

**Zeitschrift:** Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen = Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie  
**Band:** 54 (1974)  
**Heft:** 1  
  
**Artikel:** Chemismus und optische Orientierung zweier Bytownite aus isländischen Olivinbasalten  
**Autor:** Burri, Conrad  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-42184>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 24.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Chemismus und optische Orientierung zweier Bytownite aus isländischen Olivinbasalten

Von *Conrad Burri*\*)

Mit Mikrosonden-Bestimmungen von *Hans Schwander*\*\*)

Mit 1 Figur und 1 Tabelle im Text

## Zusammenfassung

Bytownit-Einsprenglinge aus zwei Olivinbasalten von Midhyrna, Snaefellsnes, und von der E-Seite der Askja, Island, zeigen homogene Kerne mit dünnen Mänteln von Labrador. Für die Kerne wurde die Zusammensetzung mit der Elektronen-Mikrosonde zu  $An_{81}$  bzw.  $An_{83,5}$  bestimmt und die optische Orientierung mit Hilfe des U-Tisches ermittelt. Die Resultate ordnen sich gut in die bis jetzt bekannten Daten über basische HT-Plagioklase ein. Die rückberechneten Auslöschungsschiefen auf P(001) und M(010) stimmen mit den an Spaltblättchen gemessenen befriedigend überein.

## Summary

Bytownite phenocrysts out of two olivinebasalts from Midhyrna, Snaefellsnes, and from the Askja volcano, Iceland, show homogeneous cores of  $An_{81}$  and  $An_{83,5}$  with thin outer rims of labradorite as determined by electron-microprobe. The optical orientation of the cores was determined by U-stage examination. The results obtained fit well into those already known for basic HT-plagioclases. The calculated extinction angles on P(001) and M(010) are in satisfactory agreement with those measured on cleavage flakes.

## Inhalt

I. Einleitung .....	2
II. Bemerkungen zur angewandten Methodik .....	4
1. Chemismus .....	4
2. Optische Orientierung .....	5

---

\*) Institut für Kristallographie und Petrographie ETHZ, CH-8006 Zürich, Sonneggstrasse 5.

\*\*) Mineralogisch-Petrographisches Institut der Universität Basel, CH-4056 Basel, Bernoullianum.

III. Bytownite aus isländischen Olivinbasalten .....	5
1. Bytownit aus Olivinbasalt von Midhyrna, Snaefellsnes, S-Küste .....	5
a) Chemismus .....	5
b) Optische Orientierung .....	5
2. Bytownit aus Olivinbasalt von der E-Seite der Askja, Zentralisland .....	10
a) Chemismus .....	10
b) Optische Orientierung .....	10
IV. Die neuuntersuchten Bytownite im Vergleich zu den bisherigen Daten über basische HT-Plagioklase .....	14
V. Literatur .....	16

## I. EINLEITUNG

Die Kenntnis der optischen Orientierung von Plagioklasen von verschiedener, jedoch jeweils genau bekannter chemischer Zusammensetzung und verschiedener thermischer Zustände bildet die Grundlage für die optische Plagioklasbestimmung in Dünnschliffen. Trotz der in den letzten Jahren in dieser Hinsicht erzielten Fortschritte ist das Problem immer noch von Interesse. Nachdem man lange angenommen hatte, dass zur Bestimmung der optischen Orientierung einzig die klassischen konoskopischen Methoden von BECKE und WÜLFING den gestellten Anforderungen vollauf zu genügen vermöchten, haben neuere Untersuchungen gezeigt, dass unter gewissen Bedingungen und bei methodisch richtigem Arbeiten auch die mit den U-Tischmethoden erzielbare Genauigkeit für diese Zwecke ausreichend ist. Damit eröffnete sich die Möglichkeit, auch gesteinsbildende Plagioklase in den Kreis derartiger Untersuchungen einzubeziehen. Diese Erkenntnis bedeutete einen entscheidenden Fortschritt, denn die Methoden von BECKE und WÜLFING hatten das Vorhandensein grösserer, wohlausgebildeter und frischer Kristallindividuen zur Voraussetzung, welche die Anfertigung orientierter Präparate erlaubten. Wie jedoch allgemein bekannt ist, sind derartige Vorkommen für basische Glieder relativ selten und für HT-Formen so gut wie inexistent. Das hatte u. a. zur Folge, dass die Daten für TT-Plagioklase, basischer als  $An_{52}$  (Labradorit der Labradorküste) relativ lange Zeit sehr wenig zuverlässig waren, sowie, dass die Existenz einer HT-Form der Plagioklase erst relativ spät erkannt wurde.

Dass diese neue Entwicklung überhaupt möglich wurde, ist zu einem guten Teil der Verbesserung und völligen Neukonstruktion des gesamten U-Tischinstrumentariums, inbegriffen die dazugehörigen Spezialobjektive, zu verdanken, wie sie seit den zwanziger Jahren durch den langjährigen wissenschaft-

lichen Mitarbeiter der Firma Leitz-Wetzlar, MAX BEREK (1886–1949), eingeleitet und durchgeführt wurde. Auch die methodischen Beiträge dieses Autors zur U-Tischmethode waren von grosser Bedeutung. Die Konsequenzen aus der neuen Situation wurden für die Plagioklasforschung vor allem im Basler Institut gezogen, wo zuerst von REINHARD und darauf von WENK mit ihren Schülern und Mitarbeitern eine grössere Serie diesbezüglicher Untersuchungen ausgeführt wurden. Über das bis 1967 Erreichte gibt ein ausführlicher Datenkatalog (BURRI-PARKER-WENK 1967) Auskunft.

Zur Festlegung der optischen Orientierung wurden von der Basler Schule zuerst Spaltflächen und Verwachsungsebenen von Zwillingen benutzt. Ausgehend von der Tatsache, dass deren Einmessung, besonders bei schlechter Ausbildung oder nicht streng geradlinig verlaufenden Spuren im Dünnschliff, mit einem grösseren Fehler behaftet sein kann, als er bei der Einmessung der optischen Symmetrieebenen auftritt, wie u. a. von MANOLESCU (1934) gezeigt wurde, wurde in der Folge dazu übergegangen, als morphologische Bezugsrichtungen nur noch konstruktiv ermittelte Zwillingsachsen zu benutzen. Auch hier wird ausschliesslich auf diese abgestellt und ein im Anschluss an TERTSCH (1943/44) vorgeschlagenes Verfahren benützt (BURRI 1968, 1972), welches ein morphologisches Bezugssystem mit den drei aufeinander senkrecht stehenden Zwillingsachsen der Gesetze Roc Tourné, Albit und Karlsbad als X-, Y-, bzw. Z-Achse verwendet. Dies wird durch das häufige Auftreten dieser Zwillingsgesetze, besonders in Eruptivgesteinen, ermöglicht. Die damit verbundenen Berechnungen lassen sich sowohl sphärisch-trigonometrisch, wie auch vektoriell durchführen. Wegen der grösseren Anschaulichkeit wird hier den Vektormethoden der Vorzug gegeben.

Obwohl sich dieses Verfahren am Beispiel eines HT-Labradorites aus einem Vulkanit aus Iran gut bewährt hatte (BURRI 1968, 1972) erschien es, im Sinne seiner weiteren Prüfung, als wünschenswert, zusätzliche Beispiele nach dieser Methode zu behandeln und die Resultate mit den Ergebnissen nach bisherigen Methoden zu vergleichen. Eine ausgezeichnete Möglichkeit schienen die Bytownit-Einsprenglinge isländischer Basaltlaven zu bieten, wie sie am Basler Institut von E. WENK und seinen Mitarbeitern (GLAUSER und WENK 1960, GLAUSER 1970 und 1971, WENK, GLAUSER und SCHWANDER 1972) schon mehrfach untersucht wurden. Der Verfasser ist daher seinem Kollegen E. WENK zu grossem Dank verpflichtet, dass er ihm eine Serie von Schliffen dieser, von ihm anlässlich verschiedener Island-Aufenthalte gesammelten Gesteine zur Verfügung stellte, aus welchen zwei, wegen ihrer geringen Zonarstruktur als besonders geeignet erscheinende Proben ausgewählt wurden. Seinem Kollegen H. SCHWANDER, ebenfalls vom Basler Institut, dankt der Verfasser für die mit Hilfe der Mikrosonde durchgeführten Bestimmungen der An-Gehalte.

