}^\circ$ gemessen und $2V\gamma$ mit 79° und $82\frac{1}{2}^\circ$.

Der Brechungsindex $n\alpha'$ von Spaltblättchen (001) des Pulvers F. 40a wurde an ebenplattigen Körnern, die zugleich steile Albitlamellen erkennen liessen, nach der Immersionsmethode zu 1.562 bis 1.563 bestimmt (Na-Licht). Die Kurven von Tsuboi (1923) ergeben dafür 63 bis 65 Prozent Anorthit, die von H. R. Wenk in Uebereinstimmung mit den neuen Positionswinkeln der Indikatrix und mit den heute angenommenen Hauptbrechungsindices berechneten Hochkurven für Spaltblättchen (010) und (001) hingegen (Burri-Parker-Wenk 1965) 64 bis 66 Prozent.

Der Auslöschungswinkel $n\alpha' \wedge [100]$ von Kristallsplittern, welche scheinbar ideal plane Spaltstücke nach (001) und (010) darstellen, streut so stark, dass diese Bestimmungsmethode verworfen wurde, obwohl der für (001) und An 65 Hoch geltende Wert 11° am häufigsten gefunden wurde.

Um mit optischen Methoden auch die durchschnittliche Zusammensetzung des Surtsey-Labradorites zu bestimmen, wurde folgendes Verfahren angewandt: die für die spektrochemische Untersuchung benützte, aus drei grossen Kristallen gewonnene Durchschnittsprobe wurde einerseits vor dem Acetylen-Sauerstoffgebläse während einiger Minuten bis zum Schmelzpunkt erhitzt, andererseits im Vakuum*) in einem elektrisch beheizten Graphittiegel für einige Sekunden auf ca. 1900°C gebracht. Das auf dem ersten Wege gewonnene Glas zeigte $n = 1.543$; dies

*) Für Beschreibung und Abbildung des Vakuumofens siehe Schwander, H. (1953).

entspricht nach der Kurve von Schairer, Smith, and Chayes (1956) 67 Gewichtsprozenten, respektive 66 Molekularprozenten Anorthit. Das zweite Glas war schwach, aber eindeutig negativ gegenüber der Vergleichsflüssigkeit: $n = 1.5427$; sein Brechungsindex liegt zwischen 1.5415 und 1.5422 und entspricht einer anorthitäreren Zusammensetzung von 65 bis 66% An.

Wir erklären dies folgendermassen: Die längere Reaktionszeit bedingt bei der ersten Probe eine Veränderung der chemischen Zusammensetzung, indem zweifellos gewisse Elemente, wie zum Beispiel die Alkalien, sich im Gasstrom der Flamme verflüchtigen.

Trotz der recht guten Uebereinstimmung der verschiedenen optischen Daten drängt sich, zur besseren Beurteilung der Homogenität der Kristalle, die spätere Untersuchung eines intakten Grosskristalles auf.

CHEMISCHE UNTERSUCHUNG (H. S.)

Heutzutage werden bei der chemischen Untersuchung von Silikaten sowohl nass-chemische als auch physikalische Methoden angewandt; von den letzteren sind vor allem die emissionsspektralanalytischen und die röntgenspektrometrischen Verfahren zu erwähnen. Zerstörungsfrei arbeitet nur die Röntgenspektralanalyse.

Die Methoden erfordern eine gewisse minimale Substanzmenge. So benötigen wir beispielsweise für die spektrochemische Bestimmung der Alkalien, der Hauptkomponenten und der Spurenelemente von Silikaten je 50 mg Substanz. Eine wesentlich grössere Probenmenge — nämlich jeweils ca. 0.5 g — verlangt die nass-chemische Bestimmung der Komponenten FeO, P_2O_5 , CO_2 , F und Wasser u. a. m. Mit kleineren Mengen Analysenpulver lässt sich eine Totalanalyse nicht ausführen. Zudem ist zu beachten, dass die ermittelten Analysenresultate ausnahmslos Mittelwerte darstellen. Für gewisse Untersuchungen ist beides von grossem Nachteil; denn gerade bei Plagioklasen ist oft die Analyse eines bestimmten, optisch bereits untersuchten Kristalles erwünscht. Ferner sollte abgeklärt werden, in welchem Masse die chemische Zusammensetzung eines einzelnen Mineralkornes variiert. Diese Probleme lassen sich erst lösen, wenn die chemische Variabilität im Mikrobereich erfasst werden kann.

Mit den bisher vorhandenen apparativen Einrichtungen unseres Institutes war es nicht möglich, die Lösung derartiger Fragen in Angriff zu nehmen. Im August/September 1964 bot sich aber die günstige Gelegenheit, die von der Firma Kontron A. G. in Zürich*) zu Vorführzwecken bereitgestellte japanische Röntgen-Mikrosonde, Typ JXA-3A der Firma JEOL, für unsere Untersuchungen zu benützen.

Vor allem interessierte die Frage, innerhalb welcher Grenzen die chemische Zusammensetzung der optisch untersuchten Labradoritkristalle variiert, und wie weit der chemische Befund mit dem optischen, anhand der Drehtischmethoden nach Fedorow gewonnenen, übereinstimmt.

*) Bei dieser Gelegenheit möchten wir der Firma Kontron A. G. für ihr freundliches Entgegenkommen, und dem Operateur der Mikrosonde, Herrn T. Kosuge, für seine Hilfsbereitschaft unsern besten Dank aussprechen.

A. Untersuchungen mit der Röntgen-Mikrosonde.

Von unseren spektralanalytischen Erfahrungen ausgehend, versuchten wir zunächst, mit synthetischen Standardproben Eichkurven herzustellen. — Wir halten es für unzulässig, die Lage der Eichkurve eines bestimmten Elementes lediglich mit einer einzigen Eichprobe (100% reines Oxyd) und dem Nullpunkt zu bestimmen. — Zuerst stellten wir, durch Schmelzen der Silikatproben mit Borax, Silikatgläser her, wie sie in der Quantometrie und für die Röntgenfluoreszenzanalyse verwendet werden. Es zeigte sich aber, dass diese Gläser im Mikrobereich keineswegs homogen waren, d. h., die Zählraten der einzelnen Oberflächenpunktanalysen wichen stark voneinander ab. Deshalb wählten wir natürliche, idiomorphe Kristalle aus, z. B. Disthen und Bergkristall, und betteten sie in einen Messinghalter ein. Die Kristalle wurden mit Kohlenstoff bedampft: Die Punktanalysen für die Elemente Al und Si zeigen eine gute Reproduzierbarkeit, d. h., $\leq 1\%$ rel. Fehler. Hieraus darf geschlossen werden, dass einerseits die Probe homogen ist, und dass andererseits das Gerät reproduzierbar arbeitet.

Im Anschluss an diese Testversuche wählten wir Standardproben aus für die vorliegende Labradorituntersuchung — und zwar Plagioklase, deren Chemismus dank optischen und chemischen Bestimmungsmethoden gut bekannt ist.