## II. BEMERKUNGEN ZUR ANGEWANDTEN METHODODIK

### 1. Chemismus

Obwohl es sich bei den Plagioklaseinsprenglingen, welche das Untersuchungsmaterial bilden, um Individuen von mehreren mm Durchmesser handelt, kommt eine Separierung auf mechanischem oder magnetischem Wege mit nachfolgender chemischer Analyse nicht in Frage. Einerseits sind die Einsprenglinge zwar von homogenem Bau und frei von Zonarstruktur im eigentlichen Sinne, sie weisen jedoch vielfach sehr dünne, nur einige hundertstel mm mächtige Ränder von abweichender, albitreicherer Zusammensetzung auf. Andererseits wäre bei einer Separierung eine Kontamination mit den etwas saureren Grundmassenplagioklasen kaum völlig zu vermeiden gewesen. Zur Ermittlung der chemischen Zusammensetzung kam somit nur die Mikrosonde in Betracht, wodurch sich zugleich auch die Möglichkeit ergab, die erwähnten dünnen, saureren Randzonen in korrekter Weise zu berücksichtigen. Bei der Untersuchung mit dem U-Tisch werden derartige Randzonen im allgemeinen einfach vernachlässigt, indem man sich bei der Einmessung der Indikatrix auf den die Hauptmasse des Individuums ausmachenden optisch homogenen Kern beschränkt, für welchen allein die so festgestellte optische Orientierung Gültigkeit hat. Würde nun nachträglich die chemische Zusammensetzung durch eine chemische Analyse an separiertem Material ermittelt, so würden die sauren Ränder notgedrungen mitberücksichtigt, da sie sich ja nicht abtrennen lassen, und das Resultat würde einer saureren Mischung entsprechen, als sie dem Kern allein zukommt. Eine Korrelation des auf diese Weise bestimmten Chemismus mit der für den Kern festgestellten optischen Orientierung hätte zur Voraussetzung, dass die sauren Randzonen volumenmässig von so geringem Einfluss wären, dass sie auch in ihrer Auswirkung auf den Chemismus vernachlässigt werden dürften. Nun zeigt jedoch eine einfache Überlegung (BURRI 1973), dass dem nicht so ist. Es wurde auch schon früher darauf hingewiesen (BURRI 1956), dass sich in der Literatur verschiedentlich Angaben finden, bei welchen der Chemismus für Plagioklase angegebener optischer Orientierung um ca. 2 Ab-% zu sauer erscheint, ein Umstand, welcher sich wohl am ehesten durch das Vorhandensein von schmalen, sauren Randzonen erklären lässt. Das einzig korrekte Vorgehen besteht somit darin, dass die Zusammensetzung des homogenen Kerns, für welchen die optische Orientierung bestimmt wurde, für sich allein, unter Vernachlässigung der sauren Randzone, mit der Mikrosonde ermittelt wird. Nur auf diese Weise ergibt sich für so gebaute Plagioklase eine einwandfreie Korrelation zwischen Chemismus und optischer Orientierung.

Für die am Basler Institut durch H. SCHWANDER mit einer Mikrosonde vom Typ Jeol JXA-3A durchgeführten Bestimmungen galten folgende Analysenbedingungen: Anregung 15 kV, 100 nA Probestrom, Strahldurchmesser 1 bis

2 Mikron, Integrationszeit 30 sec. Analysatorkristalle: Quarz für Ca und KAP für Na. Das Eichverfahren erfolgte streng leitprobegebunden (SCHWANDER und WENK 1967). Bedampfungen: ca. 200 Å Gold auf wenigen Å Kohlenstoff.

## 2. Optische Orientierung

Die Ermittlung der optischen Orientierung erfolgte nach dem vom Verfasser ausführlich beschriebenen Verfahren ohne direkte Einmessung morphologischer Bezugsrichtungen (BURRI 1968, 1972) An je 10 Zwillingen nach den Gesetzen Roc Tourné, Albit und Karlsbad wurden jeweils die Köhler-Winkel für die drei Hauptschwingungsrichtungen gemessen und die Mittelwerte bestimmt. Durch deren Halbierung wurden die Fedorow-Winkel (Kleinkreis-Koordinaten bzw. Richtungswinkel) erhalten, woraus sich die Lage der Hauptschwingungsrichtungen in bezug auf das rechtwinklige Koordinatensystem mit den drei Zwillingsachsen der obgenannten Gesetze als Achsen ergab. Ausserdem wurde an einer grösseren Anzahl von Individuen 2V gemessen und daraus der Mittelwert bestimmt. Sämtliche Berechnungen wurde mit Hilfe elementarer Vektormethoden durchgeführt, inbegriffen diejenige der Positionen der optischen Achsen (BURRI 1972). Die Definition der optischen Orientierung erfolge durch die Euler-Winkel I (BURRI 1956). Sämtliche Berechnungen wurden mit Hilfe eines Elektronenrechners Sharp, Modell PC-1001, durchgeführt, wodurch gegenüber der üblichen logarithmischen Methode eine erhebliche Zeitersparnis resultierte.

## III. UNTERSUCHUNG ZWEIER BYTOWNITE AUS ISLÄNDISCHEN OLIVINBASALTEN

### 1. Bytownit aus Olivinbasalt von Midhyrna, Snaefellsnes, S-Küste (Sammlungsnummer des Basler Instituts: Isld. 137)

#### *a) Chemismus*

Die Bestimmungen mit der Mikrosonde durch H. SCHWANDER ergaben für den Kern  $An_{80}$  bis  $An_{82}$ , so dass ein Mittel von  $An_{81}$  angenommen werden konnte. Die schmalen Ränder sind saurer und wurden nicht genauer untersucht, aus der Auslöschungsschiefe ergab sich für ihre Zusammensetzung  $An_{55}$  bis  $An_{50}$ .

#### *b) Optische Orientierung*

An je 10 Zwillingen nach den Gesetzen Roc Tourné, Albit und Karlsbad wurden für die drei Hauptschwingungsrichtungen  $[n_\alpha]$ ,  $[n_\beta]$ ,  $[n_\gamma]$  folgende (über die Zwillingsachse genommenen) Köhler-Winkel gemessen:

## Roc Tourné-Gesetz

$[n_\alpha]$	150	149	148	146	146	151	151	152	146	147	Mittel: $148,6^\circ \pm 0,72^\circ$
$[n_\beta]$	58	58	56	57	58	58	56	54	58	57	Mittel: $57,0^\circ \pm 1,33^\circ$
$[n_\gamma]$	133	132	133	135	133	131	133	135	134	134	Mittel: $133,3^\circ \pm 1,24^\circ$

## Albit-Gesetz

$[n_\alpha]$	120	118	116	118	118	116	112	120	116	114	Mittel: $116,8^\circ \pm 2,52^\circ$
$[n_\beta]$	121	122	124	125	123	121	124	122	121	121	Mittel: $122,4^\circ \pm 1,50^\circ$
$[n_\gamma]$	90	89	90	91	92	92	94	89	92	94	Mittel: $91,3^\circ \pm 1,82^\circ$