Chemismus der Standardproben:

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃
Gaa 615*)	53.2	29.5	12.9	3.5	0.2	0.5
T 740**)	45.1	34.9	19.4	0.5		0.3
Parry 2***)	47.2	33.5	17.0	1.6	<0.1	
Michot 160B****)	57.3	26.0	8.5	5.6	1.2	
Amia 1*****)	64.5	19.1	1.0	1.9	12.6	

Die Analysen- und die Standardproben wurden im gleichen Halter montiert, nachdem die mittels Kunstharz in einen Messingring eingebetteten Kristallbruchstücke zusammen plan geschliffen und poliert sowie bedampft worden waren. Die Probenbedampfung mit Kohlenstoff war ca. 300 Å dick erfolgt; erfahrungsgemäss wäre allerdings eine dünnere Schicht vorzuziehen.

*) siehe: *Wenk, Grütter und Schwander (1961)*.

***) *Wager (1962)*,

****) *(unpubliziert)*,

*****) *Burri, Parker und Wenk (1965)*,

*****) *Schwander (1960)*.

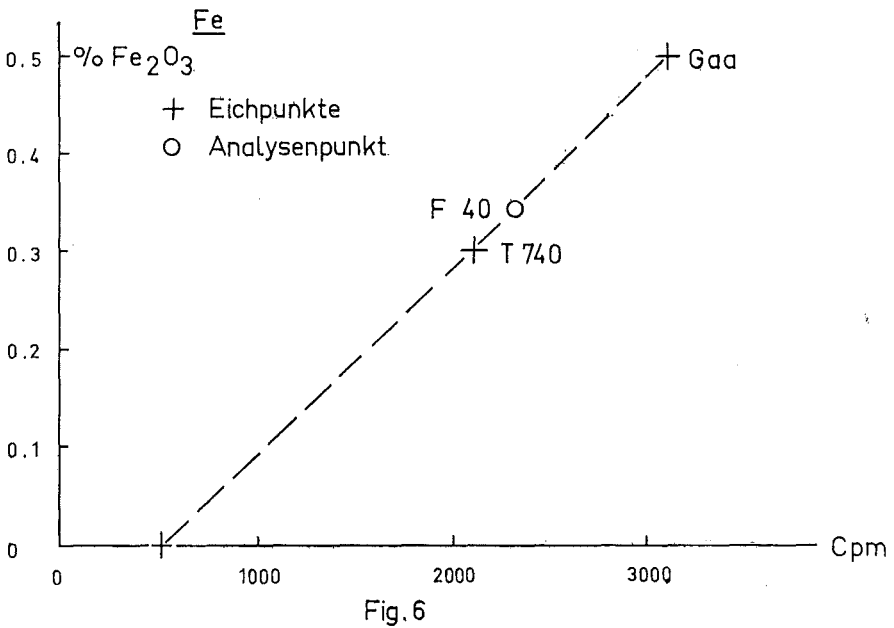
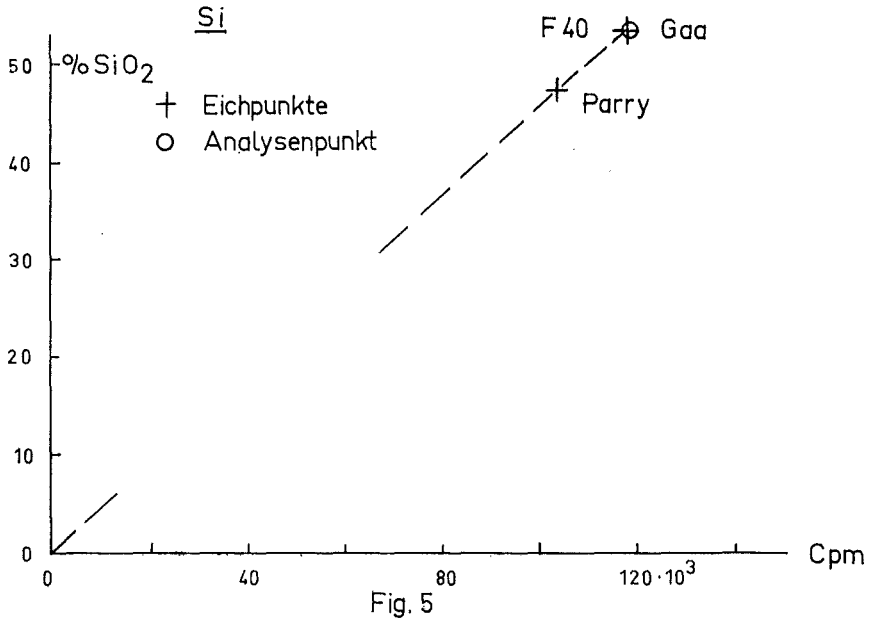


Fig. 5—9. Eichkurven für die Elemente Si, Fe, Ca, Na und Al zur Untersuchung mit der Röntgen-Mikrosonde.

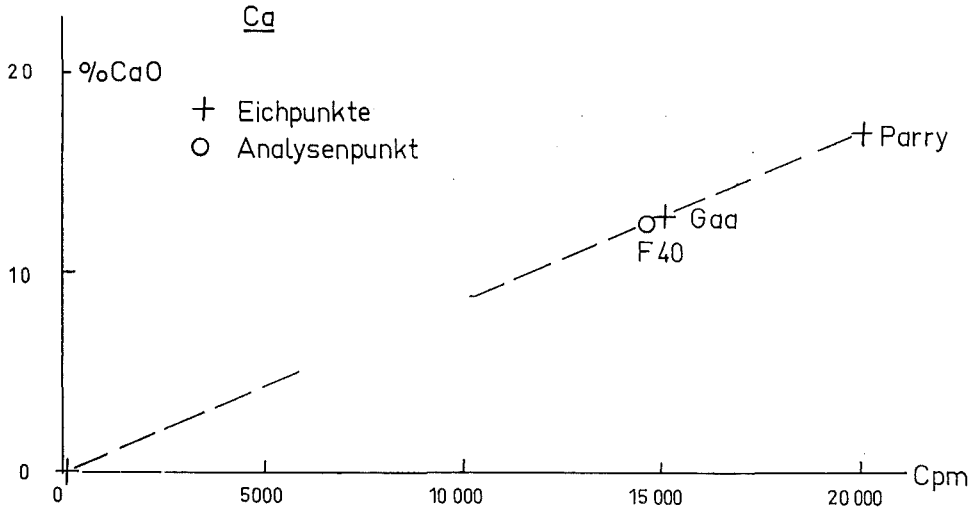


Fig. 7

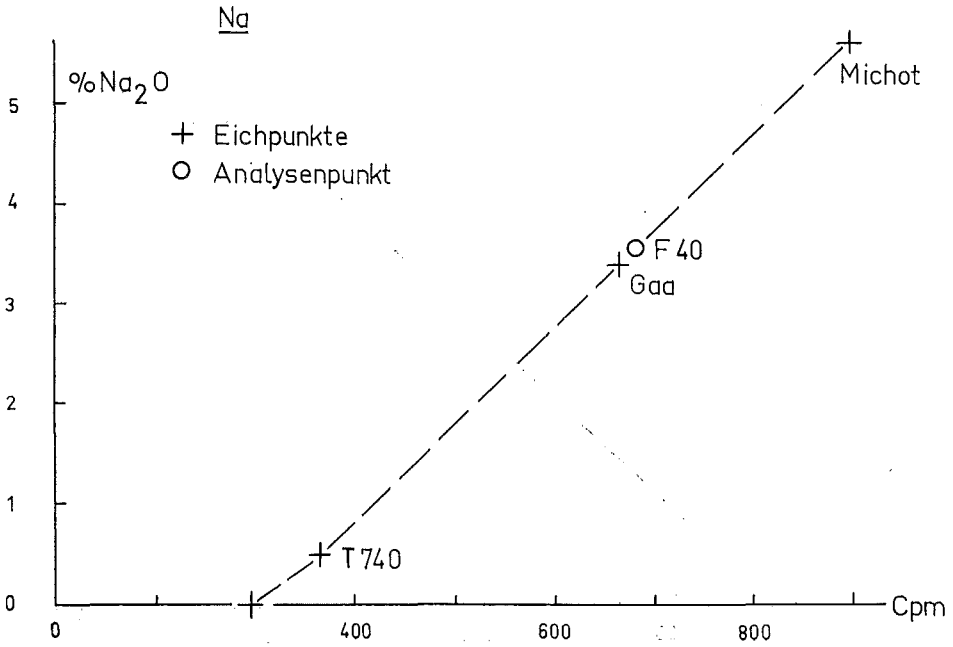


Fig. 8

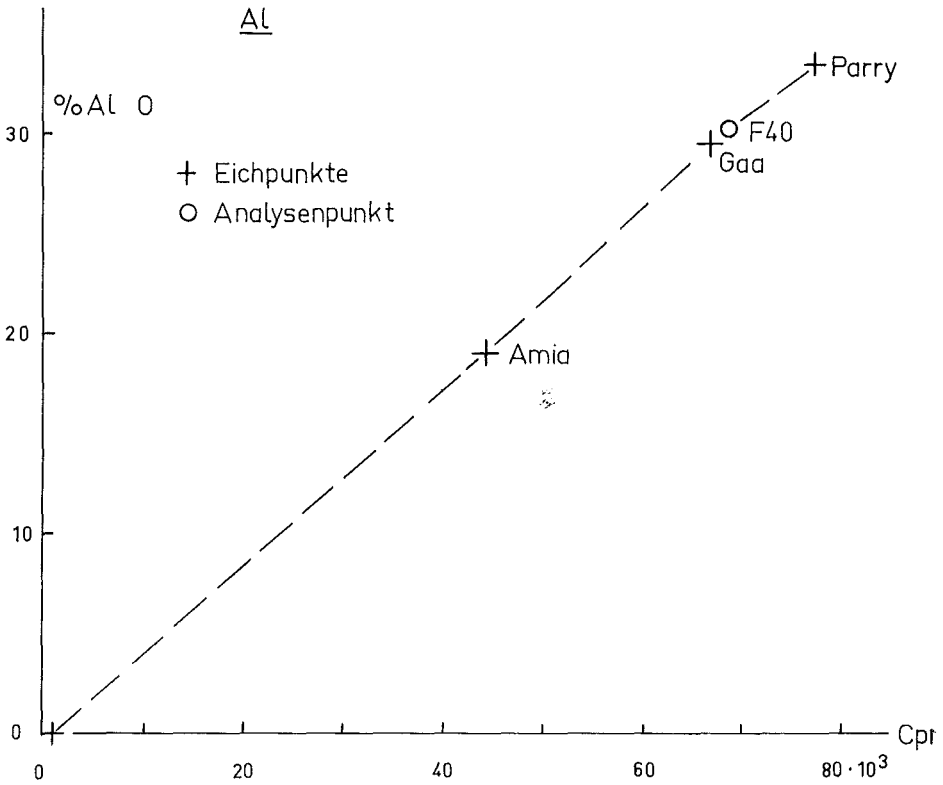


Fig. 9

Die Analysenbedingungen lauteten:

Analysenkristalle: Quarz für die Elemente Fe, Ca
 KAP für die Elemente Si, Al, Na.

Beschleunigungsspannung: 25 KV für die Elemente Fe, Ca, Si, Al
 10 KV für das Element Na.

Probenstrom: 0.23 μ A.

Messzeit: 1 Minute für die Elemente Si, Al, Fe, Ca. Untergrund 1^l.
 5 Minuten für das Element Na. Untergrund 5^l.

Strahldurchmesser: ca. 1 μ für die Elemente Fe, Ca, Si, Al
 ca. 20 μ für das Element Na.

Innerhalb einer Fläche von etwa 500 μ^2 wurden die Analyselemente an verschiedenen Punkten der Probenoberfläche jeweils viermal gemessen; und da das ver-

wendete Gerät mit zwei Spektrometern ausgestattet ist, wurden nach Möglichkeit jeweils zwei Elemente gleichzeitig registriert.

Wie die bisherigen Ausführungen zeigen, handelt es sich bei dieser Untersuchungsart um ein streng leitprobengebundenes Eichverfahren; auf die hin und wieder vorgeschlagene Auswertung der Resultate mittels Absorptions- und Fluoreszenz-korrekturen verzichteten wir, weil Erfahrungen in der Berechnung von Vielkomponentensystemen einstweilen fehlen. Die Eichkurven der erwähnten Elemente sind in den Figuren 5 bis 9 eingetragen. Die Streuung der einzelnen Punkte beträgt $\cong 1\%$ rel.

Auf Grund der vorliegenden Eichdaten konnte folgende Zusammensetzung der Probe F 40a ermittelt werden:

SiO ₂	53.3%		
Al ₂ O ₃	30.0	Daraus lässt sich folgende Feldspatzusammen-	
Fe ₂ O ₃	0.3	setzung in Molekularprozenten errechnen.:	
CaO	12.6		
Na O	3.6	Or : Ab : An	0.6 : 33.8 : 65.6
	— —	d = 2.715	
	99.8%		

Die geringe Streuung von $\leq 1\%$ relativem Fehler zeigt, dass die analysierten Kristalle im gemessenen Bereich in Bezug auf ihre chemische Zusammensetzung homogen sind. Ferner konnte eine verhältnismässig grosse Einheitlichkeit der Feldspäte F 40a und F 40c festgestellt werden.

B. Spektrochemische Untersuchung.

Ein aus drei reinen, pulverisierten Labradoritkristallen ($d = 2.710$) gewonnenes Analysenpulver stand für die Untersuchung zur Verfügung. Die Hauptkomponenten ermittelten wir auf spektrochemischem Wege wie folgt:

Wieder gelangte ein streng leitprobengebundenes Verfahren zur Anwendung, wobei die Standardproben Gaa 615, T 740 und eine Mischung dieser beiden Feldspäte 1 : 1 als Eichproben verwendet wurden. Synthetische Standardmuster wären wünschbar gewesen, doch mussten wir aus zeitlichen Gründen darauf verzichten.