## Karlsbad-Gesetz

$[n_\alpha]$	70	74	72	73	70	72	71	70	69	70	Mittel: $71,1^\circ \pm 1,59^\circ$
$[n_\beta]$	180	176	176	176	173	174	176	175	177	175	Mittel: $175,8^\circ \pm 1,87^\circ$
$[n_\gamma]$	110	106	108	107	111	108	110	110	112	110	Mittel: $109,2^\circ \pm 1,87^\circ$

Aus den Köhler-Winkeln folgen als Fedorow-Winkel:

$$\left. \begin{array}{l} F_x = -74,30^\circ \pm 0,36^\circ \\ F_y = -58,40^\circ \pm 1,26^\circ \\ F_z = +35,55^\circ \pm 0,99^\circ \end{array} \right\} [n_\alpha] \quad \left. \begin{array}{l} F_x = -28,50^\circ \pm 0,66^\circ \\ F_y = +61,20^\circ \pm 0,75^\circ \\ F_z = +87,90^\circ \pm 0,91^\circ \end{array} \right\} [n_\beta] \quad \left. \begin{array}{l} F_x = +66,65^\circ \pm 0,62^\circ \\ F_y = +45,65^\circ \pm 0,91^\circ \\ F_z = +54,60^\circ \pm 0,93^\circ \end{array} \right\} [n_\gamma]$$

Durch Ausgleich auf  $\sum \cos^2 F_i = 1$  erhält man für die beiden Bisektrizen:

$$\left. \begin{array}{l} F_x = -74,45^\circ \\ F_y = -58,64^\circ \\ F_z = +35,79^\circ \end{array} \right\} [n_\alpha] \quad \left. \begin{array}{l} F_x = +66,25^\circ \\ F_y = +45,25^\circ \\ F_z = +54,20^\circ \end{array} \right\} [n_\gamma]$$

Für die optische Normale  $[n_\beta]$  braucht der Ausgleich nicht zu erfolgen, da der Wert nicht weiter benötigt wird.

Den Hauptschwingungsrichtungen  $[n_\alpha]$  und  $[n_\gamma]$  werden zwei Einheitsvektoren<sup>1)</sup> zugeordnet, gemäss:

$$a'_0 = \begin{pmatrix} -\cos 74,54^\circ \\ -\cos 58,64^\circ \\ \cos 35,79^\circ \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -0,266566 \\ -0,520414 \\ 0,811166 \end{pmatrix} \quad c'_0 = \begin{pmatrix} \cos 66,25^\circ \\ \cos 45,25^\circ \\ \cos 54,20^\circ \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,402747 \\ 0,704015 \\ 0,584958 \end{pmatrix}$$

$a'_0$  und  $c'_0$  müssen normal zu einander stehen. Zur Prüfung ob dies zutrifft, bildet man das skalare Produkt  $(a'_0 c'_0) = \cos \beta$  und erhält  $\beta = 89,96^\circ$ . Die

<sup>1)</sup> Vorwiegend aus typographischen Gründen kommt im folgenden für die Formulierung von Vektoren die sog. «Spaltenform» zur Anwendung:

$$v = x i + y j + z k = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

verlangte Orthogonalität besteht somit und ein Ausgleich erübrigt sich. Es ist somit  $\alpha'_0 = \alpha_0$  und  $c'_0 = c_0$  wenn man die definitiven Werte mit ungestrichenen Symbolen bezeichnet.

Den der optischen Normale  $b_0$  entsprechenden Vektor erhält man als Vektorprodukt

$$b_0 = [\alpha_0 c_0] = \begin{pmatrix} -0,875493 \\ 0,482623 \\ 0,021929 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\cos 28,90^\circ \\ \cos 61,14^\circ \\ \cos 88,74^\circ \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\cos F_x \\ \cos F_y \\ \cos F_z \end{pmatrix} [n_\beta]$$

Aus den Einheitsvektoren folgen die Positionen der Hauptschwingungsrichtungen, ausgedrückt in  $(\varphi, \rho)$ -Werten nach GOLDSCHMIDT:

$$\begin{array}{lll} \varphi_\alpha = 207,12^\circ & \varphi_\beta = 298,87^\circ & \varphi_\gamma = 29,77^\circ \\ \rho_\alpha = 35,79^\circ & \rho_\beta = 88,74^\circ & \rho_\gamma = 54,20^\circ \end{array}$$

Die Euler-Winkel I berechnen sich wie folgt:

$$\text{Knotenlinie } t: t = [\alpha_0 \mathfrak{f}] = \begin{pmatrix} \mp 0,520414 \\ \pm 0,266566 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \text{normiert: } t_0 = \begin{pmatrix} \mp 0,890036 \\ \pm 0,455893 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\left. \begin{array}{ll} \cos \phi = (t_0 i) = 0,890036 & \phi = 27,12^\circ \\ \cos \psi = (t_0 b_0) = 0,999244 & \psi = -2,33^\circ \\ \cos \theta = (\alpha_0 \mathfrak{f}) = 0,811166 & \theta = 35,79^\circ \end{array} \right\} \text{ Euler-Winkel I}$$

Positionen der optischen Achsen:

Gemessen:  $2 V_\alpha = 88,20^\circ \pm 1,64^\circ$  (Mittel aus 20 Messungen).

Werden den optischen Achsen A und B die beiden Vektoren  $\mathfrak{A}$  und  $\mathfrak{B}$  zugeordnet, so gilt (BURRI 1973):

$$\begin{array}{l} \mathfrak{A} = \alpha_0 - \mathfrak{x} \\ \mathfrak{B} = \alpha_0 + \mathfrak{x} \end{array} \quad \text{wobei } \mathfrak{x} = c_0 \operatorname{tg} V_\alpha = c_0 \operatorname{tg} 41,10^\circ = \begin{pmatrix} 0,351338 \\ 0,614151 \\ 0,510291 \end{pmatrix}$$

$$\mathfrak{A} = \alpha_0 - \mathfrak{x} = \begin{pmatrix} -0,617904 \\ -1,134565 \\ 0,300875 \end{pmatrix} \quad \text{normiert: } \mathfrak{A}_0 = \begin{pmatrix} -0,465820 \\ -0,855316 \\ 0,226821 \end{pmatrix}$$

$$\mathfrak{B} = \alpha_0 + \mathfrak{x} = \begin{pmatrix} 0,084772 \\ 0,093737 \\ 1,321457 \end{pmatrix} \quad \text{normiert: } \mathfrak{B}_0 = \begin{pmatrix} 0,063859 \\ 0,070612 \\ 0,995458 \end{pmatrix}$$

Kontrolle: Rückberechnung von  $2V_\alpha$  aus dem skalaren Produkt  $(\mathfrak{A}_0 \mathfrak{B}_0)$ .

$(\mathfrak{A}_0 \mathfrak{B}_0) = \cos 2V_\alpha = 0,135649$ , woraus  $2V_\alpha = 82,20^\circ$  (gemessen:  $82,20^\circ$  i. M.).