Zunächst wurden die erwähnten Proben mit wasserfreiem Borax zu homogenem Glas geschmolzen. Hierauf mischten wir die feingepulverte Boraxglasschmelze mit Graphit und pressten aus dieser Mischung Tabletten. Die Anregung erfolgte mittels Hochspannungsfunken, die photoelektrische Registrierung mit einem 1.5 m JACO Atomcounter. Als Internal Standard diente Natrium.

Die Alkalien aber bedurften anderer Anregungsbedingungen: Die Analysenprobe wurde mit Li₂CO₃, RbCl und Graphit vermischt und zu Tabletten gepresst. Lithium diente als Internal Standard und Rubidiumchlorid als Puffersubstanz. Die Anregung erfolgte mittels stromstabilisierten Gleichstromabreissbogens, der mit Hilfe des Air-Jets nach Stallwood stabilisiert wurde. Die Auswertung geschah auf photographischem Wege; die Spektren wurden auf einem 1.5 m JACO Watsworth-Gitterspektrographen aufgenommen.

Die Analysendaten der untersuchten Durchschnittsprobe F 40 lauten:

SiO ₂	53.3%	Hieraus lässt sich folgende Feldspatzusammensetzung in Molekularprozenten errechnen:
Al ₂ O ₃	29.9%	
Fe ₂ O ₃	0.3	
CaO	12.5	
Na ₂ O	3.6	
K ₂ O	0.2	Or : Ab : An 1.2 : 33.6 : 65.2.
	<hr/> 99.8%	

Die spektrochemischen Untersuchungen konnten einen Sr-O Gehalt von mindestens 1000 ppm nachweisen; allerdings wäre noch abzuklären, ob weitere Spurenelemente vorhanden sind.

Obwohl eine gute Übereinstimmung zwischen den Resultaten der optischen und der chemischen Analysenmethoden aufgezeigt werden konnte, ist die Untersuchung mit den vorliegenden Ergebnissen noch nicht abgeschlossen. So müssten z. B. auch die Randzonen der Kristalle und im Mikrobereiche nicht nur besonders günstige Oberflächenstücke, sondern auch Proben mit Kanten und Spaltrissen gemessen und allfällige Einschlüsse erfasst werden.

Fräulein G. Rechsteiner, Laborantin am Mineralogischen Institut, führte die Spektralanalysen aus, und die beiden Assistenten J. Hunziker, cand phil., und W. B. Stern, cand phil., waren an den Messungen mit der Röntgen-Mikrosonde und den Auswertungen beteiligt. Allen diesen Mitarbeitern sei für ihre Tätigkeit bestens gedankt.

RÖNTGENANALYSE (H.-R. W.)

Die röntgenographische Untersuchung der Feldspatprobe von Surtsey beschränkt sich auf die Angabe der Gitterkonstanten, der d-Werte und Intensitäten für eine Pulveraufnahme und die Berechnung der verschiedenen Reflexionswinkel-Differenzfunktionen, welche Aussagen über Struktur und chemische Zusammensetzung erlauben. Auf weitere strukturelle Untersuchungen musste vorläufig verzichtet werden.

Die Gitterwinkel wurden mit der Buergerschen Precession-Technik bestimmt. Der Kristall — ein Spaltstück des stark verzwilligten Individuums F 40b — wurde mit der b*-Achse parallel zur horizontalen Kamera-Achse aufgesetzt, und es wurden Aufnahmen um die a- und c-Achse gemacht. Auf ihnen wurden α^* und γ^* gemessen, während man β am Drehkreis der Kamera ablas. Die übrigen Gitterparameter, a^* , b^* , c^* , sind einer Präzisions-Pulveraufnahme nach System Jagodzinski entnommen, da die Filmschrumpfung auf der Precession-Aufnahme nicht exakt bestimmt werden konnte. Die Genauigkeit der Winkel beträgt $\pm 5'$ — $10'$, diejenige der Achsenabschnitte $\pm 0.5\%$. Die andern Einheiten wurden nach den Formeln von Buerger (1941, p. 360/361) über die triklone Zelle im direkten und reziproken Raum berechnet.

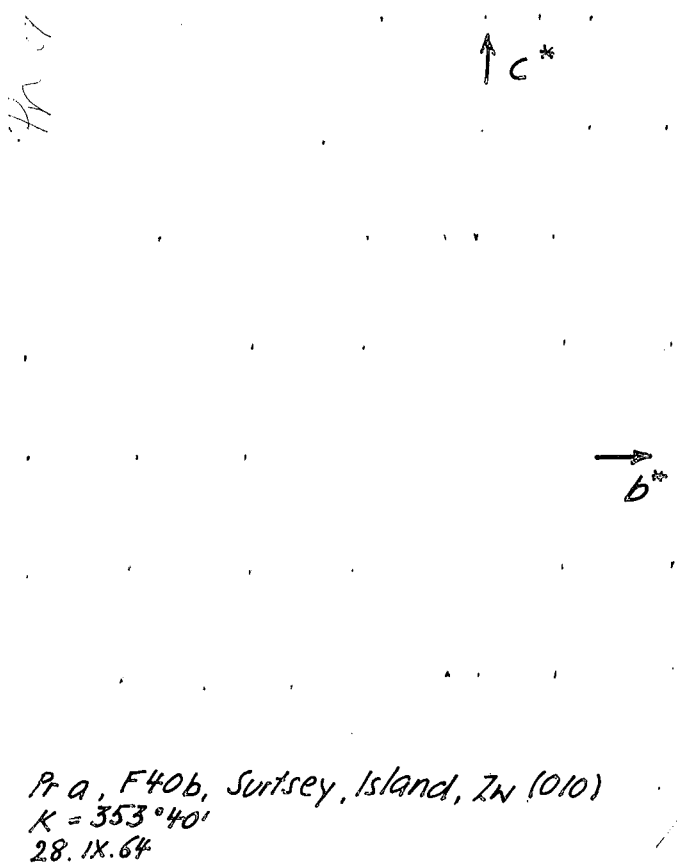
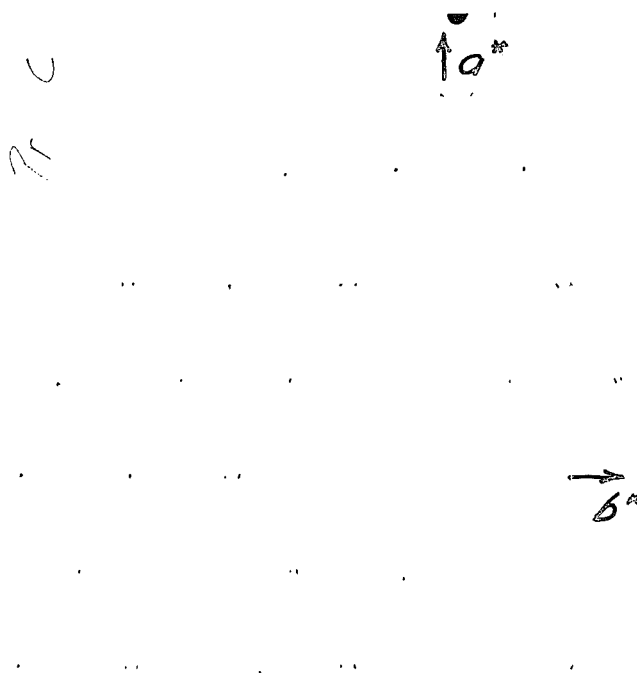


Fig. 10. Precession-Aufnahme mit a als Precession-Achse.

a =	8.17 ₅ Å	a* =	0.1362	(0.1365 aus Precession-Aufnahme)
b =	12.88 ₅ Å	b* =	0.0778	(0.0780 ₅ „ „ „)
c =	7.10 ₅ Å	c* =	0.1569 ₅	(0.1573 ₅ „ „ „)
α =	93°34'	α* =	85°55'	
β =	116°0'	β* =	63°56'	
γ =	90°0'	γ* =	92°0'	
V =	67.11 Å ³	V* =	0.00149 ^o	

In Fig. 10 und 11 sind die Precession a- und c-Aufnahmen reproduziert. Da (010) Zwillingsene ist, sind die b*-Reflexe einfach, alle übrigen jedoch aufgespalten. Der Kristall ist für das grössere Individuum justiert.



Pr c, F406, Surtsey, Island, Zw. (010)
 $K = 109^{\circ}40'$
 29. IX. 64

Fig. 11. Precession Aufnahme mit c als Precession-Achse.

Eine Pulveraufnahme mit Jagodzinski-Kamera (Si-Eichung) lieferte die 20- und d-Werte. Sie sind in Tabelle zusammengestellt. Die Ausmessung der Linein erfolgte auf einem ZEISS-Photometer. Die wichtigsten Reflexe sind nach Chayes (1952), Goodyear and Duffin (1954), J. V. Smith (1956) und H. Eberhard (mündliche Mitteilung) indiziert. Die Intensitäten sind einer Diffractometer-Aufnahme entnommen. Ein wichtiger Bereich ist in Fig. 12 wiedergegeben. Wir geben nur relative Werte und korrigieren dabei qualitativ den beträchtlichen Textureffekt.

Von besonderem Interesse sind die verschiedenen Differenzfunktionen, die uns Aufschluss geben über Entstehung und chemische Zusammensetzung.

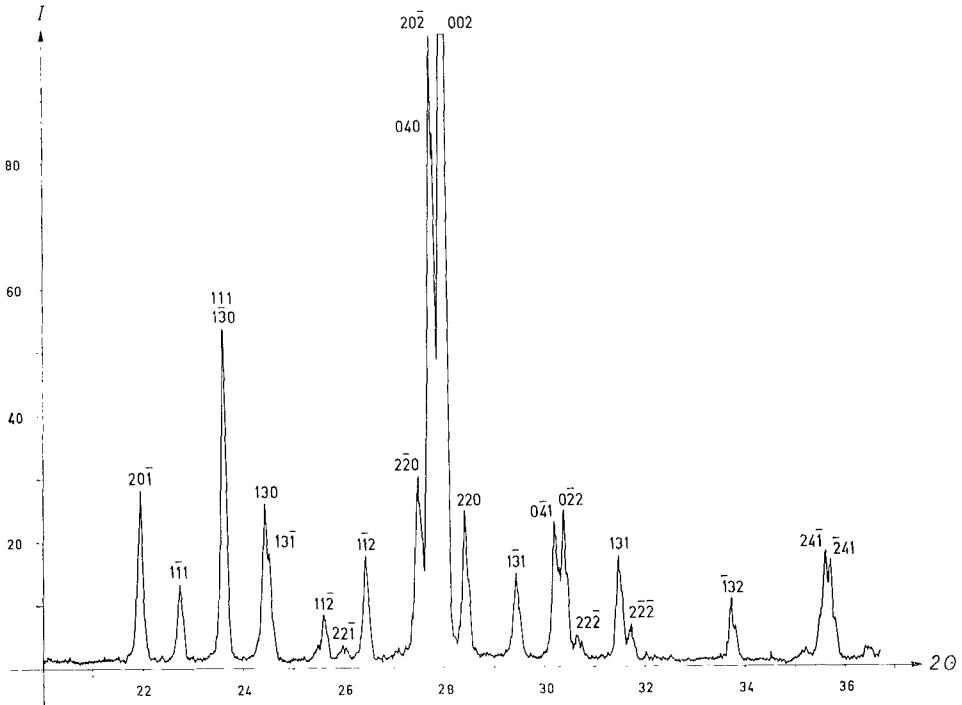


Fig. 12. Ausschnitt aus der Diffractometer-Aufnahme des Labradorites von Surtsey.

Smith, J. R. and Yoder, H. S. (1956):

$$2\theta(131) - 2\theta(\bar{1}\bar{3}\bar{1}) = 2.045^\circ$$

Smith, J. V. and Gay, P. (1958):

$$r = 2\theta(131) + 2\theta(220) - 4\theta(\bar{1}\bar{3}\bar{1}) = 1.005^\circ$$

$$B = 2\theta(1\bar{1}\bar{1}) - 2\theta(201) = 0.790^\circ$$

Eberhard, H. (unpubliziert):

$$2\theta(\bar{2}41) - 2\theta(24\bar{1}) = 0.115^\circ$$

Die Punkte fallen überall ins Gebiet der vulkanischen Plagioklase (vgl. Fig. 13 r - und B -Funktion nach Smith and Gay (1958)). Sie reichen nicht ins Feld der getemperten und synthetischen Proben. Diese — obgleich sie bei relativ *tiefer* Temperatur entstanden sind — zeigen grössere Unordnung als unser bei extrem *hoher* Temperatur ($> 1000^\circ\text{C}$) als Aschenauswürfling abgeschreckter Labrador. Diese Tatsache weist auf eine zeitlich wesentlich zurückliegende Kristallisation in der Tiefe. Die Ordnungsgeschwindigkeit ist bei derart hohen Temperaturen sehr gross, so dass sich schon nach kurzer Zeit ein Gleichgewicht einstellt. So kann ein extremer „Hochtemperaturplagioklas“ doch viel geordneter sein als ein bei tiefer Temperatur entstandener,