Aus  $\mathfrak{A}_0$  und  $\mathfrak{B}_0$  folgen als  $(\varphi, \rho)$ -Werte für die Achsenpositionen:

$$\begin{array}{ll} \varphi_A = 208,56^\circ & \varphi_B = 43,12^\circ \\ \rho_A = 76,89^\circ & \rho_B = 5,46^\circ \end{array}$$

Koordinaten der optischen Achsen nach BECKE:

$$A \begin{cases} \varphi^* = -58,81^\circ \\ \lambda = +64,04^\circ \end{cases} \quad B \begin{cases} \varphi^* = +4,05^\circ \\ \lambda = -3,67^\circ \end{cases}$$

Zusammenstellung der Resultate:

Koordinaten der Hauptschwingungsrichtungen:

$$\begin{array}{lll} \varphi_\alpha = 207,1^\circ & \varphi_\beta = 298,9^\circ & \varphi_\gamma = 29,8^\circ \\ \rho_\alpha = 35,8^\circ & \rho_\beta = 88,7^\circ & \rho_\gamma = 54,2^\circ \end{array}$$

Koordinaten der optischen Achsen in  $(\varphi, \rho)$ -Werten:

$$\begin{array}{ll} \varphi_A = 208,6^\circ & \varphi_B = 43,1^\circ \\ \rho_A = 76,9^\circ & \rho_B = 5,5^\circ \end{array}$$

Koordinaten der optischen Achsen nach BECKE:

$$A \begin{cases} \varphi^* = -58,8^\circ \\ \lambda = +64,0^\circ \end{cases} \quad B \begin{cases} \varphi^* = +4,1^\circ \\ \lambda = -3,7^\circ \end{cases}$$

$$\text{Euler-Winkel I:} \quad \phi = 27,1^\circ \quad \psi = -2,3^\circ \quad \theta = 35,8^\circ.$$

Rückberechnung der Fedorow-Winkel aus der optischen Orientierung und Vergleich mit den Messwerten:

Im Verlauf der Berechnung der optischen Orientierung, welche ohne direkte Einmessung von morphologischen Bezugsrichtungen vorgenommen wurde, musste eine Reihe von Ausgleichsoperationen vorgenommen werden. Es ist daher von Interesse, die Fedorow-Winkel (Richtungswinkel der Hauptschwingungsrichtungen in bezug auf das benützte rechtwinklige Koordinatensystem mit den Zwillingsachsen der Gesetze Roc Tourné, Albit und Karlsbad als X-, Y-, bzw. Z-Achse), welche die Ausgangsdaten darstellen, aus der erhaltenen optischen Orientierung rückwärts zu berechnen und mit den primären, unausgeglichenen Messwerten zu vergleichen. Bezeichnet man die Einheitsvektoren in Richtung der X-, Y-, bzw. Z-Achse mit  $i$ ,  $j$ ,  $k$ , so ergeben sich die cos der Fedorow-Winkel (Richtungscosinus) als skalare Produkte, wie folgt:

$$\left. \begin{array}{ll} \cos F_x = (a_0 i) = -0,266566 & F_x = -74,54^\circ \quad (-74,30^\circ \pm 0,36^\circ) \\ \cos F_y = (a_0 j) = -0,520414 & F_y = -58,64^\circ \quad (-58,40^\circ \pm 1,26^\circ) \\ \cos F_z = (a_0 k) = 0,811166 & F_z = 35,79^\circ \quad (35,55^\circ \pm 0,99^\circ) \end{array} \right\} [n_\alpha]$$

$$\begin{array}{ll}
\cos F_x = (b_0 i) = -0,875493 & F_x = -28,90^\circ \quad (-28,50^\circ \pm 0,66^\circ) \\
\cos F_y = (b_0 j) = 0,482623 & F_y = 61,14^\circ \quad (61,20^\circ \pm 0,75^\circ) \\
\cos F_z = (b_0 k) = 0,021929 & F_z = 88,74^\circ \quad (87,90^\circ \pm 0,91^\circ)
\end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \cos F_x \\ \cos F_y \\ \cos F_z \end{array}} \right\} [n_\beta]$$

$$\begin{array}{ll}
\cos F_x = (c_0 i) = 0,402747 & F_x = 66,25^\circ \quad (66,65^\circ \pm 0,62^\circ) \\
\cos F_y = (c_0 j) = 0,704015 & F_y = 45,25^\circ \quad (45,65^\circ \pm 0,91^\circ) \\
\cos F_z = (c_0 k) = 0,584958 & F_z = 54,20^\circ \quad (54,60^\circ \pm 0,93^\circ)
\end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \cos F_x \\ \cos F_y \\ \cos F_z \end{array}} \right\} [n_\gamma]$$

Die Übereinstimmung der rückberechneten Werte mit den rohen Messwerten (in Klammer) ist durchaus befriedigend.

Auslöschungsschiefen auf P(001) und M(010):

Für die Auslöschungsschiefen auf P(001) und M(010) benötigt man ausser der Lage der Schwingungsrichtungen auf diesen Flächen noch der Kenntnis der für beide Auslöschungsschiefen gemeinsamen Bezugsrichtung R, welche durch die Schnittkante P/M=krist. a gegeben ist. Diese wird als Vektorprodukt der Flächennormalen zu P und M erhalten, d. h. es ist  $\mathfrak{R} = [\mathfrak{P} \mathfrak{M}]$ . Für die vorliegende chemische Zusammensetzung  $An_{81}$  lassen sich für P aus der bei BURRI-PARKER-WENK (p. 294) gegebenen Tabelle 431 die Koordinaten  $\varphi = 80,74^\circ$ ,  $\rho = 26,28^\circ$  interpolieren, aus welchen sich die Koordinaten x, y, z des Einheitsvektors  $\mathfrak{P}_0$  wie folgt berechnen:

$$\begin{array}{l}
x = \sin \varphi \sin \rho = 0,436987 \\
y = \cos \varphi \sin \rho = 0,071246 \text{ so dass } \mathfrak{P}_0 = \begin{pmatrix} 0,436987 \\ 0,071246 \\ 0,896641 \end{pmatrix} \text{ Da ferner } \mathfrak{M}_0 = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ ist,} \\
z = \cos \rho = 0,896641
\end{array}$$

folgt für die Bezugsrichtung R

$$\mathfrak{R} = [\mathfrak{P}_0 \mathfrak{M}_0] = \begin{pmatrix} -0,896641 \\ 0 \\ 0,436987 \end{pmatrix}, \text{ woraus durch Normierung weiter folgt } \mathfrak{R}_0 = \begin{pmatrix} -0,898926 \\ 0 \\ 0,438101 \end{pmatrix}.$$

Die Vektoren der auf  $[n_\alpha]$  bezogenen Schwingungsrichtungen für P und M,  $\mathfrak{S}_{P_0}$  und  $\mathfrak{S}_{M_0}$  erhält man unter Anwendung der bereits früher (BURRI 1950) gegebenen vektoriellen Auswertung der Fresnelschen Konstruktion zu

$$\mathfrak{S}_{P_0} = \begin{pmatrix} -0,771001 \\ -0,483740 \\ 0,414192 \end{pmatrix} \quad \text{und} \quad \mathfrak{S}_{M_0} = \begin{pmatrix} -0,502769 \\ 0 \\ 0,864421 \end{pmatrix}.$$

Die gesuchten Auslöschungsschiefen  $\sigma$  folgen aus den skalaren Produkten  $\sigma_P = (\mathfrak{S}_{P_0} \mathfrak{R}_0) = 0,874528$  bzw.  $\sigma_M = (\mathfrak{S}_{M_0} \mathfrak{R}_0) = 0,830655$  zu (Vorzeichen gemäss der SCHUSTERSchen Regel):

$$\sigma_P = -29,01^\circ \quad \sigma_M = -33,83^\circ$$

was in beiden Fällen auf Grund der Auslöschungskurven von BURRI-PARKER-WENK (1967, Taf. XI)  $An_{81,5}$  entspricht.