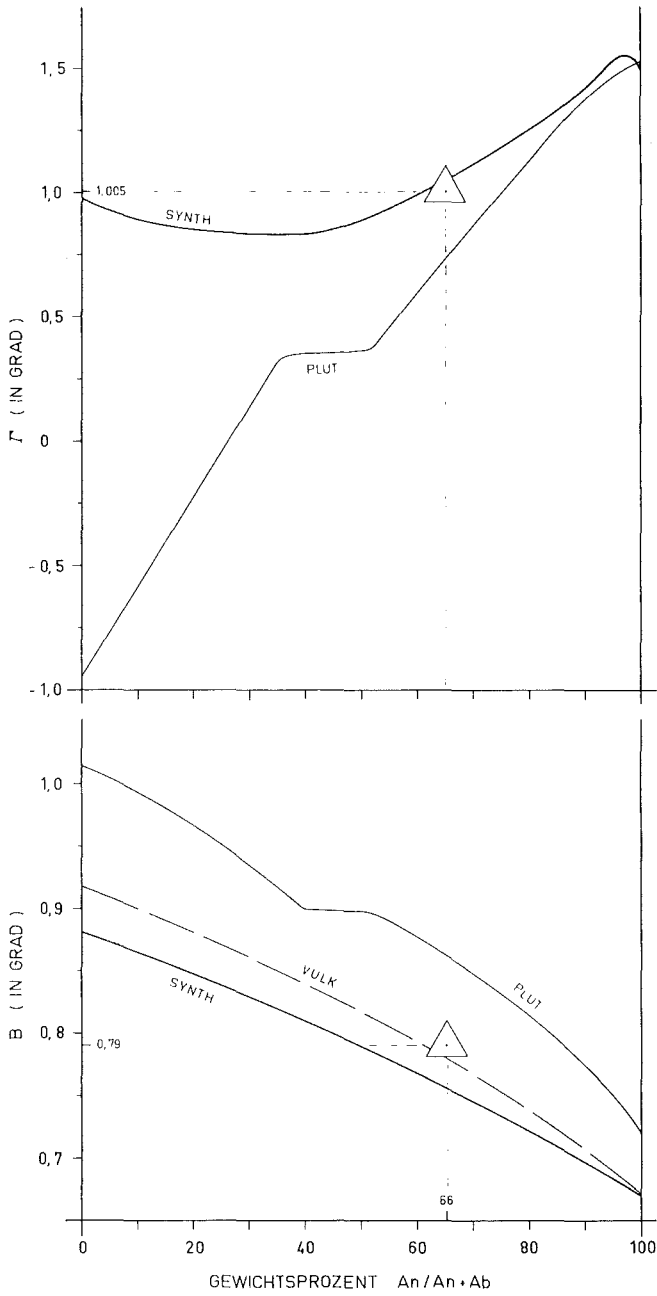


Fig. 13. Variation von $\Gamma(2\theta(131) + 2\theta(220) - 4\theta(\bar{1}\bar{3}1))$ und von $B(2\theta(\bar{1}\bar{1}) - C 2\theta(201))$ mit Anorthitgehalt nach den Kurven von J. V. Smith und P. Gay. Ein-
gezeichnet ist die Position des Labradorites von Surtsey.

In lange belichteten Precession Aufnahmen wurden keine diffusen c-Reflexe (Laves 1954 b) — (h+k) gerade, l ungerade — oder aufgespaltene b-Reflexe (Gay 1953, 1956) — (h+k) ungerade, l ungerade — gefunden. Auf Grund dieser Indizien und der Entstehungsgeschichte muss auf Hochalbit-Struktur geschlossen werden. Gleichwohl sind schwach intermediäre Verhältnisse nicht ausgeschlossen.

Da die Kristallstruktur in engstem Zusammenhang mit den physikalisch-chemischen Entstehungsbedingungen steht, wäre es sehr lohnend, zu prüfen, ob sich die verschiedenen Basaltergüsse in Island auf Grund der Struktur der Plagioklasse zeitlich differenzieren lassen. Bei der Umwandlung von Unordnung zu Ordnung ist die Zeit ein wesentlicher Faktor. Auf die geologische Bedeutung der Plagioklasstruktur wurde schon wiederholt hingewiesen (vgl. zum Beispiel Laves and Goldsmith 1954a).

Pulveraufnahme 2 θ und d-Werte aus Jagodzinski-Aufnahme, relative Intensitäten aus Diffractometer-Diagramm, unter Berücksichtigung des Textureffektes. (vs = very strong, s = strong, ms = middle strong, mw = middle weak, w = weak, vw = very weak).

2 θ	d	I	hkl
13.585 \pm 0.005	6.513	ms	$\bar{1}\bar{1}0$
15.180	5.834	mw	$1\bar{1}\bar{1}$
18.865	4.698	ms	$0\bar{2}\bar{1}$
21.930	4.051	s	$20\bar{1}$
22.720	3.912	ms	$1\bar{1}\bar{1}$
23.595	3.768	vs	$111, \bar{1}\bar{3}0$
24.405	3.645	s	130
24.495	3.631	s	$1\bar{3}\bar{1}$
25.595	3.478	mw	$1\bar{1}\bar{2}$
25.950	3.432	w	$2\bar{2}\bar{1}$
26.430	3.370	ms	$\bar{1}\bar{1}2$
26.590	3.351	vw	
27.495	3.241	s	$\bar{2}\bar{2}0$
27.750	3.213	vs?	$20\bar{2}$
27.815	3.206	vs	040
27.990	3.186	vs	002
28.425	3.138	s	220
29.465	3.030	ms	$\bar{1}\bar{3}\bar{1}$
30.235	2.954	s	$04\bar{1}$
30.410	2.938	s	$0\bar{2}\bar{2}$
30.185	2.911	w	$2\bar{2}\bar{2}$
31.510	2.838	s	$\bar{1}\bar{3}\bar{1}$
31.730	2.819	w	$2\bar{2}\bar{2}$
33.790	2.651	mw	$\bar{1}\bar{3}2$
35.230	2.546	vw	
35.625	2.519	s	$\bar{2}4\bar{1}$
35.740	2.511	s	$24\bar{1}$
36.445	2.464	w	

36.765	2.443	w
37.145	2.419	mw
37.680	2.386	w
37.900	2.373	w
38.215	2.354	vw
38.995	2.309	w
39.420	2.285	w
39.710	2.269	w
40.395	2.231	w
40.500	2.225	vw
41.790	2.160	w
42.155	2.142	ms
42.375	2.131	ms
42.980	2.103	ms
43.170	2.094	w
44.785	2.023	w
44.935	2.016	w
45.590	1.989	mw
46.125	1.967	w
46.475	1.953	w
46.755	1.942	w
47.050	1.932	mw
47.135	1.927	mw

DIE ZUSAMMENSETZUNG $\frac{1}{3}$ ALBIT $\frac{2}{3}$ ANORTHIT

Die durch die optische und die spektrochemische Untersuchung festgestellte und besonders durch die Sonde bestätigte, überaus einheitliche Zusammensetzung der Surtsey-Labradorite bietet ein Problem, da ja vulkanische Plagioklase meist zonar gebaut sind.

Es kann kein Zweifel darüber bestehen, dass die grossen homogenen Einsprenglinge in der Tiefe, unter vorzüglicher Reaktion zwischen Kristall und Schmelze entstanden, lange vor dem Ausbruch des Surtsey Vulkanes, der zuerst explosiver Natur war und dann zu Lavasee-Tätigkeit überging. Die untersuchten Labradorite wurden während der explosiven Phase gefördert.