Die zum Vergleich mit den berechneten Werten unternommene Messung der Auslöschung an Spaltblättchen wurde dadurch sehr erschwert, dass die Spaltbarkeit, sowohl nach P, wie nach M, offensichtlich sehr unvollkommen ausgebildet ist, und zwar anscheinend nach P noch schlechter als nach M. Im Streupräparat des im Stahlmörser zerstossenen Materials überwiegen weitaus die splitterartigen, unregelmässigen Bruchstücke über die eigentlichen Spaltblättchen, und auch von diesen zeigen die meisten eine keil- bis treppenartige Ausbildung, wie aus den Interferenzfarben deutlich hervorgeht. Sie sind daher für die Messung der Auslöschungsschiefe nicht geeignet. Dünne Blättchen von gleichmässiger Dicke werden nur selten gefunden. An zwei solchen nach P wurde gemessen:  $\sigma_P = -28,4^\circ \pm 0,38^\circ$  bzw.  $-28,8^\circ \pm 0,63^\circ$ , an zwei weiteren nach M:  $\sigma_M = -33,6^\circ \pm 0,57^\circ$  bzw.  $-34,0^\circ \pm 0,37^\circ$ , was in Anbetracht der schlechten Bedingungen als befriedigend bezeichnet werden darf.

**2. Bytownit aus Olivinbasalt von der E-Seite der Askja, Zentral-Inland. Obere, porphyritische Pillow-Lava in der Basisserie des Vulkans (Sammlungsnummer des Basler Instituts: Isld. 226)**

*a) Chemismus*

Die Bestimmungen mit der Mikrosonde durch H. SCHWANDER ergaben für den Kern von drei verschiedenen Körnern  $An_{83-85}$ ,  $An_{82-85}$ ,  $An_{81-84}$ , entsprechend einem Mittelwert von  $An_{83,5}$ . Die auch hier vorhandenen, für die optischen Untersuchungen jedoch nicht berücksichtigten dünnen Randzonen variieren von  $An_{71}$  bis  $An_{51}$ .

*b) Optische Orientierung*

An je 10 Zwillingen nach den Gesetzen Roc Tourné, Albit und Karlsbad wurden wiederum die Köhler-Winkel für die drei Hauptschwingungsrichtungen gemessen:

Roc Tourné-Gesetz

$[n_\alpha]$	152	154	153	150	148	152	155	152	156	156	Mittel: $152,8^\circ \pm 2,57^\circ$
$[n_\beta]$	51	54	54	57	53	54	52	54	56	57	Mittel: $54,2^\circ \pm 1,98^\circ$
$[n_\gamma]$	138	133	134	133	140	136	135	136	140	138	Mittel: $136,3^\circ \pm 2,62^\circ$

Albit-Gesetz

$[n_\alpha]$	115	118	114	119	118	117	118	115	116	114	Mittel: $116,4^\circ \pm 1,83^\circ$
$[n_\beta]$	124	127	125	123	124	123	121	125	123	123	Mittel: $123,8^\circ \pm 1,61^\circ$
$[n_\gamma]$	91	86	93	89	88	89	91	89	84	88	Mittel: $88,8^\circ \pm 2,57^\circ$

## Karlsbad-Gesetz

$[n_\alpha]$	69	67	70	69	70	72	71	73	71	72	Mittel:	$70,4^\circ \pm 1,77^\circ$
$[n_\beta]$	178	178	177	174	174	173	177	175	172	175	Mittel:	$175,3^\circ \pm 2,10^\circ$
$[n_\gamma]$	110	113	110	111	110	109	110	107	109	108	Mittel:	$109,7^\circ \pm 1,63^\circ$

Aus den Köhler-Winkeln folgen durch Halbieren die Fedorow-Winkel:

$$\left. \begin{array}{l} F_x = -76,40^\circ \pm 1,28^\circ \\ F_y = -58,20^\circ \pm 0,91^\circ \\ F_z = +35,20^\circ \pm 0,88^\circ \end{array} \right\} [n_\alpha] \quad \left. \begin{array}{l} F_x = -27,10^\circ \pm 0,99^\circ \\ F_y = +61,90^\circ \pm 0,80^\circ \\ F_z = +87,65^\circ \pm 1,28^\circ \end{array} \right\} [n_\beta] \quad \left. \begin{array}{l} F_x = +68,15^\circ \pm 1,31^\circ \\ F_y = +44,40^\circ \pm 1,28^\circ \\ F_z = +54,85^\circ \pm 0,81^\circ \end{array} \right\} [n_\gamma]$$

Durch Ausgleich auf  $\sum \cos^2 F_i = 1$  erhält man für die beiden Bisektrizen:

$$\left. \begin{array}{l} F_x = -76,42^\circ \\ F_y = -58,22^\circ \\ F_z = +35,22^\circ \end{array} \right\} [n_\alpha] \quad \left. \begin{array}{l} F_x = +67,74^\circ \\ F_y = +43,99^\circ \\ F_z = +54,44^\circ \end{array} \right\} [n_\gamma]$$

woraus sich die beiden Vektoren

$$a'_0 = \begin{pmatrix} -\cos 76,42^\circ \\ -\cos 58,22^\circ \\ \cos 35,22^\circ \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -0,234803 \\ -0,526659 \\ 0,816944 \end{pmatrix} \quad c'_0 = \begin{pmatrix} \cos 67,74^\circ \\ \cos 43,99^\circ \\ \cos 54,44^\circ \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,383651 \\ 0,719461 \\ 0,581555 \end{pmatrix}$$

ergeben, welche zueinander normal stehen müssen. Zur Prüfung ob dies zutrifft, bildet man das skalare Produkt  $(a'_0 c'_0) = \cos \beta$  und erhält  $\beta = 89,65^\circ$ . Es hat somit ein Ausgleich auf  $\beta = 90^\circ$  zu erfolgen. Hierzu bildet man zwei Hilfsvektoren  $\mathfrak{S}$  und  $\mathfrak{R}$ , welche die Winkel von  $a'_0$  und  $c'_0$  halbieren:

$$\mathfrak{S} = a'_0 + c'_0 = \begin{pmatrix} 0,148848 \\ 0,192802 \\ 1,398499 \end{pmatrix} \quad \mathfrak{R} = a'_0 - c'_0 = \begin{pmatrix} -0,618454 \\ -1,246120 \\ 0,235389 \end{pmatrix}$$

$$\text{Normiert: } \mathfrak{S}_0 = \begin{pmatrix} 0,104855 \\ 0,135819 \\ 0,985169 \end{pmatrix} \quad \mathfrak{R}_0 = \begin{pmatrix} -0,438332 \\ -0,883194 \\ 0,166833 \end{pmatrix}$$

$\mathfrak{S}_0$  und  $\mathfrak{R}_0$  stehen normal zueinander, wie auch wiederum ihre Winkelhalbierenden  $a$  und  $c$ , welche den gesuchten, ausgeglichenen Bisektrizenlagen entsprechen. Man bildet daher:

$$a = \mathfrak{S}_0 + \mathfrak{R}_0 = \begin{pmatrix} -0,333477 \\ -0,747375 \\ 1,152002 \end{pmatrix} \quad c = \mathfrak{S}_0 - \mathfrak{R}_0 = \begin{pmatrix} 0,543187 \\ 1,019013 \\ 0,818336 \end{pmatrix}$$

$$\text{Normiert: } a_0 = \begin{pmatrix} -0,235988 \\ -0,528887 \\ 0,815223 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\cos 76,35^\circ \\ -\cos 58,07^\circ \\ \cos 35,39^\circ \end{pmatrix} \quad c_0 = \begin{pmatrix} 0,383792 \\ 0,719991 \\ 0,578201 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos 67,43^\circ \\ \cos 43,95^\circ \\ \cos 54,67^\circ \end{pmatrix}$$

Koordinaten der Bisektrizen in  $(\varphi, \rho)$ -Werten nach GOLDSCHMIDT:

$$\begin{aligned}\varphi_\alpha &= 204,05^\circ & \varphi_\gamma &= 28,06^\circ \\ \rho_\alpha &= 35,39^\circ & \rho_\gamma &= 54,68^\circ\end{aligned}$$

Kontrolle der Orthogonalität:  $\cos \beta = (\alpha_0 \mathbf{c}_0) = -0,000001$ , woraus  $\beta = 90,00^\circ$ .