Ausserdem ist aber in Betracht zu ziehen, dass nicht-zonare Grosskristalle der Zusammensetzung $\frac{1}{3}$ Albit $\frac{2}{3}$ Anorthit in plutonischen und vulkanischen Gesteinen basaltischer Zusammensetzung auffallend häufig sind, vor allem in Doleriten und Plateaubasalten. Das Verhältnis $\frac{100 \text{ An}}{\text{Or} + \text{Ab} + \text{An}}$ solcher Gesteine liegt zwischen 40 und 50 (siehe die Sammlung von Vergleichsdaten in C. Burri und P. Niggli (1945). Es würde somit die Bildung wesentlich saurerer einheitlicher Plagioklase begünstigen. Der normative Anorthitgehalt der Surtsey-Gesteine ist noch nicht bekannt; aber er dürfte kaum An 60 erreichen oder übersteigen. Wie schon DeVore (1956) ausführte, muss die Zusammensetzung $\frac{1}{3}$ Ab $\frac{2}{3}$ An in der Plagioklasreihe eine Vorzugsstellung besitzen. Sie spielt auch in der Plagioklasstruktur,

als wahrscheinliche Obergrenze der ‚intermediate structure‘, eine wichtige Rolle.

Eine exakte Strukturbestimmung des Surtsey-Labradorites wäre sehr erwünscht, und andere Forscher seien auf dieses einzigartige Material aufmerksam gemacht.

Sehr zu empfehlen wäre auch die Untersuchung des koexistierenden Pyroxenes und Olivines.

FRÜHE STUDIEN ÜBER FELDSPÄTE ISLANDS (E. W.)

Das hervorragende Feldspatmaterial von Surtsey wird wohl auch von anderer Seite in dieser oder jener Hinsicht studiert werden. Isländische Hochtemperatur-Plagioklase wurden in den letzten Jahren von verschiedenen Autoren optisch und chemisch untersucht (Glauser und Wenk 1957, 1960, Tryggvason 1960, Carmichael 1960).

Es dürfte aber nur wenigen bekannt sein, dass Island schon sehr früh in der Geschichte der Plagioklasforschung eine wichtige Rolle spielte: Im Jahre 1846 empfing der Naturforscher Sartorius von Waltershausen auf einer mehrmonatigen Islandreise und bei der Bearbeitung ihrer Ergebnisse wertvolle Impulse. In seiner 1853 erschienenen Schrift „Ueber die vulkanischen Gesteine in Sicilien und Island und ihre submarine Umbildung“ widmete er den Feldspäten ein sehr umfangreiches Kapitel und kam darin zu folgenden bemerkenswerten Schlüssen:

S. 525—526: „Wir haben an 100 der besten uns bekannten Analysen, diese eigenthümliche, scheinbar mit den in der Chemie geltenden Grundsätzen in Widerspruch stehenden Zusammensetzung dieser Mineralkörper bestimmt nachgewiesen, welche einfach dadurch erklärt wird, dass ein jeder Feldspath aus einem basischen und einem sauren Salze, zusammengesetzt ist“.

„Die Kenntniss der chemischen Zusammensetzung sämmtlicher Feldspathe reducirt sich daher auf die der beiden äussersten Grenzglüeder, die des Anorthits und Krablits, zwischen denen das neutrale Salz, der Albit und Orthoklas, etwa in der Mitte zweckmässiger Weise eingeschaltet werden kann.“

„In der ausgedehnten Scale swischen Anorthit und Albit mag man sich erlauben, gleichsam als Haltepunkte die Namen Labrador und Oligoklas einzuschalten, Benennungen, welche für mineralogische und geologische Zwecke als Abkürzungen in der Sprache mitunter bequem sein können, ohne ihnen jedoch mehr Werth und Bedeutung in der systematischen Mineralogie beizulegen, als jeder andern Mischung, die aus den beiden bezeichneten Endgliedern hervorgehen kann.“

S. 102: „Ich nenne diese Art des Isomorphismus Gruppenisomorphismus, da nicht einzelne Atome, sondern Gruppen von Atomen einander zu vertreten im Stande sind. Jeden Feldspathcrystall von der Norm (1, 3, x) denke ich mir nämlich aus unendlich kleinen Crystallen beider Grenzglüeder zusammengesetzt, gleichsam aus Steinen von Anorthit und Krablit oder aus Anorthit und Albit erbaut, von denen bald die einen bald die andern der Zahl nach vorherrschen.“

Wenn sich Sartorius von Waltershausen auch über die Natur des Krablites — des „Minerales“ der Krafla in Island — täuschte (R. Bunsen wies 1854 nach, dass es sich um ein Gemenge von Quarz und Feldspat handelt), und er zudem fehlerhafte Formeln verwendete, so hat er doch ein Jahr vor Th. Sterry Hunt und elf

Jahre vor G. Tschermak den Mischkristallcharakter der Plagioklase erkannt.

Die Ausführungen W. Sartorius von Waltershausens müssen seinen Zeitgenossen bekannt gewesen sein, umso mehr, als sein Reisebegleiter in Island, der berühmte Chemiker R. Bunsen, im Jahre 1854 an prominenter Stelle energisch dagegen Stellung nahm: „kein milderer Urtheil lässt sich über die Ansichten fällen, welche sich v. Waltershausen über die Natur der Feldspäthe . . . gebildet hat“ (S. 96).

Der Streit ist längst zu Gunsten der Mischkristallthese entschieden; das seltene Werk Sartorius von Waltershausens ist aber heute kaum bekannt, und nur sehr wenige dürften wissen, dass der für das Verständnis der Plagioklase grundlegende Gedanke zuerst in einer Schrift auseinandergesetzt wurde, die zu den „Islandica“ zählt.

Mineralogisches Institut der Universität Basel.

24. Oktober 1964.

SUMMARY

Clear and homogenous plagioclase crystals from the coastal sands of the newly formed basaltic island of Surtsey, south of Iceland, (first eruption on 14th November 1963) have been examined by various methods.

A composite sample of three large crystals was analysed by means of emission spectroscopy with a 1.5 m JACO Atomcounter; the results obtained are SiO₂ 53.3, Al₂O₃ 29.9, Fe₂O₃ 0.3, CaO 12.5, Na₂O 3.6, K₂O 0.2, giving the molecular proportion Or 1.2 Ab 33.6 An 65.2. $d = 2.710$. The SrO content was higher than 1000 ppm. Glasses prepared from this sample in two different ways showed the refractive index 1.542 and 1.543 respectively which corresponds to 66 and 67 weight percent of An according to the curve of Schairer et al. (1956).

The analysis by electron probe JEOL, type JXA-3A, of a large crystal twinned according to the albite-, Carlsbad-, and Roc Tourné-laws, and used also for the study of the optical orientation, gave the composition SiO₂ 53.3, Al₂O₃ 30.0, Fe₂O₃ 0.3, CaO 12.6, Na₂O 3.6, and the molecular proportion Or 0.6 Ab 33.8 An 65.6, $d = 2.715$. Both analytical methods rely upon the same plagioclase standards, in particular upon the labradorite An 66.3 from East-Greenland.

The orientation of the optical indicatrix in this twin-complex is represented by the position angles $\varphi 51.8^\circ \theta 35.2^\circ \psi 25.8^\circ 2 V \gamma 82^\circ$. In this system, found by the famous mathematician Euler in 1748 and introduced into crystal optics by Burri in 1956, φ is the angle between the Roc Tourné axis $\frac{\perp[001]}{(010)}$ and the intersection line of plane $n\beta$

$n\gamma$ with the plane perpendicular to $[001]$, θ stands for the angle between the last-mentioned two planes, and ψ for the angle between $[n\beta]$ and the above intersection line. The corresponding classical spherical angles of Fedorow read as follows:

X = Roc Tourné axis Y = albite axis Z = Carlsbad axis.