Den der optischen Normalen entsprechenden Vektor  $\mathbf{b}$  erhält man als Vektorprodukt:

$$\mathbf{b}_0 = [\alpha_0 \mathbf{c}_0] = \begin{pmatrix} -0,892755 \\ 0,449324 \\ 0,033073 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\cos 26,78^\circ \\ \cos 63,29^\circ \\ \cos 88,10^\circ \end{pmatrix} \quad \varphi_\beta = 296,72^\circ \quad \rho_\beta = 88,11^\circ.$$

Die Euler-Winkel I berechnen sich wie folgt:

$$\begin{aligned}\text{Knotenlinie } \mathbf{t}: \mathbf{t} &= [\alpha_0 \mathbf{f}] = \begin{pmatrix} \mp 0,528887 \\ \pm 0,235988 \\ 0 \end{pmatrix} & \text{Normiert: } \mathbf{t}_0 &= \begin{pmatrix} \mp 0,913220 \\ \pm 0,407471 \\ 0 \end{pmatrix} \\ \cos \phi &= (\mathbf{t}_0 \mathbf{i}) = 0,913220 & \phi &= 24,05^\circ \\ \cos \psi &= (\mathbf{t}_0 \mathbf{b}_0) = 0,998367 & \psi &= -3,28^\circ \\ \cos \theta &= (\alpha_0 \mathbf{f}) = 0,815223 & \theta &= 35,39^\circ\end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \text{Euler-Winkel I}$$

Positionen der optischen Achsen:

Gemessen:  $2V_\alpha = 82,4^\circ \pm 2,90^\circ$  (Mittel aus 17 Messungen).

Ordnet man den optischen Achsen A und B die Vektoren  $\mathfrak{A}$  und  $\mathfrak{B}$  zu, so gilt:

$$\begin{aligned}\mathfrak{A} &= \alpha_0 - \mathfrak{x} & \text{wobei } \mathfrak{x} &= \mathbf{c}_0 \operatorname{tg} V_\alpha = \mathbf{c}_0 \operatorname{tg} 41,20^\circ = \begin{pmatrix} 0,335984 \\ 0,630304 \\ 0,506176 \end{pmatrix} \\ \mathfrak{B} &= \alpha_0 + \mathfrak{x} \\ \mathfrak{A} &= \alpha_0 - \mathfrak{x} = \begin{pmatrix} -0,571972 \\ -1,159191 \\ 0,309047 \end{pmatrix} & \text{Normiert: } \mathfrak{A}_0 &= \begin{pmatrix} -0,430360 \\ -0,872193 \\ 0,232531 \end{pmatrix} \\ \varphi_A &= 206,26^\circ & \rho_A &= 76,55^\circ \\ \mathfrak{B} &= \alpha_0 + \mathfrak{x} = \begin{pmatrix} 0,099996 \\ 0,101417 \\ 1,321399 \end{pmatrix} & \text{Normiert: } \mathfrak{B}_0 &= \begin{pmatrix} 0,075238 \\ 0,076307 \\ 0,994242 \end{pmatrix} \\ \varphi_B &= 44,59^\circ & \rho_B &= 6,15^\circ\end{aligned}$$

Zur Kontrolle: Rückberechnung von  $2V_\alpha$  aus dem skalaren Produkt  $(\mathfrak{A}_0 \mathfrak{B}_0)$ :  $(\mathfrak{A}_0 \mathfrak{B}_0) = \cos 2V_\alpha = 0,132259$ , woraus  $2V_\alpha = 82,40^\circ$  (gemessen:  $82,40^\circ$  i. M.).

Zusammenstellung der Resultate:

Koordinaten der Hauptschwingungsrichtungen:

$$\begin{array}{lll} \varphi_{\alpha} = 204,1^{\circ} & \varphi_{\beta} = 296,7^{\circ} & \varphi_{\gamma} = 28,1^{\circ} \\ \rho_{\alpha} = 35,4^{\circ} & \rho_{\beta} = 88,1^{\circ} & \rho_{\gamma} = 54,7^{\circ} \end{array}$$

Koordinaten der optischen Achsen in  $(\varphi, \rho)$ -Werten:

$$\begin{array}{ll} \varphi_A = 206,3^{\circ} & \varphi_B = 44,6^{\circ} \\ \rho_A = 76,6^{\circ} & \rho_B = 6,2^{\circ} \end{array}$$

Koordinaten der optischen Achsen nach BECKE:

$$A \begin{cases} \varphi^* = -60,7^{\circ} \\ \lambda = +61,6^{\circ} \end{cases} \quad B \begin{cases} \varphi^* = +4,4^{\circ} \\ \lambda = -4,3^{\circ} \end{cases}$$

Euler-Winkel I:  $\phi = 24,1^{\circ}$   $\psi = -3,3^{\circ}$   $\theta = 35,4^{\circ}$ .

Rückberechnung der Fedorow-Winkel aus der optischen Orientierung und Vergleich mit den Messwerten:

In gleicher Weise, wie für das erstbehandelte Beispiel, sollen im folgenden die aus der optischen Orientierung rückberechneten Fedorow-Winkel mit den primären, unausgeglichene Messdaten (in Klammer) verglichen werden.

$$\begin{array}{ll} \cos F_x = (a_0 i) = -0,235988 & F_x = -76,35^{\circ} \quad (-76,40^{\circ} \pm 1,28^{\circ}) \\ \cos F_y = (a_0 j) = -0,528887 & F_y = -58,07^{\circ} \quad (-58,20^{\circ} \pm 0,91^{\circ}) \\ \cos F_z = (a_0 k) = 0,815223 & F_z = 35,39^{\circ} \quad (35,20^{\circ} \pm 0,88^{\circ}) \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \cos F_x \\ \cos F_y \\ \cos F_z \end{array}} \right\} [n_{\alpha}]$$

$$\begin{array}{ll} \cos F_x = (b_0 i) = -0,892755 & F_x = -26,78^{\circ} \quad (-27,10^{\circ} \pm 0,99^{\circ}) \\ \cos F_y = (b_0 j) = 0,449324 & F_y = 63,29^{\circ} \quad (61,90^{\circ} \pm 0,80^{\circ}) \\ \cos F_z = (b_0 k) = 0,033073 & F_z = 88,10^{\circ} \quad (87,65^{\circ} \pm 1,28^{\circ}) \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \cos F_x \\ \cos F_y \\ \cos F_z \end{array}} \right\} [n_{\beta}]$$

$$\begin{array}{ll} \cos F_x = (c_0 i) = 0,383792 & F_x = 67,43^{\circ} \quad (68,15^{\circ} \pm 1,31^{\circ}) \\ \cos F_y = (c_0 j) = 0,719991 & F_y = 43,95^{\circ} \quad (44,40^{\circ} \pm 1,28^{\circ}) \\ \cos F_z = (c_0 k) = 0,578201 & F_z = 54,67^{\circ} \quad (54,85^{\circ} \pm 0,81^{\circ}) \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \cos F_x \\ \cos F_y \\ \cos F_z \end{array}} \right\} [n_{\gamma}]$$

Auch hier ist die Übereinstimmung im ganzen befriedigend.

Auslöschungsschiefen auf P(001) und M(010).

Für die Berechnung der Auslöschungsschiefen auf P und M, beide auf die gemeinsame Bezugsrichtung  $R = \text{Schnittkante } P/M = \text{krist. } a$  bezogen, wurde gleich vorgegangen wie im vorhergehenden Beispiel. Für die Koordinaten von P(001) wurde für die chemische Zusammensetzung  $An_{83,5}$  aus BURRI-PARKER-WENK (1967), p. 294, Tab. 431 interpoliert  $\varphi = 80,70^{\circ}$ ,  $\rho = 26,27^{\circ}$ , woraus folgt:

$$\mathfrak{P}_0 = \begin{pmatrix} \sin 80,70^\circ \sin 26,27^\circ \\ \cos 80,70^\circ \sin 26,27^\circ \\ \cos 26,27^\circ \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,436784 \\ 0,071526 \\ 0,896718 \end{pmatrix}$$

Die Bezugsrichtung R erhält man als Vektorpunkt

$$\mathfrak{R} = [\mathfrak{P}_0 \mathfrak{M}_0] = \begin{pmatrix} -0,896718 \\ 0 \\ 0,436784 \end{pmatrix} \quad \text{Normiert: } \mathfrak{R}_0 = \begin{pmatrix} -0,899021 \\ 0 \\ 0,437905 \end{pmatrix}$$

Die Vektoren der auf  $[n_\alpha]$  bezogenen Schwingungsrichtungen für P und M,  $\mathfrak{S}_{P_0}$  und  $\mathfrak{S}_{M_0}$  erhält man wiederum durch vektorielle Auswertung der Fresnelschen Konstruktion zu

$$\mathfrak{S}_{P_0} = \begin{pmatrix} -0,766284 \\ -0,492567 \\ 0,412539 \end{pmatrix} \quad \text{und} \quad \mathfrak{S}_{M_0} = \begin{pmatrix} -0,479459 \\ 0 \\ 0,877565 \end{pmatrix}$$

Die gesuchten Auslöschungsschiefen  $\sigma$  folgen aus den skalaren Produkten  $\sigma_P = (\mathfrak{S}_{P_0} \mathfrak{R}_0) = 0,869557$  bzw.  $\sigma_M = (\mathfrak{S}_{M_0} \mathfrak{R}_0) = 0,815333$  zu (Vorzeichen gemäss der SCHUSTERSchen Regel):

$$\sigma_P = -29,59^\circ \quad \sigma_M = -35,38^\circ.$$

Die Auslöschung auf P führt nach BURRI-PARKER-WENK (1967), Taf. XI auf  $An_{83}$  HT, diejenige auf M auf über  $An_{85}$ , wobei der flache Kurvenverlauf einer genaueren Interpretation jedoch ungünstig ist.

Auch hier gilt, wie im Falle des erstbehandelten Beispiels, dass die Spaltbarkeit, sowohl nach P wie nach M, sehr unvollkommen ausgebildet ist, so dass grosse Schwierigkeit besteht zur Messung der Auslöschung geeignete, planparallele Spaltblättchen zu finden. Für solche nach P wurde in zwei Fällen gemessen  $-29,5^\circ \pm 0,44^\circ$  und  $-29,4^\circ \pm 0,52^\circ$ , für M  $-35,4^\circ \pm 0,25^\circ$  und  $-35,7^\circ \pm 0,62^\circ$ , was in Anbetracht der schlechten Bedingungen mehr als befriedigend erscheinen muss.

#### IV. DIE NEUUNTERSUCHTEN BYTOWNITE IM VERGLEICH ZU DEN BISHERIGEN DATEN ÜBER BASISCHE HT-PLAGIOKLAUSE

Es bleibt zu prüfen, inwiefern sich die zwei neuuntersuchten HT-Bytownite in den Rahmen unserer bisherigen Kenntnisse hinsichtlich der optischen Orientierung der basischen HT-Plagioklasse einordnen. Tabelle I gibt eine Zusammenstellung für das Intervall  $An_{60}$  bis  $An_{100}$ , welche zusätzlich zu den 16 bereits im Datenkatalog von BURRI-PARKER-WENK (1957) 258–270 enthaltenen Bestimmungen, ausser den beiden Neubestimmungen, noch fünf weitere seit dessen Kompilation veröffentlichte Beispiele umfasst, so dass das betrach-

tete Intervall nun durch insgesamt 23 Bestimmungen belegt ist. Diese sind, mit Ausnahme einer vorerst noch bestehenden Lücke von  $An_{66}$  bis  $An_{79}$ , ziemlich gleichmässig verteilt. Für das reine Endglied  $An_{100}$  wurden die beiden älteren in der Literatur vorhandenen Bestimmungen an synthetischem Anorthit, welche miteinander nicht übereinstimmten und seit jeher als wenig plausibel angesehen werden mussten, nicht mehr berücksichtigt. Sie wurden durch die Neubestimmung von WENK und TROMMSDORFF (1967), ebenfalls an synthetischem Material ausgeführt, ersetzt.

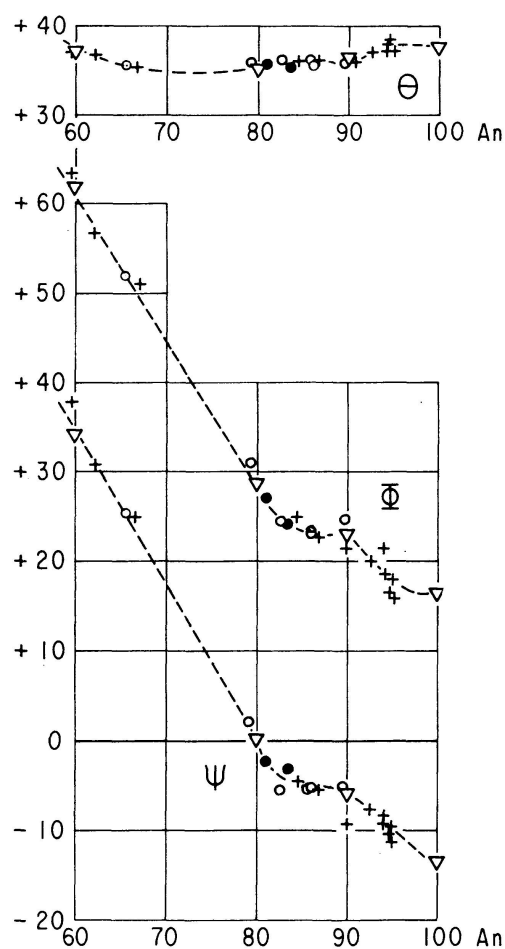


Fig. 1. Optische Orientierung basischer HT-Plagioklase, dargestellt an Hand der Euler-Winkel I.

Volle Kreise: Neuuntersuchte Bytownite aus isländischen Olivinbasalten.  
 Leere Kreise: Weitere Bytownite gleicher Provenienz.  
 Dreiecke: Getemperte, natürliche, sowie synthetische Plagioklase.  
 Kreuze: Übrige Beispiele von Tabelle I.

Fig. 1 gibt den Verlauf der Variationskurven der Euler-Winkel I, gezeichnet auf Grund der Angaben von Tab. I. Mit Ausnahme der durch die neuen Resultate von WENK und TROMMSDORFF bedingten Abweichungen für den Abschnitt  $An_{95}$  bis  $An_{100}$  stimmen sie völlig mit den HT-Kurven von Tafel I bei BURRI-PARKER-WENK (1957) überein welche demnach für HT-Plagioklase  $An_{60-95}$

als gesichert angesehen werden dürfen. Es ist auch ersichtlich, dass die beiden Neubestimmungen sich gut in den Rahmen des bisher bestehenden Bildes einfügen.