	$\perp[001]$ in (010)	$\perp(010)$	$[001]$
$[n\alpha]$	-63.0°	-69.2°	35.2°
$[n\beta]$	33.2°	-60.9°	75.5°
$[n\gamma]$	72.0°	37.1°	58.7°
A	58.0°	-33.4°	81.7°
B	-86.4°	68.4°	21.9°

Extinction angle $[na'] \wedge (010) \perp [100] = 36^\circ (35\frac{1}{2}^\circ - 37^\circ)$. Refractive index na' of cleavage flakes (001) = 1.562 — 1.563. On the new Fedorow- and Tsuboi-diagrams for Anorthite determination calculated and compiled by R. L. Parker, E. Wenk, and H.-R. Wenk (Burri, Parker, Wenk 1956), these values fit the curves for volcanic plagioclases at An 66 mol percent (range of 65 to 67 percent An).

X-ray data obtained with the Buerger precession technique and from powder diagrams made after the system of Jagodzinski:

$$\begin{array}{lll} a = 8.17_5 \text{ \AA} & \alpha & 93^\circ 34' \\ b = 12.88_5 \text{ \AA} & \beta & 116^\circ 00' \\ c = 7.10_5 \text{ \AA} & \gamma & 90^\circ 00' \end{array} \quad V = 67.11 \text{ \AA}^3$$

The angular separation between characteristic reflections demonstrates that the Surtsey labradorite falls into the field of volcanic plagioclases.

Attention has been drawn to the fact that large non-zonal crystals composed of $\frac{1}{3}$ of albite and $\frac{2}{3}$ of anorthite are very common in basaltic rocks, whose normative anorthite content is usually much lower. Deep-seated formation of the crystals and excellent reaction between the liquid phase and the crystals prior to the volcanic evolution do not fully explain the common occurrence. The composition mentioned must be a favoured one within the plagioclase series.

LITERATURVERZEICHNIS

- Buerger, M. J. (1942). X-Ray Crystallography. New York, Wiley. (p. 360—361).
- Bunsen, R. (1854). Ueber von Waltershausen's Theorie der Gesteinsbildung. Ann. Chem. & Pharm., N. R., XIII. 90—103.
- Burri, C. und Niggli, P. (1945). Die jungen Eruptivgesteine des mediterranen Orogens. Publikation Vulkaninstitut Immanuel Friedländer, No. 3, Zürich.
- Burri, C., Parker, R. L. und Wenk, E. (1965). Die optische Orientierung der Plagioklasse. Unterlagen und Diagramme zur Plagioklasbestimmung nach der Drehtischmethode. Basel, Birkhäuser. (Im Druck).
- Carmichael, I. S. E. (1960). The feldspar phenocrysts of some Tertiary acid glasses. Mineral. Mag., 32, 1959/61, 587—608.
- Chayes, F. (1952). Relation between composition and indices of refraction in natural plagioclase. Amer. J. Sc., Bowen Vol., 85—105.
- Deer, W. A., Howie, R. A., and Zussman, J. (1963). Rock-Forming Minerals. IV. Framework Silicates. London, Longmans.
- DeVore, G. W. (1956). Al-Si Positions in Ordered Plagioclase Feldspars. Z. Krist., 107, 247—264.
- Gay, P. (1953). The structures of the plagioclase feldspars III. An X-ray study of anorthites and bytownites. Mineral. Mag., 30, 1953/55, 169—177.
- „ (1956). The structures of the plagioclase feldspars VI. Natural intermediate plagioclases. Mineral. Mag., 31, 1956/58, 21—40.
- Glauer, A. und Wenk, E. (1957). Ueber Gesetzmässigkeiten im Verlaufe der Migrationskurven der Plagioklasse (Fedorow-Methode). Schweiz. mineral. petrogr. Mitt., 37, 180—197.
- „ (1960). Optische Orientierung und chemische Zusammensetzung einiger Hoch- und Tieftemperatur-Plagioklasse. Schweiz. mineral. petrogr. Mitt., 40, 37—53.
- Goodyear, J. and Duffin, W. J. (1954). The identification and determination of plagioclase feldspars by the X-ray powder method. Mineral. Mag., 30, 1953/55, 306—326.
- Laves, F. and Goldsmith, J. R. (1954a). On the use of calcic plagioklasses in geologic thermometry. J. Geol., 62, 405—408.
- „ (1954 b). Long-Range-Short-Range Order in Calcic Plagioclases as a Continuous and Reversible Function of Temperature. Acta cryst., 7, 465—472.

- Sartorius von Waltershausen, W. (1847). *Physisch-geographische Skizze von Island, mit besonderer Rücksicht auf vulkanische Erscheinungen*. Göttinger Studien.
- „ (1853). *Ueber die vulkanischen Gesteine in Sicilien und Island und ihre submarine Umbildung*. Göttingen, Dieterich.
- Schairer, J. F., Smith, J. R., and Chayes, F. (1956). *Refractive Indices of Plagioclase Glasses*. Ann. Rep. Dir. geophys. Lab. 1955/1956 + Carnegie Inst. Washington Year Bk., No. 55, 195—197.
- Schwander, H. (1953). *Bestimmung des relativen Sauerstoffsotopen-Verhältnisses in Silikatgesteinen und -Mineralien*. Dissertation Basel + *Geochim. et cosmochim. Acta*, 4, 261—291.
- „ (1960). *Neue Anwendungen zur quantitativen spektrochemischen Bestimmung der Hauptkomponenten in Silikatgesteinen und -mineralien*. (Pressverfahren, Stallwood Jet). *Schweiz. mineral. petrogr. Mitt.*, 40, 289—311.
- Smith, J. R. and Yoder, H. S. (1956). *Variations in X-Ray Powder Diffraction Patterns of Plagioclase Feldspars*. *Amer. Mineralogist*, 41, 632—647.
- Smith, J. V. (1956). *The powder patterns and lattice parameters of plagioclase. I. The soda-rich plagioclases*. *Mineral. Mag.*, 31, 1956/58, 47—68.
- Smith, J. V. and Gay, P. (1958). *The powder patterns and lattice parameters of plagioclase feldspars. II*. *Mineral. Mag.*, 31, 1956/58, 744—762.
- Tryggvason, T. (1957). *The Gabbro Bombs at Lake Graenavatn*. *Bull. geol. Inst. Univ. Uppsala*, XXXVIII, 1960, 1—5.
- Tsuboi, S. (1923). *A dispersion method of determining plagioclases in cleavage-flakes*. *Mineral. Mag.* 20, 1923/25, 108—122.
- Wager, L. R. (1962). *Igneous cumulates from the 1902 eruption of Soufrière, St. Vincent*. *Bull. vulcanol.*, XXIV, 93—99.
- Wenk E., Grütter, O. und Schwander, H. (1961). *Labradorit aus Plateaubasalt von Ostgrönland*. *Schweiz. mineral. petrogr. Mitt.*, 41, 53—63.