Tabelle I. *Optische Orientierung von HT-Plagioklasen  $An_{60}$ – $AN_{100}$*

An %	Fundort und Quelle	Euler-Winkel I		
		$\phi$	$\psi$	$\theta$
59,7	Montagna Rossa, Linosa, Italien. E. ERNST u. H. NIELAND (1935)	63,3	37,4	37,7
60	Korostenski, Russland (getempert). A. S. MARFUNIN (1960)	61,9	36,4	37,2
* 62	Khuchiré, Iran. C. BURRI (1968 u. 1972)	56,3	30,9	35,2
* 65,6	Surtsey, Island. E. WENK, H. SCHWANDER u. H. R. WENK (1965)	51,8	25,8	35,2
66,3	N Gaase-Gletscher, Scoresby Sund, E-Grönland. E. WENK, O. GRÜTTER und H. SCHWANDER (1961)	51,1	25,0	35,4
79,2	Graenavatn, Krisuvik, Reykjanes, Island. T. TRYGGVASON (1957)	31,0	2,0	35,7
80	Bytownit, synthetisch. H. TERTSCH (1942)	28,5	0,0	34,8
* 81	Midhyrna, Snaefellsnes, S-Island. C. BURRI, diese Arbeit	27,1	–2,2	35,8
* 86,1	Lambatangi, Hekla, Island. E. WENK, A. GLAUSER und H. SCHWANDER (1972)	23,2	–5,2	35,7
82,6	Kleifarvatn, Strasse Hafnarfjörður-Krisuvik, SW-Island. A. GLAUSER und E. WENK (1960)	24,0	–5,6	36,2
* 83,5	E-Seite der Askja, Zentral-Island. C. BURRI, diese Arbeit	24,1	–3,2	35,4
* 84,8	Cape Parry, E-Grönland. E. WENK, H. R. WENK u. H. SCHWANDER (1968)	25,0	–4,5	36,5
86,5	Monte Vettore, Ätna, Sizilien. A. GLAUSER und E. WENK (1960)	23,0	–5,2	36,0
89,3	Sog-Schlucht, Island (Mittelwerte). A. GLAUSER und E. WENK (1960 und 1971)	24,6	–4,8	36,3
90	Bytownit-Anorthit, synthetisch. H. TERTSCH (1942)	22,8	–5,8	36,3
90,1	Gunung Guntur, Java. A. GLAUSER und E. WENK (1960)	21,5	–8,2	36,0
92,7	Soufrière, St. Vincent, Westindien. R. L. WAGER (1962)	20,0	–7,5	37,0
93,9	Monte Somma, Vesuv, Italien. A. ENGELS, Inaug. Diss. Univ. Bonn (1937)	18,6	–8,8	38,0
94	Soufrière, St. Vincent, Westindien. R. L. WAGER (1962)	21,5	–8,5	37,2
94,6	Monte Somma, Vesuv, Italien, Mittel aus d. Bestimmungen dreier Autoren: F. BECKE (1899), K. CHUDOBA (1925), J. KRATZERT (1921)	16,5	–10,7	38,4
94,6	Kamitsuki, Mijakeshima, Japan. E. LEISEN (1934)	18,1	–9,5	37,2
94,9	Soufrière, St. Vincent, Westindien. R. L. WAGER (1962)	16,0	–11,5	37,3
*100	Anorthit, synthetisch. E. WENK und V. TROMMSDORFF (1967)	16,5	–13,3	37,5

\* Im Datenkatalog BURRI-PARKER-WENK (1957) 258–270 nicht enthalten.

## V. LITERATUR

- BECKE, F. (1899): Optische Orientierung des Anorthits vom Vesuv. Sitz. Ber. Math. Natw. Kl. k. k. Akad. Wiss. Wien (I) 108, 434–441.
- BURRI, C. (1950): Anwendung der Vektorrechnung auf einige häufig auftretende kristalloptische Probleme. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 30, 258–303.
- (1956): Charakterisierung der Plagioklasoptik durch drei Winkel und Neuentwurf des Stereogramms der optischen Orientierung für konstante Anorthitintervalle. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 36, 539–592.
- BURRI, C., PARKER, R. L. und WENK, E. (1967): Die optische Orientierung der Plagioklasse. Basel, Birkhäuser.
- BURRI, C. (1968): Die optische Orientierung von HT-Labradorit von Khuchiré (Iran), zugleich ein Beitrag zur U-Tisch-Methodik. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 48, 781–801.

- (1972): Zur Definition und Berechnung der optischen Orientierung von Plagioklasen. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 52, 497–514.
- (1973): Notiz über den Einfluss dünner, saurer Randzonen auf den Pauschalchemismus von Plagioklasen. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 53, 159–172.
- CHUDOBA, K. (1925): Die Dispersion der Plagioklase. Albit und Anorthit. Sitz. Ber. Math. Natw. Kl. Akad. Wiss. Wien (I) 134, 159–188.
- ENGELS, A. (1937): Chemismus und optische Orientierung kalifeldspathaltiger Plagioklase. Inaug. Diss. Univ. Bonn.
- ERNST, E. und NIELAND, H. (1935): Plagioklase von Linosa, ein Beitrag zur Anemousitfrage. Tscherm. Mitt. (N.F.) 46, 93–126.
- GLAUSER, A. (1970): Über die optische Orientierung der Hochtemperatur-Plagioklase aus einem Olivin-Dolerit aus Island. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 50, 245–256.
- (1971): Drehtischuntersuchungen an Bytownit aus einem Basalt von Island. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 51, 511–523.
- GLAUSER, A. und WENK, E. (1960): Optische Orientierung und chemische Zusammensetzung einiger Hoch- und Tieftemperaturplagioklase. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 40, 37–53.
- KRATZERT, J. (1921): Die kristallographischen und optischen Konstanten des Anorthits vom Vesuv. Z. Kristallogr. 56, 465–488.
- LEISEN, E. (1934): Beitrag zur Kenntnis der Dispersion der Kalknatronfeldspäte. Z. Kristallogr. 89, 49–79.
- MANOLESCU, G. (1934): Über die Lage der morphologischen Bezugsrichtungen bei Plagioklasen und ihre Verwendbarkeit zur Bestimmung des Anorthitgehaltes. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 14, 452–463.
- MARFUNIN, A. S. (1960): Ableitung eines Diagramms der optischen Orientierung saurer und intermediärer Plagioklase. Izvest. Akad. Nauk USSR (Ser. Geol.) 5, 88–102.
- SCHWANDER, H. und WENK, E. (1967): Studien mit der Röntgen-Mikrosonde an basischen Plagioklasen alpiner Metamorphite. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 47, 225–234.
- TERTSCH, H. (1942): Zur Hochtemperaturoptik basischer Plagioklase. Tscherm. Mitt. (N.F.) 54, 193–217.
- TRYGGVASON, T. (1957): The gabbro bombs at Lake Graevatn. Bull. Geol. Inst. Univ. Uppsala 38, 1–5.
- WAGER, R. L. (1962): Igneous cumulates from the 1902 eruption of Soufrière, St. Vincent. Bull. volc. 24, 93–99.
- WENK, H. R. (1966): Labradorite from Surtsey (Iceland). Schweiz. Min. Petr. Mitt. 46, 81–84.
- WENK, E., GRÜTTER, O. und SCHWANDER, H. (1961): Labradorit aus Plateaubasalt von Ostgrönland. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 41, 53–63.
- WENK, E., GLAUSER, A. und SCHWANDER, H. (1972): Bytownit aus isländischem Olivinbasalt. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 52, 497–514.
- WENK, E., WENK, H. R. und SCHWANDER, H. (1968): Bytownite from Cape Parry, East Greenland. Amer. Min. 53, 1750–1764.
- WENK, E., SCHWANDER, H. und WENK, H. R. (1965): Labradorite from Surtsey. Acta Nat. Islandica 2, No. 5.
- WENK, E. und TROMMSDORFF, V. (1967): The optical orientation of synthetic anorthite. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 47, 213–218.

Manuskript eingegangen am 3. Dezember 1973.